

## 4974 ASESORÍA ESTRATÉGICA MODELACIÓN HIDROGEOLÓGICA Y ACTIVIDADES DE TERRENO DE RECURSOS HÍDRICOS. GTAM 1702

CÓDIGO ARCADIS: 4974-0000-RS-INF-001

### ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN DE EFECTOS AMBIENTALES CARGO N°12 RES. EX. N°1/ROL D-095-2017 COMPONENTE SUELO

ENERO 2018

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	A. Goyeneche	A. Llenas	C. Ortiz	Coordinación Interna
	Fecha	24.01.2018	24.01.2018	24.01.2018	
B	Nombre Firma	A. Goyeneche	A. Llenas	C. Ortiz	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	25.01.2018	25.01.2018	25.01.2018	
0	Nombre Firma	A. Goyeneche	A. Llenas	C. Ortiz	Aprobado Cliente
	Fecha	26.01.2018	26.01.2018	26.01.2018	

## CONTENIDO

<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS DE MUESTREO Y ANÁLISIS DEL SUELO REALIZADOS.....</b>	<b>4</b>
<b>3 COMPARACIÓN DE RESULTADOS ANALÍTICOS CON BACKGROUND Y VALORES DE REFERENCIA.....</b>	<b>8</b>
3.1 Cálculo del <i>background</i> .....	8
3.2 Comparación de concentraciones detectadas con Valores de Referencia basados en Riesgo .....	8
3.3 Cálculo de la concentración estimada en el punto de exposición y comparación con Valores de Referencia basados en Riesgo .....	9
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>9</b>
<b>5 CONCLUSIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>6 ACCIONES A IMPLEMENTAR.....</b>	<b>10</b>
<b>7 REFERENCIAS .....</b>	<b>11</b>

## TABLAS

Tabla 1	Determinación estadística del <i>background</i> (95 UTL)
Tabla 2	Comparación de Detecciones con Valores de Referencia de Canadá
Tabla 3	Comparación de Detecciones con Valores de Referencia de BLM for Mining Sites
Tabla 4	Comparación del 95% UCL con Valores de Referencia de Canadá y BLM

## LISTADO DE ANEXOS

Anexo A	Registro Fotográfico
Anexo B	Resultados de Laboratorio
Anexo C	Valores de Referencia

## **Anexo 12**

### **Análisis y estimación de efectos ambientales Cargo N°12 Resolución Exenta N°1/RoI D-095-2017**

#### **COMPAÑÍA MINERA DOÑA INÉS DE COLLAHUASI S.C.M.**

## **1 INTRODUCCIÓN**

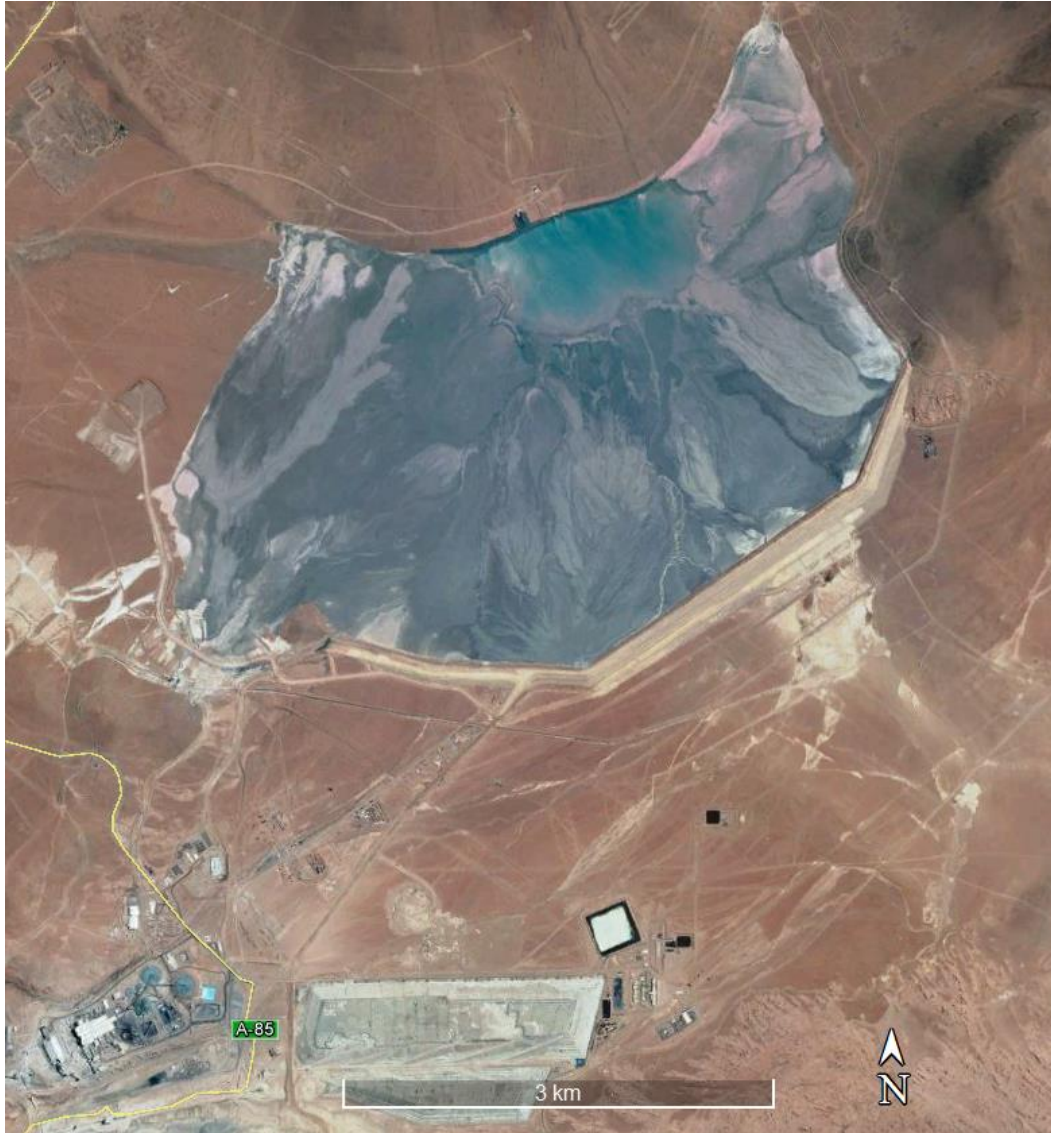
Arcadis ha sido contratada por CMDIC para preparar este Informe de Resultados de la Verificación de Acciones de Remediación para en las zonas aledañas al trazado de la canaleta de conducción de relaves y en el sector de la piscina de acumulación (en adelante “el Sitio”), todos ellos ubicados en el sector de Ujina. El Sitio se encuentra ubicado en las dependencias de CMDIC en la comuna de Pica, Provincia de Tamarugal, I Región de Tarapacá. El trazado de la canaleta estudiado tiene una longitud aproximada de 5 km; y el sector de la piscina de acumulación estudiado tiene una superficie aproximada de 20 Ha.

Las acciones de remediación se llevaron a cabo para retirar el relave minero que se derramó a raíz de la rotura de la canaleta de conducción de relaves eventual del tranque el 4 de agosto de 2016. El relave retirado en su totalidad y dispuesto en el tranque de relaves autorizado.

Debido a lo anterior, CMDIC contrató a la ETFA ALS la ejecución de actividades de muestreo y análisis de los suelos del sector afectado, el cual es ejecutado durante enero de 2018 y cuyos resultados se reportan en el presente informe.

Con fecha 26 de diciembre de 2017, la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) inicia un proceso de sanción cuyo expediente corresponde a la Resolución Exenta N 1 / D-095-2017. En la página 34 de dicho expediente, cargo N° 12, señala el “Uso de canaleta de conducción de relaves eventual, durante un período prolongado de al menos tres meses (mayo, junio y julio de 2016) y en condiciones estructurales inadecuadas”.

**Figura 1-1: Vista General del Sitio**





**Figura 1-2: Vistas de Detalle, Sector Ujina**



A continuación se describen las actividades de muestreo y análisis de suelos realizados en el Sitio, las cuales fueron diseñadas por la Fundación Chile (FCh) y ejecutadas por la ETF A ALS. Posteriormente los resultados analíticos entregados por el laboratorio ALS serán comparados con los valores *background* (línea de base) del sector y con valores de referencia basados en riesgo toxicológico a la salud humana y al ambiente (valores del Ministerio del Ambiente de Canadá y del Bureau of Land Management del Departamento de Interior de Estados Unidos). Finalmente, se recomiendan acciones a seguir.

## **2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS DE MUESTREO Y ANÁLISIS DEL SUELO REALIZADOS**

A continuación se describe la estrategia de muestreo realizada para las distintas zonas estudiadas:

- Para la caracterización del trazado del relaveducto en tramos de 200 - 250 m. En cada tramo fueron recolectadas 5 muestras de manera sistemática en forma de Z, a partir de las cuales se generó una muestra compuesta para análisis de laboratorio.
- Para la caracterización de la piscina de acumulación se definió una grilla de muestreo con 8 ubicaciones donde se recolectó una muestra simple en cada ubicación.
- Para la caracterización de línea base o *background* de la zona se colectaron 8 muestras puntuales, que fueron obtenidas en un sector libre de impactos y de similitud geológica con el Sitio.

Todas las muestras fueron tomadas entre los 0 – 20 cm por ALS.

En Anexo A se presentan fotos del muestreo.

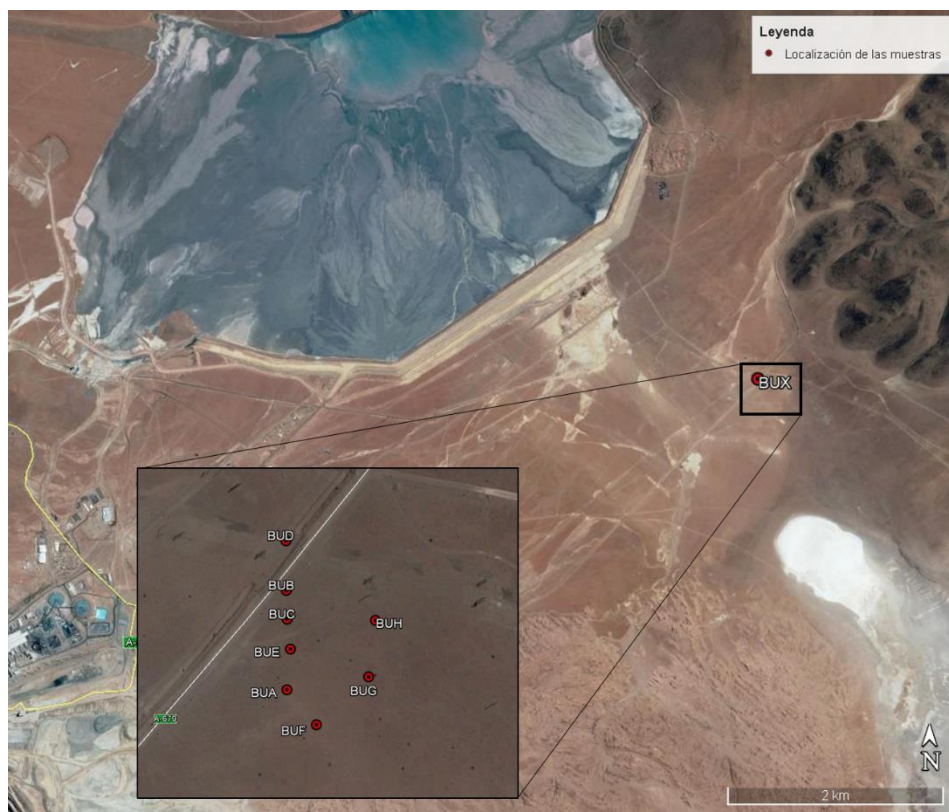
La Figura 2-1 muestra los puntos centrales de cada tramo muestreado para el trazado afectado por la contingencia de relaves (TU) y las ubicaciones de muestreo para la piscina de acumulación (PU). Las coordenadas de los puntos se presentan en la Tabla 2-1.

**Figura 2-1: Ubicaciones de muestreo**



La Figura 2-2 muestra las ubicaciones aproximadas para el muestreo *background*.

**Figura 2-2: Ubicación muestreo *background***



Debido a que las 8 muestras que constituyen el *background* fueron todas tomadas en la misma zona, por lo que los resultados podrían no ser lo suficientemente representativos del conjunto del sector Ujina.

La siguiente Tabla muestra las coordenadas geográficas de cada muestra y el código asignado por el laboratorio ALS.

**Tabla 2-1: Identificación de muestras y coordenadas**

Figura	ALS	Este	Oeste
TU-1	4110413	538.714	7.681.154
TU-2	4110450	538.769	7.681.175
TU-3	4110436	538.887	7.681.363
TU-4	4110437	538.950	7.681.512
TU-5	4110460	539.096	7.681.692
TU-6	4110423	539.196	7.681.840
TU-7	4110412	539.344	7.681.977
TU-8	4110435	539.434	7.682.120
TU-9	4110424	539.521	7.682.252
TU-10	-	539.657	7.682.381

Figura	ALS	Este	Oeste
TU-11	4110459	539.714	7.682.483
TU-12	4110451	539.714	7.682.483
TU-13	4110448	539.995	7.682.433
TU-14	4110452	540.297	7.682.376
TU-15	4110456	540.624	7.682.318
TU-16	4161860	541.046	7.682.252
TU-17	4110447	541.329	7.682.217
TU-18	4110458	541.655	7.682.170
TU-19	4110457	541.976	7.682.170
TU-20	4110446	542.273	7.682.253
TU-21	4110449	542.627	7.682.366
TU-22	4110438	542.931	7.682.461
PU-1	4161856	543.500	7.682.644
PU-2	4161867	543.699	7.682.913
PU-3	4161861	543.739	7.683.172
PU-4	4161853	543.518	7.683.049
PU-5	4161862	543.382	7.682.920
PU-6	4161855	543.268	7.682.813
PU-7	4161847	543.438	7.682.767
PU-8	4161863	543.580	7.682.908
PU-9	4161869	543.580	7.682.908
BUA	4161845	545.021	7.682.405
BUB	4161848	545.023	7.682.488
BUC	4161871	545.023	7.682.464
BUD	4161864	545.024	7.682.529
BUE	4161846	545.025	7.682.439
BUF	4161851	545.045	7.682.375
BUG	4161852	545.090	7.682.414
BUH	4161870	545.097	7.682.461



### 3 COMPARACIÓN DE RESULTADOS ANALÍTICOS CON BACKGROUND Y VALORES DE REFERENCIA

Las muestras fueron analizadas en el laboratorio ALS Life Science Chile. Los parámetros analizados fueron metales totales (ICP-MS, USEPA 6020A), conductividad y pH. Los certificados de laboratorio se adjuntan en Anexo B.

#### 3.1 Cálculo del *background*

Para evaluar la calidad de los suelos, las concentraciones detectadas se comparan con estándares de referencia basados en riesgo. Existen metales para los que las concentraciones naturales comúnmente sobrepasan niveles de referencia basados en riesgo; en estos casos, si los valores de línea base o *background* superan los valores de referencia, se utiliza el valor de *background* como referencia.

De acuerdo a las directrices de la Agencia Ambiental de Estados Unidos (USEPA) para la determinación de las concentraciones de *background*, se seleccionó como valor de concentración el límite superior del intervalo de tolerancia de 95% (95% UTL) con un 90% de cobertura de los datos. El límite superior del intervalo de tolerancia (UTL) corresponde a un límite superior de confianza para un percentil de la población. En este caso, el 95% UTL con un 90% de cobertura de los datos representa el valor por debajo del cual se espera se encuentren el 90% de los valores de concentración (o percentil 90), con un 95% de confianza.

Para el cálculo de los valores estadísticos se utilizó la herramienta ProUCL (versión 5.1) que es una herramienta computacional desarrollada por USEPA para distintos cálculos estadísticos en materia ambiental.

Las concentraciones calculadas para los puntos de exposición se presentan en la Tabla 1.

#### 3.2 Comparación de concentraciones detectadas con Valores de Referencia basados en Riesgo

En base a las características del Sitio, las concentraciones detectadas se comparan con los siguientes valores de referencia:

- Valores de referencia basados en riesgo para sitios mineros del US Bureau of Land Management (BLM), Department of the Interior, Estados Unidos. Se trata de valores de referencia para metales calculados en base al riesgo para proteger la salud humana y/o la vida silvestre. Los metales considerados son antimonio, arsénico, cadmio, cobre, plomo, manganeso, mercurio, níquel, selenio, plata y zinc. Los criterios de manejo de riesgos para estos metales fueron desarrollados en base a datos de toxicidad y suposiciones de exposición estándar establecidas por la USEPA para receptores como residentes (en sitios adyacentes a sitios mineros), personas realizando actividades al aire libre (excursionistas, bañistas, etc.), personas haciendo labores de inspección de un sitio, y trabajadores de sitios mineros, entre otros. Estos valores pueden ser usados como indicadores de precaución de que existen riesgos a la salud y de que se requieren acciones de manejo de recursos naturales o de remediación (BLM, 2004).
- Valores de referencia basados en riesgo de Canadá. El gobierno federal cuenta con una Guía de Calidad de Suelos (CSQG, por sus siglas en inglés [*Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health*]), que incluye valores de referencia basados en riesgo que se utilizan como primera aproximación para el manejo de sitios contaminados. Cada uno de estos valores fueron estimados considerando la vía de exposición (ecológica y de salud humana) más desfavorable en cada uno de los compuestos. En este sentido, existe documentación para cada compuesto en donde se individualizan y explican los valores obtenidos en cada una de

estas vías, para obtener este valor más desfavorable. Consecuentemente, la autoridad canadiense fomenta la presentación de una comparación preliminar con los valores de referencia de manera de identificar compuestos de potencial interés, que posteriormente serán evaluados en una evaluación de riesgos.

Los valores de referencia utilizados se presentan en Anexo C.

La Tabla 2 y 3 presenta los resultados analíticos de cada muestra compuesta y su comparación con los valores de referencia seleccionados.

### **3.3 Cálculo de la concentración estimada en el punto de exposición y comparación con Valores de Referencia basados en Riesgo**

Para la selección de las concentraciones en el punto de exposición, USEPA fomenta el uso de concentraciones estadísticamente representativas para la estimación de concentraciones promedio de largo plazo que podrían entrar en contacto con los receptores evaluados. De acuerdo a lo indicado en USEPA (1989), se recomienda el uso de concentraciones de exposición promedio de largo plazo, la cual se calcula de manera conservadora utilizando el límite superior de confianza del 95% (95% UCL, por sus siglas en inglés [*upper confidence limit*]). Otros ejemplos de concentraciones representativas son los percentiles superiores como el 90%.

En esta evaluación se utilizó el 95%UCL para la mayoría de los metales evaluados, en el caso de que no pudiese evaluarse este valor estadísticamente, se utilizó el percentil 95 o, en su defecto, la máxima concentración encontrada. Cualquiera de los valores mencionados representa un escenario conservador para la exposición de los receptores considerando el área total, la aleatoriedad de la ubicación de los impactos y los receptores, y el tiempo de exposición esperado. Para el cálculo de los valores estadísticos se utilizó la herramienta ProUCL (versión 5.1) que es una herramienta computacional desarrollada por USEPA para distintos cálculos estadísticos en materia ambiental.

Las concentraciones calculadas para los puntos de exposición se presentan en las Tabla 4.

## **4 RESULTADOS**

A continuación se describen los resultados en base a los valores estadísticos calculados para las concentraciones en el punto de exposición (Tabla 4), en forma separada según el sector:

### Trazado afectado por escurrimiento de relaves (muestras TU)

En este sector se observa que las concentraciones en el punto de exposición para arsénico, cobre y molibdeno superan el valor de referencia canadiense pero están bajo el valor de referencia BLM para sitios mineros. Las concentraciones de arsénico (11 – 21 mg/kg) están sobre ambos valores de referencia y sobre el *background*. La concentración de molibdeno es ligeramente superior al valor de referencia canadiense. La concentración de cobre (entre 214 y 1.675 mg/kg) es significativamente inferior al valor de intervención de BLM (7.400 mg/kg). La superación de valores de referencia no significa que se requiera remediación, sino que lo recomendado es realizar una evaluación de riesgos a la salud humana.

### Piscina de acumulación (muestras PU)

En este sector se observa que las concentraciones en el punto de exposición para arsénico y cobre supera el valor de referencia canadiense pero están bajo el valor de referencia BLM para sitios mineros.

Las concentraciones de arsénico (14 – 41 mg/kg) están sobre ambos valores de referencia y sobre el *background*. La concentración de cobre (entre 141 y 2.100 mg/kg) es significativamente inferior al valor de intervención de BLM (7.400 mg/kg). La superación de valores de referencia no significa que se requiera remediación, sino que lo recomendado es realizar una evaluación de riesgos a la salud humana.

## 5 CONCLUSIÓN

En el Sitio existen concentraciones de arsénico, cobre y molibdeno sobre las respectivas normas de referencia, sin que ello implique necesariamente que se requiera remediación sino que, preliminarmente, únicamente supone la necesidad de realizar una evaluación de riesgos a la salud humana.

Las concentraciones de arsénico podrían ser debidas a condiciones de *background* de la zona dado que la literatura existente sobre concentraciones de arsénico en el norte de Chile indica que concentraciones entre 8 y 40 mg/kg pueden ser atribuibles a condición de línea base en suelos de la I Región (Bundschuh, 2008). Los valores calculados de *background* podrían no ser representativas de la zona debido a que todas las muestras fueron obtenidas del mismo sector, no representando la variabilidad espacial del suelo.

Las concentraciones de cobre y molibdeno presentes en el suelo son probablemente debidas a los efectos del derrame de relave sobre el suelo. Si bien las concentraciones de cobre son significativamente inferiores al valor de intervención de BLM para sitios mineros, estas superan los valores de referencia para suelo industrial de Canadá, por lo que es recomendable la realización de una evaluación de riesgos sitio específica para evaluar la necesidad de implementar acciones adicionales a las ejecutadas.

## 6 ACCIONES A IMPLEMENTAR

Se propone realizar una evaluación de riesgos toxicológica a la salud humana. La evaluación de riesgos se realizará siguiendo las directrices señaladas en la Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (Ministerio del Medio Ambiente, 2012).

- Plazo estimado evaluación de riesgos a la salud humana: 2 meses
- Costo estimado: 20 Millones de pesos chilenos.

## 7 REFERENCIAS

Arcadis, 2013. Ingeniería Conceptual para Plan de Cierre. Alternativas de Remediación.

Bundschuh, J., Pérez Carrera, A. y Litter, M. 2008. IBEROARSEN, Distribución del arsénico en las regiones ibérica e iberoamericana. Cyted Editores.

Canadian Environmental Quality Guideline. Canadian Council of Ministers of the Environment. 2018. <http://st-ts.ccme.ca/en/index.html>

Department of the Interior, Bureau of Land Management (BLM), 2004. Risk Management Criteria for metals at BLM Mining Sites. Technical Note 390 (revised). Octubre de 2004.

FRTR, 2013a. Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, Version 4.0. In Situ Physical/Chemical Treatment, Soil Flushing. Disponible en: <http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4-6.html>. Consultado en marzo de 2013.

FRTR, 2013b. Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, Version 4.0. Ex Situ Physical/Chemical Treatment, Soil Washing (assuming excavation). Disponible en: <http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4-19.html>. Consultado en marzo de 2013.

FRTR, 2013d. Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, Version 4.0. In Situ Physical/Chemical Treatment, Solidification/Stabilization. Disponible en: <http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4-8.html>. Consultado en marzo de 2013.

FRTR, 2013e. Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, Version 4.0. In Situ Physical/Chemical Treatment, Electrokinetic Separation. Disponible en: <http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4-4.html>. Consultado en marzo de 2013.

FRTR, 2013f. Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, Version 4.0. Containment, Landfill Cap. Disponible en: <http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4-27.html>. Consultado en marzo de 2013.

FRTR, 2013g. Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, Version 4.0. Other Treatment, Excavation, Retrieval, and Off-Site. Disponible en: <http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4-29.html>. Consultado en marzo de 2013.

U.S. EPA. 2010. ProUCL Version 5.1 Technical Guide (Draft) Statistical Software for Environmental Applications for Data Sets with and without Nondetect Observations. EPA/600/R-07/041.



## TABLAS

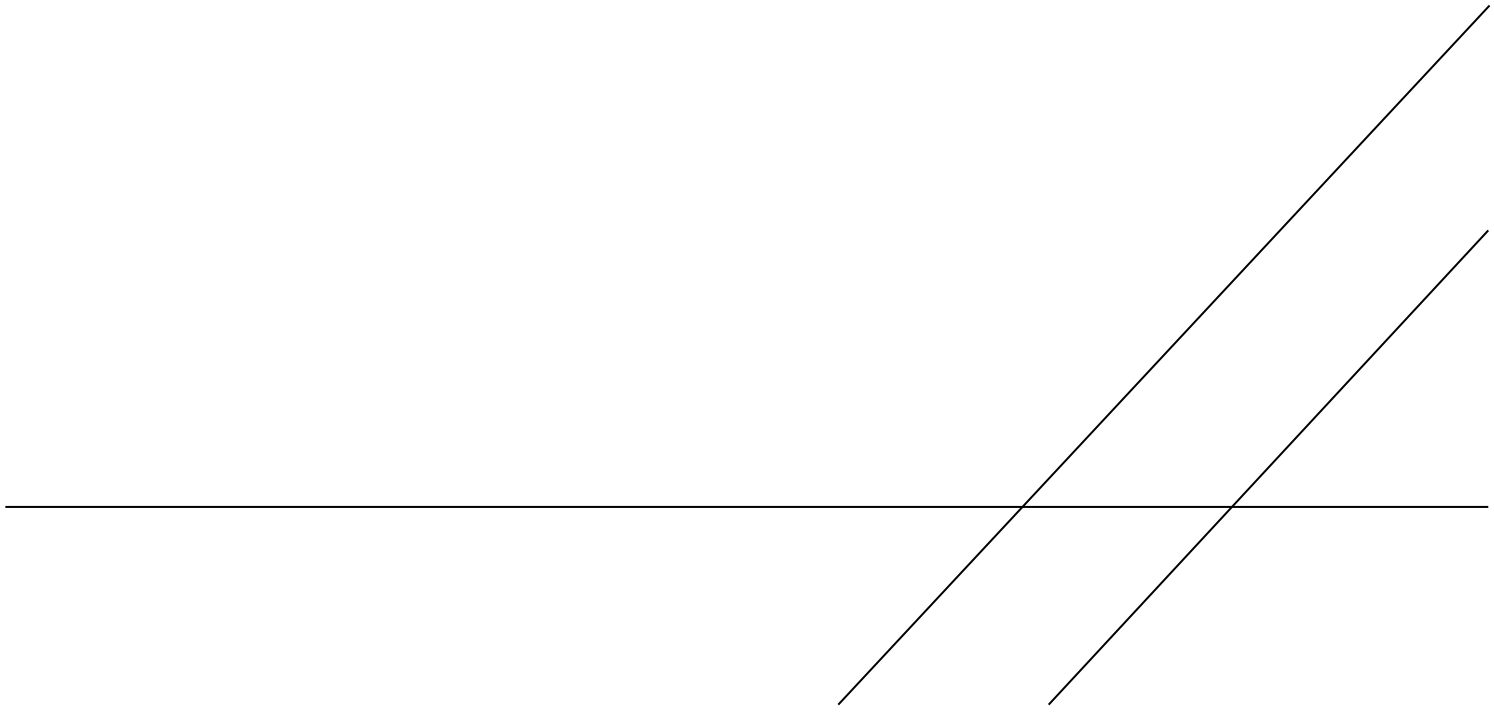


Tabla 1: Determinación estadística del background (95 UTL)

Verificación de acciones de remediación en CMDIC

Ujima, Iquique, Chile

ID muestra en Informe	Unidad	BUA	BUB	BUC	BUD	BUE	BUF	BUG	BUH	Valor de background (ver nota)
ID muestra en laboratorio		4161845	4161848	4161871	4161864	4161846	4161851	4161852	4161870	
Matriz		Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	
N° de reporte del laboratorio		3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	
Fecha de muestreo		16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	
Antimonio	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	N/D
Arsenico	mg/kg	8	7	7	7	6	7	7	6	8
Bario	mg/kg	130	144	106	119	110	101	127	156	178
Berilio	mg/kg	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	N/D
Bismuto	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	N/D
Cadmio	mg/kg	< 0,900	< 0,900	< 0,900	< 0,900	< 0,900	< 0,900	< 0,900	< 0,900	N/D
Cromo	mg/kg	9	11	11	11	8	11	10	10	12
Cobalto	mg/kg	7	6	6	6	5	6	6	6	7
Cobre	mg/kg	39	42	38	61	32	43	30	26	75
Plomo	mg/kg	7	9	7	7	6	6	6	7	10
Litio	mg/kg	7	8	7	7	6	6	6	8	9
Magnesio	mg/kg	1.426	1.584	1.402	1.375	1.182	1.186	1.165	1.589	1.810
Manganeso	mg/kg	247	242	246	254	211	235	257	161	257
Mercurio	mg/kg	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30	N/D
Molibdeno	mg/kg	< 1,20	< 1,20	1	2	< 1,20	2	< 1,20	< 1,20	2
Niquel	mg/kg	6	5	5	5	4	5	5	6	6
Fosforo	mg/kg	431	445	416	434	349	392	516	453	565
Selenio	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	N/D
Plata	mg/kg	< 0,600	< 0,600	< 0,600	< 0,600	< 0,600	< 0,600	< 0,600	< 0,600	N/D
Sodio	mg/kg	314	327	275	263	287	273	368	369	434
Estroncio	mg/kg	61	65	54	56	73	56	60	70	81
Talio	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	N/D
Estaño	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	N/D
Titanio	mg/kg	738	868	866	741	747	871	884	864	884
Uranio	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	N/D
Vanadio	mg/kg	57	64	63	59	53	64	59	57	69
Zinc	mg/kg	33	38	37	38	29	34	31	30	43

**Nota**

Los valores de background de referencia se calculó para analitos con 8 muestras detectadas como el límite superior del intervalo de tolerancia (UTL) con una cobertura de población del 90% (95% UTL, por sus siglas en inglés [upper Tolerance limit]) mediante el software ProUCL v 5.1. Para analitos con menos detecciones se consideró el valor máximo detectado.

N/D	No calculado por no tener detecciones.
-----	----------------------------------------

**Tabla 2: Comparación de Detecciones con Valores de Referencia**

Verificación de acciones de remediación en CMDIC

Ujima, Iquique, Chile

ID muestra en Informe	Valor de background (ver nota)	Valor de referencia (ver nota)	Unidad	TU-1	TU-2	TU-3	TU-4	TU-5	TU-6
ID muestra en laboratorio				4110413	4110450	4110436	4110437	4110460	4110423
Matriz				Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
N° de reporte del laboratorio				835/2018	835/2018	835/2018	835/2018	835/2018	835/2018
Fecha de muestreo				04/01/2018	04/01/2018	04/01/2018	04/01/2018	04/01/2018	04/01/2018
Sector									
Antimonio	N/D	40	mg/kg	< 140	< 140	< 140	< 140	< 140	< 140
Arsenico	8	12	mg/kg	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>17</b>
Bario	178	2.000	mg/kg	124	108	101	116	151	95
Berilio	N/D	8	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Bismuto	N/D	N/A	mg/kg	<b>2</b>	<b>3</b>	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
Cadmio	N/D	22	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Cromo	12	87	mg/kg	<b>19</b>	<b>34</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	<b>19</b>
Cobalto	7	300	mg/kg	< 25,0	< 25,0	< 25,0	< 25,0	< 25,0	< 25,0
Cobre	75	91	mg/kg	<b>1.589</b>	<b>1.675</b>	<b>1.144</b>	<b>439</b>	<b>379</b>	<b>480</b>
Plomo	10	600	mg/kg	<b>23</b>	<b>26</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>13</b>
Litio	9	N/A	mg/kg	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>9</b>
Magnesio	1.810	N/A	mg/kg	<b>2.967</b>	<b>2.285</b>	<b>1.985</b>	<b>2.138</b>	<b>2.324</b>	1.564
Manganeso	257	N/A	mg/kg	<b>793</b>	<b>768</b>	<b>611</b>	<b>632</b>	<b>601</b>	<b>567</b>
Mercurio	N/D	50	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Molibdeno	2	40	mg/kg	<b>36</b>	<b>17</b>	< 13,0	< 13,0	< 13,0	< 13,0
Niquel	6	89	mg/kg	< 13,0	< 13,0	< 13,0	< 13,0	< 13,0	< 13,0
Fosforo	565	N/A	mg/kg	483	<b>737</b>	<b>582</b>	545	524	452
Selenio	N/D	3	mg/kg	< 1,20	<b>1</b>	< 1,20	< 1,20	< 1,20	< 1,20
Plata	N/D	40	mg/kg	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20
Sodio	434	N/A	mg/kg	<b>1.335</b>	<b>930</b>	<b>647</b>	<b>913</b>	<b>2.064</b>	395
Estroncio	81	N/A	mg/kg	40	46	40	35	52	34
Talio	N/D	1	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Estaño	N/D	300	mg/kg	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	< 0,600	<b>1</b>	< 0,600
Titanio	884	N/A	mg/kg	<b>1.221</b>	<b>1.783</b>	<b>1.338</b>	<b>1.422</b>	<b>1.638</b>	<b>1.278</b>
Uranio	N/D	300	mg/kg	< 12,0	< 12,0	< 12,0	< 12,0	< 12,0	< 12,0
Vanadio	69	130	mg/kg	<b>92</b>	<b>175</b>	<b>124</b>	<b>121</b>	<b>126</b>	<b>101</b>
Zinc	43	360	mg/kg	<b>146</b>	<b>144</b>	<b>143</b>	<b>86</b>	<b>99</b>	<b>89</b>

**Nota**

Los valores de background de referencia corresponde a los obtenidos en la Tabla 1 a través del superior del intervalo de tolerancia (UTL) 95% con una cobertura del 90%.

La referencia utilizada corresponde a la guía de calidad ambiental Canadiense para la protección del medio ambiente y la salud humana para suelo industrial (actualización enero 2018).

<b>Negrita</b>	Valores que exceden la referencia.
N/D	Valores que exceden el background.
N/A	No detectado.
	Sin referencia.

**Tabla 2: Comparación de Detecciones con Valores de Referencia**

Verificación de acciones de remediación en CMDIC

Ujima, Iquique, Chile

ID muestra en Informe	Valor de background (ver nota)	Valor de referencia (ver nota)	Unidad	TU-7	TU-8	TU-9	TU-10	TU-11	TU-12
ID muestra en laboratorio				4110412	4110435	4110424	-	4110459	4110451
Matriz				Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
N° de reporte del laboratorio				3742/2018	835/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018
Fecha de muestreo				04/01/2018	04/01/2018	04/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018
Sector									
Antimonio	N/D	40	mg/kg	< 140	< 140	< 140	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Arsenico	8	12	mg/kg	17	24	11	12	13	14
Bario	178	2.000	mg/kg	115	238	118	188	184	164
Berilio	N/D	8	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
Bismuto	N/D	N/A	mg/kg	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 1,00	< 1,00	1
Cadmio	N/D	22	mg/kg	< 1,00	1	< 1,00	1	< 0,900	< 0,900
Cromo	12	87	mg/kg	13	44	20	24	15	19
Cobalto	7	300	mg/kg	< 25,0	< 25,0	< 25,0	14	9	10
Cobre	75	91	mg/kg	812	697	214	375	337	637
Plomo	10	600	mg/kg	19	26	13	54	34	52
Litio	9	N/A	mg/kg	11	17	7	9	10	11
Magnesio	1.810	N/A	mg/kg	2.193	3.142	1.480	1.682	2.430	2.975
Manganeso	257	N/A	mg/kg	615	1.507	531	1.215	616	881
Mercurio	N/D	50	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,30	< 1,30	< 1,30
Molibdeno	2	40	mg/kg	34	20	< 13,0	7	11	49
Niquel	6	89	mg/kg	< 13,0	17	< 13,0	10	8	9
Fosforo	565	N/A	mg/kg	449	931	409	617	625	612
Selenio	N/D	3	mg/kg	< 1,20	2	< 1,20	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Plata	N/D	40	mg/kg	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 0,600	< 0,600	< 0,600
Sodio	434	N/A	mg/kg	310	540	263	368	923	1.177
Estroncio	81	N/A	mg/kg	43	88	44	60	74	59
Talio	N/D	1	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Estaño	N/D	300	mg/kg	1	1	< 0,600	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Titanio	884	N/A	mg/kg	943	3.085	1.397	1.517	1.175	1.384
Uranio	N/D	300	mg/kg	< 12,0	< 12,0	< 12,0	2	< 1,50	< 1,50
Vanadio	69	130	mg/kg	64	233	103	123	66	87
Zinc	43	360	mg/kg	96	219	73	104	95	129

**Nota**

Los valores de background de referencia corresponde a los obtenidos en la Tabla 1 a través del superior del intervalo de tolerancia (UTL) 95% con una cobertura del 90%.

La referencia utilizada corresponde a la guía de calidad ambiental Canadiense para la protección del medio ambiente y la salud humana para suelo industrial (actualización enero 2018).

Negrita	Valores que exceden la referencia.
N/D	Valores que exceden el background.
N/A	No detectado.
	Sin referencia.



**Tabla 2: Comparación de Detecciones con Valores de Referencia**

Verificación de acciones de remediación en CMDIC

Ujima, Iquique, Chile

ID muestra en Informe	Valor de background (ver nota)	Valor de referencia (ver nota)	Unidad	TU-13	TU-14	TU-15	TU-16	TU-17	TU-18
ID muestra en laboratorio				4110448	4110452	4110456	4161860	4110447	4110458
Matriz				Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
N° de reporte del laboratorio				3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018
Fecha de muestreo				16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018
Sector									
Antimonio	N/D	40	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Arsenico	8	12	mg/kg	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>15</b>
Bario	178	2.000	mg/kg	133	<b>200</b>	112	103	85	155
Berilio	N/D	8	mg/kg	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
Bismuto	N/D	N/A	mg/kg	<b>3</b>	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Cadmio	N/D	22	mg/kg	<b>1</b>	< 0,900	< 0,900	< 0,900	< 0,900	< 0,900
Cromo	12	87	mg/kg	<b>13</b>	<b>16</b>	11	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>15</b>
Cobalto	7	300	mg/kg	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
Cobre	75	91	mg/kg	<b>2.298</b>	<b>682</b>	<b>810</b>	<b>677</b>	<b>2.168</b>	<b>808</b>
Plomo	10	600	mg/kg	<b>47</b>	<b>30</b>	<b>37</b>	<b>30</b>	<b>24</b>	<b>25</b>
Litio	9	N/A	mg/kg	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>15</b>
Magnesio	1.810	N/A	mg/kg	<b>3.208</b>	<b>3.265</b>	<b>1.882</b>	<b>1.941</b>	<b>2.498</b>	<b>2.168</b>
Manganeso	257	N/A	mg/kg	<b>1.161</b>	<b>762</b>	<b>656</b>	<b>608</b>	<b>989</b>	<b>1.381</b>
Mercurio	N/D	50	mg/kg	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30
Molibdeno	2	40	mg/kg	<b>97</b>	<b>37</b>	<b>26</b>	<b>31</b>	<b>61</b>	<b>27</b>
Niquel	6	89	mg/kg	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
Fosforo	565	N/A	mg/kg	511	477	548	458	404	437
Selenio	N/D	3	mg/kg	<b>2</b>	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Plata	N/D	40	mg/kg	<b>2</b>	< 0,600	< 0,600	< 0,600	<b>1</b>	< 0,600
Sodio	434	N/A	mg/kg	<b>2.763</b>	<b>2.031</b>	<b>1.815</b>	<b>2.358</b>	<b>4.723</b>	<b>2.834</b>
Estroncio	81	N/A	mg/kg	53	<b>82</b>	39	35	35	42
Talio	N/D	1	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Estaño	N/D	300	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Titanio	884	N/A	mg/kg	787	<b>1.077</b>	694	<b>902</b>	838	<b>1.000</b>
Uranio	N/D	300	mg/kg	<b>2</b>	<b>2</b>	< 1,50	< 1,50	<b>2</b>	<b>2</b>
Vanadio	69	130	mg/kg	52	56	50	63	64	<b>78</b>
Zinc	43	360	mg/kg	<b>169</b>	<b>109</b>	<b>86</b>	<b>84</b>	<b>144</b>	<b>146</b>

**Nota**

Los valores de background de referencia corresponde a los obtenidos en la Tabla 1 a través del superior del intervalo de tolerancia (UTL) 95% con una cobertura del 90%.

La referencia utilizada corresponde a la guía de calidad ambiental Canadiense para la protección del medio ambiente y la salud humana para suelo industrial (actualización enero 2018).

<b>Negrita</b>	Valores que exceden la referencia.
N/D	Valores que exceden el background.
N/A	No detectado.
	Sin referencia.

**Tabla 2: Comparación de Detecciones con Valores de Referencia**

Verificación de acciones de remediación en CMDIC

Ujima, Iquique, Chile

ID muestra en Informe	Valor de background (ver nota)	Valor de referencia (ver nota)	Unidad	TU-19	TU-20	TU-21	TU-22	PU-01	PU-02
ID muestra en laboratorio				4110457	4110446	4110449	4110438	4161856	4161867
Matriz				Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
N° de reporte del laboratorio				3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018
Fecha de muestreo				16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018
Sector									
Antimonio	N/D	40	mg/kg	2,12	< 1,50	< 1,50	< 1,50	1,78	< 1,50
Arsenico	8	12	mg/kg	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>41</b>	<b>21</b>
Bario	178	2.000	mg/kg	98	123	93	81	<b>208</b>	153
Berilio	N/D	8	mg/kg	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
Bismuto	N/D	N/A	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	1
Cadmio	N/D	22	mg/kg	< 0,900	1	< 0,900	< 0,900	< 0,900	< 0,900
Cromo	12	87	mg/kg	<b>21</b>	<b>14</b>	8	7	9	8
Cobalto	7	300	mg/kg	<b>12</b>	<b>10</b>	6	6	<b>7</b>	<b>8</b>
Cobre	75	91	mg/kg	<b>1.226</b>	<b>1.537</b>	<b>732</b>	<b>840</b>	<b>2.100</b>	<b>414</b>
Plomo	10	600	mg/kg	<b>38</b>	<b>51</b>	<b>26</b>	<b>18</b>	<b>47</b>	<b>35</b>
Litio	9	N/A	mg/kg	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>33</b>	<b>12</b>
Magnesio	1.810	N/A	mg/kg	<b>2.570</b>	<b>3.187</b>	<b>1.825</b>	<b>2.123</b>	<b>3.101</b>	<b>2.456</b>
Manganeso	257	N/A	mg/kg	<b>823</b>	<b>1.084</b>	<b>463</b>	<b>393</b>	<b>550</b>	<b>457</b>
Mercurio	N/D	50	mg/kg	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30
Molibdeno	2	40	mg/kg	<b>77</b>	<b>105</b>	<b>34</b>	<b>24</b>	<b>42</b>	<b>9</b>
Niquel	6	89	mg/kg	<b>9</b>	<b>9</b>	5	5	<b>7</b>	<b>7</b>
Fosforo	565	N/A	mg/kg	<b>566</b>	532	281	372	<b>568</b>	471
Selenio	N/D	3	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Plata	N/D	40	mg/kg	<b>1</b>	<b>1</b>	< 0,600	< 0,600	<b>1</b>	< 0,600
Sodio	434	N/A	mg/kg	<b>3.785</b>	<b>4.967</b>	<b>2.648</b>	<b>3.335</b>	<b>4.868</b>	<b>820</b>
Estroncio	81	N/A	mg/kg	34	42	36	36	64	58
Talio	N/D	1	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Estaño	N/D	300	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Titanio	884	N/A	mg/kg	<b>1.305</b>	812	544	533	682	503
Uranio	N/D	300	mg/kg	< 1,50	<b>2</b>	< 1,50	< 1,50	<b>2</b>	< 1,50
Vanadio	69	130	mg/kg	<b>109</b>	67	35	33	36	39
Zinc	43	360	mg/kg	<b>112</b>	<b>195</b>	<b>79</b>	<b>75</b>	<b>201</b>	<b>109</b>

**Nota**

Los valores de background de referencia corresponde a los obtenidos en la Tabla 1 a través del superior del intervalo de tolerancia (UTL) 95% con una cobertura del 90%.

La referencia utilizada corresponde a la guía de calidad ambiental Canadiense para la protección del medio ambiente y la salud humana para suelo industrial (actualización enero 2018).

<b>Negrita</b>	Valores que exceden la referencia.
N/D	Valores que exceden el background.
N/A	No detectado.
	Sin referencia.

**Tabla 2: Comparación de Detecciones con Valores de Referencia**

Verificación de acciones de remediación en CMDIC

Ujima, Iquique, Chile

ID muestra en Informe	Valor de background (ver nota)	Valor de referencia (ver nota)	Unidad	PU-03	PU-04	PU-05	PU-06	PU-07	PU-08
ID muestra en laboratorio				4161861	4161853	4161862	4161855	4161847	4161863
Matriz				Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
N° de reporte del laboratorio				3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018
Fecha de muestreo				16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018
Sector									
Antimonio	N/D	40	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Arsenico	8	12	mg/kg	19	14	15	29	26	30
Bario	178	2.000	mg/kg	161	102	120	219	141	162
Berilio	N/D	8	mg/kg	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
Bismuto	N/D	N/A	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Cadmio	N/D	22	mg/kg	< 0,900	< 0,900	< 0,900	< 0,900	1	< 0,900
Cromo	12	87	mg/kg	8	< 7,00	< 7,00	14	11	10
Cobalto	7	300	mg/kg	8	6	6	10	8	9
Cobre	75	91	mg/kg	580	161	141	548	831	563
Plomo	10	600	mg/kg	32	19	22	58	33	38
Litio	9	N/A	mg/kg	19	11	14	34	27	34
Magnesio	1.810	N/A	mg/kg	2.634	1.869	1.828	3.273	3.161	3.790
Manganeso	257	N/A	mg/kg	463	328	285	568	545	512
Mercurio	N/D	50	mg/kg	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30
Molibdeno	2	40	mg/kg	19	3	8	16	34	22
Niquel	6	89	mg/kg	6	5	5	11	8	9
Fosforo	565	N/A	mg/kg	457	384	501	650	563	537
Selenio	N/D	3	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Plata	N/D	40	mg/kg	< 0,600	< 0,600	< 0,600	< 0,600	1	< 0,600
Sodio	434	N/A	mg/kg	1.794	687	1.277	2.118	5.766	5.417
Estroncio	81	N/A	mg/kg	62	45	50	64	81	64
Talio	N/D	1	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Estaño	N/D	300	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	1	< 1,00	< 1,00
Titanio	884	N/A	mg/kg	639	705	475	846	685	633
Uranio	N/D	300	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,50	3	2	2
Vanadio	69	130	mg/kg	42	41	32	54	54	44
Zinc	43	360	mg/kg	140	67	71	155	134	143

**Nota**

Los valores de background de referencia corresponde a los obtenidos en la Tabla 1 a través del superior del intervalo de tolerancia (UTL) 95% con una cobertura del 90%.

La referencia utilizada corresponde a la guía de calidad ambiental Canadiense para la protección del medio ambiente y la salud humana para suelo industrial (actualización enero 2018).

<b>Negrita</b>	Valores que exceden la referencia.
N/D	Valores que exceden el background.
N/A	No detectado.
	Sin referencia.

**Tabla 2: Comparación de Detecciones con Valores de Referencia**

Verificación de acciones de remediación en CMDIC

Ujima, Iquique, Chile

ID muestra en Informe	Valor de background (ver nota)	Valor de referencia (ver nota)	Unidad	PU-09
ID muestra en laboratorio				4161869
Matriz				Suelo
N° de reporte del laboratorio				3742/2018
Fecha de muestreo				16/01/2018
Sector				
Antimonio	N/D	40	mg/kg	< 1,50
Arsenico	8	12	mg/kg	<b>29</b>
Bario	178	2.000	mg/kg	145
Berilio	N/D	8	mg/kg	< 2,00
Bismuto	N/D	N/A	mg/kg	< 1,00
Cadmio	N/D	22	mg/kg	< 0,900
Cromo	12	87	mg/kg	10
Cobalto	7	300	mg/kg	<b>8</b>
Cobre	75	91	mg/kg	<b>436</b>
Plomo	10	600	mg/kg	<b>37</b>
Litio	9	N/A	mg/kg	<b>31</b>
Magnesio	1.810	N/A	mg/kg	<b>3.429</b>
Manganeso	257	N/A	mg/kg	<b>421</b>
Mercurio	N/D	50	mg/kg	< 1,30
Molibdeno	2	40	mg/kg	<b>21</b>
Niquel	6	89	mg/kg	<b>8</b>
Fosforo	565	N/A	mg/kg	534
Selenio	N/D	3	mg/kg	< 1,50
Plata	N/D	40	mg/kg	< 0,600
Sodio	434	N/A	mg/kg	<b>4.510</b>
Estroncio	81	N/A	mg/kg	63
Talio	N/D	1	mg/kg	< 1,00
Estaño	N/D	300	mg/kg	< 1,00
Titania	884	N/A	mg/kg	584
Uranio	N/D	300	mg/kg	<b>2</b>
Vanadio	69	130	mg/kg	43
Zinc	43	360	mg/kg	<b>119</b>

**Nota**

Los valores de background de referencia corresponde a los obtenidos en la Tabla 1 a través del superior del intervalo de tolerancia (UTL) 95% con una cobertura del 90%.

La referencia utilizada corresponde a la guía de calidad ambiental Canadiense para la protección del medio ambiente y la salud humana para suelo industrial (actualización enero 2018).

Negrita	Valores que exceden la referencia.
N/D	Valores que exceden el background.
N/A	No detectado.
	Sin referencia.



Tabla 3: Comparación de Detecciones con BLM for Mining

Verificación de acciones de remediación en CMDIC

Ujima, Iquique, Chile

ID muestra en Informe	Valor de referencia (ver nota)	Unidad	TU-1	TU-2	TU-3	TU-4	TU-5	TU-6	TU-7
ID muestra en laboratorio			4110413	4110450	4110436	4110437	4110460	4110423	4110412
Matriz			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
N° de reporte del laboratorio			835/2018	835/2018	835/2018	835/2018	835/2018	835/2018	3742/2018
Fecha de muestreo			04/01/2018	04/01/2018	04/01/2018	04/01/2018	04/01/2018	04/01/2018	04/01/2018
Antimonio	100	mg/kg	< 140	< 140	< 140	< 140	< 140	< 140	< 140
Arsenico	N/A	mg/kg	21	20	19	22	15	17	17
Bario	N/A	mg/kg	124	108	101	116	151	95	115
Berilio	N/A	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Bismuto	N/A	mg/kg	2	3	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
Cadmio	100	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Cromo	N/A	mg/kg	19	34	24	24	23	19	13
Cobalto	N/A	mg/kg	< 25,0	< 25,0	< 25,0	< 25,0	< 25,0	< 25,0	< 25,0
Cobre	7.400	mg/kg	1.589	1.675	1.144	439	379	480	812
Plomo	2.000	mg/kg	23	26	13	15	19	13	19
Litio	N/A	mg/kg	12	11	11	10	15	9	11
Magnesio	N/A	mg/kg	2.967	2.285	1.985	2.138	2.324	1.564	2.193
Manganeso	28.000	mg/kg	793	768	611	632	601	567	615
Mercurio	60	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Molibdeno	N/A	mg/kg	36	17	< 13,0	< 13,0	< 13,0	< 13,0	34
Niquel	4.000	mg/kg	< 13,0	< 13,0	< 13,0	< 13,0	< 13,0	< 13,0	< 13,0
Fosforo	N/A	mg/kg	483	737	582	545	524	452	449
Selenio	1.000	mg/kg	< 1,20	1	< 1,20	< 1,20	< 1,20	< 1,20	< 1,20
Plata	1.000	mg/kg	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20	< 2,20
Sodio	N/A	mg/kg	1.335	930	647	913	2.064	395	310
Estroncio	N/A	mg/kg	40	46	40	35	52	34	43
Talio	N/A	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Estaño	N/A	mg/kg	1	1	1	< 0,600	1	< 0,600	1
Titanio	N/A	mg/kg	1.221	1.783	1.338	1.422	1.638	1.278	943
Uranio	N/A	mg/kg	< 12,0	< 12,0	< 12,0	< 12,0	< 12,0	< 12,0	< 12,0
Vanadio	N/A	mg/kg	92	175	124	121	126	101	64
Zinc	60.000	mg/kg	146	144	143	86	99	89	96

**Nota**

La referencia utilizada corresponde a los valores establecidos para áreas minas por la USEPA en su estudio de Criterios de manejo de riego en sitios mineros" (Ford, 2004).

N/D	Valores que exceden la referencia.
N/A	No detectado.
N/A	Sin referencia.

Tabla 3: Comparación de Detecciones con BLM for Mining

Verificación de acciones de remediación en CMDIC

Ujima, Iquique, Chile

ID muestra en Informe	Valor de referencia (ver nota)	Unidad	TU-8	TU-9	TU-10	TU-11	TU-12	TU-13	TU-14
ID muestra en laboratorio			4110435	4110424	-	4110459	4110451	4110448	4110452
Matriz			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
N° de reporte del laboratorio			835/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018
Fecha de muestreo			04/01/2018	04/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018
Antimonio	100	mg/kg	< 140	< 140	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Arsenico	N/A	mg/kg	24	11	12	13	14	14	12
Bario	N/A	mg/kg	238	118	188	184	164	133	200
Berilio	N/A	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
Bismuto	N/A	mg/kg	< 2,00	< 2,00	< 1,00	< 1,00	1	3	< 1,00
Cadmio	100	mg/kg	1	< 1,00	1	< 0,900	< 0,900	1	< 0,900
Cromo	N/A	mg/kg	44	20	24	15	19	13	16
Cobalto	N/A	mg/kg	< 25,0	< 25,0	14	9	10	12	10
Cobre	7.400	mg/kg	697	214	375	337	637	2.298	682
Plomo	2.000	mg/kg	26	13	54	34	52	47	30
Litio	N/A	mg/kg	17	7	9	10	11	13	14
Magnesio	N/A	mg/kg	3.142	1.480	1.682	2.430	2.975	3.208	3.265
Manganeso	28.000	mg/kg	1.507	531	1.215	616	881	1.161	762
Mercurio	60	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30
Molibdeno	N/A	mg/kg	20	< 13,0	7	11	49	97	37
Niquel	4.000	mg/kg	17	< 13,0	10	8	9	9	10
Fosforo	N/A	mg/kg	931	409	617	625	612	511	477
Selenio	1.000	mg/kg	2	< 1,20	< 1,50	< 1,50	< 1,50	2	< 1,50
Plata	1.000	mg/kg	< 2,20	< 2,20	< 0,600	< 0,600	< 0,600	2	< 0,600
Sodio	N/A	mg/kg	540	263	368	923	1.177	2.763	2.031
Estroncio	N/A	mg/kg	88	44	60	74	59	53	82
Talio	N/A	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Estaño	N/A	mg/kg	1	< 0,600	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Titanio	N/A	mg/kg	3.085	1.397	1.517	1.175	1.384	787	1.077
Uranio	N/A	mg/kg	< 12,0	< 12,0	2	< 1,50	< 1,50	2	2
Vanadio	N/A	mg/kg	233	103	123	66	87	52	56
Zinc	60.000	mg/kg	219	73	104	95	129	169	109

**Nota**

La referencia utilizada corresponde a los valores establecidos para áreas minas por la USEPA en su estudio de Criterios de manejo de riego en sitios mineros" (Ford, 2004).

N/D	Valores que exceden la referencia.
N/A	No detectado.
N/A	Sin referencia.

Tabla 3: Comparación de Detecciones con BLM for Mining

Verificación de acciones de remediación en CMDIC

Ujima, Iquique, Chile

ID muestra en Informe	Valor de referencia (ver nota)	Unidad	TU-15	TU-16	TU-17	TU-18	TU-19	TU-20	TU-21
ID muestra en laboratorio			4110456	4161860	4110447	4110458	4110457	4110446	4110449
Matriz			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
N° de reporte del laboratorio			3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018
Fecha de muestreo			16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018
Antimonio	100	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	2,12	< 1,50	< 1,50
Arsenico	N/A	mg/kg	16	17	17	15	17	14	13
Bario	N/A	mg/kg	112	103	85	155	98	123	93
Berilio	N/A	mg/kg	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
Bismuto	N/A	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Cadmio	100	mg/kg	< 0,900	< 0,900	< 0,900	< 0,900	< 0,900	1	< 0,900
Cromo	N/A	mg/kg	11	14	13	15	21	14	8
Cobalto	N/A	mg/kg	7	8	10	10	12	10	6
Cobre	7.400	mg/kg	810	677	2.168	808	1.226	1.537	732
Plomo	2.000	mg/kg	37	30	24	25	38	51	26
Litio	N/A	mg/kg	14	17	18	15	15	16	12
Magnesio	N/A	mg/kg	1.882	1.941	2.498	2.168	2.570	3.187	1.825
Manganeso	28.000	mg/kg	656	608	989	1.381	823	1.084	463
Mercurio	60	mg/kg	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30
Molibdeno	N/A	mg/kg	26	31	61	27	77	105	34
Niquel	4.000	mg/kg	6	8	8	8	9	9	5
Fosforo	N/A	mg/kg	548	458	404	437	566	532	281
Selenio	1.000	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Plata	1.000	mg/kg	< 0,600	< 0,600	1	< 0,600	1	1	< 0,600
Sodio	N/A	mg/kg	1.815	2.358	4.723	2.834	3.785	4.967	2.648
Estroncio	N/A	mg/kg	39	35	35	42	34	42	36
Talio	N/A	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Estaño	N/A	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Titanio	N/A	mg/kg	694	902	838	1.000	1.305	812	544
Uranio	N/A	mg/kg	< 1,50	< 1,50	2	2	< 1,50	2	< 1,50
Vanadio	N/A	mg/kg	50	63	64	78	109	67	35
Zinc	60.000	mg/kg	86	84	144	146	112	195	79

**Nota**

La referencia utilizada corresponde a los valores establecidos para áreas minas por la USEPA en su estudio de Criterios de manejo de riego en sitios mineros" (Ford, 2004).

N/D	Valores que exceden la referencia.
N/A	No detectado.
	Sin referencia.

Tabla 3: Comparación de Detecciones con BLM for Mining

Verificación de acciones de remediación en CMDIC

Ujima, Iquique, Chile

ID muestra en Informe	Valor de referencia (ver nota)	Unidad	TU-22	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05	PU-06
ID muestra en laboratorio			4110438	4161856	4161867	4161861	4161853	4161862	4161855
Matriz			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
N° de reporte del laboratorio			3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018	3742/2018
Fecha de muestreo			16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018
Antimonio	100	mg/kg	< 1,50	1,78	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Arsenico	N/A	mg/kg	11	41	21	19	14	15	29
Bario	N/A	mg/kg	81	208	153	161	102	120	219
Berilio	N/A	mg/kg	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
Bismuto	N/A	mg/kg	< 1,00	< 1,00	1	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Cadmio	100	mg/kg	< 0,900	< 0,900	< 0,900	< 0,900	< 0,900	< 0,900	< 0,900
Cromo	N/A	mg/kg	7	9	8	8	< 7,00	< 7,00	14
Cobalto	N/A	mg/kg	6	7	8	8	6	6	10
Cobre	7.400	mg/kg	840	2.100	414	580	161	141	548
Plomo	2.000	mg/kg	18	47	35	32	19	22	58
Litio	N/A	mg/kg	15	33	12	19	11	14	34
Magnesio	N/A	mg/kg	2.123	3.101	2.456	2.634	1.869	1.828	3.273
Manganeso	28.000	mg/kg	393	550	457	463	328	285	568
Mercurio	60	mg/kg	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30	< 1,30
Molibdeno	N/A	mg/kg	24	42	9	19	3	8	16
Niquel	4.000	mg/kg	5	7	7	6	5	5	11
Fosforo	N/A	mg/kg	372	568	471	457	384	501	650
Selenio	1.000	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Plata	1.000	mg/kg	< 0,600	1	< 0,600	< 0,600	< 0,600	< 0,600	< 0,600
Sodio	N/A	mg/kg	3.335	4.868	820	1.794	687	1.277	2.118
Estroncio	N/A	mg/kg	36	64	58	62	45	50	64
Talio	N/A	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Estaño	N/A	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	1
Titanio	N/A	mg/kg	533	682	503	639	705	475	846
Uranio	N/A	mg/kg	< 1,50	2	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	3
Vanadio	N/A	mg/kg	33	36	39	42	41	32	54
Zinc	60.000	mg/kg	75	201	109	140	67	71	155

**Nota**

La referencia utilizada corresponde a los valores establecidos para áreas minas por la USEPA en su estudio de Criterios de manejo de riego en sitios mineros" (Ford, 2004).

N/D	Valores que exceden la referencia.
N/A	No detectado.
N/A	Sin referencia.



Tabla 3: Comparación de Detecciones con BLM for Mining

Verificación de acciones de remediación en CMDIC

Ujima, Iquique, Chile

ID muestra en Informe	Valor de referencia (ver nota)	Unidad	PU-07	PU-08	PU-09
ID muestra en laboratorio			4161847	4161863	4161869
Matriz			Suelo	Suelo	Suelo
N° de reporte del laboratorio			3742/2018	3742/2018	3742/2018
Fecha de muestreo			16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018
Antimonio	100	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Arsenico	N/A	mg/kg	26	30	29
Bario	N/A	mg/kg	141	162	145
Berilio	N/A	mg/kg	< 2,00	< 2,00	< 2,00
Bismuto	N/A	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Cadmio	100	mg/kg	1	< 0,900	< 0,900
Cromo	N/A	mg/kg	11	10	10
Cobalto	N/A	mg/kg	8	9	8
Cobre	7.400	mg/kg	831	563	436
Plomo	2.000	mg/kg	33	38	37
Litio	N/A	mg/kg	27	34	31
Magnesio	N/A	mg/kg	3.161	3.790	3.429
Manganeso	28.000	mg/kg	545	512	421
Mercurio	60	mg/kg	< 1,30	< 1,30	< 1,30
Molibdeno	N/A	mg/kg	34	22	21
Niquel	4.000	mg/kg	8	9	8
Fosforo	N/A	mg/kg	563	537	534
Selenio	1.000	mg/kg	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Plata	1.000	mg/kg	1	< 0,600	< 0,600
Sodio	N/A	mg/kg	5.766	5.417	4.510
Estroncio	N/A	mg/kg	81	64	63
Talio	N/A	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Estaño	N/A	mg/kg	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Titanio	N/A	mg/kg	685	633	584
Uranio	N/A	mg/kg	2	2	2
Vanadio	N/A	mg/kg	54	44	43
Zinc	60.000	mg/kg	134	143	119

**Nota**

La referencia utilizada corresponde a los valores establecidos para áreas minas por la USEPA en su estudio de Criterios de manejo de riego en sitios mineros" (Ford, 2004).

	Valores que exceden la referencia.
N/D	No detectado.
N/A	Sin referencia.

Tabla 4: Comparación del 95% UCL con Valores de Referencia de Canadá y BLM

Verificación de acciones de remediación en CMDIC

Iquique, Chile

Analito	Valor de background (ver nota)	Valor de referencia Canadá - Uso Industrial (ver nota)	Valor de referencia BLM Sitios Mineros (ver nota)	Unidad	Sector TU	Sector TU (método de cálculo del valor)	Sector PU (Valor)	Sector PU (método de cálculo del valor)
Antimonio	N/D	40	100	mg/kg	< 140	95% UCL- gamma	1,78	Valor máximo
Arsenico	8	12	N/A	mg/kg	17	95% UCL- normal	29	Percentil 75
Bario	178	2.000	N/A	mg/kg	148	95% UCL- gamma	162	Percentil 75
Berilio	N/D	8	N/A	mg/kg	< 1,00	Valor detección	< 2,00	Valor detección
Bismuto	N/D	N/A	N/A	mg/kg	3	Valor máximo	1	Valor máximo
Cadmio	N/D	22	100	mg/kg	1	Valor máximo	1	Valor máximo
Cromo	12	87	N/A	mg/kg	22	95% UCL- normal	10	Percentil 75
Cobalto	7	300	N/A	mg/kg	12	95% UCL-no param.	8	Percentil 75
Cobre	75	91	7.400	mg/kg	1.203	95% UCL- gamma	580	Percentil 75
Plomo	10	600	2.000	mg/kg	33	95% UCL- normal	38	Percentil 75
Litio	9	N/A	N/A	mg/kg	14	95% UCL- normal	33	Percentil 75
Magnesio	1.810	N/A	N/A	mg/kg	2.560	95% UCL- normal	3.273	Percentil 75
Manganeso	257	N/A	28.000	mg/kg	929	95% UCL- gamma	545	Percentil 75
Mercurio	N/D	50	60	mg/kg	< 1,50	Valor detección	< 1,30	Valor detección
Molibdeno	2	40	N/A	mg/kg	48	95% UCL- gamma	22	Percentil 75
Niquel	6	89	4.000	mg/kg	9	95% UCL-no param.	8	Percentil 75
Fosforo	565	N/A	N/A	mg/kg	575	95% UCL- normal	563	Percentil 75
Selenio	N/D	3	1.000	mg/kg	2	Valor máximo	< 1,50	Valor detección
Plata	N/D	40	1.000	mg/kg	2	Valor máximo	1	Valor máximo
Sodio	434	N/A	N/A	mg/kg	2.637	95% UCL- gamma	4.868	Percentil 75
Estroncio	81	N/A	N/A	mg/kg	53	95% UCL-no param.	64	Percentil 75
Talio	N/D	1	N/A	mg/kg	< 1,50	Valor detección	< 1,00	Valor detección
Estaño	N/D	300	N/A	mg/kg	1	Valor máximo	1	Valor máximo
Titanio	884	N/A	N/A	mg/kg	1.411	95% UCL- normal	685	Percentil 75
Uranio	N/D	300	N/A	mg/kg	2	95% UCL- normal	3	Valor máximo
Vanadio	69	130	N/A	mg/kg	109	95% UCL- normal	44	Percentil 75
Zinc	43	360	60.000	mg/kg	136	95% UCL- gamma	143	Percentil 75

Nota

Los valores de background corresponde a los obtenidos en la Tabla 1 a través del superior del intervalo de tolerancia (UTL) 95% con una cobertura del 90%.

La referencia 1 corresponde a la guía de calidad ambiental Canadiense para la protección del medio ambiente y la salud humana para suelo industrial (actualización enero 2018).

La referencia 2 corresponde a los valores establecidos para áreas minas por la USEPA en su estudio de Criterios de manejo de riego en sitios mineros" (Ford, 2004).

El límite superior de confianza del 95% (95% UCL, por sus siglas en inglés [upper confidence limit]) fue calculado mediante el software ProUCL v5.1

Negrita	Valores que exceden el background.
	Valores que exceden VR Canada
Fuente	Valores que exceden VR BLM
N/D	No detectado.
N/A	Sin referencia.

## **ANEXO A**

### **ANEXO FOTOGRÁFICO**













## **ANEXO B**

### **CERTIFICADOS DE LABORATORIO**







**INFORME DE ENSAYO: 4542/2018**

**ALS Life Sciences Chile Resolución ETFA 899**

**Propuesta comercial: 21695/2017.1**

**Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM**

Baquedano 902 - Iquique

Atención: Helio Coronado

**Análisis de Metales en suelo**

Muestras recibidas el: 24/01/2018

Informe generado el 25/01/2018

**Paulina Bustamante A.**

Laboratory Manager  
ALS Life Sciences Division | Latin America  
Environmental Services



## INFORME DE ENSAYO: 4542/2018

### RESULTADOS ANALÍTICOS

Muestras del ítem: 1

N° ALS					7274/2018-1.0	7275/2018-1.0	7276/2018-1.0
Fecha de Muestreo					04/01/2018	04/01/2018	04/01/2018
Hora de Muestreo					15:40:00	16:11:00	16:22:00
Tipo de Muestra					Suelo	Suelo	Suelo
Identificación					TU-1	TU-2	TU-3
Parámetro	CM	Unidad	LD	LQ	Valores	Valores	Valores
Digestión Ácida de Metales Totales (Suelos)	12542	---	---	---	si	si	si
Fecha de Análisis	12542	---	---	---	08/01/2018 11:41	08/01/2018 11:41	08/01/2018 11:41
Antimonio (Sb)	12683	mg/kg	---	140	<140	<140	<140
Arsenico (As)	12683	mg/kg	---	1,50	20,6	19,9	18,5
Bario (Ba)	12683	mg/kg	---	1,00	124	108	101
Berilio (Be)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Bismuto (Bi)	12683	mg/kg	---	2,00	2,19	2,68	<2,00
Cadmio (Cd)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Cromo (Cr)	12683	mg/kg	---	0,900	19,2	33,8	24,0
Cobalto (Co)	12683	mg/kg	---	25,0	<25,0	<25,0	<25,0
Cobre (Cu)	12683	mg/kg	---	7,00	1589	1675	1144
Plomo (Pb)	12683	mg/kg	---	1,00	23,3	25,6	12,6
Litio (Li)	12683	mg/kg	---	1,75	12,0	10,7	10,9
Magnesio (Mg)	12683	mg/kg	---	140	2967	2285	1985
Manganeso (Mn)	12683	mg/kg	---	1,00	793	768	611
Mercurio (Hg)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Molibdeno (Mo)	12683	mg/kg	---	13,0	36,0	16,7	<13,0
Niquel (Ni)	12683	mg/kg	---	13,0	<13,0	<13,0	<13,0
Fosforo (P)	12683	mg/kg	---	1,30	483	737	582
Selenio (Se)	12683	mg/kg	---	1,20	<1,20	1,34	<1,20
Plata (Ag)	12683	mg/kg	---	2,20	<2,20	<2,20	<2,20
Sodio (Na)	12683	mg/kg	---	2,50	1335	930	647
Estroncio (Sr)	12683	mg/kg	---	15,0	40,4	45,6	39,9
Talio (Tl)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Estaño (Sn)	12683	mg/kg	---	0,600	0,774	0,998	0,719
Titanio (Ti)	12683	mg/kg	---	15,0	1221	1783	1338
Uranio (U)	12683	mg/kg	---	12,0	<12,0	<12,0	<12,0
Vanadio (V)	12683	mg/kg	---	1,00	91,5	175	124
Zinc (Zn)	12683	mg/kg	---	1,00	146	144	143
Fecha de Análisis	12683	---	---	---	08/01/2018 00:00	08/01/2018 00:00	08/01/2018 00:00



## INFORME DE ENSAYO: 4542/2018

Muestras del ítem: 1

N° ALS					7277/2018-1.0	7278/2018-1.0	7279/2018-1.0
Fecha de Muestreo					04/01/2018	04/01/2018	04/01/2018
Hora de Muestreo					16:30:00	16:50:00	17:15:00
Tipo de Muestra					Suelo	Suelo	Suelo
Identificación					TU-4	TU-5	TU-6
Parámetro	CM	Unidad	LD	LQ	Valores	Valores	Valores
Digestión Ácida de Metales Totales (Suelos)	12542	---	---	---	si	si	si
Fecha de Análisis	12542	---	---	---	08/01/2018 11:41	08/01/2018 11:41	08/01/2018 11:41
Antimonio (Sb)	12683	mg/kg	---	140	<140	<140	<140
Arsenico (As)	12683	mg/kg	---	1,50	21,8	14,6	17,1
Bario (Ba)	12683	mg/kg	---	1,00	116	151	94,6
Berilio (Be)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Bismuto (Bi)	12683	mg/kg	---	2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Cadmio (Cd)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Cromo (Cr)	12683	mg/kg	---	0,900	23,6	22,6	19,1
Cobalto (Co)	12683	mg/kg	---	25,0	<25,0	<25,0	<25,0
Cobre (Cu)	12683	mg/kg	---	7,00	439	379	480
Plomo (Pb)	12683	mg/kg	---	1,00	14,5	18,9	12,9
Litio (Li)	12683	mg/kg	---	1,75	10,2	15,3	9,17
Magnesio (Mg)	12683	mg/kg	---	140	2138	2324	1564
Manganeso (Mn)	12683	mg/kg	---	1,00	632	601	567
Mercurio (Hg)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Molibdeno (Mo)	12683	mg/kg	---	13,0	<13,0	<13,0	<13,0
Niquel (Ni)	12683	mg/kg	---	13,0	<13,0	<13,0	<13,0
Fosforo (P)	12683	mg/kg	---	1,30	545	524	452
Selenio (Se)	12683	mg/kg	---	1,20	<1,20	<1,20	<1,20
Plata (Ag)	12683	mg/kg	---	2,20	<2,20	<2,20	<2,20
Sodio (Na)	12683	mg/kg	---	2,50	913	2064	395
Estroncio (Sr)	12683	mg/kg	---	15,0	34,5	51,5	33,8
Talio (Tl)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Estaño (Sn)	12683	mg/kg	---	0,600	<0,600	0,673	<0,600
Titanio (Ti)	12683	mg/kg	---	15,0	1422	1638	1278
Uranio (U)	12683	mg/kg	---	12,0	<12,0	<12,0	<12,0
Vanadio (V)	12683	mg/kg	---	1,00	121	126	101
Zinc (Zn)	12683	mg/kg	---	1,00	85,9	98,5	88,8
Fecha de Análisis	12683	---	---	---	08/01/2018 00:00	08/01/2018 00:00	08/01/2018 00:00



## INFORME DE ENSAYO: 4542/2018

Muestras del ítem: 1

N° ALS					7280/2018-1.0	7281/2018-1.0	7282/2018-1.0
Fecha de Muestreo					04/01/2018	04/01/2018	04/01/2018
Hora de Muestreo					17:45:00	15:55:00	18:20:00
Tipo de Muestra					Suelo	Suelo	Suelo
Identificación					TU-7	TU-8	TU-9
Parámetro	CM	Unidad	LD	LQ	Valores	Valores	Valores
Digestión Ácida de Metales Totales (Suelos)	12542	---	---	---	si	si	si
Fecha de Análisis	12542	---	---	---	08/01/2018 11:41	08/01/2018 11:41	08/01/2018 11:41
Antimonio (Sb)	12683	mg/kg	---	140	<140	<140	<140
Arsenico (As)	12683	mg/kg	---	1,50	17,4	23,5	10,8
Bario (Ba)	12683	mg/kg	---	1,00	115	238	118
Berilio (Be)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Bismuto (Bi)	12683	mg/kg	---	2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Cadmio (Cd)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	1,20	<1,00
Cromo (Cr)	12683	mg/kg	---	0,900	12,7	44,0	20,2
Cobalto (Co)	12683	mg/kg	---	25,0	<25,0	<25,0	<25,0
Cobre (Cu)	12683	mg/kg	---	7,00	812	697	214
Plomo (Pb)	12683	mg/kg	---	1,00	19,3	25,7	12,6
Litio (Li)	12683	mg/kg	---	1,75	11,3	17,0	7,44
Magnesio (Mg)	12683	mg/kg	---	140	2193	3142	1480
Manganeso (Mn)	12683	mg/kg	---	1,00	615	1507	531
Mercurio (Hg)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Molibdeno (Mo)	12683	mg/kg	---	13,0	34,1	19,5	<13,0
Niquel (Ni)	12683	mg/kg	---	13,0	<13,0	17,2	<13,0
Fosforo (P)	12683	mg/kg	---	1,30	449	931	409
Selenio (Se)	12683	mg/kg	---	1,20	<1,20	1,70	<1,20
Plata (Ag)	12683	mg/kg	---	2,20	<2,20	<2,20	<2,20
Sodio (Na)	12683	mg/kg	---	2,50	310	540	263
Estroncio (Sr)	12683	mg/kg	---	15,0	42,5	88,0	44,1
Talio (Tl)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Estaño (Sn)	12683	mg/kg	---	0,600	0,669	1,25	<0,600
Titanio (Ti)	12683	mg/kg	---	15,0	943	3085	1397
Uranio (U)	12683	mg/kg	---	12,0	<12,0	<12,0	<12,0
Vanadio (V)	12683	mg/kg	---	1,00	63,8	233	103
Zinc (Zn)	12683	mg/kg	---	1,00	95,8	219	72,6
Fecha de Análisis	12683	---	---	---	08/01/2018 00:00	08/01/2018 00:00	08/01/2018 00:00



## INFORME DE ENSAYO: 4542/2018

Muestras del ítem: 1

N° ALS					35128/2018-1.0	35129/2018-1.0	35130/2018-1.0
Fecha de Muestreo					16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018
Hora de Muestreo					17:46:00	18:15:00	18:20:00
Tipo de Muestra					Suelo	Suelo	Suelo
Identificación					PU-01	PU-02	PU-03
Parámetro	CM	Unidad	LD	LQ	Valores	Valores	Valores
Digestión Ácida de Metales Totales (Suelos)	12542	---	---	---	si	si	si
Fecha de Análisis	12542	---	---	---	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42
Antimonio (Sb)	12683	mg/kg	---	1,50	1,78	<1,50	<1,50
Arsenico (As)	12683	mg/kg	---	1,00	40,9	21,2	18,6
Bario (Ba)	12683	mg/kg	---	1,00	208	153	161
Berilio (Be)	12683	mg/kg	---	2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Bismuto (Bi)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	1,14	<1,00
Cadmio (Cd)	12683	mg/kg	---	0,900	<0,900	<0,900	<0,900
Cromo (Cr)	12683	mg/kg	---	7,00	9,04	8,15	8,00
Cobalto (Co)	12683	mg/kg	---	1,00	7,37	8,06	7,63
Cobre (Cu)	12683	mg/kg	---	1,75	2100	414	580
Plomo (Pb)	12683	mg/kg	---	1,00	46,9	35,3	32,1
Litio (Li)	12683	mg/kg	---	1,50	33,1	12,3	18,5
Magnesio (Mg)	12683	mg/kg	---	13,0	3101	2456	2634
Manganeso (Mn)	12683	mg/kg	---	13,0	550	457	463
Mercurio (Hg)	12683	mg/kg	---	1,30	<1,30	<1,30	<1,30
Molibdeno (Mo)	12683	mg/kg	---	1,20	42,2	9,21	19,2
Niquel (Ni)	12683	mg/kg	---	2,20	7,37	7,07	6,18
Fosforo (P)	12683	mg/kg	---	2,50	568	471	457
Selenio (Se)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Plata (Ag)	12683	mg/kg	---	0,600	1,24	<0,600	<0,600
Sodio (Na)	12683	mg/kg	---	15,0	4868	820	1794
Estroncio (Sr)	12683	mg/kg	---	12,0	63,7	57,9	61,7
Talio (Tl)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Estaño (Sn)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Titanio (Ti)	12683	mg/kg	---	30,0	682	503	639
Uranio (U)	12683	mg/kg	---	1,50	1,71	<1,50	<1,50
Vanadio (V)	12683	mg/kg	---	1,10	35,9	39,1	41,8
Zinc (Zn)	12683	mg/kg	---	1,20	201	109	140
Aluminio (Al)	12683	mg/kg	---	140	16103	12191	10052
Calcio (Ca)	12683	mg/kg	---	25,0	2625	2029	1820
Hierro (Fe)	12683	mg/kg	---	140	24773	19363	23753
Potasio (K)	12683	mg/kg	---	15,0	2227	1418	1671
Fecha de Análisis	12683	---	---	---	25/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00



## INFORME DE ENSAYO: 4542/2018

Muestras del ítem: 1

N° ALS					35131/2018-1.0	35132/2018-1.0	35133/2018-1.0
Fecha de Muestreo					16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018
Hora de Muestreo					18:12:00	18:00:00	17:58:00
Tipo de Muestra					Suelo	Suelo	Suelo
Identificación					PU-04	PU-05	PU-06
Parámetro	CM	Unidad	LD	LQ	Valores	Valores	Valores
Digestión Ácida de Metales Totales (Suelos)	12542	---	---	---	si	si	si
Fecha de Análisis	12542	---	---	---	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42
Antimonio (Sb)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Arsenico (As)	12683	mg/kg	---	1,00	13,6	15,2	28,7
Bario (Ba)	12683	mg/kg	---	1,00	102	120	219
Berilio (Be)	12683	mg/kg	---	2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Bismuto (Bi)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Cadmio (Cd)	12683	mg/kg	---	0,900	<0,900	<0,900	<0,900
Cromo (Cr)	12683	mg/kg	---	7,00	<7,00	<7,00	13,6
Cobalto (Co)	12683	mg/kg	---	1,00	6,17	5,79	10,2
Cobre (Cu)	12683	mg/kg	---	1,75	161	141	548
Plomo (Pb)	12683	mg/kg	---	1,00	18,9	21,6	57,6
Litio (Li)	12683	mg/kg	---	1,50	10,9	13,7	33,5
Magnesio (Mg)	12683	mg/kg	---	13,0	1869	1828	3273
Manganeso (Mn)	12683	mg/kg	---	13,0	328	285	568
Mercurio (Hg)	12683	mg/kg	---	1,30	<1,30	<1,30	<1,30
Molibdeno (Mo)	12683	mg/kg	---	1,20	3,25	7,53	16,3
Niquel (Ni)	12683	mg/kg	---	2,20	5,36	4,87	10,6
Fosforo (P)	12683	mg/kg	---	2,50	384	501	650
Selenio (Se)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Plata (Ag)	12683	mg/kg	---	0,600	<0,600	<0,600	<0,600
Sodio (Na)	12683	mg/kg	---	15,0	687	1277	2118
Estroncio (Sr)	12683	mg/kg	---	12,0	45,3	50,0	64,4
Talio (Tl)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Estaño (Sn)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	1,01
Titanio (Ti)	12683	mg/kg	---	30,0	705	475	846
Uranio (U)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	2,69
Vanadio (V)	12683	mg/kg	---	1,10	41,4	31,5	53,8
Zinc (Zn)	12683	mg/kg	---	1,20	67,2	71,2	155
Aluminio (Al)	12683	mg/kg	---	140	7604	8454	17609
Calcio (Ca)	12683	mg/kg	---	25,0	1610	1617	3455
Hierro (Fe)	12683	mg/kg	---	140	18023	16777	25450
Potasio (K)	12683	mg/kg	---	15,0	1009	1350	2218
Fecha de Análisis	12683	---	---	---	25/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00



## INFORME DE ENSAYO: 4542/2018

Muestras del ítem: 1

N° ALS					35134/2018-1.0	35135/2018-1.0	35136/2018-1.0
Fecha de Muestreo					16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018
Hora de Muestreo					17:52:00	18:07:00	19:08:00
Tipo de Muestra					Suelo	Suelo	Suelo
Identificación					PU-07	PU-08	PU-09
Parámetro	CM	Unidad	LD	LQ	Valores	Valores	Valores
Digestión Ácida de Metales Totales (Suelos)	12542	---	---	---	si	si	si
Fecha de Análisis	12542	---	---	---	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42
Antimonio (Sb)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Arsenico (As)	12683	mg/kg	---	1,00	25,6	30,0	29,2
Bario (Ba)	12683	mg/kg	---	1,00	141	162	145
Berilio (Be)	12683	mg/kg	---	2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Bismuto (Bi)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Cadmio (Cd)	12683	mg/kg	---	0,900	1,12	<0,900	<0,900
Cromo (Cr)	12683	mg/kg	---	7,00	11,3	10,4	9,74
Cobalto (Co)	12683	mg/kg	---	1,00	8,32	9,26	8,46
Cobre (Cu)	12683	mg/kg	---	1,75	831	563	436
Plomo (Pb)	12683	mg/kg	---	1,00	33,2	37,8	37,4
Litio (Li)	12683	mg/kg	---	1,50	27,2	33,8	30,5
Magnesio (Mg)	12683	mg/kg	---	13,0	3161	3790	3429
Manganeso (Mn)	12683	mg/kg	---	13,0	545	512	421
Mercurio (Hg)	12683	mg/kg	---	1,30	<1,30	<1,30	<1,30
Molibdeno (Mo)	12683	mg/kg	---	1,20	34,1	22,2	21,3
Niquel (Ni)	12683	mg/kg	---	2,20	7,96	8,75	7,97
Fosforo (P)	12683	mg/kg	---	2,50	563	537	534
Selenio (Se)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Plata (Ag)	12683	mg/kg	---	0,600	0,775	<0,600	<0,600
Sodio (Na)	12683	mg/kg	---	15,0	5766	5417	4510
Estroncio (Sr)	12683	mg/kg	---	12,0	80,8	63,9	63,3
Talio (Tl)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Estaño (Sn)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Titanio (Ti)	12683	mg/kg	---	30,0	685	633	584
Uranio (U)	12683	mg/kg	---	1,50	1,75	1,82	1,68
Vanadio (V)	12683	mg/kg	---	1,10	53,9	44,2	43,0
Zinc (Zn)	12683	mg/kg	---	1,20	134	143	119
Aluminio (Al)	12683	mg/kg	---	140	10634	13085	11656
Calcio (Ca)	12683	mg/kg	---	25,0	8066	4762	3864
Hierro (Fe)	12683	mg/kg	---	140	23378	23355	21242
Potasio (K)	12683	mg/kg	---	15,0	1982	2516	2401
Fecha de Análisis	12683	---	---	---	25/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00





## INFORME DE ENSAYO: 4542/2018

Muestras del ítem: 1

N° ALS					35138/2018-1.0	35139/2018-1.0	35150/2018-1.0
Fecha de Muestreo					16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018
Hora de Muestreo					12:00:00	12:10:00	12:43:00
Tipo de Muestra					Suelo	Suelo	Suelo
Identificación					TU-11	TU-12	TU-13
Parámetro	CM	Unidad	LD	LQ	Valores	Valores	Valores
Digestión Ácida de Metales Totales (Suelos)	12542	---	---	---	si	si	si
Fecha de Análisis	12542	---	---	---	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42
Antimonio (Sb)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Arsenico (As)	12683	mg/kg	---	1,00	12,7	14,2	13,5
Bario (Ba)	12683	mg/kg	---	1,00	184	164	133
Berilio (Be)	12683	mg/kg	---	2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Bismuto (Bi)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	1,03	3,03
Cadmio (Cd)	12683	mg/kg	---	0,900	<0,900	<0,900	0,918
Cromo (Cr)	12683	mg/kg	---	7,00	15,3	19,3	13,0
Cobalto (Co)	12683	mg/kg	---	1,00	9,24	9,86	12,1
Cobre (Cu)	12683	mg/kg	---	1,75	337	637	2298
Plomo (Pb)	12683	mg/kg	---	1,00	33,8	52,4	46,5
Litio (Li)	12683	mg/kg	---	1,50	10,0	10,8	13,2
Magnesio (Mg)	12683	mg/kg	---	13,0	2430	2975	3208
Manganeso (Mn)	12683	mg/kg	---	13,0	616	881	1161
Mercurio (Hg)	12683	mg/kg	---	1,30	<1,30	<1,30	<1,30
Molibdeno (Mo)	12683	mg/kg	---	1,20	11,1	49,1	97,3
Niquel (Ni)	12683	mg/kg	---	2,20	8,01	8,61	8,96
Fosforo (P)	12683	mg/kg	---	2,50	625	612	511
Selenio (Se)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	1,58
Plata (Ag)	12683	mg/kg	---	0,600	<0,600	<0,600	1,68
Sodio (Na)	12683	mg/kg	---	15,0	923	1177	2763
Estroncio (Sr)	12683	mg/kg	---	12,0	73,9	59,4	53,3
Talio (Tl)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Estaño (Sn)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Titanio (Ti)	12683	mg/kg	---	30,0	1175	1384	787
Uranio (U)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	1,80
Vanadio (V)	12683	mg/kg	---	1,10	65,7	86,5	52,4
Zinc (Zn)	12683	mg/kg	---	1,20	95,4	129	169
Aluminio (Al)	12683	mg/kg	---	140	9276	10563	9527
Calcio (Ca)	12683	mg/kg	---	25,0	2353	3305	2960
Hierro (Fe)	12683	mg/kg	---	140	26945	35434	33516
Potasio (K)	12683	mg/kg	---	15,0	792	1420	1419
Fecha de Análisis	12683	---	---	---	25/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00



## INFORME DE ENSAYO: 4542/2018

Muestras del ítem: 1

N° ALS					35151/2018-1.0	35152/2018-1.0	35153/2018-1.0
Fecha de Muestreo					16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018
Hora de Muestreo					11:30:00	11:10:00	16:10:00
Tipo de Muestra					Suelo	Suelo	Suelo
Identificación					TU-14	TU-15	TU-16
Parámetro	CM	Unidad	LD	LQ	Valores	Valores	Valores
Digestión Ácida de Metales Totales (Suelos)	12542	---	---	---	si	si	si
Fecha de Análisis	12542	---	---	---	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42
Antimonio (Sb)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Arsenico (As)	12683	mg/kg	---	1,00	12,1	16,1	17,3
Bario (Ba)	12683	mg/kg	---	1,00	200	112	103
Berilio (Be)	12683	mg/kg	---	2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Bismuto (Bi)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Cadmio (Cd)	12683	mg/kg	---	0,900	<0,900	<0,900	<0,900
Cromo (Cr)	12683	mg/kg	---	7,00	16,4	10,8	14,4
Cobalto (Co)	12683	mg/kg	---	1,00	10,1	7,39	8,45
Cobre (Cu)	12683	mg/kg	---	1,75	682	810	677
Plomo (Pb)	12683	mg/kg	---	1,00	29,9	37,4	29,9
Litio (Li)	12683	mg/kg	---	1,50	14,2	13,7	16,5
Magnesio (Mg)	12683	mg/kg	---	13,0	3265	1882	1941
Manganeso (Mn)	12683	mg/kg	---	13,0	762	666	608
Mercurio (Hg)	12683	mg/kg	---	1,30	<1,30	<1,30	<1,30
Molibdeno (Mo)	12683	mg/kg	---	1,20	37,1	26,2	30,8
Niquel (Ni)	12683	mg/kg	---	2,20	10,4	6,38	7,54
Fosforo (P)	12683	mg/kg	---	2,50	477	548	458
Selenio (Se)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Plata (Ag)	12683	mg/kg	---	0,600	<0,600	<0,600	<0,600
Sodio (Na)	12683	mg/kg	---	15,0	2031	1815	2358
Estroncio (Sr)	12683	mg/kg	---	12,0	82,2	39,3	34,8
Talio (Tl)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Estaño (Sn)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Titanio (Ti)	12683	mg/kg	---	30,0	1077	694	902
Uranio (U)	12683	mg/kg	---	1,50	1,57	<1,50	<1,50
Vanadio (V)	12683	mg/kg	---	1,10	56,4	50,1	62,9
Zinc (Zn)	12683	mg/kg	---	1,20	109	86,3	83,8
Aluminio (Al)	12683	mg/kg	---	140	12456	6708	6956
Calcio (Ca)	12683	mg/kg	---	25,0	2753	1847	2257
Hierro (Fe)	12683	mg/kg	---	140	26624	21802	25058
Potasio (K)	12683	mg/kg	---	15,0	1247	1142	1135
Fecha de Análisis	12683	---	---	---	25/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00



## INFORME DE ENSAYO: 4542/2018

Muestras del ítem: 1

N° ALS					35154/2018-1.0	35156/2018-1.0	35157/2018-1.0
Fecha de Muestreo					19/01/2018	16/01/2018	16/01/2018
Hora de Muestreo					00:00:00	16:10:00	16:23:00
Tipo de Muestra					Suelo	Suelo	Suelo
Identificación					TU-10	TU-17	TU-18
Parámetro	CM	Unidad	LD	LQ	Valores	Valores	Valores
Digestión Ácida de Metales Totales (Suelos)	12542	---	---	---	si	si	si
Fecha de Análisis	12542	---	---	---	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42
Antimonio (Sb)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Arsenico (As)	12683	mg/kg	---	1,00	9,89	16,8	14,8
Bario (Ba)	12683	mg/kg	---	1,00	54,5	85,3	155
Berilio (Be)	12683	mg/kg	---	2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Bismuto (Bi)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Cadmio (Cd)	12683	mg/kg	---	0,900	<0,900	<0,900	<0,900
Cromo (Cr)	12683	mg/kg	---	7,00	15,5	12,9	15,2
Cobalto (Co)	12683	mg/kg	---	1,00	9,07	10,4	9,84
Cobre (Cu)	12683	mg/kg	---	1,75	21,6	2168	808
Plomo (Pb)	12683	mg/kg	---	1,00	8,86	23,5	24,6
Litio (Li)	12683	mg/kg	---	1,50	10,2	17,9	14,9
Magnesio (Mg)	12683	mg/kg	---	13,0	2693	2498	2168
Manganeso (Mn)	12683	mg/kg	---	13,0	276	989	1381
Mercurio (Hg)	12683	mg/kg	---	1,30	<1,30	<1,30	<1,30
Molibdeno (Mo)	12683	mg/kg	---	1,20	<1,20	61,1	26,9
Niquel (Ni)	12683	mg/kg	---	2,20	8,15	7,88	7,87
Fosforo (P)	12683	mg/kg	---	2,50	448	404	437
Selenio (Se)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Plata (Ag)	12683	mg/kg	---	0,600	<0,600	1,25	<0,600
Sodio (Na)	12683	mg/kg	---	15,0	568	4723	2834
Estroncio (Sr)	12683	mg/kg	---	12,0	39,4	35,3	42,3
Talio (Tl)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Estaño (Sn)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Titanio (Ti)	12683	mg/kg	---	30,0	965	838	1000
Uranio (U)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	1,64	1,63
Vanadio (V)	12683	mg/kg	---	1,10	88,0	63,6	78,4
Zinc (Zn)	12683	mg/kg	---	1,20	38,6	144	146
Aluminio (Al)	12683	mg/kg	---	140	7603	6827	7409
Calcio (Ca)	12683	mg/kg	---	25,0	3039	2952	2133
Hierro (Fe)	12683	mg/kg	---	140	26318	34015	30122
Potasio (K)	12683	mg/kg	---	15,0	1111	1406	1155
Fecha de Análisis	12683	---	---	---	29/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00



## INFORME DE ENSAYO: 4542/2018

Muestras del ítem: 1

N° ALS					35158/2018-1.0	35160/2018-1.0	35161/2018-1.0
Fecha de Muestreo					16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018
Hora de Muestreo					16:35:00	16:50:00	17:10:00
Tipo de Muestra					Suelo	Suelo	Suelo
Identificación					TU-19	TU-20	TU-21
Parámetro	CM	Unidad	LD	LQ	Valores	Valores	Valores
Digestión Ácida de Metales Totales (Suelos)	12542	---	---	---	si	si	si
Fecha de Análisis	12542	---	---	---	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42
Antimonio (Sb)	12683	mg/kg	---	1,50	2,12	<1,50	<1,50
Arsenico (As)	12683	mg/kg	---	1,00	16,9	14,2	12,6
Bario (Ba)	12683	mg/kg	---	1,00	98,4	123	92,8
Berilio (Be)	12683	mg/kg	---	2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Bismuto (Bi)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Cadmio (Cd)	12683	mg/kg	---	0,900	<0,900	0,954	<0,900
Cromo (Cr)	12683	mg/kg	---	7,00	21,0	14,2	7,55
Cobalto (Co)	12683	mg/kg	---	1,00	12,2	10,4	6,19
Cobre (Cu)	12683	mg/kg	---	1,75	1226	1537	732
Plomo (Pb)	12683	mg/kg	---	1,00	37,7	50,5	26,0
Litio (Li)	12683	mg/kg	---	1,50	15,4	16,2	12,2
Magnesio (Mg)	12683	mg/kg	---	13,0	2570	3187	1825
Manganeso (Mn)	12683	mg/kg	---	13,0	823	1084	463
Mercurio (Hg)	12683	mg/kg	---	1,30	<1,30	<1,30	<1,30
Molibdeno (Mo)	12683	mg/kg	---	1,20	76,9	105	34,4
Niquel (Ni)	12683	mg/kg	---	2,20	8,85	8,51	5,16
Fosforo (P)	12683	mg/kg	---	2,50	566	532	281
Selenio (Se)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Plata (Ag)	12683	mg/kg	---	0,600	0,616	1,16	<0,600
Sodio (Na)	12683	mg/kg	---	15,0	3785	4967	2648
Estroncio (Sr)	12683	mg/kg	---	12,0	34,3	41,8	35,6
Talio (Tl)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Estaño (Sn)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Titanio (Ti)	12683	mg/kg	---	30,0	1305	812	544
Uranio (U)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	1,67	<1,50
Vanadio (V)	12683	mg/kg	---	1,10	109	66,7	34,7
Zinc (Zn)	12683	mg/kg	---	1,20	112	195	79,2
Aluminio (Al)	12683	mg/kg	---	140	7396	8040	5956
Calcio (Ca)	12683	mg/kg	---	25,0	3073	2974	2056
Hierro (Fe)	12683	mg/kg	---	140	42418	32844	18704
Potasio (K)	12683	mg/kg	---	15,0	1457	1555	1036
Fecha de Análisis	12683	---	---	---	25/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00



## INFORME DE ENSAYO: 4542/2018

Muestras del ítem: 1

N° ALS					35169/2018-1.0	35172/2018-1.0	35173/2018-1.0
Fecha de Muestreo					16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018
Hora de Muestreo					17:27:00	08:38:00	18:41:00
Tipo de Muestra					Suelo	Suelo	Suelo
Identificación					TU-22	BUA	BUB
Parámetro	CM	Unidad	LD	LQ	Valores	Valores	Valores
Digestión Ácida de Metales Totales (Suelos)	12542	---	---	---	si	si	si
Fecha de Análisis	12542	---	---	---	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42
Antimonio (Sb)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Arsenico (As)	12683	mg/kg	---	1,00	11,4	7,53	7,42
Bario (Ba)	12683	mg/kg	---	1,00	81,4	130	144
Berilio (Be)	12683	mg/kg	---	2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Bismuto (Bi)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Cadmio (Cd)	12683	mg/kg	---	0,900	<0,900	<0,900	<0,900
Cromo (Cr)	12683	mg/kg	---	7,00	7,35	9,26	11,1
Cobalto (Co)	12683	mg/kg	---	1,00	5,64	6,98	6,07
Cobre (Cu)	12683	mg/kg	---	1,75	840	39,2	42,4
Plomo (Pb)	12683	mg/kg	---	1,00	17,7	7,18	8,56
Litio (Li)	12683	mg/kg	---	1,50	15,2	6,72	7,91
Magnesio (Mg)	12683	mg/kg	---	13,0	2123	1426	1584
Manganeso (Mn)	12683	mg/kg	---	13,0	393	247	242
Mercurio (Hg)	12683	mg/kg	---	1,30	<1,30	<1,30	<1,30
Molibdeno (Mo)	12683	mg/kg	---	1,20	24,1	<1,20	<1,20
Niquel (Ni)	12683	mg/kg	---	2,20	4,76	5,58	5,41
Fosforo (P)	12683	mg/kg	---	2,50	372	431	445
Selenio (Se)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Plata (Ag)	12683	mg/kg	---	0,600	<0,600	<0,600	<0,600
Sodio (Na)	12683	mg/kg	---	15,0	3335	314	327
Estroncio (Sr)	12683	mg/kg	---	12,0	35,5	61,1	65,0
Talio (Tl)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Estaño (Sn)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Titanio (Ti)	12683	mg/kg	---	30,0	533	738	868
Uranio (U)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Vanadio (V)	12683	mg/kg	---	1,10	33,3	57,3	63,7
Zinc (Zn)	12683	mg/kg	---	1,20	75,4	33,3	37,6
Aluminio (Al)	12683	mg/kg	---	140	6052	8209	9758
Calcio (Ca)	12683	mg/kg	---	25,0	2209	1756	1876
Hierro (Fe)	12683	mg/kg	---	140	17522	19679	21570
Potasio (K)	12683	mg/kg	---	15,0	1325	847	951
Fecha de Análisis	12683	---	---	---	25/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00



## INFORME DE ENSAYO: 4542/2018

Muestras del ítem: 1

N° ALS					35174/2018-1.0	35175/2018-1.0	35178/2018-1.0
Fecha de Muestreo					16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018
Hora de Muestreo					18:45:00	18:46:00	18:48:00
Tipo de Muestra					Suelo	Suelo	Suelo
Identificación					BUC	BUD	BUE
Parámetro	CM	Unidad	LD	LQ	Valores	Valores	Valores
Digestión Ácida de Metales Totales (Suelos)	12542	---	---	---	si	si	si
Fecha de Análisis	12542	---	---	---	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42
Antimonio (Sb)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Arsenico (As)	12683	mg/kg	---	1,00	6,59	7,44	6,14
Bario (Ba)	12683	mg/kg	---	1,00	106	119	110
Berilio (Be)	12683	mg/kg	---	2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Bismuto (Bi)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Cadmio (Cd)	12683	mg/kg	---	0,900	<0,900	<0,900	<0,900
Cromo (Cr)	12683	mg/kg	---	7,00	11,0	10,5	8,42
Cobalto (Co)	12683	mg/kg	---	1,00	5,79	5,83	5,22
Cobre (Cu)	12683	mg/kg	---	1,75	38,4	60,6	32,1
Plomo (Pb)	12683	mg/kg	---	1,00	6,99	7,46	5,71
Litio (Li)	12683	mg/kg	---	1,50	7,05	7,48	5,76
Magnesio (Mg)	12683	mg/kg	---	13,0	1402	1375	1182
Manganeso (Mn)	12683	mg/kg	---	13,0	246	254	211
Mercurio (Hg)	12683	mg/kg	---	1,30	<1,30	<1,30	<1,30
Molibdeno (Mo)	12683	mg/kg	---	1,20	1,43	1,69	<1,20
Niquel (Ni)	12683	mg/kg	---	2,20	5,23	5,17	4,40
Fosforo (P)	12683	mg/kg	---	2,50	416	434	349
Selenio (Se)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Plata (Ag)	12683	mg/kg	---	0,600	<0,600	<0,600	<0,600
Sodio (Na)	12683	mg/kg	---	15,0	275	263	287
Estroncio (Sr)	12683	mg/kg	---	12,0	53,8	56,0	73,1
Talio (Tl)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Estaño (Sn)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Titanio (Ti)	12683	mg/kg	---	30,0	866	741	747
Uranio (U)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Vanadio (V)	12683	mg/kg	---	1,10	62,7	59,0	53,1
Zinc (Zn)	12683	mg/kg	---	1,20	36,9	37,9	29,0
Aluminio (Al)	12683	mg/kg	---	140	8366	8377	7909
Calcio (Ca)	12683	mg/kg	---	25,0	1769	2106	1808
Hierro (Fe)	12683	mg/kg	---	140	21907	19783	17698
Potasio (K)	12683	mg/kg	---	15,0	897	841	779
Fecha de Análisis	12683	---	---	---	25/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00



## INFORME DE ENSAYO: 4542/2018

Muestras del ítem: 1

N° ALS					35179/2018-1.0	35180/2018-1.0	35181/2018-1.0
Fecha de Muestreo					16/01/2018	16/01/2018	16/01/2018
Hora de Muestreo					18:50:00	18:51:00	00:00:00
Tipo de Muestra					Suelo	Suelo	Suelo
Identificación					BUF	BUG	BUH
Parámetro	CM	Unidad	LD	LQ	Valores	Valores	Valores
Digestión Ácida de Metales Totales (Suelos)	12542	---	---	---	si	si	si
Fecha de Análisis	12542	---	---	---	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42	24/01/2018 09:42
Antimonio (Sb)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Arsenico (As)	12683	mg/kg	---	1,00	7,06	6,75	5,95
Bario (Ba)	12683	mg/kg	---	1,00	101	127	156
Berilio (Be)	12683	mg/kg	---	2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Bismuto (Bi)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Cadmio (Cd)	12683	mg/kg	---	0,900	<0,900	<0,900	<0,900
Cromo (Cr)	12683	mg/kg	---	7,00	10,5	9,65	9,83
Cobalto (Co)	12683	mg/kg	---	1,00	5,80	6,05	5,59
Cobre (Cu)	12683	mg/kg	---	1,75	43,1	29,9	25,6
Plomo (Pb)	12683	mg/kg	---	1,00	6,22	6,02	6,54
Litio (Li)	12683	mg/kg	---	1,50	5,82	5,76	7,73
Magnesio (Mg)	12683	mg/kg	---	13,0	1186	1165	1589
Manganeso (Mn)	12683	mg/kg	---	13,0	235	257	161
Mercurio (Hg)	12683	mg/kg	---	1,30	<1,30	<1,30	<1,30
Molibdeno (Mo)	12683	mg/kg	---	1,20	1,64	<1,20	<1,20
Niquel (Ni)	12683	mg/kg	---	2,20	5,04	5,31	5,71
Fosforo (P)	12683	mg/kg	---	2,50	392	516	453
Selenio (Se)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Plata (Ag)	12683	mg/kg	---	0,600	<0,600	<0,600	<0,600
Sodio (Na)	12683	mg/kg	---	15,0	273	368	369
Estroncio (Sr)	12683	mg/kg	---	12,0	55,8	60,4	70,4
Talio (Tl)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Estaño (Sn)	12683	mg/kg	---	1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Titanio (Ti)	12683	mg/kg	---	30,0	871	884	864
Uranio (U)	12683	mg/kg	---	1,50	<1,50	<1,50	<1,50
Vanadio (V)	12683	mg/kg	---	1,10	63,9	59,1	56,5
Zinc (Zn)	12683	mg/kg	---	1,20	33,7	31,2	29,8
Aluminio (Al)	12683	mg/kg	---	140	7629	7789	9551
Calcio (Ca)	12683	mg/kg	---	25,0	1383	1509	2006
Hierro (Fe)	12683	mg/kg	---	140	20794	23390	19294
Potasio (K)	12683	mg/kg	---	15,0	758	834	1088
Fecha de Análisis	12683	---	---	---	25/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00	25/01/2018 00:00





## INFORME DE ENSAYO: 4542/2018

### REFERENCIAS DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO

(\*)Parámetros fuera del alcance de acreditación.

CM	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Laboratorio
12542	SCL	Digestión Ácida de Metales Totales (Suelos)	Digestión Ácida. US EPA 3050 B, 3051.	SCL - Preparacion de Muestras
12683	SCL	Metal Total, Suelo (ICP-MS)	QWI-IO-ANA-02 Emisión B, Modificación 0 EPA METHOD 6020 A - INDUCTIVELY COUPLED PLASMA – MASS SPECTROMETRY	SCL - Metales

### COMENTARIOS

Los resultados de los análisis cromatográficos en suelo son expresados en base seca

**LD = Límite de detección**

**LQ = Límite de cuantificación**

Los Límites de Detección y/o Cuantificación para muestras de agua que son indicados en el presente documento, fueron determinados experimentalmente en matriz de "Agua Potable", cabe indicar, que Límites pueden variar dependiendo de la Interferencias propias de cada Matriz.

**CM = Código interno del Método de Análisis de ALS Life Sciences Chile S.A.**

**ANT:** Juan Gutemberg 438 Galpón 9, Antofagasta, Chile.

**SCL:** Avda. Hermanos Carreras Pinto N°159 Parque Industrial Los Libertadores Colina - Santiago de Chile.

**"EPA":** U.S. Environmental Protection Agency.

**"SM":** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

**"Nch":** Norma Chilena.

**"QWI":** Procedimiento interno.

El presente documento es redactado íntegramente en ALS Life Sciences Chile S.A., su alteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de ALS Life Sciences Chile S.A.; sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

Las muestras de agua se descartaran 30 días calendarios desde la fecha de emisión del informe de resultados, para el caso de las suelos o sedimentos se considerarán 90 días calendario.

El presente informe corresponde a 39 muestra(s).

El responsable del muestreo es: ALS quien se responsabiliza por su correcta identificación y preservación

Muestra(s) recibida(s) en buenas condiciones, en el tipo de recipiente adecuado y a 5.9 °C

Los resultados contenidos en este Informe de ensayo sólo son válidos para las muestras analizadas.



## INFORME DE ENSAYO: 4542/2018

### DECLARACIÓN JURADA PARA LA OPERATIVIDAD DE LA ENTIDAD TÉCNICA DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL

**Pamela Andrea Palma Vergara**, cédula de identidad número 10.868.192-6 y **Juan Pablo Rojas Gutierrez**, cédula de identidad número 13.034.158-6, ambos domiciliados en Avda. Hermanos Carrera Pinto #159, Parque Industrial Los Libertadores, Colina - Santiago, en nuestra calidad de apoderados de la Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental, **ALS LIFE SCIENCES CHILE S.A.**, RUT N° 76.416.643-4, ETFA N°029-01 y N°029-02, para los efectos de lo dispuesto en la letra c) del artículo 3 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, así como lo dispuesto en la letra b) del artículo 16 del Decreto Supremo N° 38, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece el Reglamento de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental y lo establecido en la letra g) del artículo 15 del mismo Reglamento, declaro que la empresa que represento no tiene relación directa o indirecta, mercantil o laboral o de vínculos familiares con **Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM RUT N° 894689005** titular del proyecto, actividad o fuente, objeto de la fiscalización ambiental, de modo tal que, sin que la enunciación sea taxativa:

- No estamos ni hemos estado, en los últimos dos años, legalmente reconocidos como asociados en negocios;
- No hemos tenido, en los últimos dos años, directa o indirectamente, la propiedad, el control o la posesión de acciones o títulos en circulación de la otra parte;
- Ninguno controla o ha controlado, en los últimos dos años, directa o indirectamente a la otra;
- No hemos sido controlados, en los últimos dos años, directa o indirectamente, por una misma tercera persona;
- No existe vínculo familiar de parentesco hasta el tercer grado de consanguinidad y segundo de afinidad inclusive, entre los propietarios y los representantes legales del titular fiscalizado y los propietarios y representantes legales de esta Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental.

Toda la información contenida en el Informe de Resultados **4542/2018**, es veraz, auténtica (que no corresponde a una copia o transcripción de otros documentos) y exacta.

Además, declaro tener conocimiento que las infracciones a las obligaciones que impone el Reglamento de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental, según lo dispuesto en su artículo 19, se sancionan de conformidad a lo señalado en el Título III de la ley orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente.

Por último, ratifico que las declaraciones antes hechas son verídicas según mi mejor conocimiento y entendimiento.

Juan Pablo Rojas Gutiérrez

Pamela Palma Vergara

25 de Enero de 2018



## INFORME DE ENSAYO: 4542/2018

### DECLARACIÓN JURADA PARA LA OPERATIVIDAD DEL INSPECTOR AMBIENTAL

Yo, **Laura Elena Correa Velásquez, RUN N° 13.869.877-7**, domiciliado en Avda. Hermanos Carreras Pinto #159, Parque Industrial Los Libertadores, Colina – Santiago, en mi calidad de **Inspector Ambiental N° 13.869.877-7 y el código de la ETFA 029-01 y 029-02**, para los efectos de lo dispuesto en la letra c) del artículo 4 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, así como lo dispuesto en la letra b) del artículo 16 del Decreto Supremo N° 38, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece el Reglamento de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental y lo establecido en la letra g) del artículo 15 del mismo Reglamento, declaro que no tengo una relación directa o indirecta, mercantil o laboral o de vínculos familiares, con **Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM RUT N° 894689005** titular del proyecto, actividad o fuente, objeto de la fiscalización ambiental, de modo tal que, sin que la enunciación sea taxativa:

- No estamos ni hemos estado, en los últimos dos años, legalmente reconocidos como asociados en negocios;
- No hemos tenido, en los últimos dos años, directa o indirectamente, la propiedad, el control o la posesión de acciones o títulos en circulación de la otra parte;
- No controlo o he controlado, en los últimos dos años, directa o indirectamente al titular;
- No hemos sido controlados, en los últimos dos años, directa o indirectamente, por una misma tercera persona;
- No existe vínculo familiar de parentesco hasta el tercer grado de consanguinidad y segundo de afinidad inclusive, entre los propietarios y los representantes legales del titular fiscalizado y el inspector ambiental que suscribe esta declaración.

Toda la información contenida en el Informe de Resultados **4542/2018**, es veraz, auténtica (que no corresponde a una copia o transcripción de otros documentos) y exacta.

Además, declaro tener conocimiento que las infracciones a las obligaciones que impone el Reglamento de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental, según lo dispuesto en su artículo 19, se sancionan de conformidad a lo señalado en el Título III de la ley orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente.

Por último, ratifico que las declaraciones antes hechas son verídicas según mi mejor conocimiento y entendimiento.

Laura Correa  
Inspector Ambiental

25 de Enero de 2018

**FIN DEL REPORTE**

## **ANEXO C**

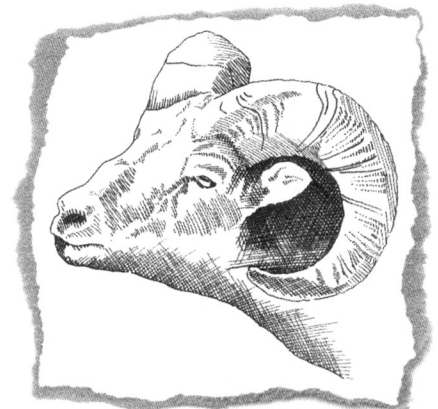
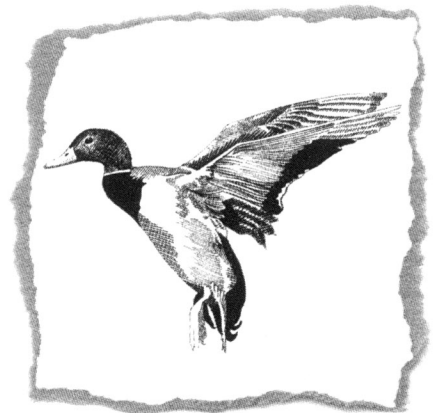
### **VALORES DE REFERENCIA**



# RISK MANAGEMENT CRITERIA FOR METALS AT BLM MINING SITES

Technical Note 390 rev.  
October 2004

U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR • BUREAU OF LAND MANAGEMENT





**United States Department of the Interior  
Bureau of Land Management**



---

# **RISK MANAGEMENT CRITERIA FOR METALS AT BLM MINING SITES**

---

**Karl L. Ford, Ph.D.  
Bureau of Land Management  
National Science and Technology Center  
Denver, CO**

Technical Note 390 (revised)  
October 2004

BLM/RS/ST-97/001+1703

## ACKNOWLEDGEMENT

---

Portions of this work were supported by  
Dynamac Corporation under contract to the  
Bureau of Land Management.



# HUMAN HEALTH RISK MANAGEMENT CRITERIA

---

Introduction.....	1
Human Health Risk Management Criteria.....	3
Ecological Risk Management Criteria .....	7
Discussion.....	11
Uncertainty Analysis .....	13
Summary .....	15
References .....	17
Appendix A .....	19



# RISK MANAGEMENT CRITERIA FOR METALS AT BLM MINING SITES

Karl L. Ford, Ph.D.  
National Science and Technology Center, Denver, CO

## INTRODUCTION

---

Mining activities have influenced the environment of Public Lands throughout the West. Tailings from ore mills have contributed large amounts of heavy metals into air, water, stream sediments, and soils. Uncontrolled migration of metal-laden mine tailings via dust entrainment and erosion continues to present potentially adverse risks to human health and wildlife. Recreational demands are increasing on areas where acute and prolonged exposure to relatively high metal concentrations in soils, sediments, and surface waters is occurring. In some locations, avian and aquatic kills have been reported.

To address these issues, BLM has developed acceptable multimedia criteria for the chemicals of concern (heavy metals) as they relate to recreational use and wildlife habitat on BLM lands. The primary objective of this report is to establish risk management criteria (RMC) for human health and wildlife. Risk management criteria provide numerical action levels for metals in environmental media. RMC are designed (1) to assist land managers in making natural resource decisions and (2) to support ecosystem management. Ecosystem management is defined as the skillful use of ecological, economic, social, and managerial principles in managing ecosystems to produce, restore, or sustain ecosystem integrity and desired conditions, uses, products, or values and services over the long term.

RMC designed to protect human receptors for the metals of concern were developed using available toxicity data and standard U.S. Environmental Protection Agency (EPA) exposure assumptions. RMC designed to protect wildlife receptors for the metals of concern were developed using toxicity values and wildlife intake assumptions reported in the current ecotoxicology literature. Ingestion of soil, sediment, and plants is assumed to be the predominant source of metal exposure for wildlife receptors.

The contaminants of concern and metal contamination migration pathways were identified from historical information and site visits. Potential receptors, receptor exposure routes, and exposure scenarios were identified from on-site visits and discussions with BLM personnel. Representative wildlife receptors at risk were chosen using a number of criteria, including likelihood of inhabitation and availability of data.

Risk management criteria should be used by the land manager as a cautionary signal that potential health hazards are present and that natural resource management or remedial actions are indicated. Furthermore, these criteria may be used as target cleanup levels if remedial action is undertaken.



# HUMAN HEALTH RISK MANAGEMENT CRITERIA

A wide range of possible exposure scenarios was examined to represent potential human exposures that might occur on BLM lands. A conceptual site model was developed for abandoned mining sites on BLM lands, Figure 1. This model shows the relationships of waste sources, release mechanisms, and migration pathways to human and ecological receptors. Table 1 provides an overview of the potential human receptors considered and the media to which they are assumed to be exposed. All exposure factors are presented in Appendix A. For the most part, the exposure assumptions used in the calculation of human health RMC are those provided in EPA guidance documents.

The equations for the calculations of the human RMC in soil, sediment, groundwater, surface water, and fish are presented in Appendix A. The RMC correspond to a generally recognized acceptable level of health risk, specifically an excess cancer risk of  $1.0\text{E-}05$  or a noncancer hazard index of 1.0. An excess cancer risk of  $1.0\text{E-}05$

means that for an individual exposed at these RMC under the described exposure conditions, there is only a 1 in 100,000 chance that they would develop any type of cancer in a lifetime as a result of contact with the metals of concern on BLM lands. A hazard index of 1.0 means that the dose of noncancer metals assumed to be received on BLM lands by any of the receptors in a medium is lower than, or the same as, a dose that would not result in any adverse noncancer health effects.

The risk and hazard levels are consistent with EPA guidance. The concept behind the RMC is that people will not experience adverse health effects from metal contamination on BLM lands during their lifetimes if exposure is limited to soil, sediments, and waters with concentrations at or less than the RMC. To calculate this chance, EPA's conservative interpretations of cancer data have been used; therefore, the likelihood that this risk has been underestimated is very low.

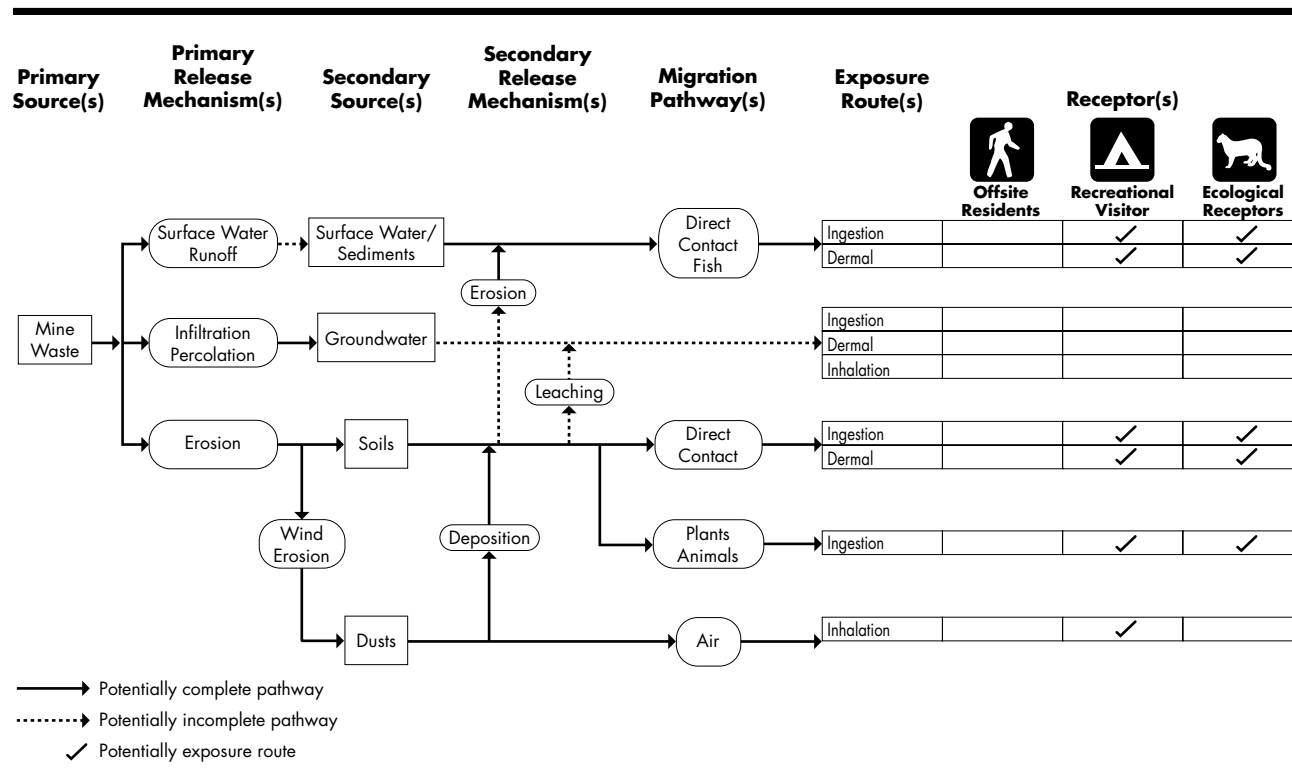


FIGURE 1. Mine Waste Conceptual Site Model for Human and Ecological Risk.

**TABLE 1. Human Health Receptors, Media and Exposure Routes**

RECEPTOR	Medium/Exposure Routes					
	Groundwater	Surface Water	Sediments	Surface Soils		Fish
	ingestion	ingestion	ingestion	ingestion	inhalation	ingestion
Resident	■			■	■	■
Camper	■	■	■	■	■	■
Boater		■	■			
Swimmer		■	■			
ATV Driver				■	■	
Worker	■			■	■	
Surveyor	■			■	■	

## Contaminant of Concern Selection

The contaminant of concern (COC) selection processes utilized previous work at mining sites. The selection processes in these investigations were scientifically rigorous and in accordance with EPA risk assessment guidance. Therefore, the COCs for these investigations were combined to form the COC list for this effort. The COCs for the human health RMC are antimony, arsenic, cadmium, copper, lead, manganese, mercury, nickel, selenium, silver, and zinc. In determining COCs for a given site, the RMC may be compared with the mean metals concentrations. Metals exceeding the human or ecological RMC should be evaluated as COCs.

Lead RMC for the resident were determined from EPA's Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model. This model calculates acceptable lead exposure via ingestion of soil, drinking water, and food, and via inhalation of air, using 10 ug Pb/dl as an acceptable blood lead concentration for 95% of the exposed child population. Lead criteria for other human receptors were based on available EPA regulation and guidance.

## Exposure Scenarios

The human exposure scenarios were developed to provide realistic estimates of the types and extent of exposure which individuals might experience to the COCs in the water, soils, and sediments on BLM property. Such exposures might occur to individuals living on properties adjacent to BLM lands; to

individuals who use BLM lands for camping, boating, or all-terrain-vehicle (ATV) driving; or to individuals who work on BLM lands. EPA has published a number of standard exposure assumptions that are consistently used to estimate those factors which have been empirically determined, such as the number of liters of water an adult drinks in a day, the average rate of inhalation of dust, or the average number of years spent in one residence. However, several site-specific exposure assumptions have been developed in this report, in addition to the standard EPA assumptions, to provide estimates as closely resembling probable exposures on BLM property as possible.

The residential scenario was developed because there are residential properties adjacent to BLM land. Contamination may migrate from the BLM tracts to adjoining residential property. All residential scenario exposure assumptions were obtained directly from EPA guidance. A variety of recreational exposure scenarios on BLM lands were also considered, including camping, swimming, boating, and ATV driving. The BLM-specific assumptions were made for the recreational exposure scenarios in consultation with BLM field offices. Table 2 presents the human health RMC. In the case of metals posing both cancer and noncancer threats to health, the lower (more protective) concentration was selected as the risk management criterion.

The RMC have been divided by 11 metals and by "n" media that receptors are exposed to (Table 1) to account for multiple chemical and media exposures. This ensures that the cumulative

effects of all the metals and all of the media are considered. Therefore, as long as people are not

exposed to metals concentrations exceeding the RMC, they are not expected to experience adverse effects.

**TABLE 2. Human Risk Management Criteria**

Medium	Resident	Camper	ATV Driver	Worker	Surveyor	Boater	Swimmer
<b>SOILS (mg/kg)</b>							
Antimony	3	50	750	100	600	NA	NA
Arsenic	1	20	300	12	100	NA	NA
Cadmium	3	70	950	100	800	NA	NA
Copper	250	5000	70000	7400	59000	NA	NA
Lead	400	1000	1000	2000	2000	NA	NA
Manganese	960	19000	250000	28000	220000	NA	NA
Mercury	2	40	550	60	480	NA	NA
Nickel	135	2700	38000	4000	32000	NA	NA
Selenium	35	700	9600	1000	8000	NA	NA
Silver	35	700	9600	1000	8000	NA	NA
Zinc	2000	40000	550000	60000	480000	NA	NA
<b>SEDIMENTS (mg/kg)</b>							
Antimony	NA	62	NA	NA	NA	221	96
Arsenic	NA	46	NA	NA	NA	166	72
Cadmium	NA	155	NA	NA	NA	553	239
Copper	NA	5745	NA	NA	NA	20517	8884
Lead	NA	1000	NA	NA	NA	1000	1000
Manganese	NA	21679	NA	NA	NA	77424	33525
Mercury	NA	46	NA	NA	NA	166	72
Nickel	NA	3094	NA	NA	NA	11061	4789
Selenium	NA	774	NA	NA	NA	2765	1197
Silver	NA	774	NA	NA	NA	2765	1197
Zinc	NA	46455	NA	NA	NA	165909	71839
<b>SURFACE WATER (ug/l)</b>							
Antimony	NA	124	NA	NA	NA	442	192
Arsenic	NA	93	NA	NA	NA	81	144
Cadmium	NA	155	NA	NA	NA	553	239
Copper	NA	11490	NA	NA	NA	41035	17768
Lead	NA	50	NA	NA	NA	50	50
Manganese	NA	1548	NA	NA	NA	5530	2395
Mercury	NA	93	NA	NA	NA	332	144
Nickel	NA	6194	NA	NA	NA	22121	9578
Selenium	NA	1548	NA	NA	NA	5530	2395
Silver	NA	1548	NA	NA	NA	5530	2395
Zinc	NA	92909	NA	NA	NA	331818	143677

**TABLE 2. Human Risk Management Criteria (continued)**

Medium	Resident	Camper	ATV Driver	Worker	Surveyor	Boater	Swimmer
<b>GROUND WATER (ug/l)</b>							
Antimony	0.2	1	NA	3	31	NA	NA
Arsenic	0.1	1	NA	0.7	7	NA	NA
Cadmium	0.2	2	NA	4	39	NA	NA
Copper	18	137	NA	287	2872	NA	NA
Lead	15	15	NA	15	15	NA	NA
Manganese	2	18	NA	39	387	NA	NA
Mercury	0.1	1	NA	2	23	NA	NA
Nickel	9	74	NA	155	1548	NA	NA
Selenium	2	18	NA	39	387	NA	NA
Silver	2	18	NA	39	387	NA	NA
Zinc	142	1106	NA	2323	23227	NA	NA
<b>FISH (ug/kg)</b>							
Antimony	31	65	NA	NA	NA	NA	NA
Arsenic	24	48	NA	NA	NA	NA	NA
Cadmium	78	161	NA	NA	NA	NA	NA
Copper	2907	5984	NA	NA	NA	NA	NA
Lead	200	200	NA	NA	NA	NA	NA
Manganese	10969	22582	NA	NA	NA	NA	NA
Mercury	24	48	NA	NA	NA	NA	NA
Nickel	1567	3226	NA	NA	NA	NA	NA
Selenium	392	807	NA	NA	NA	NA	NA
Silver	392	807	NA	NA	NA	NA	NA
Zinc	23505	48390	NA	NA	NA	NA	NA

(1) Alternatives include defaulting to local background or evaluating bioavailable fraction.

NA - not applicable



## ECOLOGICAL RISK MANAGEMENT CRITERIA

---

Wildlife on the BLM lands may be exposed to metal contamination via several environmental pathways. The potential exposure pathways include soil and sediment ingestion, vegetation ingestion, surface water ingestion, and airborne dust inhalation. This report establishes ecological RMC for metals in soil and sediments. This has been accomplished using the best data available for the calculations, including ecotoxicological effects data for the metals of concern, soil-plant uptake factors, representative wildlife receptors, body weights, and soil and plant ingestion rates for each receptor.

After careful consideration of regional scientific literature, and on the basis of field observations, several wildlife receptors have been selected to represent a range of the types, sizes, and habitats of birds and mammals representative of temperate BLM lands. The selected wildlife receptors are the deer mouse, mountain cottontail, bighorn sheep, white-tailed deer, mule deer, cattle, elk, mallard, Canada goose, and trumpeter swan.

The literature was surveyed for toxicity data relevant either to wildlife receptors at the site or to closely related species. In the absence of available toxicity data for any receptor, data were selected on the basis of phylogenetic similarity between ecological receptors and the test species for which toxicity data were reported. For example, while no data on metal toxicity were found in the literature for trumpeter swans, there were data available on metal toxicity to Canada geese and mallard ducks. Accordingly, the goose and duck data were used, and the toxicity values were adjusted to account for the differences in body weight and food

ingestion rate between the species. Uncertainty factors were applied to protect against underestimation of risks to trumpeter swans that might result from metabolic differences between ducks, geese, and swans. The COCs for the ecological assessment included arsenic, cadmium, copper, lead, mercury, and zinc.

Soil ingestion rates and exposure factors for each receptor were obtained from the U.S. Fish and Wildlife Service (Beyer, 1994) and unpublished data. Soil-plant uptake factors were obtained from Baes (1984). Where no dietary soil intake data were available for a particular receptor, the soil intake was assumed to be equal to that of an animal with similar diets and habits.

RMC were calculated for each chemical of concern in soil based upon assumed exposure factors for the selected receptors, along with species- and chemical-specific toxicity reference values (TRVs). TRVs were computed by chemical of concern for each wildlife receptor/metal combination, using the method of Ford, et al. (1992), shown in Appendix A. Table 3 displays the TRVs.

TRVs represent daily doses of the metals for each wildlife receptor that will not result in adverse chronic toxic effects. Wildlife RMC have been calculated from the TRVs and the assumed intake of soil/sediment and plants that each receptor will receive. Therefore, as long as wildlife are not exposed to soils/sediments with concentrations of metals exceeding the RMC, they are not expected to experience adverse toxic effects. Table 4 shows the RMC.

TABLE 3. Toxicity Reference Values (mg/kg/d)

SPECIES	As TRV mg/kg/d	SOURCE	UF	Cu TRV mg/kg/d	SOURCE	UF	Cd TRV mg/kg/d	SOURCE	UF	Pb TRV mg/kg/d	SOURCE	UF
mouse	1.25	Schroeder	2	17.00	CRC	2	0.30	Eisler 85	2	3.000	Schroeder	2
cottontail	0.86	NRC-Rabbit	4	3.44	NRC-Rabbit	4	0.09	NRC-Rabbit	4	0.515	NRC-Rabbit	4
bighorn	0.70	NRC-Sheep	2	0.35	NRC-Sheep	2	0.07	NRC-Sheep	2	0.420	NRC-Sheep	2
WT. Deer	0.24	NRC-Cow	6	0.47	NRC-Cow	6	0.02	NRC-Cow	6	0.142	NRC-Cow	6
M. Deer	0.24	NRC-Cow	6	0.47	NRC-Cow	6	0.02	NRC-Cow	6	0.142	NRC-Cow	6
Elk	0.24	NRC-Cow	8	0.47	NRC-Cow	8	0.02	NRC-Cow	8	0.142	NRC-Cow	8
Robin	0.63	NRC-Poultry	8	3.75	NRC-Poultry	8	0.06	NRC-Poultry	8	0.375	NRC-Poultry	8
Mallard	0.63	NRC-Poultry	8	3.75	NRC-Poultry	8	0.06	NRC-Poultry	8	0.375	NRC-Poultry	8
C. Goose	0.63	NRC-Poultry	8	3.75	NRC-Poultry	8	0.06	NRC-Poultry	8	0.375	NRC-Poultry	8
T. Swan	0.63	NRC-Poultry	8	3.75	NRC-Poultry	8	0.06	NRC-Poultry	8	0.375	NRC-Poultry	8
Cattle	0.70	NRC-Cow	2	1.41	NRC-Cow	2	0.07	NRC-Cow	2	0.425	NRC-Cow	2
Sheep	0.70	NRC-Sheep	2	0.35	NRC-Sheep	2	0.07	NRC-Sheep	2	0.425	NRC-Sheep	2
SPECIES	Hg TRV mg/kg/d	SOURCE	UF	Zn TRV mg/kg/d	SOURCE	UF						
mouse	0.15	CRC	2	26.70	Eisler 93	2						
cottontail	0.34	NRC-Rabbit	4	8.60	NRC-Rabbit	4						
bighorn	0.07	NRC-Sheep	2	4.20	NRC-Sheep	2						
WT. Deer	0.09	NRC-Cow	6	2.36	NRC-Cow	6						
M. Deer	0.09	NRC-Cow	6	2.36	NRC-Cow	6						
Elk	0.09	NRC-Cow	8	2.36	NRC-Cow	8						
Robin	0.25	NRC-Poultry	8	12.50	NRC-Poultry	8						
Mallard	0.25	NRC-Poultry	8	12.50	NRC-Poultry	8						
C. Goose	0.25	NRC-Poultry	8	12.50	NRC-Poultry	8						
T. Swan	0.25	NRC-Poultry	8	12.50	NRC-Poultry	8						
Cattle	0.28	NRC-Cow	2	7.00	NRC-Cow	2						
Sheep	0.28	NRC-Sheep	2	4.20	NRC-Sheep	2						

Abbreviations:

crc p.\_ : Handbook of Chemical Toxicity Profiles of Biological Species. Ramamoorthy, et al., 1995. Lewis Publishers.

nrc : National Research Council, 1980. Mineral Tolerance of Domestic Animals.

Eisler p.\_ : Eisler, Fish and Wildlife Service Synoptic Reviews, various dates.

UF : Total uncertainty factor.

Note : nrc TRVs were calculated as the product of the dietary concentration times the kg plant ingestion divided by the body weight. Uncertainty factors were applied according to the extrapolation approach above.

**TABLE 4.** Wildlife and Livestock Risk Management Criteria for Metals in Soils (mg/kg)

	Arsenic	Cadmium	Copper	Lead	Mercury	Zinc
Deer Mouse	230	7	640	142	2	419
Cottontail	438	6	358	172	15	373
Bighorn Sheep	387	9	64	152	6	369
White-Tailed Deer	319	3	128	124	11	267
Mule Deer	200	3	102	106	9	222
Elk	328	3	131	127	11	275
Cattle	419	15	413	244	45	1082
Sheep	352	12	86	203	38	545
Mallard	116	1	141	59	4	196
Canada Goose	61	2	161	34	6	271
Trumpeter Swan	76	2	201	43	7	340
Robin	4	0.3	7	6	1	43
Median	275	3	136	125	8	307

### Aquatic Plant Ingestion

Aquatic plants such as Arrowhead (*Sagittaria sp.*) appear to accumulate metals and store them in their tubers. Arrowhead tubers are eaten by swan and other waterfowl. Of these consumers, swans reportedly eat the most; the plant constitutes 5-10% of the diet of trumpeter swans and muskrats.

Elevated lead levels in *Sagittaria* have been reported (Krieger, 1990). The mean value detected in tubers was 159 ppm. The trumpeter swan body weight is approximately 8.17 kg, and the daily ingestion rate is 386 grams/day. Assuming the *Sagittaria* is 10%

of the swan's diet, a swan's lead intake might be 0.75 mg/kg/day. As shown in Table 3, the swan TRV is 0.125 mg/kg/day. Thus, it can be seen that the lead intake by waterfowl from *Sagittaria* alone may represent a chronic (or possibly acute) lead poisoning hazard for waterfowl.

### Aquatic Life Protection

Surface waters are often contaminated by mining sites. Table 5 presents EPA ambient water criteria for metals and cyanide for the protection of aquatic life and humans ingesting water and fish (EPA, 1986). States may have other criteria.

**TABLE 5.** Selected EPA Ambient Water Quality Criteria (micrograms/liter).  
Note: States may have other criteria.

Metal	Freshwater Aquatic Life Acute Exposure	Freshwater Aquatic Life Chronic Exposure	Human Water+Fish Ingestion
Antimony	NA	NA	5.6
Arsenic (V)	340	150	0.018
Barium	NA	NA	1000
Cadmium <sup>+</sup>	2	0.25	NA
Chromium (III)	570	74	NA
Copper <sup>+</sup>	13	9	NA
Cyanide (free)	22	5.2	700
Iron	NA	1000	300
Lead <sup>+</sup>	65	2.5	NA
Manganese	NA	NA	50
Mercury	1.4	0.77	0.3*
Nickel <sup>+</sup>	470	52	610
Selenium	NA	5	170
Silver <sup>+</sup>	3.2	NA	NA
Thallium	NA	NA	1.7
Zinc <sup>+</sup>	120 <sup>+</sup>	120	7400

<sup>+</sup> Computed from hardness; (100 mg/l used. See reference equation for other hardnesses).

Source: EPA, 2002.

\* Fish tissue (ppm), methyl mercury

NA - Not available

## DISCUSSION

---

It is anticipated that the RMC will be used as a benchmark concentration to which environmental concentrations may be compared, assisting land managers in protecting humans and wildlife on BLM lands. These criteria should be used by the land manager as a cautionary signal that potential health hazards are present and that natural resource management or remedial actions are indicated. It is suggested that exceedances of the criteria be interpreted as follows:

- less than criteria: low risk
- 1-10 times the criteria: moderate risk
- 10-100 times the criteria: high risk
- >100 times the criteria: extremely high risk

Given the uncertainties associated with the ecological RMC and the values inherent in ecosystem management, moderate risk may be addressed by management and or institutional controls, whereas high risk may require remediation. Additionally, the criteria may be used as target cleanup levels if remedial action is undertaken. The human RMC may be modified to be less stringent if the number of metals present are fewer or if background concentrations are locally elevated.

Data from this study indicate the importance of plant accumulation of metals. Some authors believe that copper and zinc are self-regulated; however, there is evidence that copper and zinc can be accumulated in target organs such as the kidneys and liver and can cause toxicity. Cadmium and mercury can be bioaccumulated in tissue from one trophic level to the next, resulting in the so-called "secondary poisoning" of top consumers in a food web. The wildlife criteria also protect

soil macrofauna such as earthworms and insects that are important parts of terrestrial food chains and detritivores important to nutrient cycling in ecosystems.

Wildlife RMC are consistent with no-effect metal concentrations found for plants (Kabata-Pendias, 1992), for aquatic life associated with stream sediment (EPA, 1977), and for soil organisms responsible for fertility and nutrient cycling (Will and Suter, 1994). For wildlife, this model indicates that the majority of the intake for copper, cadmium, mercury, and zinc derives from ingestion of plants; the majority of intake of arsenic and lead derives from soil ingestion.

Various approaches have been suggested for selecting a criterion suitable for protecting groups of species, communities, or ecosystems; however, none have been widely accepted. For the purposes of this Technical Note, the median (Table 4) is recommended at the present time.

In summary, there are numerous applications of the RMC, depending on the medium and the type of exposure considered. Based on comparisons to available sampling data from mining sites, it is likely that humans are occasionally and wildlife receptors are frequently at risk from adverse toxic effects associated with metal contamination in soils and sediments. In order to ensure proper interpretation of the significance of these results, all of the RMC in this paper must be considered in light of the assumptions used in their development. The contributions of the assumptions used in this report to the degree of uncertainty are described below.



## UNCERTAINTY ANALYSIS

---

Numerous toxicological interactions are known among the metals of concern. Some are protective (e.g., zinc, copper, and calcium protect against cadmium and lead), while others are synergistic (i.e., toxic effects are cumulative). These effects can be concentration dependent and species dependent. The COCs on BLM lands may have synergistic effects on human or wildlife receptors. Cumulative effects were quantitatively dealt with for the human assessment, but not for the ecological assessment. Because species-specific toxicity data were not available for each wildlife receptor and each metal, the ecological RMC for each metal were calculated as though each was the only metal present. As a result, the current ecological RMC for each receptor/metal combination may be numerically larger than if the synergistic effect of simultaneous exposure to all the metals could be estimated.

After careful research into the current wildlife management literature, toxicity data were selected from test species that were phylogenetically similar as possible to likely receptors. The highest potential for uncertainty in the wildlife calculations is associated with the protection against a greater toxic response to any metal by wildlife, as compared to the toxic response to the same metal by laboratory animals. The amount of uncertainty in such cases would be directly proportional to the extent of phylogenetic difference between test and receptor organisms. To minimize this uncertainty, test species data were selected from animals as closely related to the ecological receptors for the region as possible. Most values selected for use in the wildlife risk management calculations are for test species from the same biological order as the ecological receptor, except for the use of poultry (*Galliformes*) test species to estimate effects of cadmium, manganese, and zinc on waterfowl (*Anseriformes*). To account for phylogenetic differences, uncertainty factors were used (Ford, et al., 1992).

Phylogenetic and intraspecies differences between test species and ecological receptors have been

taken into account by the application of uncertainty factors in derivation of critical toxicity values. These uncertainty factors were applied to protect wildlife receptors which might be more sensitive to the toxic effects of a metal than the test species. The uncertainty factors were applied to the test species toxicity data in accordance with a method developed by BLM. In accordance with this system, a divisor of two (2) was applied to the toxicity reference dose for each level of phylogenetic difference between the test and wildlife species, (e.g., individual, species, genus, and family). Reasonable uncertainty factors have also been applied to account for the differences between test administration conditions (length of exposure) and conditions in the wild.

Toxic doses for each metal were selected from the literature without regard to the specific metal compound administered in the toxicity test. Metal toxicity varies greatly with the solubility of the metallic compound, which determines the ease of passage through biological membranes. This bioavailability factor results in a tendency to overestimate actual human and wildlife RMC because the geochemical species present in soils, sediments, or waters of mining sites are expected to be of lower solubility. Collection of bioaccessibility or mineralogical data on a site may permit an upward adjustment of the RMC (Ruby et al., 1993).

The process of calculating human health RMC using a target hazard index and target excess lifetime cancer risk has a number of inherent sources of uncertainty. There is statistical quantitative uncertainty associated with the estimates of exposure used in the calculation of the human health RMC. Furthermore, EPA applies uncertainty factors when establishing reference doses and cancer potency slope factors by using animal data to develop human toxicity criteria. The degree of uncertainty in the human health RMC cannot be completely quantified; however, due to the conservative assumptions incorporated in the standard EPA default exposure factors and EPA toxicity criteria used, and due to the conservative nature of the



exposure assumptions used for this report, the human health RMC are unlikely to underestimate the true criteria.

For some metal-wildlife combinations, there was a dearth of chronic toxicity data available.

Uncertainty exists with the extrapolation process used for wildlife; however, it is conservative and consistent with other work performed with plants and domestic animals (Kabata-Pendias, 1992; National Academy of Sciences, 1980) and soil organisms (Will and Suter, 1994).

## SUMMARY

---

Interpretation of the significance of the human health RMC depends on the current and future land uses envisioned and the potential exposures that could occur. An in-depth comparison between the human health RMC and the actual concentrations of metals on BLM lands is beyond the scope of this paper. A high degree of confidence can be placed in the RMC, because they have been calculated using verifiable scientific data and valid exposure assumptions. Furthermore, a comparison between the risk management calculations and background concentrations shows that, for the most part, all of the calculated wildlife and human RMC are higher than reported background concentrations.

The wildlife RMC are also protective of plants. As would be expected, the wildlife risk management criteria are generally numerically larger than the published soil and sediment background concentrations in the western U.S. (Table 4). However, the increment is often only a few ppm to 50 ppm, suggesting that only slightly elevated concentrations may indicate risk. Based on the size of the exceedances of the risk management criteria routinely

found at mining sites, it appears that soil/sediment and plant ingestion may currently be causing metal toxicity in wildlife receptors on Public Lands. Furthermore, there are additional sources of metals for regional wildlife, including contaminated surface water and contaminated airborne dust. Consideration of wildlife exposure to metals in plants indicates that plant ingestion may be a significant exposure route that should be considered when making risk management decisions.

The RMC developed in this paper are conservative and are designed specifically to protect against underestimation of risks to wildlife or human receptors. Therefore, it may be concluded that for any area where environmental metal concentrations are lower than the RMC, such media are not likely to pose a risk of adverse effects to wildlife or humans. Given the uncertainties associated with the ecological RMC and the values inherent in ecosystem management, moderate risk may be addressed by management and or institutional controls, whereas high risk may require remediation.



## REFERENCES

---

- Baes, C.F., et al. 1984. A Review and Analysis of Parameters for Assessing Transport of Environmentally Released Radionuclides through Agriculture. Oak Ridge National Laboratory.
- Beyer, W.N., E. Connor, and S. Gerould. 1994. Survey of Soil Ingestion By Wildlife. *Journal of Wildlife Management*, Vol. 58.
- Burt, W.H. 1976. A Field Guide to the Mammals, North America, North of Mexico, third edition. Houghton Mifflin Company, Boston.
- Eisler, R. 1988. Arsenic Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review. Biological Report 12, U.S. Fish and Wildlife Service. January, 1988.
- Eisler, R. 1985. Cadmium Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review. Biological Report 2, U.S. Fish and Wildlife Service. July, 1985.
- Eisler, R. 1987. Mercury Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review. Biological Report 85(1.10), U.S. Fish and Wildlife Service. April, 1987.
- Eisler, R. 1993. Zinc Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review. Biological Report 26, U.S. Fish and Wildlife Service. April, 1993.
- Elinder, C.G., and L. Friberg. 1986. Antimony. *in Handbook on the Toxicology of Metals, 2nd edition*. New York: Elsevier Science Publishers.
- Federal Register (FR). 1991. 56 FR 26460.
- Ford, K.L., F.M. Applehans, and R. Ober. 1992. Development of Toxicity reference Values for Terrestrial Wildlife. Proceedings of the HMC/ Superfund 1992 Conference. 803-812.
- Friberg, L., T. Kjellstrom, and G. F. Nordberg. 1986. Cadmium. *in Handbook on the Toxicology of Metals, 2nd edition*. New York: Elsevier Science Publishers.
- Hart, D.R., J. Fitchko, and P. McKee. September 1988. Development of Sediment Quality Guidelines. Phase II - Guidelines Development. Beak Consultants, Ltd., Brampton, Ontario, Canada.
- Ishinishi, N., K. Tsuchiya, M. Vahter, and B. A. Fowler. 1986. Arsenic. *in Handbook on the Toxicology of Metals, 2nd edition*. New York: Elsevier Science Publishers.
- Kabata-Pendias, A., H. Pendias. 1992. *Trace Metals in Soil and Plants*. CRC Press, Ann Arbor. 385 pp.
- Krieger, R.I. 1990. Toxicity and Bioavailability Studies of Lead and Other Elements in the Lower Coeur d'Alene River. Prepared for Coeur d'Alene District, Bureau of Land Management. Technical Bulletin 90-3.
- Martin, A.C., H.S. Zim, and A.L. Nelson. 1961. *American Wildlife and Plants: A Guide to Wildlife Food Habits*. New York: Dover Publications, Inc. 500 pp.
- Nagy, K. 1987. Field Metabolic Rate and Food Requirement Scaling. *Ecological Monographs*. 57:111-128.
- National Academy of Sciences. 1980. *Mineral Tolerance of Domestic Animals*. Washington D.C.
- OME. 1988. Ontario Ministry of the Environment. Guidelines for the Management of Dredged Material. Ontario Ministry of the Environment. Toronto, Ontario, Canada.

- Persaud, D., R. Jaagumagi, and A. Hayton. May 1991. The Provincial Sediment Quality Guidelines, Water Resources Branch, Ontario Ministry of the Environment (Draft).
- Puls, R. 1989. Mineral Levels in Animal Health: Diagnostic Data. Clearbrook, British Columbia, Canada: Sherpa International. 240 pp.
- Shacklette, H.T. and J.G. Boerngen. 1984. Element Concentration in Soils and Other Surficial Materials of the Conterminous United States. USGS Professional Paper 1270.
- Ruby, M.V., A. Davis, T. Link, R. Schoof, R. Chaney, G. Freeman and P. Bergstrom, 1993. Development of an in-vitro screening test to evaluate the in-vivo bioaccessability of ingested mine waste lead. Environmental Science and Technology, Vol. 27, No. 13.
- Taylor, M.C., A. Demayo and S. Reeder, 1980. Inorganic Chemical Substances-Silver, Guidelines for Surface Water Quality. *in Remedial Investigation Report, Buckingham County Landfill Site, Buckingham County, Virginia*. Engineering Science, Inc., October, 1992.
- Terres, J.K. 1991. The Audubon Society Encyclopedia of North American Birds. Wings Books, New York.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1991. Risk Assessment Guidance for Superfund, Part B. Publication 9285.7-01B
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1993a. Integrated Risk Information System (IRIS), On-line database, accessed September, 1993.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1993b. Risk-Based Concentration Table, Third Quarter 1993. Roy L. Smith, Senior Toxicologist. Technical Support Section, USEPA Region III.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1993c. Health Effects Assessment Summary Tables, Annual Update. Office of Solid Waste and Emergency Response. EPA 540-R-93-058.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1993d. Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model (IEUBK), Version 6.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1993e. Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge. FR 9248-9392.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1993f. Wildlife Exposure Factors Handbook. EPA/600/R-93/187a.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 2002. National Recommended Water Quality Criteria. EPA 822-R-02-047
- Will, M.E. and G.W. Suter. 1994. Toxicological Benchmarks for Screening Potential Contaminants of Concern for Effects on Soil and Litter Invertebrates and Heterotrophic Processes. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN.

## APPENDIX A

---

**EQUATION 1: Risk management criteria calculation based upon the noncarcinogenic hazards from exposure to groundwater: residential, campground host, camper, recreation maintenance worker, and surveyor receptors**

$$C_W(mg/L) = \frac{THI * RfD_o * BW * NCAT}{IR * EF * ED * N_{NCO}}$$

Where:

- $C_W$  = Chemical Risk Management Criteria in Water (mg/L)
- THI = Target Hazard Index (unitless)
- RfD<sub>o</sub> = Oral Chronic Reference Dose (mg/kg-day)
- BW = Body Weight (kg)
- NCAT = Noncarcinogenic Averaging Time (period over which exposure resulting in noncarcinogenic effects is averaged - days)
- IR = Ingestion Rate (L/day)
- EF = Exposure Frequency (days/year)
- ED = Exposure Duration (years)
- $N_{NCO}$  = Number of COCs with an Oral Chronic Reference Dose (unitless)

**EQUATION 2: Risk management criteria calculation based upon the carcinogenic risks from the exposure to groundwater: residential, campground host, camper, recreation maintenance worker, and surveyor receptors**

$$C_W(mg/L) = \frac{TR * CAT}{CPS_o * EF * N_{CO}} * \left[ \frac{BW_A}{IR_A * ED_A} + \frac{BW_C}{IR_C * ED_C} \right]$$

Where:

- $C_W$  = Chemical Risk Management Criteria in Water (mg/L)
- TR = Target Excess Individual Lifetime Cancer Risk (unitless)
- CAT = Carcinogenic Averaging Time (period over which exposure resulting in carcinogenic effects is averaged - days)
- CPS<sub>o</sub> = Oral Carcinogenic Potency Slope (mg/kg-day)<sup>-1</sup>
- EF = Exposure Frequency (days/year)
- $N_{CO}$  = Number of COCs with an Oral Carcinogenic Potency Slope (unitless)
- BW<sub>A</sub> = Body Weight, Adult (kg)
- BW<sub>C</sub> = Body Weight, Child (kg)
- IR<sub>A</sub> = Ingestion Rate, Adult (L/day)
- IR<sub>C</sub> = Ingestion Rate, Child (L/day)
- ED<sub>A</sub> = Exposure Duration, Adult (years)
- ED<sub>C</sub> = Exposure Duration, Child (years)

**EQUATION 3: Risk management criteria calculation based upon the noncarcinogenic hazards from exposure to surface water: campground host, camper, boater, and swimmer receptors**

$$C_W(mg/L) = \frac{THI * RfD_o * BW * NCAT}{CR * ET * EF * ED * N_{NCO}}$$

Where:

- $C_W$  = Chemical Risk Management Criteria in Surface Water (mg/L)
- THI = Target Hazard Index (unitless)
- $RfD_o$  = Oral Chronic Reference Dose (mg/kg-day)
- BW = Body Weight (kg)
- NCAT = Noncarcinogenic Averaging Time (period over which exposure resulting in noncarcinogenic effects is averaged - days)
- CR = Contact Rate (L/hour)
- ET = Exposure Time (hours/event)
- EF = Exposure Frequency (events/year)
- ED = Exposure Duration (years)
- $N_{NCO}$  = Number of COCs with an Oral Chronic Reference Dose

**EQUATION 4: Risk management criteria calculation based upon the carcinogenic risks from exposure to chemicals in surface water: campground host, camper, boater, and swimmer receptors**

$$C_W(mg/L) = \frac{TR * CAT}{CPS_o * CR * ET * EF * N_{CO}} * \left[ \frac{BW_A}{ED_A} + \frac{BW_C}{ED_C} \right]$$

Where:

- $C_W$  = Chemical Risk Management Criteria in Surface Water (mg/L)
- TR = Target Excess Individual Lifetime Cancer Risk (unitless)
- CAT = Carcinogenic Averaging Time (period over which exposure resulting in carcinogenic effects is averaged - days)
- $CPS_o$  = Oral Carcinogenic Potency Slope (mg/kg-day)- 1
- CR = Contact Rate (L/hour)
- ET = Exposure Time (hours/event)
- EF = Exposure Frequency (events/year)
- $N_{CO}$  = Number of COCs with an Oral Carcinogenic Potency Slope (unitless)
- $BW_A$  = Body Weight, Adult (kg)
- $BW_C$  = Body Weight, Child (kg)
- $ED_A$  = Exposure Duration, Adult (years)
- $ED_C$  = Exposure Duration, Child



**EQUATION 5: Risk management criteria calculation based upon the noncarcinogenic hazards from exposure to sediments: campground host, camper, boater, and swimmer receptors**

$$C_S (mg/kg) = \frac{THI * RfD_o * BW * N_{CAT}}{IR * CF * EF * ED * N_{NCO}}$$

Where:

- $C_S$  = Chemical Risk Management Criteria in Sediments (mg/kg)
- THI = Target Hazard Index (unitless)
- $RfD_o$  = Oral Chronic Reference Dose (mg/kg-day)
- BW = Body Weight (kg)
- N<sub>CAT</sub> = Noncarcinogenic Averaging Time (period over which exposure resulting in noncarcinogenic effects is averaged - days)
- IR = Ingestion Rate (mg/day)
- CF = Conversion Factor (kg/mg)
- EF = Exposure Frequency (days/year)
- ED = Exposure Duration (years)
- N<sub>NCO</sub> = Number of COCs with an Oral Chronic Reference Dose (unitless)

**EQUATION 6: Risk management criteria calculation based upon the carcinogenic risks from exposure to sediments: campground host, camper, boater, and swimmer receptors**

$$C_S (mg/kg) = \frac{TR * CAT}{CPS_o * CF * EF * N_{CO}} * \left[ \frac{BW_A}{IR_A * ED_A} + \frac{BW_C}{IR_C * ED_C} \right]$$

Where:

- $C_S$  = Chemical Risk Management Criteria in Sediments (mg/kg)
- TR = Target Excess Individual Lifetime Cancer Risk (unitless)
- CAT = Carcinogenic Averaging Time (period over which exposure resulting in carcinogenic effects is averaged - days)
- CPS<sub>o</sub> = Oral Carcinogenic Potency Slope (mg/kg-day)- 1
- CF = Conversion Factor (kg/mg)
- EF = Exposure Frequency (days/year)
- N<sub>CO</sub> = Number of COCs with an Oral Carcinogenic Potency Slope (unitless)
- BW<sub>A</sub> = Body Weight, Adult (kg)
- BW<sub>C</sub> = Body Weight, Child (kg)
- IR<sub>A</sub> = Ingestion Rate, Adult (mg/day)
- IR<sub>C</sub> = Ingestion Rate, Child (mg/day)
- ED<sub>A</sub> = Exposure Duration, Adult (years)
- ED<sub>C</sub> = Exposure Duration, Child (years)

**EQUATION 7: Risk management criteria calculation based upon the noncarcinogenic hazards from exposure to soil: residential, campground host, camper, ATV driver, recreation maintenance worker, and surveyor receptors**

Where:

$$C_S \text{ (mg/kg)} = \frac{THI * 365 * NCAT}{EF * M_N} * \left[ \left( \frac{RfD_o}{IR_S * CF * N_{NCO}} \right) + \left( \frac{RfD_i}{IHR * 1/PEF * N_{NCI}} \right) \right]$$

- $C_S$  = Chemical Risk Management Criteria in Soil (mg/kg)  
 $THI$  = Target Hazard Index (unitless)  
 $NCAT$  = Noncarcinogenic Averaging Time (period over which exposure resulting in noncarcinogenic effects is averaged - years)  
 $EF$  = Exposure Frequency (days/year)  
 $RfD_o$  = Oral Chronic Reference Dose (mg/kg-day)  
 $IR_S$  = Age Adjusted Soil Ingestion Rate (mg-yr/kg-day)  
 $CF$  = Conversion Factor (kg/mg)  
 $N_{NCO}$  = Number of COCs with an Oral Chronic Reference Dose (unitless)  
 $RfD_i$  = Inhalation Chronic Reference Dose (mg/kg-day)  
 $IHR$  = Inhalation Rate (m<sup>3</sup>/hr)  
 $PEF$  = Particulate Emission Factor (m<sup>3</sup>/kg)  
 $N_{NCI}$  = Number of COCs with an Inhalation Chronic Reference Dose (unitless)  
 $M_N$  = Number of Media

**EQUATION 8: Risk management criteria calculation based upon the carcinogenic risks from exposure to soil: residential, campground host, camper, ATV driver, recreation maintenance worker, and surveyor receptors**

Where:

$$C_S \text{ (mg/kg)} = TR * AT * 365 / \left[ EF * M_N * \left( \left( SF_o * CF * IR_S \right) + \left( SF_i / N * IR * \left( 1/PEF \right) \right) \right) \right]$$

- $C_S$  = Chemical Risk Management Criteria in Soil (mg/kg)  
 $TR$  = Target Excess Individual Lifetime Cancer Risk (unitless)  
 $AT$  = Carcinogenic Averaging Time (period over which exposure resulting in carcinogenic effects is averaged - years)  
 $EF$  = Exposure Frequency (days/year)  
 $SF_o$  = Oral Carcinogenic Potency Slope (mg/kg-day)<sup>-1</sup>  
 $CF$  = Conversion Factor (kg/mg)  
 $N_{CO}$  = Number of COCs with an Oral Carcinogenic Potency Slope (unitless)  
 $M_N$  = Number of Media  
 $IR_S$  = Age Adjusted Soil Ingestion Rate (mg-yr/kg-day)  
 $SF_i$  = Inhalation Carcinogenic Potency Slope (mg/kg-day)<sup>-1</sup>  
 $N_{CI}$  = Number of COCs with an Inhalation Carcinogenic Potency Slope (unitless)  
 $IR$  = Inhalation Rate (m<sup>3</sup>/hr)

**EQUATION 9: Risk management criteria calculation based upon the noncarcinogenic hazards from the ingestion of chemicals in fish tissue: residential, campground host, and camper receptors**

$$C_F (mg/kg) = \frac{THI * RfD_o * BW * NCAT}{IR * EF * ED * N_{NCO}}$$

Where:

- $C_F$  = Chemical Criteria in Fish (mg/kg)
- THI = Target Hazard Index (unitless)
- RfD<sub>o</sub> = Oral Chronic Reference Dose (mg/kg-day)
- BW = Body Weight (kg)
- NCAT = Noncarcinogenic Averaging Time (period over which exposure resulting in noncarcinogenic effects is averaged - days)
- IR = Ingestion Rate (kg/day)
- EF = Exposure Frequency (days/year)
- ED = Exposure Duration (years)
- $N_{NCO}$  = Number of COCs with an Oral Chronic Reference Dose (unitless)

**EQUATION 10: Risk management criteria calculation based upon the carcinogenic risks from the ingestion of chemicals in fish tissue: residential, campground host, and camper receptors**

$$C_F (mg/kg) = \frac{TR * CAT}{CPS_o * EF * N_{CO}} * \left[ \frac{BW_A}{IR_A * ED_A} + \frac{BW_C}{IR_C * ED_C} \right]$$

Where:

- $C_F$  = Chemical Criteria in Fish (mg/kg)
- TR = Target Excess Individual Lifetime Cancer Risk (unitless)
- CAT = Carcinogenic Averaging Time (period over which exposure resulting in carcinogenic effects is averaged - days)
- CPS<sub>o</sub> = Oral Carcinogenic Potency Slope (mg/kg-day)<sup>-1</sup>
- EF = Exposure Frequency (days/year)
- $N_{CO}$  = Number of COCs with an Oral Carcinogenic Potency Slope (unitless)
- BW<sub>A</sub> = Body Weight, Adult (kg)
- BW<sub>C</sub> = Body Weight, Child (kg)
- IR<sub>A</sub> = Ingestion Rate, Adult (kg/day)
- IR<sub>C</sub> = Ingestion Rate, Child (kg/day)
- ED<sub>A</sub> = Exposure Duration, Adult (years)
- ED<sub>C</sub> = Exposure Duration, Child (years)

**EQUATION 11: Risk management criteria calculation based upon ecological receptor exposure to soil and plants**

$$C_s (mg/kg) = \frac{TRV * BW}{(IR_s * CF) + (B_r * IR_p * CF * PDW)}$$

Where:

$C_s$  = Dry Weight Soil Concentration  
TRV = Toxicity Reference Value (mg/kg-day)  
BW = Body Weight (kg)  
IRS = Soil Ingestion Rate (g/day)  
 $B_r$  = Soil-Plant Uptake Factor (unitless)  
 $IR_p$  = Plant Ingestion Rate (g/day)  
CF = Conversion Factor (kg/g)  
PDW = Plant Fraction Dry:Fresh Weight (unitless: 0.65)

Variable Values:

TRV: chemical- and species-specific (See Table 3)  
BW: species-specific  
IRS: species-specific (Beyer, 1992)  
 $B_r$ : chemical-specific: arsenic .006; cadmium 0.14; copper 0.08;  
lead .009; manganese .05; mercury 0.2; zinc 0.21  
CF: 1E-03 kg/g

REPORT DOCUMENTATION PAGE			Form Approved OMB No. 0704-0188	
Public reporting burden for this collection of information is estimated to average 1 hour per response, including the time for reviewing instructions, searching existing data sources, gathering and maintaining the data needed, and completing and reviewing the collection of information. Send comments regarding this burden estimate or any other aspect of this collection of information, including suggestions for reducing this burden, to Washington Headquarters Services, Directorate for Information Operations and Reports, 1215 Jefferson Davis Highway, Suite 1204, Arlington, VA 22202-4302, and to the Office of Management and Budget, Paperwork Reduction Project (0704-0188), Washington, DC 20503.				
1. AGENCY USE ONLY (Leave blank)		2. REPORT DATE Dec. 1996, rev. Oct. 2004		3. REPORT TYPE AND DATES COVERED Final
4. TITLE AND SUBTITLE  Risk Management Criteria for Metals at BLM Mining Sites			5. FUNDING NUMBERS	
6. AUTHOR(S)  Karl L. Ford, Ph.D.				
7. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES)  U.S. Department of the Interior Bureau of Land Management—National Science and Technology Center P.O. Box 25047 Denver, CO 80225-0047			8. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER  BLM/RS/ST-97/001+1703	
9. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES)			10. SPONSORING/MONITORING AGENCY REPORT NUMBER	
11. SUPPLEMENTARY NOTES				
12a. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT			12b. DISTRIBUTION CODE	
13. ABSTRACT (Maximum 200 words)  This report sets forth acceptable soil and sediment criteria for heavy metals released from abandoned hard rock mining sites as they relate to ecosystem management and protection of human health and wildlife. The USDI Bureau of Land Management (BLM) manages approximately 270 million acres of public lands, primarily in the Western U.S. These lands include several hundred thousand abandoned mining sites, some of which may be releasing heavy metals into the environment at levels toxic to wildlife.				
14. SUBJECT TERMS  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mining</li> <li>• Soils</li> <li>• Wildlife</li> <li>• Human health</li> <li>• Heavy metals</li> <li>• Risk</li> <li>• Criteria</li> </ul>			15. NUMBER OF PAGES 26	
			16. PRICE CODE	
17. SECURITY CLASSIFICATION OF REPORT  Unclassified	18. SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE  Unclassified	19. SECURITY CLASSIFICATION OF ABSTRACT  Unclassified	20. LIMITATION OF ABSTRACT  UL	



Users are advised to consult the Canadian Environmental Quality Guidelines introductory text, factsheet, and/or protocols for specific information and implementation guidance pertaining to each environmental quality guideline.

		Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health				
		Concentration (mg/kg dry weight)	Concentration (mg/kg dry weight)	Concentration (mg/kg dry weight)	Concentration (mg/kg dry weight)	Date
Chemical name	Chemical groups	Agricultural	Residential/ parkland	Commercial	Industrial	
Antimony	Inorganic Metals	20	20	40	40	1991
Arsenic  CASRN none	Inorganic Metals	12	12	12	12	1997
Barium	Inorganic Metals	750	500	2000	2000	2013
Beryllium	Inorganic Metals	4	4	8	8	2015
Cadmium  CASRN 7440439	Inorganic Metals	1.4	10	22	22	1999
Chromium (total)  CASRN 7440-47-3	Inorganic Metals	64	64	87	87	1997
Cobalt	Inorganic Metals	40	50	300	300	1991
Copper	Inorganic Metals	63	63	91	91	1999
Lead	Inorganic Metals	70	140	260	600	1999
Mercury  CASRN 7439976	Inorganic Metals	6.6	6.6	24	50	1999
Molybdenum	Inorganic Metals	5	10	40	40	1991



Nickel	Inorganic Metals	45	45	89	89	2015
Selenium	Inorganic Metals	1	1	2.9	2.9	2009
Silver	Inorganic Metals	20	20	40	40	1991
Thallium	Inorganic Metals	1	1	1	1	1999
Tin	Inorganic Metals	5	50	300	300	1991
Uranium CASRN 7440-61-1	Inorganic Metals	23	23	33	300	2007
Vanadium	Inorganic Metals	130	130	130	130	1997
Zinc	Inorganic Metals	200	200	360	360	1999

Chemical name		Chemical groups	
No Chemicals with Data			

Arcadis

Av. Antonio Varas 621  
Providencia, Santiago  
T: +56 2 2381 6000

[arcadis.com](http://arcadis.com)