

MEMORÁNDUM D.S.C. N° 268

A: CRISTIAN FRANZ THORUD
SUPERINTENDENTE DEL MEDIO AMBIENTE.

DE: JORGE ALVIÑA AGUAYO
FISCAL INSTRUCTOR DIVISIÓN DE SANCIÓN Y CUMPLIMIENTO

MAT.: Solicita medidas Provisionales que indica

Fecha: 12 de julio 2018

I. ANTECEDENTES GENERALES

Con fecha 6 de marzo de 2015, luego de una serie de actividades de fiscalización, y de acuerdo a lo señalado en el artículo 49 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente (LO-SMA), se dio inicio a la instrucción del procedimiento administrativo sancionatorio Rol F-006-2015, con la formulación de cargos a la empresa Antofagasta Terminal Internacional S.A. (en adelante. ATI S.A.), Rol Único Tributario N° 99.511.240-k.

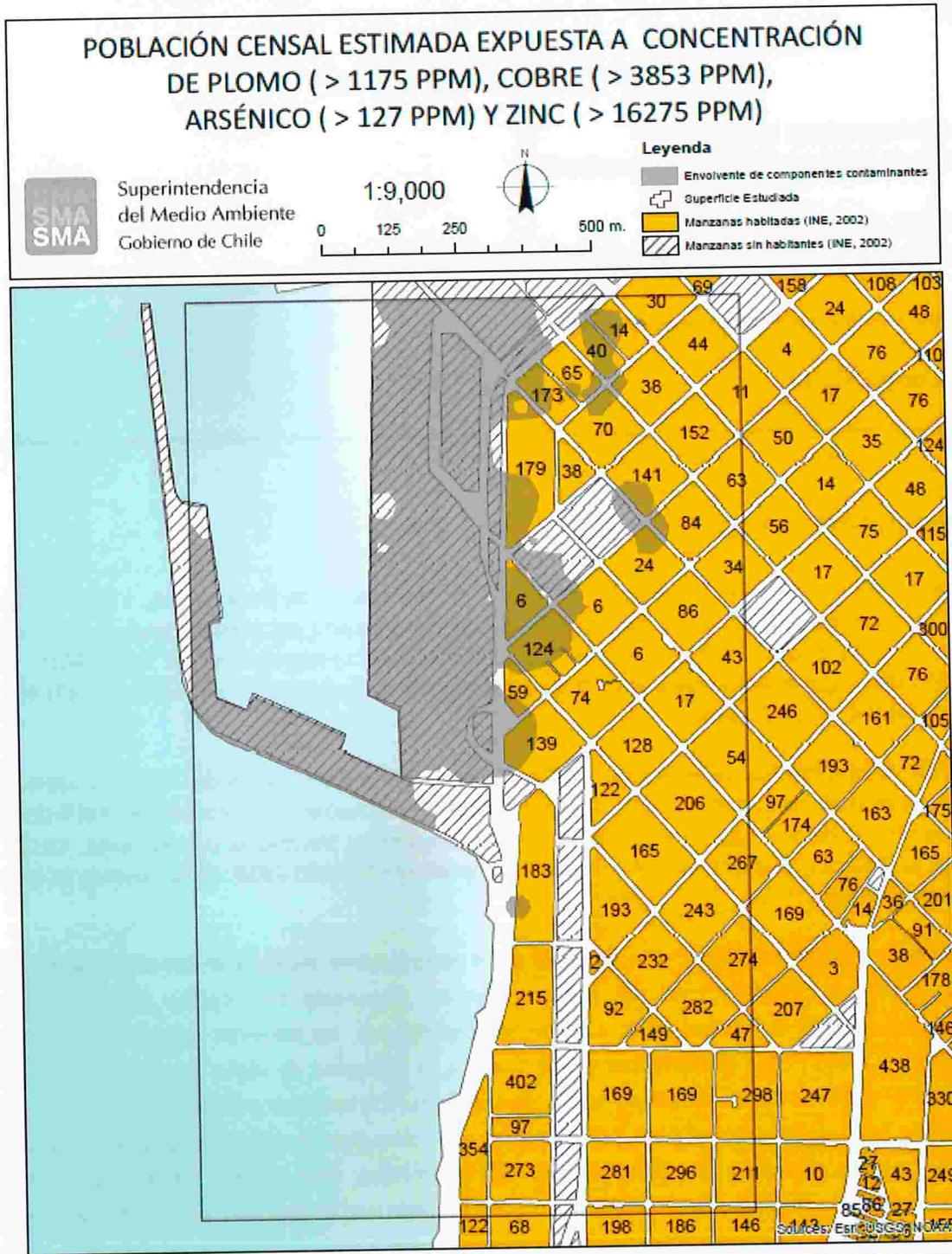
Con ocasión de la dictación de la Resolución Exenta N° 645, de 6 de agosto de 2015 (en adelante, “la resolución sancionatoria”), que resuelve el procedimiento administrativo sancionatorio Rol F-006-2015, seguido en contra de ATI S.A., se dispuso una medida urgente y transitoria (en adelante, MUT) . Con ocasión de la dictación de dicha medida, se creó el expediente MP-009-2016. Dicha medida es la que se señala a continuación:

“Disposición de medida consistente en limpieza de la zona urbana aledaña al Puerto de Antofagasta. Antofagasta Terminal Internacional S.A., deberá ejecutar la medida de limpieza de la zona urbana aledaña al Puerto de Antofagasta, en la que se han identificado los mayores valores de cobre, plomo, zinc y arsénico, todos ellos contaminantes asociados a la actividad de dicha empresa. Dicha medida consistirá en el aspirado de las veredas y calles de las manzanas censales marcadas en gris de la figura que se exhibe más abajo. Dicha figura corresponde a la identificación de la zona urbana aledaña al Puerto, con mayor presencia de cobre, plomo, zinc y arsénico. Esta medida deberá comprender la limpieza íntegra de la totalidad de las veredas y calles de cada una de las manzanas marcadas en gris, y no sólo aquella zona que se encuentra marcada por dicho color



Figura 1. Área de aplicación de la medida

Fuente: Resuelvo Segundo R.E. N° 645/2015 de fecha 6 de agosto de 2015 de la SMA



Para acreditar el cumplimiento de la medida ordenada, la empresa deberá presentar, dentro del plazo de 30 días corridos desde la notificación de la presente resolución, un informe que dé cuenta de la ejecución de la medida de aspirado, en toda la zona ordenada. Dicho informe deberá ser presentado a la SMA, quien para su aprobación tendrá en cuenta los comentarios técnicos de la Seremi de Salud de la región.

En dicho informe la empresa deberá presentar fotografías o cualquier otro medio donde se acredite la labor de aspirado de cada una de las manzanas censales marcadas en gris en la figura anterior.

La metodología de limpieza a utilizar será la siguiente: se podrán utilizar máquinas barredoras y aspiradoras de viales u otros mecanismos que permitan la limpieza; en aquellos sectores, donde se vea imposibilitada la limpieza utilizando el equipamiento antes mencionado, se deberá realizar limpieza manual, utilizando materiales de limpieza casera; la limpieza deberá ser realizada en horarios de bajo tráfico y estacionamiento de vehículos, de modo de garantizar la efectividad de la medida; y, por último, respecto de los residuos generados en la actividad de limpieza, éstos deberán ser dispuestos en sitios autorizados.”

La resolución sancionatoria fue impugnada por ATI S.A., mediante la presentación de un recurso de reclamación, creándose la causa rol R N° 76-2015. Entre las materias impugnadas, se encontraba la solicitud de dejar sin efecto la MUT antedicha, puesto que en concepto de ATI S.A. no estaba obligada a ejecutar una medida de esa naturaleza, al no existir norma que autorice a la SMA a disponer de una medida de ese tipo. Al respecto, el Ilustre Segundo Tribunal Ambiental, mediante sentencia de fecha cinco de octubre de 2016, rechazó en todas sus partes la reclamación.

Posteriormente, ATI S.A. dedujo recursos de casación en la forma y en el fondo en contra de la sentencia dictada por el Ilustre Segundo Tribunal Ambiental, indicada en el considerando anterior, creándose la causa Rol N° CS-88948-2016. La Corte Suprema, mediante sentencia de 6 de diciembre de 2017, rechazó el recurso de casación en la forma, y acogió el recurso de casación en el fondo, dejando sin efecto las sanciones dispuestas para los cargos i), iii) y iv) del procedimiento administrativo sancionatorio rol F-006-2015. Sin embargo, confirma la medida de limpieza de la zona urbana aledaña al Puerto de Antofagasta, señalando en su sentencia de reemplazo de la misma fecha, que “[...] la facultad expresa para decretar este tipo de medidas se encuentra en el artículo 3 letra g) de la Ley N°20.417, de acuerdo al cual la Superintendencia tendrá la atribución de adoptar medidas urgentes y transitorias para el resguardo del medio ambiente cuando se observe la existencia de un daño grave e inminente que, en este caso, resulta configurado por la eventual inhalación del material particulado peligroso liberado a la atmósfera de la zona urbana del puerto de Antofagasta, circunstancia no discutida y, por lo demás, acreditada a través de los informes a que alude en detalle la resolución reclamada. Esta facultad debe necesariamente interpretarse a la luz de los principios que gobiernan la legislación ambiental y los fines perseguidos a través del procedimiento sancionatorio en la materia, antes mencionados. En efecto, la sanción de multa, por su naturaleza, no resulta suficiente ni idónea para volver el medio ambiente al estado anterior a la comisión de la infracción y, de esta forma, lograr la adecuada protección y conservación del patrimonio ambiental. De este modo, resultaba necesario que el legislador proveyera al órgano fiscalizador de potestades tendientes a reparar el daño causado o, a lo menos, impedir su propagación, objetivo que se cumple a través del citado artículo 3 letra g).

En consecuencia, por gozar la autoridad ambiental de las potestades necesarias para disponer la medida cuestionada, corresponde el rechazo de la solicitud dirigida a dejarla sin efecto”¹(énfasis agregado).

Posteriormente al fallo de la Corte Suprema, ATI llevó a cabo labores de limpieza de la zona urbana aledaña al Puerto de Antofagasta

¹ Corte Suprema, sentencia de reemplazo, 6 de diciembre de 2017, Rol N° 88.948-2016, considerando décimo tercero.

II. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO

La División de Fiscalización de la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante, DFZ), en conjunto con la SEREMI de Salud, Región de Antofagasta, llevaron a cabo actividades de examen de información, y de medición, muestreo y análisis, con el fin de determinar el cumplimiento de la medida de limpieza dispuesta en la Resolución Exenta N° 645, de 6 de agosto de 2015. A partir de dichas actividades, DFZ generó el Informe de Fiscalización Ambiental DFZ-2018-821-II-RCA-IA. La información consignada en dicho informe de fiscalización, es la siguiente:

Con fecha 5 de enero de 2018, mediante Carta N° C-ATI-GGE-SMA-021, ATI S.A. informó a la SMA que ejecutaría la medida de limpieza entre los días 6 y 10 de enero del mismo año, adjuntando un programa de trabajo. Posteriormente, con fecha 12 de enero de 2018, mediante Carta N° C-ATI-GGE-SMA-024 el titular informó la ejecución de las medidas de acuerdo a lo programado, adjuntando el "Informe de limpieza integra en zonas urbanas aledañas al Puerto de Antofagasta". El 15 de enero de 2018, mediante Ord. MZN N° 23/2018, posteriormente complementado con el Ord. MZN N° 24/2018, se enviaron los antecedentes antes indicados a la SEREMI de Salud Antofagasta, para su revisión y comentarios.

Mediante la Resolución Exenta MZN N° 004, de 22 de enero de 2018, y Resolución Exenta MZN N° 007, de 29 de enero de 2018, DFZ formuló requerimientos de información a ATI S.A., los cuales fueron respondidos por ATI S.A. con fecha 25 de enero de 2018 y 1 de febrero de 2018, respectivamente

Con fecha 7 de febrero de 2018, la SEREMI de Salud de Antofagasta dio respuesta a los Ord. MZN N° 23/2018, y Ord. MZN N° 24/2018, remitiendo a la SMA el Oficio N° 112/2018. En dicho oficio, señala que el "Informe de Limpieza Integra en Zonas Urbanas Aledañas al Puerto de Antofagasta", "[...] *no presenta antecedentes asociados a análisis químico de Laboratorio Acreditado del muestreo inicial y final de polvo sedimentable en tramo comprometido con metodología técnicamente aceptada a efecto de verificar la eficiencia y eficacia del trabajo de limpieza realizado*". La SEREMI de Salud Antofagasta concluye que "[...] con los antecedentes presentados, no es posible pronunciarnos respecto a la eficiencia, eficacia y % de cumplimiento de la limpieza integral en zonas urbanas aledañas al puerto, considerando que no se realizaron los análisis químicos de polvo sedimentado de calles y veredas en las manzanas censales, necesarios para poder dirimir y acreditar el cumplimiento de la medida de limpieza indicadas en el párrafo anterior en el período posterior a la limpieza realizada durante los días 06 y 11 de enero del 2018". (énfasis agregado)

Con el objeto de que ATI S.A. diera respuesta a las observaciones de la SEREMI de Salud de Antofagasta, la SMA realizó un tercer requerimiento de información al titular, mediante la Resolución Exenta MZN N° 011, de 12 de febrero de 2018, el cual fue respondido por ATI S.A., mediante Carta C-ATI-GGE-SMA-043, con fecha 19 de febrero de 2018

Finalmente, con fecha 21 de junio de 2018, el titular presentó en oficina de partes junto a la carta conductora C-ATI-GGE-SMA-071, la información consolidada requerida por la SMA mediante R.E. MZN N° 026/2018 del 25 de mayo de 2018.

Por otra parte, en concordancia con lo indicado por la SEREMI de Salud Antofagasta en su Oficio N° 112/2018, con el objetivo de establecer si las labores de limpieza ejecutadas por ATI S.A. lograron disminuir las concentraciones de metales pesados en el área de estudio, y en consecuencia eliminar el riesgo inminente que dio origen a dicha medida, durante los días 12 y 13 de febrero de 2018 la SMA

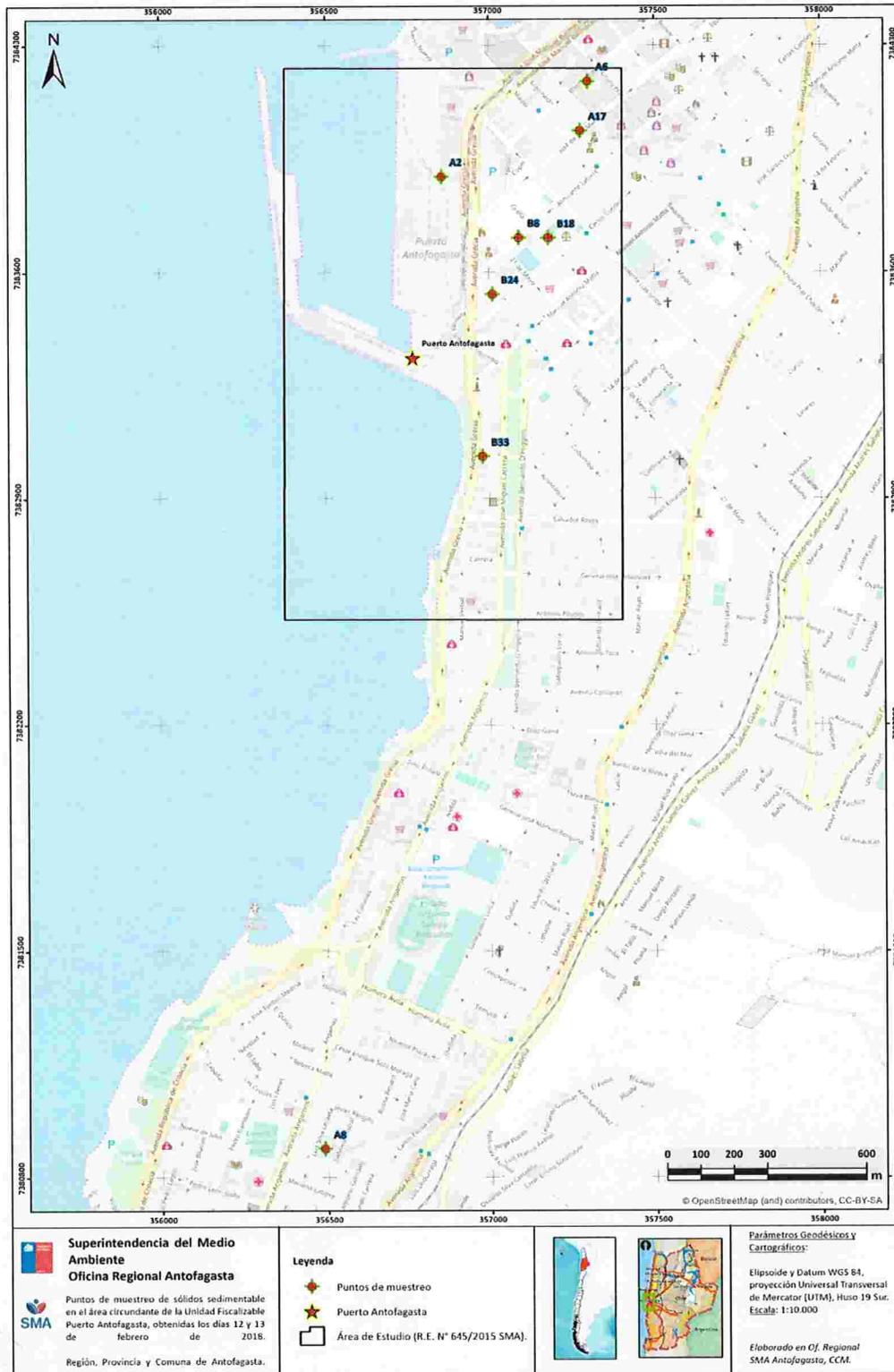
realizó un muestreo de suelo, colectando 9 muestras dentro del área de aplicación de la medida, más una muestra control en un área alejada del área de aplicación de la medida, las cuales fueron analizadas por el laboratorio Análisis Ambientales S.A. (ANAM)², el cual es una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA). Los puntos en donde se tomaron dichas muestras, son los siguientes:



² Del total de muestras solo 8 fueron consideradas para la elaboración del presente informe debido a que las muestras A9 y A25 (informes de laboratorio N° 4675874 y 4675875) fueron tomadas en jardineras y no en las veredas y calles comprometidas en la medida.

Figura 2. Localización de las muestras de suelo obtenidas por la SMA en el área circundante de Puerto Antofagasta, durante febrero de 2018.

Fuente: Elaboración propia a partir de los informes de laboratorio de Hidrolab 2015 y ANAM 2018



Para cada una de las muestras tomadas, se analizaron los siguientes parámetros, en masa seca, Arsénico Total (As); Cobre Total (Cu); Hierro Total (Fe); Manganeso Total (Mn); Molibdeno Total (Mo); Plomo Total (Pb); Zinc Total (Zn), Sulfuro; y Sólidos Totales. En la presente tabla, se resumen los valores de las concentraciones obtenidas en las muestras de suelo colectadas por la SMA en febrero de 2018 y analizadas por ANAM S.A

Tabla 1. Resumen de los valores de las concentraciones obtenidas en las muestras de suelo colectadas, por la SMA en el año 2018 y analizadas en el laboratorio ETFA ANAM S.A. Las muestras fueron colectadas con una brocha desde las calles y veredas comprometidas en la medida.

Muestra	Concentración [mg/kg]							[g/kg]
	As	Cu	Fe	Mn	Mo	Pb	Zn	Sulfuro
B18	48,74	2453,18	24953,85	425,01	43,71	188,88	1900,43	0,3
A2	108,88	4489,31	30918,57	607,75	49,82	361,80	2625,81	0,3
A17	20,67	1110,65	31209,96	624,33	13,86	164,58	954,74	0,2
B8	78,73	4776,29	26503,23	484,35	84,05	303,19	2809,73	0,5
A6	16,34	693,4	27748,95	618,88	8,02	125,20	723,57	0,2
B33	22,5	890,34	22175,78	619,00	7,81	58,34	1509,20	0,2
B24	40,05	1728,59	48708,91	1129,20	16,60	185,48	1537,94	0,3
A8 (Control)	5,85	101,34	13089,61	271,21	<1,20	24,87	138,53	0,0

Con las concentraciones de metales pesados obtenidas del muestreo realizado por la SMA en febrero de 2018, se realizaron los siguientes análisis:

1. Análisis de la variación en la magnitud de las concentraciones de As, Cu, Pb y Zn, obtenidas en el muestreo realizado en 2018, respecto a la distancia de la UF.
2. Análisis de significancia estadística de la diferencia de las medias de las concentraciones de metales pesados (As, Cu, Fe, Mn, Mo, Pb y Zn), obtenidas en los muestreos realizados en febrero 2015 por Hidrolab³ y en febrero de 2018 por la SMA, dentro del área de estudio delimitada en la Figura 2 del presente Memorándum, utilizando para ello la prueba estadística *t de Student*⁴.

Descripción de los datos:

De las 19 muestras tomadas en 2015 por Hidrolab, en esta evaluación solo se utilizaron 15 resultados, ya que la descripción del punto de muestreo de los informes de laboratorio N° 250755 y 250765, muestras 9 y 19 respectivamente, no permiten determinar si fueron tomadas al interior del área de estudio. Mientras que las muestras 1 y 5, informes de laboratorio, N° 250747 y 250751 respectivamente, fueron tomadas en calles que no se encontraban comprometidas por la medida.

Por su parte, en 2018 se analizaron un total de 10 muestras, de las cuales solo 7 fueron utilizadas para este estudio, debido a que las muestras A9 y A25 (informes de laboratorio N° 4675874 y

³ Muestreo y análisis realizado por el laboratorio externo Hidrolab a solicitud de la SMA, en el marco de las actividades de inspección realizadas al Puerto de Antofagasta durante 2015. Los Informes de laboratorio correspondientes se encuentran en el Anexo 1 del presente informe.

⁴ Curso "Análisis de datos Ambientales y Quimiometría", Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, impartida por los señores Manuel Bravo Mercado y Sonnia Parra Vargas en Santiago, entre el 3 y el 4 de octubre de 2017.

4675875, disponible en el Anexo 2 de este Memorandum) fueron tomadas en jardineras y no en las veredas y calles comprometidas en la medida, mientras que la muestra A8 (control, informe de laboratorio N° 4675876, Anexo 2) fue tomada fuera del área de estudio.

Luego, para ambos grupos de datos, 2015 y 2018, se verificó la existencia de datos fuera de rango u Outliers, utilizando como límites del rango mencionado, la media +/- 3 veces la desviación típica de la muestra (σ).

$$\bar{X} = \pm 3 * \sigma \quad (1)$$

Como resultado del análisis anterior, para el muestreo 2015 se detectaron 2 valores Outliers correspondientes al Pb de la muestra N° 2, informe de laboratorio N° 250748 y al Zn de la muestra N° 12, informe de laboratorio N° 250758. Mientras que para el muestreo 2018 no se encontraron valores que resultaran fuera de este rango. Lo anterior implica que solo se utilizarán los resultados de 2015 que estén dentro del rango definido por la ecuación 1, para efectos de realizar la prueba t de Student en relación a la significancia de la diferencia de las medias.

Pruebas ejecutadas: Dado que la prueba t de Student, cambia en su formulación, dependiendo de si las varianzas⁵ de ambos sets de datos de concentraciones de 2015 y 2018 de cada parámetro, son iguales o desiguales, para ello se utilizó la *Prueba F*⁶. Dependiendo del resultado, para determinar si las medias de ambos periodos para cada parámetro son estadísticamente iguales o no, se aplicó la prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales o desiguales, según corresponda. El desarrollo de las pruebas antes descritas se encuentra en el Anexo 3 del presente documento.

Resultados

A continuación se presentan los resultados de cada uno de los análisis antes descritos:

1. En las Figura 3, Figura 4, Figura 5 y Figura 6, todas de este memorándum, es posible observar gráficamente la diferencia en la magnitud de las concentraciones de As, Cu, Pb y Zn en cada una de las muestras tomadas por la SMA durante febrero de 2018, constatándose para los 4 metales analizados, que a menor distancia del Puerto de Antofagasta, éstos se encuentran en mayor concentración. Es otras palabras, a mayor distancia del puerto de Antofagasta, las concentraciones de metales pesados disminuyen.

Del mismo modo, al comparar las concentraciones de estos mismos metales pesados en el punto de máxima y mínima concentración, de cada uno, con la cantidad de Cu, Pb y As de la muestra control (Muestra A8 ubicada a 2.730 m al Sur de la UF, aprox.), es posible constatar que:

- La concentración más alta de Cu (Muestra B8 ubicada a 530 m al Noreste de la UF, aprox.) es 47 veces mayor que la concentración de la muestra de control.
- La concentración más baja de Cu (Muestra A6 ubicada a 1.090 m al Noreste de la UF, aprox.) es 6,8 veces mayor que la concentración de la muestra de control.
- La concentración más alta de As (Muestra A2 ubicada a 600 m al Norte de la UF, aprox.) es

⁵ Cuadrado de la desviación estándar.

⁶ Curso "Análisis de datos Ambientales y Quimiometría", Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, impartida por los señores Manuel Bravo Mercado y Sonia Parra Vargas en Santiago, entre el 3 y el 4 de octubre de 2017.

- 17 veces mayor que la concentración de la muestra de control.
- La concentración más baja de As (Muestra A6 ubicada a 1.090 m al Noreste de la UF, aprox.) es 2,8 veces mayor que la concentración de la muestra de control.
- La concentración más alta de Pb (Muestra A2 ubicada a 600 m al Norte de la UF, aprox.) es 14,5 veces mayor que la concentración de la muestra de control.
- La concentración más baja de Pb (Muestra B33 ubicada a 440 m al Sureste de la UF, aprox.) es 2,3 veces mayor que la concentración de la muestra de control.

Las siguientes figuras ilustran la variación de las concentraciones para cada uno de los metales pesados antedichos, en función de la distancia:

Figura 3. Concentraciones de As en las muestras de suelo tomadas por la SMA en febrero de 2018. A mayor concentración del parámetro evaluado mayor es el tamaño de su representación en la leyenda del mapa.

Fuente: Elaboración propia a partir de los informes de laboratorio de ANAM 2018 (Anexo 2)

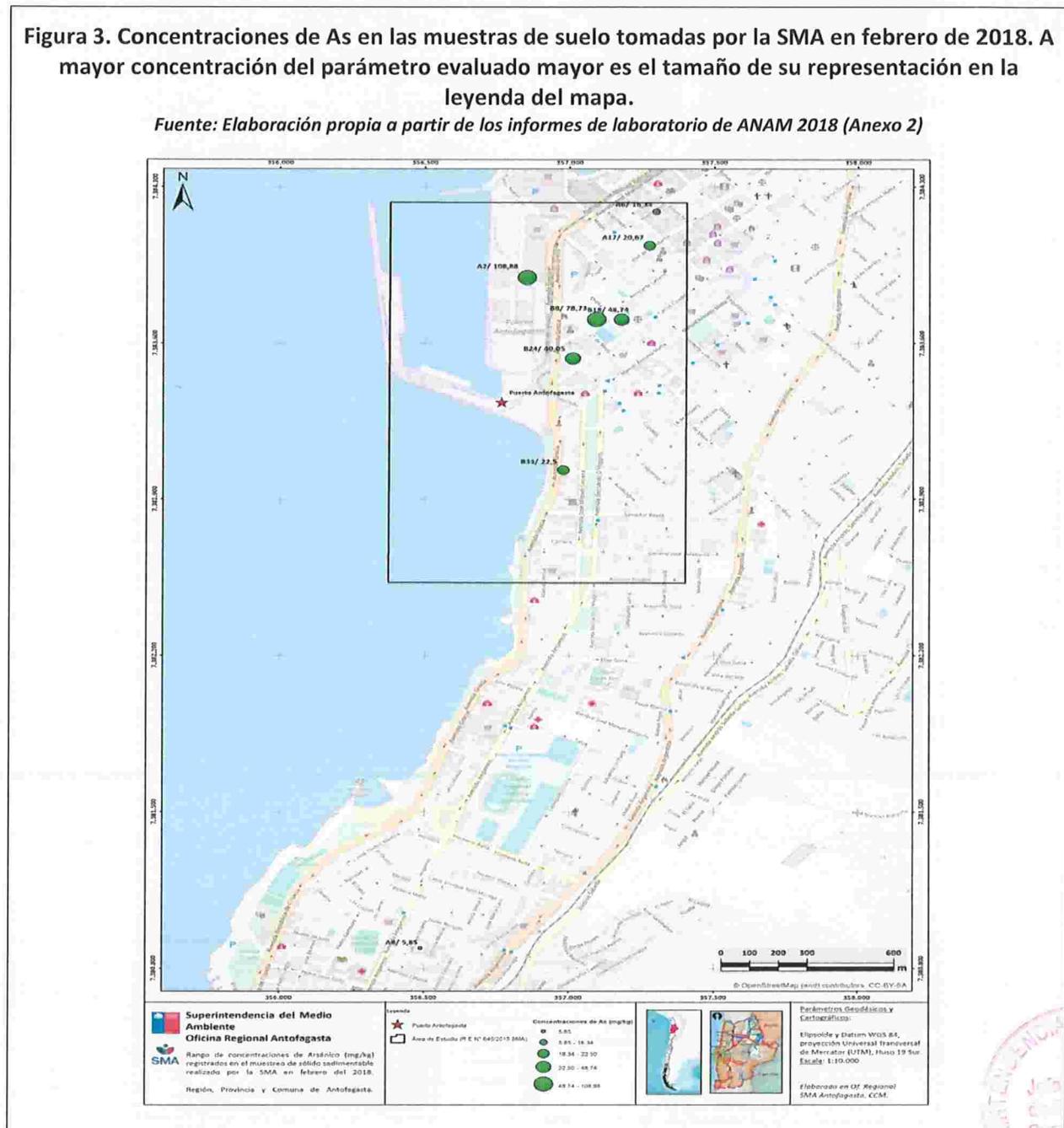


Figura 4. Concentraciones de Cu en las muestras de suelo tomadas por la SMA en febrero de 2018. A mayor concentración del parámetro evaluado mayor es el tamaño de su representación en la leyenda del mapa.

Fuente: Elaboración propia a partir de los informes de laboratorio de ANAM 2018 (Anexo 2)

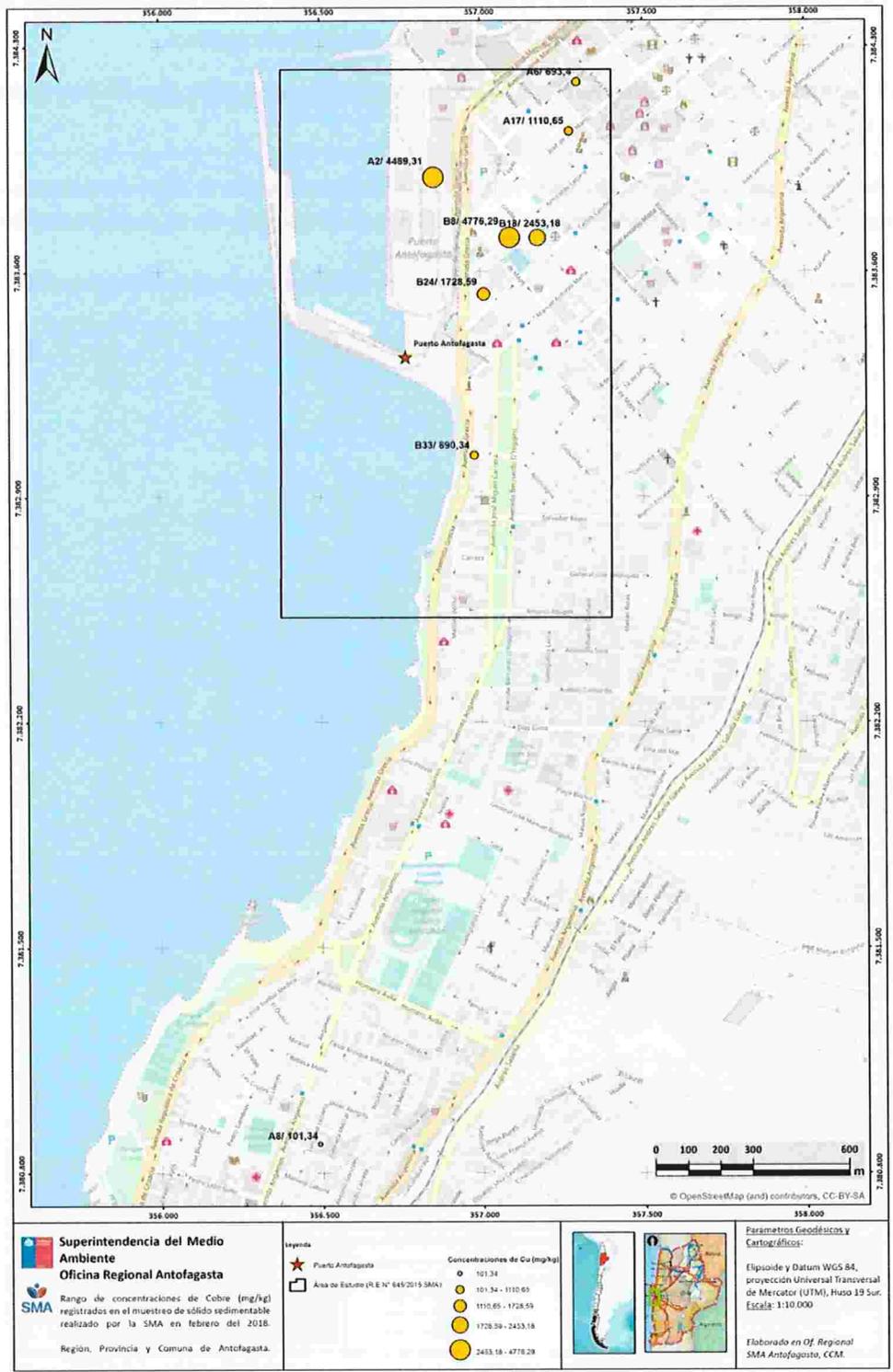


Figura 5. Concentraciones de Pb en las muestras de suelo tomadas por la SMA en febrero de 2018. A mayor concentración del parámetro evaluado mayor es el tamaño de su representación en la leyenda del mapa.

Fuente: Elaboración propia a partir de los informes de laboratorio de ANAM 2018 (Anexo 2)

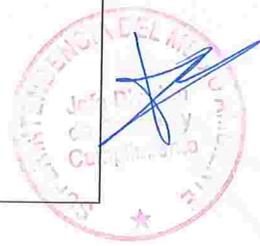
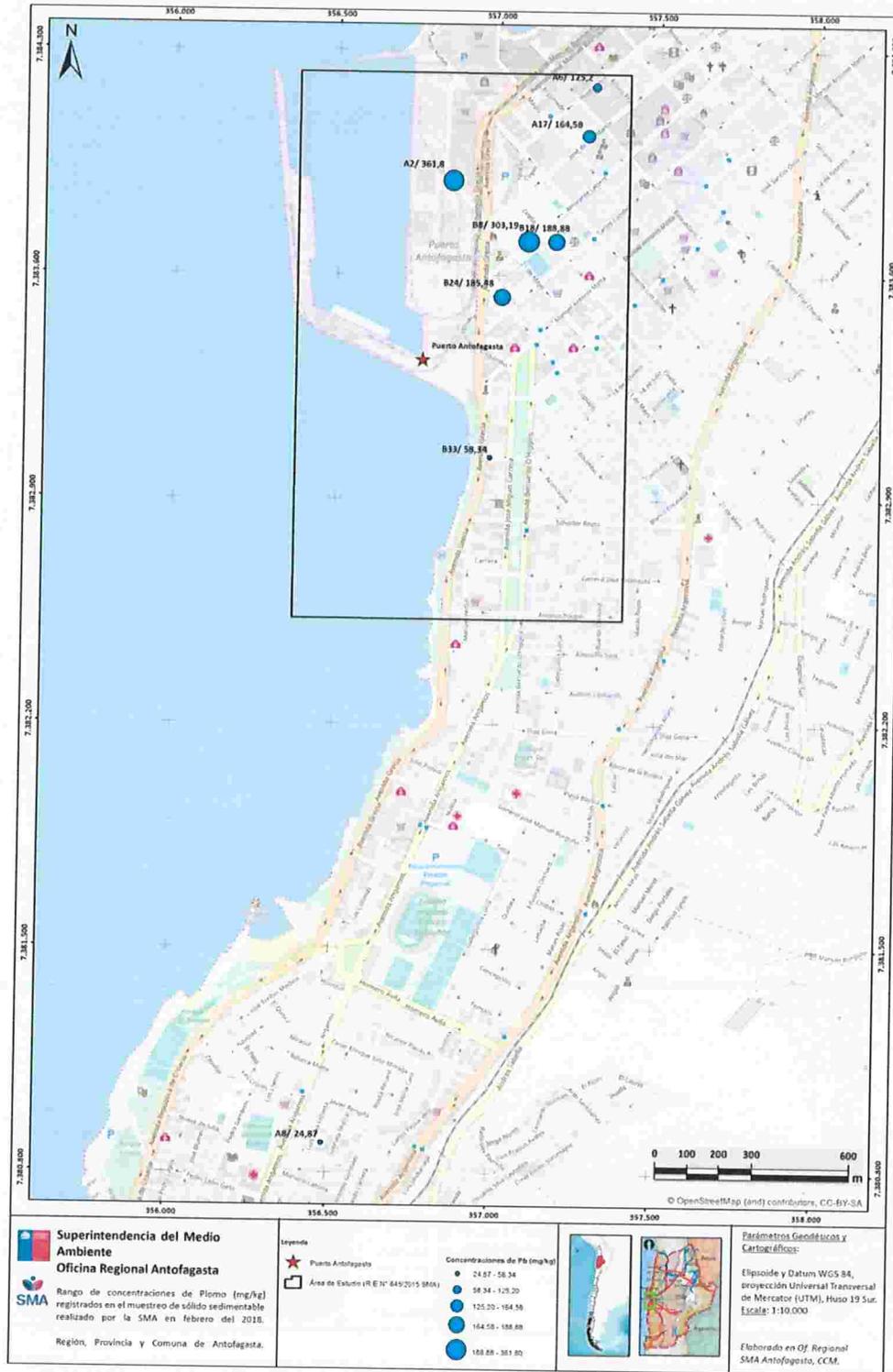
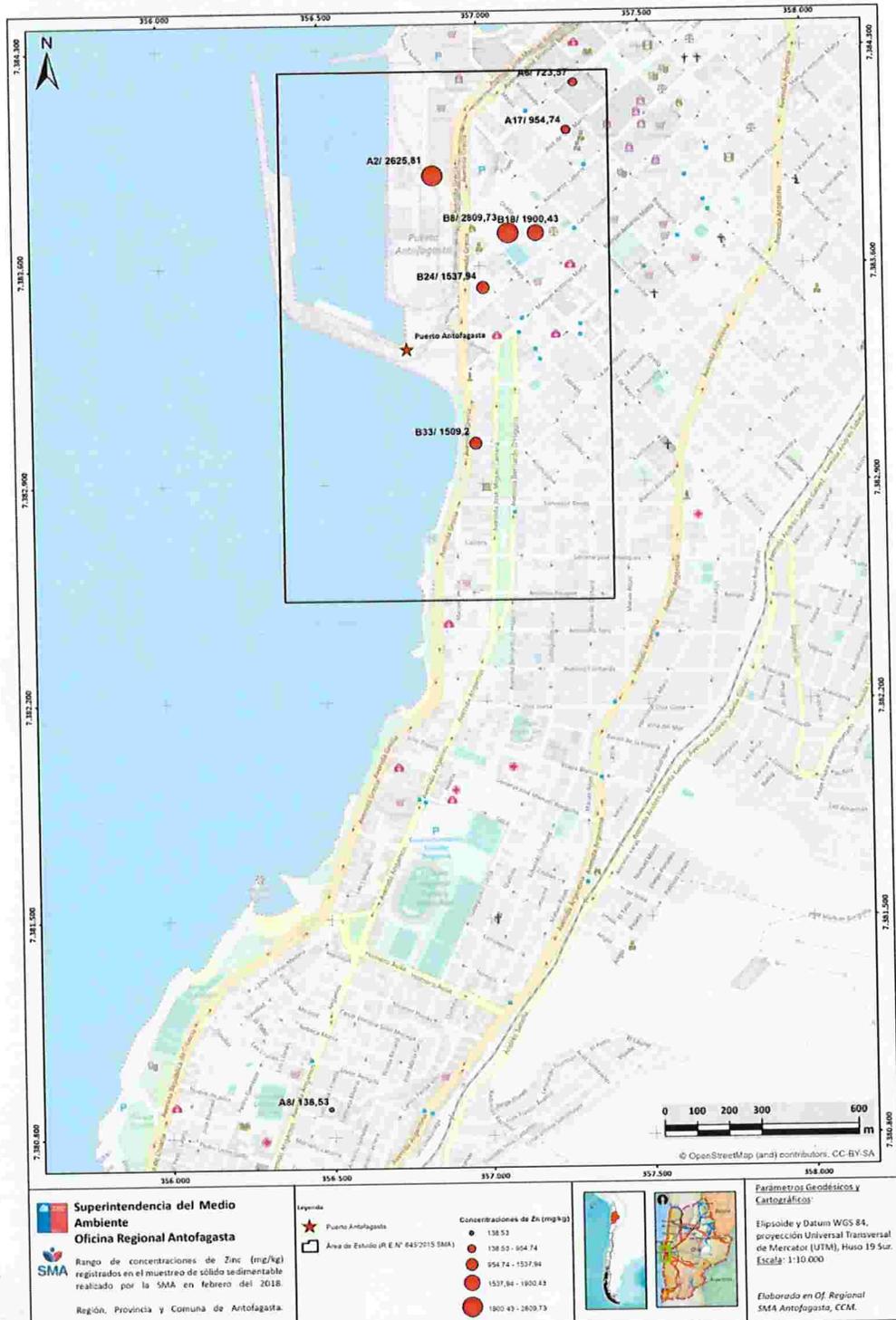


Figura 6. Concentraciones de Zn en las muestras de suelo tomadas por la SMA en febrero de 2018. A mayor concentración del parámetro evaluado mayor es el tamaño de su representación en la leyenda del mapa.

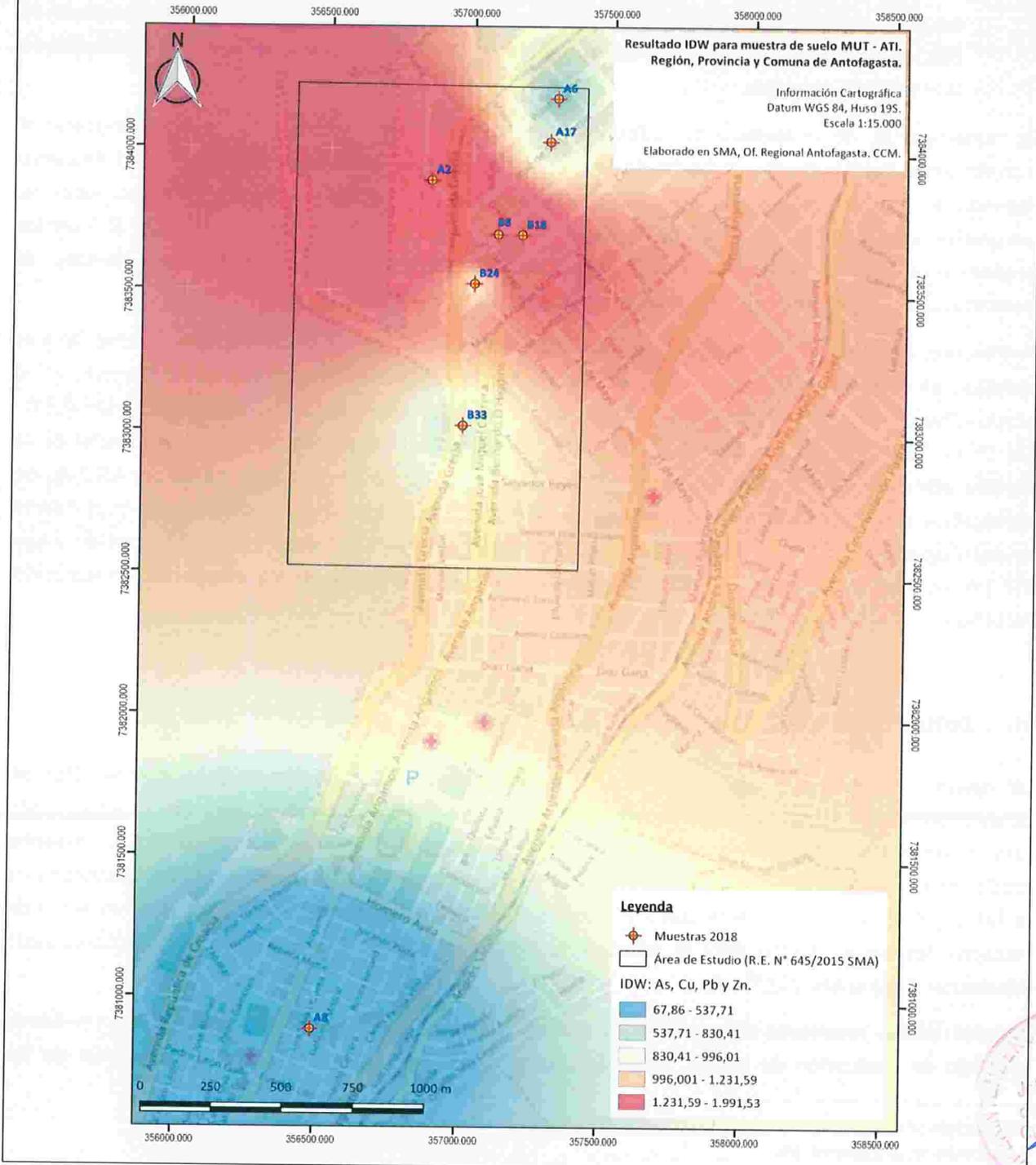
Fuente: Elaboración propia a partir de los informes de laboratorio de ANAM 2018 (Anexo 2)



En suma, considerando la totalidad de parámetros analizados, utilizando la herramienta de interpolación de datos entre puntos de muestreo del programa SIG (Sistema de Información Geográfica QGIS 2.18.13), fue posible visualizar la distribución espacial de las concentraciones totales de todos los metales pesados vistos en las figuras anteriores:

Figura 7. Mapa con el resultado de la salida gráfica de los valores de la Ponderación Inversa a la Distancia (IDW), obtenida de acuerdo a las concentraciones de As, Cu, Pb y Zn de 8 muestras.

Fuente: Elaboración propia a partir de los informes de laboratorio de ANAM 2018 (Anexo 2)



Con todo lo anterior, es posible constatar que la presencia de metales pesados, en el área de estudio, siguen siendo atribuibles a las operaciones de Antofagasta Terminal Internacional S.A.

2. Las concentraciones medias de As, Cu, Fe, Mn, Mo, Pb y Zn en el área de estudio, detectadas en 2018, son estadísticamente iguales a las concentraciones medias de estos mismos parámetros detectadas en 2015. El desarrollo de las pruebas antes descritas se encuentra en el Anexo 3 del presente Memorándum.
3. Las labores de limpieza no fueron ejecutadas oportunamente, ya que fueron ejecutadas fuera del plazo establecido en el resuelvo segundo de la Resolución Exenta N° 645, de 6 de agosto de 2015. Ello se debe a que ATI S.A. no solicitó al Tribunal Ambiental la suspensión de los efectos de la resolución recurrida.

En consecuencia, de la revisión de todos los antecedentes antes descritos fue posible constatar el cumplimiento parcial en la ejecución de la medida Urgente y Transitoria impuesta en el Resuelvo Segundo de la resolución sancionatoria, dado que, si bien ATI ejecutó labores de limpieza, estas no cumplieron con la condición de limpieza íntegra, debido que las concentraciones medias de metales pesados en el área aledaña al Puerto de Antofagasta luego de haberse ejecutado dichas labores, no muestran una disminución respecto a las detectadas en el año 2015.

Finalmente, con fecha 9 de julio de 2018, mediante la Res. Ex. N° 1/Rol D-070-2018, y de acuerdo a lo señalado en el artículo 49 de la LO-SMA, se dio inicio a la instrucción del procedimiento administrativo sancionatorio Rol D-070-2018, con la formulación de cargos a Antofagasta Terminal Internacional S.A., Rol Único Tributario N° 99.511.240-k. Los cargos formulados incluyen el cumplimiento parcial de la medida urgente y transitoria antedicha, puesto que i) las labores de limpieza efectuadas por ATI S.A., no permitieron disminuir las concentraciones de metales pesados detectadas en el área aledaña al Puerto de Antofagasta; y ii) las labores de limpieza fueron ejecutadas fuera del plazo establecido, debido a que ATI S.A. no solicitó al Ilustre Segundo Tribunal Ambiental la suspensión de los efectos de la resolución recurrida.

III. CONDICIÓN DE RIESGO AMBIENTAL

La significancia del riesgo se evaluó bajo el mismo método utilizado por la SMA para efectos de determinar clasificación de las infracciones I y III de la formulación de cargos del procedimiento sancionatorio Rol F-006-2015 seguido en contra de Antofagasta Terminal Internacional S.A., resuelto mediante R.E. SMA N° 645/2015. Dicho mecanismo, fue propuesto por la Organización Panamericana de la Salud (OPS)⁷, y es coincidente con los criterios generales establecidos en la "Guía de Evaluación de Impacto Ambiental. Riesgo Para la Salud de la Población", elaborada por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) el año 2012⁸.

A partir de los resultados del muestreo y análisis realizado en el 2018, esta SMA realizó un nuevo ejercicio de evaluación de riesgo, asociada efectos no cancerígenos, debido a la exposición de los

⁷ Disponible en el siguiente link: <http://www.bvsde.paho.org/tutorial3/e/capitulo2/index.html>

⁸ Disponible en el siguiente link:

http://www.sea.gob.cl/sites/default/files/migration_files/20121109_GUIA_RIESGO_A_LA_SALUD.pdf

metales pesados, por la eventual ingesta de este suelo, tanto de infantes en edad pre escolar, como de adultos, con tiempos de exposición equivalentes a jornadas de estudios o laboral, y vivienda. La OPS, establece que primeramente debe calcularse la dosis de exposición que genera la presencia de contaminantes en el ambiente evaluado en el receptor de esos contaminantes, siendo ésta determinada tanto para niños en edad de educación parvularia como para adultos, para luego realizar la caracterización del riesgo, basado en la comparación de la dosis diaria de exposición calculada para el caso concreto, con la dosis de exposición de referencia reconocida para los contaminantes en estudio⁹, que consiste en el cálculo del cociente de peligro (HQ o Hazard Quoting)¹⁰, por cada vía de exposición, es decir, que para este caso, se determinó por la ingesta de contaminantes presentes en el suelo, como se indica en la siguiente fórmula:

$$HQ = \frac{\text{Dosis de exposición [mg/kg - día]}}{\text{Dosis de referencia [mg/kg - día]}} \quad (2)$$

Si el HQ de cada vía de exposición (suelo) excede el valor 1 indicará, según su cuantía, la importancia de la posibilidad de sufrir efectos adversos. Como ya se indicó la dosis de referencia corresponde a aquella dosis de exposición que es considerada como tolerable por el organismo sin que se manifieste significativamente un efecto no cancerígeno del contaminante. Mientras más se excede la dosis de referencia, más riesgoso resulta para la salud de la población el mantener ese nivel de exposición. Así, la estimación de la exposición de ciertos contaminantes, medida como dosis de exposición diaria se determina según la siguiente fórmula:

$$\text{Dosis de exposición [mg/kg - día]} = \frac{[] * TI}{PC} * FE \quad (3)$$

Donde:

[]: Concentración del contaminante en el medio ambiente evaluado, las unidades se expresarán dependiendo de la componente ambiental donde fueron medidos, en que en este caso es mg/kg.

TI: Tasa de ingestión diaria del componente ambiental donde se encuentra el contaminante, expresada en unidades correspondientes al medio (litros, mg, m3, etc.)

PC: peso corporal, expresado en mg.

FE: Factor de exposición; incluye datos de biodisponibilidad, absorción y/o temporalidad. Los datos pueden provenir de la literatura científica y del estudio efectuado en el sitio.

Para el caso concreto, los datos necesarios para los cálculos son los siguientes:

La concentración de los contaminantes será aquella medida dentro del área de estudio (Figura 2 y Tabla 1 del presente memorándum), utilizando para ello el valor UCL₉₅^{11,12,13} para el set de resultados de los

⁹ Es aquella dosis de exposición que es considerada como tolerable por el organismo sin que se manifieste significativamente un efecto no cancerígeno del contaminante.

¹⁰ Se evaluará el riesgo asociado a los efectos no cancerígenos de los contaminantes determinados por mediciones de la SMA durante febrero de 2018

¹¹ Debido a la incertidumbre asociada a la estimación del verdadero valor de la media de la concentración de un contaminante en una zona monitoreada, estadísticamente es más robusto utilizar el límite superior del rango asociado a la media de un set de datos, estimado con un 95% de confianza, éste se denomina como UCL₉₅, por sus siglas en inglés, y entrega suficiente confianza en relación a que el promedio no sea subestimado.

¹² Supplemental Guidance to RAGS: Calculating the Concentration Term, Office of Emergency and Remedial Response Hazardous Site Evaluation Division, OS-230, EPA, Publication 9285.7-081, 1992, También disponible herramienta de cálculo en http://www.itrcweb.org/ism-1/4_2_2_UCL_Calculation_Method.html.



contaminantes arsénico, cobre, plomo, zinc y manganeso. Los resultados de concentración que se utilizarán para este cálculo son los descritos en la Tabla 2 del presente memorándum.

En tanto se usará como tasa de ingestión diaria de suelo los siguientes datos¹⁴:

Suelo: **TI niños**= 350 mg/niño y **TI adultos**= 50 mg/adulto

El peso corporal será de 14 kg para un infante de 3 a 6 años; 70 kg para un adulto¹⁵.

El factor de exposición se determinará en términos de temporalidad, con la siguiente formula:

$$FE = \frac{\text{Frecuencia de exposición}}{\text{Tiempo de exposición}} \quad (4)$$

Para el caso de aquellos residentes en el área cercana al Puerto de Antofagasta, el factor de exposición toma valor 1, en tanto que para el caso de personas que laboren en las cercanías, o infantes y estudiantes que asisten a jardines infantiles o van a la escuela, se tendrá el siguiente factor de exposición:

$$FE \text{ laboral} = \frac{5 \text{ días/semana}}{7 \text{ días/semana}} * \frac{49 \text{ semanas/año}}{52 \text{ semanas/año}} * \frac{30 \text{ años}}{70 \text{ años}} = 0,29$$

$$FE \text{ estudiantil}^{16} = \frac{5 \text{ días/semana}}{7 \text{ días/semana}} * \frac{200 \text{ días/año}}{365 \text{ días/año}} * \frac{5 \text{ años}}{70 \text{ años}} = 0,028$$

De esta manera, los resultados de cálculo de dosis de exposición de los contaminantes medidos en las cercanías del Puerto de Antofagasta, para cada tipo de receptor, asumiendo tasa de ingesta de contaminante en suelo, con el peso señalado, y la concentración de UCL 95 que se indica en la tabla 2, es la que se indica en la Tabla 3 del presente Memorándum.

Tabla 2. Concentraciones de metales pesados obtenidas en las muestras tomadas en 2018.

Elemento	SMA Suelo 2018	
	Promedio [mg/kg]	UCL ₉₅ [mg/kg]
Arsénico	47,99	73,28
Cobre	2.305,97	3.551,58
Plomo	198,21	274,10
Manganeso	644,07	811,51
Zinc	1.723,06	2.299,55

¹³ El UCL95 se calcula como $\bar{x} + t * (s/\sqrt{n})$, con \bar{x} = promedio, s = desviación estándar, t = valor t, con un 95% de confianza de la distribución T de Student, y n= número de datos.

¹⁴ Propuesto por la OPS, disponible el siguiente link: <http://www.bvsde.paho.org/tutorial3/e/capitulo2/index.html>

¹⁵ Ibíd

¹⁶ Considera un período máximo de 5 años de estudios parvularios

Tabla 3. Dosis de exposición de los contaminantes medidos en las cercanías del Puerto de Antofagasta, para cada tipo de receptor, asumiendo tasa de ingesta de contaminante en suelo.

Elemento	Dosis de exposición al contaminante [mg/kg-día]			
	Niños pre escolar		Adultos	
	Residencial	Estudiante	Residencial	Laboral
Arsénico	1,83E-03	5,13E-05	5,23E-05	1,52E-05
Cobre	8,88E-02	2,49E-03	2,54E-03	7,36E-04
Plomo	6,85E-03	1,92E-04	1,96E-04	5,68E-05
Manganeso	2,03E-02	5,68E-04	5,80E-04	1,68E-04
Zinc	5,75E-02	1,61E-03	1,64E-03	4,76E-04

La notación científica utilizada en esta tabla corresponde a 1,0E-01 = 0,10.

Por otro lado, las dosis de exposición de referencia (RfD, según sus siglas en inglés) que pueden ser toleradas por el organismo humano sin que se manifieste significativamente un efecto adverso a la salud, y que se aplicarán en este caso, son las siguientes (mg/kg-día): Arsénico 3,00E-04¹⁷, Cobre 4,00E-02¹⁸, Manganeso 4,6E-02¹⁹, Plomo 3,5E-03²⁰, Zinc 3,00E-01²¹ (la notación científica utilizada corresponde a 1,00E-01 = 0,1).

Los resultados anteriores permiten determinar el respectivo cociente de peligro, calculados para la vía de exposición a través de la ingesta, el que se muestra en la Tabla 4 del presente Memorándum y de cuyo análisis es posible concluir que persiste la posibilidad de generarse un daño inminente a la salud de la población infantil en edad pre escolar que vive en la zona cercana al Puerto de Antofagasta, debido a la presencia en el suelo como valor medio de arsénico, cobre y plomo.



¹⁷ Disponible en Exhibit C-5, Appendix C, en el siguiente link: <http://www.epa.gov/superfund/health/conmedia/soil/pdfs/ssgappa-c.pdf>, pág C-8.

¹⁸ Calculada según se indica en la página web de la Risk Assessment Information System (RAIS), en el siguiente link: http://epa-prgs.ornl.gov/cgi-bin/chemicals/csl_search

¹⁹ Disponible en el siguiente link: http://web.ornl.gov/sci/env_rpt/aser95/tb-6-9.pdf

²⁰ Referencia señalada en paper "Heavy Metals in vegetables and potential risk for human health", Guerra et al., publicado por la revista Scientia Agrícola, v. 69, n. 1, p. 54-60, January/February 2012, disponible en link: <http://www.scielo.br/pdf/sa/v69n1/v69n1a08>. La referencia fue tomada de Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants, publicado por WHO Technical Series, 837(http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_837.pdf).

²¹ Disponible en Exhibit C-5, appendix e, en el siguiente link: <http://www.epa.gov/superfund/health/conmedia/soil/pdfs/ssgappa-c.pdf>, pág C-8.

Tabla 4. Cuocientes de peligro resultantes de la exposición a las concentraciones medias del muestreo de suelo realizado en 2018.

Elemento	Cuociente de peligro asociado a dosis de exposición de contaminantes en suelo			
	Niños pre escolar		Adultos	
	Residencial	Estudiante	Residencial	Laboral
Arsénico	6,11	1,71E-01	1,74E-01	5,06E-02
Cobre	2,22	6,22E-02	6,34E-02	1,84E-02
Plomo	1,96	5,48E-02	5,59E-02	1,62E-02
Manganeso	4,41E-01	1,23E-02	1,26E-02	3,65E-03
Zinc	1,92E-01	5,37E-03	5,48E-03	1,59E-03

La notación científica utilizada en esta tabla corresponde a $1,0E-01 = 0,10$.

Los valores resaltados en rojo están en notación normal. Es decir, se trata de valores de cuociente de peligro que exceden la unidad (valor 1), lo que implica que la dosis de exposición diaria de arsénico, cobre y plomo, producto de ingesta de suelo, es superior a la dosis de referencia de los mismos, lo que implica una condición de riesgos de contraer efectos de tipo no cancerígenos.

Los efectos adversos, a los que está expuesta la población infantil en edad pre escolar que vive en la zona cercana al Puerto de Antofagasta, se encuentran descritos en los perfiles toxicológicos desarrollados por la "Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades"²² (ATSDR), perteneciente al Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU.

- **Arsénico:** Los niños que están expuestos al arsénico inorgánico pueden tener muchos de los mismos efectos que los adultos, como irritación del estómago e intestinos, daños en los vasos sanguíneos, cambios en la piel y reducción de la función nerviosa. Por lo tanto, todos los efectos sobre la salud observados en adultos son potencialmente preocupantes en los niños. También hay alguna evidencia que sugiere que la exposición a largo plazo al arsénico inorgánico en los niños puede dar como resultado puntuaciones de CI más bajas. No sabemos si la absorción de arsénico inorgánico del intestino en los niños difiere de los adultos. Existe alguna evidencia de que la exposición al arsénico en los primeros años de vida (incluida la gestación y la primera infancia) puede aumentar la mortalidad en adultos jóvenes.²³
- **Plomo:** Los niños son más sensibles a los efectos del plomo en la salud que los adultos. No se ha determinado un nivel de plomo en la sangre seguro en los niños. El plomo afecta a los niños de diferentes maneras, dependiendo de la cantidad de plomo que trague el niño. Un niño que traga grandes cantidades de plomo puede desarrollar anemia, daño renal, cólico ("dolor de estómago" severo), debilidad muscular y daño cerebral, lo que finalmente puede matar al niño [...]. Si un niño traga pequeñas cantidades de plomo, como el polvo que contiene plomo de la pintura, se pueden producir efectos mucho menos graves pero aún importantes en la sangre, el desarrollo y el comportamiento. En este caso, la recuperación es probable una vez que el niño es retirado de la fuente de exposición al plomo, pero no hay garantía de que el niño evite por completo todas las

²² Agencia federal de salud pública del Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU. (www.atsdr.cdc.gov).

²³ Traducción libre de Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades, Public Health Statement for Arsenic, 1.6 How can arsenic affect children? (<https://www.atsdr.cdc.gov/PHS/PHS.asp?id=18&tid=3>).

consecuencias a largo plazo de la exposición al plomo. A niveles aún más bajos de exposición, el plomo puede afectar el crecimiento mental y físico del niño. [...]. La exposición en el útero, en la infancia o en la primera infancia también puede retrasar el desarrollo mental y causar una menor inteligencia más adelante en la infancia. Existe evidencia de que estos efectos pueden persistir más allá de la infancia.²⁴

- **Cobre:** La exposición a altos niveles de cobre dará lugar a los mismos tipos de efectos en niños y en adultos. Los estudios en animales sugieren que los niños pueden tener efectos más graves que los adultos. Hay un porcentaje muy pequeño de bebés y niños que son excepcionalmente sensibles al cobre. Los estudios en animales sugieren que la ingestión de altos niveles de cobre puede causar una disminución en el crecimiento fetal.²⁵

En consecuencia, es posible estimar que la exposición a metales pesados como el As, Cu y Pb, implican un riesgo inminente para la salud de los niños residentes en edad preescolar.

IV. MEDIDA PROVISIONAL

En consideración a lo señalado en los numerales anteriores, se constató que persiste la posibilidad de generarse un daño inminente a la salud de la población infantil en edad pre escolar que vive en la zona cercana al Puerto de Antofagasta, debido a las altas magnitudes de los cuocientes de peligro del arsénico, cobre y plomo, que en el caso del plomo es del 98% superior, para el cobre es 120% superior, y en el arsénico es de 510% superior, todos respecto de la unidad (valor 1), por tanto a la respectiva dosis de referencia relativa a ingesta de suelo.

Producto de lo anterior, se considera necesaria la solicitud de adopción de las siguientes medidas provisionales procedimentales de las letras a) y f) del artículo 48 de la LO-SMA, en los plazos y condiciones que se indican a continuación:

- a. Ejecución de una nueva limpieza del área señalada en la figura 7 del presente memorándum, en la forma y modo que se señalará a continuación.

El área de aplicación de la medida deberá comprender la limpieza íntegra de la totalidad de las veredas y calles de cada una de las manzanas donde se detectaron mayores concentraciones de metales pesados, esto es, en las manzanas 17, 43, 6²⁶, 86, 34, 24, 84, 141, 179, 38, y 124 (sobre la base de la nomenclatura de manzanas de la figura 1 de este memorándum).

Para iniciar la ejecución de la medida de limpieza, la empresa **tendrá un plazo de 15 días corridos, a partir de la notificación de la resolución.** Antes de su ejecución, el titular deberá presentar en la Oficina Regional Antofagasta de la SMA, al menos con **2 días hábiles de anticipación a la ejecución de la medida**, un informe detallando la(s) fecha(s) y horario de ejecución de ésta.

Posterior a su ejecución, como medio de verificación, el titular deberá enviar a la Oficina Regional

²⁴ Traducción libre de Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades, Public Health Statement for Lead, 1.6 How can lead affect children? (<https://www.atsdr.cdc.gov/PHS/PHS.asp?id=92&tid=22>).

²⁵ Traducción libre de Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades, Public Health Statement for Copper, 1.6 How can lead affect children? (<https://www.atsdr.cdc.gov/PHS/PHS.asp?id=92&tid=37>).

²⁶ Tener en consideración que la manzana asignada con la nomenclatura N°6 de la figura 1 considera 3 manzanas distintas. Respecto a las tres, ATI S.A. deberá ejecutar la medida de limpieza.

de Antofagasta de esta Superintendencia, en el plazo de **30 días corridos** contados desde la notificación, un informe que dé cuenta de las labores realizadas, la ruta recorrida y los equipos utilizados.

- b. Los residuos generados deberán ser dispuestos en un sitio de disposición final de residuos peligrosos debidamente autorizado. Como medio de verificación, el titular deberá presentar en la Oficina Regional Antofagasta de la SMA, un informe sobre la cantidad total del material recolectado durante la limpieza, el lugar de disposición final del mismo y adjuntar el respectivo formulario SIDREP debidamente cerrado por el destinatario final en el plazo de **30 días corridos**, contados desde la notificación.
- c. Ejecución de 2 campañas de muestreo y análisis de material sólido presente en la calzada, específicamente en el ángulo que forma la calzada con el bordillo²⁷ de cada cuadra, así como en la respectiva acera. Las muestras deberán ser tomadas a media cuadra, en cada una de las calles comprometidas en la ejecución de la medida. Así por ejemplo, en una manzana debe tomarse un total de 8 muestras, 4 de polvo en calzada (en el respectivo ángulo con el bordillo), y 4 en acera. En aquellas calles que son compartidas por 2 manzanas que deban limpiarse, bastará con la toma de una muestra de acera y una de calzada. Para cada muestra se deberá analizar las concentraciones en masa seca de Cobre, Arsénico y Plomo, registrando además su respectiva coordenada geográfica, en datum WGS84.

La primera campaña se deberá realizar antes de la ejecución de las acciones de limpieza, mientras que la segunda, una vez finalizadas dichas acciones. Las muestras de ambas campañas deberán, sin excepción, ser tomadas en los mismos puntos. El titular deberá informar a la Oficina Regional Antofagasta de la SMA con al menos **2 días hábiles de anticipación** a la ejecución de las labores de muestreo, la fecha y hora de ejecución de cada una de las campañas de muestreo.

Tanto el muestreo como el análisis de laboratorio deberán ser realizados por una ETFA autorizada por la Superintendencia del Medio Ambiente, que se encuentre en el registro público de Entidades Técnicas disponible en el sitio web de esta Superintendencia. Sin embargo, en el caso que ATI S.A. no encuentre cobertura de una ETFA para desarrollar la medida, o que no haya una ETFA con capacidad para efectuarla, la empresa deberá acreditarlo apropiadamente, y deberá ejecutar dicha medida según lo indicado en la Res. Ex. N° 1024/2017 de la SMA, resuelvo Primero, numeral Segundo.

Como medio de verificación, el titular deberá entregar una tabla en formato Excel con las siguientes columnas: campaña (anterior o posterior a la limpieza), nombre del punto de muestreo, coordenadas del punto de muestreo en DATUM WGS84. Además de una copia de las cadenas de custodia mediante las cuales se enviaron las muestras de ambas campañas al laboratorio, así como la confirmación de su recepción por parte del laboratorio que realizará el análisis y la fecha en que estarán listos los respectivos informes con los resultados de cada una de las campañas. Estos antecedentes deberán ser entregados en la Oficina Regional de Antofagasta de esta Superintendencia en el plazo de **30 días corridos contados** desde su notificación.

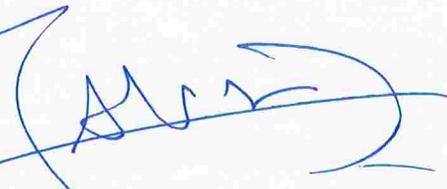
²⁷ Faja o cinta de piedra que forma el borde de una acera, o de un andén. (<http://dle.rae.es/?id=5tzgoEp>).

Se solicita que una vez transcurrido el plazo de la ejecución de la medida, en conformidad a lo dispuesto en el artículo 3 letra e) de la LO-SMA, se emita una resolución requiriendo al titular que presente a la SMA, los resultados de análisis de las muestras tomadas antes y después de las labores de limpieza, incluyendo el cálculo del valor UCL95 por cada contaminante analizado.

La eficacia de la ejecución de la medida de limpieza de calles y aceras, se evaluará comparando (I) La concentración media (UCL95), resultante del conjunto de concentraciones de Arsénico, Cobre y Plomo, obtenidas del muestreo realizado posterior a la limpieza, con (II) La concentración media (UCL95), de los mismos contaminantes, resultante de la muestra tomada previo a la limpieza. Se considerará eficaz la ejecución de la medida, cuando el resultado de dicha comparación arroje que las respectivas concentraciones medias (UCL95) obtenidas en el muestreo posterior a la limpieza es menor a las concentraciones medias obtenidas en el muestreo previo.

Sin otro particular, le saluda atentamente,




Jorge Alviña Aguayo

Fiscal Instructor de la División de Sanción y Cumplimiento
Superintendencia del Medio Ambiente




PAC

CC:

- Sandra Cortez Contreras, Jefa de la oficina de la Región de Antofagasta, Superintendencia del Medio Ambiente.
- Fiscalía SMA

ANEXOS:

1. Informes de laboratorio Hidrolab 2015.
2. Informes de laboratorio ANAM 2018.
3. Comparación estadística de concentraciones medias.
4. Informes presentados por el titular en el marco de la fiscalización de la medida de limpieza.
5. Requerimientos de información realizados al titular en el marco de la fiscalización de la medida de limpieza.
6. Examen de información realizado por la SEREMI de Salud Antofagasta y su respectiva encomendación.

