

Santiago, 08 de enero 2020

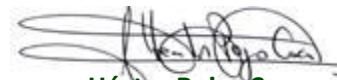
Señor  
Jorge Lisboa Cabello  
Presente

**Ref.: Informe de análisis y evaluación de los  
criterios aplicados por la SMA para  
determinar que existe daño ambiental en  
la Fundición Alcones.**

---

De nuestra consideración:

Adjunto informe *“Análisis y evaluación de los criterios aplicados por la SMA para determinar que existe “Daño Ambiental” en la Fundición Alcones”*.



**Héctor Rojas Caces**  
Gerente Técnico  
AMB Chile  
Ingeniería y Consultoría  
Medioambiental

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe tiene por objetivo analizar los argumentos presentados por la Superintendencia de Medio Ambiente en la formulación de cargos realizada el día 25 de abril del año 2019 y posterior rechazo al Programa de Cumplimiento el día 30 de octubre contra el proyecto Planta Fundición Alcones, cuyo propietario es Andacollo de Inversiones Ltda. Esto, debido a supuestos efectos adversos a la salud de la población y a uno o más componentes ambientales debido a la fundición de plomo para la producción de lingotes de este mismo material.

A lo largo de este texto, se analiza la procedencia y aplicación de la normativa de referencia utilizada para la calificación del supuesto daño ambiental, haciendo hincapié, además, en la fundamentación de la consideración de la falta de rigurosidad en la metodología empleada por la SMA y los procedimientos realizados por la entidad para la toma de muestras del recurso suelo.

Finalmente, se concluye que:

- (i) La elección de normas de referencia para la resolución de la SMA no está fundada, pues dichos límites de tolerancia, además de ser conservadores, no corresponden con el uso de suelo del sitio donde se encuentra emplazado el proyecto, ni tampoco con la realidad local de la región, requisito explícito en el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental para la utilización de normas internacionales;
- (ii) Los parámetros utilizados no son suficientes para la calificación de daño ambiental, pues se debe realizar una evaluación de riesgo de acuerdo con lo dispuesto en la Política Nacional para la Gestión de Sitios Contaminados donde se debe determinar concentraciones de contaminantes y aptitudes del recurso para transportar hacia el entorno dichos contaminantes; y
- (iii) La metodología y procedimiento aplicado por la SMA para el muestreo de suelo y reflejado en su Informe de Fiscalización no siguió los procedimientos adecuados, los cuales son expuestos en el presente Informe, cuestión que no permite afirmar (aseverar, sostener, etc.) que los resultados que fueron considerados por el órgano fiscalizador al momento de decidir el rechazo del Programa de Cumplimiento sean fidedignos ni concluyentes desde el punto de vista técnico.

## CONTENIDO

1. ANTECEDENTES GENERALES.....	4
2. ANÁLISIS .....	5
2.1. Sobre las normas de referencia y la calificación de daño ambiental por parte de la SMA.....	6
2.1.1. La justificación de la elección de la norma no está fundada.....	6
2.1.2. Las normas de referencia utilizadas están mal aplicadas .....	8
2.1.3. Falta de consideración del valor de exposición por parte de la SMA para determinar la existencia de daño ambiental .....	9
2.2. Análisis de la metodología .....	12
2.2.1. Hallazgos encontrados en la toma de muestras realizado por la SMA para determinar la existencia de daño ambiental .....	12
2.2.2. Procedimientos establecidos para la toma de muestra de suelo sugeridas en las fuentes consultadas. ....	16
2.2.3. Plan de muestreo, ejecución y análisis de suelos. ....	17
2.2.4. Observaciones finales a los procedimientos desarrollados .....	20
3. BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA.....	21

## 1. ANTECEDENTES GENERALES

La Planta Fundición Alcones (en adelante, “Planta de Fundición”) cuyo propietario es Andacollo de Inversiones Ltda. (en adelante, “Empresa”), es una planta de fundición de plomo, arrendada por la Empresa, hace más de 20 años a distintos sujetos, que funde pasta de plomo como materia prima, la que es adquirida por los arrendatarios de los hornos. La Planta, que está fuera de operación, cuenta con 3 hornos rotatorios para producir lingotes de plomo metálico.

Mediante Res. Ex. N°1/D-039-19, de fecha 25 de abril de 2019, la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante, “SMA”) formuló cargos a Andacollo de Inversiones, por el siguiente hecho:

*“Producción, reutilización, almacenamiento, tratamiento, y eliminación final de sustancias tóxicas y/o residuos peligrosos provenientes de baterías de plomo en desuso, sin contar con Resolución de Calificación Ambiental que lo habilite a ello y generando efectos adversos a la salud de la población y a uno o más componentes ambientales”*

La SMA consideró la infracción como gravísima, en virtud de la letra f) del numeral 1 del art. 36 de la LO-SMA, dado que se habrían generado los efectos, características o circunstancias previstas en el art. 11 letra a) de la Ley N°19.300, esto es, *“Riesgo para la salud de la población debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones o residuos”*, y la letra b) del art. 11 *“Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos suelo, agua y aire”*, ya que durante una fiscalización realizada por la SMA el día 14 de marzo de 2018, se constató la presencia de partes de baterías de plomo enterradas en el suelo.

El día 20 de mayo, la Empresa presentó un Programa de Cumplimiento con el plan de acciones y metas para volver al estado de cumplimiento de la normativa ambiental, el que fue rechazado mediante Resolución Exenta N°9 de fecha 30 de octubre de 2019, dado que a juicio de la SMA se habría generado daño ambiental, para lo cual existen otros mecanismos previsto en nuestro ordenamiento jurídico para abordar este problema.

En ese sentido, la SMA señala que, en los casos en que sea clasificada una infracción como grave o gravísima por haber causado daño ambiental, *“no existen acciones que permitan recomponer el detrimento ambiental ocasionado sin que ello implique una compensación o una reparación”*.

La supuesta presencia de daño ambiental se fundó en lo concluido en el Informe de Fiscalización Ambiental N°982/2019 (“IFA N°982/2019”) que habría dado cuenta del daño ambiental al componente suelo, producto de la presencia de plomo provenientes de la Planta de Fundición.

Para dichos efectos, el IFA N°982/2019 consideró 13 muestras de suelo analizado, de los cuales 10 superarían el límite de la concentración de plomo al suelo, conforme a los parámetros contenidos en las normas de Canadá y Holanda.

De acuerdo con lo anterior, se ha solicitado realizar un análisis de los criterios y metodologías aplicadas por la SMA para presumir la existencia de un daño ambiental en la Fundición Alcones. Para ello se realizará:

- i. Análisis de la procedencia y aplicación de la normativa de referencia de Canadá y Holanda utilizados en el procedimiento y sobre la calificación de daño ambiental por la SMA.
- ii. Análisis de la metodología y procedimientos aplicados en la toma de datos de terreno y su interpretación.

## 2. ANÁLISIS

Para los efectos del presente análisis, es importante tener en consideración que la SMA ha estimado que se estaría en presencia de “daño ambiental”, por existir una superación en *“el límite de concentración en el suelo, establecidas en normas internacionales de referencia (norma Canadiense y norma Holandesa), es decir, el 80% de las muestras analizadas estarían por sobre los niveles de tolerancia de plomo en el suelo, evidenciando el riesgo de exposición a este elemento (Pb) el cual afecta negativamente la salud de las personas, el medio ambiente y la biodiversidad del sector”*.

En este sentido, el daño lo asocia directamente a la superación del límite de concentración en el suelo del contaminante Plomo. Adicionalmente, señala que dicha afectación no solo tendría un efecto sobre la salud de las personas, sino que sobre el medio ambiente y la biodiversidad del sector. Ello supone, por lo tanto, que estos contaminantes encontrados en esas específicas concentraciones tendrían la aptitud de generar un riesgo no solo al interior del predio analizado, sino que en el entorno de este.

Estos son los supuestos que se analizarán en el presente informe. Es decir, si el presunto daño ambiental se podría generar por la superación de los límites de tolerancia presentes en las normas internacionales de referencia de Canadá y Holanda.

Para dichos efectos, es necesario verificar lo siguiente:

- Si la utilización de estas normas de referencia se encuentra justificada conforme lo dispone nuestro ordenamiento jurídico. Es importante tener presente que existe un conjunto de países que poseen normas destinadas a establecer límites de tolerancia en suelos contaminados. Por ello, a efectos de elegir alguno para nuestro país, este debe presentar características similares al caso analizado.
- Luego, se analizará si los parámetros utilizados en dichas normas se ajustan a lo que disponen esas regulaciones. En este sentido, los parámetros siempre están considerados sobre la base de los usos que determinados predios tienen. Ello es así, dado que las concentraciones están destinadas a proteger la exposición de elementos específicos que se pretenden tutelar: salud de las personas, desarrollo de agricultura, o derechamente el medio ambiente presente en ella. Es decir, es determinante el uso o destino del predio para establecer si fue adecuadamente aplicado el parámetro.
- Por otra parte, es necesario tener presente que la SMA sostuvo que el supuesto daño constatado tendría efectos adversos no solo en el recurso suelo allí presente, lo cual

corresponde al objetivo del estándar internacional, sino que tendría la aptitud de afectar a otros componentes del medio ambiente del sector aledaño del proyecto.

- Sobre esto, es posible mencionar que, para tales efectos, no bastan los parámetros de la norma internacional, sino que se debe realizar una Evaluación de Riesgo, tal como lo dispone la *Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes*<sup>1</sup>. Es decir, se debe determinar la magnitud y probabilidad de los efectos adversos para el ser humano y/o ambiente, como consecuencia de la exposición de los contaminantes presentes en el sitio analizado. Lo anterior supone determinar si la presencia de los contaminantes en las concentraciones específicas, tienen la aptitud de transportarse hacia el entorno por los medios presentes; aire, suelo o agua, y generar un riesgo que suponga adicionalmente una afectación relevante a los componentes a proteger. Por ello, se analizará si la SMA efectivamente realizó dicha Evaluación de Riesgo o no, y el modo como fue ejecutada para obtener la conclusión contenida en su informe.
- Finalmente, se analiza si cumplió con la metodología y procedimientos para realizar las mediciones y análisis de los suelos analizados.

## 2.1. Sobre las normas de referencia y la calificación de daño ambiental por parte de la SMA.

### 2.1.1. La justificación de la elección de la norma no está fundada

Uno de los argumentos esgrimidos por la SMA para rechazar el Programa de Cumplimiento, se basaría en que el 80% de las muestras de suelo individualizadas en dicho Informe habrían superado las normas internacionales de referencia de calidad de suelo utilizadas.

Estas corresponden a la Norma Canadiense (Canadian Soil Quality Guidelines (CSoQGs) for the Protection of Environmental and Human Health. Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), año 1999); y, a la holandesa (Norma Leidraad Bodemsanering, Edición 1994).

Los límites de concentraciones de Plomo (Pb) que se tomaron como referencia en las normas son: Norma Holandesa 530 PPM o mg/kg para Suelo Industrial y Norma Canadiense 600 PPM o mg/kg y 70 mg/kg, para Suelo Industrial y Agrícola, respectivamente.

La justificación del uso de estas normas dada por la SMA es: *“los valores de referencia de ambas normas son los más conservadores respecto a su uso, que buscan prevenir el máximo riesgo y se consideran una guía ambiental de máxima seguridad”*.

Cabe señalar que, en Chile, no procede la aplicación directa de normas internacionales, y solo se admiten como estándares de referencia.

En el marco del ejercicio de potestades de fiscalización y sanción se carece de criterios establecidos por la normativa para estos efectos.

<sup>1</sup> Ministerio del Medio Ambiente y Fundación Chile, junio 2012, disponible en <http://www.cenma.cl/Pagina%20web-LQA/4-Gesti%C3%B3n%20de%20SPPC/Guia%20Metodologica%20gestion%20SPPC.pdf>, consultado el 06/01/2020, 15:44 pm.

En este sentido, la Resolución Exenta N° 1690 de 30 de diciembre de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente, *“Aprueba Metodología para la Identificación y Evaluación Preliminar de Suelos Abandonados con Presencia de Contaminantes”*, ha considerado y dispuesto los criterios que se deben utilizar para los efectos de elegir la norma de referencia correspondiente.

En la Fase II, referido a la *“Comparación con Valores de Referencia”* (Pág. 15), describe las actividades que se deben realizar para seleccionar los valores de referencia. Ello es relevante, dado que *“... el esquema de selección de valores y adopción de estos mismos debe tener un respaldo respecto del escenario en que se va a utilizar y los receptores a proteger”*.

Para dichos efectos, se espera que los valores de referencia se *“ajusten lo más posible al suelo en estudio y a la realidad local”*. Para esto, se dispuso que se ejecuten las siguientes actividades:

- i) Revisión de valores guías y normas de referencia internacional para las concentraciones de cada contaminante, asociado a cada componente ambiental, considerando el escenario de exposición que se evalúa.
- ii) Análisis de los niveles Blanco o Background presentes en suelos no intervenidos en las cercanías del SAPPC analizado.
- iii) Consideración de las características geológicas y climatológicas del SAPPC.

En complemento a lo anterior, existen criterios contenidos en la evaluación ambiental de proyectos. En particular el artículo 11 del Reglamento del SEIA, dispone que para elegir una norma de referencia internacional se debe priorizar *“aquel Estado que posea similitud en sus componentes ambientales, con la situación nacional y/o local, lo que será justificado razonablemente por el proponente”*.

Como es posible advertir, la resolución que rechazó el Programa de Cumplimiento no solo carece de algún análisis para optar por algunas normas de referencia, sin que se justifique su aplicación, sino que además este razonamiento se limitó a señalar que la elección corresponde al estándar más exigente o conservador. Como se puede advertir, el criterio para la utilización de estas normas se debe asociar a que el país de referencia y las características climáticas y geográficas sean aplicables a nuestra realidad local, tornando la elección realizada por la SMA en una determinación arbitraria sin contar con sustento técnico metodológico.

### 2.1.2. Las normas de referencia utilizadas están mal aplicadas

En lo referido al modo como se aplican las normas, es necesario determinar si los parámetros utilizados se ajustan a los objetivos de protección contenidos en estas disposiciones. Como se indicó, dichos estándares varían dependiendo de los usos de los predios que se pretende analizar.

Respecto a la norma canadiense, esta contempla los parámetros de concentración como *“límites numéricos o enunciados recomendados **para apoyar y mantener los usos designados del suelo**”*, contemplando 4 límites de concentración diferentes dependiendo del tipo de suelo que se desee muestrear, a saber: agrícola (70 mg/kg); residencial (140 mg/kg); comercial (260 mg/kg); e industrial (600 mg/kg). En el entendido que la actividad fiscalizada y el lugar donde se emplaza es industrial y no agrícola, no se justifica el empleo del límite asociado a suelo de uso agrícola por parte de la SMA. Asimismo, se tomaron muestras en sectores agrícolas e industrial, pero con un marcado uso actual de tipo forestal en el entorno de la planta.

Ello es así, dado que los límites que contiene la Norma Canadiense, determinados también como “valores guía” o “directrices”, están fijados para proteger a **los receptores ecológicos claves que sustentan las actividades normales de las categorías de cada uso del suelo consideradas**. Es decir, resulta determinante para la aplicación de los límites de exposición, el uso o la actividad que se pretende desarrollar en dichos sitios.

En específico, de acuerdo a la Norma Canadiense, los límites para el uso de suelo agrícola fueron definidos considerando como objeto de protección al cultivo de plantaciones, al ganado, a las plantaciones de consumo humano, a los niños y al proceso cíclico de nutrientes en el suelo, lo que justifica una norma tan exigente (70 mg/kg), mientras que los límites para el uso de suelo industrial fueron fijados considerando como objeto de resguardar a las plantas e invertebrados (CSOQGs, p.10).

En la misma línea, al definir uso de suelo agrícola, la Norma señala que estos son *“**suelos usados para el cultivo de plantaciones o para la producción de ganado en una agricultura en naturaleza. Incluyendo, además, los suelos que proveen de hábitat tanto permanente como transitorio para fauna y flora nativa (como zonas de transición)**”* (CSOQGs, p.17).

La SMA no se hace cargo del hecho de que el suelo en el cual tomó las muestras no sirve para esos usos. En efecto, dada la actividad de la empresa, este suelo desde 1995 en adelante ha sido de uso evidentemente industrial, el que, de acuerdo con la Norma Canadiense, corresponde a *“...aquellos suelos en donde la actividad primaria envuelve en la producción, manufactura, construcción o ensamblaje de bienes.”* (CSOQGs, p.17).

Al momento de utilizarse la norma de referencia, la misma señala que debe considerarse el uso histórico y actual del suelo que se pretende muestrear, cuestión que no fue considerada de acuerdo con lo indicado precedentemente. Por ello, la SMA aplicó de manera errada la norma de la referencia.

Por su parte, la Norma Holandesa no considera usos de suelo para determinar límites de concentración, a diferencia de las normas canadiense, brasileña, neozelandesa, etc., sino que fija un “Valor de Intervención” que, cumplido o superado, sirve como referencia y ayuda para la toma de decisiones de remediación respecto del componente suelo y **no tiene una relación cuantificable con algún grado de riesgo**. Esto se desprende del propio contenido de la Norma (y



de su nombre), así como del encabezado de la Tabla 1.A del Anexo A, página 8 de la misma (*Dutch Target and intervention values*).

Con todo, para los efectos de establecer los límites contenidos en esta norma, esta utiliza estándares para uso “*Residencial con jardín*”, los cuales se han extendido y dividido en otros usos de suelo, los que han considerado espacios donde niños juegan, cocina con jardín y huerta, entre otros usos similares.<sup>2</sup>

La norma, adicionalmente, considera y determina cuáles son las vías de exposición que se reconoce para esta, las que corresponden a ingestión de partículas de suelo, contacto directo con suelo, inhalación de partículas de suelo, inhalación de vapores contaminados, consumo de vegetales y agua potable contaminada. Estas vías tampoco resultan aplicables al caso analizado, debido a que el estándar que buscan proteger es en referencia a una actividad completamente ajena a la industrial desarrollada por el Proyecto.

Por ello, ciertamente la sola superación de los parámetros no necesariamente permite concluir que estamos frente a un sitio con suelo contaminado, especialmente para un predio que tiene un uso históricamente industrial, ni mucho menos permite afirmar que estamos en presencia de un daño ambiental. Este parámetro corresponde a un aspecto que debe inducir a la realización de mayores y mejores antecedentes, especialmente la verificación de las posibles vías de exposición, cuestión que no se realizó por parte de la SMA.

Por tanto, las normas de referencia están erradamente aplicadas por parte de la SMA, y en consecuencia, no es válida la utilización de estos parámetros para determinar la existencia de daño ambiental.

### **2.1.3. Falta de consideración del valor de exposición por parte de la SMA para determinar la existencia de daño ambiental**

Como se indicó, la SMA rechazó el Programa de Cumplimiento por estimar que estaba en presencia de un daño ambiental al componente suelo, debido a la superación de determinados límites de concentración de plomo establecido en las normas internacionales de referencia de Canadá y Holanda, previamente citadas.

La superación del límite de concentración fijada en tales normas de referencia, en 10 de las muestras de suelo analizadas, en palabras de la SMA, estarían “*por sobre los niveles de tolerancia de plomo en el suelo, evidenciando el riesgo de exposición a este elemento (Pb) el cual afecta negativamente la salud de las personas, el medio ambiente y la biodiversidad del sector*”.

Sin embargo, para concluir que la superación de los límites de concentración afecta negativamente la salud, ambiente y biodiversidad del sector, la SMA debió efectuar una evaluación de riesgos, único medio que permite efectivamente determinar si la exposición a los contaminantes identificados en el sitio, en esas concentraciones tiene la aptitud de generar un efecto adverso significativo sobre el entorno.

Para estos efectos, la Resolución Exenta N° 1960 de 30 de diciembre de 2011 del Ministerio del Medio Ambiente, que aprobó la “*Metodología para la Identificación y Evaluación Preliminar de*

<sup>2</sup> Así queda claramente establecido en el Informe “RIVM report 711701054/2007. CSOIL 2000:an exposure model for human risk assessment of soil contamination. A model description. E. P.F. Otte, J.P.A. Lijzen. Pag. 9.

*Suelos Abandonados con Presencia de Contaminantes”, lo define como “procedimiento de análisis de la **contaminación potencial presente en un lugar determinado**, cuyo objeto es establecer el **riesgo que la misma supone, en el presente o futuro, para los sujetos de protección (poblaciones humanas, ecosistemas u otros recursos)** de acuerdo con las características específicas del caso. Su finalidad es entregar elementos para tomar decisiones sobre la gestión del riesgo y las consecuentes medidas a adoptar.”*

Dicha metodología del MMA presupone las siguientes fases de análisis:

**a) Primera fase:**

En esta fase, se debe realizar una identificación y priorización de suelos abandonados con potencial presencia de contaminantes, mediante el levantamiento de antecedentes, identificación y georreferenciación de usos, e inspección de suelos.

Asimismo, considera la priorización de suelos en base a criterios ambientales y antrópicos relacionados con el riesgo ambiental y riesgo a la salud, en relación con cinco variables relevantes: población residente, ecosistemas hídricos, uso de suelo y ecosistemas sensibles o de alta relevancia.

**b) Segunda fase:**

En esta fase se considera una investigación preliminar, correspondiente a la información sobre la actividad histórica relevante desarrollada en la zona, considerando, entre otros: la localización del suelo en su contexto regional y local, el estudio de la evolución de los usos del suelo, del área y entorno, y la descripción de las condiciones actuales. Asimismo, considera un estudio geográfico del medio físico más relevante y una caracterización de los receptores potencialmente expuestos.

Luego, se debe llevar a cabo una investigación confirmatoria, la que tiene por objeto determinar la concentración de los contaminantes existentes en el sitio y compararlo con valores de referencia para establecer si existen indicios de contaminación significativa, estipular la extensión de la contaminación y recopilar datos para mejorar el modelo conceptual.

**c) Tercera fase:**

Evaluación del riesgo y el plan de acción ambiental y el establecimiento de las medidas de control, mitigación o reducción del riesgo.

La metodología propuesta en la Res. Ex. N° 1.690/2011 es recogida en la “*Guía Metodología para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes*” de Ministerio del Medio Ambiente, CORFO y Fundación Chile (2012). La referida Guía, indica que la Evaluación de Riesgos debe contemplar “*no sólo la situación actual del mismo, sino también cualquier situación futura previsible que pueda diferir de la actual. Esto último ya sea debido a la distribución y tipología de los contaminantes y/o por los cambios en las condiciones de la exposición de algunos receptores potenciales, como consecuencia de cambios de los usos del suelo o de otros recursos relevantes*”<sup>3</sup>.

Por ejemplo, la Guía señala que, para efectuar una evaluación de riesgos a la salud humana, se debería realizar un análisis sobre la **exposición, evaluando la magnitud (actual o potencial)**,

<sup>3</sup> *Guía Metodología para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes*” de Ministerio del Medio Ambiente, CORFO y Fundación Chile (2012), p. 79

**frecuencia y duración de la exposición a los contaminantes de interés, considerando las vías principales a las que la población está o puede estar expuesta.** La información de exposición permite el cálculo de la dosis, esto es la magnitud de contaminante que ingresa al interior del organismo por contacto con la matriz ambiental potencialmente contaminada y por la ruta de exposición correspondiente. Asimismo, debería:

- (i) identificar las vías de exposición
- (ii) identificar los receptores y escenarios de exposición
- (iii) desarrollar un modelo conceptual que indique los factores que inciden en la cadena de riesgos: fuente de contaminación, contaminantes de interés y su distribución en las matrices ambientales, mecanismos de movilización, rutas de exposición y potenciales receptores
- (iv) determinación de la dosis de exposición, a través de cada una de las vías de exposición relevantes: suelo, alimentos, agua partículas, vapores, contacto dérmico con suelo o agua con presencia de contaminantes.

No obstante, en el presente caso la SMA **determinó que el hecho constitutivo de infracción habría provocado afectación** negativa a la **salud de las personas, el medio ambiente y la biodiversidad del sector**, como consecuencia de la **existencia de daño ambiental al componente suelo**.

Sin embargo, para llegar a esa conclusión, la SMA solo consideró la superación de determinados parámetros **sin realizar una evaluación completa y suficiente en relación con la metodología y los procedimientos para realizar una evaluación de riesgo ambiental en sitios contaminados, en consideración a las vías de exposición, entorno y receptores.**

## 2.2. Análisis de la metodología

En este punto se desarrollará una revisión de los procedimientos oficiales que señalan las metodologías aplicadas y sugeridas por diversas instituciones nacionales, para la realización de estudios de suelos. Dichos estudios se relacionan específicamente a los posibles impactos ambientales generados por actividades productivas cuyos contaminantes sean químicos, incluidos **los metales pesados**, y que pueden causar deterioro a los componentes suelo, agua o aire.

Como primera indicación hay que considerar lo dispuesto en la Guía de Evaluación Ambiental: Recurso Natural Suelo (2019), la cual establece que la metodología dispuesta en la caracterización del recurso suelo en terreno debe estar fundamentada, precisando la Cantidad (Número) y ubicación georreferenciada de las muestras de suelo a través de la realización de **Calicatas, Perfiles o cortes de caminos y/o Barreno Agrológico**, las que deben ser representativas del área estudiada **y en ningún caso se considera como muestra representativa, el uso de muestras superficiales o del material que se encuentra sobre el suelo.**

A través de esta investigación, se evidenciará que la metodología utilizada para emitir el Informe Técnico de Fiscalización Ambiental realizado a la Planta Fundición Alcones, contiene errores e imprecisiones de procedimiento para el muestreo del componente suelo.

Finalmente, es necesario indicar que, para diseñar un plan de muestreo de suelos, es necesario acogerse a lo establecido en las guías metodológicas, según lo establece la legislación ambiental vigente y que a continuación se señalan:

- Pauta para Estudios de Suelos (SAG, 2011 rectificada 2016).
- Guía de Evaluación Ambiental: Recurso Natural Suelo (SAG, 2011).
- Guía de Evaluación Ambiental: Recurso Natural Suelo (SAG, 2019).
- Área de Influencia en el Sistema de Evaluación De Impacto Ambiental (SEA, 2017).

### 2.2.1. Hallazgos encontrados en la toma de muestras realizado por la SMA para determinar la existencia de daño ambiental

Según las Guías Metodológicas emitidas por las instituciones oficiales (CORFO, SAG), para la correcta y representativa toma de muestras de suelo exigen un diseño, que involucra puntos escogidos de estudio considerando:

- Distribución representativa;
- Sondeos en **profundidad del perfil**;
- Caracterización fisicoquímica de las unidades de suelo analizadas.

Al examinar el Informe Técnico de Fiscalización Ambiental, se puede apreciar que se cometieron incongruencias y errores en la aplicación de las normas y procedimientos definidos por la autoridad. Estos errores dicen relación con la caracterización de las muestras y representatividad del terreno y profundidad de los sondeos.

El Informe de fiscalización señala que para ambas campañas se escogieron **sectores de acopio**, suelos al **interior de galpones y salida de galpones**.

La profundidad que se señala para la toma de muestras es **superficial**, fluctuando el mayor número de puntos seleccionados entre 1 cm a los 20 cm.

En contraposición a lo anterior, la autoridad (CORFO, SAG) manifiesta la necesidad de realizar sondeos que representen el terreno y que posean **1 metro cúbico** aproximado como estándar para un apropiado análisis y caracterización<sup>4</sup>. En las Fotografías 1 y 2 se exponen ejemplos de calicatas representativas de lo solicitado en las diversas guías metodológicas consultadas.

Fotografía 1: Ejemplo 1 de calicata estándar.



Fuente: Elaboración Propia.

<sup>4</sup> “Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes” (CORFO, 2012).



Fotografía 2: Ejemplo 2 de calicata estándar.



Fuente: Elaboración Propia.

En contra posición a lo definido en las guías metodológicas, durante la fiscalización las muestras fueron tomadas superficialmente tal como lo indican las figuras siguientes.

Punto de muestreo de la SMA. Sector de escoria dispuesta sobre el suelo natural.



Punto de muestreo de la SMA. Sector interior galpón 2. Corresponde a una loza sobre el suelo natural.



### 2.2.2. Procedimientos establecidos para la toma de muestra de suelo sugeridas en las fuentes consultadas.

A continuación se señalan los principales sistemas de perforación y toma de muestras del suelo.

**Tabla 1. Sistemas de perforación y toma de muestras.**

Sistema	Aplicabilidad	Ventajas	Limitaciones	Observaciones
Calicatas	Delimitación superficial y horizontal	Costes reducidos, rapidez de investigación	Profundidad (hasta 4- 5 m), representatividad de muestras	Utilizada como herramienta previa o complementaria
Sondeos manuales	Suelos cohesivos y no cohesivos	Facilidad manejo, reducido peso, costes bajos	Profundidad (hasta 1 m). Suelos duros	Presentan multitud de diseños ante distintos suelos a muestrear
Sondeos ligeros	Suelos cohesivos y no cohesivos	Costes medios, posibilidad de acceso a zonas difíciles para equipos mecánicos	Profundidad (hasta 8- 10 m). Suelos rocosos o arenosos	
Sondeos mecánicos	Todo tipo de suelos	Grandes profundidades, versatilidad, diámetros variables de perforación, instalación de pozos de control	Costes asociados, dificultad en lugares de difícil acceso, personal experimentado	Agrupar numerosas técnicas de perforación diferentes, en continua evolución

**Fuente: Investigación de la contaminación (Ihobe,1998)**

Lo anterior permite indicar que para realizar un estudio acabado se requiere analizar cada horizonte en su mérito para, de esa manera, establecer valores propios y característicos de cada punto de muestra.

Es necesario también señalar que, para un análisis correcto, **no es representativo tomar muestras de residuos o material depositado sobre el suelo o polvo al interior de galpones ya que no corresponde a suelo natural.**



### **2.2.3. Plan de muestreo, ejecución y análisis de suelos.**

A modo de referencia de las implicancias técnicas de un correcto análisis de suelos, a continuación se expone un resumen de la “Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes” (Fundación Chile, 2012).

Una vez que se cuenta con la información detallada del área a analizar, se procederá a definir la estrategia de muestreo de tipo exploratorio.

En este tipo de muestreo la ubicación y distribución de las muestras estarán dirigidas a ciertas zonas donde se presume que los contaminantes pueden migrar hacia un receptor.

El objetivo del muestreo exploratorio es identificar en forma costo-eficiente la presencia de contaminantes, en un lugar o terreno delimitado, y confirmar o rechazar la hipótesis sobre la presencia de contaminantes en el Suelo con Potencial Presencia de Contaminantes (SPPC).

El plan de muestreo deberá considerar los siguientes aspectos:

#### **I. Definición de contaminantes de interés**

Se debe evaluar basado en todos los antecedentes recopilados en el sitio, el o los contaminantes que poseen una mayor probabilidad de estar presentes en los componentes ambientales potencialmente contaminados, seleccionando para análisis aquellos que revisten mayores riesgos para la salud de la población y/o el ecosistema, dependiendo del objetivo del estudio.

Si bien existe información teórica sobre los potenciales contaminantes que se asocian o se espera encontrar en un sitio de acuerdo con el rubro o actividad productiva que se ha desarrollado en él, la definición de cuáles contaminantes considerar en el estudio debe basarse en las características propias del SPPC, en las características fisicoquímicas de los contaminantes que se espera encontrar, y de la forma en que se han desarrollado dichas actividades.

#### **II. Hipótesis sobre la Distribución de los Contaminantes**

Para el desarrollo de la hipótesis sobre la distribución de los contaminantes se debe considerar cuál sería la distribución espacial de los contaminantes según las características propias del sitio y del entorno, que afecten su movilidad y transformación. Algunos aspectos claves son: la pendiente, los tipos de contaminantes y sus características fisicoquímicas, el clima, las características edafológicas del suelo, la presencia de agua subterránea, entre otros aspectos. Se deberá levantar toda la información disponible que sirva como orientación para el desarrollo de la hipótesis.

No existe una única fórmula para el desarrollo de esta actividad, ya que la diversidad de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes determina la necesidad de ajustar a cada caso la hipótesis a considerar. Será el modelo conceptual, la información histórica, las características ambientales del SPPC y las propiedades de los potenciales contaminantes los que determinarán la posible distribución espacial de los contaminantes en el terreno.

### **III. Tamaño del Sitio**

Este aspecto es de suma importancia cuando se busca una representatividad de las muestras. Puede resultar muy distinto un plan de muestreo en una estación de servicio que en un área minera de gran extensión. Si bien es cierto, la lógica indica que en áreas más extensas el número de muestras debiera ser mayor, el enfoque del Plan de Muestreo exploratorio se basa en obtener muestras representativas de los medios ambientales potencialmente contaminados. Es fundamental definir los límites del SPPC y buscar acotarlos lo más posible al área de estudio. Dichos límites podrán luego ser ampliados a un área más extensa durante el desarrollo del muestreo detallado.

Tal como se ha mencionado en etapas previas, en el caso de SPPC activos o en operación, en general el área en estudio está circunscrita a los límites de la propiedad, que frecuentemente cuentan con un cerco u otra delimitación. En el caso SPPC abandonados los límites pueden estar dados por la propiedad, o por consideraciones geográficas.

### **IV. Componentes Ambientales a Muestrear**

Su selección es clave para determinar o no la presencia de los posibles contaminantes de interés. Considerando que el objetivo en esta actividad es identificar la presencia de contaminantes dentro del emplazamiento, puede ser necesario muestrear todos o algunos de los siguientes medios:

- Suelo y otras matrices sólidas
- Sedimentos
- Agua superficial
- Agua subterránea
- Aire intersticial de suelo
- Alimentos
- Otras

Para cada uno de estos medios existen técnicas y procedimientos de muestreo idóneos, los que se detallan a continuación:

#### a) Muestreo de suelo y otras matrices sólidas

- Estrategia de muestreo para suelo y otras matrices sólidas

El diseño de muestras a nivel exploratorio del suelo se apoya fundamentalmente en la información previa existente, que permite establecer una hipótesis sobre la distribución horizontal y vertical de la contaminación en el SPPC.

El primer aspecto por considerar tiene que ver con la homogeneidad de la distribución de la contaminación. En caso de que se asuma una distribución homogénea, se debe aplicar un muestreo de tipo simple (homogéneo en toda la extensión), en caso contrario, se aplica un muestreo de tipo estratificado (división del terreno en subáreas). Una vez determinado si la distribución de la contaminación es considerada homogénea o no, se debe determinar la ubicación de las muestras, los modelos de distribución de los puntos de muestreo dentro del área de estudio más frecuentes son:

- Sistemático al azar (división en subáreas similares, con localización aleatoria);
- Sistemático regular (con una malla de división regular);
- Sistemático en gradiente (distribución heterogénea en dirección del gradiente);
- Distribución al azar (en forma aleatoria).

Respecto a la profundidad, el muestreo de superficie se puede escoger para derrames o contaminaciones recientes y para tasas reducidas de migración de contaminantes.

Si los contaminantes han estado en contacto con el suelo por un período prolongado, puede ser necesario el muestreo a mayores profundidades.

#### b) Herramientas para la toma de muestras de suelo y otros tipos de matrices sólidas

Los dispositivos de muestreo de suelo deben escogerse luego de considerar la profundidad de la muestra que se tiene que tomar, las características del suelo, el contenido de humedad, la textura y la naturaleza del componente de interés (por ejemplo, orgánico o inorgánico, volátil o no volátil). Por otro lado, si es un suelo con presencia de especies orgánicas, las herramientas deben ser de acero inoxidable; mientras que, si existe presencia de especies inorgánicas, estas deben estar hechas de polietileno de alta densidad.

Los principales equipos de muestreo utilizados para el caso de muestras sólidas son:

- **Palas o Dragas:** se usan para la extracción de la capa más externa del suelo (hasta 10-15 cm); las dragas suelen estar constituidas por dos palas que se mueven en sentidos opuestos.
- **Sondas tubulares:** suelen estar formadas por un cilindro de acero que lleva en su interior un tubo de plástico; en su extremo superior dispone de una válvula que permanece abierta durante la inmersión de la sonda y que se cierra una vez que se ha introducido el tubo de plástico a una cierta profundidad. Debido a que permiten

tomar muestras a distintas profundidades, son muy utilizadas en el estudio de evoluciones temporales.

- **Barrenos (eléctricos y manuales):** son también útiles para obtener muestras de sólidos a profundidades mayores que aproximadamente 15 cm. Dichos barrenos vienen en diferentes tamaños y las muestras pueden obtenerse directamente de los cortes que ellos producen. Los cortes de suelo deben ser cuidadosamente removidos luego de la perforación para evitar contaminación cruzada entre las capas de suelo.
- **Zanjado o calicatas:** método útil pero su costo es generalmente mayor que el de las otras técnicas. Las zanjas deben excavar a una profundidad mayor en aproximadamente 30 cm que la profundidad de muestreo deseada. Luego puede emplearse una pala u otro elemento para cavar lateralmente dentro del suelo expuesto para obtener las muestras.

Luego de realizar cada toma de muestra, los dispositivos de muestreo deben ser descontaminados, para evitar una posible contaminación cruzada.

#### 2.2.4. Observaciones finales a los procedimientos desarrollados

El análisis del documento, en contraste con los procedimientos y metodologías expuesto precedentemente, evidencia que esta última no es adecuada y los procedimientos en la toma de muestras de suelo fueron erróneos. De lo hasta aquí expuesto se puede señalar que:

- La toma de muestras debió realizarse según un diseño que implique puntos de monitoreo representativos, tal como se indica en la “Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes”.
- Se debió analizar directamente el componente suelo, el cual entrega información certera versus muestreos sobre superficies de cemento, *radieres* de hormigón o lozas.
- La toma de muestras en el componente suelo debió ser preferentemente en profundidad, para lo cual se pueden emplear diversas herramientas que aseguren un sondeo que entregue una caracterización apropiada, ya que el muestreo de superficie se realiza para derrames o contaminaciones recientes del suelo, mientras que un muestreo a mayores profundidades se debe efectuar si los contaminantes han estado en contacto con el suelo por un periodo de tiempo prolongado.
- Las técnicas empleadas no se ajustaron completamente a los procedimientos metodológicos mínimos que se requieren para un análisis de esta envergadura y, por tanto, los resultados obtenidos no son representativos para asegurar o descartar la presencia de contaminación por plomo (Pb) en los suelos asociados a la Fundición Alcones.
- Así, se sugiere repetir los análisis de suelo, pero esta vez, aplicando los criterios establecidos en los instructivos oficiales con los que cuenta la normativa nacional.

### 3. BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

- “Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes” (CORFO, 2012).
- “Guía Evaluación Ambiental: Recurso Natural Suelo” (SAG, 2012).
- “Pauta para Estudio de Suelos” (SAG, 2011).
- “Manual Práctico para la investigación de la contaminación del suelo” (IHOBE, 1998).
- Norma Canadiense de Calidad de Suelos (Canadian Soil Quality Guidelines (CSoQGs) for the Protection of Environmental and Human Health. Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), año 1999).
- Norma Holandesa de planes de remediación de suelos (Norma Leidraad Bodemsanering, Edición 1994).
- Informe “RIVM report 711701054/2007. CSOIL 2000: An exposure model for human risk assessment of soil contamination. A model description.