



**Informe Final**

**“IDENTIFICACIÓN DE FUENTES  
CONTAMINANTES Y CARACTERIZACIÓN DE  
SUELOS EN LA COMUNA DE CORONEL”**

**Febrero 2017**

Este informe ha sido elaborado por el equipo de **IdeAmbiente** para uso exclusivo de la Subsecretaría del Medio Ambiente representada por la Oficina de Residuos y Riesgo Ambiental y la SEREMI de Medio Ambiente de la Región de Biobío.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|     |   |           |
|-----|---|-----------|
| 1.  | RESUMEN EJECUTIVO.....  | 7         |
| 2.  | GLOSARIO.....   | 10        |
| 3.  | ACRÓNIMOS .....   | 14        |
| 4.  | INTRODUCCIÓN.....   | 16        |
|     | 4.1 Antecedentes de la consultoría .....  | 16        |
|     | 4.2 Antecedentes de contexto .....  | 16        |
|     | <b>4.2.1 Generalidades normativas y metodológicas .....</b>                                 | <b>16</b> |
| 5.  | OBJETIVOS .....   | 20        |
|     | 5.1 Objetivo general.....   | 20        |
|     | 5.2 Objetivos específicos.....  | 20        |
| 6.  | METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO.....  | 21        |
|     | 6.1 Etapa 1: Identificar fuentes de emisión y definir compuestos de interés.....            | 22        |
|     | <b>6.1.1 Actividad 1: Elaborar propuesta metodológica para identificar fuentes de</b>       |           |
|     | <b>emisión y definir compuestos de interés .....</b>  | <b>22</b> |
|     | <b>6.1.2 Actividad 2: Recopilar información sobre fuentes emisoras en la comuna .....</b>   | <b>22</b> |
|     | <b>6.1.3 Actividad 3: Sistematizar la información recopilada .....</b>                      | <b>25</b> |
|     | <b>6.1.4 Actividad 4: Analizar la información recopilada de resultados del estudio</b>      |           |
|     | <b>“Evaluación de metales en población de Coronel” realizado por MINSAL .....</b>           | <b>27</b> |
|     | 6.2 Etapa 2: Caracterizar suelos respecto a fuentes contaminantes y compuestos de           |           |
|     | interés.....  | 27        |
|     | <b>6.2.1 Actividad 1: Recopilar y analizar información disponible sobre muestreo de</b>     |           |
|     | <b>suelos en la comuna de Coronel .....</b>   | <b>27</b> |
|     | 6.3 Etapa 3: Definir modelo conceptual por información obtenida en etapas anteriores.....   | 29        |
|     | 6.4 Etapa 4: Desarrollar actividades post resultados.....                                   | 30        |
| 7.  | RESULTADOS - IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE TRABAJO.....   | 31        |
|     | 7.1 Etapa 1: Identificar fuentes de emisión y definir compuestos de interés.....            | 31        |
|     | <b>7.1.1 Actividad 1: Elaborar propuesta metodológica para identificar fuentes de</b>       |           |
|     | <b>emisión y definir compuestos de interés .....</b>  | <b>31</b> |
|     | <b>7.1.2 Actividad 2: Recopilar información sobre fuentes de emisión en la comuna..</b>     | <b>31</b> |
|     | <b>7.1.3 Actividad 3: Sistematizar la información recopilada .....</b>                      | <b>63</b> |
|     | <b>7.1.4 Actividad 4: Analizar la información recopilada de resultados del estudio</b>      |           |
|     | <b>“Evaluación de metales en población de Coronel” realizado por MINSAL .....</b>           | <b>73</b> |
|     | 7.2 Etapa 2: Caracterizar suelos respecto a fuentes contaminantes y compuestos de interés.. | 75        |
|     | <b>7.2.1 Actividad 1: Recopilar y analizar información disponible sobre muestreo de</b>     |           |
|     | <b>suelos en la comuna de Coronel .....</b>   | <b>75</b> |
|     | 7.3 Etapa 3: Definir modelo conceptual desde la información obtenida en etapas              |           |
|     | anteriores.....   | 130       |
|     | 7.4 Etapa 4: Desarrollar actividades post resultados.....                                   | 134       |
| 8.  | CONCLUSIONES .....  | 145       |
| 9.  | REFERENCIAS.....  | 148       |
| 10. | ANEXOS .....  | 151       |
|     | 10.1 ANEXO 1: Carta Seremi del Medio Ambiente Región del Biobío para entrevistas.....       | 151       |

|  |     |
|--|-----|
| 10.2 ANEXO 2: Listado de actores clave para entrevistas .....  | 152 |
| 10.3 ANEXO 3: Cuestionario y mapas para entrevistas .....  | 154 |
| 10.4 ANEXO 4 (Digital): "Resultados encuestas actores claves.xlsx" .....   | 159 |
| 10.5 ANEXO 5 (Digital): "Planilla Fuentes IA_Rev.2.xlsx" .....   | 160 |
| 10.6 ANEXO 6: Antecedentes de fuentes de información secundaria incluidos en Planilla Fuentes IA_Rev.2.xlsx..... | 161 |
| 10.7 ANEXO 7: Bibliografía recopilada desde búsqueda en internet y entrevistas con actores claves .....          | 164 |
| 10.8 ANEXO 8 (Digital): Planilla RETC.xlsx.....  | 174 |
| 10.9 ANEXO 9: Medidas de Control y Aseguramiento de la Calidad (QA/QC) .....                                     | 175 |
| 10.10 ANEXO 10 (Digital): Resultados muestreo.....   | 179 |
| 10.11 ANEXO 11 (Digital): Fotografías muestreo .....   | 180 |
| 10.12 ANEXO 12: Descripciones de series de suelo .....   | 181 |
| 10.13 ANEXO 13 (Digital): Distribución de contaminantes en formato raster para soporte ArcGis.....               | 184 |
| 10.14 ANEXO 14: Comparación de muestras puntuales con valores de referencia, EMEG y RMEG.....                    | 185 |

## INDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| TABLA 1. SITIOS WEB DE INSTITUCIONES CONSULTADAS .....  | 31  |
| TABLA 2. DOCUMENTOS REVISADOS QUE FUERON ENTREGADOS POR LA CONTRAPARTE TÉCNICA .....  | 32  |
| TABLA 3. DOCUMENTOS SELECCIONADOS PARA LA IDENTIFICACIÓN INICIAL DE FUENTES.....  | 33  |
| TABLA 4. FUENTES IDENTIFICADAS CON LA INFORMACIÓN SUFICIENTE PARA INCORPORARLAS AL LISTADO DE FUENTES EMANADAS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA..... | 35  |
| TABLA 5. DESCRIPCIÓN CAMPOS DE FUENTES SECUNDARIAS DE HOJA EXCEL CON FUENTES FINALES .....  | 36  |
| TABLA 6. DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES EN CONCEPCIÓN METROPOLITANO.....   | 48  |
| TABLA 7. INFORMACIÓN ESTACIONES DE CALIDAD DEL AIRE SELECCIONADAS PARA ANÁLISIS METEOROLÓGICO...  | 50  |
| TABLA 8. ACTORES CLAVES VALIDADOS POR SECTOR.....   | 57  |
| TABLA 9. DESCRIPCIÓN CAMPOS DE FUENTES PRIMARIAS DE HOJA EXCEL (ANEXO 5. PLANILLA FUENTES IA.XLSX) CON FUENTES FINALES.....                   | 62  |
| TABLA 10. NÚMERO DE FUENTES POR CADA UNO DE LOS RUBROS DEFINIDOS.....   | 66  |
| TABLA 11. POTENCIALES EMISIONES GENERADAS POR FUENTES IDENTIFICADAS.....  | 68  |
| TABLA 12. CLASIFICACIÓN METALES .....   | 81  |
| TABLA 13. TÉCNICAS ANALÍTICAS DE MEDICIÓN Y LÍMITES DE DETECCIÓN.....   | 84  |
| TABLA 14. LISTADO INICIAL DE ESTABLECIMIENTO PROPUESTOS PARA MUESTREAR EN COMUNA DE CORONEL.  | 86  |
| TABLA 15. PUNTOS DE MUESTREO EN SECTORES DE USO RESIDENCIAL.....  | 90  |
| TABLA 16. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA CONTENIDO DE METALES, PH Y CE - ZONA RESIDENCIAL.....  | 93  |
| TABLA 17. PUNTOS DE MUESTREO EN SECTORES DE USO INDUSTRIAL.....   | 94  |
| TABLA 18. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA CONTENIDO DE METALES, PH Y CE - ZONA .....   | 96  |
| TABLA 19. ESCUELAS Y COLEGIOS MUESTREADOS Y NO MUESTREADOS .....  | 97  |
| TABLA 20. PUNTOS DE MUESTREO EN ESCUELAS Y COLEGIOS.....  | 99  |
| TABLA 21. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA CONTENIDO DE METALES, PH Y CE - COLEGIOS. ....   | 101 |
| TABLA 22. TOTAL DE PUNTOS MUESTREADOS EN SECTORES RESIDENCIALES E INDUSTRIALES .....  | 102 |
| TABLA 23. RESULTADOS BIODISPONIBILIDAD .....  | 104 |
| TABLA 24. PUNTOS DE MUESTREO BACKGROUND.....  | 106 |
| TABLA 25. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CONTENIDO DE METALES, PH Y CE - BACKGROUND SERIE CURANIPE ...   | 108 |
| TABLA 26. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CONTENIDO DE METALES, PH Y CE - BACKGROUND SERIE ARENALES..   | 109 |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| TABLA 27. | ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CONTENIDO METALES, PH Y CE - <i>BACKGROUND</i> SERIE A NAHUELBUA  | 110 |
| TABLA 28. | ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CONTENIDO DE METALES, PH Y CE - <i>BACKGROUND</i> AGRUPADO .....  | 111 |
| TABLA 29. | COMPARACIÓN DE <i>BACKGROUND</i> , CON ZONA INDUSTRIAL Y RESIDENCIAL EN VALORES PROMEDIO. | 112 |
| TABLA 30. | COMPARACIÓN DE <i>BACKGROUND</i> , CON ZONA INDUSTRIAL Y RESIDENCIAL CON 95% UCL .....    | 113 |
| TABLA 31. | COMPARACIÓN SECTOR RESIDENCIAL 95% UCL CON VALORES DE REFERENCIA .....                    | 117 |
| TABLA 32. | COMPARACIÓN SECTOR INDUSTRIAL 95 % UCL CON VALORES DE REFERENCIA.....                     | 118 |
| TABLA 33. | COMPARACIÓN ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES 95% UCL CON VALORES DE REFERENCIA...           | 119 |
| TABLA 34. | COMPARACIÓN 95% UCL USO RESIDENCIAL, ZONA NORTE CON VALORES DE REFERENCIA .....           | 121 |
| TABLA 35. | COMPARACIÓN 95% UCL USO RESIDENCIAL, ZONA SUR CON VALORES DE REFERENCIA.....              | 122 |
| TABLA 36. | COMPARACIÓN 95% UCL USO INDUSTRIAL, ZONA NORTE CON VALORES DE REFERENCIA .....            | 123 |
| TABLA 37. | COMPARACIÓN 95% UCL USO INDUSTRIAL, ZONA SUR CON VALORES DE REFERENCIA.....               | 123 |
| TABLA 38. | CARACTERÍSTICAS DE RUTA DE EXPOSICIÓN COMPLETA .....                                      | 133 |
| TABLA 39. | MATRIZ PRIORIZADA DE ESTUDIOS.....  | 135 |
| TABLA 40. | MEDIDAS DE GESTIÓN PROPUESTAS .....   | 140 |
| TABLA 41. | ACTIVIDADES DIFUSIÓN POST RESULTADOS.....   | 142 |
| TABLA 42. | RESULTADOS ANÁLISIS MUESTRAS DUPLICADO .....  | 178 |

## INDICE DE FIGURAS

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| FIGURA 1.  | LOCALIZACIÓN DE CORONEL CON ESPECIFICACIÓN DE ZONA NORTE Y SUR.....   | 18  |
| FIGURA 2.  | METODOLOGÍA DE TRABAJO GENERAL PROPUESTA .....  | 21  |
| FIGURA 3.  | ESTACIONES DE CALIDAD DEL AIRE PRESENTES EN LA COMUNA DE CORONEL.....   | 49  |
| FIGURA 4.  | TEMPERATURA MEDIA MENSUAL ESTACIÓN LAGUNILLAS AÑO 2015.....   | 51  |
| FIGURA 5.  | TEMPERATURA MEDIA MENSUAL ESTACIÓN CORONEL SUR AÑO 2015.....  | 51  |
| FIGURA 6.  | ROSAS DE VIENTOS PERIODO ENERO – FEBRERO – MARZO, AÑO 2015.....   | 53  |
| FIGURA 7.  | ROSAS DE VIENTOS ROSAS DE VIENTOS PERIODO ABRIL – MAYO – JUNIO, AÑO 2015.....   | 54  |
| FIGURA 8.  | ROSAS DE VIENTOS PERIODO JULIO – AGOSTO – SEPTIEMBRE, AÑO 2015.....   | 55  |
| FIGURA 9.  | ROSAS DE VIENTOS PERIODO OCTUBRE - NOVIEMBRE – DICIEMBRE, AÑO 2015.....   | 56  |
| FIGURA 10. | FOTOGRAFÍAS TOMADAS EN ALGUNAS DE LAS VISITAS EFECTUADAS AL ÁREA DE ESTUDIO .....   | 60  |
| FIGURA 11. | MAPA CON FUENTES DE EMISIÓN PUNTUALES IDENTIFICADAS, A PARTIR DE INFORMACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA, EN ZONA NORTE CORONEL ..... | 64  |
| FIGURA 12. | MAPA FUENTES DE EMISIÓN PUNTUALES IDENTIFICADAS, A PARTIR DE INFORMACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA, EN ZONA SUR DE CORONEL .....    | 65  |
| FIGURA 13. | MAPA FUENTES DE EMISIÓN IDENTIFICADAS, DISGREGADAS POR RUBRO, ZONA NORTE CORONEL.....   | 67  |
| FIGURA 14. | MAPA FUENTES DE EMISIÓN IDENTIFICADAS, DISGREGADAS POR RUBRO, ZONA SUR DE CORONEL .....   | 68  |
| FIGURA 15. | POTENCIALES COMPONENTES AMBIENTALES IMPACTADOS POR FUENTES DE EMISIÓN.....  | 69  |
| FIGURA 16. | SECTORES INDUSTRIALES Y RESIDENCIALES DE LA COMUNA DE CORONEL.....  | 72  |
| FIGURA 17. | UBICACIÓN MUESTRAS SUELO TOMADAS POR EMG CONSULTORES S.A., EL AÑO 2006 .....  | 77  |
| FIGURA 18. | DISPONIBILIDAD DE ALGUNOS METALES PESADOS EN EL SUELO EN FUNCIÓN DE PH.....   | 83  |
| FIGURA 19. | PROPUESTA DE MUESTREO EN ÁREAS INDUSTRIALES Y RESIDENCIALES, ZONA NORTE COMUNA. ....  | 85  |
| FIGURA 20. | PROPUESTA DE MUESTREO EN ÁREAS INDUSTRIALES Y RESIDENCIALES, ZONA SUR COMUNA.....   | 86  |
| FIGURA 21. | DIAGRAMA DE TOMA DE CINCO SUB-MUESTRAS PARA CONFORMACIÓN DE MUESTRAS COMPUESTA ...  | 88  |
| FIGURA 22. | INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTO EMPLEADO PARA EL MUESTREO. ....  | 89  |
| FIGURA 23. | LOCALIZACIÓN MUESTRAS DE SUELO EN SECTORES DE USO RESIDENCIAL. ....   | 92  |
| FIGURA 24. | LOCALIZACIÓN MUESTRAS DE SUELO EN SECTORES DE USO INDUSTRIAL .....  | 95  |
| FIGURA 25. | LOCALIZACIÓN MUESTRAS DE SUELO EXTRAÍDAS EN COLEGIOS .....  | 100 |
| FIGURA 26. | LOCALIZACIÓN MUESTRAS EN ZONA NORTE .....   | 102 |
| FIGURA 27. | LOCALIZACIÓN MUESTRAS EN ZONA SUR .....   | 103 |
| FIGURA 28. | SERIES DE SUELOS PRESENTES EN CORONEL. ....   | 105 |
| FIGURA 29. | LOCALIZACIÓN MUESTRAS <i>BACKGROUND</i> , SEGÚN SERIES DE SUELOS PRESENTES EN CORONEL.....                                      | 107 |
| FIGURA 30. | LOCALIZACIÓN DE MUESTRAS SUPERADAS POR ALGUNOS VR EN LA ZONA NORTE .....  | 126 |

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| FIGURA 31. | LOCALIZACIÓN DE MUESTRAS SUPERADAS POR ALGUNOS VR EN LA ZONA SUR .....               | 127 |
| FIGURA 32. | ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES INICIAL, CONSIDERANDO VARIABLES SELECCIONADAS... | 131 |
| FIGURA 33. | ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES SECUNDARIO, ELIMINANDO 2 MUESTRAS .....          | 132 |
| FIGURA 34. | MODELO CONCEPTUAL GENERAL VINCULADO AL SUELO EN LA COMUNA DE CORONEL.....            | 134 |

## 1. RESUMEN EJECUTIVO

El estudio “Identificación de fuentes contaminantes y caracterización de suelos en la comuna de Coronel” se enmarca en el Programa para la Recuperación Ambiental y Social de Coronel (PRAS Coronel) y tiene por objetivo general identificar las fuentes de emisión y efectuar la caracterización de suelos en la comuna.

Para dar cumplimiento a ese objetivo, se definieron 5 etapas. La etapa 0, correspondió a la reunión de inicio, efectuada el día 05 de agosto de 2016, en la cual se revisó y ajustó el Plan de Trabajo, en conjunto con las contrapartes técnicas, y se establecieron los lineamientos de este estudio.

La Etapa 1 consistió en identificar las fuentes de emisión y definir los compuestos de interés. Para esto, en primera instancia se revisó, recopiló y analizó la información secundaria (es decir, antecedentes previos existentes) proveniente de fuentes de información de acceso público, y se generó información primaria (es decir, antecedentes obtenidos exclusivamente a partir del presente estudio), a través de actividades de inspección a sectores urbanos de la comuna, y la realización de entrevistas a actores clave. El análisis efectuado permitió la identificación de 184 fuentes, 74 fueron identificadas a partir de antecedentes existentes o secundarios, mientras que 110 corresponden a fuentes nuevas (en operación o nó), que no habían sido previamente identificadas a partir de las fuentes de información ya existentes. Actualmente, 20 de esas fuentes no están activas, en su mayoría microbasurales y minas abandonadas.

A partir de antecedentes sobre los procesos y potenciales emisiones de las fuentes contaminantes identificadas, se definió un grupo de 19 rubros en los que dichas fuentes podían clasificarse. Así, la mayor parte de las fuentes identificadas pertenece al rubro “vertederos, rellenos sanitarios y microbasurales”, con 35 fuentes de este tipo (24 microbasurales, 5 basurales, 4 depósitos de cenizas, 1 vertedero y 1 relleno). Le siguen las “maestranzas, talleres de construcción y mecánicos”, con 30 fuentes, y “empresas con sustancias peligrosas” y “empresas madereras”, ambos rubros con 17 fuentes. El resto de los rubros, cuentan con 10 fuentes o menos.

En cuanto a los contaminantes de interés que teóricamente podrían estar emitiendo las potenciales fuentes identificadas, por el tipo de procesos existentes, los antecedentes revisados dieron cuenta principalmente de la emisión de metales y, en segunda instancia, de hidrocarburos derivados del petróleo.

Respecto a la localización de las fuentes, en la zona norte de la comuna las fuentes se encuentran distribuidas principalmente en los 3 parques industriales (Escuadrón I, Escuadrón II y Coronel), mientras que en la zona centro-sur, las fuentes se localizan en sectores, como: Humedal Boca Maule, Schwager, El Manco, Borde costero (3 puertos y varias caletas, entre las que destaca Lo Rojas), entre otros. Además, en el sector centro-sur, a diferencia del norte, la comunidad reside en las cercanías de los emplazamientos industriales.

La Etapa 2 consistió en caracterizar los suelos de la comuna en función de las fuentes emisoras y los compuestos de interés, para lo cual se recopiló y analizó información disponible sobre muestreo de suelos en la comuna, y se elaboró una propuesta metodológica de Plan Muestreo en suelos, la que fue aprobada por la contraparte técnica en reunión sostenida en dependencias del Ministerio de Medio Ambiente, el día 14 de noviembre del año 2016.

Posteriormente, entre los días 14 y 19 de noviembre del mismo año, se implementó dicho Plan el que consideró lo siguiente:

- Muestreo de suelo superficial (0 a 15 cm) a través de la extracción de muestras compuestas, obtenidas a partir de 5 muestras individuales.
- Muestreo de tipo sistemático dirigido a sectores de interés (grilla de 600 m x 600 m) en zonas de uso residencial e industrial que fueron definidas en base a inspecciones realizadas.
- Muestreo en escuelas y colegios (algunos parte del estudio MINSAL), adicional a las muestras consideradas en zonas residenciales.
- Muestreo en zonas *background* en sectores sin intervención antrópica directa, incluyendo consideraciones de series de suelo agrológicas de la comuna.

En total se recolectaron 94 muestras distribuidas como sigue:

- Zona norte: 49 muestras (7 *background*, 5 colegios, 22 en zona residencial y 15 en zona industrial).
- Zona sur: 45 muestras (2 *background*, 8 colegios, 18 en zona residencial y 17 en zona industrial).

Los parámetros analizados fueron los siguientes:

- Barrido de metales por ICP en todas las muestras, considerado como grupo prioritario del estudio (incluyó medición de: As, Cd, Cu, Cr, Ni, Mn, Hg, Mo, Pb, Se, Sb, V, y Zn, entre otros metales).
- pH y CE en todas las muestras.
- TPH (hidrocarburos totales de petróleo) en muestras seleccionadas.
- Medición en segunda instancia de biodisponibilidad, en metales y muestras seleccionadas.

Estos parámetros fueron analizados por los laboratorios Agriquem América S.A y ALS S.A, ambos acreditados por el INN, según norma 17.025.

Los valores obtenidos fueron comparados en primera instancia con los valores *background*, correspondientes a los niveles basales o naturales a nivel local. Luego, para determinar si las concentraciones medidas pueden implicar un eventual riesgo se efectuó una recopilación de valores de referencia (VR) de calidad de suelo internacionales, pues en Chile no existe una normativa de calidad para este componente ambiental. Se evidenció un enriquecimiento de metales en los suelos en las áreas residenciales e industriales respecto a su contenido "natural", lo que da cuenta de un impacto por actividades antrópicas. Se debe tener presente de todas formas que esta situación no es un indicativo de riesgo.

Al realizar la comparación de las concentraciones de metales medidas en suelo en zonas de uso residencial, industrial y establecimientos educacionales (estadígrafo 95% UCL) con valores de referencia internacionales de calidad de suelo, se obtuvo que todos los parámetros están por debajo de cualquiera de los valores de referencia recopilados, incluyendo el valor EMEG o RMEG, recomendado por la ATSDR y MINSAL. Solo al separar por zona norte y sur, se obtuvo que en la zona industrial sur existe una superación por cromo y vanadio de algunas de las normativas internacionales, asociada a muestras puntuales.

La Etapa 3 consistió en definir el modelo conceptual, el cual corresponde a una representación gráfica de los procesos que determinan el transporte de contaminantes desde la(s) fuente(s) de emisión, a través de los medios ambientales, y hasta los potenciales receptores. El modelo se elaboró considerando la información levantada en la Etapa 1, junto con los resultados del muestreo de suelos efectuado en la Etapa 2.

Por último, la Etapa 4 consistió en el desarrollo de actividades post-resultados, incluyendo la identificación de brechas de información respecto a otros componentes ambientales (aire, agua) que podrían aportar antecedentes sobre la presencia de algunos contaminantes en el suelo. Así, en función de los resultados obtenidos en las Etapas 2 y 3, se definió un Plan de Medidas de Gestión que incluyó 10 medidas preventivas y de seguimiento, cuyo objetivo es acotar y reducir las incertidumbres asociadas a los problemas ambientales de la comuna de Coronel, y aspirar a la disminución de los impactos asociados a potenciales fuentes contaminantes. Esta etapa incluyó también la realización de actividades de difusión de los resultados, efectuadas en las comunas de Santiago y Coronel.

## 2. GLOSARIO

- i. **Actividad Potencialmente Contaminante:** Aquellas actividades que producen, utilizan, manipulan, manejan, almacenan, tratan o disponen sustancias, que, por sus características físico- químicas, biológicas y toxicológicas, producen o pueden producir daños momentáneos o permanentes a la salud humana, animal o vegetal. (Resolución N° 406/2013).
- ii. **Atmósfera:** Capa gaseosa de unos 1.000km de espesor que rodea la tierra. Los gases predominantes son el nitrógeno y el oxígeno. Es indispensable para el desarrollo de la vida. Sus capas principales son tropósfera, estratósfera y ionósfera (BCN, 2016).
- iii. **Bahía:** Entrada de mar en la costa, de extensión considerable, cerrada por dos cabos (BCN, 2016).
- iv. **Contaminante:** Todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental. (Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, Título I, art. 2 letra d). (Resolución N° 406/2013).
- v. **Contaminación:** es la presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones y permanencia superiores o inferiores, según corresponda, a las establecidas en la legislación vigente (SEA, 2012).
- vi. **Coordenadas:** cualquiera de los n números de una secuencia que designa la posición de un punto en un sistema n dimensional (Ministerio de Fomento, 2007).
- vii. **Emisión:** toda introducción de contaminantes o sustancias en el medio ambiente, regulados o no, producto de cualquier actividad humana, sea deliberada o accidental, habitual u ocasional, incluidos los derrames, escapes o fugas, descargas, inyecciones, eliminaciones o vertidos, o descargas al alcantarillado que no cuenten con tratamiento final de aguas residuales (MMA, 2013).
- viii. **Exposición:** contacto potencial del receptor (individuo) con la fuente de peligro. La exposición puede ser aguda (de segundos a días), intermedia (subcrónica) o crónica (más de un año) (SEA, 2012).
- ix. **Fuente emisora:** es el establecimiento que emite contaminantes al ambiente, como resultado de su proceso, actividad o servicio, con una carga

contaminante media diaria o de valor característico superior en uno o más de los parámetros indicados, en el D.S. N° 90 /2000 de MINSEGPRES (MINSEGPRES, 2000).

- x. **Fuente fija (puntual):** son aquellas fuentes donde la ubicación del punto de descarga, generación o emisión al medio ambiente es plenamente identificable. Las emisiones, residuos y/o transferencias de contaminantes de las fuentes puntuales al medio ambiente, pueden estar o no sujetas a medición o cuantificación, a través de una norma de emisión, plan de monitoreo, plan de manejo u otra regulación que así lo determine. El parámetro deberá medirse, cuantificarse o estimarse dependiendo de lo establecido en la norma de emisión o regulación respectiva (MMA, 2013).
- xi. **Fuente difusa:** Fuentes de menores dimensiones o dispersas desde las que pueden liberar o generar emisiones, residuos y/o transferencias de contaminantes al suelo, a la atmosfera o al agua, y respecto de las cuales no resulta posible identificarlas u obtener información desglosada (MMA, 2013).
- xii. **Generador:** persona natural o jurídica cuya actividad da origen a residuos, o bien efectúe operaciones que ocasionen un cambio de naturaleza o composición de los mismos excluida la derivada del consumo doméstico, en cuyo caso el municipio es considerado el generador. Se comprenderá también este concepto al que importe residuos (MMA, 2013)
- xiii. **Industria:** unidad productiva, asentada de manera permanente en un lugar, bajo el control de una sola entidad propietaria, que realiza actividades de transformación, procesamiento, elaboración, ensamble o maquila total o parcial, de uno o varios productos. (RETC, 2016).
- xiv. **Información primaria.** Es información que se obtiene mediante el contacto directo con el objeto de estudio
- xv. **Información secundaria** es información que existe de antemano y que ha sido elaborada o recolectada por otros
- xvi. **Latitud:** distancia medida en grados entre cualquier punto de la superficie terrestre y el Ecuador. Esta puede ser Norte o Sur y varía entre 0° y 90° (BCN, 2016).
- xvii. **Longitud:** distancia medida en grados entre cualquier punto de la superficie terrestre y el meridiano 0° o de Greenwich. Esta puede ser Longitud Este u Oeste y varía entre 0° y 180° (BCN, 2016).
- xviii. **Modelo Conceptual:** Relato escrito y/o representación gráfica del sistema ambiental y de los procesos físicos, químicos y biológicos que determinan el transporte de contaminantes desde la fuente, a través de los medios que componen el sistema, hasta los potenciales receptores que forman parte de él. (Resolución N° 406/2013).

- xix. **MP<sub>2,5</sub> (Material Particulado Fino Respirable):** corresponde a aquellas partículas de diámetro inferior o igual a las 2.5 micrómetros. Su tamaño hace que sean 100% respirables, por lo que penetran el aparato respiratorio y se depositan en los alvéolos pulmonares (RETC, 2016).
- xx. **MP<sub>10</sub> (Material Particulado Respirable):** partículas sólidas o líquidas, como polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, suspendidas en la atmósfera, cuyo diámetro es inferior a 10 µm (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro) (RETC, 2016).
- xxi. **Nivel Basal o Nivel Background:** concentración natural de un elemento químico en un suelo que no ha sido alterado por la actividad humana, localizado en las cercanas del suelo y/o sitio con presencia de contaminantes. (Resolución N° 406/2013).
- xxii. **Peligro:** capacidad intrínseca de una sustancia, agente, objeto o situación de causar un efecto adverso sobre un receptor (SEA, 2012).
- xxiii. **Residuo o desecho:** sustancia, elemento u objeto que el generador elimina, se propone eliminar o está obligado a eliminar (MINSAL, 2013).
- xxiv. **Residuos domiciliarios o asimilables a domiciliarios:** son residuos sólidos que dadas sus características de no peligrosidad, pueden ser dispuestos en instalaciones destinadas a la disposición final de residuos sólidos domiciliarios.
- xxv. **Residuos peligrosos:** residuo o mezcla de residuos que presenta riesgo para la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente, ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto, como consecuencia de presentar algunas de las características señaladas en el artículo 11 del Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos (MINSAL, 2013).
- xxvi. **Riesgo:** Probabilidad de ocurrencia de un efecto adverso en las personas o el ecosistema. (Resolución N° 406/2013).
- xxvii. **Ruta de exposición:** Trayectoria que sigue la sustancia tóxica, desde la fuente de emisión hasta el contacto con las poblaciones y/o biota previamente seleccionadas como potencialmente expuestas, incluyendo la vía de ingreso del tóxico a los organismos expuestos. (Resolución N° 406/2013).
- xxviii. **Sistemas de Información Geográfico (SIG):** Sistema compuesto por una parte física (hardware), un programa de aplicación (software), datos (mapas, fotos imágenes, otros) y una parte activa (liveware), destinado al tratamiento de los datos referenciados espacialmente. Este sistema manipula los datos espaciales permitiendo recuperar, combinar y efectuar diversos tipos de análisis. En el marco de la gestión de SPPC, los SIG se emplean para ayudar

al proceso de análisis de la información como herramienta de apoyo a la toma de decisiones. (Resolución N° 406/2013).

- xxix. **Suelos con Presencia de Contaminantes (SPC):** Lugar delimitado geográficamente que mediante una evaluación de riesgo ambiental se ha determinado que existe nivel de riesgo relevante para las personas o al medio ambiente. (Resolución N° 406/2013).
- xxx. **Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (SPPC):** Lugar o terreno delimitado geográficamente en el que se desarrollan o han desarrollado actividades potencialmente contaminantes. Incluye a suelos abandonados y activos o en operación. (Resolución N° 406/2013).
- xxxi. **Sustancia Peligrosa (o producto peligroso):** Aquella que, por su naturaleza, produce o puede producir daños momentáneos o permanentes a la salud humana, animal o vegetal, a los bienes y/o medio ambiente y que se encuentran listadas en la Norma Chilena N. 382. Of2004. (Resolución N° 406/2013).
- xxxii. **Sustancia Tóxica:** Aquella que pueden causar la muerte, lesiones graves o puede producir efectos perjudiciales para la salud del ser humano si se ingiere, inhala o entra en contacto con la piel. (Resolución N° 406/2013).
- xxxiii. **Valor de Referencia (VR):** en este caso corresponde a concentración máxima de contaminante permitida en suelo, que ha sido establecida en normativas o guías internacionales (solo son exigibles en país de origen)
- xxxiv. **Vía de Exposición:** Mecanismo por medio del cual un contaminante entra al organismo (ingestión, inhalación, contacto dérmico). (Resolución N° 406/2013).

### 3. ACRÓNIMOS

ATSDR: Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades

CEA: Centro de Ecología Aplicada

CONAMA: Comisión Nacional del Medio Ambiente

CPL: Consejo Nacional de Producción Limpia

CRAS: Concejo de Recuperación Ambiental y Social

DIA: Declaración de Impacto Ambiental

DIRECTEMAR: Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante de Chile

DGA: Dirección General de Aguas

EIA: Estudio de Impacto Ambiental

EMEG: *Environmental Media Evaluation Guides* (Guía de Evaluación para Medios Ambientales, propuestos por la ATSDR)

MINSAL: Ministerio de Salud

MMA: Ministerio del Medio Ambiente

MRL: *Minimal Risk Level* (Nivel de Riesgo Mínimo, propuestos por la ATSDR)

msnm: Metros sobre el nivel del mar

PDI: Policía de Investigaciones

PRAS: Programa de Recuperación Ambiental y Social

PROMAS: Proyecto Medio Ambiente y Sociedad

RCA: Resolución de Calificación Ambiental

RfD: *Reference dose* (dosis de referencia para efectos crónicos no cancerígenos, propuestos por la US EPA)

RETC: Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes

RILes: Residuos Industriales Líquidos

RMEG: *Reference Dose Media Evaluation Guide* (Guía de Evaluación de Dosis de Referencia de Medios, propuestos por la ATSDR).

SEA: Servicio de Evaluación Ambiental

SEIA: Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

SEREMI - Seremi: Secretaría Regional Ministerial

SERNAGEOMIN: Servicio Nacional de Geología y Minería

SERNAPESCA: Servicio Nacional de Pesca

SICAM: Servicios Integrales de Calidad Ambiental

SINCA: Sistema de Monitoreo de Calidad del Aire

SINIA: Sistema Nacional de Información Ambiental

SMA: Superintendencia del Medio Ambiente

SNIFA: Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental

SPPC: Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes

US EPA: United States Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos)

VR: Valor de Referencia

## 4. INTRODUCCIÓN

### 4.1 ANTECEDENTES DE LA CONSULTORÍA

El presente documento corresponde al Informe Final del proyecto "Identificación de fuentes contaminantes y caracterización de suelos en la comuna de Coronel", de acuerdo a los requerimientos planteados en la Licitación ID N°608897-67-LP16 y a la oferta técnica presentada.

El servicio tiene la finalidad de identificar fuentes contaminantes de la comuna de Coronel, sus compuestos de interés y realizar muestreo de suelos asociado a estas posibles fuentes, aplicando la metodología de la "Guía Metodología para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (SPPC)", aprobada por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) el año 2013, a través de la Resolución Exenta N° 406. El presente estudio contempla la aplicación de parte de las actividades de las Fases 1 y 2 de dicha metodología.

El presente informe contiene los resultados finales de la consultoría, lo que incluye la identificación de fuentes de emisión y sus respectivos compuestos de interés presentes en la comuna; la caracterización fisicoquímica de los suelos en función de los antecedentes anteriores; la definición de un modelo conceptual; y la identificación de brechas de información y de medidas de gestión.

### 4.2 ANTECEDENTES DE CONTEXTO

#### 4.2.1 GENERALIDADES NORMATIVAS Y METODOLÓGICAS

La contaminación de suelos causada principalmente por la actividad humana, representa para la mayoría de los países un desafío ambiental y económico que puede alcanzar importantes proporciones, concitando gran preocupación en naciones desarrolladas en los últimos 20 años, en donde para asegurar el desarrollo sustentable y la competitividad de los sectores productivos se ha desarrollado una batería de herramientas y normativas para su prevención y control.

En nuestro país, la gestión de sitios y suelos con potencial presencia de contaminantes está considerada dentro de las políticas públicas por los organismos sectoriales. Es así que esta materia ha sido reconocida con la promulgación, en enero del año 2010, de la Ley N° 20.417, que modifica la Ley N° 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente, y que introduce al ordenamiento jurídico, nuevas competencias legales al Ministerio de Medio Ambiente en materia de residuos, suelos con potencial presencia de contaminantes y evaluación del riesgo. En específico, dicha Ley indica que al MMA le corresponde *"proponer políticas y formular normas, planes y programas en materia de residuos y suelos contaminados, así como la evaluación del riesgo de productos químicos, organismos genéticamente modificados y otras sustancias que puedan afectar el medio ambiente"* (letra g), artículo 70).

Asimismo, existe una regulación o marco normativo aplicable de carácter precautorio, tales como la Ley N° 20.551 del 11 de noviembre del año 2011 del Ministerio de Minería, que regula el cierre de faenas e instalaciones mineras; el Decreto Supremo N° 43 del 29 de marzo del 2016 del Ministerio de Salud, que aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas y el Decreto Supremo N° 148 del 12 de junio del año 2003 del Ministerio de Salud, que aprueba el Reglamento Sanitario sobre el Manejo de Residuos Peligrosos; entre otros, los que al mismo tiempo refuerzan el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

El Ministerio de Medio Ambiente orienta su gestión en el ámbito de los SPPC en base a la "Guía Metodología para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (SPPC)", aprobada por el MMA el año 2013, a través de la Resolución Exenta N° 406. En dicho documento se definen los procedimientos requeridos para evaluar un suelo con presencia de contaminantes, con miras a su adecuada gestión, incluyendo etapas de identificación, investigación, evaluación y control, materias de la presente licitación.

#### **4.2.2 ANTECEDENTES DE LA COMUNA DE CORONEL Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

La comuna de Coronel corresponde a un territorio donde antiguamente existía minería de carbón, y actualmente cuenta con gran presencia de industrias y termoeléctricas, las que exponen al territorio a una presión ambiental dado el significativo desarrollo industrial y energético que ahí se desarrolla.

Teniendo en cuenta la geomorfología, los antecedentes recopilados y lo informado por la comunidad en las entrevistas, es posible dividir a Coronel en dos sectores, Coronel norte y Coronel sur, donde el área del humedal Boca Maule es considerada el trazo divisorio. El sector sur de Coronel, tiene una fuerte presencia de actividad industrial y energética aledaña a la población residente, la que corresponde aproximadamente al 25% del total de habitantes de la comuna, donde algunas viviendas se encuentran ubicadas a 10 o 50 metros de estas fuentes. Las actividades desarrolladas en el sector sur son aquellas vinculadas al comercio y servicios básicos de la ciudad; pesca artesanal y afines; pesca industrial y empresas procesadoras de productos del mar; todo esto junto a la actividad portuaria que también abastece de carbón a las dos centrales energéticas ubicadas también en este sector. Existe además tránsito de camiones de carga por las distintas vías de la ciudad y el tránsito vehicular de la ruta 160 (une la provincia de Concepción con la de Arauco) que se encuentra cercano a la población en el tramo de Coronel. En figura 1, se presenta un mapa que especifica los diferentes sectores analizados en el presente estudio.

Figura 1. Localización de Coronel con especificación de Zona Norte y Sur



Fuente: Elaboración propia

El resto de la población comunal reside en el sector norte de la comuna, donde se localizan tres parques industriales con más de 200 empresas: Parque Industrial Escuadrón I y II y Parque Industrial Coronel.

A raíz del incremento de la actividad industrial en la comuna de Coronel, ha surgido una preocupación por parte de la población sobre las condiciones ambientales de su territorio, debido a las emisiones y descargas que emiten a diario las industrias aledañas a sus hogares. La principal fuente que se señala como responsable de esta contaminación, es la termoeléctrica Bocamina. Es así, que tras las demandas de la comunidad, el año 2014 la Brigada de Delitos Ambientales (BRIDEMA), de la Policía de Investigaciones (PDI), inició un estudio para evaluar el grado de contaminación en distintas matrices ambientales, entre estas suelo, que concluyó que el suelo de los sectores cercanos a la termoeléctrica presentaban valores sobre la normativa de Canadá para los parámetros arsénico, cromo, mercurio, cinc y vanadio.

Lo anterior, generó una fuerte presión para que se evaluara el estado de salud de la población. Esto llevó a la Seremi de Salud de la región del Biobío a buscar recursos para llevar a cabo un estudio en niños. Los resultados de dicho estudio, indican que la presencia de ciertos metales supera los valores de referencia en el 6,5% de la población muestreada, y no se conoce su causalidad, lo que lleva a que organismos del Estado con competencias en la materia tomen acciones al respecto.

Por otra parte, el Ministerio del Medio Ambiente durante el año 2014 ha iniciado un trabajo para la recuperación ambiental y social de diferentes territorios, entre éstos la comuna de Coronel, además de Huasco, y de Quintero - Puchuncaví, desarrollando una línea estratégica de trabajo basada en la participación y que se ha denominado "Programas para la Recuperación Ambiental y Social, PRAS". Los PRAS buscan mejorar la calidad de vida de la población que habita en dichos territorios mediante soluciones estructurales, de manera de transformar las comunas, en el mediano y largo plazo, en áreas pujantes y modernas que demuestren que es posible la convivencia sustentable entre las actividades industriales, el cuidado del medio ambiente y la calidad de vida de los habitantes<sup>1</sup>. El punto de partida para la elaboración de los Programas consiste en la creación y funcionamiento de un Consejo para la Recuperación Ambiental y Social (CRAS) en cada uno de los territorios. El Consejo es un organismo compuesto por actores representativos de la sociedad civil, sector público y sector empresarial que tiene como objeto contribuir al proceso de elaboración participativo del PRAS, orientándose a la recuperación ambiental y social de las comunas involucradas.

En base a lo anterior, el MMA, dentro de lo que establece la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente en su Art. N° 1, el derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación, ha decidido priorizar, dentro de las actividades a realizar en el marco del PRAS para el año 2016, un estudio para identificar las fuentes contaminantes y efectuar la caracterización de suelos en relación a los resultados del estudio de la Seremi de Salud anteriormente descrito, el que además integre la información obtenida por otros estudios que se han estado desarrollando de forma

---

<sup>1</sup> [portal.mmma.gob.cl/PRAS](http://portal.mmma.gob.cl/PRAS)

paralela para otros componentes ambientales en la comuna de Coronel y de esta forma obtener mejores resultados respecto a los objetivos planteados a continuación.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

Identificar fuentes contaminantes de la comuna de Coronel, sus compuestos de interés y realizar muestreo de suelos asociado a estas posibles fuentes.

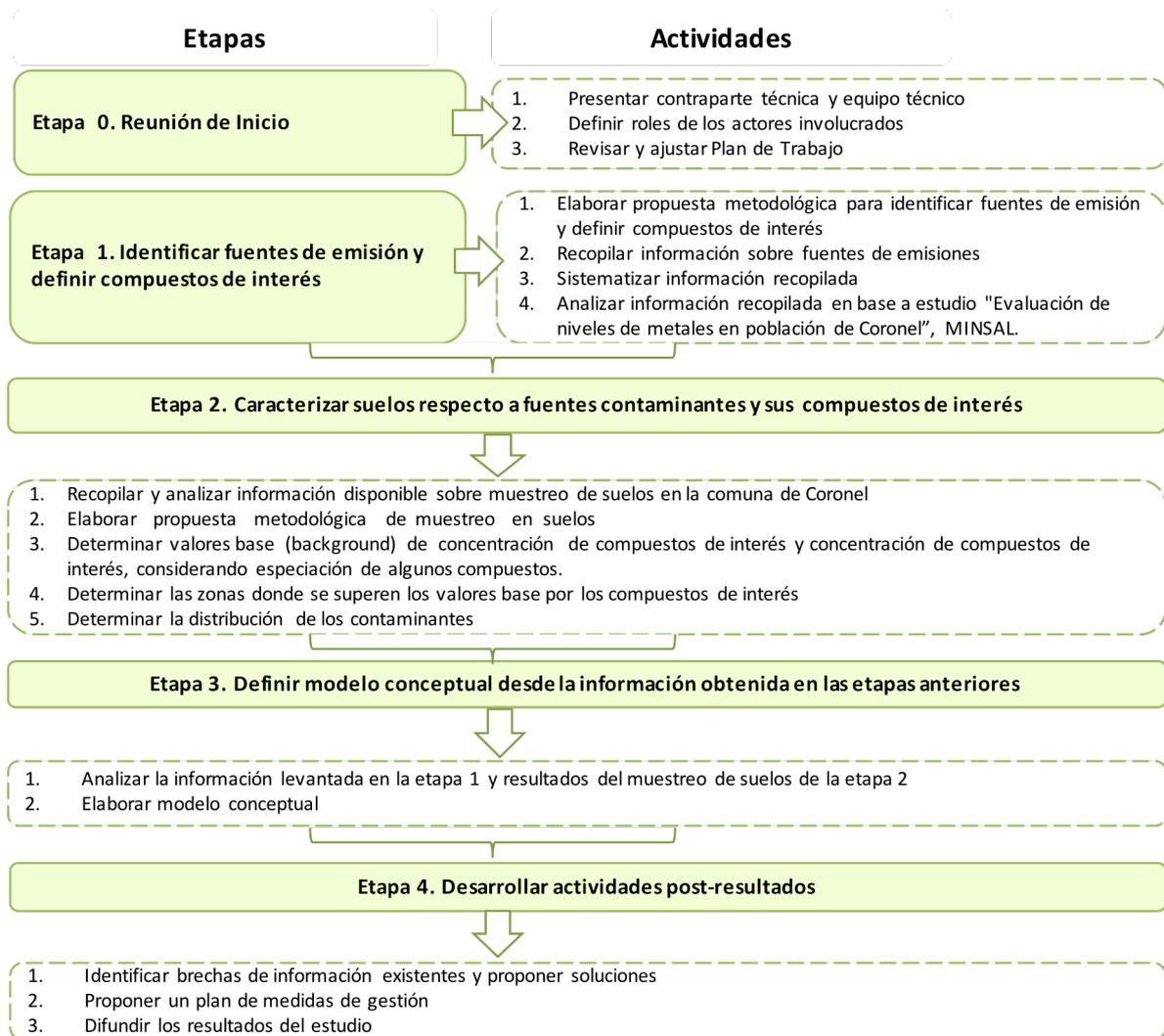
### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Identificar fuentes de emisión y definir compuestos de interés.
- b) Caracterizar suelos respecto a fuentes contaminantes y sus compuestos de interés.
- c) Definir modelo conceptual desde la información obtenida en las etapas anteriores.
- d) Desarrollar actividades post-resultados.

## 6. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

Para asegurar el cumplimiento de los objetivos planteados se propuso una metodología de trabajo la cual consta de cinco (5) etapas principales. En la Figura 1 se presenta la metodología para llevar a cabo la totalidad de la consultoría.

Figura 2. Metodología de trabajo general propuesta



A continuación, se describen con más detalle cada una de las etapas y actividades antes indicadas.

## **6.1 ETAPA 1: IDENTIFICAR FUENTES DE EMISIÓN Y DEFINIR COMPUESTOS DE INTERÉS**

### **6.1.1 ACTIVIDAD 1: ELABORAR PROPUESTA METODOLÓGICA PARA IDENTIFICAR FUENTES DE EMISIÓN Y DEFINIR COMPUESTOS DE INTERÉS**

Esta actividad consideró la elaboración de una propuesta metodológica para desarrollar la Etapa 1, la que fue presentada en el “Informe Preliminar”, revisado y aprobado por la contraparte técnica el día 15 de septiembre de 2015. Dicha metodología es la que se aplicó para el desarrollo de las actividades siguientes, por lo que es descrita a continuación.

### **6.1.2 ACTIVIDAD 2: RECOPIRAR INFORMACIÓN SOBRE FUENTES EMISORAS PRESENTES EN LA COMUNA**

#### **6.1.2.1 IDENTIFICACIÓN DE TODAS LAS FUENTES EMISORAS PRESENTES EN LA COMUNA**

La ejecución de esta tarea consideró la recopilación de información secundaria, es decir, información previa ya existente, sobre fuentes emisoras de contaminantes ambientales para luego complementar dichos antecedentes con información primaria obtenida a partir de visitas inspectivas y la realización de entrevistas en terreno a actores clave.

#### **6.1.2.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA**

##### **A. PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FUENTES EMISORAS Y DE CONTAMINANTES DE INTERÉS**

Se efectuó la búsqueda de documentos y estudios que pudieran contener información de interés. Primero se realizó una recopilación general en el buscador de internet “Google” con las palabras claves: “Coronel”, “comuna de Coronel”, “fuentes”, “riesgo”, “fuentes fijas”, “fuentes difusas”, “salud” y “contaminación”.

Luego se ejecutó una búsqueda específica en sitios oficiales de información, como el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Ministerio de Salud (MINSAL), Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), entre otros detallados en el capítulo de resultados, para identificar fuentes emisoras. En el caso del SEA, se buscaron los proyectos aprobados que involucran a la comuna de Coronel. Se revisaron las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) o Estudios de Impacto Ambiental (EIA) de cada proyecto (ver Tabla 1 en capítulo resultados).

Adicionalmente, se efectuó la revisión de sitios web de agencias internacionales, como el de la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU (*US Environmental Protection Agency* - US EPA) y la Unión Europea, así como de artículos de la zona de estudio, para identificar potenciales contaminantes de interés. Además, se efectuó una

búsqueda en el sitio Pubmed<sup>2</sup> para obtener referencias bibliográficas de carácter científico, y en bibliotecas de la Universidad de Concepción, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Universidad del BíoBío, Universidad de Chile y Pontificia Universidad Católica.

Luego de la búsqueda general en instituciones de interés, se revisaron los informes y documentos que fueron entregados por la contraparte técnica (detallados en Tabla 2 en capítulo resultados) y se seleccionaron aquellos que otorgaran información de interés para el estudio. Se seleccionaron aquellos documentos que: (i) permitieran identificar espacialmente fuentes de emisión en Coronel, porque contenían información sobre su ubicación (dirección y/o coordenadas); y/o (ii) contuvieran información sobre agentes emitidos y componentes ambientales afectados.

Adicionalmente, se efectuó la búsqueda en el sitio del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), de antecedentes sobre contaminantes que son emitidos por las potenciales fuentes contaminantes y su cuantificación, actividad orientada a corroborar los contaminantes que declaran liberar al ambiente las fuentes emisoras. En este sitio se realizó una búsqueda por establecimiento con las fuentes ya validadas para el año 2014, la que consistió en introducir manualmente el nombre del titular o proyecto, y en caso que la búsqueda no arrojará resultados, el RUT de la empresa (en el caso que se contara con este antecedente).

## **B. PARA LA CARACTERIZACIÓN METEOROLÓGICA**

Adicionalmente, se estableció la meteorología de la zona como antecedente para el modelo de exposición y de movilidad de los contaminantes, en especial, aquellos emitidos al aire.

Los antecedentes fueron obtenidos a partir del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA) del Ministerio de Medio Ambiente, que pone a disposición en su sitio web<sup>3</sup> información de calidad del aire de todo el país, incluyendo estaciones que miden variables meteorológicas. En la comuna de Coronel, se encuentran disponible para descarga y consulta en línea información vinculada a cinco (5) estaciones.

Para el análisis meteorológico efectuado en este estudio, se tomó como información base los datos de temperatura, dirección y velocidad del viento del año 2015, dado que es el último año para el que se tienen datos completos.

---

<sup>2</sup> Link de acceso: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>

<sup>3</sup> Link de acceso: [sinca.mma.gob.cl](http://sinca.mma.gob.cl)

### **6.1.2.3 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PRIMARIA**

Para complementar y corroborar la información secundaria, se recopiló información primaria a través de la realización de visitas inspectivas y entrevistas en terreno a actores clave. Dicha actividad incluyó tres (3) sub-actividades.

#### **A. IDENTIFICACIÓN DE ACTORES CLAVES**

Se realizó un catastro de personas e instituciones de interés que permitieran identificar territorialmente las fuentes de emisión y sus rutas de exposición a través de un cuestionario basado en "Guía para el Mapa de Actores" desarrollado en INTA (Salinas, 2012) y rediseñado especialmente para el presente estudio. Primero se contó con un listado de actores clave entregado por la contraparte técnica, donde se encontraban los participantes del Consejo para la Recuperación Ambiental y Social (CRAS) de Coronel, el cual fue complementado con representantes del sector académico de universidades regionales, y del sector educativo con directores de colegios de la comuna de Coronel. Dicho listado fue analizado y priorizado por el equipo de IdeAmbiente en base a tres criterios para la selección de los entrevistados: (i) formación académica y preparación técnica, (ii) actividad y experiencia laboral vinculada a la evaluación y fiscalización de fuentes emisoras de la comuna, y (iii) conocimiento local de la situación ambiental de la comuna. El listado fue discutido en conjunto con el MMA para su validación, a partir de lo cual se generó el listado de actores clave que se presenta en Anexo 2.

Para la programación de entrevistas con los actores clave, se realizó una convocatoria por teléfono y por correo electrónico, donde se presentó el estudio mediante una carta formal firmada por Sr. Richard Vargas, Seremi del Medio Ambiente Región del Biobío (adjunta en Anexo 1).

#### **B. DISEÑO Y APLICACIÓN DEL CUESTIONARIO ESPECÍFICO SOBRE FUENTES A ACTORES CLAVE**

Antes de efectuar las entrevistas a los actores clave identificados, se diseñó un cuestionario, cuya versión final se presenta en Anexo 2, con el objetivo de identificar nuevas fuentes de emisión no registradas por los sistemas formales y oficiales de control.

En base a lo anterior, se trató de un cuestionario de conocimientos, entendiendo este conocimiento como información que da cuenta de lo que las personas han acumulado por que han vivido o aprendido. Adicionalmente el cuestionario incluyó dos preguntas finales (de un total de 11) de percepción general de salud (preguntas 9 y 10), entendiendo la percepción como una construcción cultural basada en un hecho más o menos conocido.

De esta forma, el cuestionario se diseñó para recolectar la siguiente información:

- Aspectos sociodemográficos
- Identificación y caracterización de fuentes contaminantes

- Caracterización de los contaminantes emitidos al ambiente (aire, agua o suelo)
- Percepción general de riesgos para la salud
- Otros comentarios generales

Una vez diseñado el cuestionario, fue enviado a la contraparte técnica y luego de ciertas correcciones este fue validado. Junto con el cuestionario, se elaboraron e imprimieron cartografías del sector norte, centro y sur de la comuna de Coronel para que los entrevistados pudieran identificar espacialmente las fuentes emisoras. Tanto el cuestionario validado, como los mapas empleados en las entrevistas se incluyen en Anexo 3.

Para la aplicación del cuestionario se contó con el apoyo de asistencia administrativa designada para cada una de estas instancias, quienes registraron toda la información entregada por los diferentes actores. Estas instancias se efectuaron en un lugar acordado con el actor clave, siendo la mayoría de las veces el lugar de trabajo. Posteriormente, los resultados de las entrevistas fueron tabulados en una planilla del software Microsoft Excel (incluidos en Anexo 3 digital "Resultados encuestas actores claves.xlsx")

### **C. VISITAS INSPECTIVAS A POSIBLES FUENTES CONTAMINANTES**

Finalmente, con el objetivo de corroborar la existencia y ubicación de las potenciales fuentes emisoras ya identificadas a través de información primaria y secundaria, así como con el objetivo de identificar posibles fuentes emisoras adicionales, se realizaron varias visitas inspectivas en Coronel. Las visitas tuvieron por objetivo también conocer con más detalle el territorio y evidenciar sectores relevantes en términos de emisión (fuentes) y exposición, tales como sectores de uso residencial, agrícola, recreacional, entre otros usos.

#### **6.1.3 ACTIVIDAD 3: SISTEMATIZAR LA INFORMACIÓN RECOPIADA**

##### **6.1.3.1 SISTEMATIZACIÓN DE FUENTES DE EMISIÓN Y SUS CONTAMINANTES POTENCIALES**

Una vez revisados y recopilados todos los antecedentes secundarios y primarios antes indicados, la información de interés relacionada a las fuentes de emisión y sus contaminantes, se sistematizó en una única planilla en el software Microsoft Excel (denominada "Anexo 5. Planilla Fuentes IA"), la que contiene:

- Información sobre fuentes contaminantes obtenida a partir de las fuentes de información secundarias seleccionadas, incluyendo una hoja por cada informe, documento o fuente de información seleccionada.
- Una hoja resumen denominada "fuentes finales" con toda la información sobre fuentes contaminantes recopilados en base a antecedentes secundarios y primarios.

Para la confección de la hoja resumen denominada "fuentes finales" se definieron los campos a completar en la planilla y se efectuó además la validación de las fuentes de

emisión previo a su incorporación en el listado. Para la sistematización y la validación de fuentes se consideraron los siguientes criterios:

- Para la identificación de la fuente emisora: a cada fuente se le asignó una identificación única e irrepetible de tipo alfanumérica designada como "ID". Esta identificación permite reconocer la fuente tanto en la planilla final como en los distintos documentos utilizados para la identificación de fuentes.
- Para evitar duplicidad o repetición: Se revisaron los antecedentes sobre fuentes de emisión evitando repetir la misma fuente más de una vez. Como los documentos y antecedentes no necesariamente tienen las mismas fechas ni objetivos, muchas veces la información que se presenta respecto a la misma fuente es disímil, ya sea porque hay empresas que se han fusionado, cambiaron de nombre o ubicación, entre otras situaciones. Los antecedentes primarios recopilados a través de entrevistas también fueron contrastados con los antecedentes secundarios. En base a lo anterior, los antecedentes fueron revisados en forma detallada para evitar duplicidad.
- Para la inclusión de datos "primarios": se incluyó a la mayoría de las fuentes emisoras identificadas por los actores claves en el listado, ya que se consideró que la información entregada por ellos responde al conocimiento adquirido sobre la zona, por su experiencia, labor, profesión o conocimiento local. De todas formas, esta información fue revisada y validada de acuerdo al criterio siguiente.
- Para la validación (revisión en terreno y/o a partir de imagen satelital): gran parte de las fuentes identificadas fueron revisadas en terreno, para confirmar su localización, identificar procesos e instalaciones que hicieran suponer sus emisiones, así como su condición general para verificar la forma en la que opera (presencia de basura, acumulación materias primas a la intemperie, entre otros aspectos). Adicionalmente todas las fuentes fueron revisadas a través de imágenes satelitales para verificar los antecedentes anteriores y comparar la información con aquella recopilada en las visitas y documentos seleccionados. A partir de esta revisión se detectó que algunas fuentes tenían errores de georreferenciación, algunas no estaban operando en la actualidad, en otras se pudo identificar instalaciones de relevancia (calderas, piscinas de acumulación de RILes, estanques, microbasulares), entre otros aspectos que fueron comentados e incluidos en la planilla Excel (denominada "Anexo 5. Planilla Fuentes IA").

Finalmente, con las fuentes ya validadas y caracterizadas, se procedió a rellenar una serie de campos para cada fuente fija y difusa en la planilla Excel, incluyendo los posibles impactos a componentes ambientales y contaminantes emitidos, según antecedentes recopilados en literatura científica y bibliografía revisada. Luego, toda la información de fuentes fue digitalizada en el software ArcGIS para generar un shapefile con toda la geodatabase (disponible en Anexo 13 - digital).

#### **6.1.4 ACTIVIDAD 4: ANALIZAR LA INFORMACIÓN RECOPIADA DE RESULTADOS DEL ESTUDIO “EVALUACIÓN DE METALES EN POBLACIÓN DE CORONEL” REALIZADO POR MINSAL**

Se revisó y efectuó el análisis crítico de los documentos relativos al estudio de MINSAL que fueron entregados, incluyendo datos de localización. Luego se analizaron los datos georreferenciados del estudio.

### **6.2 ETAPA 2: CARACTERIZAR SUELOS RESPECTO A FUENTES CONTAMINANTES Y COMPUESTOS DE INTERÉS**

#### **6.2.1 ACTIVIDAD 1: RECOPIAR Y ANALIZAR INFORMACIÓN DISPONIBLE SOBRE MUESTREO DE SUELOS EN LA COMUNA DE CORONEL**

En esta actividad se analizaron los criterios técnicos, representatividad estadística e indicadores físicoquímicos de calidad del suelo disponibles a través de estudios realizados en la comuna, ya revisados mediante la revisión de bibliografía de la Etapa 1, además de consultar nueva bibliografía mencionada por el sector académico en entrevistas con actores claves. Entre los estudios revisados se encuentran:

- Muestreo de suelos efectuado por la PDI durante el año 2013
- Datos de calidad de suelos para la línea base del EIA "Proyecto complejo termoeléctrico de Coronel" de la termoeléctrica Santa María de Colbún
- Investigaciones desarrolladas por académicos de la Universidad de Concepción (ver Anexo 7):
  - o “Termoeléctricas y el impacto sobre la calidad del aire en Coronel” Carrasco 2013.
  - o “Efectos del terremoto del 27F en el subsuelo del Puerto de Coronel”, Verdugo y González, 2010.
  - o “Presencia de contaminantes emergentes en aguas y su impacto en el ecosistema. Estudio de caso”, Henríquez, 2012.

#### **6.2.2 ACTIVIDAD 2: ELABORAR PROPUESTA METODOLÓGICA DE MUESTREO EN SUELOS**

Se propuso y ejecutó un plan de muestreo y análisis físicoquímico (el cuál es descrito en el capítulo 7.2.2 de resultados), basado en el análisis de la etapa anterior. Este plan incluyó: ubicación, distribución y número de muestras, así como los contaminantes de interés a analizar según puntos de muestreo, los cuales se dirigieron a las zonas en donde se presumió su presencia y en donde éstos podrían entrar en contacto con receptores humanos (el plan propuesto y ejecutado

Respecto a los contaminantes de interés, de acuerdo a los antecedentes que dieron origen a la realización de la presente consultoría, el análisis estuvo enfocado a la presencia de metales y metaloides.

Las muestras fueron enviadas a un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Normalización, por la Norma Chilena 17.025 y para todo el proceso de muestreo y

análisis se aplicaron procedimientos de control y aseguramiento de la calidad (QA/QC por sus siglas en inglés), tales como el envasado, conservación y transporte adecuado de las muestras, así como la toma de muestras en duplicado para su envío a otro laboratorio de análisis, entre otros aspectos.

Las principales referencias metodológicas que se emplearon para la preparación del plan de muestreo fueron:

- Guía metodología para la gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (MMA, 2013).
- Guía de muestreo y de análisis químicos, para la investigación confirmatoria y evaluación de riesgo en suelos/sitios con presencia de contaminantes (MMA, 2013). Esta guía describe métodos de terreno y procedimientos que pueden ser usados en los procesos de muestreo y análisis químico de contaminantes metálicos vinculados a estudios de niveles *background*, evaluación confirmatoria de suelos/sitios con potencial presencia de contaminantes, así como para la evaluación de riesgo de los mismos.
- MMA/PGS, 2015. Análisis técnico para suelos con presencia de metales pesados, donde se considerarán los indicadores físicos y químicos de calidad del suelo que define el estudio.

Posteriormente, se procedió a ejecutar el plan de muestreo y, una vez obtenidos los resultados analíticos (disponibles en Anexo 10 – digital), éstos fueron ordenados por separado para los sectores de uso residencial, de uso industrial y muestras extraídas en colegios. Se incluyeron los valores máximos, mínimos, promedios, mediana, y el cálculo del 95% del nivel superior de confianza, para luego determinar la distribución espacial de los compuestos en el suelo y transformar la información en formato shapefiles para soporte ArcGis (disponible en Anexo 13 - digital), con una representación gráfica para cada uno de los contaminantes de interés.

### **6.2.3 ACTIVIDAD 3: DETERMINAR VALORES BASE (BACKGROUND) DE CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS DE INTERÉS.**

El plan de muestreo incluyó también la determinación de los contenidos base o *background*, para lo cual se tuvo en consideración las series de suelo de la comuna de Coronel, antecedentes obtenidos del Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN, 2014).

Se aplicaron las mismas medidas de control y aseguramiento de la calidad, laboratorios, y referencias metodológicas indicadas en la actividad previa (Actividad 2).

### **6.2.4 ACTIVIDAD 4: DETERMINAR LAS ZONAS DONDE SE SUPEREN LOS VALORES BASE (BACKGROUND) POR LOS COMPUESTOS DE INTERÉS**

Las concentraciones de los contaminantes de interés se compararon con los valores base o *background* y con valores de referencia, para definir si son significativas o pueden implicar un eventual riesgo.

Los valores de referencia se consideran como niveles de alerta para la protección de la salud de las personas o la biodiversidad, pudiendo emplearse valores internacionales en caso de ausencia de normativa nacional. Estos deben ser adecuados para el uso del sitio actual o futuro que se estudia.

Para el caso del componente suelo, debido a que no existe en Chile una normativa específica, ni de rango legal ni reglamentario que regule expresamente su calidad, se debe recurrir a valores de referencia internacionales.

Para seleccionar los valores de referencia para suelo, se efectuaron las siguientes sub-actividades:

- Revisión de valores guías y normas de referencia internacionales para las concentraciones de cada contaminante, considerando los escenarios de uso evaluados (uso residencial e industrial).
- Análisis de los niveles control o *background* presentes en suelos no afectados de forma directa por actividades antrópicas.
- Consideración de las características específicas del área de estudio, como meteorología.

### **6.2.5 ACTIVIDAD 5: DETERMINAR LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CONTAMINANTES**

Se efectuó la determinación de la distribución horizontal y vertical de los contaminantes medidos. Para esto, cada punto de muestreo fue georreferenciado por GPS en coordenadas geográficas, a partir de lo cual se generó un layer de puntos con una base de datos asociada, incluyendo la información de los resultados de los niveles de contaminación a nivel superficial, en formato shapefile, para soporte ArcGis.

Mediante un proceso de modelamiento de interpolación para cada contaminante, se generó un modelo de datos discontinuos por triangulación, que luego se representó gráficamente. Para esto se empleó el método determinístico de ponderación por distancia inversa (*Inverse distance weighting*, DW).

## **6.3 ETAPA 3: DEFINIR MODELO CONCEPTUAL DESDE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN ETAPAS ANTERIORES**

### **6.3.1 ACTIVIDAD 1: ANALIZAR LA INFORMACIÓN LEVANTADA EN LA ETAPA 1 Y RESULTADOS DE MUESTREO DE SUELOS EN LA ETAPA 2**

Se integró la geodatabase de fuentes emisoras y compuestos de interés asociados, con los resultados de la caracterización de suelos. Este cruce de información permitió realizar un análisis sobre fuentes contaminantes, compuestos asociados y matrices afectadas.

### **6.3.2 ACTIVIDAD 2: ELABORAR MODELO CONCEPTUAL**

En base a la información recopilada y analizada en las actividades anteriores, especialmente aquella relacionada con las fuentes de contaminación, las posibles vías

de dispersión, y los receptores potencialmente expuestos (humanos en este caso), se desarrolló un modelo conceptual para lograr la comprensión general de la situación en estudio.

El modelo conceptual corresponde a un esquema descriptivo que permite identificar las rutas de exposición, desde la emisión de los contaminantes hasta el lugar en que se contactan con los receptores. En la elaboración del referido modelo se deben considerar los desplazamientos de contaminantes que pueden dar lugar a exposiciones efectivas.

#### **6.4 ETAPA 4: DESARROLLAR ACTIVIDADES POST RESULTADOS**

##### **6.4.1 ACTIVIDAD 1: IDENTIFICAR BRECHAS DE INFORMACIÓN EXISTENTES Y PROPONER SOLUCIONES**

Considerando el desarrollo de las actividades anteriormente mencionadas y en función de los resultados de la recopilación, sistematización y análisis de la información disponible, así como de la información generada desde el muestreo de suelos, se establecieron las principales brechas de información para fortalecer y/o extender los resultados del presente estudio.

Para ello, se identificaron los principales vacíos de información, y se propuso una lista de estudios que podrían contribuir a mejorar la calidad de la información. Lo anterior, considerando acciones de mediano y largo plazo.

##### **6.4.2 ACTIVIDAD 2: PROPONER UN PLAN DE MEDIDAS DE GESTIÓN**

Considerando todos los resultados obtenidos en la actividad precedente, en particular, habiendo analizado críticamente y con juicio experto cada una de las respuestas de carácter cuantitativo del cuestionario, es decir de la pregunta N°1 a la N°10 (ver Anexo 3), así como la pregunta N°11 orientada a emitir opiniones abiertas ¿Considera que hay algo más que sea relevante que usted quisiera agregar para los objetivos de este estudio, en los términos descritos anteriormente?, se diseñó y propuso un “Plan de Medidas de Gestión”, para el cuál se tuvo en cuenta la opinión y conocimiento local de representantes de la comunidad, servicios públicos y académicos.

##### **6.4.3 ACTIVIDAD 3: DIFUNDIR LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO**

Para difundir los resultados del presente estudio se efectuaron dos instancias de presentación de resultados parciales efectuadas en la comuna de Coronel, así como dos seminarios una vez obtenidos los resultados finales, uno efectuado en Santiago y el otro en la comuna de Coronel.

## 7. RESULTADOS - IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE TRABAJO

### 7.1 ETAPA 1: IDENTIFICAR FUENTES DE EMISIÓN Y DEFINIR COMPUESTOS DE INTERÉS

#### 7.1.1 ACTIVIDAD 1: ELABORAR PROPUESTA METODOLÓGICA PARA IDENTIFICAR FUENTES DE EMISIÓN Y DEFINIR COMPUESTOS DE INTERÉS

La propuesta metodológica fue elaborada y aprobada por la contraparte técnica e implementada como se presenta en este informe.

#### 7.1.2 ACTIVIDAD 2: RECOPIRAR INFORMACIÓN SOBRE FUENTES DE EMISIÓN PRESENTES EN LA COMUNA

En este apartado se presentan los resultados del trabajo de identificación, sistematización y análisis de potenciales fuentes contaminantes, así como de su respectivo potencial de emisión de contaminantes y afectación a componentes ambientales.

##### 7.1.2.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

#### A. ANTECEDENTES SOBRE FUENTES POTENCIALES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES

En la Tabla 1 se resumen las instituciones consultadas y sus sitios web.

Tabla 1. Sitios web de instituciones consultadas

| Institución                 | Institución  | Sitio web   |
|-----------------------------|--|---|
| Académico                   | Universidad de Chile                                   | <a href="http://catalogo.uchile.cl/">http://catalogo.uchile.cl/</a>   |
| Académico                   | Pontificia Universidad Católica de Chile               | <a href="http://aleph.uc.cl/F/-/?func=file&amp;file_name=find-b">http://aleph.uc.cl/F/-/?func=file&amp;file_name=find-b</a>   |
| Académico                   | Universidad de Concepción                              | <a href="http://www.bibliotecas.udec.cl/">http://www.bibliotecas.udec.cl/</a>   |
| Académico                   | Universidad Católica de la Santísima Concepción        | <a href="http://www.biblioteca.ucsc.cl/index.php/publicaciones/externos/catalogos-universidades">http://www.biblioteca.ucsc.cl/index.php/publicaciones/externos/catalogos-universidades</a> |
| Académico                   | Universidad del Bío Bío                                | <a href="http://werken.ubiobio.cl/">http://werken.ubiobio.cl/</a>   |
| I. Municipalidad de Coronel | I. Municipalidad de Coronel                            | <a href="http://www.coronel.cl/">http://www.coronel.cl/</a>   |
| Internacional               | US EPA   | <a href="https://www3.epa.gov/">https://www3.epa.gov/</a>   |
| Internacional               | Unión Europea  | <a href="https://europa.eu/european-union/index_es">https://europa.eu/european-union/index_es</a>   |
| Internacional               | Pubmed   | <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed</a>   |
| MINSAL                      | Ministerio de Salud                                    | <a href="http://www.minsal.cl/">http://www.minsal.cl/</a>   |
| MINSAL                      | SEREMI de Salud Región del Bío Bío                     | <a href="http://www.seremidesaludbiobio.cl/sd/web/">http://www.seremidesaludbiobio.cl/sd/web/</a>   |
| MMA                         | Ministerio del Medio Ambiente                          | <a href="http://portal.mma.gob.cl/">http://portal.mma.gob.cl/</a>   |
| MMA                         | Sistema Nacional de Información Ambiental              | <a href="http://sinia.mma.gob.cl/">http://sinia.mma.gob.cl/</a>   |
| MMA                         | Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes | <a href="http://www.retc.cl/datos-retc/">http://www.retc.cl/datos-retc/</a>   |
| SEA                         | Servicio de Evaluación Ambiental                       | <a href="http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php">http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php</a>   |
| SISS                        | Superintendencia de Servicios                          | <a href="http://www.siss.gob.cl/577/w3-channel.html">http://www.siss.gob.cl/577/w3-channel.html</a>   |

| Institución | Institución  | Sitio web   |
|-------------|--|---|
|             | Sanitarios   |   |
| SMA         | Superintendencia del Medio Ambiente                        | <a href="http://www.sma.gob.cl/">http://www.sma.gob.cl/</a>         |
| SMA         | Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental | <a href="http://snifa.sma.gob.cl/v2">http://snifa.sma.gob.cl/v2</a> |

Fuente: Elaboración propia.

Luego de la búsqueda general en instituciones de interés, se revisaron todos los informes y documentos entregados por la contraparte técnica (26 en total), que se indican en la Tabla 2 siguiente.

Tabla 2. Documentos revisados que fueron entregados por la contraparte técnica

| Nombre documento   | Institución  | Año  |
|--|--|------|
| Diagnóstico medioambiental y evaluación preliminar de riesgo ecológico de la Bahía de Coronel  | Centro de Ecología Aplicada / MMA  | 2016 |
| Informe Pericial Medioambiental  | Policía De Investigaciones (PDI)   | 2013 |
| Informe ejecutivo. Evaluación de niveles de metales en la población escolar de la comuna de Coronel  | SEREMI de Salud Región del Biobío  | 2016 |
| Evaluación de niveles de metales en la población general y laboral de las comunas de Coronel y Lota. Protocolo de investigación  | Instituto de Salud Pública de Chile / SEREMI de Salud Región del Biobío  | 2014 |
| Minuta riesgo para el componente aire en comuna de Coronel. Unidades Fiscalizables de riesgo para el componente "Aire", en la comuna de Coronel  | Superintendencia del Medio Ambiente (SMA)  | 2016 |
| Patentes con rol industrial  | I. Municipalidad de Coronel  | 2016 |
| Evaluación ambiental y social para la implementación de los Programas de Recuperación de las comunas de Tierra Amarilla, Huasco, Coronel y Quintero-Puchuncaví – Licitación 608897-153-LE14. Informe Final | Fundación Chile/MMA  | 2015 |
| Proyecto NEST: estrategia de intervención territorial. Informe primer taller, comuna de Coronel.   | Fundación Chile / CPL  | 2013 |
| Evaluación de un modelo conceptual de comunicación de la información y condiciones básicas para la implementación de centros ciudadanos de observación y comunicación para la gestión ambiental            | Gestión e Innovación Sustentable (GISMA) / MMA   | 2015 |
| Mapa de riesgo ambiental   | ONG PROMAS   | 2016 |
| Plan estratégico Nacional para la gestión del riesgo de desastres  | Oficina Nacional de Emergencias (ONEMI)  | 2016 |
| Política nacional para la gestión de riesgo de desastres   | Oficina Nacional de Emergencias (ONEMI)  | 2014 |
| Actualización del inventario de emisiones atmosféricas de Concepción Metropolitana, año base 2013. Resumen ejecutivo.  | Servicios Integrales de Calidad Ambiental (SICAM Ingeniería Ltda.) / SEREMI del Medio Ambiente Región del Biobío | 2015 |
| Zona 1: Definición de cuenca atmosférica para las comunas del Gran Concepción  | Servicios Integrales de Calidad Ambiental / SEREMI del Medio Ambiente Región del Biobío                          | *S/I |
| Estudio para la propuesta de norma secundaria de calidad de agua marinas de las bahías de la Región del Biobío   | Ecogestión ambiental / MMA   | 2010 |
| Caracterización del área marina de influencia de las descargas de 3 termoeléctricas en Bahía Coronel. Informe consolidado campañas invierno 2012 y verano 2013   | Ecogestión ambiental / DIRECTEMAR  | 2013 |
| Estudio investigación y recuperación de recursos bentónicos  | Fundación Chiquihue / GORE de Los Lagos  | 2010 |
| Diagnóstico regional de suelos abandonados con potencial   | Ministerio del Medio Ambiente  | 2012 |

| Nombre documento  | Institución  | Año  |
|---|--|------|
| presencia de contaminantes (SPPC). Región del Biobío  |  |      |
| Estudio evaluación de los niveles de ruido en Coronel. Anexos   | Acústica Austral / MMA   | 2015 |
| Actualización de antecedentes técnicos para desarrollar norma secundaria de calidad para la protección de las aguas marinas del Golfo de Arauco (Punta Puchoco a Punta Lavapié) en la Región del Biobío. Informe final.       | Universidad de Concepción, Centro EULA / MMA                                       | 2014 |
| Monitoreo de contaminantes atmosféricos gaseosos en la comuna de Coronel. Campaña Enero - Diciembre de 1999. Informe final ejecutivo.   | Universidad de Concepción / CONAMA Región del Biobío / I. Municipalidad de Coronel | 2000 |
| Caracterización de la columna de agua y sedimento. Área dragado muelle Coronel II. Bahía Coronel, VIII Región. Informe campaña Junio 2009   | Compañía Puerto de Coronel S.A.  | 2009 |
| Hidrografía Bahía Coronel. Seguimiento de sensores de temperatura   | Universidad de Concepción  | 2011 |
| Plan maestro recuperación humedal Boca Maule  | I. Municipalidad de Coronel  | 2012 |
| Catastro de sitios con presencia de dioxinas y furanos asociados al uso de pentaclorofenol en aserraderos fase II. Aplicación de la metodología de investigación confirmatoria y estimación preliminar de riesgos ambientales | Ministerio del Medio Ambiente  | 2012 |

Fuente: Elaboración propia.

De los documentos y páginas web revisados se seleccionaron seis (6) que cumplieron con el requisito de presentar información de fuentes espacialmente identificadas y de posibles contaminantes emitidos al ambiente. En la Tabla 3, se presenta una breve descripción de los documentos que resultaron de más utilidad, y la cantidad de potenciales fuentes contaminantes que fue posible identificar en primera instancia a partir de ellos.

Tabla 3. Documentos seleccionados para la identificación inicial de fuentes

| Nombre documento o Fuente de información  | Institución                             | Año  | Descripción  | Total Inicial Fuentes |
|---|---|------|--|-----------------------|
| Proyectos ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en Coronel                 | Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)  | 2016 | Contiene proyectos localizados en Coronel o con incidencia en la comuna que cuentan con una Resolución de Calificación Ambiental (RCA) favorable.<br>En total se encontraron 160 proyectos de 100 titulares, desde el año 1995 al 2016, que cumplieran con tales características. De los 160 proyectos identificados, el 95% (152 proyectos) presentaron una DIA. Sobre los tipos de proyectos, el 26,9% corresponden a saneamiento ambiental (tipo o), un 12,5% a explotación intensiva (tipo n) y un 12,5% a proyectos relacionados con sustancias tóxicas (tipo ñ). | 160                   |
| Diagnóstico medioambiental y evaluación preliminar de riesgo ecológico de la Bahía de Coronel | Centro de Ecología Aplicada (CEA) / MMA | 2016 | Contiene información sobre 29 fuentes que emiten RILes a la Bahía de Coronel con las coordenadas de las descargas y el RUT de la fuente emisora.   | 29                    |

| Nombre documento o Fuente de información                   | Institución                               | Año  | Descripción   | Total Inicial Fuentes |
|--|---|------|---|-----------------------|
| Minuta riesgo para el componente aire en comuna de Coronel | Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) | 2016 | Identifica 50 unidades fiscalizables que afectan la matriz aire en la comuna de Coronel y que implican, según su criterio, un riesgo alto o medio. Dado que no presenta información sobre la ubicación espacial de las fuentes emisoras, sirvió como insumo para validar las fuentes ya identificadas y aportar en la categorización de rubros.   | 50                    |
| Patentes con rol industrial                                | I. Municipalidad de Coronel               | 2016 | Presenta un catastro de 140 patentes comerciales con rol industrial concedidas por la Ilustre Municipalidad de Coronel, identificando el RUT de la empresa, dirección, razón social y actividad. Permitió identificar fuentes que no se encuentran catastradas como emisoras por la SMA y que no ingresan al SEA, pero que de todas maneras son fuentes relevantes, tales como aserraderos, fábricas, maestranzas, madereras, industrias procesadoras de productos del mar y químicas, entre otras. | 140                   |
| Mapa de riesgo ambiental                                   | ONG PROMAS                                | 2016 | Identifica espacialmente en la plataforma GoogleMaps a 41 industrias de Coronel que se perciben (ya que no cuentan con mediciones que permitan afirmarlo) como contaminantes, tanto activas como pasadas. Casi todas las fuentes activas forman parte también del catastro de patentes industriales y de proyectos del SEA de la comuna.  | 41                    |
| Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (SPPC)     | Ministerio del Medio Ambiente (MMA)       | 2016 | Identifica y lista los suelos con potencial presencia de contaminantes (SPPC) de varias comunas de la región del Bio Bio. Para cada sitio se señalan una serie de atributos como sus coordenadas, el estado (activo o en operación), y nombre común, entre otros.   | 5                     |

Fuente: Elaboración propia.

Para las seis (6) fuentes de información secundaria se generó una hoja independiente en el software Microsoft Excel. Las seis (6) hojas fueron compiladas en una única planilla, denominada "Anexo 5. Planilla Fuentes IA" que se presenta como un anexo digital complementario a este reporte. Esta planilla contiene también otra información de relevancia que se explica y detalla en los capítulos siguientes con los resultados. En Anexo 6 se detalla el contenido de cada una de las hojas con antecedentes extraídos desde las seis (6) fuentes de información secundaria.

Luego de la compilación inicial de fuentes contaminantes identificadas a partir de los seis (6) documentos y fuentes antes indicados, se revisó en detalle la información y se seleccionaron aquellas fuentes con la información suficiente para incorporarlas al listado de fuentes emanadas de información secundaria. Esta evaluación se presenta de forma resumida en la tabla siguiente.

Tabla 4. Fuentes identificadas con la información suficiente para incorporarlas al listado de fuentes emanadas de información secundaria

| Nombre documento o Fuente de información  | Institución                               | Año  | Cantidad de fuentes con la información suficiente y su justificación   | Total fuentes |           |
|---|---|------|--|---------------|-----------|
|   |   |      |  | Inicial       | Depurado  |
| Proyectos ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en Coronel                 | Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)    | 2016 | Entre los proyectos ingresados al sistema entre los años 1995 a 2002, existen 41 proyectos que no cuentan con documentos en la plataforma digital que permitan identificar su ubicación, ni sus emisiones, por lo que fueron excluidos. Además otros 5 proyectos ingresados con posterioridad no tienen antecedentes suficientes y además, se agruparon 39 fuentes del mismo titular localizados en el mismo terreno. Con las exclusiones y agrupaciones indicadas se quedó con un total de 75 fuentes de emisión que pudieron ser incluidas en el listado preliminar de fuentes para su análisis. | 160           | 75        |
| Diagnóstico medioambiental y evaluación preliminar de riesgo ecológico de la Bahía de Coronel | Centro de Ecología Aplicada (CEA) / MMA   | 2016 | Todas las fuentes potenciales de emisión a diferentes cuerpos receptores mencionadas en el estudio fueron incluidas en el listado preliminar de fuentes para su análisis.  | 29            | 29        |
| Minuta riesgo para el componente aire en comuna de Coronel                                    | Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) | 2016 | De las 50 fuentes identificadas, no se pudo establecer la ubicación de 7, quedando 43 fuentes que pudieron ser incluidas en el listado preliminar de fuentes para su análisis.   | 50            | 43        |
| Patentes con rol industrial   | I. Municipalidad de Coronel               | 2016 | No todas las fuentes presentan información completa, como dirección (solo el sector donde está ubicada), por lo que fue posible incorporar 47 fuentes en el listado preliminar de fuentes para su análisis.  | 140           | 47        |
| Mapa de riesgo ambiental  | ONG PROMAS                                | 2016 | De las 41 industrias que se identifican, 5 corresponden a emisarios submarinos, tema que fue abordado en el estudio de la Bahía (CEA, 2016) y que no es posible corroborar. Adicionalmente este tipo de emisiones no son el foco del presente estudio, por lo que no fueron incluidas  | 41            | 36        |
| Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (SPPC)  | Ministerio del Medio Ambiente (MMA)       | 2016 | En el caso de la comuna de Coronel, se identifican 5 sitios, los que en su totalidad fueron incorporados al listado preliminar de fuentes para su análisis.  | 5             | 5         |
| <b>Total fuentes sin considerar repeticiones o duplicidades</b>                               |   |      |  |               | <b>74</b> |

Fuente: Elaboración propia

El total de fuentes depurado, es decir, aquellas fuentes que cuentan con la información suficiente y/o relevante para incorporarlas al listado de fuentes emanadas de información secundaria, fueron listadas en una hoja separada denominada "Fuentes 2rias" en la planilla "Anexo 5. Planilla Fuentes IA" que se presenta como un anexo

digital complementario a este reporte. En dicha hoja se incluyen los campos vinculados con las fuentes secundarias que se detallan en la tabla siguiente.

Tabla 5. Descripción campos de fuentes secundarias de hoja Excel con fuentes finales

| Campo                                    |          | Descripción  | Información para completar campos  |
|--|----------|--|--|
| Información 2da. (Data previa existente) | SEA      | Si la fuente identificada fue mencionada por el Servicio de Evaluación Ambiental   | 1: Fuente Si fue identificada por el SEA<br>0: Fuente No fue identificada por el SEA                             |
|  | EBahía   | Si la fuente identificada fue mencionada en el estudio "Diagnóstico medioambiental y evaluación preliminar de riesgo ecológico de la Bahía de Coronel" | 1: Fuente Si fue identificada por el Estudio Bahía<br>0: Fuente No fue identificada por el Estudio Bahía         |
|  | Patentes | Si la fuente identificada fue mencionada el catastro de patentes con rol industrial otorgado por la Ilustre Municipalidad de Coronel                   | 1: Fuente Si fue identificada por el catastro patentes<br>0: Fuente No fue identificada por el catastro patentes |
|  | PROMAS   | Si la fuente identificada fue mencionada el mapa de ONG PROMAS   | 1: Fuente Si fue identificada en mapa PROMAS<br>0: Fuente No fue identificada en mapa PROMAS                     |
|  | SMA      | Si la fuente identificada fue mencionada como Unidad Fiscalizable para el componente aire por la Superintendencia del Medio Ambiente, SMA              | 1: Fuente Si fue identificada por la SMA<br>0: Fuente No fue identificada por la SMA                             |
|  | SPPC     | Si la fuente identificada fue mencionada como Suelo con Potencial Presencia de Contaminantes (SPPC) por el Ministerio del Medio Ambiente               | 1: Fuente Si fue identificada como SPPC<br>0: Fuente No fue identificada como SPPC                               |

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5, se presentan que las potenciales fuentes contaminantes en algunos casos forman parte de más de uno de los documentos/estudios, por lo que corresponden a fuentes "repetidas". Incorporando esta condición se obtiene un total de 74 fuentes individuales emanadas de información secundaria.

## B. ANTECEDENTES SOBRE CONTAMINANTES DE INTERÉS ASOCIADOS A LAS POTENCIALES FUENTES CONTAMINANTES IDENTIFICADAS

### ▪ RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA REALIZADA EN INTERNET

Los resultados de la búsqueda realizada en internet sobre contaminantes de interés, se presentan tabulados en Anexo 6, en el que se incluyen las fuentes de información y las páginas web revisadas. En términos generales, se obtuvo lo siguiente:

- La revisión de los sitios de la US EPA y OMS permitieron la recopilación de niveles de referencia en humanos, por sector industrial y guías para el monitoreo de suelos y otras matrices. Se destaca el documento "*Soil Screening Guidance: Fact Sheet*" (Disponible en: <https://semspub.epa.gov/work/HQ/175229.pdf> [29/09/2016]) como referencia para desarrollar el monitoreo de suelos y modelo conceptual, a desarrollarse en las etapas siguientes.
- De la revisión en Google destacan informes del sector público (MINVU, CONAMA, GORE, MMA, MINSAL, PNUD e I. Municipalidad de Coronel), estos estudios solo

poseen niveles de referencia preferentemente de la matriz aire, y sectorización según infraestructura existente en la comuna.

- La revisión de antecedentes provenientes de la Universidad de Chile, permitió identificar dos informes de pregrado relacionados con la comuna de Coronel, uno que otorga información respecto a la sectorización de la comuna (Guzmán, 2010), y otro con 2 puntos de muestreo de agua (Henríquez, 2012).
- La revisión de antecedentes provenientes de la Universidad de Concepción, permitieron identificar mediciones en las matrices aire y agua, además de información hidrográfica.
- La revisión de antecedentes provenientes de Pubmed y web of Science, permitió identificar estudios efectuados en la comuna o de las cercanías, efectuados por académicos de universidades de la región del Biobío. Destacan las mediciones en sedimentos marinos y biota marina de compuestos orgánicos y metales, que han sido abordados en gran parte en el estudio de la Bahía de Coronel desarrollado por CEA y que no son parte del alcance de este estudio.
- En la tesis de pregrado “Determinación de la concentración de fondo (Geochemical Background) de cuatro metales: As, Hg, Pb, V, en la comuna de Coronel, VIII Región, Chile” realizada por el Sr. Pietro Lasagna y dirigida por el Profesor Ricardo Barra del año 2006, se aportan datos de la Laguna Quiñenco y del nivel de metales en 10 puntos de muestreo. En el capítulo 7.2.1. se presenta con mayor detalle los antecedentes y resultados de este estudio.

▪ **CLASIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES IDENTIFICADAS POR RUBROS, SUS CONTAMINANTES TEÓRICOS ASOCIADOS Y AQUELLOS EMITIDOS DECLARADOS EN EL RETC**

Se efectuó la búsqueda de antecedentes sobre los procesos y potenciales emisiones de fuentes contaminantes identificadas, a partir de lo cual se definió un grupo de 19 rubros en los que las fuentes pueden ser agrupadas y clasificadas, estos son:

- (1) Empresas con sustancias peligrosas,
- (2) Empresas madereras,
- (3) Empresas sanitarias y de agua potable,
- (4) Estaciones de servicio,
- (5) Extracción de áridos,
- (6) Fabricación de alimentos,
- (7) Fábrica de papeles y cartones,
- (8) Forestal,
- (9) Generación de energía,
- (10) Logística y Transporte,
- (11) Maestranzas, talleres de construcción y mecánicos,
- (12) Minería en abandono,
- (13) Minería en operación,
- (14) Molienda de cemento y planta de hormigón,
- (15) Muelles, caletas y puertos,

- (16) Pesqueras,
- (17) Procesadoras de aceite de pescado,
- (18) Procesadoras de productos del mar, y
- (19) Vertederos, rellenos sanitarios, microbasurales.

Para recopilar antecedentes sobre contaminantes que efectivamente son emitidos y declarados por las potenciales fuentes contaminantes se efectuó la búsqueda en el sitio del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC, 2016)<sup>4</sup>. Los antecedentes completos para las fuentes localizadas en Coronel para las que fue posible obtener información a partir de este sitio (41 fuentes) se detallan en el archivo Excel “Anexo 8. Planilla RETC.xlsx” que se presenta como un anexo digital complementario a este reporte. En la descripción de los rubros a continuación se incorporó la descripción de las emisiones declaradas en el RETC para fuentes que pertenecen a los rubros considerados.

A continuación, se presenta un resumen de los principales rubros a los que pertenecen fuentes contaminantes existentes en la comuna de Coronel y sus potenciales emisiones.

- Generación de energía

En la comuna, la generación de electricidad se produce a partir de la combustión de carbón, ya sea bituminoso y/o sub-bituminoso. Este carbón contiene bajos contenidos de cenizas, azufre y carbonatos, humedad de entre 5 al 15% y, entre un 10 y 40% de material volátil

Para generar la energía, el agua se transforma en vapor de alta presión y temperatura, el que circula por una serie de turbinas que impulsan un generador eléctrico para producir electricidad. El vapor de escape de las turbinas se refrigera, por condensación se convierte en agua y finalmente se devuelve al generador de vapor para recomenzar el proceso.

Entre las principales instalaciones de este tipo de industrias se encuentran: sectores en los que se depositan residuos (como cenizas), tuberías de succión de agua marina y emisarios submarinos.

Según antecedentes obtenidos en el RETC, dos de las empresas de la comuna clasificadas en este rubro, Termoeléctrica Bocamina (de propiedad de Empresa Nacional de Electricidad S.A.)<sup>5</sup> y Termoeléctrica Santa María, Colbún, declaran las siguientes emisiones:

---

<sup>4</sup> Disponible en el [www: <http://www.retc.cl/datos-retc/>](http://www.retc.cl/datos-retc/). Visto el 06 de Octubre de 2016

<sup>5</sup> Las emisiones de Empresa Nacional de Electricidad S.A. que se revisaron en RETC corresponden al titular en su conjunto

- Emisiones al aire: Metales (Arsénico, Mercurio), Benceno, Compuestos Orgánicos Volátiles, Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Monóxido de carbono (CO), Nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>), Oxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>), MP10, MP2,5, Tolueno/ metil benceno/ Toluol/ Fenilmetano, Dibenzoparadioxinas policloradas y furanos (PCDD/F).
- Emisiones al agua: Metales (Arsénico, Cobre, Zinc), fluoruros, Hidrocarburos totales, Sólidos sedimentables, Sólidos suspendidos totales, Sólidos suspendidos totales.
- Transferencia de residuos peligrosos: Aceites minerales residuales no aptos para el uso al que estaban destinados, Compuestos de Berilio, Compuesto de Antimonio, Compuestos de Mercurio, Compuestos de Plomo, Envases y recipientes contaminados que hayan contenido uno o más constituyentes enumerados en la Categoría II, Mezclas y emulsiones de aceite y agua o hidrocarburos y agua, Polvo y/o fibras de asbesto, con exclusión de los residuos de materiales de construcción fabricados con cemento asbesto, Residuos resultantes de las operaciones de eliminación o tratamiento de residuos, tales como lodos, filtros, polvos, etc., Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices, Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos, Solventes orgánicos halogenados, Solventes orgánicos, con exclusión de solventes halogenado, Talio, compuestos de talio, Suelos o materiales resultantes de faenas de movimientos de tierras contaminadas por alguno de los constituyentes listados en la Categoría II.

En base a lo anterior es posible notar que varios de los contaminantes asociados teóricamente a empresas de este tipo son declarados como emisiones por las empresas de este rubro en la comuna. Se considera de relevancia la emisión de metales al aire (Arsénico y Mercurio) y residuos con contenido de metales (Berilio, Antimonio, Mercurio, Plomo, Talio), así como hidrocarburos derivados del petróleo.

- Pesqueras

Corresponden a instalaciones de grandes dimensiones orientadas a la recepción desde embarcaciones de materias primas, como peces, para su fabricación de alimentos y/o harina y extracción de aceite de pescado crudo. Presentan conexiones a la costa para la interacción de una flota pesquera, ya sea para recibir sus capturas como también los servicios de abastecimiento de combustibles a las embarcaciones. Además, muchas de ellas cuentan con instalaciones de refrigeración a base de amoníaco y/u otro gas de refrigeración.

Los pasos principales del proceso son la cocción para la coagulación de la proteína liberando de este modo el agua y el aceite ligados, y la separación por prensado del producto coagulado produciendo una fase sólida (torta de prensa), y una fase líquida (licor de prensa) que contiene agua y el resto de los sólidos (aceite, proteína disuelta o suspendida, vitaminas y minerales). La mayor parte de los lodos en el licor de prensa es removida por centrifugación en un *Decanter* y el aceite es subsecuentemente extraído por centrifugación.

El agua de cola es concentrada en un evaporador multiefecto y el concentrado es mezclado vigorosamente con la torta de prensa, la cual es luego deshidratada usualmente en un sedado. El material seco es molido y almacenado en bolsas o a granel. El aceite es almacenado en estanques.

Según antecedentes obtenidos en el RETC (disponibles en Anexo 8 - digital), cinco (5) de las empresas de la comuna clasificadas en este rubro, declaran emisiones, entre las que se consideran de relevancia, la emisión de metales al aire (arsénico, mercurio y plomo) y residuos con contenido de metales (cadmio, mercurio, plomo, cromo hexavalente, talio), así como con hidrocarburos derivados del petróleo.

- Procesadoras de productos del mar

Instalaciones que emplean productos del mar provenientes de otros puertos y/o caletas (productos son trasladados hasta la instalación). La actividad principal es el fraccionamiento de los mariscos y pescados para el usuario final, o su preparación para su envío a granel. Estas instalaciones por lo general emplean frigoríficos a base de amoníaco y/u otro gas refrigerante para sus materias primas y productos finales.

Dentro de los procesos que emplea esta industria se incluye: pesca, almacenamiento, recepción, destripamiento, precocinado, limpieza, preservación y empaquetado. Una vez realizada la pesca, se descarga del buque el producto, es pesado y transportado al área de preparación, sea para su procesamiento inmediato o para almacenamiento en frío. En algunas operaciones, el reprocesamiento para descabezar el camarón, destripar el pescado o los moluscos, se realiza en el mar. Los desechos se recogen en seco o se tamizan de las aguas servidas para ser procesados como subproductos.

Dependiendo del uso final del producto, el pescado o marisco fresco puede ser empaquetado para consumo inmediato, o cocinado, para luego picarlo, limpiarlo, eliminando la piel, los huesos, el carapacho, las agallas, etc. El picado puede ser seguido por congelación, envasado, pasteurización y refrigeración.

Respecto al volumen de agua que se utiliza y la cantidad de desechos que se generan, hay mucha variación entre una planta de procesamiento y otra. En general, los desperdicios líquidos de estas industrias contienen demanda de oxígeno bioquímico y químico, Sólidos Totales Suspendidos, aceites y grasas, y pueden tener un pH alto o bajo. Normalmente, estos efluentes no contienen ningún material peligroso o tóxico. Ocasionalmente, se pueden producir aguas servidas con una alta concentración de cloruro de sodio.

En condiciones normales, las emisiones gaseosas no constituyen ningún problema. Si no se recuperan, los desechos sólidos pueden causar problemas de tratamiento y eliminación. Favorablemente, las plantas más nuevas recuperan la mayoría de los desperdicios sólidos mediante tamizado, o recolección en seco. Estos desechos se procesan para producir harina de pescado, proteínas solubles concentradas, aceites, fertilizantes líquidos, pelotillas de alimento para peces alimentos para animales, novedades de madreperla, etc.

Según antecedentes obtenidos en el RETC (disponibles en Anexo 8 - digital), tres (3) de las empresas de la comuna clasificadas en este rubro, declaran emisiones, entre las que se consideran de relevancia, la emisión de metales al aire (mercurio) y residuos con contenido hidrocarburos derivados del petróleo.

- Procesadoras de aceite de pescado

Estas empresas reciben como insumo aceite de pescado crudo de compañías pesqueras, el que se refina mediante operaciones fisicoquímicas y térmicas. De acuerdo a lo anterior, estas industrias generalmente tienen calderas dentro de sus instalaciones, lo que involucra el uso y almacenamiento de combustible, siendo el más común el petróleo fuel oil 5.

Adicionalmente, estas industrias emplean aditivos químicos, tales como cloros, ácidos, productos desinfectantes y/o limpieza, antioxidantes, entre otros.

Según antecedentes obtenidos en el RETC (disponibles en Anexo 8 - digital), dos (2) de las empresas de la comuna clasificadas en este rubro, declaran emisiones, entre las que se consideran de relevancia, la emisión de metales al aire (arsénico, mercurio y plomo) y residuos con contenido hidrocarburos derivados del petróleo.

- Muelles, caletas y puertos

Conjunto de instalaciones y de servicios que permiten la realización del intercambio de mercancías entre un medio terrestre y uno acuático. Incluye terminales mecanizados con cintas transportadoras de gráneles, terminales portuarios con instalaciones de muelles de atraque o fondeaderos (donde quedan amarrados los barcos), patios de estacionamiento (donde se detienen los trenes o camiones), canchas de almacenaje de materias primas (como carbón), instalaciones de depósito y clasificación de cargas transportadas, y áreas de servicios de muellaje por bunkering a las naves, retiro residuos oleosos y/o aguas sucias.

En la comuna existen puertos comerciales y pesqueros los cuales se describen a continuación:

- Puertos Comerciales<sup>6</sup>: se entiende como el conjunto de elementos físicos (obras y equipamientos) y de actividades que, localizadas en puntos del borde costero (marítimo, fluvial o lacustre), permiten realizar operaciones de transferencia, porteo y almacenamiento de cargas de distinta naturaleza, y la atención (embarque y desembarque) de pasajeros provenientes de otros puntos del borde costero. Los puertos comerciales pueden ser especializados o multipropósito. Los primeros a su vez se clasifican dependiendo de la naturaleza de la carga que movilizan, pudiendo distinguirse: puertos graneleros (mineros, industriales, etc); sitios

---

<sup>6</sup> Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial, Actividad Portuaria, CONAMA, 2000.

especializados (para contenedores, vehículos, etc) y puertos pesqueros (industriales, artesanales). Los puertos multipropósito, por otro lado, tienen la capacidad de poder movilizar un variado tipo de carga, incluyendo cargas a granel y en contenedores.

- Puertos pesqueros (caletas, terminales): puertos destinados a actividades de carga y descarga de productos de la actividad pesquera, ya sea de tipo industrial o artesanal.

Según antecedentes obtenidos en el RETC (disponibles en Anexo 8 - digital), una (1) de las empresas de la comuna clasificadas en este rubro, declara emisiones, entre las que se consideran de relevancia, residuos con contenido hidrocarburos derivados del petróleo.

- o Empresas Madereras

Destinadas al proceso de aserrado primario y/o remanufactura de maderas, con generación de grandes cantidades de aserrín. Entre sus instalaciones cuentan con calderas de vapor que utiliza biomasa, sistemas de impregnación, sistemas de secado y canchas de acopio. Estas industrias emplean aditivos químicos (tales como adhesivos, fungicidas, materias primas para impregnación, entre otros).

Según antecedentes obtenidos en el RETC (disponibles en Anexo 8 - digital), cuatro (4) de las empresas de la comuna clasificadas en este rubro, declaran emisiones, entre las que se consideran de relevancia, la emisión de metales al aire (arsénico, mercurio y plomo) y residuos con contenido de metales (cobre, mercurio, plomo), así como con hidrocarburos derivados del petróleo.

- o Empresas con sustancias peligrosas

Instalaciones productivas de almacenamiento, logística, fabricación, procesamiento y/o fraccionamiento de sustancias peligrosas (definidas en glosario) en alto volumen (sobre 100 litros en líquidos o gases y 300 kilogramos en sólidos). Dependiendo de la empresa, pueden tener entre sus instalaciones calderas, chimeneas, bodegas, piscinas de almacenamiento de materias primas y residuos, sectores en los que se depositan residuos, entre otras.

En base a lo anterior, las emisiones que pueden asociarse a este rubro son variadas y dependientes de la actividad específica, pudiendo incluir gases y partículas provenientes de combustión, residuos sólidos y residuos líquidos, además de la generación de olores. Entre los potenciales agentes que se emiten, se incluye a aditivos químicos, metales (asociados a la combustión y como eventuales componentes de los aditivos químicos), así como hidrocarburos derivados del petróleo (asociado al uso y almacenamiento de combustibles y su quema, en caso que tengan caldera).

Según antecedentes obtenidos en el RETC (disponibles en Anexo 8 - digital) , seis (6) de las empresas de la comuna clasificadas en este rubro, declaran emisiones, entre

las que se consideran de relevancia, la emisión de metales al aire (mercurio) y residuos con contenido de cianuros inorgánicos, así como con hidrocarburos derivados del petróleo.

- Logística y transporte

Instalaciones destinadas al almacenamiento, distribución, y transporte de sustancias. En general y en condiciones normales de operación presentan un bajo riesgo y potencial de emisión de contaminantes. Generalmente en sitios de transporte industrial se emplean y almacenan combustibles, aunque a baja escala, siendo una de las principales sustancias con potencial de impacto.

Según antecedentes obtenidos en el RETC (disponibles en Anexo 8 - digital), una (1) de las empresas de la comuna clasificadas en este rubro, declara emisiones, entre las que se encuentran la emisión poco significativa de material particulado y gases de combustión, lo que no se considera de especial relevancia para el estudio.

- Maestranzas, talleres de construcción y mecánicos

Conjunto de empresas dedicadas a la construcción, montaje, reparación y mantenimiento de elementos metalmecánicos, plásticos u otras materias de uso industrial. Estas instalaciones pueden representar lugares de almacenamiento de materias primas incluido combustibles y gases comprimidos, herramientas, maquinaria liviana y/o pesada.

En base a lo anterior, las emisiones que pueden asociarse a este rubro son gases y partículas provenientes de la quema de combustibles fósiles, residuos sólidos y residuos líquidos. Entre los potenciales agentes que se emiten, se incluye a metales (asociados a la combustión y soldadura), así como hidrocarburos derivados del petróleo (asociado al uso y almacenamiento de combustibles y su quema).

Según antecedentes obtenidos en el RETC, ninguna de las empresas de la comuna clasificadas en este rubro, declara sus emisiones en este sistema.

- Fabricación de alimentos

A partir de materias primas orgánicas, estas empresas fabrican alimentos para consumo animal y/o humano. Generalmente se les asocia una baja peligrosidad, sin embargo, muchas de ellas almacenan sustancias químicas en cantidades menores que pudiesen originar emisiones.

En base a lo anterior, las emisiones que pueden asociarse a este rubro son residuos sólidos y residuos líquidos, además de la generación de olores. Entre los potenciales agentes que se emiten, se incluye a metales.

Según antecedentes obtenidos en el RETC (disponibles en Anexo 8 - digital), tres (3) de las empresas de la comuna clasificadas en este rubro, declaran emisiones, entre

las que se consideran de relevancia, la emisión de metales al aire (arsénico, mercurio y plomo) y residuos con contenido de hidrocarburos derivados del petróleo.

- Fabricación de papeles y cartones

Dedicadas a la obtención de papel tissue a partir de celulosa virgen, y cartón de embalaje a partir de material reciclado de papel.

Las fibras son dosificadas y mezcladas con agua en una especie de juguera de grandes proporciones, llamada pulper, donde son disgregadas formándose una pulpa que luego es procesada. En el caso de las fibras vírgenes, que no contienen impurezas, las fibras pasan por filtros que eliminan contaminantes menores, luego son enviadas a los estanques de alimentación de la Máquina Papelera.

Entre sus instalaciones se encuentran grandes canchas de almacenamiento de materias primas y calderas

Según antecedentes obtenidos en el RETC, ninguna de las empresas de la comuna clasificadas en este rubro, declara sus emisiones en este sistema.

- Forestal

Solo en la fase de plantación, algunas veces, se utilizan fertilizantes y agroquímicos en forma puntual, pero no en forma extensiva ni intensivamente. En la fase de explotación y de manejo (poda, corta sucesiva, raleo) por el uso de maquinaria pueden generarse emisiones de polvo, hidrocarburos, metales.

Según antecedentes obtenidos en el RETC, ninguna de las empresas de la comuna clasificadas en este rubro, declara sus emisiones en este sistema.

- Molienda de cemento y planta de hormigón

La planta de molienda de cemento considera sistemas de almacenamiento de materias primas y productos en silos herméticos, sistemas mecánicos de manejo y transporte encapsulados. Para la fabricación de cemento, el clinker es importado y descargado a través del Puerto Coronel. La caliza es suministrada por proveedores externos.

Para la fabricación de cemento, además de clinker, la planta utiliza como materias primas la ceniza volante "fly ash" y el yeso producido por las centrales termoeléctricas localizadas en el área. Como alternativa a la condición de que no exista una disponibilidad de estos materiales, se puede utilizar puzolana (ceniza volcánica) y yeso proveniente de la zona central del país.

La planta de hormigón es una instalación utilizada para la fabricación del hormigón a partir de árido (arenas y gravillas), cemento y agua (también puede incluir otros componentes como filler, fibras de refuerzo o aditivos). Estos componentes que

previamente se encuentran almacenados en la planta de hormigón, son dosificados en las proporciones adecuadas, para ser mezclados en el caso de centrales amasadoras o directamente descargados a un camión hormigonera en el caso de las centrales dosificadoras.

Las principales emisiones de estos procesos es el polvo y el material particulado.

Según antecedentes obtenidos en el RETC (disponibles en Anexo 8 - digital), una (1) de las empresas de la comuna clasificadas en este rubro, declara emisiones solo de material particulado, lo que no se considera de especial relevancia para el estudio.

- Vertederos, microbasurales, rellenos sanitarios

Lugar en donde se disponen desechos de todo tipo (orgánicos, inorgánicos, electrónicos, etc.). Los potenciales contaminantes son gases de efecto invernadero: dióxido de carbono, metano, y óxido nitroso. Asimismo, se generan al aire gases orgánicos tales como monóxido de carbono, ácido sulfhídrico.

Su peligro radica en la capacidad de ser origen de emanaciones de gases inflamable y/o tóxicos con potenciales generación de fuego en el área en que está emplazada.

Según antecedentes obtenidos en el RETC (disponibles en Anexo 8 - digital), tres (3) de las empresas de la comuna clasificadas en este rubro, que en este caso corresponden a depósitos de cenizas, declaran la emisión de metales al aire (arsénico y mercurio) y residuos con contenido de metales (mercurio y plomo), así como con hidrocarburos derivados del petróleo.

- Minería (en abandono y operación)

Actualmente existen minas de carbón activas e inactivas en la comuna. Los procesos principales son extracción, trituración y almacenamiento.

Según antecedentes obtenidos en el RETC, ninguna de las empresas de la comuna clasificadas en este rubro, declara sus emisiones en este sistema.

- Extracción de áridos

El proceso de extracción de áridos incluye la extracción de material y acopio, el cual se realiza con una excavadora que extrae el material directamente del río, y lo carga en camiones tolva, los cuales acopian el material a un lado de la planta chancadora.

Posteriormente, un cargador frontal carga el material acopiado por los camiones, directamente en el buzón de la planta chancadora. Donde el material sube por una cinta transportadora, donde se separa de gravas y arenas, por medio de una parrilla. La arena separada es transportada a un sector de la planta, donde será acopiada como producto final.

Las principales emisiones corresponden al polvo y material particulado, por lo cual el principal componente ambiental afectado es el aire.

Según antecedentes obtenidos en el RETC, solo una (1) empresa declara sus residuos destacando los compuestos de mercurio y cadmio y los residuos de minerales residuales no aptos para el uso a que estaban destinados.

- Empresas sanitarias y de agua potable

Son instalaciones de servicios orientada al bombeo de aguas subterránea para su proceso de potabilización mediante cloración por gas cloro y/o tratamiento de RILes del área afecta conectadas con sus clientes por alcantarillado, pudiendo realizar tratamientos físicos, químicos y/o biológicos para el tratamiento de estos, lo que implica el uso de sustancias peligrosas dentro de las instalaciones.

Según antecedentes obtenidos en el RETC, ninguna de las empresas de la comuna clasificadas en este rubro, declara sus emisiones en este sistema.

- Estaciones de Servicio

Son instalaciones encargadas de adquirir, almacenar y distribuir combustibles líquidos, los cuales consisten en: gasolina sin plomo, de 97, 95 y 93 octanos, petróleo diésel y kerosene.

Los establecimientos cuentan con las siguientes instalaciones básicas:

- Estanques subterráneos de almacenamiento de combustibles
- Islas con dispensadores para el expendio de combustibles, o unidades de suministro
- Sala de ventas, bodegas, oficinas y servicios higiénicos
- Patio de servicio
- Playa de estacionamientos
- Accesos

Las instalaciones cuentan además con:

- Tuberías entre los estanques y los surtidores de combustible;
- Respiradores para venteo de vapores (gases) generados en los estanques de almacenamiento de combustibles;
- Sistemas de recuperación de vapores (en estaciones de servicio modernas); y
- Cámaras separadoras de sólidos, aceites y grasas, para el control de los efluentes que se vierten al sistema de alcantarillado.

Adicionalmente, existen algunos servicios anexos como el servicio de lavado, mantención y en algunos casos, venta de comida y bebestibles.

Según antecedentes obtenidos en el RETC, ninguna de las empresas de la comuna clasificadas en este rubro, declara sus emisiones en este sistema.

### **C. ANTECEDENTES GENERALES SOBRE CALIDAD DE AIRE Y METEOROLOGÍA DE LA COMUNA DE CORONEL**

En la zona de estudio conviven un número importante de fuentes de contaminación que afectan de manera directa o indirecta a las diferentes matrices ambientales, bajo esta hipótesis, es posible que, por ejemplo, emisiones atmosféricas impacten en la calidad del suelo no tan solo en la zona circundante inmediata donde ocurren las emisiones, sino que también pueden ocurrir por el transporte y decantación de sustancias hacia zonas viento arriba, depositándose en áreas alejadas.

Esta información, podría corroborarse analizando la composición físico química del material particulado  $MP_{10}$  y  $MP_{2,5}$ , sin embargo, hasta el momento de la elaboración de este estudio, no se contaba con dicha información en la comuna. Recién durante el este año 2017, se pretende licitar un estudio que entregue esta información.

Sin desmedro de lo anterior, y para poder relacionar en forma cualitativa la contaminación atmosférica con la de suelo, y entender en qué direcciones se transportarían los contaminantes atmosféricos, los cuáles en algún momento podrían decantar y caer al suelo, se realizará una descripción de la calidad del aire de la comuna, y de su meteorología.

#### **▪ CALIDAD DE AIRE**

El año 2015, Coronel, en conjunto con otras comunas del Gran Concepción, fue declarada Zona Saturada por material particulado fino respirable  $MP_{2,5}$ <sup>7</sup>. Declaración que se realizó con posterioridad a la declaración de Zona de Latencia por material particulado  $MP_{10}$  (D.S. N°41 de 2006 de MINSEGPRES). El anteproyecto del Plan de Descontaminación aún se encuentra en elaboración.

La declaración de Zona Saturada se realizó con los antecedentes obtenidos del documento "Informe Técnico Antecedentes para Declaración de Zona Saturada por Norma Diaria de  $MP_{2,5}$  en Concepción Metropolitano"<sup>8</sup>. Según el informe, el principal problema de la calidad del aire es por las concentraciones de material particulado, que corresponden en gran medida a emisiones de fuentes de áreas y secundariamente a fuentes puntuales. Según el inventario de emisiones atmosféricas del 2013, la distribución de emisiones de contaminantes proviene principalmente de las siguientes fuentes (Tabla 6):

---

<sup>7</sup> La Norma que regula al  $MP_{2,5}$  corresponde al D.S. N°12 del año 2011 del Ministerio del Medio Ambiente que Establece Norma Primaria de Calidad Ambiental para Material Particulado Fino Respirable  $MP_{2,5}$ . Los valores de concentración de  $MP_{2,5}$  que establece la Norma son: veinte microgramos por metro cúbico ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) como concentración anual, y cincuenta microgramos por metro cúbico ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), como concentración de 24 horas.

<sup>8</sup> Antecedentes para Declaración de Zona Saturada por Norma Diaria de  $MP_{2,5}$  en Concepción Metropolitano. SEREMI Medio Ambiente Región del Biobío. Febrero 2015. Concepción.

Tabla 6. Distribución de emisiones en Concepción Metropolitana.

| Fuentes  | Material particulado fino (MP <sub>2,5</sub> ) | Material particulado (MP <sub>10</sub> ) | Compuestos orgánicos volátiles (COVs) | Amoniaco (NH <sub>3</sub> ) | Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) | Óxido de Nitrógeno | Dióxido de carbono (CO) |
|--|--|--|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------|-------------------------|
| Fuentes puntuales o estacionarias (ejemplo: industrias)  | 31%  | 32%                                      | 0,1%                                  | 8%                          | 70%                                  | 26%                | 55%                     |
| Fuentes de área (fuentes pequeñas, numerosa y dispersas, ejemplo: uso de madera para calentar estufas) | 67%  | 60%                                      | 100%                                  | 90%                         | 1%                                   | 2%                 | 26%                     |
| Fuentes móviles (por ejemplo autos, buses, camiones)   | 2%   | 2%                                       | 0,1%                                  | 2%                          | 30%                                  | 71%                | 19%                     |
| Total  | 100%   | 100%                                     | 100%                                  | 100%                        | 100%                                 | 100%               | 100%                    |

Fuente: SEREMI Medio Ambiente Región del Biobío. Febrero 2015.

De acuerdo a la información oficial con que se declaró zona saturada, los eventos de contaminación se relacionan a las causas principales que plantea la ciudadanía: por quema de leña, por fuentes industriales que están tanto en la comuna como en zonas cercanas, así como por las faenas forestales y material resuspendido producido por actividades ubicadas cerca de zonas residenciales, como el puerto Coronel.

#### ▪ METEOROLOGÍA<sup>9</sup>

Las condiciones meteorológicas influyen fuertemente en la calidad del aire, pudiendo dispersar o concentrar los contaminantes, o arrastrar la contaminación urbana hasta áreas circundantes. Las variables meteorológicas dirección y velocidad del viento, permiten estimar el área de influencia de una fuente que emite contaminantes al aire. Asimismo, la temperatura también se considera una variable relevante, pues a mayor temperatura, aumenta la energía cinética de las partículas emitidas aumentando el área de influencia, mientras que a menor temperatura se beneficia el estancamiento y el incremento en la concentración de contaminantes.

Adicionalmente, la dirección y velocidad del viento inciden en la migración de contaminantes desde y hacia el suelo, asociado a la resuspensión, por erosión eólica, del material particulado depositado. Para la estimación de este tipo de emisiones y otras actividades la US EPA ha desarrollado el "Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP 42"<sup>10</sup> que permite, mediante cálculos simples, estimar factores y tasas de

<sup>9</sup> Capítulo VII: El Aire, Octava Región del Biobío

<sup>10</sup> Disponible en:

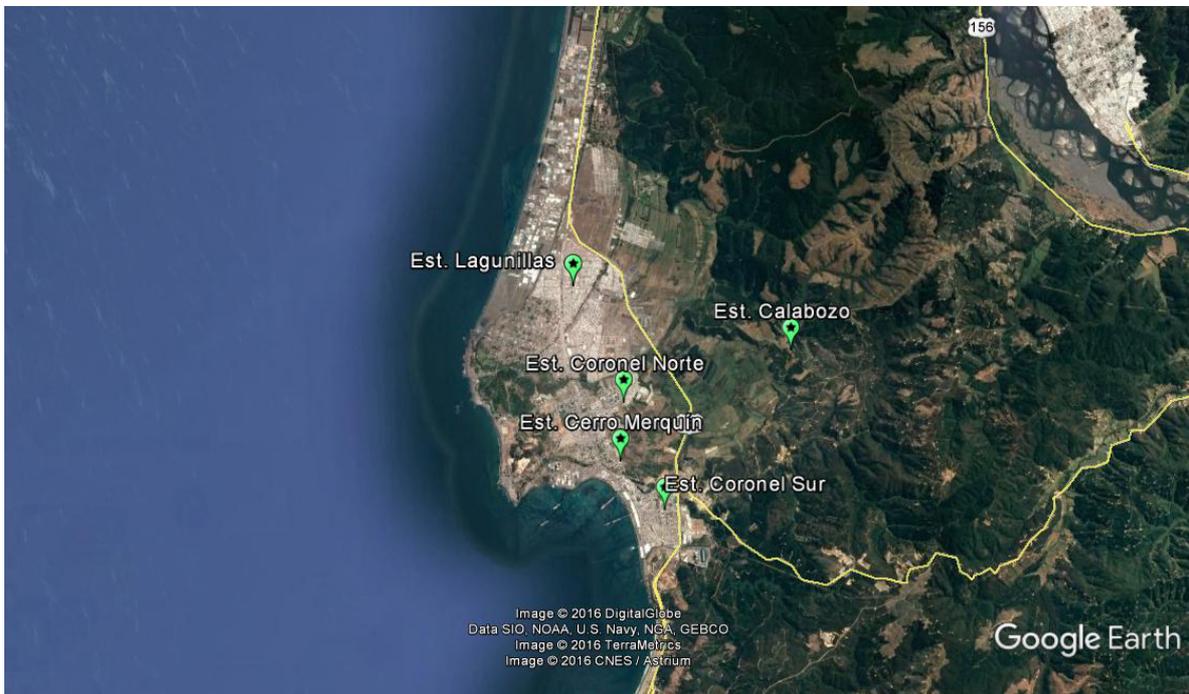
<https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emission-factors>

emisión de contaminantes. Como dato de interés se puede mencionar que en el AP-42 se ha establecido un valor de velocidad del viento de 5,4 m/s sobre el cual el suelo es erosionado producto de la acción eólica, pudiendo transformarse en una fuente de generación de material particulado.

o Estaciones meteorológicas y periodo considerado

Las estaciones de la red del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA) del Ministerio de Medio Ambiente<sup>11</sup> presentes en el área de Coronel, son, de Norte a Sur: Lagunillas, Calabozo, Coronel Norte, Cerro Merquín y Coronel Sur, cuya localización se presenta en la Figura 3.

Figura 3. Estaciones de calidad del aire presentes en la comuna de Coronel.



Fuente: Imagen obtenida de Google Earth.

Para el análisis meteorológico efectuado en este estudio, se tomó como información base los datos de temperatura, dirección y velocidad del viento del año 2015 de las estaciones Lagunillas y Coronel Sur. Los criterios de selección de dichas estaciones y periodo fueron los siguientes:

- Ambas estaciones se encuentran en zonas pobladas.
- Cercanía entre estaciones: no se espera que las variables meteorológicas cambien de manera considerable entre una u otra estación dentro de la comuna de Coronel, por lo que se seleccionaron las estaciones de los extremos.

<sup>11</sup> Link de acceso: [sinca.mma.gob.cl](http://sinca.mma.gob.cl)

- Área de influencia: la estación Lagunillas es la más cercana al área industrial de la zona norte de Coronel por lo que se considera representativa de esa zona, mientras que la estación Coronel Sur está en una zona poblada y fuertemente influenciada por la actividad portuaria de la comuna.
- Completitud de datos para el año 2015.

A continuación, se presenta información relevante sobre las estaciones seleccionadas para la obtención de los datos.

Tabla 7. Información de estaciones de calidad del aire seleccionadas para análisis meteorológico.

| Estación    | Propietario  | Coordenadas UTM     | Estación Monitora con Representatividad Poblacional <sup>12</sup>             | Parámetros Contaminantes  | Parámetros meteorológicos   |
|-------------|--------------|---------------------|---|---|---|
| Lagunillas  | Endesa Chile | 663786E<br>5905329N | MP <sub>10</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> ,<br>CO y O <sub>3</sub> | SO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>2</sub> ,<br>CO, O <sub>3</sub> , MP <sub>10</sub> y<br>MP <sub>2,5</sub>     | Radiación<br>presión,<br>precipitación,<br>humedad<br>relativa,<br>temperatura,<br>dirección y<br>velocidad del<br>viento |
| Coronel Sur | Colbún S.A.  | 665556E<br>5899980N | Sin<br>representatividad  | SO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>2</sub> ,<br>CO, O <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> ,<br>MP <sub>10</sub> y HCT | Radiación<br>presión,<br>precipitación,<br>humedad<br>relativa,<br>temperatura,<br>dirección y<br>velocidad del<br>viento |

Fuente: SINCA, 2016

o Evaluación variable temperatura<sup>13</sup>

La concentración de los contaminantes atmosféricos depende fundamentalmente de las condiciones de dispersión de la atmósfera.

La dispersión, es decir, el transporte de los contaminantes en el aire depende del estado de la atmósfera y de las condiciones meteorológicas. Diferentes tipos de fenómenos de dispersión de los contaminantes provocan bien acumulación en zonas próximas a los fuentes de emisión o transporte de los mismos a zonas más o menos alejadas.

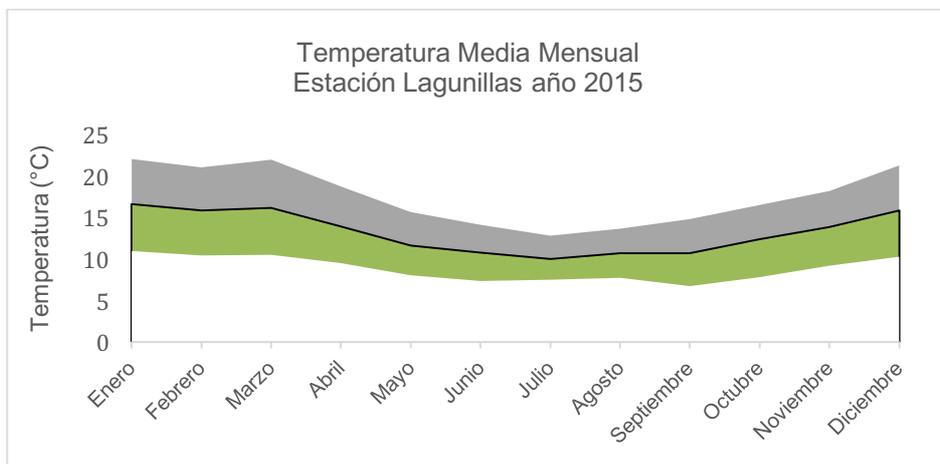
<sup>12</sup> Estación Monitora con Representatividad Poblacional para gases o partículas según lo que establece cada una de las Normas primarias de calidad del aire.

<sup>13</sup> <http://www.bvsde.paho.org>

La estabilidad atmosférica dificulta la dispersión de los contaminantes y, en consecuencia, contribuye a la acumulación de los mismos cerca de las fuentes emisoras. Las inversiones térmicas constituyen el caso más representativo de estabilidad atmosférica. El aire caliente se eleva en la atmósfera porque es menos denso y, por lo tanto, más flotante que el aire frío por encima de ella. Las inversiones funcionan como una tapa atmosférica o manta. Este efecto asfixiante atrapa los contaminantes del aire y permite que sus concentraciones aumenten.

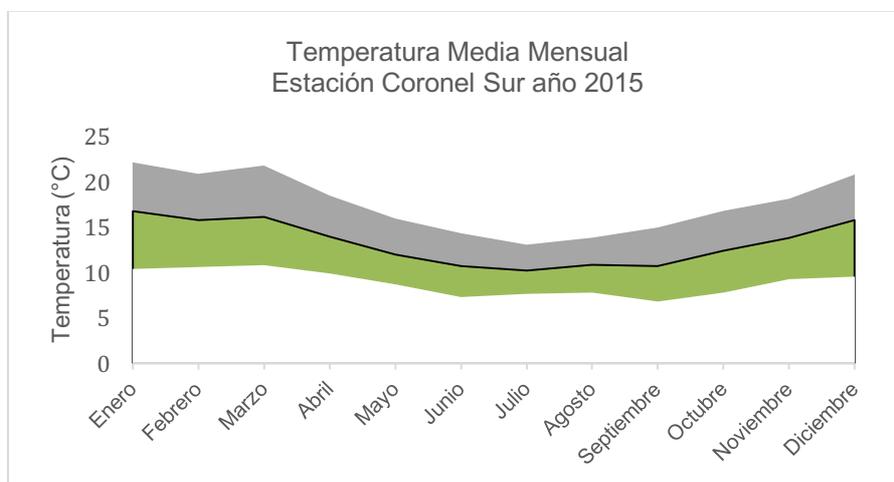
Los gráficos que se muestran a continuación (Figura 4 y Figura 5) contienen los resultados obtenidos para temperatura ambiente en las estaciones Lagunillas y Coronel Sur respectivamente. Los datos corresponden a promedios mensuales (línea negra), los bordes inferior y superior corresponden a promedios de temperaturas mínimas y máximas respectivamente.

Figura 4. Temperatura Media Mensual Estación Lagunillas año 2015



Nota: promedios mensuales (línea negra), los bordes inferior y superior corresponden a promedios de temperaturas mínimas y máximas respectivamente.

Figura 5. Temperatura Media Mensual Estación Coronel Sur año 2015



Nota: promedios mensuales (línea negra), los bordes inferior y superior corresponden a promedios de temperaturas mínimas y máximas respectivamente.

En términos de contaminación, en las estaciones de verano y otoño se dan las condiciones más desfavorables para la dispersión de contaminantes, debido a que en estas épocas los vientos son más débiles, hay un aumento en las temperaturas en el día y una disminución de las precipitaciones. Esta situación, podría contribuir en la contaminación del suelo, debido a que parte de esa contaminación podría precipitar. Este supuesto, sólo puede corroborarse si se analiza la caracterización físico química del material particulado de la comuna, que hasta el término de esta consultoría no existía, sin embargo, según información entregada por la contraparte técnica de este estudio, durante este año 2017, se licitará un estudio de contaminación atmosférica, que entre otras cosas realizará una caracterización físico química del material particulado de la comuna de Coronel.

○ Evaluación variables dirección y velocidad del viento

Existe una relación evidente entre la intensidad del viento y los niveles de concentraciones de los contaminantes. La dispersión de los contaminantes aumenta con la velocidad y la turbulencia del viento.

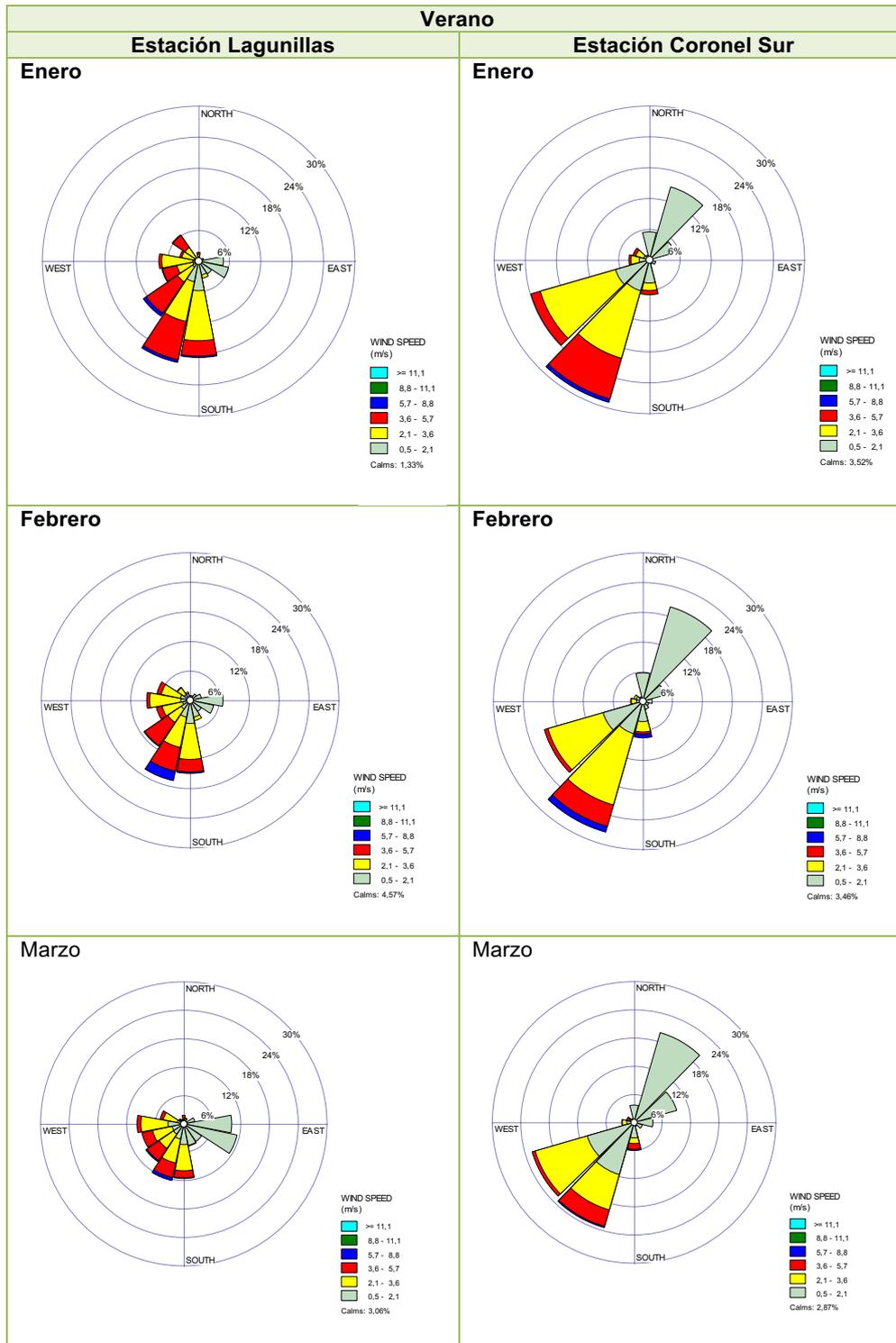
Con los datos de dirección y velocidad del viento provenientes de las estaciones consideradas en este estudio (estaciones Lagunillas, Calabozo, Coronel Norte, Cerro Merquín y Coronel Sur), se procedió a la elaboración de rosas de viento, obteniéndose una para cada mes, para cada una de las estaciones. En figuras 6, 7, 8 y 9 se presentan estas rosas de viento por cada una de los periodos de verano, otoño, invierno y primavera..

El análisis se realiza de forma trimestral de modo de observar un comportamiento estacional de la variable viento como se indica a continuación:

- Verano: enero – febrero – marzo
- Otoño: abril – mayo – junio
- Invierno: julio – agosto – septiembre
- Primavera : octubre – noviembre – diciembre

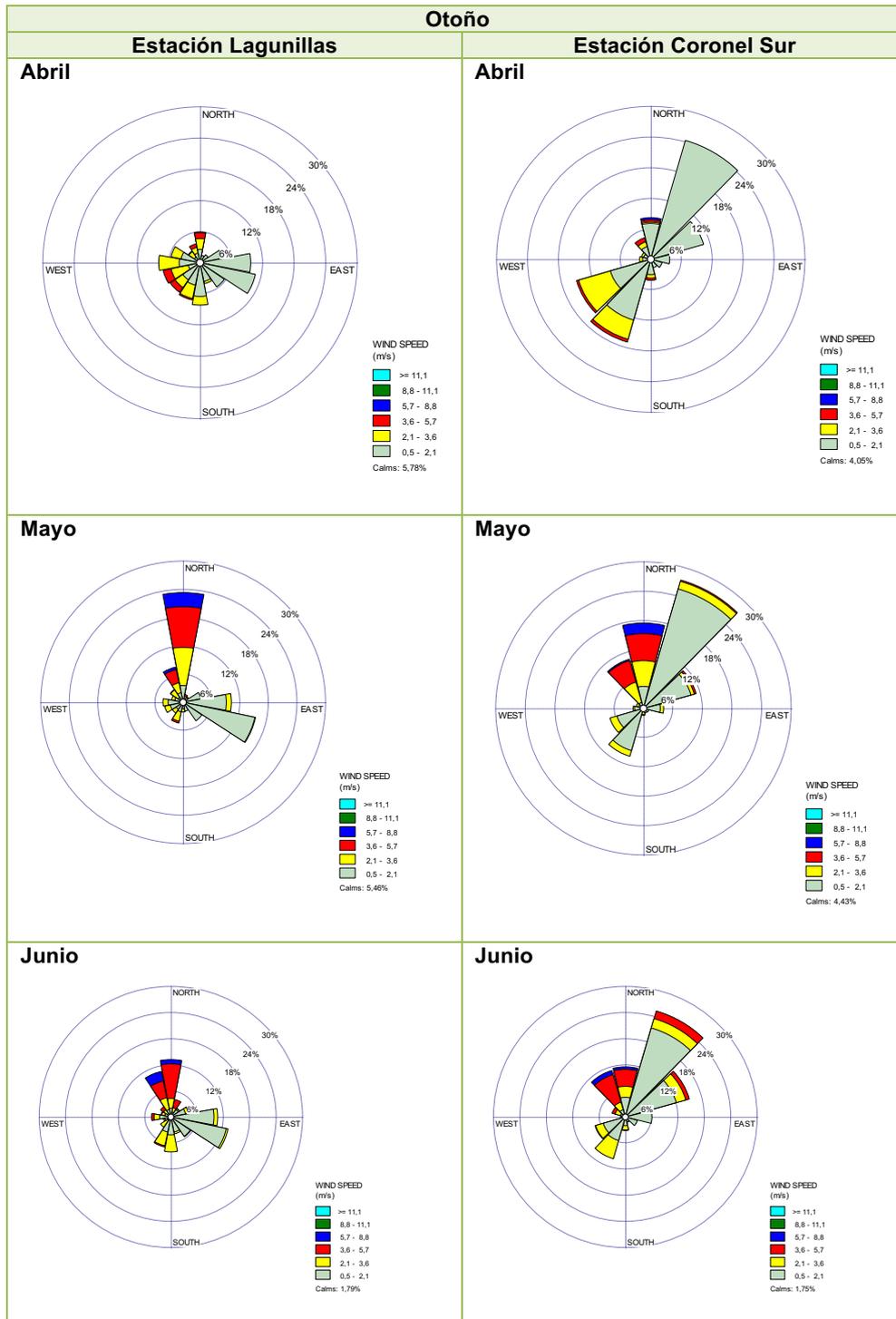
Para el periodo **verano**, se observa una predominancia suroeste, en estación Lagunillas. En Coronel Sur también se observa el mismo comportamiento, pero en esta última se observa también una componente noreste, aunque con vientos de menor intensidad. En base a lo anterior, en época de verano la comuna de Coronel estaría siendo afectada por las emisiones del borde costero, así como también por la influencia del aire marino que ayudaría a ventilar la comuna.

Figura 6. Rosas de vientos periodo enero – febrero – marzo, año 2015.



En la época de **otoño**, se observa como el viento cambia en estación Lagunillas con respecto al periodo anterior, tomando preponderancia la componente norte, y en menor grado la componente este. En Coronel Sur, toma importancia la componente norte y noreste. Ambas estaciones indican que en este periodo, se estaría recibiendo una fuerte influencia de lo que ocurre en Concepción.

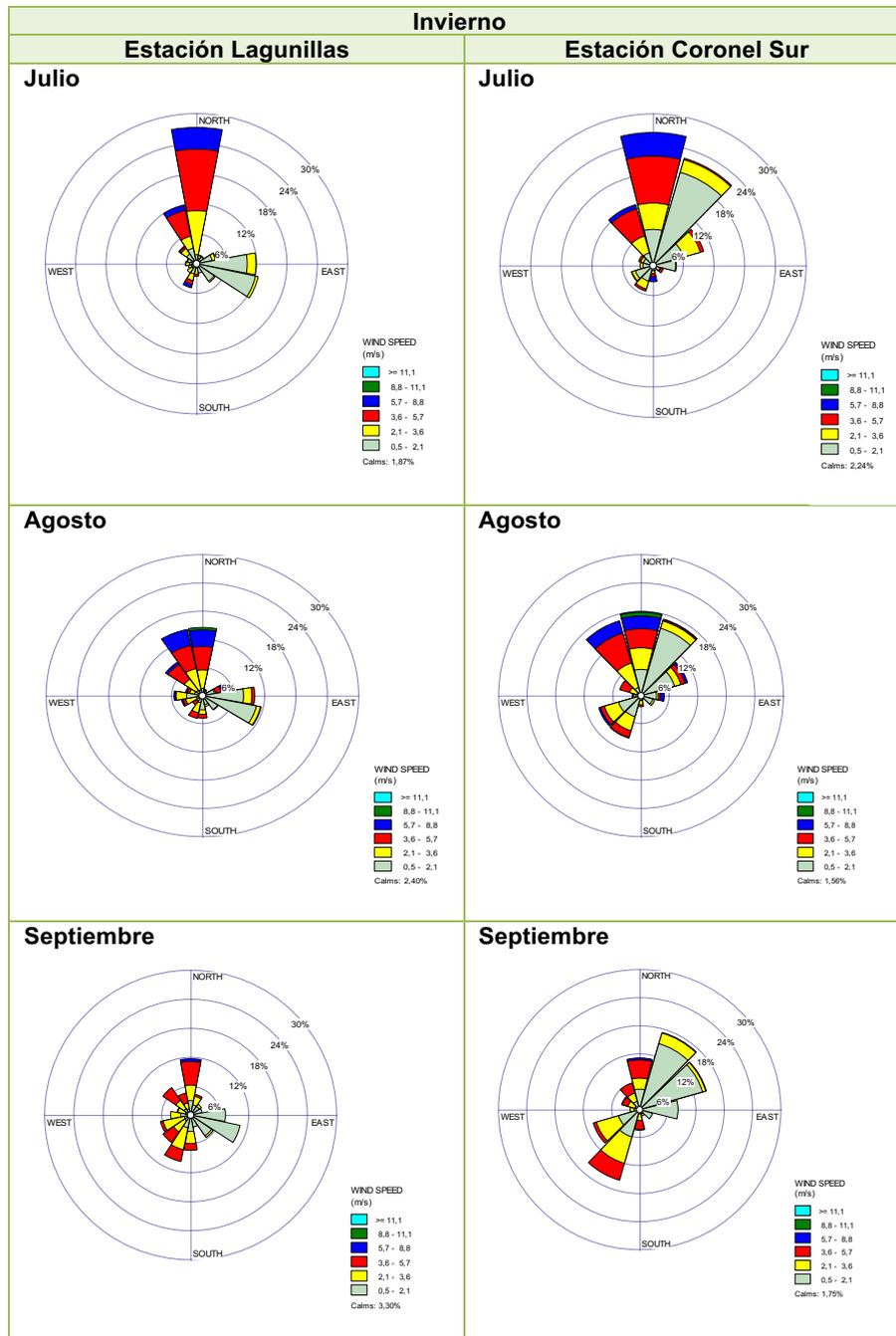
Figura 7. Rosas de vientos rosas de vientos periodo abril – mayo – junio, año 2015.



Durante el **invierno**, en estación Lagunillas, se observa una predominancia norte este (esta última con vientos de menor intensidad), en septiembre se observa un periodo de inestabilidad propia del cambio de estación fría a estación cálida, con bajas frecuencias y sin una componente predominante. En Coronel Sur, la predominancia en julio y agosto es entre noroeste y noreste, en septiembre prácticamente desaparece la componente noroeste y comienza una fuerte influencia suroeste, similar a lo que se observa en verano. En general, se observa que durante los meses de julio y agosto se

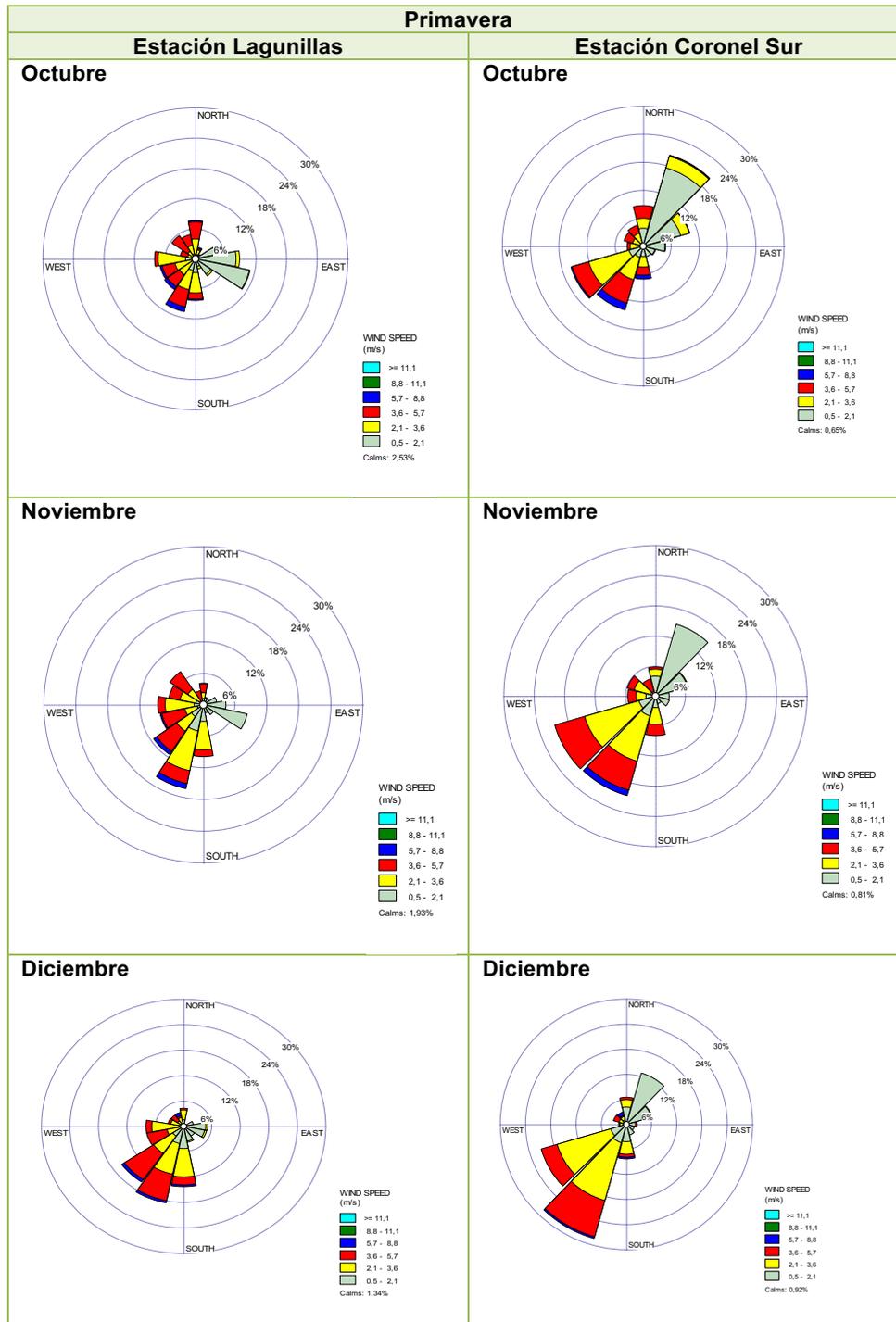
mantiene aún una fuerte influencia de lo que ocurre en Concepción, y ya hacia la primavera se comienza a observar nuevamente la influencia del entorno costero sobre la comuna.

Figura 8. Rosas de vientos periodo julio – agosto – septiembre, año 2015.



Finalmente, para la época de **primavera**, se observa heterogeneidad en el comportamiento del viento, para llegar a diciembre con un comportamiento similar al que se observa en el periodo de verano.

Figura 9. Rosas de vientos periodo octubre - noviembre – diciembre, año 2015.



▪ **CONSIDERACIONES DE RELEVANCIA RESPECTO A LA CALIDAD DE AIRE Y METEOROLOGÍA DE LA COMUNA DE CORONEL**

En cuanto a la calidad del aire, el principal problema de la comuna de Coronel, en conjunto con otras comunas del Gran Concepción, es la presencia de material particulado fino en concentraciones superiores a lo establecido en la normativa nacional, producto, en gran medida, a emisiones de fuentes de área (fuentes

pequeñas, numerosas y dispersas, por ejemplo: uso de madera para calentar estufas) y secundariamente a fuentes puntuales. El  $MP_{2,5}$  por su tamaño, puede transportarse grandes distancias, acumulando en el camino otros contaminantes, lo que podría aumentar su toxicidad y su tamaño, lo cual indicaría que podría decantar al suelo.

En verano y otoño se dan las condiciones más desfavorables para la dispersión de contaminantes, debido a que en estas épocas los vientos son más débiles, hay un aumento en las temperaturas en el día y hay una disminución de las precipitaciones. Esta situación podría contribuir en la contaminación del suelo, debido a que parte de esa contaminación podría precipitar.

La anterior información se podrá corroborar una vez que se cuente con un estudio de caracterización físico química del material particulado y/o con mediciones de material particulado sedimentable.

### 7.1.2.2 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PRIMARIA

#### A. IDENTIFICACIÓN DE ACTORES CLAVE

En la Tabla 8, se presenta un resumen por sector del número de actores y en el Anexo 1 se encuentra el listado completo de los actores claves validados por la contraparte técnica.

Tabla 8. Actores claves validados por sector.

| Sector                    | Nº de Representantes | Entrevistados          |
|---------------------------|----------------------|------------------------|
| Sociedad civil            | 7                    | 8                      |
| Productivo local          | 5                    | 1                      |
| Productivo empresarial    | 20                   | 14                     |
| Instituciones públicas    | 15                   | 14                     |
| Educativo                 | 17                   | 3                      |
| Académicos                | 15                   | 3                      |
| <b>Total Seleccionado</b> | <b>79</b>            | <b>43<sup>14</sup></b> |

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, de esta tabla se observa que se concretaron entrevistas con 43 de los 79 actores identificados inicialmente.

#### B. DISEÑO Y APLICACIÓN DEL CUESTIONARIO ESPECÍFICO SOBRE FUENTES A ACTORES CLAVES

El cuestionario diseñado y validado por la contraparte técnica, se presenta en Anexo 3. Los resultados de las entrevistas fueron tabulados en un archivo Excel denominado

<sup>14</sup> Hubo dos encuestas que no fueron 100% completadas, y donde los entrevistados correspondían a la sociedad civil.

Anexo 4 (Digital) “Resultados encuestas actores claves.xlsx” que se presenta como un anexo digital complementario a este reporte.

Se presentan a continuación los principales resultados de los cuestionarios aplicados a los actores claves, como las potenciales fuentes contaminantes y las características demográficas de los 43 entrevistados (se considera además la información de los otros 2 entrevistados de la sociedad civil), junto a información adicional sobre la percepción de salud asociada a la contaminación.

▪ **INFORMACIÓN SOBRE FUENTES DE EMISIÓN EN CORONEL Y SUS CONTAMINANTES DE INTERÉS IDENTIFICADAS A TRAVÉS DE ENTREVISTAS**

En las entrevistas se hizo mención a 70 potenciales fuentes contaminantes, de estas, 30 ya habían sido identificadas previamente a partir de la revisión de información secundaria, y 40 corresponden a nuevas fuentes de emisión mencionadas en las entrevistas y que no contaban con registro en los sistemas formales y oficiales de control. Para cada una de estas fuentes se hizo una revisión sobre su localización y existencia a partir de imágenes satelitales y /o visitas a terreno.

El listado de fuentes emanadas de las entrevistas, fue incluida en la hoja “fuentes finales” de la planilla “Anexo 5. Planilla Fuentes IA.xlsx” que se presenta como un anexo digital complementario a este reporte. En dicha hoja se indica si la potencial fuente contaminantes fue identificada a través de las entrevistas o no, identificándose en el campo “entrevistas” un “1” o “0” respectivamente.

El 100% de los entrevistados declara conocer las actividades de las fuentes que identifica como contaminantes en la comuna de Coronel. Entre los contaminantes liberados al medio ambiente, se reconocen:

- Partículas: 88,8%
- Residuos de cualquier tipo: 77,7%
- Gases: 73,3%
- Metales: 57,7%
- Hidrocarburos: 55,5%
- Plaguicidas: 17,7%
- Otros contaminantes: 28,8%, destacándose los olores, ruidos, retardantes de llama usados en control de incendios.

Por otra parte, entre las personas entrevistadas, el 64,4% identifica que el suelo es una matriz afectada por la contaminación, otras matrices afectadas son: aire (93,3%), mar (77,7%), aguas subterráneas (51,1%), aguas superficiales (55%), agua de la red pública (26,6%) y otros (9%); entre éstos se destacan flora y fauna silvestre, recursos hidrobiológicos, humedales y bentos.

▪ **CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS**

La edad promedio de los entrevistados fue de 47,3 años (Mediana 48 años), con un rango entre 26 y 70 años. La distribución por sexo muestra que el 66,6% de los

entrevistados son hombres; 33,3% son mujeres. Estos entrevistados tienen un promedio de 18,5 años de escolaridad aprobados, con un rango de 8 a 26 años.

Entre las personas que fueron entrevistadas, el 40% corresponde a profesionales de los sectores públicos, 38% fueron representantes, profesionales o académicos de instituciones privadas y 18% corresponden a representantes de la sociedad civil. Sólo dos personas (4%) participaron como ciudadanos que no representan a ningún sector en particular.

Las personas entrevistadas - seleccionadas del listado de actores del CRAS y de instituciones educacionales y académicas que en su totalidad trabajan en Coronel - residen principalmente en la comuna de San Pedro (36%) y Coronel (29%), 27% vive en Concepción y sólo un 8% vive en otras comunas (Hualpén, Chiguayante y Talcahuano).

▪ **PERCEPCIÓN DE RIESGOS ASOCIADOS A LA CONTAMINACIÓN, SEGÚN LO RECOPIADO EN LAS ENTREVISTAS**

El 93,3% de los entrevistados identifica que hay contaminación en Coronel (esta pregunta es la N°2 “¿Considera usted que hay contaminación en la comuna de Coronel?” tenía como respuestas las alternativas “sí”, “no”, “no se” y “no contesta”); entendiéndose contaminación, principalmente, como la excedencia en el ambiente de agentes que sobrepasan una norma.

El 100% cree conocer las diversas actividades que desarrollan las fuentes de emisión. Entre los entrevistados, el 63,3% identifica que otras personas han visto afectada su salud por la contaminación.

**C. VISITAS INSPECTIVAS A POSIBLES FUENTES CONTAMINANTES E IDENTIFICACIÓN DE FUENTES ADICIONALES**

Entre septiembre a la fecha se efectuaron diversas visitas de reconocimiento, evaluación e identificación de fuentes en los sectores Parque Industrial Coronel, Parque Industrial Escuadrón 1 y 2, inmediaciones Puerto Coronel, pesqueras adyacentes al Puerto de Coronel, Puerto Cabo Froward, madereras asociadas a Puerto Cabo Froward, termoeléctricas Boca Mina y Santa María, sector adyacente a ruta 160 frente a Parque Industrial Escuadrón, entre otros sectores de interés.

A continuación, en Figura 10 se presentan algunas fotografías de los sectores visitados.

Figura 10. Fotografías tomadas en algunas de las visitas efectuadas al área de estudio

|  |  |
|--|--|
|  <p>14.09.2016 10:19</p> | <p>Cerro San Francisco con Juan Antonio Rios</p> <p>Fecha: 14.09.2016<br/>36°58'45.28"S<br/>73° 9'46.06"O</p>  |
|                         | <p>Vista Este de Parque Industrial Coronel y área residencial. Se observan vertederos clandestinos, destacados en circunferencia color rojo.</p> <p>Fecha: 16.10.2016<br/>Coordenadas:<br/>37° 2'42.24"S<br/>73° 4'16.71"O</p> |
|                        | <p>Vista Noroeste de Parque Industrial Escuadrón y Parque Industrial Coronel.</p> <p>Fecha: 16.10.2016<br/>Coordenadas:<br/>37° 2'42.24"S<br/>73° 4'16.71"O</p>  |



Vista Sur de Parque Industrial Coronel y área residencial, Se observan vertederos clandestinos.

Fecha: 16.10.2016  
Coordenadas:  
37° 2'42.24"S  
73° 4'16.71"O



Vista noroeste Coronel análisis de planta extracción de áridos y otras fuentes.

Fecha: 17.10.2016  
Coordenadas:  
37° 2'42.24"S  
73° 4'16.71"O



Caleta Lo Rojas

Fecha: 18.11.2016  
37° 1'27.10"S  
73° 9'24.45"O



Cruce en ruta 160 e ingreso a parque industrial Escuadron 2

Fecha: 24.11.2016  
36°56'41.47"S  
73° 9'16.19"O

A partir de las visitas a terreno, fue posible identificar y confirmar la presencia de las fuentes contaminantes previamente obtenidas/informadas, identificar sus instalaciones principales, condiciones de operación, definir zonas de interés en términos de exposición de la comuna, entre otros aspectos.

Respecto a la identificación, a través de las visitas se definieron un total de 65 fuentes adicionales a las que habían sido identificadas en los sistemas formales y oficiales de control, y a las que habían sido mencionadas en las entrevistas.

El listado de fuentes emanadas de las inspecciones, fue incluida en la hoja “fuentes finales” de la planilla “Anexo 5. Planilla Fuentes IA.xlsx” que se presenta como un anexo digital complementario a este reporte. En dicha hoja se indica si la potencial fuente contaminantes “Existe(ió), según revisión terreno y/o imagen satelitales” otorgando un “1” si fue identificada o confirmada por esta vía y un “0” si no lo fue.

El total de fuentes primarias, es decir, aquellas fuentes que fueron identificadas a través de las entrevistas y a través de las inspecciones son 105, como ya ha sido mencionado estas fuentes fueron incluidas en una hoja separada denominada “fuentes finales” en la planilla “Anexo 5. Planilla Fuentes IA. xlsx” que se presenta como un anexo digital complementario a este reporte. En dicha hoja se incluyen los campos vinculados con las fuentes primarias que se detallan en la tabla siguiente (entre otros campos que incluye la hoja Excel).

Tabla 9. Descripción campos de fuentes primarias de hoja Excel (Anexo 5. Planilla Fuentes IA.xlsx) con fuentes finales

| Campo   |   | Descripción   | Información para completar campos  |
|---|---|---|--|
| Información<br>1ria.<br>(Levantada<br>Proyecto) | Entrevistas   | Si la fuente fue identificada a través de las entrevistas   | 1: Fuente Si fue identificada por las entrevistas<br>0: Fuente No fue identificada por las entrevistas                 |
|   | Existe(ió), según revisión terreno y/o imagen satelital | Si la fuente fue identificada o corroborada a través de la revisión en terreno y/o imagen satelital | 1: Fuente Si fue revisada en terreno y/o imagen satelital<br>0: Fuente No fue revisada en terreno y/o imagen satelital |
|   | En operación en la actualidad                           | Si la fuente identificada se encuentra en operación en la actualidad                                | 1: Fuente Si se encuentra en operación<br>0: Fuente No se encuentra en operación                                       |

Fuente: Elaboración propia.

### 7.1.3 ACTIVIDAD 3: SISTEMATIZAR LA INFORMACIÓN RECOPIADA

#### A. FUENTES DE EMISIÓN A PARTIR DE INFORMACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA

La información recolectada se presenta sistematizada en dos formatos:

- Planilla Excel denominada “Anexo 5. Planilla Fuentes IA.xlsx” que se presenta como un anexo digital complementario a este reporte.
- Las fuentes de emisión identificadas fueron digitalizadas en el software ArcGIS para generar un shapefile que se presenta en Anexo 7 como un anexo digital complementario a este reporte.

En la hoja denominada “fuentes finales” en la planilla “Anexo 5. Planilla Fuentes IA.xlsx”, se incluyen algunos campos vinculados con las fuentes identificadas a través de información secundaria y a través de información primaria, los que ya han sido descritos. Además se incluye información sobre:

- **Características Generales:** Identificación (ID), titular, Nombre común (NC), rubro, observaciones y RUT
- **Tipo de Fuente:** Puntual o difusa
- **Potenciales emisiones:** Gases y/o partículas por quema o resuspensión, RILes, Residuos asimilables a domiciliarios y/o Residuos industriales sólidos
- **Potenciales componentes ambientales impactados:** Aire, Agua subterránea, Agua superficial, Agua marina y/o Suelo
- **Potenciales contaminantes emitidos:** Metales, Hidrocarburos derivados de petróleo, Aditivos químicos
- **Localización y forma:** Forma (punto o polígono), Dirección, Latitud y Longitud (corregidas)

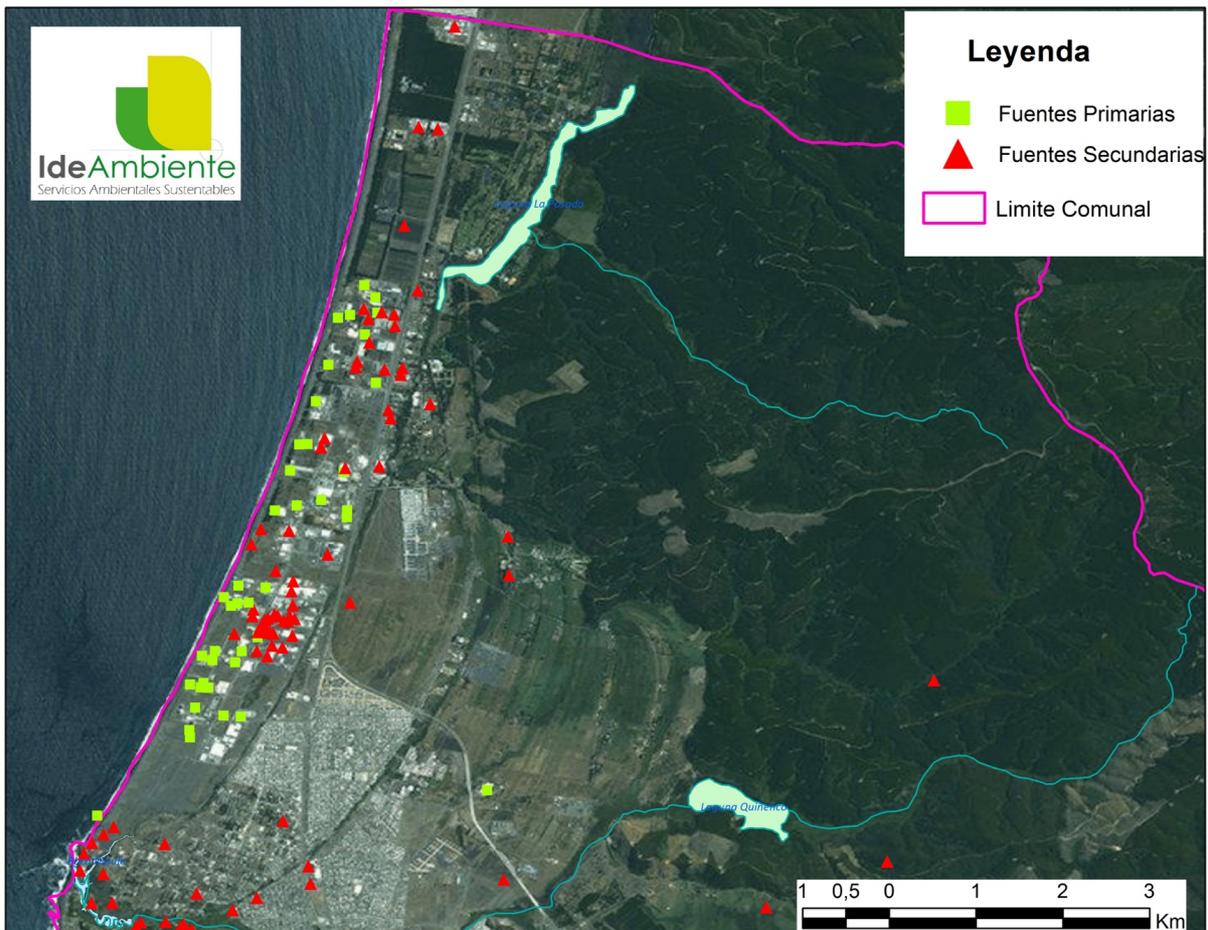
Cabe indicar respecto a la información antes listada que se incluyó en la planilla Excel sobre cada una de las fuentes, que las potenciales emisiones, los potenciales contaminantes emitidos, y los potenciales componentes impactados, fueron seleccionados en función del rubro en el que fue clasificada cada fuente (basado en información presentada en el capítulo 7.1.2.1, letra B, del presente estudio, pags. 40 a 51) y las observaciones efectuadas en las visitas a terreno y lo visualizado a partir de imágenes satelitales (existencia de caldera o nó, presencia de basura en las instalaciones, de piscinas de almacenamiento, de pilas con materiales a la intemperie, entre otros aspectos). Además, en el caso de los potenciales componentes ambientales impactados, se tomó en consideración la localización de cada fuente (cercanía a borde costero, a cuerpo de agua, entre otros aspectos). De acuerdo a lo anterior, las emisiones, contaminantes, y componentes ambientales impactados asociados a cada fuente, tienen el carácter de “potencial”, pues se basan en observaciones e información teórica en gran parte de los casos.

El análisis efectuado permitió la identificación de 184 fuentes, 74 fueron identificadas a partir de antecedentes existentes o secundarios, mientras que 110 corresponden a

fuentes nuevas que existen (o existieron) y que no habían sido identificadas a partir de las fuentes de información revisadas inicialmente.

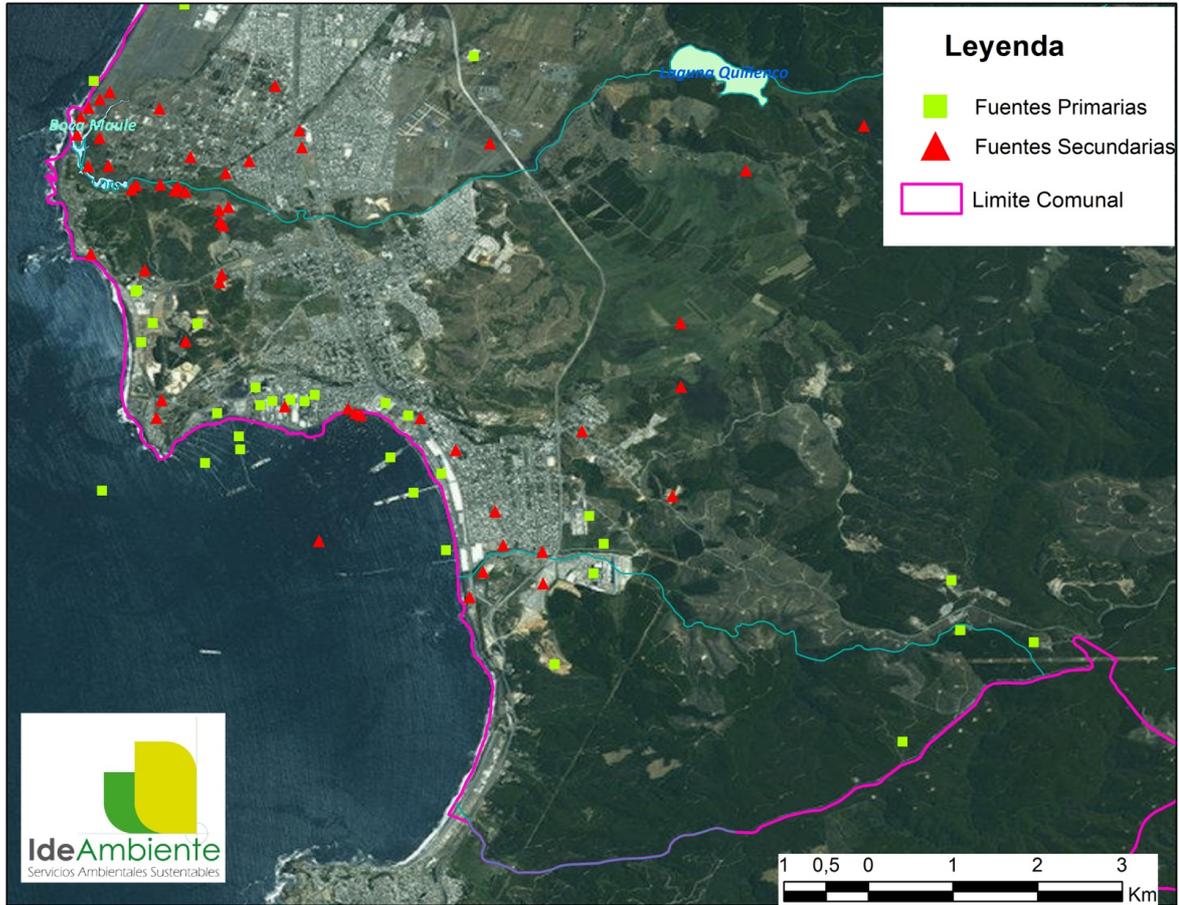
Respecto a la localización de las fuentes, en las figuras siguientes (Figuras 11 y 12) se presenta la ubicación de las fuentes de emisión puntuales identificadas en la zona norte y centro-sur de Coronel.

Figura 11. Mapa con fuentes de emisión puntuales identificadas, a partir de información primaria y secundaria, en Zona norte Coronel



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Mapa con fuentes de emisión puntuales identificadas, a partir de información primaria y secundaria, en zona sur de Coronel



Fuente: Elaboración propia.

Es posible indicar también que del total de fuentes identificadas, la mayor parte corresponde a fuentes puntuales (182 fuentes), mientras que 2 se han clasificado como fuentes difusas. Una de ellas corresponde a las plantaciones forestales localizadas al oriente de la comuna y la otra a caleta Lo Rojas, cabe indicar que ambas fueron incluidas por lo recopilado en las entrevistas y también producto de lo visualizado en terreno. Finalmente, hay 2 fuentes que aún no están en operación, aunque están declaradas en el SEA.

Por otra parte, entre las fuentes identificadas, existen 20 que actualmente no están activas o en operación, pero que sí podrían estar generando impactos ambientales, por lo tanto, si fueron catastradas. Estas fuentes corresponden en su mayoría a microbasurales (11), y a minas abandonadas (8). También se identificó un sector, cercano a media luna en el club de huasos, en el que antiguamente se extraían áridos. Cabe indicar que además hay dos fuentes del listado que no están en operación, al parecer no se construyeron.

Adicionalmente, tal como se ha comentado previamente, las fuentes identificadas se clasificaron de acuerdo a 19 rubros definidos (información presentada en el capítulo

7.1.2.1, letra B, del presente reporte). En la Tabla 10 se presenta, en orden decreciente, la cantidad de fuentes que han sido clasificadas por rubro.

Tabla 10. Número de fuentes por cada uno de los rubros definidos

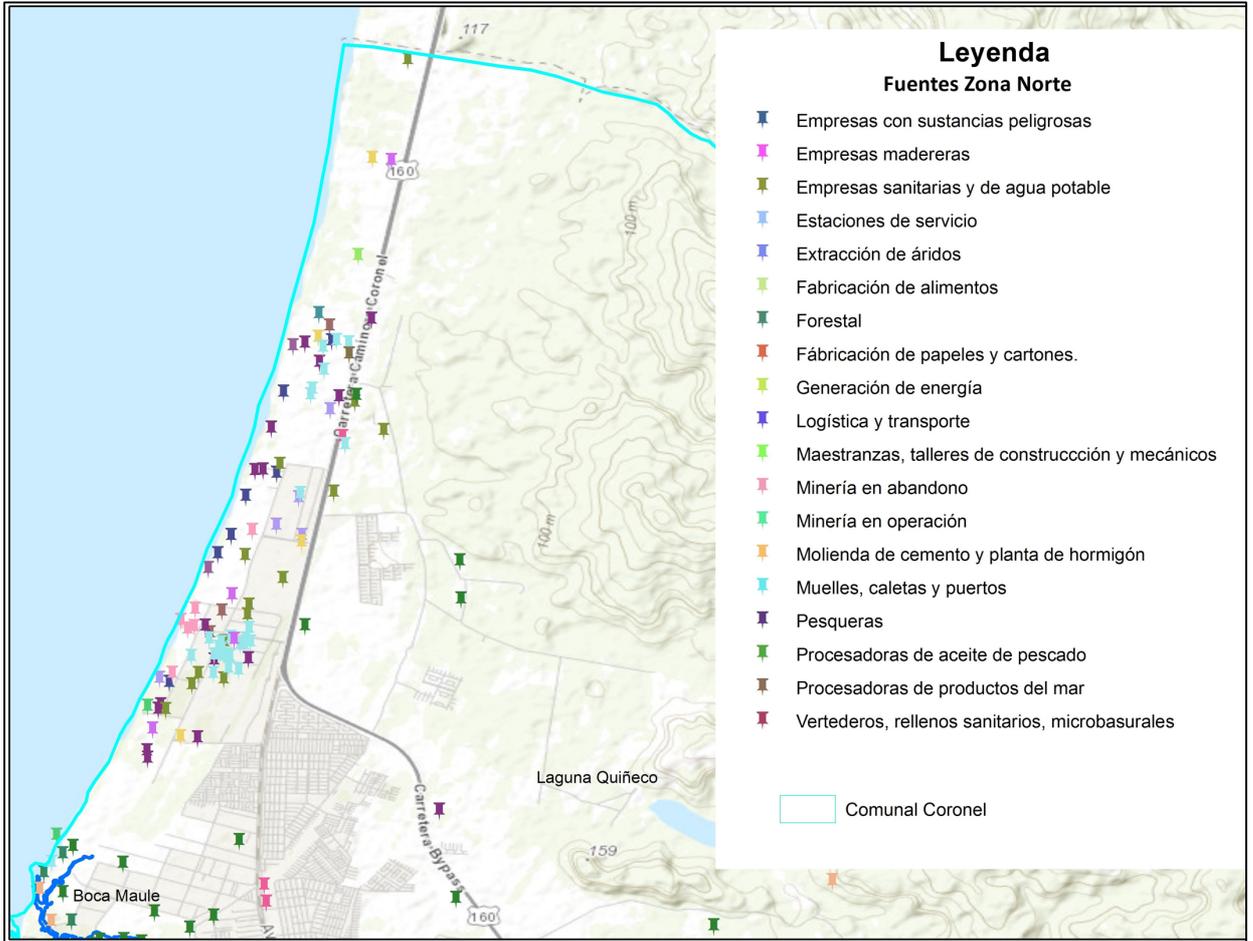
| Rubros  | Nº de fuentes |
|---|---------------|
| Vertederos, rellenos sanitarios, microbasurales   | 35            |
| Maestranzas, talleres de construcción y mecánicos | 30            |
| Empresas con sustancias peligrosas                | 17            |
| Empresas madereras                                | 17            |
| Muelles, caletas y puertos                        | 10            |
| Pesqueras   | 10            |
| Extracción de áridos                              | 8             |
| Minería en abandono                               | 8             |
| Generación de energía                             | 7             |
| Procesadoras de aceite de pescado                 | 7             |
| Estaciones de servicio                            | 6             |
| Procesadoras de productos del mar                 | 6             |
| Fabricación de alimentos                          | 6             |
| Molienda de cemento y planta de hormigón          | 5             |
| Empresas sanitarias y de agua potable             | 2             |
| Logística y Transporte                            | 4             |
| Minería en operación                              | 3             |
| Forestal  | 2             |
| Fábrica de papeles y cartones                     | 1             |
| <b>Total</b>                                      | <b>184</b>    |

Del total de 184 fuentes identificadas, la mayor parte corresponde al rubro “vertederos, rellenos sanitarios y microbasurales”, con 35 fuentes de este tipo (24 microbasurales, 5 basurales, 4 depósitos de cenizas, 1 vertedero, 1 relleno)

El segundo rubro corresponde a “maestranzas, talleres de construcción y mecánicos”, con 30 fuentes, y “empresas con sustancias peligrosas” y “empresas madereras”, ambas con 17. El resto de los rubros, cuentan con 10 fuentes o menos.

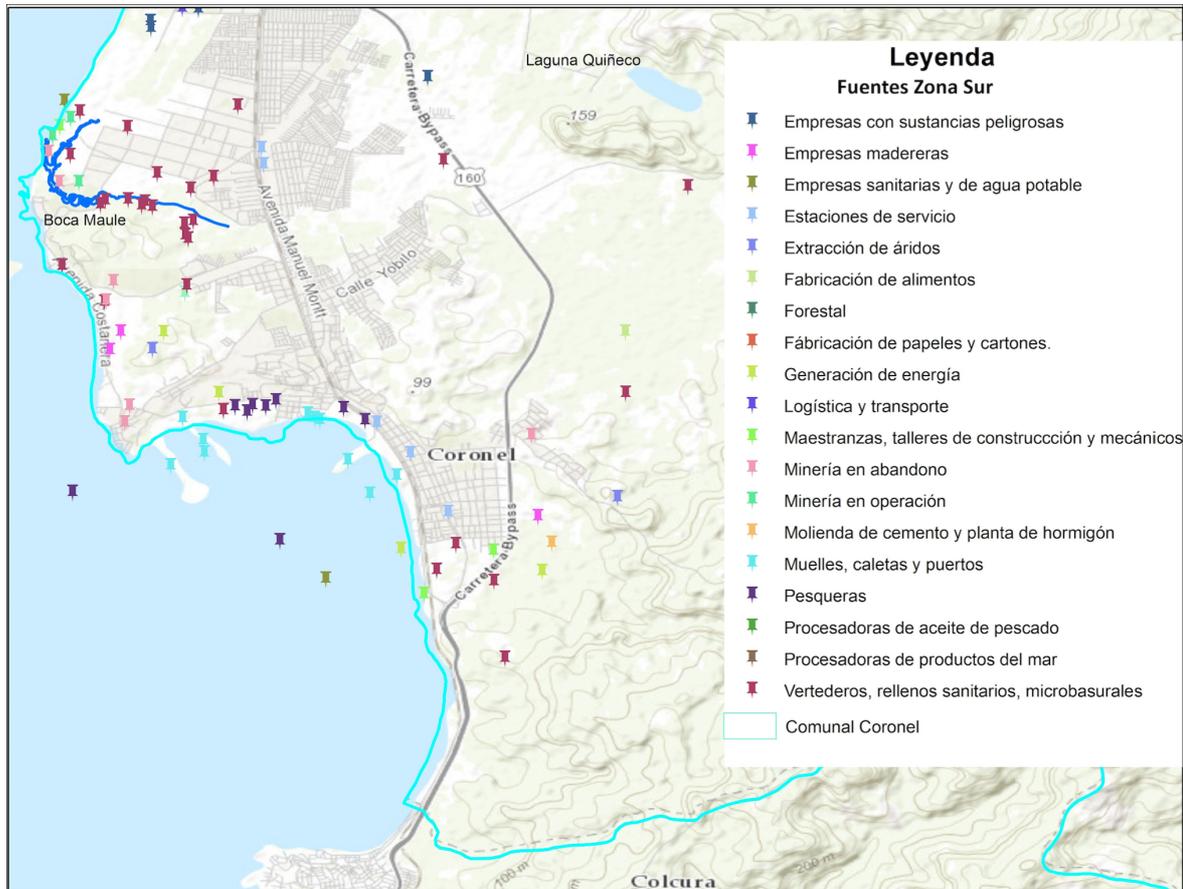
En las Figuras 13 y 14 se presenta su localización por zona.

Figura 13. Mapa con fuentes de emisión identificadas, disgregadas por rubro, en zona norte de Coronel



Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Mapa con fuentes de emisión identificadas, disgregadas por rubro, en zona sur de Coronel



Fuente: Elaboración propia.

Si se analizan las potenciales emisiones que teóricamente podrían estar generando las fuentes identificadas, de acuerdo a los rubros o tipos de procesos que existen, se obtiene lo siguiente:

Tabla 11. Potenciales emisiones generadas por fuentes identificadas

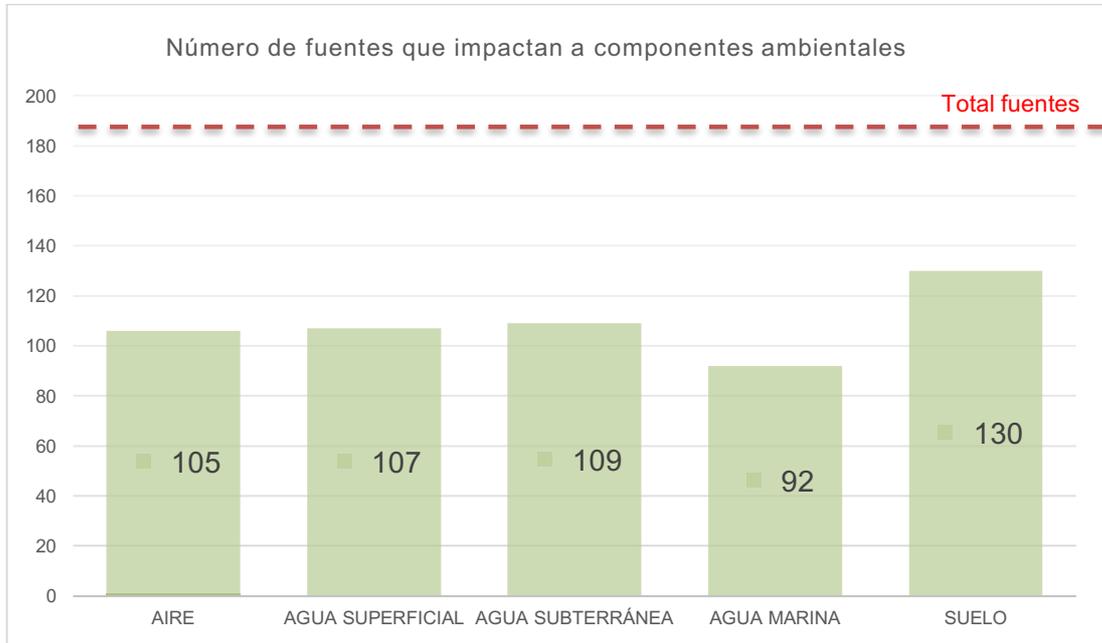
| Potenciales Emisiones                      | Nº de fuentes |
|--|---------------|
| Olores                                     | 68            |
| Gases, partículas por quema o resuspensión | 142           |
| RILes                                      | 106           |
| Residuos asimilables a domiciliarios       | 162           |
| Residuos industriales sólidos              | 164           |

De la Tabla 12 se infiere que las fuentes identificadas estarían generando principalmente residuos industriales sólidos, seguidas de residuos asimilables a domiciliarios.

Respecto a las potenciales componentes ambientales que podrían verse impactados por las fuentes identificadas, en el siguiente gráfico (Figura 15), se observan cuántas

fuentes estarían provocando impactos en cada medio, lo que se supuso o infirió bajo un enfoque conservador o de peor escenario.

Figura 15. Potenciales componentes ambientales impactados por fuentes de emisión



Fuente: Elaboración Propia.

Por otro lado, si se analizan los potenciales contaminantes que teóricamente podrían estar emitiendo las potenciales fuentes identificadas, se puede concluir que, por el tipo de procesos existentes en la comuna de Coronel, de ellas 101 podrían estar emitiendo metales al ambiente, 94 hidrocarburos derivados del petróleo, y 101 podrían estar eliminando aditivos químicos de diversa naturaleza. Cabe indicar que estas cifras posiblemente son mayores a lo que realmente emiten las fuentes identificadas. Tal como se ha mencionado previamente, se ha asumido un enfoque conservador o de peor escenario en esta materia.

En base a los antecedentes y figuras antes presentadas, es posible indicar lo siguiente para ambas zonas de Coronel:

- **Zona norte (Figuras 11 y 13):**

En esta zona se encuentra un amplio cordón industrial, el cual está compuesto por los Parques Industriales Escuadrón 1 y 2 y el Parque Industrial Coronel, cubriendo un área de extensa magnitud (700 hectáreas (há)).

Los parques industriales Escuadrón 1 y 2 presentan un significativo desarrollo de establecimientos orientados fundamentalmente a actividades industriales y de servicios vinculados a éstas. En general, se observa un desarrollo homogéneo respecto de los rubros y actividades productivas, éstas son:

- **Industrias Químicas:** Fabricación de resinas poliméricas, fenólicas, descarga, almacenamiento y formulación de sustancias químicas, plantas de galvanizado.
- **Industrias Pesqueras:** Refinadoras de aceites de pescado, procesadoras de productos del mar, almacenamiento de congelados, producción de aceites de pescado.
- **Servicios de Bodegas:** De productos inertes, sustancias químicas, etc.
- **Industria de la madera:** Almacenamiento, acondicionamiento, etc.
- Industria de generación de energía eléctrica.
- Servicios de Mantenimiento: Servicios Industriales, civiles, etc.
- Cemento y Hormigón.

El parque Industrial Coronel está situado al Sur de los parques industriales Escuadrón 1 y 2. En general, este parque industrial presenta un desarrollo heterogéneo respecto de las instalaciones que se desarrollan en él. Se pueden destacar como relevantes las actividades vinculadas a los siguientes rubros:

- Servicios comerciales (Bancos, transporte de personas, etc.).
- Servicios educativos (instituciones escolares).
- Servicios industriales (Maestranza, de obras civiles, provisión de gases industriales, pintura, arenados, granallados, etc.).
- Plantas de tratamientos de residuos.
- Servicios de bodegas.
- Servicios de logística (consolidado de cargas).
- Empresas constructoras.
- Depósitos y conservación de maderas.
- Industrias pesqueras (faena, conservación y despacho de productos del mar).
- Transporte de productos químicos.

▪ **Zona centro - sur (Figuras 12 y 14):**

En la zona centro se identifica el Humedal Boca Maule, donde se encuentra la principal fuente de emisión, ya que en su cauce se concentran zonas de microbasurales y se identifica la ubicación de pirquenes cerca de la desembocadura al mar.

Al oriente de la zona centro, se identifican actividades lecheras, fundos y vertederos de residuos en el sector de playa Negra como los principales focos de emisión, incluyendo la laguna Quiñenco debido a potenciales impactos relacionados con la actividad forestal.

En la zona centro-sur se han identificado las actividades desarrolladas por la población como un foco importante de emisión por la utilización de calefacción a leña, y la generación de residuos dispuestos en forma irregular conformando microbasurales.

Otra de las zonas industriales corresponde a la ubicada entre los barrios Maule y Puchoco, lugar en donde se han situado principalmente empresas forestales, y tanto sus faenas como el acopio de madera y astillas.

Otro sector de relevancia, corresponde al sector “Lo Rojas”, que está ubicado en la parte norte de la Bahía de Coronel, a 500 metros del centro de la ciudad, y es el que concentra el mayor número de empresas pesqueras industriales del país. La pesca industrial está representada por la flota (barcos cerqueros y arrastreros) de hasta 1.200 toneladas ([www.subpesca.cl](http://www.subpesca.cl)), que desembarcan principalmente a través de yomas flotantes, instaladas cerca de la playa, hacia las plantas elaboradoras de harina de pescado y conservas que se emplazan en el borde costero.

El último sector corresponde a El Manco, que está ubicado al sur-oriente de la ciudad, y que está consolidando un nuevo polo industrial. Adicionalmente, en este sector se localizan termoeléctricas, entre las que se encuentra la Central Térmica Bocamina, de propiedad de la compañía eléctrica Endesa y localizada en el sector de Schwager. También se encuentra el “Complejo Termoeléctrico Santa María de Coronel” de la Empresa Colbún S.A., localizado en el sector “Fundo El Manco”, al costado oriente de Centro Cívico de la ciudad de Coronel.

Otra actividad industrial que tuvo su auge en los años 60, y empezó a decaer a mediados de los años 80, es la minería del carbón. Esta actividad culmina definitivamente el año 1997. En esta comuna se ubicaron innumerables pirquenes, específicamente en la zona de Schwager y Puchoco. De acuerdo al Atlas de Faenas Mineras (Sernageomin, 2012), en Coronel se encuentran activas las siguientes minas subterráneas: Don Pedro de la empresa Carbonífera Cocke-Car Ltda y, los Pirquenes el Desagüe y La Bendición, con actividad irregular.

Por otro lado, existen tres terminales portuarios de relevancia, Puerto de Coronel (principal actividad económica es el transporte de Celulosa), Puchoco y Jureles, estos se orientan al transporte de graneles o chips, además de una concesión de puerto con transporte submarino de sustancias peligrosas.

A continuación, se presenta una Figura 16 con los sectores industriales antes mencionados.

Figura 16. Sectores Industriales y residenciales de la comuna de Coronel



Fuente: Elaboración propia

#### **7.1.4 ACTIVIDAD 4: ANALIZAR LA INFORMACIÓN RECOPIADA DE RESULTADOS DEL ESTUDIO “EVALUACIÓN DE METALES EN POBLACIÓN DE CORONEL” REALIZADO POR MINSAL**

##### **A. GENERALIDADES**

En esta sección se presenta el análisis de los documentos relativos a la “Evaluación de metales en población de Coronel”, aportados por la contraparte técnica del estudio desarrollado por la Autoridad Sanitaria.

El estudio surge debido a la gran cantidad de fuentes industriales en la comuna de Coronel. Dentro de ellas, una de las principales es la termoeléctrica Bocamina que, tras demandas, la comunidad solicitó a la Fiscalía Local de Talcahuano realizar una investigación. En ese sentido la PDI realizó un estudio para evaluar la contaminación en distintas matrices ambientales identificando ciertos elementos contaminantes (As, Cr, Zn, Hg, Pb, Cd, V, Se, Ni). En relación a ello, surge la preocupación para evaluar la salud de la población. Para ello, se realizó el estudio de población de Coronel, cuyo objetivo fue evaluar los niveles de metales pesados en la sangre y orina de escolares de 16 establecimientos educacionales de la ciudad de Coronel. El estudio está dividido en tres etapas, comenzando con la población potencialmente más vulnerable como es el caso de los niños entre 4 y 14 años, siguiendo por población general y luego trabajadores (ISP, SEREMI BIOBIO, Servicio Salud Concepción, 2014).

##### **B. DOCUMENTOS REVISADOS**

Los documentos en cuestión corresponden a los siguientes:

- i. Protocolo de Investigación. Evaluación de niveles de metales en la población general y laboral de las comunas de Coronel y Lota. Autores Instituto de Salud Pública de Chile, Secretaría Regional Ministerial de Salud Biobío y Servicio de Salud Concepción. 2014.

Este documento presenta el protocolo del estudio, sus objetivos, metodología de muestreo, análisis, plan y programa de trabajo, presupuesto que requiere el estudio, y encuestas a escolares, residente y trabajadores que serán estudiados.

Este informe fue utilizado para comprender el diseño de la investigación del MINSAL, sin embargo, dado que no está vinculado con los objetivos del presente estudio, no ha sido considerado como fuente de información relevante.

- ii. Informe Ejecutivo 1. Evaluación de Niveles de Metales en la Población Escolar de la comuna de Coronel. Estudio transversal descriptivo, Unidad de Epidemiología. Departamento de Salud Pública. SEREMI de Salud Región del Biobío. Febrero 2016.

Este documento corresponde a la descripción de los resultados desarrollados en el marco del estudio “Evaluación de metales en población de Coronel”, a continuación se

describe la población, muestra, valores de referencia, análisis descriptivo, conclusiones y anexos.

Este informe fue utilizado para comprender los resultados de la investigación del MINSAL, sin embargo, dado que no está vinculado con los objetivos del presente estudio, no ha sido considerado como fuente de información relevante.

- iii. Información de la ubicación espacial de las manzanas donde se ubican los hogares de los niños evaluados que mostraron excedencia de las concentraciones medidas de metales

Se recibieron dos bases de datos de niños, una de escolares bajo la referencia con 285 niños y una serie de variables relativas a las respuestas del cuestionario y a las mediciones realizadas en orina y plasma. Además, se recibió información de la ubicación espacial de las manzanas donde se ubican los hogares de los niños evaluados.

Si bien los documentos analizados tienen limitantes, es importante mencionar que a partir de la información mencionada, se pudo realizar una evaluación espacial general de receptores, además de ser un potencial complemento para la interpretación de los resultados del presente estudio.

### C. CONCLUSIONES SOBRE ANTECEDENTES RECOPIADOS

En primera instancia es necesario mencionar que el estudio revisado no tiene por objetivo ni está vinculado con la identificación de fuentes contaminantes, por lo que no resulta de utilidad para dicho fin.

Respecto a los contaminantes de interés que a través de estudio pudieron identificarse como de relevancia, dado que se midió un porcentaje de niños sobre el valor de referencia (ISP, SEREMI BIOBIO, Servicio Salud Concepción, 2014) para arsénico inorgánico (2,46%), cadmio (1,05%), mercurio (1,75%), y níquel (1,05%)<sup>15</sup>, es posible indicar, aun cuando la ocurrencia es baja, son contaminantes que fueron priorizados para medir en suelo en el contexto de este estudio.

---

<sup>15</sup> Valores de referencia por metal:

- Mercurio: El valor de referencia en población normal es <10 ug/L, según el libro *Biological Monitoring Methods for Industrial Chemicals*.
- Arsénico: Existe una mayor probabilidad de riesgo para la salud cuando los niveles de Arsénico inorgánico en orina alcanzan valores iguales o superiores a 35 ug/L, debido a mayor probabilidad de efecto crítico a largo plazo (cáncer pulmonar) según la Agrupación de Higienistas Americanos.
- Cadmio: El nivel de referencia es de 1,2 ug/L para población general según la *Agency for toxic substances and disease registry*.
- Níquel: El nivel de referencia es de 4 ug/L para población no expuesta según la misma Agencia.
- Plomo: El nivel de referencia es de 10 ug/dL según la misma Agencia.

## **7.2 ETAPA 2: CARACTERIZAR SUELOS RESPECTO A FUENTES CONTAMINANTES Y SUS COMPUESTOS DE INTERÉS.**

### **7.2.1 ACTIVIDAD 1: RECOPIRAR Y ANALIZAR INFORMACIÓN DISPONIBLE SOBRE MUESTREO DE SUELOS EN LA COMUNA DE CORONEL**

A continuación se presentan y analizan los documentos con información sobre con muestreos de suelos efectuados en la comuna de Coronel.

#### **A. RESUMEN ANTECEDENTES INFORME PERICIAL MEDIOAMBIENTAL N° 121/2013, PDI - LABORATORIO DE CRIMINALÍSTICA**

El informe indica que entre el 7 y el 10 de mayo de 2013 peritos ecólogos de la PDI realizaron inspección ocular y toma de muestras en la ciudad de Coronel con el fin de constatar la posible contaminación en distintas matrices ambientales (algas, suelos, sedimentos en techos y sedimentos submarinos) por metales pesados en la bahía de Coronel. Las muestras fueron dispuestas en un cooler y transportadas a Santiago por vía terrestre, sin embargo, no se especifica cantidad de muestra (en masa) ni deja claro el tipo de contenedor de cada muestra. Se indica que se tomaron siete muestras de algas, tres de residuos industriales líquidos, diez de sedimentos de techo y seis muestras de suelo.

El informe indica la georreferenciación y descripción del sitio junto a registro fotográfico para cada muestra tomada, pero no especifica metodología de toma de muestras ni criterios de selección de puntos de muestreo.

Respecto al análisis de resultados de la matriz suelo, el informe no especifica técnica analítica asociada a la determinación de metales en muestras de suelo. El análisis está acotado a comparar resultados con norma canadiense para uso residencial, y atribuye las concentraciones de metales a actividad generadora de electricidad mediante referencia a informe técnico donde se realizó especiación a ceniza volante. No se analizan escenarios de exposición ni determinación de toxicidad. El informe carece de consistencia al momento de exponer evidencia real sobre el origen del contenido de metales presentes en el suelo. El informe incluye un análisis de resultados metal por metal, asociando los resultados a fuentes específicas. Los resultados que se presentan se resumen a continuación:

- Arsénico: una muestra sobrepasa el límite. Se atribuye a contribución de ceniza volante de termoeléctricas a carbón.
- Cadmio: valores bajo el valor de referencia.
- Cromo: una muestra sobrepasa el valor de referencia. Se atribuye a contribución de ceniza volante de termoeléctricas a carbón.
- Zinc: solo una muestra sobrepasa el valor de referencia, corresponde al patio de juegos de la Escuela Diferencial, se le atribuye a que ha sido suelo modificado adicionando arena.

- Mercurio: cinco de las seis muestras sobrepasan el valor de referencia. Se le atribuye a origen antropogénico producto de la actividad industrial, particularmente a la producción de energía eléctrica, ya que se tienen antecedentes de detección de mercurio en mediciones de ceniza volante. El informe indica que es importante mencionar que la población está siendo expuesta a concentraciones consideradas tóxicas debido a la transferencia de elementos traza a través de la cadena alimenticia desde el suelo al ser humano, pero no expone ninguna evidencia de ello.
- Níquel: no se detectó.
- Plomo: no sobrepasa valor de referencia, pero hay presencia. Se le atribuye a origen antrópico por ceniza volante.
- Selenio: no se detectó.
- Vanadio: cinco de los seis puntos sobrepasan el valor de referencia. Se le atribuye a emisiones de material particulado de las termoeléctricas de la zona.

Respecto a los resultados antes listados para cada metal, se aclara que se considera complejo atribuir la presencia de metales a fuentes específicas, dado que la información en base a la cuál se definió el muestreo es vaga y se desconce su representatividad.

#### **B. LÍNEA BASE DEL EIA "PROYECTO COMPLEJO TERMOELÉCTRICO DE CORONEL" DE LA TERMOELÉCTRICA SANTA MARÍA DE COLBÚN**

EMG Consultores S.A., el año 2006, efectuó un muestreo de suelos para ser incluido en la línea de base del proyecto Complejo Termoeléctrico Coronel de Colbún S.A. En este estudio se tomaron 5 muestras conformadas por 5 sub muestras, en los primeros 10 centímetros de suelo, tomadas al azar a diferentes distancias del proyecto en un área aproximada de 300 metros cuadrados para su análisis de metales (Figura 17).

Figura 17. Ubicación muestras suelo tomadas por EMG Consultores S.A., el año 2006



Fuente: EMG Consultores, 2006

Es posible indicar que las muestras 1, 2, 4 y 5 fueron extraídas en suelos con un uso forestal, mientras que la muestra 3 fue extraída en un suelo de uso residencial. Respecto a los parámetros medidos en las muestras, estos corresponden a diecisiete (17) metales. Las muestras de suelo fueron examinadas en el Laboratorio de Química y Referencia Medio Ambiental del CENMA por el método ICP/OES.

De la evaluación preliminar en base a valores de referencia internacionales<sup>16</sup>, se puede extraer que los elementos Zn, Cr, Pb, Cu, Al, Co, Ba y Fe presentan

<sup>16</sup> Las normativas de referencia revisadas para suelo superficial fueron:

- Norma País Vasco (España): Ley 1/2005, 4 de febrero, para la prevención y corrección de la contaminación del suelo. Presidencia del Gobierno Vasco.

concentraciones inferiores a los valores de referencia internacionales, lo que indicaría que su presencia no sería significativa. Sin embargo, la presencia de V, Ni, Cd y Se en suelos de uso forestal, de acuerdo a su comparación con valores de referencia para uso agrícola y otros, sería significativa, lo que de todas formas fue evaluado de forma conservadora (uso forestal es menos intensivo que agrícola). Adicionalmente, las concentraciones de Mn y Se medidas superan algunos de los valores de referencia para uso residencial. En el caso de As y Se, el método de análisis empleado para su medición presenta límites de cuantificación altos que impiden su adecuada evaluación (para As de 6,98 [mg/kg], y para Se 5,3 [mg/kg]).

### **C. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA**

De la búsqueda de bibliografía realizada en el marco del proyecto, un grupo de estudios que son presentados en el Anexo 5, poseen información relativa a mediciones en sedimentos marinos y en biota efectuados por Universidades locales, que no tienen directa relación, ni son de especial utilidad para el estudio actual.

Por otra parte en la tesis de pregrado titulada “Determinación de la concentración de fondo (Geochemical Background) de cuatro metales: As, Hg, Pb, V, en la comuna de Coronel, VIII Región, Chile” realizada por el Sr. Pietro Lasagna y dirigida por el Profesor Ricardo Barra, se aportan datos de la Laguna Quiñenco y del nivel de metales en 10 puntos de muestreo. No se indican en este documento las coordenadas de cada punto, por tanto, se limita su uso en relación a la descripción cartográfica de la zona estudiada. Este documento ofrece concentraciones de As, Hg, Pb y V en las muestras obtenidas y se establecen valores de referencia o *background* para cada uno de ellos. Los autores señalan que sólo el As sobrepasa valores de referencia de otros países, por lo que sugieren se realicen estudios complementarios para identificar la especiación y biodisponibilidad de este metal.

- 
- Norma Brasileña: Resolución N° 420 de 28 de diciembre de 2009, Ministerio de Medio Ambiente. Disposición sobre criterios y valores orientadores de calidad del suelo en cuanto a presencia de sustancias químicas y establece directrices para la gestión ambiental de áreas contaminadas por estas sustancias causadas por la actividad antrópica.
  - Norma EEUU: U.S. EPA's Regional Screening Levels as Screening Values in Human Health Risk Assessments, 2011.
  - Norma Canadiense: Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health, CCME 2006.

## **7.2.2 ACTIVIDAD 2: ELABORAR PROPUESTA METODOLÓGICA DE MUESTREO EN SUELOS**

A continuación, se describe en términos generales algunas consideraciones que se tuvieron en cuenta para la propuesta de plan de muestreo de suelos.

### **7.2.2.1 HIPÓTESIS SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE CONTAMINANTES**

Debido a la cantidad y heterogeneidad de fuentes industriales existentes en la comuna, sumada a otras fuentes residenciales, como es la quema de leña para calefacción, se puede suponer que existe un potencial impacto de contaminantes en el suelo (componente ambiental de interés en este estudio).

Respecto a la distribución de los contaminantes de interés se asume en primera instancia que es homogéneo para toda la comuna en los sectores en los que se concentra la actividad industrial y residencial, pues gran parte de los contaminantes son liberados al aire y por tanto, las emisiones tienen un radio de impacto mayor al de las instalaciones o puntos de emisión mismos.

### **7.2.2.2 CONTAMINANTES DE INTERÉS Y SU MEDICIÓN**

De acuerdo a los tipos de fuentes emisoras existentes en la comuna, categorizadas en 19 rubros distintos, los principales contaminantes que podrían estar liberando producto de su operación son metales y metaloides, tipos de contaminantes que se han sido definidos como el foco principal del estudio. Adicionalmente, se ha considerado la inclusión de hidrocarburos derivados del petróleo, debido a que su emisión se vincula a gran parte de las actividades productivas que se desarrollan en la comuna y a que fueron mencionados en las entrevistas como un foco de preocupación por parte de los entrevistados.

En base a lo anterior se consideró incluir el análisis de:

- Barrido de metales por ICP (prioridad estudio), pH y CE en todas las muestras.
- Medición de TPH (hidrocarburos totales de petróleo) en muestras seleccionadas.
- Medición en segunda instancia de biodisponibilidad de metales, en muestras y para elementos seleccionados, de acuerdo a resultados de contenido total.

Cabe indicar que en el caso de metales se consideró analizar un barrido de metales, aun cuando solo un grupo específico de metales ha sido medido en el sitio en contenidos que se podrían considerar en primera instancia significativos. La inclusión de un barrido se consideró importante, pues existía una falta de información sobre la caracterización de suelos de la comuna.

## A. METALES PESADOS Y METALOIDES

### ▪ PRESENCIA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

La presencia de metales ha sido descrita e informada en varios de los estudios y fuentes de información revisados:

- En RETC, se indica que varias de las empresas que se localizan en Coronel emiten metales al aire (arsénico, mercurio y plomo) y residuos con contenido de metales (Cadmio, Cobre, Mercurio, Plomo, Cromo Hexavalente, Talio)
- En estudio MINSAL se midió un porcentaje de niños sobre el valor de referencia para Arsénico Inorgánico (2,46%), Cadmio (1,05%), Mercurio (1,75%), y Níquel (1,05%).
- En el "Informe Pericial Medioambiental" de la PDI se midieron concentraciones de metales en suelo en seis (6) muestras, al comparar con la norma canadiense, se obtuvo superación del valor normado para algunas muestras y metales, en específico: Arsénico (As), Cromo (Cr) y Zinc (Zn) en una (1) muestra, y Mercurio (Hg) y Vanadio (V) en cinco (5) muestras.
- En Línea base del EIA "Proyecto complejo termoeléctrico de Coronel" de la termoeléctrica Santa María de Colbún, se midió la presencia de Vanadio, Níquel, Cadmio y Selenio sobre valores de referencia de uso agrícola, (aunque los suelos evaluados son de uso forestal), y la presencia de Manganeso y Selenio por sobre algunos valores de referencia para uso residencial.
- En la tesis de pregrado "Determinación de la concentración de fondo (Geochemical Background) de cuatro metales: As, Hg, Pb, V, en la comuna de Coronel, VIII Región, Chile" realizada por el Sr. Pietro Lasagna y dirigida por el Profesor Ricardo Barra, se señala que sólo el Arsénico sobrepasa valores de referencia de otros países.

### ▪ GENERALIDADES SOBRE METALES Y METALOIDES

Un metal pesado es un miembro de un grupo de elementos no muy bien definido que exhibe propiedades metálicas. En la literatura internacional se consideran diferentes grupos de elementos como metales pesados, algunos de los criterios para definirlos se basan en la densidad, número atómico o peso atómico, y/o en sus propiedades químicas o de toxicidad.

Si se toma como criterio el peso atómico del hierro (55,85 g/mol), de los 70 elementos metálicos existentes, 59 de ellos podrían ser considerados "metales pesados", porque poseen un peso atómico mayor que el del hierro. En base a este criterio, se incluye al Arsénico, a pesar que en realidad no es un metaloide, y se excluirían metales con pesos atómicos menores, algunos de los cuales se consideran de interés en términos de contaminación, como Vanadio (V),

Manganeso (Mn) y Cromo (Cr). Es por ello que resulta más adecuado hacer mención a “metales traza” con concentraciones (mg.kg<sup>-1</sup>) en la corteza terrestre.<sup>17</sup>

Tabla 12. Clasificación metales

| Característica  | Metales                               |
|---|---------------------------------------|
| Metales que son micronutrientes esenciales (traza) (unos pocos mg o µg/día) | As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, V, Zn |
| Otros micronutrientes esenciales  | F, I, Si                              |
| Macronutrientes (100 mg o más por día)                                      | Ca, Cl, Mg, P, K, Na, S               |
| Metales no esenciales (aquellos en paréntesis pueden ser esenciales)        | Be, Cd, Hg, (Ni), Pb, Sb, (Sn), Ti    |

La *US EPA* por su parte incluye en la lista de contaminantes prioritarios los siguientes 13 metales o elementos traza de acuerdo a su potencial tóxico: antimonio (Sb), arsénico (As), berilio (Be), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg), níquel (Ni), plata (Ag), plomo (Pb), selenio (Se), talio (Tl), y cinc (Zn)<sup>18</sup>.

La peligrosidad de los metales pesados o traza se relaciona con que no son química ni biológicamente degradables, por lo que presentan nula descomposición en condiciones naturales. Además presentan baja solubilidad y alta persistencia en solución. Una vez emitidos, ya sea desde fuentes naturales o antropogénicas, pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años, afectando su calidad y pudiendo bioacumularse en tejidos vegetales y orgánicos.

## B. BIOACCESIBILIDAD/BIODISPONIBILIDAD DE METALES

La forma del metal en el ambiente (especie química, compuesto del que forma parte, matriz en el que está presente y tamaño de partícula) está influenciada por las propiedades del entorno, tales como pH, humedad, potencial redox, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, entre otros factores. A la vez, la forma del metal influye en su disponibilidad, destino y efectos que puede provocar sobre los receptores humanos y/o ecológicos (*US EPA - Office of the Science Advisor, Risk Assessment Forum, 2007*).

En el caso de evaluaciones ambientales vinculadas a elementos metálicos, resulta especialmente importante la determinación de la fracción disponible. El metal disponible, representa a aquella fracción que puede interactuar en el entorno (es decir, capaz de entrar en

<sup>17</sup> Antecedentes disponibles en:  
[http://www.ehu.es/sem/macla\\_pdf/macla10/Macla10\\_48.pdf](http://www.ehu.es/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf)

<sup>18</sup> Antecedentes disponibles en:  
<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/priority-pollutant-list-epa.pdf>

contacto con o ingresar a un organismo) y que está por tanto potencialmente biodisponible. La disponibilidad de un metal es específica a las condiciones ambientales existentes y es una propiedad dinámica, cambiando con las condiciones del entorno (US EPA - Office of the Science Advisor, Risk Assessment Forum, 2007).

La disponibilidad de un metal, puede ser expresada como fracción bioaccesible o biodisponible. La fracción bioaccesible es la porción (fracción o porcentaje) de metal disponible en el medio ambiente que realmente interactúa en la superficie de contacto del organismo y está potencialmente disponible para absorción o adsorción por un organismo. La fracción biodisponible en tanto, es la medida en que los metales bioaccesibles se absorben en o a través de membranas biológicas de los organismos, durante un tiempo determinado, y bajo condiciones definidas. (US EPA - Office of the Science Advisor, Risk Assessment Forum, 2007). De esta forma, no toda fracción bioaccesible estará biodisponible, siendo la bioaccessibilidad una aproximación o estimación de la biodisponibilidad. La medición de bioaccessibilidad es menos compleja y costosa, razón por la que suele medirse aquella fracción.

En relación con la exposición humana por ingestión de suelo, el término bioaccessibilidad, se define como la fracción del metal en el suelo que se vuelve soluble en el estómago y que luego está disponible para su absorción por humanos (Ruby et al., 1996, 1999). El término biodisponibilidad en tanto, corresponde a la cantidad de un tóxico potencial que es realmente absorbido por el cuerpo y transportado a un sitio de acción toxicológica (Ruby et al., 1999).

Existen distintos métodos para medir la disponibilidad de metales, en este caso se ha considerado emplear un método que mide bioaccessibilidad desarrollado por la U.S. EPA (Procedure for an In Vitro Bioaccessibility Assay, IVBA<sup>19</sup>), que es efectuado por laboratorios comerciales.

### **C. HIDROCARBUROS DERIVADOS DEL PETRÓLEO (TPH)**

La presencia de hidrocarburos derivados del petróleo ha sido descrita e informada en RETC, para varias de las empresas que se localizan en Coronel, donde se indica que emiten residuos con contenido de estos compuestos.

El término TPH se usa para describir a un grupo extenso de varios cientos de sustancias químicas derivadas originalmente del petróleo crudo. Por tanto, los TPH son una mezcla de sustancias químicas. A este grupo pertenecen los alcanos (hidrocarburos saturados), alquenos/alquinos (hidrocarburos no saturados) y los ciclo-alcanos con estructura de uno a varios anillos. La concentración de TPH es útil como un indicador general e inicial de

---

<sup>19</sup> Más antecedentes sobre el método disponibles en:  
<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/1340.pdf>

contaminación asociada a hidrocarburos, sin embargo, esta medida dice poco acerca de los compuestos constituyentes y por tanto sobre su toxicidad.

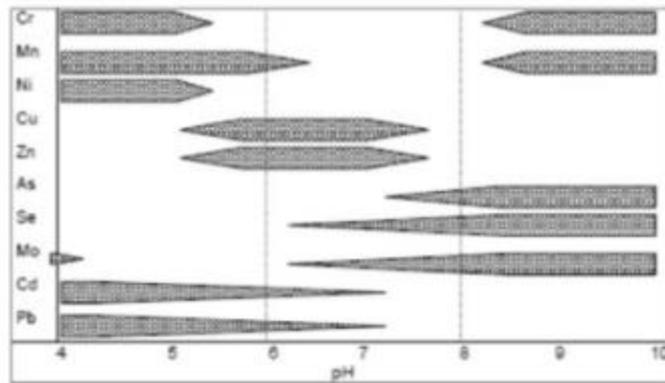
**D. OTROS PARÁMETROS INCLUIDOS: PH, CE Y T°**

Adicionalmente, se consideró la medición de parámetros fisicoquímicos, porque permite caracterizar el ambiente geoquímico y obtener los primeros indicios sobre las condiciones naturales del medio.

Los compuestos orgánicos e hidrocarburos pueden degradarse naturalmente en el ambiente dependiendo de las condiciones del medio, por lo que es posible aprovechar las condiciones naturales para su autodepuración.

Respecto al valor de pH, este es uno de los parámetros más importantes que controlan las formas de los elementos en el suelo, influye de manera muy importante en la absorción de los metales por parte de las plantas y también puede afectar la carga eléctrica de la fracción coloidal de suelo (fracción < 2 μ), la cual posee carga dependiente del pH, siendo esta negativa a pH alcalino y viceversa. El aumento del pH reduce la asimilabilidad y absorción del Al, Cu, Fe, Cb, Zn y Mn, porque son más fuertemente absorbidos y reducen su biodisponibilidad. El Cadmio y el Plomo en suelos de cultivo pueden incrementar sus concentraciones al disminuir el pH del suelo. Sin embargo, a pH ácidos, la mayoría de los metales tienden a estar más disponibles excepto As, Mo, Se y Cr, los cuales tienden a estar más disponibles a pH alcalino. El aumento del pH provoca también la precipitación de los metales pesados como hidróxidos insolubles, carbonatos y complejos orgánicos (Ingeniería Alemana S.A., 2010).

Figura 18. Disponibilidad de algunos metales pesados en el suelo en función de pH.



Fuente: Ingeniería Alemana S.A., 2010

Respecto al parámetro conductividad eléctrica (CE), es un parámetro estándar, sirve como indicador para diferenciar zonas con características geoquímicas diferentes, y el valor de temperatura también se considera un parámetro estándar, temperaturas elevadas indican una

actividad microbiológica, y son relevantes de medir en suelo cuando se analizan elementos volátiles.

### E. TÉCNICAS ANALÍTICAS DE MEDICIÓN

A continuación, se presenta el detalle de los análisis químicos aplicados.

Tabla 13. Técnicas analíticas de medición y límites de detección

| Análisis                                      | Técnica y Método   | Límite de Cuantificación (LC)                    |            |                  |            |
|---|--|--|------------|------------------|------------|
|   |  | Metal  | LC [mg/kg] | Metal            | LC [mg/kg] |
| Barrido de Metales                            | ICP-MS/OES, método EPA 208   | Ag   | 0,02       | Mn               | 0,1        |
|   |  | Al   | -          | Mo               | 0,1        |
|   |  | As   | 0,1        | Na               | -          |
|   |  | B  | 0,1        | Ni               | 0,1        |
|   |  | Be   | 0,1        | P                | -          |
|   |  | Ca   | -          | Pb               | 0,02       |
|   |  | Cd   | 0,02       | S                | -          |
|   |  | Co   | 0,1        | Sb               | 0,1        |
|   |  | Cr   | 0,1        | Se               | 0,1        |
|   |  | Cu   | 0,1        | Sn               | 0,1        |
|   |  | Fe   | -          | Sr               | 0,1        |
|   |  | Hg   | 0,02       | Ti               | 0,1        |
|   |  | K  | -          | Tl               | 0,02       |
|   |  | Li   | 0,1        | V                | 0,1        |
|   |  | Mg   | -          | Zn               | -          |
|   |  | Hidrocarburos totales de petróleo – TPH (C6-C40) | EPA 8015-D | Límite 9 [mg/kg] |            |
| pH  | Método EPA 150   | Límite 2 a 12                                    |            |                  |            |
| Conductividad Eléctrica, CE                   | (Extracto de pasta saturada) INIA 32 método 9.1  | Límite 0,07 [ds/m] a 20°C                        |            |                  |            |
| Biodisponibilidad de metales (As, Cr, Ni y V) | Método EPA 9200.1 – 86: Standard Operating Procedure for an In Vitro Bioaccessibility Assay (IVBA) | ----   |            |                  |            |
| Temperatura                                   | Potenciométrico (termómetro digital – medición <i>in situ</i> )                                    |  |            |                  |            |

#### 7.2.2.3 UBICACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y NÚMERO DE MUESTRAS PROPUESTAS

Se consideró la toma de muestras en sectores de uso industrial y residencial, porque en ambos las personas están en contacto con los componentes ambientales potencialmente impactados, en este caso suelo, y en ambos existen focos de emisión. Para esto, en la comuna de identificaron los sectores de uso industrial y residencial, tanto en la zona norte, como en la zona sur (Figura 19 y 20). En los sectores de uso residencial, también se incluyó la toma de muestras en los establecimientos educacionales que fueron parte del estudio de MINSAL.

A continuación se presenta la ubicación, distribución y número de muestras propuestas por separado para sectores de uso residencial, industrial y en establecimientos educacionales.

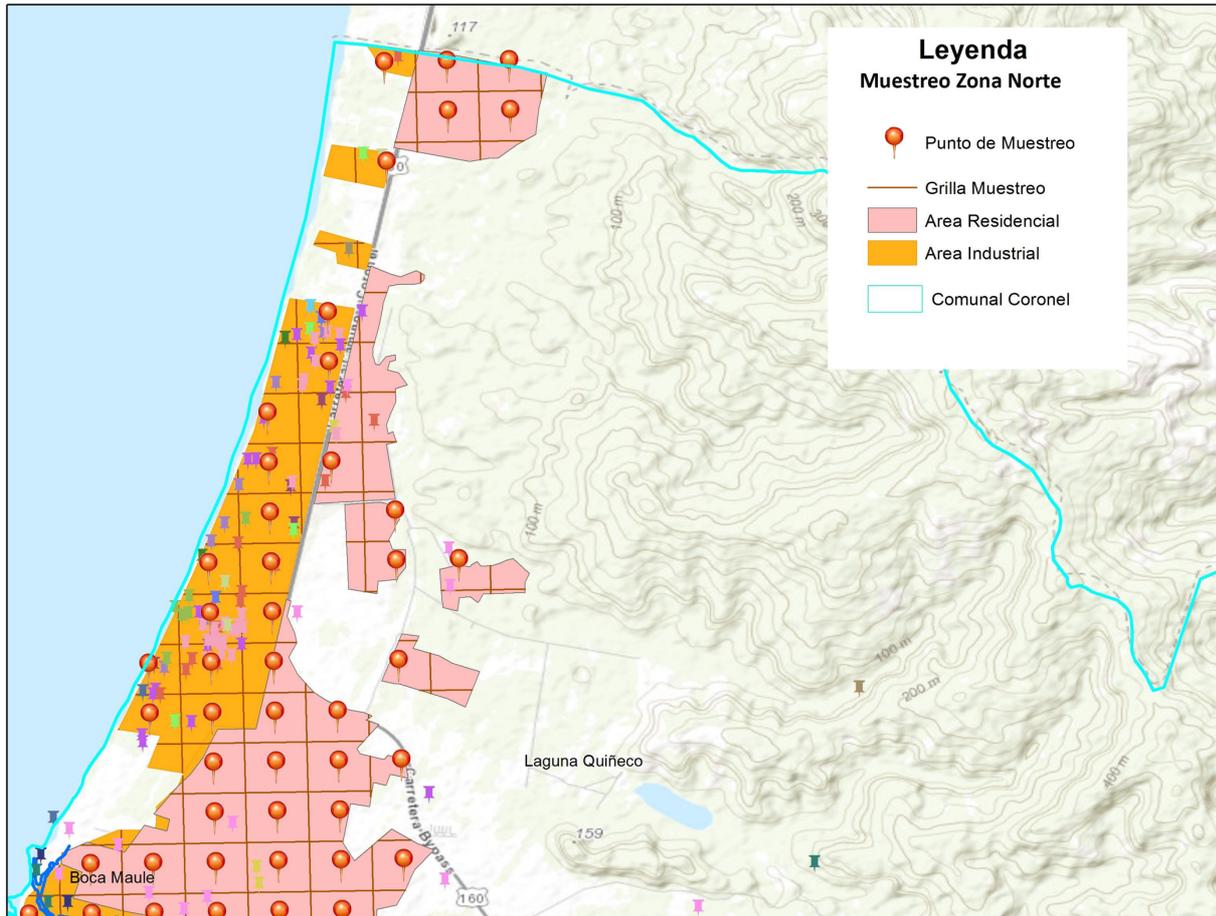
### A. EN SECTORES DE USO RESIDENCIAL E INDUSTRIAL

Respecto a la localización y cantidad de muestras se consideró lo siguiente.

- Aplicación de un muestreo de tipo sistemático dirigido a sectores de interés (grilla de muestreo de aproximadamente 600 m x 600 m), en sectores de uso residencial e industrial.
- De acuerdo a grilla indicada, extracción de alrededor de 46 muestras en zonas de uso residencial y de alrededor de 32 muestras en zonas de uso industrial (estimación inicial).
- Eventual inclusión de muestras en sectores residenciales e industriales puntuales de interés, en caso de ser necesario, según lo que se evidenciara en el terreno (alrededor de 10 muestras).

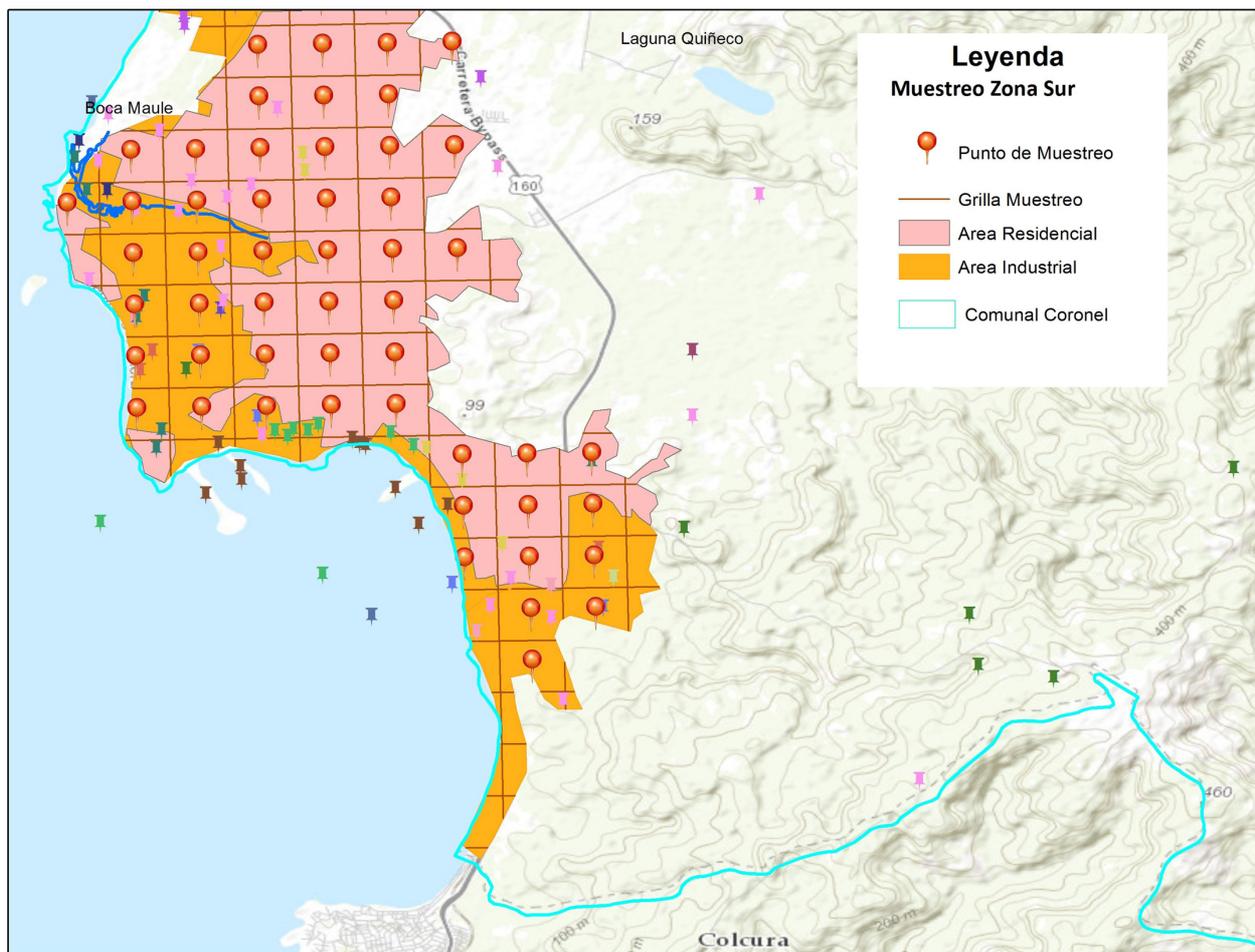
A continuación, se presentan los mapas con la localización referencial de las muestras que se consideró extraer inicialmente, en sectores de uso residencial e industrial, en forma separada para la zona norte y sur de la comuna de Coronel.

Figura 19. Propuesta de muestreo en áreas industriales y residenciales, zona norte comuna.



Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Propuesta de muestreo en áreas industriales y residenciales, zona sur comuna



Fuente: Elaboración propia.

**B. EN ESCUELAS Y COLEGIOS**

Para el muestreo en colegios, inicialmente se consideraron los 15 colegios que formaron parte del estudio “Evaluación de niveles de metales en población escolar de Coronel”, realizado por MINSAL durante los años 2015 y 2016, de forma de recabar antecedentes complementarios. Dichos colegios se lista a continuación.

Tabla 14. Listado Inicial de Establecimiento propuestos para muestrear en comuna de Coronel

| Nombre                               | Tipo           | Dirección                                       |
|--------------------------------------|----------------|---|
| Escuela D-667 Playas Negras          | Municipalizado | Laguna Del Desierto 126 Playas Negras           |
| Escuela D-673 Javiera Carrera        | Municipalizado | 3 Oriente N° 696 Villa Mora                     |
| Escuela D-675 Rafael Sotomayor Baeza | Municipalizado | Sotomayor 721 Coronel                           |
| Colegio Amanecer Coronel             | Particular     | San Francisco N° 207 Parque Industrial Coronel. |

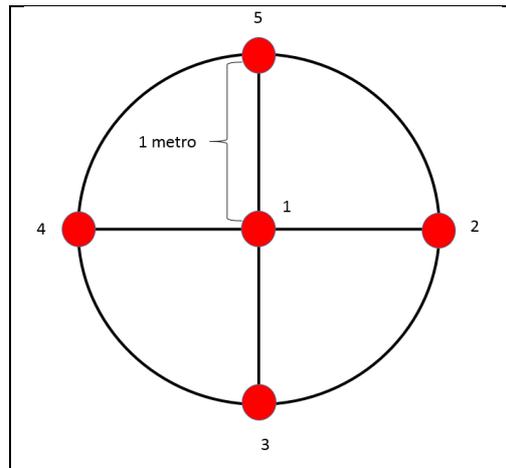
| Nombre                                       | Tipo                     | Dirección                                      |
|--|--------------------------|--|
| Escuela Republica De Francia                 | Municipalizado           | Riquelme N° 1002 Coronel                       |
| Arturo Hughes Cerna F690                     | Municipalizado           | Las Encinas 1242, Lagunillas 3                 |
| Instituto de Humanidades de Coronel          | Particular               | Cerro El Plomo 1118, Escuadrón Sur             |
| Liceo Bicentenario De Coronel                | Municipalizado           | Calle La Mora N° 4620 Sector Pocuro, Escuadrón |
| Escuela Escuadrón                            | Municipalizado           | Galvarino S/N Escuadrón                        |
| Aliwe College                                | Particular               | Galvarino 2081 Escuadrón                       |
| Colegio particular San Pedro                 | Particular               | Lautaro 431                                    |
| Escuela Genaro Ríos Campos                   | Particular               | Calle Yobilo, esquina Ilanquihue s/n           |
| Escuela Metodista                            | Particular subvencionado | Colo Colo esquina Gabriela Mistral             |
| Liceo Industrial Fundación Federico Schwager | Municipalizado           | Av.21 de mayo 83                               |
| Scuola Italiana Di Concepción                | Particular subvencionado | Camino A Coronel Km. 13,5. Coronel             |

#### 7.2.2.4 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO DE SUELO

El procedimiento de muestreo para suelo superficial que se aplicó se detalla a continuación:

- i. Se establecieron los accesos a los sitios de muestreo previamente establecidos. Dentro de los cuadrantes definidos para cada punto de muestreo, se realizó una inspección visual, de modo de escoger la mejor zona para la extracción de la muestra, de acuerdo juicio profesional basado en la experiencia en muestreos, considerando los siguientes criterios:
  - Punto de mayor impacto, para muestras en zonas industriales.
  - Punto de mayor tránsito de peatones, para zonas residenciales y colegios.
- ii. Se tomó la fracción superficial de suelo, (0 a 15 cm de profundidad) por ser la fracción relevante en términos de exposición, mediante un barreno de acero inoxidable.
- iii. Se extrajeron 5 sub-muestras de suelo distanciadas en aproximadamente 1 m entre sí, desde una muestra central para conformar una muestra compuesta, tal como se aprecia en la figura siguiente.

Figura 21. Diagrama de toma de cinco sub-muestras para conformación de muestras compuesta



- iv. Las 5 sub-muestras fueron cuidadosamente homogeneizadas y luego cuarteadas en terreno, seleccionando alrededor de 500 gramos de suelo para su envío para análisis.
- v. Se registró la temperatura del suelo.
- vi. Se efectuó la toma de muestras duplicados, según correspondiera (alrededor 10%), los que fueron enviados a laboratorio ALS - Environmental Division.
- vii. Las muestras para medición de metales y parámetros fisicoquímicos se almacenaron en bolsas plásticas, y las para análisis de TPH en frascos de vidrio ámbar con tapa.
- viii. Las muestras de TPH fueron refrigeradas en *coolers* con *icepacks* para asegurar su conservación hasta su análisis en el laboratorio.
- ix. En cada punto se tomaron fotografías, se documentaron las coordenadas del lugar, la descripción y condiciones del muestreo (fecha, hora, personal responsable, condiciones de tiempo, otras) utilizando el Formulario de Muestreo de Suelos FMS-001V1 de IdeAmbiente. (todos los formularios que se completaron en terreno se adjuntan en Anexo 10 – digital)
- x. Luego de cada muestreo, se descontaminaron todos los equipos<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> Para esto se retiraron restos sólidos con la ayuda de escobillas, y se procedió a enjuagar los equipos con agua potable y luego con agua destilada. En el caso de muestras para análisis de TPH, se empleó además un primer enjuague con detergente libre de fosfato. Finalmente, los equipos fueron secados con papel y envueltos hasta su próximo uso.

Las siguientes imágenes muestran parte del instrumental utilizado en la toma de muestras, así como la aplicación del procedimiento.

Figura 22. Instrumental y procedimiento empleado para el muestreo.



Cabe indicar que, se aplicaron procedimientos de control y aseguramiento de la calidad (QA/QC por sus siglas en inglés), tanto para la toma de muestras como para su análisis, los que son descritos en Anexo 9, incluyendo los resultados obtenidos para las muestras tomadas en duplicado.

#### 7.2.2.5 MUESTREO APLICADO Y RESULTADOS

El muestreo fue realizado entre el 14 y 19 de noviembre del año 2016, por personal calificado de IdeAmbiente.

En Anexo 10 se presentan resultados del muestreo y en Anexo 11 se presenta un registro fotográfico (kmz) del muestreo realizado en la zona.

A continuación se presenta la ubicación de las muestras tomadas y los resultados analíticos por separado para sectores de uso residencial, sectores de uso industrial y muestras extraídas en colegios. En cuanto a los resultados analíticos, estos se presentan en forma resumida, a través de estadística descriptiva clásica, lo que incluye estadígrafos como el número de muestras, valor promedio, desviación estándar, valor mínimo, valor máximo y mediana. Cabe indicar, que para el cálculo de los estadígrafos, en aquellos casos en que se reportó un valor inferior al límite de cuantificación (LC), el valor se asumió como igual a dicho límite (medida conservadora).

Además se incluyó el cálculo del 95% del nivel superior de confianza con respecto al promedio (95% UCL, por su sigla en inglés). Debido a la incertidumbre asociada con la estimación del verdadero promedio para un sitio o fuente de contaminantes, se recomienda el uso del 95% UCL, que corresponde a un promedio ajustado o corregido. En términos prácticos, el estadígrafo indica que el valor verdadero del promedio está con una certeza del 95%, por debajo del valor del 95% UCL. De esta forma, es posible indicar, con un alto nivel de confianza, que el “promedio real” es igual o inferior a este valor. En base a lo anterior, se le considera un estadígrafo confiable, conservador, y estable. Según países desarrollados (USA y Alemania) el uso de este estadígrafo se recomienda cuando existan más de 10 muestras.

#### A. EN SECTORES DE USO RESIDENCIAL

A continuación en la Tabla 16 se presenta un resumen con las muestras extraídas en sectores de uso residencial de la comuna de Coronel y sus coordenadas.

Cabe indicar que a todas estas muestras se les efectuó el análisis de metales, pH y CE, y solo a dos de ellas se les efectuó el análisis de TPH (muestras SU-115 y SU-120), destacadas en color gris en la tabla siguiente.

Tabla 15. Puntos de muestreo en sectores de uso residencial

| Nº | Sector                    | Muestra | Coordenadas<br>(WGS 84 huso 19) |            |
|----|---------------------------|---------|---------------------------------|------------|
|    |                           |         | Sur (S)                         | Oeste (W)  |
| 1  | Residencial<br>zona norte | SU133   | -37,000027                      | -73,187031 |
| 2  |                           | SU136   | -37,000287                      | -73,166748 |
| 3  |                           | SU137   | -36,999843                      | -73,161988 |
| 4  |                           | SU138   | -36,999496                      | -73,154440 |
| 5  |                           | SU139   | -36,994349                      | -73,180247 |
| 6  |                           | SU140   | -36,994450                      | -73,173864 |
| 7  |                           | SU141   | -36,993282                      | -73,167566 |
| 8  |                           | SU142   | -36,993933                      | -73,160924 |
| 9  |                           | SU143   | -36,993263                      | -73,154320 |
| 10 |                           | SU144   | -36,994900                      | -73,147145 |
| 11 |                           | SU145   | -36,989151                      | -73,168126 |
| 12 |                           | SU146   | -36,988544                      | -73,160311 |
| 13 |                           | SU147   | -36,988632                      | -73,153549 |
| 14 |                           | SU148   | -36,983475                      | -73,167161 |
| 15 |                           | SU149   | -36,983595                      | -73,160218 |
| 16 |                           | SU150   | -36,983696                      | -73,152135 |

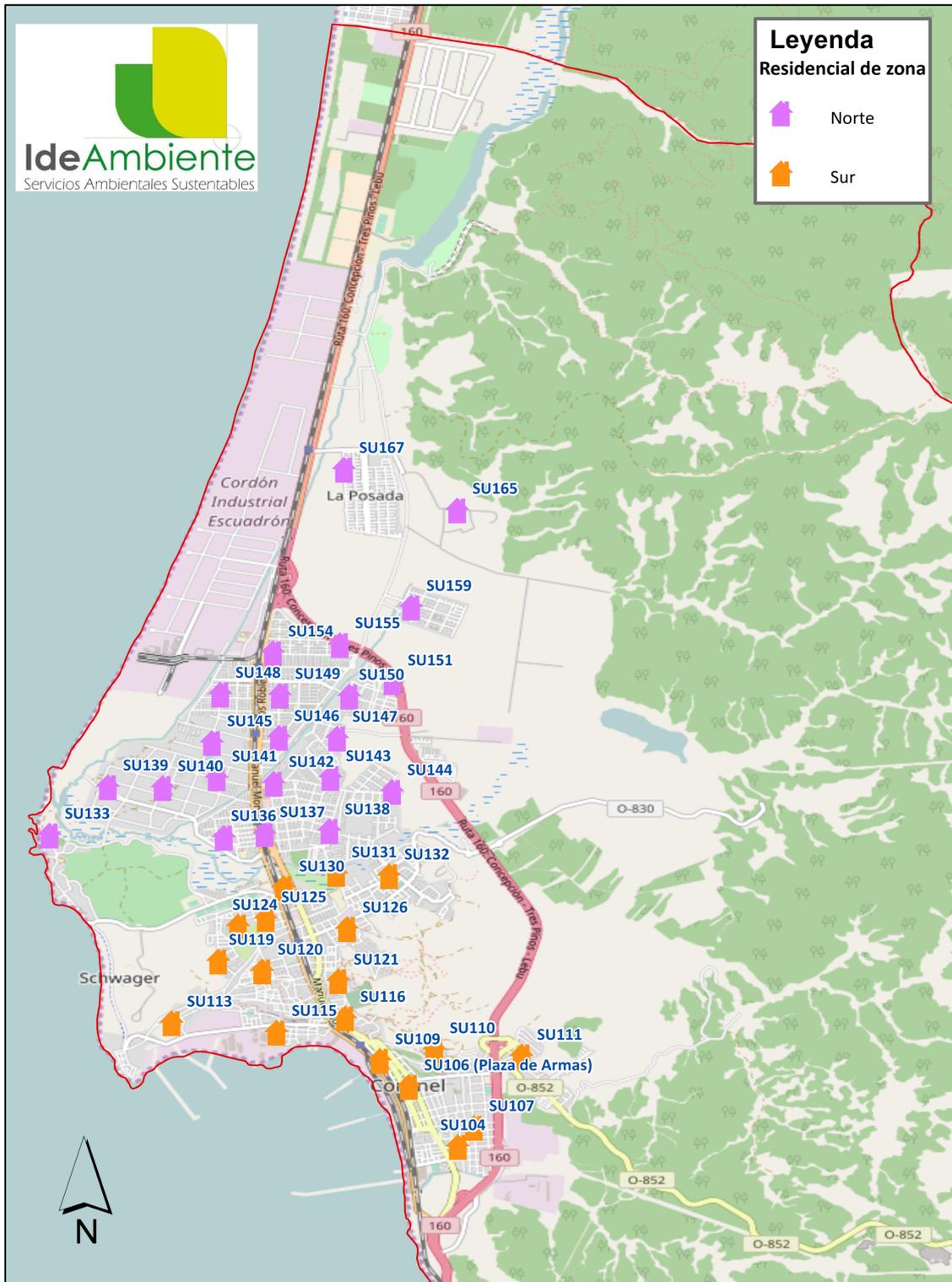
| N° | Sector                  | Muestra | Coordenadas<br>(WGS 84 huso 19) |            |
|----|-------------------------|---------|---------------------------------|------------|
|    |                         |         | Sur (S)                         | Oeste (W)  |
| 17 |                         | SU151   | -36,982014                      | -73,147099 |
| 18 |                         | SU154   | -36,978610                      | -73,161017 |
| 19 |                         | SU155   | -36,977661                      | -73,153231 |
| 20 |                         | SU159   | -36,973269                      | -73,144927 |
| 21 |                         | SU165   | -36,961866                      | -73,139559 |
| 22 |                         | SU167   | -36,957076                      | -73,152740 |
| 23 | Residencial<br>zona sur | SU104   | -37,036585                      | -73,139481 |
| 24 |                         | SU106   | -37,029541                      | -73,145190 |
| 25 |                         | SU107   | -37,034335                      | -73,137618 |
| 26 |                         | SU109   | -37,026484                      | -73,148577 |
| 27 |                         | SU110   | -37,025200                      | -73,142222 |
| 28 |                         | SU111   | -37,025960                      | -73,132049 |
| 29 |                         | SU113   | -37,022064                      | -73,172820 |
| 30 |                         | SU115   | -37,023168                      | -73,160611 |
| 31 |                         | SU116   | -37,021500                      | -73,152624 |
| 32 |                         | SU119   | -37,014814                      | -73,167390 |
| 33 |                         | SU120   | -37,015974                      | -73,162258 |
| 34 |                         | SU121   | -37,017134                      | -73,153408 |
| 35 |                         | SU124   | -37,010708                      | -73,165080 |
| 36 |                         | SU125   | -37,009819                      | -73,161842 |
| 37 |                         | SU126   | -37,011015                      | -73,152379 |
| 38 |                         | SU130   | -37,006194                      | -73,159762 |
| 39 |                         | SU131   | -37,004538                      | -73,153642 |
| 40 |                         | SU132   | -37,004789                      | -73,147495 |

Nota: Celdas color gris corresponden a muestras en las que se analizó TPH

De acuerdo a tabla anterior se tomó un total de 40 muestras en sectores de uso residencial, 22 de éstas tomadas en el norte de la comuna y 18 en el sur.

A continuación, en la Figura 23 se presenta la distribución de las muestras por uso residencial.

Figura 23. Localización muestras de suelo en sectores de uso residencial.



A continuación, se presenta la estadística descriptiva de los resultados analíticos de la zona residencial para metales y parámetros fisicoquímicos, considerando los resultados de las 40 muestras de este tipo obtenidas.

Tabla 16. Estadística descriptiva para contenido de metales, pH y CE - zona residencial

| Zona Residencial |         |          |            |         |        |         |        |
|------------------|---------|----------|------------|---------|--------|---------|--------|
|                  | N total | Promedio | Desv. Est. | 95% UCL | Mínimo | Mediana | Máximo |
| pH               | 40      | 6,82     | 0,96       | 7,12    | 3,00   | 6,87    | 8,68   |
| CE               | 40      | 0,83     | 0,69       | 1,05    | 0,17   | 0,60    | 3,95   |
| Ag               | 40      | 0,06     | 0,03       | 0,07    | 0,05   | 0,05    | 0,24   |
| Al               | 40      | 19311    | 5336       | 21017   | 4505   | 18757   | 33421  |
| As               | 40      | 5,43     | 3,24       | 6,46    | 1,49   | 4,07    | 14,69  |
| B                | 40      | 20,06    | 0,35       | 20,17   | 20,00  | 20,00   | 22,24  |
| Ba               | 40      | 57,84    | 45,00      | 72,23   | 10,00  | 40,47   | 208,00 |
| Be               | 40      | 0,41     | 0,36       | 0,53    | 0,10   | 0,27    | 1,67   |
| Ca               | 40      | 8241     | 4579       | 9706    | 266    | 8529    | 27207  |
| Cd               | 40      | 0,11     | 0,03       | 0,12    | 0,10   | 0,10    | 0,20   |
| Co               | 40      | 13,88    | 5,06       | 15,50   | 2,20   | 14,20   | 30,27  |
| Cr               | 40      | 15,39    | 7,54       | 17,80   | 6,20   | 12,91   | 47,18  |
| Cu               | 40      | 19,23    | 10,13      | 22,47   | 7,90   | 16,96   | 49,11  |
| Fe               | 40      | 29140    | 7765       | 31623   | 10614  | 27697   | 55013  |
| Hg               | 40      | 0,06     | 0,03       | 0,07    | 0,05   | 0,05    | 0,22   |
| K                | 40      | 956      | 1411       | 1407    | 200    | 407,12  | 7860   |
| Li               | 40      | 10,86    | 9,60       | 13,93   | 2,40   | 7,13    | 47,39  |
| Mg               | 40      | 8484     | 4352       | 9876    | 756    | 8615    | 18380  |
| Mn               | 40      | 587      | 354        | 700,    | 58,52  | 518     | 2095   |
| Mo               | 40      | 0,49     | 0,23       | 0,56    | 0,23   | 0,38    | 1,02   |
| Na               | 40      | 200      | 0,00       | 200     | 200    | 200     | 200    |
| Ni               | 40      | 22,08    | 10,67      | 25,49   | 3,50   | 22,97   | 42,62  |
| P                | 40      | 374      | 172        | 429     | 66,63  | 336     | 899    |
| Pb               | 40      | 10,18    | 7,05       | 12,43   | 3,08   | 8,34    | 39,91  |
| S                | 40      | 822      | 1699       | 1366    | 500    | 500     | 11210  |
| Sb               | 40      | 0,53     | 0,21       | 0,60    | 0,50   | 0,50    | 1,85   |
| Se               | 40      | 2,54     | 0,88       | 2,82    | 1,13   | 2,38    | 4,97   |
| Si               | 40      | 1038     | 861        | 1313    | 111    | 774,14  | 3240   |
| Sn               | 40      | 1,53     | 2,35       | 2,28    | 0,50   | 0,50    | 12,25  |
| Sr               | 40      | 61,93    | 33,33      | 72,59   | 3,60   | 65,42   | 156    |
| Ti               | 40      | 1061     | 457        | 1207    | 28,55  | 1103    | 1875   |
| Tl               | 40      | 0,16     | 0,13       | 0,20    | 0,10   | 0,10    | 0,73   |
| V                | 40      | 93,90    | 64,74      | 114,60  | 20,75  | 87,15   | 366    |
| Zn               | 40      | 60,05    | 24,44      | 67,86   | 6,88   | 57,62   | 132    |
| Bi               | 40      | 2,36     | 0,12       | 2,40    | 2,11   | 2,38    | 2,67   |
| U                | 40      | 1,97     | 0,51       | 2,13    | 0,36   | 1,88    | 3,78   |
| Ce               | 40      | 24,37    | 10,75      | 27,80   | 7,95   | 21,88   | 57,38  |
| Th               | 40      | 5,63     | 2,40       | 6,40    | 3,35   | 4,61    | 13,31  |

En cuanto al análisis de TPH, las dos muestras obtenidas en zonas de uso residencial en las que se analizó este parámetro, muestran contenidos bajo el límite de detección (9 [mg/kg]).

**B. EN SECTORES DE USO INDUSTRIAL**

A continuación en la Tabla 18 se presenta un resumen con las muestras extraídas en sectores de uso industrial de la comuna de Coronel y sus coordenadas.

Cabe indicar que a todas estas muestras se les efectuó el análisis de metales, pH y CE, y a 16 muestras también se les midió el contenido de TPH, las que fueron destacadas en color gris en la tabla a continuación.

Tabla 17. Puntos de muestreo en sectores de uso industrial

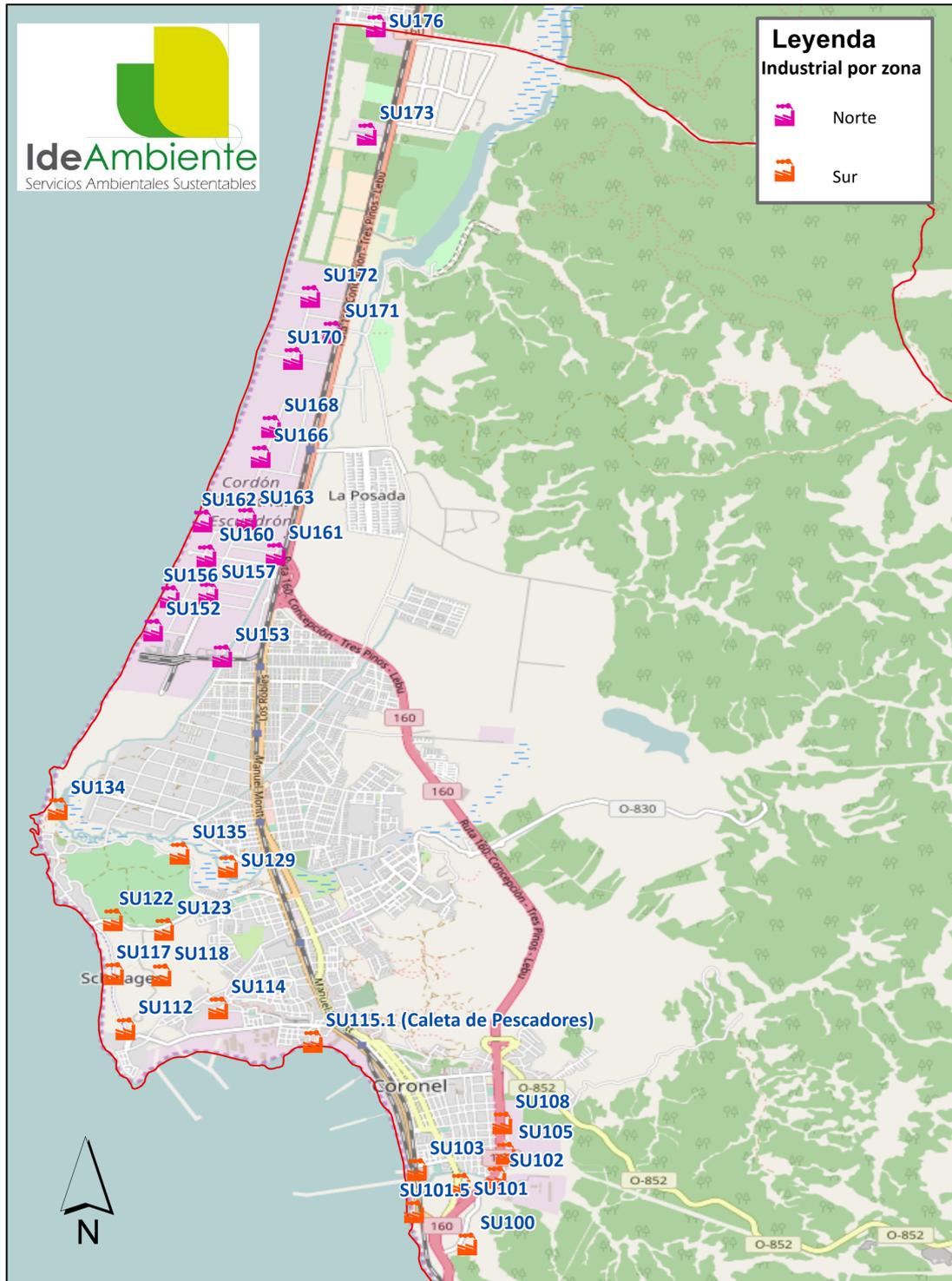
| Nº | Sector                | Muestra             | Coordenadas<br>(WGS 84 huso 19) |            |
|----|-----------------------|---------------------|---------------------------------|------------|
|    |                       |                     | Sur (S)                         | Oeste (W)  |
| 1  | Industrial zona norte | SU152               | -36,975902                      | -73,175251 |
| 2  |                       | SU153               | -36,978930                      | -73,167210 |
| 3  |                       | SU156               | -36,971991                      | -73,173330 |
| 4  |                       | SU157               | -36,971569                      | -73,168819 |
| 5  |                       | SU160               | -36,967199                      | -73,169043 |
| 6  |                       | SU161               | -36,966979                      | -73,160977 |
| 7  |                       | SU162               | -36,963111                      | -73,169485 |
| 8  |                       | SU163               | -36,962846                      | -73,164364 |
| 9  |                       | SU166               | -36,955556                      | -73,162722 |
| 10 |                       | SU168               | -36,952018                      | -73,161521 |
| 11 |                       | SU170               | -36,944058                      | -73,158977 |
| 12 |                       | SU171               | -36,940957                      | -73,154420 |
| 13 |                       | SU172               | -36,936777                      | -73,156961 |
| 14 |                       | SU173               | -36,917711                      | -73,150395 |
| 15 |                       | SU176               | -36,905018                      | -73,149320 |
| 16 |                       | Industrial zona sur | SU100                           | -37,047950 |
| 17 | SU101                 |                     | -37,040931                      | -73,139471 |
| 18 | SU101.5               |                     | -37,044141                      | -73,144881 |
| 19 | SU102                 |                     | -37,040125                      | -73,135309 |
| 20 | SU103                 |                     | -37,039196                      | -73,144554 |
| 21 | SU105                 |                     | -37,037296                      | -73,134226 |
| 22 | SU108                 |                     | -37,033732                      | -73,134608 |
| 23 | SU112                 |                     | -37,022676                      | -73,178468 |
| 24 | SU114                 |                     | -37,020247                      | -73,167676 |
| 25 | SU115.5               |                     | -37,024172                      | -73,156662 |
| 26 | SU117                 |                     | -37,016202                      | -73,179808 |
| 27 | SU118                 |                     | -37,016363                      | -73,174271 |
| 28 | SU122                 |                     | -37,009903                      | -73,179926 |
| 29 | SU123                 |                     | -37,011005                      | -73,173967 |
| 30 | SU129                 |                     | -37,003637                      | -73,166537 |
| 31 | SU134                 |                     | -36,996874                      | -73,186341 |
| 32 | SU135                 | -37,002091          | -73,172170                      |            |

Nota: Celdas color gris corresponden a muestras en las que se analizó TPH

De acuerdo a tabla anterior, se tomó un total de 32 muestras en sectores de uso industrial, 15 de éstas tomadas en el norte de la comuna y 17 en el sur.

En la Figura 24 se presenta distribución de muestras en suelos de uso industrial.

Figura 24. Localización muestras de suelo en sectores de uso industrial



A continuación, se presenta la estadística descriptiva de los resultados analíticos de la zona industrial para metales y parámetros fisicoquímicos, considerando los resultados de las 32 muestras de este tipo obtenidas.

Tabla 18. Estadística descriptiva para contenido de metales, pH y CE - zona industrial

| Zona Industrial |         |          |            |          |         |          |          |
|-----------------|---------|----------|------------|----------|---------|----------|----------|
| Parámetros      | N total | Promedio | Desv. Est. | 95% UCL  | Mínimo  | Mediana  | Máximo   |
| pH              | 32      | 7,43     | 0,99       | 7,79     | 4,28    | 7,50     | 10,22    |
| CE              | 32      | 0,67     | 0,72       | 0,93     | 0,06    | 0,32     | 2,85     |
| Ag              | 32      | 0,05     | 0,01       | 0,05     | 0,05    | 0,05     | 0,07     |
| Al              | 32      | 15104,31 | 4182,72    | 16612,34 | 3970,20 | 14424,99 | 23420,94 |
| As              | 32      | 3,83     | 3,50       | 5,09     | 0,93    | 2,37     | 13,79    |
| B               | 32      | 20,55    | 3,13       | 21,68    | 20,00   | 20,00    | 37,71    |
| Ba              | 32      | 35,57    | 29,75      | 46,29    | 5,70    | 26,86    | 129,00   |
| Be              | 32      | 0,22     | 0,15       | 0,27     | 0,10    | 0,14     | 0,60     |
| Ca              | 32      | 9993,62  | 8507,01    | 13060,73 | 398,53  | 9056,86  | 47522,01 |
| Cd              | 32      | 0,11     | 0,02       | 0,11     | 0,10    | 0,10     | 0,22     |
| Co              | 32      | 16,43    | 6,76       | 18,86    | 2,60    | 16,15    | 28,10    |
| Cr              | 32      | 23,89    | 42,39      | 39,17    | 4,40    | 13,53    | 250,00   |
| Cu              | 32      | 22,27    | 25,11      | 31,32    | 5,10    | 15,72    | 148,98   |
| Fe              | 32      | 28145,50 | 8644,41    | 31262,14 | 5009,94 | 28585,38 | 61535,88 |
| Hg              | 32      | 0,05     | 0,01       | 0,06     | 0,05    | 0,05     | 0,12     |
| K               | 32      | 369,52   | 204,71     | 443,33   | 200,00  | 296,79   | 1044,09  |
| Li              | 32      | 6,32     | 3,52       | 7,59     | 1,00    | 4,85     | 18,69    |
| Mg              | 32      | 12598,35 | 8616,88    | 15705,07 | 1326,06 | 11516,76 | 28642,11 |
| Mn              | 32      | 698,05   | 609,71     | 917,88   | 70,61   | 549,50   | 3623,67  |
| Mo              | 32      | 0,66     | 0,73       | 0,92     | 0,16    | 0,45     | 3,65     |
| Na              | 32      | 200,00   | 0,00       | 200,00   | 200,00  | 200,00   | 200,00   |
| Ni              | 32      | 33,33    | 21,77      | 41,18    | 5,40    | 28,85    | 75,85    |
| P               | 32      | 339,55   | 146,12     | 392,23   | 100,72  | 318,93   | 913,62   |
| Pb              | 32      | 8,30     | 7,80       | 11,11    | 1,32    | 4,44     | 33,50    |
| S               | 32      | 1140,69  | 2875,38    | 2177,37  | 500,00  | 500,00   | 16446,76 |
| Sb              | 32      | 0,51     | 0,05       | 0,53     | 0,50    | 0,50     | 0,78     |
| Se              | 32      | 1,97     | 1,55       | 2,53     | 0,19    | 1,53     | 9,25     |
| Si              | 32      | 2036,14  | 1398,38    | 2540,30  | 365,66  | 1883,98  | 5822,17  |
| Sn              | 32      | 0,87     | 1,33       | 1,35     | 0,50    | 0,50     | 7,74     |
| Sr              | 32      | 58,43    | 25,82      | 67,73    | 5,58    | 65,31    | 98,77    |
| Ti              | 32      | 967,84   | 484,16     | 1142,40  | 57,57   | 1194,07  | 1529,99  |
| Tl              | 32      | 0,12     | 0,03       | 0,13     | 0,10    | 0,10     | 0,21     |

| Zona Industrial |         |          |            |         |        |         |         |
|-----------------|---------|----------|------------|---------|--------|---------|---------|
| Parámetros      | N total | Promedio | Desv. Est. | 95% UCL | Mínimo | Mediana | Máximo  |
| V               | 32      | 226,20   | 414,11     | 375,50  | 47,91  | 109,20  | 2339,00 |
| Zn              | 32      | 51,13    | 31,76      | 62,58   | 6,49   | 42,54   | 183,72  |
| Bi              | 32      | 2,32     | 0,14       | 2,38    | 2,09   | 2,32    | 2,58    |
| U               | 32      | 1,65     | 0,48       | 1,82    | 0,24   | 1,68    | 2,40    |
| Ce              | 32      | 17,74    | 10,18      | 21,41   | 5,94   | 13,87   | 44,41   |
| Th              | 32      | 4,37     | 1,57       | 4,94    | 2,96   | 3,61    | 8,52    |

En cuanto al análisis de TPH, los resultados muestran que solo dos puntos registran concentraciones por sobre el límite de detección, uno con un valor de 19,7 [mg/kg] ubicado en el humedal Boca Maule y otro con una concentración de 247 [mg/kg] ubicado en el exterior de la central termoeléctrica Bocamina.

### C. EN COLEGIOS

De las 15 escuelas y colegios propuestos en el Plan de Muestreo, no fue posible tomar muestras en 4 de ellos (las razones se indican en la tabla siguiente), y en dos de ellos las muestras fueron extraídas en el exterior de los establecimientos, porque en su interior se encontraban completamente pavimentados. Es por esto que se incorporaron 4 cuatro establecimientos adicionales, no incluidos inicialmente. Todos estos antecedentes se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19. Escuelas y colegios muestreados y no muestreados

| N° | Nombre  | Tipo           | ¿Incluido en estudio MINSAL? | Muestreado |  |
|----|---|----------------|------------------------------|------------|--|
|    |   |                |                              | Si/No      | Motivo u observaciones   |
| 1  | Escuela D-667 Playas Negras                     | Municipalizado | Si                           | Si         |  |
| 2  | Escuela D-673 Javiera Carrera                   | Municipalizado | Si                           | Si         |  |
| 3  | Escuela D-675 Rafael Sotomayor Baeza            | Municipalizado | Si                           | Si         | Se tomó muestra en el exterior del colegio, porque no hubo permiso de ingreso por parte de la dirección. Se indicó que hace un mes ya habían ido a muestrear al colegio. |
| 4  | Colegio Amanecer Coronel                        | Particular     | Si                           | Si         | Se tomó muestra en el exterior del colegio, porque no hubo permiso de ingreso debido a que el Director no se encontraba en el establecimiento.                           |
| 5  | Escuela Republica de Francia                    | Municipalizado | Si                           | Si         |  |
| 6  | Escuela Arturo Hughes Cerna F690                | Municipalizado | Si                           | Si         |  |
| 7  | Instituto de Humanidades Enrique Curti Canobbio | Particular     | Si                           | Si         |  |
| 8  | Liceo Bicentenario de                           | Municipalizado | Si                           | Si         |  |

| N° | Nombre                                     | Tipo                     | ¿Incluido en estudio MINSAL? | Muestreado |  |
|----|--|--------------------------|------------------------------|------------|--|
|    |  |                          |                              | Si/No      | Motivo u observaciones   |
|    | Coronel                                    |                          |                              |            |  |
| 9  | Escuela Escuadrón                          | Municipalizado           | Si                           | Si         |  |
| 10 | Aliwe College                              | Particular               | Si                           | No         | No pudo ser muestreado por negación por parte de la dirección  |
| 11 | Colegio particular San Pedro               | Particular               | Si                           | No         | No se pudo tomar muestras en el interior, porque patios se encuentran totalmente pavimentados.   |
| 12 | Escuela Genaro Ríos Campos                 | Particular               | Si                           | Si         |  |
| 13 | Escuela Metodista                          | Particular subvencionado | Si                           | No         | No se pudo tomar muestras en el interior, porque patios se encuentran totalmente pavimentados.   |
| 14 | Liceo Industrial Fundación Schwager N° 842 | Municipalizado           | Si                           | Si         |  |
| 15 | Scuola Italiana Di Concepción              | Particular subvencionado | Si                           | No         | No pudo ser muestreado por negación por parte de la dirección.   |
| 16 | Escuela Básica N°691 Patagual              | Municipalizado           | No                           | Si         | Se incluyó, porque se encuentra en zona alejada de Coronel, por lo que se consideró como un potencial indicador de contenido de metales en suelos alejados de Coronel, y no afectados directamente por sus fuentes emisoras. |
| 17 | Escuela Rosita Renard                      | Municipalizado           | No                           | Si         | Se incluyó, porque es vecino contiguo a Escuela Metodista, en la cual no pudo tomarse muestras.  |
| 18 | Escuela básica Rosa Medel                  | Municipalizado           | No                           | Si         | Se incluyó, porque se encuentra cercana a central Bocamina.  |
| 19 | Escuela Rosa Yáñez Rodríguez N°F670        | Municipalizado           | No                           | Si         | Se incluyó, porque se encuentra en zona industrial, cercano a pesqueras y central Bocamina.  |

Cabe indicar que los establecimientos educacionales N° 3 y 4 de la tabla anterior, no fueron incluidos en los resultados del muestreo en escuelas y colegios, porque en estricto rigor no corresponden a muestras tomadas al interior de las instalaciones. Estas muestras fueron incluidas en los resultados para sectores de uso residencial.

A continuación en la Tabla 20 se presenta un resumen con las muestras extraídas en establecimientos educacionales de la comuna de Coronel y sus coordenadas.

Cabe indicar que a todas estas muestras se les efectuó el análisis de metales, pH y CE, y a 2 muestras también se les midió el contenido de TPH, las que fueron destacadas en color gris en la tabla siguiente.

Tabla 20. Puntos de muestreo en escuelas y colegios

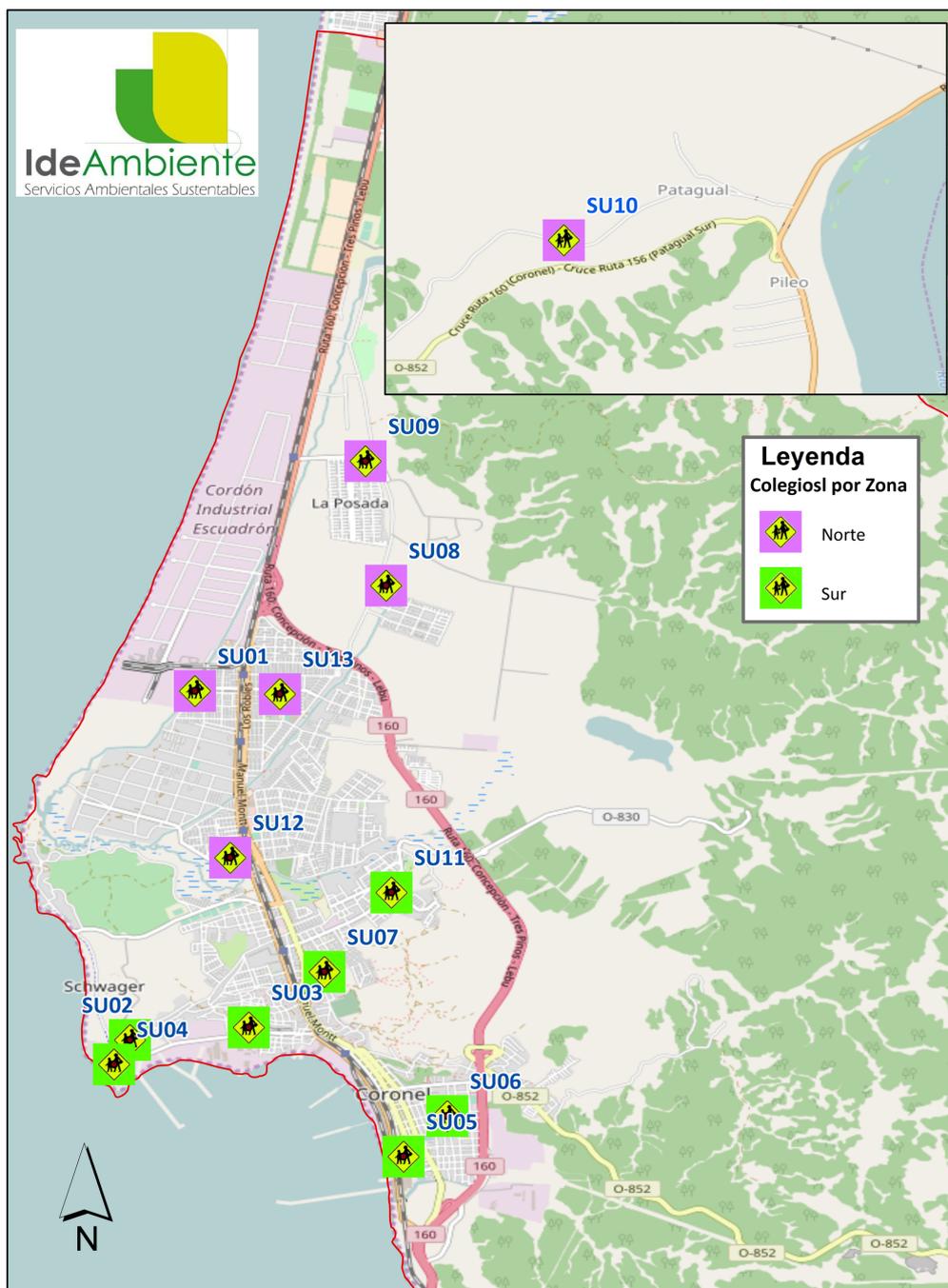
| Zona  | Colegio   | Muestra | Coordenadas<br>(WGS 84 huso 19) |            |
|-------|---|---------|---------------------------------|------------|
|       |   |         | Sur (S)                         | Oeste (W)  |
| Norte | Instituto de Humanidades Enrique Curti Canobbio | SU01    | -36,982104                      | -73,168393 |
|       | Liceo Bicentenario de Coronel                   | SU08    | -36,969772                      | -73,146185 |
|       | Escuela Escuadron                               | SU09    | -36,955186                      | -73,148579 |
|       | Escuela Rosita Renard                           | SU12    | -37,001642                      | -73,164303 |
|       | Escuela Arturo Hughes Cerna                     | SU13    | -36,982474                      | -73,158526 |
| Sur   | Colegio Rosa Medel                              | SU02    | -37,063698                      | -73,103258 |
|       | Liceo Industrial Fundación Schwager N° 842      | SU03    | -37,021543                      | -73,162144 |
|       | Escuela Playa Negras                            | SU04    | -37,025882                      | -73,177816 |
|       | Escuela República de Francia                    | SU05    | -37,036686                      | -73,144150 |
|       | Escuela Javiera Carrera                         | SU06    | -37,031949                      | -73,139061 |
|       | Escuela Genaro Ríos Campos                      | SU07    | -37,015039                      | -73,153351 |
|       | Escuela Básica N691 Patagual                    | SU10    | -37,005730                      | -73,145561 |
|       | Escuela Rosa Yáñez Rodríguez F670               | SU11    | -37,011347                      | -73,002705 |

Nota: Celdas color gris corresponden a muestras en las que se analizó TPH

De acuerdo a tabla anterior se tomó un total de 13 muestras en colegios, 5 de éstas tomadas en el norte de la comuna y 8 en el sur.

En la Figura 25 se presenta distribución de muestras de suelos extraídas en establecimientos educacionales.

Figura 25. Localización muestras de suelo extraídas en colegios



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta la estadística descriptiva considerando las muestras obtenidas en los trece colegios muestreados en este estudio.

Tabla 21. Estadística descriptiva para contenido de metales, pH y CE - colegios.

| Colegios   |         |          |            |         |        |         |        |
|------------|---------|----------|------------|---------|--------|---------|--------|
| Parámetros | N total | Promedio | Desv. Est. | 95% UCL | Mínimo | Mediana | Máximo |
| pH         | 13      | 7,20     | 0,43       | 7,46    | 6,30   | 7,28    | 7,94   |
| CE         | 13      | 0,81     | 0,71       | 1,24    | 0,17   | 0,55    | 2,30   |
| Ag         | 13      | 0,05     | 0,01       | 0,06    | 0,05   | 0,05    | 0,07   |
| Al         | 13      | 16.154   | 4.045      | 18.599  | 1.254  | 15.000  | 24.647 |
| As         | 13      | 5,27     | 4,81       | 8,17    | 1,99   | 3,49    | 19,69  |
| B          | 13      | 20,69    | 1,95       | 21,87   | 20,00  | 20,00   | 26,91  |
| Ba         | 13      | 54,47    | 33,48      | 74,70   | 23,50  | 36,99   | 134,02 |
| Be         | 13      | 0,33     | 0,16       | 0,43    | 0,17   | 0,26    | 0,64   |
| Ca         | 13      | 7.512    | 2.217      | 8.852   | 2.918  | 7.820   | 12.532 |
| Cd         | 13      | 0,12     | 0,06       | 0,16    | 0,10   | 0,10    | 0,31   |
| Co         | 13      | 17,28    | 4,33       | 19,90   | 10,92  | 17,29   | 26,88  |
| Cr         | 13      | 13,14    | 2,78       | 14,82   | 10,49  | 12,98   | 21,20  |
| Cu         | 13      | 19,81    | 9,27       | 25,41   | 10,50  | 17,47   | 43,31  |
| Fe         | 13      | 28.830   | 5.485      | 32.145  | 20.446 | 28.758  | 42.312 |
| Hg         | 13      | 0,06     | 0,03       | 0,08    | 0,05   | 0,05    | 0,15   |
| K          | 13      | 569      | 438        | 834     | 200    | 369     | 1769   |
| Li         | 13      | 7,15     | 2,79       | 8,84    | 4,10   | 5,90    | 14,25  |
| Mg         | 13      | 12.745   | 5.807      | 16.255  | 1.801  | 12.646  | 23.874 |
| Mn         | 13      | 568      | 163        | 666     | 410    | 526     | 1048   |
| Mo         | 13      | 0,48     | 0,24       | 0,62    | 0,25   | 0,41    | 0,99   |
| Na         | 13      | 200      | 200        | 200     | 200    | 200     | 200    |
| Ni         | 13      | 34,75    | 16,29      | 44,60   | 6,05   | 36,05   | 63,85  |
| P          | 13      | 366      | 116        | 436     | 241    | 347     | 653    |
| Pb         | 13      | 12,54    | 11,87      | 19,71   | 4,84   | 8,83    | 47,51  |
| S          | 13      | 531      | 114        | 601     | 500    | 500     | 914    |
| Sb         | 13      | 0,50     | 0,00       | 0,50    | 0,50   | 0,50    | 0,51   |
| Se         | 13      | 2,00     | 0,82       | 2,50    | 1,36   | 1,77    | 4,34   |
| Si         | 13      | 1.639    | 604        | 2.004   | 420    | 1.489   | 2.423  |
| Sn         | 13      | 4,05     | 6,35       | 7,89    | 0,50   | 0,84    | 20,87  |
| Sr         | 13      | 54,03    | 15,97      | 63,68   | 14,99  | 55,15   | 78,16  |
| Ti         | 13      | 1.061    | 274        | 1.227   | 592    | 1.098   | 1.537  |
| Tl         | 13      | 0,11     | 0,03       | 0,13    | 0,10   | 0,10    | 0,17   |
| V          | 13      | 86,55    | 15,32      | 95,81   | 60,69  | 84,81   | 116    |
| Zn         | 13      | 80,42    | 43,65      | 106,79  | 36,10  | 59,76   | 159    |
| Bi         | 13      | 2,44     | 0,07       | 2,49    | 2,34   | 2,44    | 2,57   |
| U          | 13      | 1,95     | 0,24       | 2,09    | 1,70   | 1,89    | 2,46   |
| Ce         | 13      | 21,41    | 11,08      | 28,10   | 13,26  | 16,23   | 47,52  |
| Th         | 13      | 4,99     | 1,74       | 6,04    | 3,71   | 4,57    | 9,96   |

En cuanto al análisis de TPH, las dos muestras obtenidas en colegios en las que se analizó este parámetro, muestran contenidos bajo el límite de detección.

#### D. RESUMEN MUESTRAS DE SUELO TOMADAS EN SECTORES RESIDENCIALES E INDUSTRIALES

En total, se muestrearon 85 puntos en estos sectores, distribuidos como se indica en la tabla siguiente.

Tabla 22. Total de puntos muestreados en sectores residenciales e industriales

| Zona         | Norte     | Sur       | Total     |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| Residencial  | 22        | 18        | 40        |
| Industrial   | 15        | 17        | 32        |
| Colegios     | 5         | 8         | 13        |
| <b>TOTAL</b> | <b>42</b> | <b>43</b> | <b>85</b> |

En Figura 26 y 27 se presenta la localización de las muestras tomadas en zona norte y zona sur respectivamente.

Figura 26. Localización muestras en zona norte

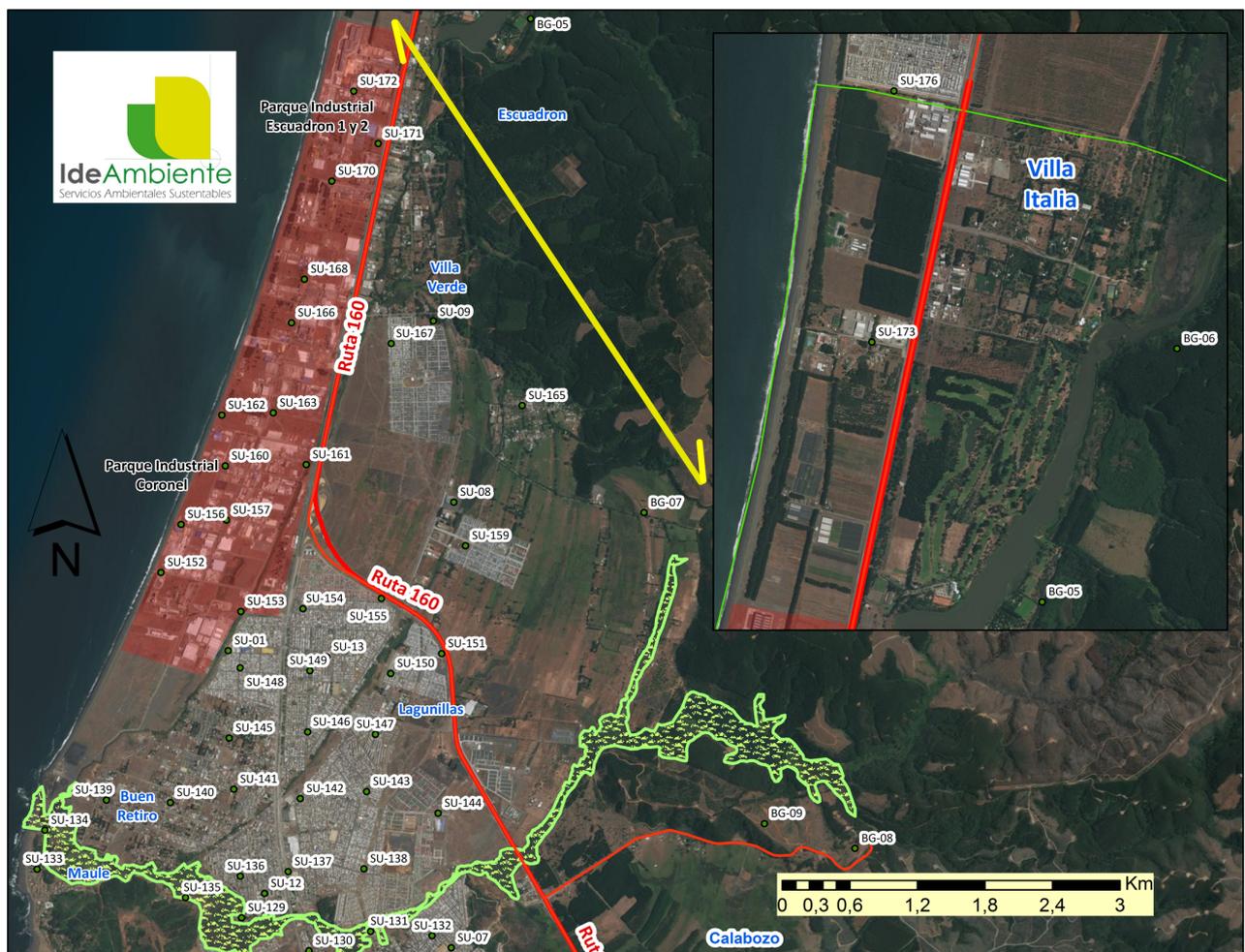
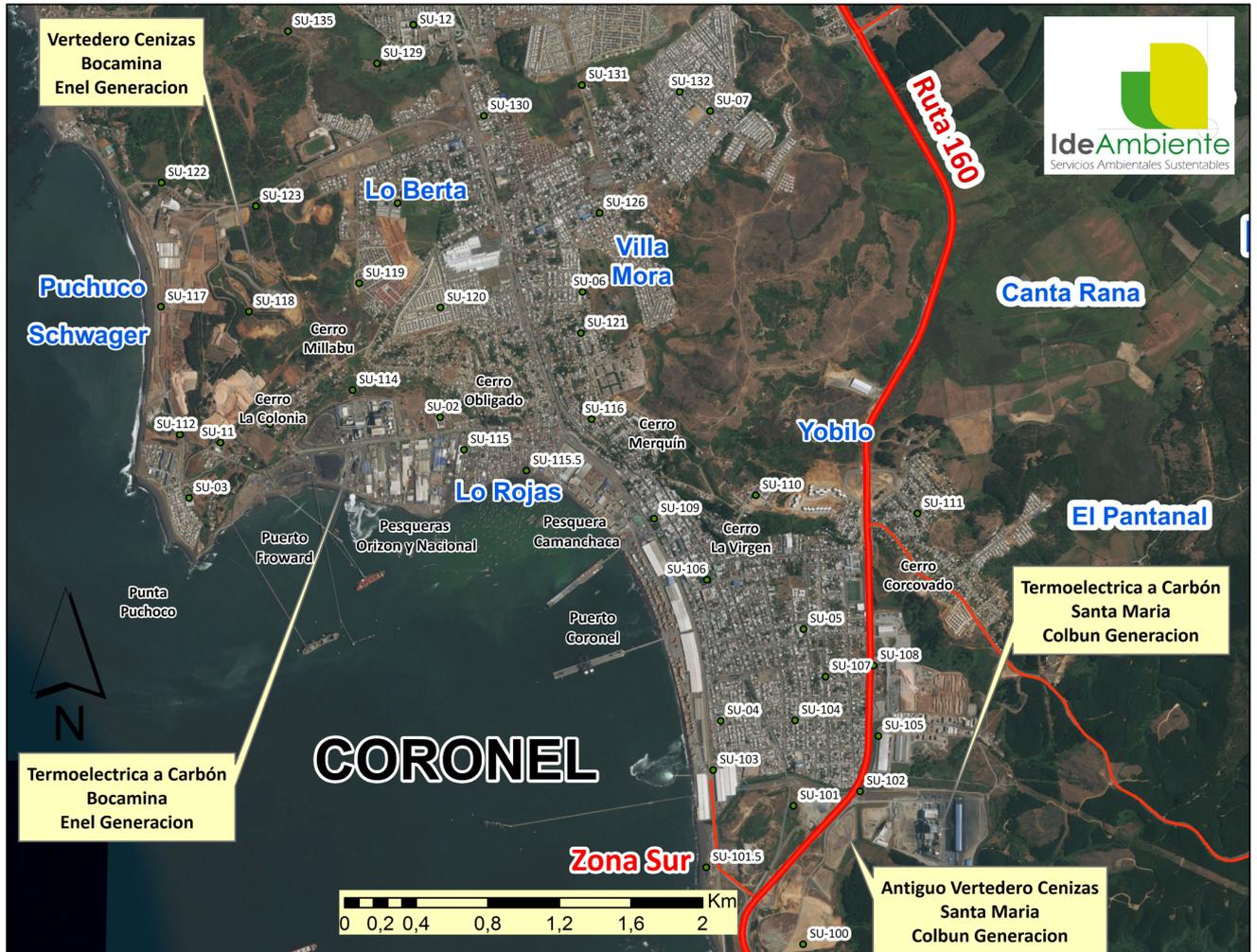


Figura 27. Localización muestras en zona sur



**E. RESULTADOS BIOACCESIBILIDAD/BIODISPONIBILIDAD**

En función de los resultados de contenido total de metales, se seleccionó un grupo de muestras para el análisis de bioaccesibilidad de metales seleccionados, en este caso: As, Cr, Ni y V, debido a que fueron medidos en concentraciones preliminarmente elevadas en algunas muestras.

Las muestras fueron seleccionadas, considerando las mayores concentraciones medidas e intentando abarcar los distintos usos de suelo (sectores de uso industrial, residencial, colegios y background). Así, las muestras seleccionadas fueron: SU-109, SU-120, SU-150, SU-151, SU-147, SU-143, SU-144, SU-163, SU-10, SU-171, SU-152, SU-118, SU-114, y SU-102.

Los resultados de bioaccesibilidad/biodisponibilidad, se presentan en la Tabla 23.

Tabla 23. Resultados biodisponibilidad

| Muestra | % bioaccesible/biodisponible |       |       |       |
|---------|------------------------------|-------|-------|-------|
|         | As                           | Cr    | Ni    | V     |
| SU-109  | 6%                           | 5%    | 10%   | 14%   |
| SU-120  | 12%                          | 12%   | 13%   | 57%   |
| SU-150  | 32%                          | 5%    | 5%    | 10%   |
| SU-151  | 30%                          | 4%    | 2%    | 5%    |
| SU-147  | 46%                          | 8%    | 7%    | 16%   |
| SU-143  | 12%                          | 4%    | 7%    | 8%    |
| SU-144  | 7%                           | 4%    | 8%    | 2%    |
| SU-163  | 39%                          | 10%   | 7%    | 66%   |
| SU-10   | 32%                          | 16%   | 5%    | 34%   |
| BG-03   | 7%                           | 4%    | 7%    | 4%    |
| SU-171  | 44%                          | 6%    | 3%    | 34%   |
| SU-152  | 47%                          | 3%    | 1%    | 8%    |
| SU-118  | 60%                          | 22%   | 25%   | 65%   |
| SU-114  | 4%                           | 4%    | 26%   | 5%    |
| SU-102  | 23%                          | 10%   | 15%   | 95%   |
| Rango   | 6-60%                        | 4-22% | 2-26% | 2-95% |

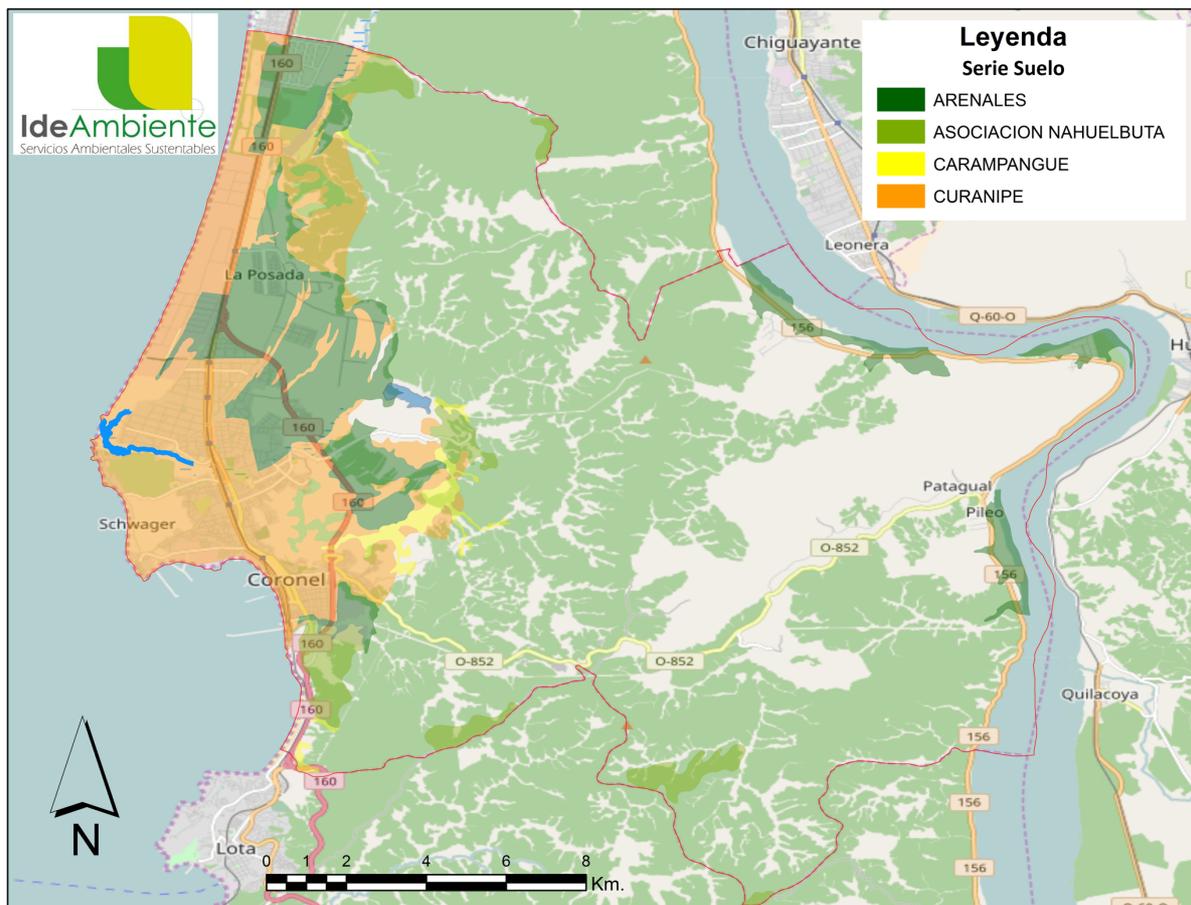
En la tabla anterior se debe tener presente que entre mayor es el porcentaje reportado, mayor es la cantidad bioaccesible/biodisponible del metal para receptores. En base a esto, es posible notar que un porcentaje más bien bajo de los metales seleccionados se encuentra en forma bioaccesible/biodisponible en las muestras de suelo seleccionadas.. Esto daría cuenta de que gran parte del contenido total de metales no se encuentran presentes en formas químicas que sean biodisponibles. Además, es posible notar que entre las muestras hay diferencias en los porcentajes medidos, lo que refuerza la idea de que esta medida es altamente dependiente de las condiciones específicas del medio o matriz.

### 7.2.3 ACTIVIDAD 3: DETERMINAR VALORES BASE (*BACKGROUND*) DE CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS DE INTERÉS

#### 7.2.3.1 MUESTREO EFECTUADO PARA LA DETERMINACIÓN DE VALORES *BACKGROUND*

Para el muestreo en zonas *background*, se incluyeron consideraciones de series de suelo agrológicas presentes en la comuna, correspondientes a Serie Curanipe, Serie Arenales y Serie Asociación Nahuelbuta, cuya distribución se observa en la Figura 28.

Figura 28. Series de suelos presentes en Coronel.



Fuente: Elaboración propia en base a CIREN, 2014

Las descripciones de las características propias de cada serie de suelo se obtuvieron de los documentos “Suelos Descripciones Proyecto Aerofotogramétrico Chile/O.E.A./ B.I.D.”<sup>21</sup> y “Capacidad de Uso del Suelo”<sup>22</sup> y se detallan en Anexo 12.

El procedimiento para la toma de muestras background fue el mismo que se aplicó para la toma de muestras en áreas residenciales e industriales. En este caso, se definieron puntos de muestreo localizados en las tres series de suelo presentes en la comuna, y donde además no exista una intervención antrópica directa.

<sup>21</sup> Instituto de Investigación de Recursos Naturales Corfo. Publicación N°2. Noviembre 1964.

<sup>22</sup> Zelada A. y Maquire P. Expediente Comunal. Estudio Modificación Plan Regulador Comuna de Coronel. I. Municipalidad de Coronel. Asesoría Urbana. 2005.

En estas muestras se consideró el análisis de metales y de parámetros fisicoquímicos (pH y CE), se excluyó la medición de TPH, porque este tipo de hidrocarburos no se encuentran naturalmente en el suelo a nivel superficial, por lo que en sectores sin intervención antrópica no debieran estar presentes. Además se consideró el análisis de biodisponibilidad de los metales As, Cr, Ni y V en una de las muestras elegida al azar (la BG 03).

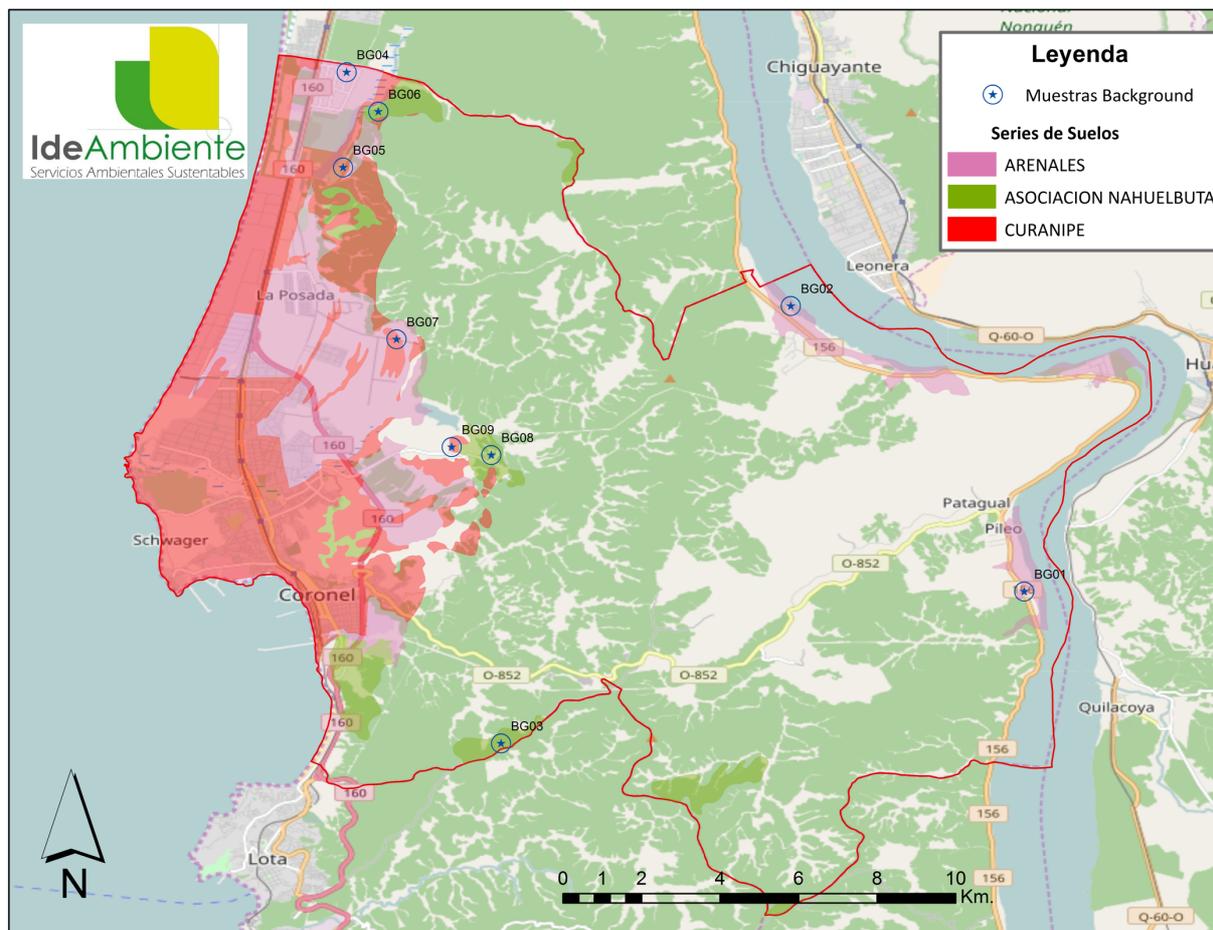
### 7.2.3.2 RESULTADOS MUESTREO EFECTUADO PARA LA DETERMINACIÓN DE VALORES *BACKGROUND*

En la Tabla 24 y Figura 29 se detallan las muestras *background* tomadas en el área de estudio, la serie a la que pertenecen y su localización.

Tabla 24. Puntos de muestreo background

| Zona  | Serie                       | Muestra | Coordenadas |            |
|-------|-----------------------------|---------|-------------|------------|
|       |                             |         | Sur (S)     | Oeste (W)  |
| Norte | Serie Arenales              | BG02    | -36,962657  | -73,036885 |
|       | Serie Arenales              | BG04    | -36,908646  | -73,138626 |
|       | Serie Curanipe              | BG05    | -36,930650  | -73,139471 |
|       | Serie Asociación Nahuelbuta | BG06    | -36,917741  | -73,131376 |
|       | Serie Curanipe              | BG07    | -36,970314  | -73,127197 |
|       | Serie Asociación Nahuelbuta | BG08    | -36,997074  | -73,105487 |
|       | Serie Curanipe              | BG09    | -36,995225  | -73,114563 |
| Sur   | Serie Arenales              | BG01    | -36,962657  | -73,036885 |
|       | Serie Asociación Nahuelbuta | BG03    | -37,028810  | -72,983521 |

Figura 29. Localización muestras background , según series de suelos presentes en Coronel.



A continuación, se presenta la estadística descriptiva clásica, para cada serie de suelo, lo que incluye el valor promedio, la desviación estándar, el mínimo, máximo y mediana. Para el cálculo de los estadígrafos, al igual que en los casos anteriores, en aquellos casos en que se reportó un valor inferior al límite de cuantificación (LC), el valor se asumió como igual a dicho límite (medida conservadora).

Cabe indicar que el número de muestras background es reducido para efectuar el cálculo del 95 UCL promedio. De acuerdo a lo anterior, para el caso de los valores background por serie se considerará su valor promedio como el valor representativo de concentración.

**A. SERIE CURANIPE**

En la tabla siguiente se presentan los resultados analíticos para la Serie Curanipe. Los estadígrafos estadísticos que se presentan se obtuvieron al agrupar los resultados obtenidos de las tres muestras recolectadas para esta serie.

Tabla 25. Estadística descriptiva para contenido de metales, pH y CE - *Background* Serie Curanipe

| Serie Curanipe |         |           |            |          |          |           |
|----------------|---------|-----------|------------|----------|----------|-----------|
| Parámetro      | N total | Promedio  | Desv. Est. | Mínimo   | Mediana  | Máximo    |
| pH             | 3       | 5,83      | 1,00       | 4,74     | 6,04     | 6,70      |
| CE             | 3       | 0,80      | 1,03       | 0,18     | 0,22     | 1,99      |
| Ag             | 3       | 0,05      | 0,00       | 0,05     | 0,05     | 0,05      |
| Al             | 3       | 15.596,27 | 9127,10    | 5536,22  | 17905,91 | 23346,67  |
| As             | 3       | 3,53      | 2,56       | 1,09     | 3,31     | 6,20      |
| B              | 3       | 20,00     | 0,00       | 20,00    | 20,00    | 20,00     |
| Ba             | 3       | 53,76     | 40,00      | 21,68    | 41,04    | 98,57     |
| Be             | 3       | 0,30      | 0,22       | 0,10     | 0,27     | 0,53      |
| Ca             | 3       | 2532,75   | 3106,76    | 50,00    | 1531,59  | 6016,65   |
| Cd             | 3       | 0,11      | 0,01       | 0,10     | 0,12     | 0,12      |
| Co             | 3       | 49,37     | 58,82      | 8,26     | 23,11    | 116,75    |
| Cr             | 3       | 28,21     | 9,70       | 18,63    | 27,98    | 38,02     |
| Cu             | 3       | 17,35     | 5,93       | 10,50    | 20,58    | 20,96     |
| Fe             | 3       | 55075,54  | 39225,42   | 25637,16 | 39984,17 | 99605,29  |
| Hg             | 3       | 0,05      | 0,00       | 0,05     | 0,05     | 0,05      |
| K              | 3       | 441,72    | 276,16     | 200,00   | 382,46   | 742,70    |
| Li             | 3       | 6,07      | 2,28       | 4,70     | 4,80     | 8,70      |
| Mg             | 3       | 50997,56  | 75461,82   | 462,54   | 14790,31 | 137739,81 |
| Mn             | 3       | 1346,63   | 773,81     | 568,27   | 1355,79  | 2115,82   |
| Mo             | 3       | 0,47      | 0,27       | 0,17     | 0,54     | 0,69      |
| Na             | 3       | 200,00    | 0,00       | 200,00   | 200,00   | 200,00    |
| Ni             | 3       | 154,48    | 206,12     | 5,20     | 68,58    | 389,65    |
| P              | 3       | 352,20    | 185,42     | 244,06   | 246,23   | 566,30    |
| Pb             | 3       | 8,90      | 8,08       | 2,35     | 6,41     | 17,93     |
| S              | 3       | 505,90    | 10,22      | 500,00   | 500,00   | 517,70    |
| Sb             | 3       | 0,50      | 0,00       | 0,50     | 0,50     | 0,50      |
| Se             | 3       | 1,16      | 0,59       | 0,53     | 1,25     | 1,69      |
| Si             | 3       | 2428,70   | 1687,58    | 662,23   | 2599,47  | 4024,40   |
| Sn             | 3       | 0,50      | 0,00       | 0,50     | 0,50     | 0,50      |
| Sr             | 3       | 21,14     | 26,31      | 4,60     | 7,34     | 51,47     |
| Ti             | 3       | 1025,41   | 424,71     | 547,28   | 1170,06  | 1358,90   |
| Tl             | 3       | 0,14      | 0,06       | 0,10     | 0,10     | 0,21      |
| V              | 3       | 107,91    | 21,10      | 83,98    | 115,86   | 123,88    |
| Zn             | 3       | 75,70     | 59,53      | 16,64    | 74,77    | 135,69    |
| Bi             | 3       | 2,47      | 0,06       | 2,40     | 2,50     | 2,51      |
| U              | 3       | 0,58      | 0,46       | 0,18     | 0,49     | 1,08      |
| Ce             | 3       | 25,89     | 25,23      | 4,94     | 18,84    | 53,90     |
| Th             | 3       | 5,46      | 3,39       | 3,01     | 4,04     | 9,33      |

**B. SERIE ARENALES**

En la tabla siguiente se presentan los resultados analíticos para la Serie Arenales. Los estadígrafos estadísticos que se presentan se obtuvieron al agrupar los resultados obtenidos de las tres muestras recolectadas para esta serie.

Tabla 26. Estadística descriptiva para contenido de metales, pH y CE - *Background* Serie Arenales

| Serie Arenales |         |          |            |          |          |          |
|----------------|---------|----------|------------|----------|----------|----------|
| Parámetro      | N total | Promedio | Desv. Est. | Mínimo   | Mediana  | Máximo   |
| pH             | 3       | 7,16     | 1,33       | 5,70     | 7,49     | 8,30     |
| CE             | 3       | 0,33     | 0,39       | 0,06     | 0,16     | 0,78     |
| Ag             | 3       | 0,05     | 0,00       | 0,05     | 0,05     | 0,05     |
| Al             | 3       | 18466,54 | 6719,28    | 11854,07 | 18257,79 | 25287,77 |
| As             | 3       | 1,74     | 0,45       | 1,25     | 1,84     | 2,14     |
| B              | 3       | 20,00    | 0,00       | 20,00    | 20,00    | 20,00    |
| Ba             | 3       | 31,60    | 10,61      | 24,51    | 26,49    | 43,80    |
| Be             | 3       | 0,21     | 0,07       | 0,14     | 0,21     | 0,27     |
| Ca             | 3       | 8283,93  | 1681,46    | 7136,04  | 7501,76  | 10214,00 |
| Cd             | 3       | 0,10     | 0,00       | 0,10     | 0,10     | 0,10     |
| Co             | 3       | 16,01    | 5,87       | 12,46    | 12,78    | 22,78    |
| Cr             | 3       | 11,14    | 0,51       | 10,60    | 11,20    | 11,62    |
| Cu             | 3       | 15,53    | 3,75       | 11,38    | 16,52    | 18,69    |
| Fe             | 3       | 23388,69 | 7507,09    | 18889,57 | 19221,48 | 32055,02 |
| Hg             | 3       | 0,05     | 0,00       | 0,05     | 0,05     | 0,05     |
| K              | 3       | 220,34   | 18,86      | 205,97   | 213,37   | 241,70   |
| Li             | 3       | 5,80     | 1,40       | 4,40     | 5,80     | 7,20     |
| Mg             | 3       | 12102,49 | 5819,35    | 8409,12  | 9087,68  | 18810,67 |
| Mn             | 3       | 499,83   | 224,43     | 322,41   | 424,95   | 752,13   |
| Mo             | 3       | 0,23     | 0,06       | 0,18     | 0,22     | 0,30     |
| Na             | 3       | 200,00   | 0,00       | 200,00   | 200,00   | 200,00   |
| Ni             | 3       | 29,38    | 13,84      | 21,22    | 21,56    | 45,35    |
| P              | 3       | 356,65   | 121,26     | 233,04   | 361,49   | 475,43   |
| Pb             | 3       | 3,34     | 1,95       | 1,77     | 2,74     | 5,52     |
| S              | 3       | 500,00   | 0,00       | 500,00   | 500,00   | 500,00   |
| Sb             | 3       | 0,50     | 0,00       | 0,50     | 0,50     | 0,50     |
| Se             | 3       | 1,75     | 0,06       | 1,69     | 1,77     | 1,80     |
| Si             | 3       | 2808,17  | 1833,61    | 1586,71  | 1921,18  | 4916,61  |
| Sn             | 3       | 6,04     | 8,91       | 0,50     | 1,30     | 16,32    |
| Sr             | 3       | 67,72    | 17,79      | 54,56    | 60,63    | 87,96    |
| Ti             | 3       | 1438,78  | 352,41     | 1201,07  | 1271,60  | 1843,66  |
| Tl             | 3       | 0,10     | 0,00       | 0,10     | 0,10     | 0,10     |
| V              | 3       | 92,55    | 32,37      | 62,49    | 88,34    | 126,82   |
| Zn             | 3       | 32,47    | 15,82      | 22,45    | 24,24    | 50,70    |
| Bi             | 3       | 2,34     | 0,07       | 2,26     | 2,36     | 2,39     |
| U              | 3       | 1,22     | 0,78       | 0,32     | 1,61     | 1,73     |
| Ce             | 3       | 15,40    | 2,35       | 12,92    | 15,67    | 17,61    |
| Th             | 3       | 3,76     | 0,39       | 3,50     | 3,57     | 4,21     |

**C. SERIE ASOCIACIÓN NAHUELBUTA**

En la tabla siguiente se presentan los resultados analíticos para la Serie Asociación Nahuelbuta. Los estadígrafos estadísticos que se presentan se obtuvieron al agrupar los resultados obtenidos de las tres muestras recolectadas para esta serie.

Tabla 27. Estadística descriptiva para contenido de metales, pH y CE - *Background* Serie Asociación Nahuelbuta

| Serie Asociación Nahuelbuta |         |           |            |          |          |          |
|-----------------------------|---------|-----------|------------|----------|----------|----------|
| Parámetro                   | N total | Promedio  | Desv. Est. | Mínimo   | Mediana  | Máximo   |
| pH                          | 3       | 5,91      | 0,74       | 5,34     | 5,65     | 6,75     |
| CE                          | 3       | 0,24      | 0,20       | 0,09     | 0,15     | 0,47     |
| Ag                          | 3       | 0,05      | 0,00       | 0,05     | 0,05     | 0,05     |
| Al                          | 3       | 23180,47  | 10522,95   | 16196,37 | 18061,54 | 35283,52 |
| As                          | 3       | 5,69      | 1,88       | 4,28     | 4,96     | 7,83     |
| B                           | 3       | 20,00     | 0,00       | 20,00    | 20,00    | 20,00    |
| Ba                          | 3       | 64,85     | 24,32      | 50,10    | 51,52    | 92,92    |
| Be                          | 3       | 0,38      | 0,17       | 0,24     | 0,34     | 0,57     |
| Ca                          | 3       | 467,35    | 702,38     | 50,00    | 73,77    | 1278,27  |
| Cd                          | 3       | 0,10      | 0,00       | 0,10     | 0,10     | 0,10     |
| Co                          | 3       | 13,19     | 6,53       | 6,36     | 13,83    | 19,37    |
| Cr                          | 3       | 24,34     | 12,36      | 15,23    | 19,39    | 38,41    |
| Cu                          | 3       | 17,55     | 3,04       | 14,68    | 17,24    | 20,73    |
| Fe                          | 3       | 33.411,27 | 5650,76    | 26989,50 | 35621,31 | 37623,02 |
| Hg                          | 3       | 0,05      | 0,00       | 0,05     | 0,05     | 0,05     |
| K                           | 3       | 366,45    | 144,79     | 278,29   | 287,51   | 533,56   |
| Li                          | 3       | 6,22      | 2,60       | 3,80     | 5,90     | 8,96     |
| Mg                          | 3       | 2743,31   | 3125,47    | 813,62   | 1067,00  | 6349,33  |
| Mn                          | 3       | 1067,75   | 694,86     | 344,45   | 1128,66  | 1730,15  |
| Mo                          | 3       | 0,60      | 0,21       | 0,45     | 0,50     | 0,84     |
| Na                          | 3       | 200,00    | 0,00       | 200,00   | 200,00   | 200,00   |
| Ni                          | 3       | 12,24     | 7,27       | 7,60     | 8,49     | 20,62    |
| P                           | 3       | 271,40    | 122,37     | 173,55   | 232,04   | 408,61   |
| Pb                          | 3       | 14,41     | 3,58       | 10,51    | 15,19    | 17,54    |
| S                           | 3       | 500,00    | 0,00       | 500,00   | 500,00   | 500,00   |
| Sb                          | 3       | 0,50      | 0,00       | 0,50     | 0,50     | 0,50     |
| Se                          | 3       | 2,40      | 0,93       | 1,79     | 1,95     | 3,47     |
| Si                          | 3       | 755,19    | 250,95     | 537,72   | 698,07   | 1029,77  |
| Sn                          | 3       | 2,00      | 2,60       | 0,50     | 0,50     | 5,01     |
| Sr                          | 3       | 9,00      | 8,64       | 3,00     | 5,10     | 18,90    |
| Ti                          | 3       | 606,89    | 277,37     | 336,43   | 593,57   | 890,68   |
| Tl                          | 3       | 0,16      | 0,05       | 0,11     | 0,15     | 0,21     |
| V                           | 3       | 88,95     | 8,01       | 84,20    | 84,45    | 98,20    |
| Zn                          | 3       | 34,84     | 8,59       | 25,20    | 37,60    | 41,71    |
| Bi                          | 3       | 2,43      | 0,17       | 2,28     | 2,39     | 2,61     |
| U                           | 3       | 1,29      | 1,02       | 0,68     | 0,72     | 2,47     |
| Ce                          | 3       | 36,14     | 13,45      | 20,91    | 41,11    | 46,38    |
| Th                          | 3       | 5,80      | 2,39       | 3,72     | 5,27     | 8,40     |

**D. BACKGROUND AGRUPADO – TODAS LAS SERIES**

En la tabla siguiente se presentan los resultados analíticos *background* agrupados para todas las series. Los estadígrafos estadísticos que se presentan se obtuvieron al agrupar los resultados obtenidos de las nueve muestras recolectadas de este tipo.

Tabla 28. Estadística descriptiva para contenido de metales, pH y CE - *Background* agrupado

| Parámetro | N total | Curanipe prom. | As. Nahuelbuta, prom. | Arenales Prom. | Promedio series | Desv. Est. | Mínimo | Mediana | Máximo  |
|-----------|---------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------|------------|--------|---------|---------|
| pH        | 9       | 5,83           | 5,91                  | 7,16           | 6,30            | 1,11       | 4,74   | 6,04    | 8,3     |
| CE        | 9       | 0,80           | 0,24                  | 0,33           | 0,45            | 0,61       | 0,06   | 0,18    | 1,98    |
| Ag        | 9       | 0,05           | 0,05                  | 0,05           | 0,05            | 0,001      | 0,05   | 0,05    | 0,05    |
| Al        | 9       | 15.596         | 23.180                | 18.466         | 19.081          | 8.413      | 5.536  | 18.061  | 35.283  |
| As        | 9       | 3,53           | 5,69                  | 1,74           | 3,65            | 2,34       | 1,08   | 3,31    | 782.512 |
| B         | 9       | 20,00          | 20,00                 | 20,00          | 20              | 0          | 20     | 20      | 20      |
| Ba        | 9       | 53,76          | 64,85                 | 31,60          | 50,07           | 28,12      | 21,67  | 43,79   | 98,57   |
| Be        | 9       | 0,30           | 0,38                  | 0,21           | 0,29            | 0,16       | 0,1    | 0,26    | 0,569   |
| Ca        | 9       | 2.532          | 467                   | 8.283          | 3.761           | 3.943      | 50     | 1.531   | 10.213  |
| Cd        | 9       | 0,11           | 0,10                  | 0,10           | 0,10            | 0,009      | 0,1    | 0,1     | 0,12    |
| Co        | 9       | 49,37          | 13,19                 | 16,01          | 26,18           | 34,46      | 6,35   | 13,83   | 116,75  |
| Cr        | 9       | 28,21          | 24,34                 | 11,14          | 21,22           | 11,03      | 10,6   | 18,62   | 38,40   |
| Cu        | 9       | 17,35          | 17,55                 | 15,53          | 16,80           | 3,9447     | 10,5   | 17,23   | 20,96   |
| Fe        | 9       | 55.075         | 33.411                | 23.388         | 37.291          | 24.565     | 18.889 | 32.055  | 99.605  |
| Hg        | 9       | 0,05           | 0,05                  | 0,05           | 0,04962         | 0,001      | 0,046  | 0,05    | 0,05    |
| K         | 9       | 441            | 366                   | 220,34         | 342             | 184        | 200    | 278     | 742     |
| Li        | 9       | 6,07           | 6,22                  | 5,80           | 6,02            | 1,87       | 3,8    | 5,8     | 8,96    |
| Mg        | 9       | 50.997         | 2.743                 | 12.102         | 21.947          | 43.882     | 462    | 8.409   | 13.773  |
| Mn        | 9       | 1.346          | 1.067                 | 499            | 971             | 650        | 322    | 752     | 2.115   |
| Mo        | 9       | 0,47           | 0,60                  | 0,23           | 0,43            | 0,23       | 0,16   | 0,44    | 0,83    |
| Na        | 9       | 200            | 200                   | 200            | 200             | 0          | 200    | 200     | 200     |
| Ni        | 9       | 154            | 12,24                 | 29,38          | 65,3            | 123        | 5,2    | 21,21   | 389     |
| P         | 9       | 352            | 271                   | 356            | 326             | 133        | 173    | 246     | 566     |
| Pb        | 9       | 8,90           | 14,41                 | 3,34           | 8,88            | 6,59       | 1,77   | 6,41    | 17,92   |
| S         | 9       | 505            | 500                   | 500            | 502             | 5,90       | 500    | 500     | 517     |
| Sb        | 9       | 0,50           | 0,50                  | 0,50           | 0,5             | 0          | 0,5    | 0,5     | 0,5     |
| Se        | 9       | 1,16           | 2,40                  | 1,75           | 1,77            | 0,77       | 0,52   | 1,76    | 3,471   |
| Si        | 9       | 2428           | 755                   | 2.808          | 1.997           | 1.569      | 537    | 1.586   | 4.916   |
| Sn        | 9       | 0,50           | 2,00                  | 6,04           | 2,84            | 5,26       | 0,5    | 0,5     | 16,31   |
| Sr        | 9       | 21,14          | 9,00                  | 67,72          | 32,61           | 31,48      | 3      | 18,90   | 87,95   |
| Ti        | 9       | 1.025          | 606                   | 1.438          | 1.023           | 474        | 336    | 1.170   | 1.843   |
| Tl        | 9       | 0,14           | 0,16                  | 0,10           | 0,13            | 0,047      | 0,1    | 0,1     | 0,21    |
| V         | 9       | 107            | 88,95                 | 92,55          | 96,46           | 21,57      | 62,49  | 88,33   | 126     |
| Zn        | 9       | 75,70          | 34,84                 | 32,47          | 47,66           | 37,55      | 16,63  | 37,60   | 135     |
| Bi        | 9       | 2,47           | 2,43                  | 2,34           | 2,41            | 0,11       | 2,26   | 2,39    | 2,61    |
| U         | 9       | 0,58           | 1,29                  | 1,22           | 1,03            | 0,76       | 0,17   | 0,72    | 2,46    |
| Ce        | 9       | 25,89          | 36,14                 | 15,40          | 25,81           | 16,921     | 4,94   | 18,84   | 53,90   |
| Th        | 9       | 5,46           | 5,80                  | 3,76           | 5,00            | 2,28       | 3,01   | 4,043   | 9,32    |

#### 7.2.4 ACTIVIDAD 4: DETERMINAR LAS ZONAS DONDE SE SUPEREN LOS VALORES BASE POR LOS COMPUESTOS DE INTERÉS

En los capítulos siguientes se comparan los contenidos de metales medidos en la zona residencial e industrial con valores *background* y valores de referencia, de modo de evaluar el potencial impacto y riesgo respectivamente.

##### 7.2.4.1 COMPARACIÓN DE MEDICIONES EN ZONA RESIDENCIAL Y ZONA INDUSTRIAL CON BACKGROUND

Se efectuó la comparación de los valores promedio medidos en muestras *background* separadas por serie, con los valores promedio medidos en las zonas de uso residencial e industrial.

En la Tabla 29 y 30, se destacan las celdas en color gris para aquellos valores promedios que sobrepasan al menos dos de los tres promedios background.

Tabla 29. Comparación de background, con zona industrial y con zona residencial en valores promedio

| Parámetro | Background       |             |                   | Sectores de uso Residencial | Sectores de uso Industrial |
|-----------|------------------|-------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|
|           | S. Arenales      | S. Curanipe | S. As. Nahuelbuta |                             |                            |
|           | Valores Promedio |             |                   |                             |                            |
| pH        | 7,16             | 5,83        | 5,91              | 6,82                        | 7,43                       |
| CE        | 0,33             | 0,80        | 0,24              | 0,83                        | 0,67                       |
| Ag        | 0,05             | 0,05        | 0,05              | 0,06                        | 0,05                       |
| Al        | 18.466,54        | 15.596,27   | 23.180,47         | 19.311,03                   | 15.104,31                  |
| As        | 1,74             | 3,53        | 5,69              | 5,43                        | 3,83                       |
| B         | 20,00            | 20,00       | 20,00             | 20,06                       | 20,55                      |
| Ba        | 31,60            | 53,76       | 64,85             | 57,84                       | 35,57                      |
| Be        | 0,21             | 0,30        | 0,38              | 0,41                        | 0,22                       |
| Ca        | 8.283,93         | 2.532,75    | 467,35            | 8.241,78                    | 9.993,62                   |
| Cd        | 0,10             | 0,11        | 0,10              | 0,11                        | 0,11                       |
| Co        | 16,01            | 49,37       | 13,19             | 13,88                       | 16,43                      |
| Cr        | 11,14            | 28,21       | 24,34             | 15,39                       | 23,89                      |
| Cu        | 15,53            | 17,35       | 17,55             | 19,23                       | 22,27                      |
| Fe        | 23.388,69        | 55.075,54   | 33.411,27         | 29.140,43                   | 28.145,50                  |
| Hg        | 0,05             | 0,05        | 0,05              | 0,06                        | 0,05                       |
| K         | 220,34           | 441,72      | 366,45            | 956,54                      | 369,52                     |
| Li        | 5,80             | 6,07        | 6,22              | 10,86                       | 6,32                       |
| Mg        | 12.102,49        | 50.997,56   | 2.743,31          | 8.484,18                    | 12.598,35                  |
| Mn        | 499,83           | 1.346,63    | 1.067,75          | 587,41                      | 698,05                     |
| Mo        | 0,23             | 0,47        | 0,60              | 0,49                        | 0,66                       |
| Na        | 200,00           | 200,00      | 200,00            | 200,00                      | 200,00                     |
| Ni        | 29,38            | 154,48      | 12,24             | 22,08                       | 33,33                      |
| P         | 356,65           | 352,20      | 271,40            | 374,33                      | 339,55                     |
| Pb        | 3,34             | 8,90        | 14,41             | 10,18                       | 8,30                       |
| S         | 500,00           | 505,90      | 500,00            | 822,83                      | 1.140,69                   |

| Parámetro        | Background  |             |                   | Sectores de uso Residencial | Sectores de uso Industrial |
|------------------|-------------|-------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|
|                  | S. Arenales | S. Curanipe | S. As. Nahuelbuta |                             |                            |
| Valores Promedio |             |             |                   |                             |                            |
| Sb               | 0,50        | 0,50        | 0,50              | 0,53                        | 0,51                       |
| Se               | 1,75        | 1,16        | 2,40              | 2,54                        | 1,97                       |
| Si               | 2.808,17    | 2.428,70    | 755,19            | 1.038,33                    | 2.036,14                   |
| Sn               | 6,04        | 0,50        | 2,00              | 1,53                        | 0,87                       |
| Sr               | 67,72       | 21,14       | 9,00              | 61,93                       | 58,43                      |
| Ti               | 1.438,78    | 1.025,41    | 606,89            | 1.061,56                    | 967,84                     |
| Tl               | 0,10        | 0,14        | 0,16              | 0,16                        | 0,12                       |
| V                | 92,55       | 107,91      | 88,95             | 93,90                       | 226,20                     |
| Zn               | 32,47       | 75,70       | 34,84             | 60,05                       | 51,13                      |
| Bi               | 2,34        | 2,47        | 2,43              | 2,36                        | 2,32                       |
| U                | 1,22        | 0,58        | 1,29              | 1,97                        | 1,65                       |
| Ce               | 15,40       | 25,89       | 36,14             | 24,37                       | 17,74                      |
| Th               | 3,76        | 5,46        | 5,80              | 5,63                        | 4,37                       |

En general, se observa un enriquecimiento de la mayoría de los elementos en los suelos de la comuna, lo que da cuenta de presencia de contaminantes en forma “natural”<sup>23</sup> tanto en suelos de uso residencial como industrial. Se debe tener presente de todas formas que esta situación no es un indicativa de riesgo, solo da cuenta de un enriquecimiento de metales respecto al contenido natural.

En la Tabla 30 se realiza una comparación entre el promedio de los background y los valores 95% UCL. Como se explicó anteriormente, este valor corresponde al límite superior del intervalo de confianza del 95 % en torno a la medida.

Tabla 30. Comparación de background, con zona industrial y con zona residencial con valores 95% UCL

| Parámetro | Background  |             |                   | Sectores de uso Residencial | Sectores de uso Industrial |
|-----------|-------------|-------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|
|           | S. Arenales | S. Curanipe | S. As. Nahuelbuta |                             |                            |
| pH        | 7,16        | 5,83        | 5,91              | 7,12                        | 7,79                       |
| CE        | 0,33        | 0,80        | 0,24              | 1,05                        | 0,93                       |
| Ag        | 0,05        | 0,05        | 0,05              | 0,07                        | 0,05                       |
| Al        | 18.466,54   | 15.596,27   | 23.180,47         | 21.017                      | 16.612,34                  |
| As        | 1,74        | 3,53        | 5,69              | 6,46                        | 5,09                       |
| B         | 20,00       | 20,00       | 20,00             | 20,17                       | 21,68                      |
| Ba        | 31,60       | 53,76       | 64,85             | 72,23                       | 46,29                      |
| Be        | 0,21        | 0,30        | 0,38              | 0,53                        | 0,27                       |
| Ca        | 8.283,93    | 2.532,75    | 467,35            | 9.706                       | 13.060,73                  |
| Cd        | 0,10        | 0,11        | 0,10              | 0,12                        | 0,11                       |
| Co        | 16,01       | 49,37       | 13,19             | 15,50                       | 18,86                      |
| Cr        | 11,14       | 28,21       | 24,34             | 17,80                       | 39,17                      |

<sup>23</sup> En la actualidad no existen suelos a nivel país que no se encuentren intervenidos, sin embargo, en el ámbito de este estudio, los background se escogieron considerando suelos que no deberían estar impactados por efecto de las fuentes identificadas como potenciales contaminantes, es decir, localizadas en zonas alejadas al área de estudio.

| Parámetro | Background  |             |                   | Sectores de uso Residencial | Sectores de uso Industrial |
|-----------|-------------|-------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|
|           | S. Arenales | S. Curanipe | S. As. Nahuelbuta |                             |                            |
| Cu        | 15,53       | 17,35       | 17,55             | 22,47                       | 31,32                      |
| Fe        | 23.388,69   | 55.075,54   | 33.411,27         | 31.623                      | 31.262,14                  |
| Hg        | 0,05        | 0,05        | 0,05              | 0,07                        | 0,06                       |
| K         | 220,34      | 441,72      | 366,45            | 1.407                       | 443,33                     |
| Li        | 5,80        | 6,07        | 6,22              | 13,93                       | 7,59                       |
| Mg        | 12.102,49   | 50.997,56   | 2.743,31          | 9.876                       | 15.705,07                  |
| Mn        | 499,83      | 1.346,63    | 1.067,75          | 700,                        | 917,88                     |
| Mo        | 0,23        | 0,47        | 0,60              | 0,56                        | 0,92                       |
| Na        | 200,00      | 200,00      | 200,00            | 200                         | 200,00                     |
| Ni        | 29,38       | 154,48      | 12,24             | 25,49                       | 41,18                      |
| P         | 356,65      | 352,20      | 271,40            | 429                         | 392,23                     |
| Pb        | 3,34        | 8,90        | 14,41             | 12,43                       | 11,11                      |
| S         | 500,00      | 505,90      | 500,00            | 1.366                       | 2.177,37                   |
| Sb        | 0,50        | 0,50        | 0,50              | 0,60                        | 0,53                       |
| Se        | 1,75        | 1,16        | 2,40              | 2,82                        | 2,53                       |
| Si        | 2.808,17    | 2.428,70    | 755,19            | 1313                        | 2.540,30                   |
| Sn        | 6,04        | 0,50        | 2,00              | 2,28                        | 1,35                       |
| Sr        | 67,72       | 21,14       | 9,00              | 72,59                       | 67,73                      |
| Ti        | 1.438,78    | 1.025,41    | 606,89            | 1207                        | 1.142,40                   |
| Tl        | 0,10        | 0,14        | 0,16              | 0,20                        | 0,13                       |
| V         | 92,55       | 107,91      | 88,95             | 114,60                      | 375,50                     |
| Zn        | 32,47       | 75,70       | 34,84             | 67,86                       | 62,58                      |
| Bi        | 2,34        | 2,47        | 2,43              | 2,40                        | 2,38                       |
| U         | 1,22        | 0,58        | 1,29              | 2,13                        | 1,82                       |
| Ce        | 15,40       | 25,89       | 36,14             | 27,80                       | 21,41                      |
| Th        | 3,76        | 5,46        | 5,80              | 6,40                        | 4,94                       |

Una situación similar se observa cuando se compara con el 95% UCL, donde hay un enriquecimiento de la mayoría de los elementos en los suelos de la comuna, lo que da cuenta de presencia de metales en forma “natural” tanto en suelos de uso residencial como industrial.

#### 7.2.4.2 COMPARACIÓN DE MEDICIONES EN ZONA RESIDENCIAL Y ZONA INDUSTRIAL CON VALORES DE REFERENCIA

##### A. VALORES DE REFERENCIA

Para determinar si las concentraciones medidas pueden implicar un eventual riesgo, se ha efectuado una recopilación de valores de referencia de calidad de suelo internacionales, pues en Chile no existe una normativa de calidad para este componente ambiental.

A nivel internacional, existe una gran cantidad de valores de referencia desarrollados para diferentes contextos, por lo que su superación tiene distintas implicancias de acuerdo a lo establecido en los países en los que rigen. En general, su superación indica la posibilidad de un riesgo que amerita una investigación posterior más detallada.

Las normativas de referencia revisadas para suelo superficial son:

- Holanda: Norma *Leidraad Bodemsanering*, Edición 1994, Valores para suelo estándar (10% de materia orgánica y 25% de arcilla)
- México: NORMA Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004
- España, País Vasco: Ley 1/2005, de 4 de febrero, para la Prevención y Corrección de la Contaminación del Suelo, Comunidad Autónoma del País Vasco
- EE UU: *Regional Screening Level (RSL) Summary Table, November 2013*
- Alemania: *Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), 1999*
- Reino Unido: *Soil Guideline Values* (existen 11 documentos para cada componente químico)
- Canadá: *Canadian Soil Quality Guidelines (CSoQGs) for the Protection of Environmental and Human Health*. Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME)
- Nueva Zelanda: *National Environmental Standard for Assessing and Managing Contaminants in Soil*
- Australia: *Assessment levels for Soil, Sediment and Water, February 2010*

Adicionalmente, se efectuó la estimación de valores de referencia de acuerdo a lo que propone la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades de EEUU (ATSDR, por sus siglas en inglés). Para el cálculo de estos valores no se utilizan factores de exposición, por lo tanto, son valores conservadores que buscan prevenir el máximo riesgo y se consideran una guía ambiental de máxima seguridad. Por esta razón, estos valores no se deben utilizar como norma ambiental, se emplean más bien como un nivel de referencial inicial que permiten definir los contaminantes críticos de un área de estudio.

La ATSDR propone los siguientes valores:

- i. Guías de Evaluación para Medios Ambientales (*Environmental Media Evaluation Guides, EMEGs*)

Los valores EMEG se obtienen multiplicando la dosis de riesgo mínimo de la ATSDR (MRL) por el peso corporal y dividiendo el producto entre la tasa de ingestión diaria de agua, suelo o polvo.

$$\text{EMEG} = \frac{\text{MRL (mg/kg/día)} \times \text{PC (kg)}}{\text{TI (kg o L/día)}}$$

Donde:

- MRL = La información sobre el MRL puede obtenerse de la bibliografía publicada por ATSDR.
- PC = Peso corporal (20 Kg para niños; 70 Kg para adultos).
- TI = Tasa de ingestión diaria, en este caso de suelo, equivalente a 350 mg/niño y 50 mg/adulto.

En base a la ecuación anterior, se calcularon los valores EMEG para aquellos elementos que cuentan con valores de dosis de riesgo mínimo (MRL) según la ATSDR.

En este caso el cálculo consideró el escenario más conservador, según lo recomendado por el Ministerio de Salud, es decir, asociado a la población infantil, considerada la más vulnerable (peso corporal de 20 Kg y tasa de ingestión diaria de suelo de 350 mg).

- ii. Guías de Evaluación a partir de Dosis de Referencia (Reference Dose Media Evaluation Guides - RMEG)

Los valores RMEG se obtienen multiplicando la dosis de referencia de la US EPA (RfD) por el peso corporal y dividiendo el producto entre la tasa de ingestión diaria de agua, suelo o polvo.

$$\text{RMEG} = \frac{\text{RfD (mg/kg/día)} \times \text{PC (kg)}}{\text{TI (kg o L/día)}}$$

Donde:

RfD = La información sobre la RfD de cada sustancia se puede obtener del banco de datos IRIS del sistema TOXNET.

PC = Peso corporal (20 Kg para niños; 70 Kg para adultos).

TI = Tasa de ingestión diaria, en este caso de suelo, equivalente a 350 mg/niño y 50 mg/adulto.

En base a la ecuación anterior, se calcularon los valores RMEG para aquellos elementos que cuentan con valores de dosis de referencia (RfD) de la US EPA.

En este caso el cálculo consideró el escenario más conservador, según lo recomendado por el Ministerio de Salud, es decir, asociado a la población infantil, considerada la más vulnerable (peso corporal de 20 kg y tasa de ingestión diaria de suelo de 350 mg).

## B. COMPARACIÓN CON VALORES DE REFERENCIA

### B.1 Análisis utilizando 95% UCL

Para hacer las comparaciones, primero se calculó el valor 95% UCL el que se cotejó con las referencias internacionales, y con los valores *background* (tanto el promedio *background* agrupado para todas las series, como los valores *background* por serie). Además en las tablas siguientes se destacó en **negrita cursiva** el valor de referencia más bajo del uso que se evalúa, para cada metal, que fuera mayor a los niveles *background*. En las Tablas 32, 33 y 34 siguientes se presentan las concentraciones de metales medidas en sectores de uso residencial, industrial y colegios.

Informe Final

Identificación de Fuentes Contaminantes y Caracterización de Suelos en la Comuna de Coronel

Tabla 31. Comparación Sector Residencial 95% UCL con valores de referencia

| Muestras, Background, EMEG y RMEG         |                     |           |               |           |            |          |          |           |              |           |              |           |              |               |            |            |      |              |         |        |            |            |       |
|---|---------------------|-----------|---------------|-----------|------------|----------|----------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|---------------|------------|------------|------|--------------|---------|--------|------------|------------|-------|
| País                                      | Tipo valor          | Ag        | Al            | As        | Ba         | Be       | Cd       | Co        | Cr           |           | Cu           | Hg        | Mn           | Mo            | Ni         | Pb         | Sb   | Se           | Sr      | TI     | V          | Zn         | TPH   |
|   |                     |           |               |           |            |          |          |           | III          | VI        |              |           |              |               |            |            |      |              |         |        |            |            |       |
| Muestras                                  | 95% UCL             | 0,07      | 21.018        | 6,46      | 72,23      | 0,53     | 0,12     | 15,5      | 17,8         | 22,47     | 0,07         | 700,91    | 0,56         | 25,49         | 12,43      | 0,6        | 2,82 | 72,59        | 0,20    | 114,6  | 67,86      |            |       |
| Background                                | Promedio            | 0,05      | 19,081        | 3,66      | 50,07      | 0,30     | 0,10     | 26,19     | 21,23        | 16,81     | 0,05         | 971       | 0,43         | 65,36         | 8,88       | 0,50       | 1,77 | 32,62        | -       | 96,47  | 47,67      | -          | -     |
| Background                                | Serie Curanipe      | 0,05      | 15,596        | 3,53      | 53,76      | 0,30     | 0,11     | 49,37     | 28,21        | 17,35     | 0,05         | 1347      | 0,47         | <b>154,48</b> | 8,90       | 0,50       | 1,16 | 21,14        | -       | 107,91 | 75,70      | -          | -     |
| Background                                | Serie Arenales      | 0,05      | 18,467        | 1,74      | 31,60      | 0,21     | 0,10     | 16,01     | 11,14        | 15,53     | 0,05         | 500       | 0,23         | 29,38         | 3,34       | 0,50       | 1,75 | 67,72        | -       | 92,55  | 32,47      | -          | -     |
| EMEG                                      | en base a MRL       | -         | <b>57,143</b> | 17,14     | 11,429     | 114      | 5,71     | 571,43    | <b>51,43</b> | 571,43    | <b>11,43</b> | -         | -            | -             | -          | -          | -    | 286          | 114,286 | -      | 571,4      | 17,143     | -     |
| RMEG                                      | en base a RID       | 286       | -             | 17,14     | 11,429     | 114      | 57,14    | -         | 171,43       | -         | 17,14        | 8000      | 285,71       | -             | -          | -          | -    | 286          | 34,286  | -      | -          | 17,143     | -     |
| Valores de Referencia                     |                     |           |               |           |            |          |          |           |              |           |              |           |              |               |            |            |      |              |         |        |            |            |       |
| Holanda                                   | Valor intervención  | <b>15</b> | -             | 55        | 625        | 30       | 12       | 240       | 380          | -         | 190          | -         | -            | 200           | 210        | 530        | 15   | -            | -       | -      | 250        | 720        | 5,000 |
| México (Valor ref. u objetivo)            | Agrícola/res.l/com. | 390       | -             | 22        | 5,400      | 150      | 37       | -         | -            | 280       | -            | <b>23</b> | -            | -             | 1.600      | 400        | -    | <b>390</b>   | -       | -      | 78         | -          | -     |
| Brasil (valor de investigación)           | Residencial         | 50        | -             | 55        | 500        | -        | 8        | 65        | 300          | 400       | -            | -         | 100          | 100           | 300        | 10         | -    | -            | -       | -      | -          | 1.000      | -     |
| País vasco - VIE B (gatillan ev. riesgos) | Urbano              | -         | -             | 30        | -          | -        | 8        | -         | 200          | -         | -            | 75        | 150          | 150           | -          | -          | -    | -            | -       | -      | -          | -          | -     |
| USA - 2015                                | Residencial         | 39        | 7.700         | 0,68      | 1.500      | 16       | 7,1      | 2,3       | 180.000      | 310       | -            | 180       | 39           | 84            | 400        | <b>3,1</b> | -    | <b>4.700</b> | -       | 39     | 2.300      | -          | -     |
| Alemania (Valor de investigación)         | Residencial         | -         | -             | 50        | -          | -        | 20       | -         | 400          | -         | -            | -         | -            | 140           | 400        | -          | -    | -            | -       | -      | -          | -          | 1.200 |
| Reino Unido                               | Residencial         | -         | -             | 32        | -          | -        | 10       | -         | -            | -         | -            | -         | -            | 130           | -          | -          | -    | -            | -       | -      | -          | -          | -     |
| Canadá - proteccion humana y ecológica    | Residencial         | 20        | -             | <b>12</b> | <b>500</b> | <b>4</b> | 10       | <b>50</b> | 64,0         | <b>63</b> | -            | -         | <b>10</b>    | 50            | <b>140</b> | 20         | -    | -            | -       | -      | <b>130</b> | <b>200</b> | -     |
| Nva. Zelanda (riesgo salud inaceptable)   | Residencial rural   | -         | -             | 20        | -          | -        | 5        | -         | -            | -         | 32.000       | -         | -            | -             | -          | 730        | -    | -            | -       | -      | -          | -          | -     |
|   | Residencial         | -         | -             | 24        | -          | -        | <b>5</b> | -         | -            | -         | 32.000       | -         | -            | -             | -          | 730        | -    | -            | -       | -      | -          | -          | -     |
|   | Res. alta densidad  | -         | -             | 50        | -          | -        | 370      | -         | -            | -         | 60.000       | -         | -            | -             | -          | 1.600      | -    | -            | -       | -      | -          | -          | -     |
| Australia (valores de investigación)      | Res. sin jardín     | -         | -             | 400       | -          | 80       | 80       | 400       | 480.000      | 400       | 4.000        | -         | 6.000        | -             | 2.400      | 1.200      | -    | -            | -       | -      | -          | 28.000     | -     |
|   | Res. con jardín     | -         | -             | 100       | 15.000     | 20       | 20       | 100       | 120.000      | 100       | 1.000        | -         | <b>1.500</b> | 390           | 600        | 300        | 31   | -            | -       | -      | 550        | 7.000      | -     |



Informe Final

Identificación de Fuentes Contaminantes y Caracterización de Suelos en la Comuna de Coronel

Tabla 33. Comparación Establecimientos Educativos 95% UCL con valores de referencia.

| Muestras, Background, EMEG y RMEG         |                         |           |        |           |            |          |          |           |             |           |        |       |              |            |            |           |      |              |             |            |            |        |       |
|---|-------------------------|-----------|--------|-----------|------------|----------|----------|-----------|-------------|-----------|--------|-------|--------------|------------|------------|-----------|------|--------------|-------------|------------|------------|--------|-------|
| País                                      | Tipo valor              | Ag        | Al     | As        | Ba         | Be       | Cd       | Co        | Cr          |           | Cu     | Hg    | Mn           | Mo         | Ni         | Pb        | Sb   | Se           | Sr          | Tl         | V          | Zn     | TPH   |
|   |                         |           |        |           |            |          |          |           | III         | IV        |        |       |              |            |            |           |      |              |             |            |            |        |       |
| Muestras                                  | 95% UCL                 | 0,06      | 18.600 | 8,17      | 74,7       | 0,43     | 0,16     | 19,9      | 14,82       | 25,41     | 0,08   | 666,6 | 0,62         | 44,6       | 19,71      | 0,5       | 2,5  | 63,68        | 0,13        | 95,81      | 106,79     | -      |       |
| Background                                | Promedio                | 0,05      | 19.081 | 3,66      | 50,07      | 0,30     | 0,10     | 26,19     | 21,23       | 16,81     | 0,05   | 971   | 0,43         | 65,36      | 8,88       | 0,50      | 1,77 | 32,62        | 0,13        | 96,47      | 47,67      | -      |       |
| Background                                | Arenales                | 0,05      | 18.467 | 1,74      | 31,60      | 0,21     | 0,10     | 16,01     | 11,14       | 15,53     | 0,05   | 1.347 | 0,47         | 154,48     | 8,90       | 0,50      | 1,16 | 21,14        | 0,14        | 107,91     | 75,70      | -      |       |
| Background                                | Serie Curanipe          | 0,05      | 15.596 | 3,53      | 53,76      | 0,30     | 0,11     | 49,37     | 28,21       | 17,35     | 0,05   | 1.068 | 0,60         | 12,24      | 14,41      | 0,50      | 2,40 | 9,00         | 0,16        | 88,95      | 34,84      | -      |       |
| Background                                | Serie As. Nahuelbuta    | 0,05      | 23.180 | 5,69      | 64,85      | 0,38     | 0,10     | 13,19     | 24,34       | 17,55     | 0,05   | 500   | 0,23         | 29,38      | 3,34       | 0,50      | 1,75 | 67,72        | -           | 92,55      | 32,47      | -      |       |
| EMEG                                      | en base a MRL           | -         | 57.143 | 17,14     | 11.429     | 114      | 5,71     | 571       | 51,43       | 571,43    | 11,43  | -     | -            | -          | -          | -         | 286  | 114.286      | -           | 571,43     | 17.143     | -      |       |
| RMEG                                      | en base a RfD           | 286       | -      | 17,14     | 11.429     | 114      | 57,14    | -         | 171,43      | -         | 17,14  | 8.000 | 285,71       | -          | -          | -         | 286  | 34.286       | -           | -          | 17.143     | -      |       |
| Valores de Referencia                     |                         |           |        |           |            |          |          |           |             |           |        |       |              |            |            |           |      |              |             |            |            |        |       |
| Holanda                                   | Valor intervención      | <b>15</b> | -      | 55        | 625        | 30       | 12       | 240       | 380         | -         | 190    | -     | -            | 200        | 210        | 530       | 15   | -            | -           | 15         | 250        | 720    | 5.000 |
| México (Valor ref. u objetivo)            | Uso agrícola/res.l/com. | 390       | -      | 22        | 5.400      | 150      | 37       | -         | -           | 280       | -      | 23    | -            | -          | 1.600      | 400       | -    | <b>390</b>   | -           | 5          | 78         | -      | -     |
| Brasil (valor de investigación)           | Residencial             | 50        | -      | 55        | 500        | -        | 8        | 65        | 300         | 400       | -      | -     | 100          | <b>100</b> | 300        | <b>10</b> | -    | -            | -           | -          | -          | 1.000  | -     |
| País vasco - VIE B (gatillan ev. riesgos) | Urbano                  | -         | -      | 30        | -          | -        | 8        | -         | 200         | -         | -      | -     | 75           | 150        | 150        | -         | -    | -            | -           | -          | -          | -      | -     |
| USA - 2015                                | Residencial             | 39        | 7.700  | 0,68      | 1.500      | 16       | 7,1      | 2,3       | 180.000     | 310       | -      | 180   | 39           | 84         | 400        | 3,1       | -    | <b>4.700</b> | <b>0,78</b> | 39         | 2.300      | -      | -     |
| Alemania (Valor de investigación)         | Residencial             | -         | -      | 50        | -          | -        | 20       | -         | 400         | -         | -      | -     | -            | 140        | 400        | -         | -    | -            | -           | -          | -          | -      | 1.200 |
| Reino Unido                               | Residencial             | -         | -      | 32        | -          | -        | 10       | -         | -           | -         | -      | -     | -            | 130        | -          | -         | -    | -            | -           | -          | -          | -      | -     |
| Canadá - proteccion humana y ecológica    | Residencial             | 20        | -      | <b>12</b> | <b>500</b> | <b>4</b> | 10       | <b>50</b> | <b>64,0</b> | <b>63</b> | -      | -     | <b>10</b>    | 50         | <b>140</b> | 20        | -    | -            | 1           | <b>130</b> | <b>200</b> | -      |       |
| Nva. Zelanda (riesgo salud inaceptable)   | Residencial rural       | -         | -      | 20        | -          | -        | 5        | -         | -           | -         | 32.000 | -     | -            | -          | -          | 730       | -    | -            | -           | -          | -          | -      |       |
|   | Residencial             | -         | -      | 24        | -          | -        | <b>5</b> | -         | -           | -         | 32.000 | -     | -            | -          | -          | 730       | -    | -            | -           | -          | -          | -      |       |
|   | Res. alta densidad      | -         | -      | 50        | -          | -        | 370      | -         | -           | -         | 60.000 | -     | -            | -          | -          | 1.600     | -    | -            | -           | -          | -          | -      |       |
| Australia (valores de investigación)      | Res. sin jardín         | -         | -      | 400       | -          | 80       | 80       | 400       | 480.000     | 400       | 4.000  | -     | 6.000        | -          | 2.400      | 1.200     | -    | -            | -           | -          | -          | 28.000 | -     |
|   | Res. con jardín         | -         | -      | 100       | 15.000     | 20       | 20       | 100       | 120.000     | 100       | 1.000  | -     | <b>1.500</b> | 390        | 600        | 300       | 31   | -            | -           | -          | 550        | 7.000  | -     |

De acuerdo a la Tabla 31, 32 y 33, para uso residencial, industrial y establecimientos educacionales respectivamente, se puede observar que ningún valor de 95% UCL fue superado respecto a las referencias internacionales y EMEG o RMEG, incluso haciendo la comparación con los países más conservadores, como es el caso de Estados Unidos (USA) y Canadá. Es importante mencionar que aunque los valores EMEG y RMEG se emplean para usos residenciales, de todas formas fueron considerados para el uso industrial, puesto que en la zona sur de la comuna, la zona industrial convive muy cercana con el sector residencial.

Estos resultados indican que a pesar que algunas residencias y colegios conviven muy cerca de la zona industrial, no estarían expuestos a un riesgo por la matriz suelo.

A continuación, se presenta el análisis efectuado por uso (residencial e industrial) y por zona norte y sur. En primera instancia se presenta el análisis efectuado a suelos de uso residencial en la zona norte (Tabla 34) y en la zona sur (Tabla 35), y luego, para los suelos de uso industrial en la zona norte (Tabla 36) y zona sur (Tabla 37).

**Informe Final**

Identificación de Fuentes Contaminantes y Caracterización de Suelos en la Comuna de Coronel

Tabla 34. Comparación muestras 95% UCL de uso residencial, Zona Norte con valores de referencia, EMEG y RMEG

| Muestras, Background, EMEG y RMEG         |                     |           |               |           |            |          |          |           |              |     |           |              |              |           |               |            |            |            |              |    |            |            |        |   |
|---|---------------------|-----------|---------------|-----------|------------|----------|----------|-----------|--------------|-----|-----------|--------------|--------------|-----------|---------------|------------|------------|------------|--------------|----|------------|------------|--------|---|
| País                                      | Tipo valor          | Ag        | Al            | As        | Ba         | Be       | Cd       | Co        | Cr           |     | Cu        | Hg           | Mn           | Mo        | Ni            | Pb         | Sb         | Se         | Sr           | Tl | V          | Zn         | TPH    |   |
|   |                     |           |               |           |            |          |          |           | III          | VI  |           |              |              |           |               |            |            |            |              |    |            |            |        |   |
| Muestras                                  | 95% UCL             | 0,06      | 19.382        | 5,37      | 48,78      | 0,4      | 0,11     | 15,91     | 15,51        |     | 16,89     | 0,07         | 562,46       | 0,42      | 28,97         | 8,25       | 0,5        | 2,63       | 80,46        | -  | 122,48     | 62,2       | -      |   |
| Background                                | Promedio            | 0,05      | 19.081        | 3,66      | 50,07      | 0,30     | 0,10     | 26,19     | 21,23        |     | 16,81     | 0,05         | 971          | 0,43      | 65,36         | 8,88       | 0,50       | 1,77       | 32,62        | -  | 96,47      | 47,67      | -      |   |
| Background                                | Serie Curanipe      | 0,05      | 15.596        | 3,53      | 53,76      | 0,30     | 0,11     | 49,37     | 28,21        |     | 17,35     | 0,05         | 1.347        | 0,47      | <b>154,48</b> | 8,90       | 0,50       | 1,16       | 21,14        | -  | 107,91     | 75,70      | -      |   |
| Background                                | Serie Arenales      | 0,05      | 18.467        | 1,74      | 31,60      | 0,21     | 0,10     | 16,01     | 11,14        |     | 15,53     | 0,05         | 500          | 0,23      | 29,38         | 3,34       | 0,50       | 1,75       | 67,72        | -  | 92,55      | 32,47      | -      |   |
| EMEG                                      | en base a MRL       | -         | <b>57.143</b> | 17,14     | 11.429     | 114      | 5,71     | 571,43    | <b>51,43</b> |     | 571,43    | <b>11,43</b> | -            | -         | -             | -          | -          | 286        | 114.286      | -  | 571,4      | 17.143     | -      |   |
| RMEG                                      | en base a RfD       | 286       | -             | 17,14     | 11.429     | 114      | 57,14    | -         | 171,43       |     | -         | 17,14        | 8000         | 285,71    | -             | -          | -          | 286        | 34.286       | -  | -          | 17.143     | -      |   |
| Valores de Referencia                     |                     |           |               |           |            |          |          |           |              |     |           |              |              |           |               |            |            |            |              |    |            |            |        |   |
| Holanda                                   | Valor intervención  | <b>15</b> | -             | 55        | 625        | 30       | 12       | 240       | 380          | -   | 190       | -            | -            | 200       | 210           | 530        | 15         | -          | -            | -  | 250        | 720        | 5.000  |   |
| México (Valor ref. u objetivo)            | Agrícola/res.l/com. | 390       | -             | 22        | 5.400      | 150      | 37       | -         | -            | 280 | -         | 23           | -            | -         | 1.600         | 400        | -          | <b>390</b> | -            | -  | 78         | -          | -      |   |
| Brasil (valor de)                         | Residencial         | 50        | -             | 55        | 500        | -        | 8        | 65        | 300          |     | 400       | -            | -            | 100       | 100           | 300        | 10         | -          | -            | -  | -          | 1.000      | -      |   |
| País vasco - VIE B (gatillan ev. riesgos) | Urbano              | -         | -             | 30        | -          | -        | 8        | -         | 200          |     | -         | -            | 75           | 150       | 150           | -          | -          | -          | -            | -  | -          | -          | -      |   |
| USA - 2015                                | Residencial         | 39        | 7.700         | 0,68      | 1.500      | 16       | 7,1      | 2,3       | 180.000      |     | 310       | -            | 180          | 39        | <b>84</b>     | 400        | <b>3,1</b> | -          | <b>4.700</b> | -  | 39         | 2.300      | -      |   |
| Alemania (Valor de investigación)         | Residencial         | -         | -             | 50        | -          | -        | 20       | -         | 400          |     | -         | -            | -            | -         | 140           | 400        | -          | -          | -            | -  | -          | -          | 1.200  |   |
| Reino Unido                               | Residencial         | -         | -             | 32        | -          | -        | 10       | -         | -            | -   | -         | -            | -            | -         | 130           | -          | -          | -          | -            | -  | -          | -          | -      |   |
| Canadá - proteccion humana y ecológica    | Residencial         | 20        | -             | <b>12</b> | <b>500</b> | <b>4</b> | 10       | <b>50</b> | 64,0         |     | <b>63</b> | -            | -            | <b>10</b> | 50            | <b>140</b> | 20         | -          | -            | -  | <b>130</b> | <b>200</b> | -      |   |
| Nva. Zelanda (riesgo salud inaceptable)   | Residencial rural   | -         | -             | 20        | -          | -        | 5        | -         | -            | -   | 32.000    | -            | -            | -         | -             | 730        | -          | -          | -            | -  | -          | -          | -      |   |
|   | Residencial         | -         | -             | 24        | -          | -        | <b>5</b> | -         | -            | -   | 32.000    | -            | -            | -         | -             | 730        | -          | -          | -            | -  | -          | -          | -      |   |
|   | Res. alta densidad  | -         | -             | 50        | -          | -        | 370      | -         | -            | -   | 60.000    | -            | -            | -         | -             | 1.600      | -          | -          | -            | -  | -          | -          | -      |   |
| Australia (valores de investigación)      | Res. sin jardín     | -         | -             | 400       | -          | 80       | 80       | 400       | 480.000      | 400 | 4.000     | -            | 6.000        | -         | 2.400         | 1.200      | -          | -          | -            | -  | -          | -          | 28.000 | - |
|   | Res. con jardín     | -         | -             | 100       | 15.000     | 20       | 20       | 100       | 120.000      | 100 | 1.000     | -            | <b>1.500</b> | 390       | 600           | 300        | 31         | -          | -            | -  | 550        | 7.000      | -      |   |

**Informe Final**

Identificación de Fuentes Contaminantes y Caracterización de Suelos en la Comuna de Coronel

Tabla 35. Comparación muestras 95% UCL de uso residencial, Zona Sur con valores de referencia, EMEG y RMEG

| Muestras, Background, EMEG y RMEG         |                     |           |               |           |            |          |          |           |              |     |           |              |              |           |               |            |            |            |              |      |            |            |        |
|---|---------------------|-----------|---------------|-----------|------------|----------|----------|-----------|--------------|-----|-----------|--------------|--------------|-----------|---------------|------------|------------|------------|--------------|------|------------|------------|--------|
| País                                      | Tipo valor          | Ag        | Al            | As        | Ba         | Be       | Cd       | Co        | Cr           |     | Cu        | Hg           | Mn           | Mo        | Ni            | Pb         | Sb         | Se         | Sr           | Tl   | V          | Zn         | TPH    |
|   |                     |           |               |           |            |          |          |           | III          | VI  |           |              |              |           |               |            |            |            |              |      |            |            |        |
| Muestras                                  | 95% UCL             | 0,09      | 23.359        | 8,05      | 102,38     | 0,72     | 0,13     | 15,54     | 21,39        |     | 29,29     | 0,07         | 882,28       | 0,73      | 22,29         | 17,5       | 0,71       | 3,16       | 67,2         | 0,28 | 115,1      | 77,86      | -      |
| Background                                | Promedio            | 0,05      | 19.081        | 3,66      | 50,07      | 0,30     | 0,10     | 26,19     | 21,23        |     | 16,81     | 0,05         | 971          | 0,43      | 65,36         | 8,88       | 0,50       | 1,77       | 32,62        | -    | 96,47      | 47,67      | -      |
| Background                                | Serie Curanipe      | 0,05      | 15.596        | 3,53      | 53,76      | 0,30     | 0,11     | 49,37     | 28,21        |     | 17,35     | 0,05         | 1347         | 0,47      | <b>154,48</b> | 8,90       | 0,50       | 1,16       | 21,14        | -    | 107,91     | 75,70      | -      |
| Background                                | Serie Arenales      | 0,05      | 18.467        | 1,74      | 31,60      | 0,21     | 0,10     | 16,01     | 11,14        |     | 15,53     | 0,05         | 500          | 0,23      | 29,38         | 3,34       | 0,50       | 1,75       | 67,72        | -    | 92,55      | 32,47      | -      |
| EMEG                                      | en base a MRL       | -         | <b>57.143</b> | 17,14     | 11.429     | 114      | 5,71     | 571,43    | <b>51,43</b> |     | 571,43    | <b>11,43</b> | -            | -         | -             | -          | -          | 286        | 114.286      | -    | 571,4      | 17.143     | -      |
| RMEG                                      | en base a RfD       | 286       | -             | 17,14     | 11.429     | 114      | 57,14    | -         | 171,43       |     | -         | 17,14        | 8.000        | 285,71    | -             | -          | -          | 286        | 34.286       | -    | -          | 17.143     | -      |
| Valores de Referencia                     |                     |           |               |           |            |          |          |           |              |     |           |              |              |           |               |            |            |            |              |      |            |            |        |
| Holanda                                   | Valor intervención  | <b>15</b> | -             | 55        | 625        | 30       | 12       | 240       | 380          | -   | 190       | -            | -            | 200       | 210           | 530        | 15         | -          | -            | -    | 250        | 720        | 5.000  |
| México (Valor ref. u objetivo)            | Agrícola/res.l/com. | 390       | -             | 22        | 5.400      | 150      | 37       | -         | -            | 280 | -         | 23           | -            | -         | 1.600         | 400        | -          | <b>390</b> | -            | -    | 78         | -          | -      |
| Brasil (valor de                          | Residencial         | 50        | -             | 55        | 500        | -        | 8        | 65        | 300          |     | 400       | -            | -            | 100       | 100           | 300        | 10         | -          | -            | -    | -          | 1.000      | -      |
| País vasco - VIE B (gatillan ev. riesgos) | Urbano              | -         | -             | 30        | -          | -        | 8        | -         | 200          |     | -         | -            | 75           | 150       | 150           | -          | -          | -          | -            | -    | -          | -          | -      |
| USA - 2015                                | Residencial         | 39        | 7.700         | 0,68      | 1.500      | 16       | 7,1      | 2,3       | 180.000      |     | 310       | -            | 180          | 39        | <b>84</b>     | 400        | <b>3,1</b> | -          | <b>4.700</b> | -    | 39         | 2.300      | -      |
| Alemania (Valor de investigación)         | Residencial         | -         | -             | 50        | -          | -        | 20       | -         | 400          |     | -         | -            | -            | -         | 140           | 400        | -          | -          | -            | -    | -          | -          | 1.200  |
| Reino Unido                               | Residencial         | -         | -             | 32        | -          | -        | 10       | -         | -            | -   | -         | -            | -            | -         | 130           | -          | -          | -          | -            | -    | -          | -          | -      |
| Canadá - proteccion humana y ecológica    | Residencial         | 20        | -             | <b>12</b> | <b>500</b> | <b>4</b> | 10       | <b>50</b> | 64,0         |     | <b>63</b> | -            | -            | <b>10</b> | 50            | <b>140</b> | 20         | -          | -            | -    | <b>130</b> | <b>200</b> | -      |
| Nva. Zelanda (riesgo salud inaceptable)   | Residencial rural   | -         | -             | 20        | -          | -        | 5        | -         | -            | -   | 32.000    | -            | -            | -         | -             | 730        | -          | -          | -            | -    | -          | -          | -      |
|   | Residencial         | -         | -             | 24        | -          | -        | <b>5</b> | -         | -            | -   | 32.000    | -            | -            | -         | -             | 730        | -          | -          | -            | -    | -          | -          | -      |
|   | Res. alta densidad  | -         | -             | 50        | -          | -        | 370      | -         | -            | -   | 60.000    | -            | -            | -         | -             | 1.600      | -          | -          | -            | -    | -          | -          | -      |
| Australia (valores de investigación)      | Res. sin jardín     | -         | -             | 400       | -          | 80       | -        | 400       | 480.000      | 400 | 4.000     | -            | 6.000        | -         | 2.400         | 1.200      | -          | -          | -            | -    | -          | -          | 28.000 |
|   | Res. con jardín     | -         | -             | 100       | 15.000     | 20       | 20       | 100       | 120.000      | 100 | 1.000     | -            | <b>1.500</b> | 390       | 600           | 300        | 31         | -          | -            | -    | 550        | 7.000      | -      |

Informe Final

Identificación de Fuentes Contaminantes y Caracterización de Suelos en la Comuna de Coronel

Tabla 36. Comparación muestras 95% UCL de uso industrial, zona norte con valores de referencia, EMEG y RMEG

| Muestras, Background, EMEG y RMEG         |                         |           |                  |              |            |           |          |            |              |            |              |              |           |            |            |           |      |            |               |            |            |        |       |   |
|---|-------------------------|-----------|------------------|--------------|------------|-----------|----------|------------|--------------|------------|--------------|--------------|-----------|------------|------------|-----------|------|------------|---------------|------------|------------|--------|-------|---|
| País                                      | Tipo valor              | Ag        | Al               | As           | Ba         | Be        | Cd       | Co         | Cr           |            | Cu           | Hg           | Mn        | Mo         | Ni         | Pb        | Sb   | Se         | Sr            | Tl         | V          | Zn     | TPH   |   |
|   |                         |           |                  |              |            |           |          |            | III          | VI         |              |              |           |            |            |           |      |            |               |            |            |        |       |   |
| Muestras                                  | 95% UCL                 | 0,06      | 15.678,94        | 1,79         | 26,97      | 0,14      | 0,10     | 21,69      | 16,18        | 14,91      | 0,05         | 725,37       | 0,40      | 53,19      | 8,10       | 0,50      | 1,43 | 75,97      | 0,10          | 192,10     | 47,67      |        |       |   |
| Background                                | Promedio                | 0,05      | 19.081,09        | 3,66         | 50,07      | 0,30      | 0,10     | 26,19      | 21,23        | 16,81      | 0,05         | 971,41       | 0,43      | 65,36      | 8,88       | 0,50      | 1,77 | 32,62      | 0,13          | 96,47      | 47,67      | -      | -     |   |
| Background                                | Serie Curanipe          | 0,05      | 15.596,27        | 3,53         | 53,76      | 0,30      | 0,11     | 49,37      | 28,21        | 17,35      | 0,05         | 1.346,63     | 0,47      | 154,48     | 8,90       | 0,50      | 1,16 | 21,14      | 0,14          | 107,91     | 75,70      | -      | -     |   |
| Background                                | Serie Arenales          | 0,05      | 18.466,54        | 1,74         | 31,60      | 0,21      | 0,10     | 16,01      | 11,14        | 15,53      | 0,05         | 499,83       | 0,23      | 29,38      | 3,34       | 0,50      | 1,75 | 67,72      | 0,10          | 92,55      | 32,47      | -      | -     |   |
| Background                                | Serie As. Nahuelbuta    | 0,05      | 23.180,47        | 5,69         | 64,85      | 0,38      | 0,10     | 13,19      | 24,34        | 17,55      | 0,05         | 499,83       | 0,23      | 29,38      | 3,34       | 0,50      | 1,75 | 67,72      | -             | 92,55      | 32,47      | -      | -     |   |
| EMEG                                      | en base a MRL           | -         | <b>57.142,86</b> | <b>17,14</b> | 11.428,57  | 114,29    | 5,71     | 571,43     | <b>51,43</b> | 571,43     | <b>11,43</b> | -            | -         | -          | -          | -         | -    | <b>286</b> | 114.286       | -          | 571,43     | 17.143 | -     |   |
| RMEG                                      | en base RfD             | 285,71    | -                | 17,14        | 11.428,57  | 114,29    | 57,14    | -          | 171,43       | -          | 17,14        | <b>8.000</b> | 285,71    | -          | -          | -         | -    | <b>286</b> | <b>34.286</b> | -          | -          | 17.143 | -     |   |
| Valores de Referencia                     |                         |           |                  |              |            |           |          |            |              |            |              |              |           |            |            |           |      |            |               |            |            |        |       |   |
| Holanda                                   | Valor intervención      | <b>15</b> | -                | 55           | <b>625</b> | <b>30</b> | 12       | <b>240</b> | 380          | <b>190</b> | -            | -            | 200       | 210        | 530        | <b>15</b> | -    | -          | 15            | <b>250</b> | <b>720</b> | 5.000  | -     | - |
| México (Valor ref. u objetivo)            | Agrícola/res./comercial | 390       | -                | 22           | 5.400      | 150       | 37       | -          | -            | 280        | 23           | -            | -         | 1.600      | 400        | -         | 390  | -          | <b>5</b>      | 78         | -          | -      | -     | - |
| País vasco - VIE B (gatillan ev. riesgos) | Urbano                  | -         | -                | 30           | -          | -         | 8        | -          | 200          | -          | -            | -            | 75        | 150        | 150        | -         | -    | -          | -             | -          | -          | -      | -     | - |
|   | Otros usos              | -         | -                | 30           | -          | -         | <b>5</b> | -          | 200          | -          | -            | -            | <b>75</b> | <b>110</b> | <b>120</b> | -         | -    | -          | -             | -          | -          | -      | -     | - |
| Alemania (VR investigación)               | Comercial e Industrial  | -         | -                | 140          | -          | -         | 60       | -          | 1.000        | -          | -            | -            | -         | 900        | 2.000      | -         | -    | -          | -             | -          | -          | -      | 1.200 | - |
| Reino Unido                               | Comercial               | -         | -                | 640          | -          | -         | 230      | -          | -            | -          | -            | -            | -         | 1.800      | -          | -         | -    | -          | -             | -          | -          | -      | -     | - |

Tabla 37. Comparación muestras 95% UCL de uso industrial, zona sur con valores de referencia, EMEG y RMEG

| Muestras, Background, EMEG y RMEG         |                         |           |                  |              |            |           |          |            |              |            |              |              |           |            |            |           |      |               |               |               |            |        |       |   |
|---|-------------------------|-----------|------------------|--------------|------------|-----------|----------|------------|--------------|------------|--------------|--------------|-----------|------------|------------|-----------|------|---------------|---------------|---------------|------------|--------|-------|---|
| País                                      | Tipo valor              | Ag        | Al               | As           | Ba         | Be        | Cd       | Co         | Cr           |            | Cu           | Hg           | Mn        | Mo         | Ni         | Pb        | Sb   | Se            | Sr            | Tl            | V          | Zn     | TPH   |   |
|   |                         |           |                  |              |            |           |          |            | III          | VI         |              |              |           |            |            |           |      |               |               |               |            |        |       |   |
| Muestras                                  | 95% UCL                 | 0,05      | 17.962,08        | 7,45         | 63,18      | 0,37      | 0,12     | 17,11      | <b>57,29</b> | 44,09      | 0,06         | 1.110,96     | 1,34      | 31,81      | 14,19      | 0,55      | 3,40 | 63,10         | 0,15          | <b>553,63</b> | 77,02      |        |       |   |
| Background                                | Promedio                | 0,05      | 19.081,09        | 3,66         | 50,07      | 0,30      | 0,10     | 26,19      | 21,23        | 16,81      | 0,05         | 971,41       | 0,43      | 65,36      | 8,88       | 0,50      | 1,77 | 32,62         | 0,13          | 96,47         | 47,67      | -      | -     | - |
| Background                                | Serie Curanipe          | 0,05      | 15.596,27        | 3,53         | 53,76      | 0,30      | 0,11     | 49,37      | 28,21        | 17,35      | 0,05         | 1.346,63     | 0,47      | 154,48     | 8,90       | 0,50      | 1,16 | 21,14         | 0,14          | 107,91        | 75,70      | -      | -     | - |
| Background                                | Serie Arenales          | 0,05      | 18.466,54        | 1,74         | 31,60      | 0,21      | 0,10     | 16,01      | 11,14        | 15,53      | 0,05         | 499,83       | 0,23      | 29,38      | 3,34       | 0,50      | 1,75 | 67,72         | 0,10          | 92,55         | 32,47      | -      | -     | - |
| Background                                | Serie As. Nahuelbuta    | 0,05      | 23.180,47        | 5,69         | 64,85      | 0,38      | 0,10     | 13,19      | 24,34        | 17,55      | 0,05         | 499,83       | 0,23      | 29,38      | 3,34       | 0,50      | 1,75 | 67,72         | -             | 92,55         | 32,47      | -      | -     | - |
| EMEG                                      | en base a MRL           | -         | <b>57.142,86</b> | <b>17,14</b> | 11.428,57  | 114,29    | 5,71     | 571,43     | <b>51,43</b> | 571,43     | <b>11,43</b> | -            | -         | -          | -          | -         | -    | <b>285,71</b> | 114.286       | -             | 571,43     | 17.143 | -     | - |
| RMEG                                      | en base RfD             | 285,71    | -                | 17,14        | 11.428,57  | 114,29    | 57,14    | -          | 171,43       | -          | 17,14        | <b>8.000</b> | 285,71    | -          | -          | -         | -    | 285,71        | <b>34.286</b> | -             | -          | 17.143 | -     | - |
| Valores de Referencia                     |                         |           |                  |              |            |           |          |            |              |            |              |              |           |            |            |           |      |               |               |               |            |        |       |   |
| Holanda                                   | Valor intervención      | <b>15</b> | -                | 55           | <b>625</b> | <b>30</b> | 12       | <b>240</b> | 380          | <b>190</b> | -            | -            | 200       | 210        | 530        | <b>15</b> | -    | -             | 15            | <b>250</b>    | <b>720</b> | 5.000  | -     | - |
| México (Valor ref. u objetivo)            | Agrícola/res./comercial | 390       | -                | 22           | 5.400      | 150       | 37       | -          | -            | 280        | 23           | -            | -         | 1.600      | 400        | -         | 390  | -             | <b>5</b>      | 78            | -          | -      | -     | - |
| País vasco - VIE B (gatillan ev. riesgos) | Urbano                  | -         | -                | 30           | -          | -         | 8        | -          | 200          | -          | -            | -            | 75        | 150        | 150        | -         | -    | -             | -             | -             | -          | -      | -     | - |
|   | Otros usos              | -         | -                | 30           | -          | -         | <b>5</b> | -          | 200          | -          | -            | -            | <b>75</b> | <b>110</b> | <b>120</b> | -         | -    | -             | -             | -             | -          | -      | -     | - |
| Alemania (VR investigación)               | Comercial e Industrial  | -         | -                | 140          | -          | -         | 60       | -          | 1.000        | -          | -            | -            | -         | 900        | 2.000      | -         | -    | -             | -             | -             | -          | -      | 1.200 | - |
| Reino Unido                               | Comercial               | -         | -                | 640          | -          | -         | 230      | -          | -            | -          | -            | -            | -         | 1.800      | -          | -         | -    | -             | -             | -             | -          | -      | -     | - |

De la Tabla 34, se observa que las muestras 95% UCL Residencial localizadas en zona norte de Coronel, no superan ninguna referencia.

De la Tabla 35, se observa que las muestras 95% UCL Residencial localizadas en zona sur de Coronel, tampoco superan ninguna referencia.

De la Tabla 36, se observa que las muestras 95% UCL Industrial localizadas en zona norte de Coronel, no superan ninguna referencia.

De la Tabla 37, se observa que las muestras 95% UCL Industrial localizadas en zona sur de Coronel, se superan en dos elementos. El primero es el cromo total (Cr) con una concentración de 57,29 [mg/kg] (color naranja) respecto al valor EMEG 51,43 [mg/kg]. Si se compara con el valor de referencia de Holanda (380 [mg/kg]) y de México (280 [mg/kg]), no habría superación de este metal.

El Cr es usado en procesos de manufacturas, específicamente en la galvanoplastia, curtido de cueros y producción de textiles. También se libera al ambiente al quemar gas natural, petróleo o carbón. De acuerdo a esto, la presencia de este metal se puede asociar a las calderas del sector, termoeléctricas e industria de galvanoplastia de la comuna.

El otro parámetro que se supera es el vanadio (V) con una concentración de 553,63 [mg/kg] (color naranja) respecto al valor de referencia de Holanda 250 [mg/kg]. Si se compara con el valor EMEG que corresponde a 571,43 [mg/kg], no hay superación.

Las emisiones de vanadio al ambiente están relacionadas principalmente con fuentes industriales, especialmente refinerías de petróleo y plantas de energía que usan combustible de petróleo y carbón ricos en vanadio. Adicionalmente, se asocian a depósitos de cenizas y combustión de gas natural, petróleo o carbón, que en la comuna podrían estar relacionadas a calderas o cualquier fuente que realicen un tipo de combustión.

Es importante mencionar, que el valor 95% UCL Cr se ve alterado por la concentración de una sola muestra que corresponde a la muestra SU-102 y para el caso del 95% UCL V, ocurre la misma situación, ya que también se ve alterado por la misma muestra. Esto indicaría que es un sector puntual en el que se han medido contenidos significativos.

## **B.2 Análisis utilizando comparación de cada muestra puntual**

Aunque la comparación de cada muestra puntual con VR no es representativa para determinar una potencial afectación del suelo de la comuna de Coronel, este análisis permite identificar qué zonas de la comuna presentan presencia significativa de algún metal y eventualmente asociar dicha presencia con algunas fuentes de la comuna, con lo cual se pueden definir medidas para prevenir situaciones de riesgo.

En este caso se consideró el valor de referencia más bajo del uso que se evalúa, para cada metal, que fuera mayor a los niveles *background*.

En Anexo 14, se presenta un análisis detallado de comparación con valores de referencia por cada una de las muestras puntuales.

Respecto al análisis puntual de muestras en la zona norte, se observa lo siguiente:

***Zona norte residencial***

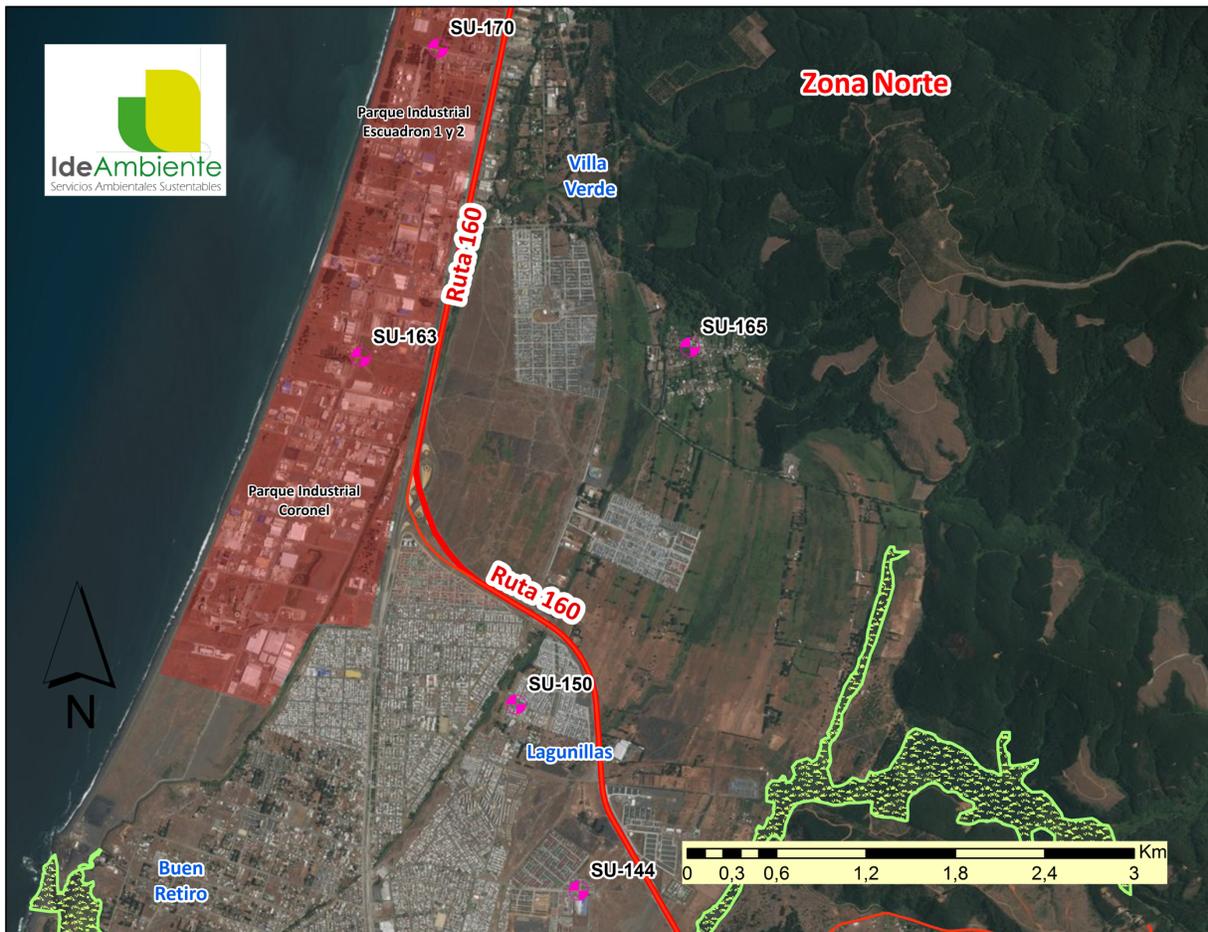
- Contenido de arsénico en muestra SU-150 supera el VR seleccionado, sin embargo, la superación no es muy significativa (referencia es 12 mg/kg y concentración medida es 14,69 [mg/kg] y dicha concentración es inferior a todos los otros valores de referencia.
- Contenido de vanadio en muestras SU-165 y SU-144 superan el VR seleccionado (referencia es 130 [mg/kg], concentración medida en SU-165 es 130,91 [mg/kg] y en SU-144 es 366,04 [mg/kg]). La superación de muestra SU-165 es casi nula, mientras que en muestra SU-144 es más significativa. De todas formas dicho contenido no supera el valor EMEG recomendado por la ATSDR, ni el VR de Australia para residencias con jardín.

***Zona norte industrial***

- Contenido de vanadio en muestras SU-163 y SU-170 superan el VR seleccionado (referencia es 250 [mg/kg]), concentración medida en SU-163 es 392,52 [mg/kg] y en SU-170 es 372,90 [mg/kg]. De todas formas dicho contenido no supera el valor EMEG recomendado por la ATSDR, ni VR de Australia para residencias con jardín.

La Figura 30, presenta las muestras que fueron superadas en la zona norte, incluyendo las muestras de suelo de uso residencial e industrial.

Figura 30. Localización de muestras superadas por algunos VR en la Zona Norte



Fuente: Elaboración propia

Respecto al análisis puntual de muestras en la zona sur, se observa lo siguiente:

### **Zona sur residencial**

- Contenido de manganeso en muestra SU-109 supera el VR seleccionado (referencia es 1.500 [mg/kg] y la concentración medida es 2.095 [mg/kg]). De todas formas dicho contenido no supera el valor EMEG recomendado por la ATSDR.
- Contenido de vanadio en muestras SU-106 y SU-120 superan el VR seleccionado (referencia es 130 [mg/kg], concentración medida en SU-106 es 136,37 [mg/kg] y en SU-120 es 319,84 [mg/kg]). La superación de muestra SU-106 es casi nula, mientras que en muestra SU-144 es más significativa. De todas formas dicho contenido no supera el valor EMEG recomendado por la ATSDR, ni VR de Australia para residencias con jardín.

### Zonar sur industrial

- Contenido de cromo total en muestra SU-102 supera el VR seleccionado (referencia (EMEG) es 51,43 [mg/kg], concentración medida es 250 [mg/kg]). De todas maneras, este contenido no supera el valor de referencia de Brasil, México, y Alemania.
- Contenido de vanadio en muestras SU-102, SU-103 y SU-112 superan el VR seleccionado (referencia es 250 [mg/kg], concentración medida en SU-102 es 2.339 [mg/kg], en SU-103 es 382,8 [mg/kg] y en SU-112 es 838 [mg/kg]). Para la muestra SU-103, dicho contenido no supera el valor EMEG recomendado por la ATSDR.

En la Figura 31, se presentan las muestras puntuales superadas en la Zona Sur, tanto para uso residencial e industrial.

Figura 31. Localización de muestras superadas por algunos VR en la zona sur



Del análisis de muestras puntuales, en la zona norte, tanto para uso residencial como industrial, se puede concluir que a pesar que algunos parámetros son superados por un valor de referencia, no superan los valores EMEG ni RMEG. Es importante mencionar, que los EMEG son valores de comparación de la ATSDR que se basan en información toxicológica de sustancias químicas específicas derivada de estudios en humanos y animales, y bajo la suposición conservadora de que una persona entrará en contacto con el producto químico cada día durante todo el período de exposición. De acuerdo a esto, este valor es bastante estricto, y por lo tanto, si no se supera se puede asegurar que esa sustancia (metal) no genera una situación de riesgo para la comunidad que convive en el lugar.

Respecto a la zona industrial sur en las que se midió contenidos significativos de vanadio en las muestras SU-102 y 103, éstas se encuentran cercanas al sector Manco, mientras que la muestra SU-112 está localizada en el sector Puchoco.

**Sector norte colegios:**

Ningún contenido supera los VR seleccionados.

**Sector sur colegios:**

El contenido de arsénico en muestra SU-10 supera el VR seleccionado (referencia 12 [mg/kg], y la concentración medida es 19,69 [mg/kg]). De todas formas, este contenido no supera el valor de referencia de México, Brasil, País Vasco, Alemania, Reino Unido, Nueva Zelanda, ni el de Australia para uso residencial. Esta muestra está localizada en la Escuela Básica Patagual.

Es importante mencionar que debido a que se trata solo de una muestra, se requieren muestreos y evaluaciones adicionales, de manera de estudiar si efectivamente existe una potencial situación de contaminación o no.

**7.2.5 ACTIVIDAD 5: DETERMINAR LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CONTAMINANTES**

De acuerdo a los resultados obtenidos, se efectuó la determinación de la distribución horizontal y vertical de los contaminantes medidos. Para esto, cada punto de muestreo fue georreferenciado en coordenadas geográficas, a partir de lo cual se generó un *layer* de puntos con una base de datos asociada, incluyendo la información de los resultados de los niveles de contaminación en horizontal. La información es presentada en formato raster para soporte ArcGis.

Mediante un proceso de modelamiento de interpolación para cada contaminante, se generó un modelo de datos. La interpolación espacial puede estimar los valores en lugares que no tienen

datos, utilizando los resultados de puntos de muestreo vecinos. A este tipo de superficie interpolada con frecuencia se le llama una superficie estadística.

Análisis espacial es el proceso de manipular información espacial para extraer información nueva y significativa a partir de los datos originales. Usualmente el análisis espacial se realiza con un Sistema de Información Geográfica (SIG). Un SIG normalmente proporciona herramientas de análisis espacial para calcular estadísticas de las entidades y realizar actividades de geoprocesamiento como la interpolación de datos. La interpolación espacial es el proceso de utilizar puntos con valores conocidos para estimar valores desconocidos en otros puntos. La interpolación espacial puede estimar los valores en lugares que no tienen ese dato utilizando los datos de puntos de muestra vecinos. A este tipo de superficie interpolada con frecuencia se le llama una superficie estadística.

Las herramientas de interpolación de superficie crean una superficie continua (o predicción) a partir de valores de punto de muestra. La representación de la superficie continua de un dataset ráster representa algunas medidas, como la concentración de algún metal en el suelo. Las herramientas de interpolación de superficie hacen predicciones a partir de mediciones de muestra para todas las ubicaciones en un dataset ráster de salida, ya sea que se haya tomado una medición en la ubicación o no<sup>24</sup>.

Existen diferentes maneras de derivar una predicción para cada ubicación; cada método se denomina modelo. Con cada modelo, se realizan diferentes suposiciones acerca de los datos, y algunos modelos son más aplicables para determinados datos, por ejemplo, un modelo puede dar cuenta de la variación local mejor que otro. Cada modelo produce predicciones usando diferentes cálculos. Los métodos determinísticos de interpolación asignan valores a las ubicaciones basándose en los valores medidos circundantes y en fórmulas matemáticas específicas que determinan la suavidad de la superficie resultante. El método determinístico IDW (ponderación de distancia inversa). La interpolación mediante distancia inversa ponderada determina los valores de celda a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de puntos de muestra. La ponderación es una función de la distancia inversa. Este método presupone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación de muestra.

Para la generación de los raster interpolados por el algoritmo IDW, se preparó una capa de puntos con los resultados de análisis de laboratorio de las muestras, con los parámetros de búsqueda de vecindad a un radio de 2,5 km y máximo de 24 puntos cercanos. Se tomó la cota 100 m como una barrera al modelo de interpolación con el límite de costa, necesario para aplicar el modelamiento IDW.

---

<sup>24</sup> Fuente: manual de operaciones ARCGIS 10.2 2016, Environmental Systems Reserach Institute, Inc

Para efectos de interpolación se deja afuera los puntos extremos. En este caso no se pudo incluir a los puntos BKG-1, BKG-2, BKG-3 y SU-10 (Escuela Básica N691 Patagual), puesto que se localizan a una distancia mayor a 2,5 km de la masa principal de puntos de muestreo ubicados en la parte poniente de la comuna de Coronel. Este análisis se presenta en el Anexo 13 (Digital) de este informe.

### **7.3 ETAPA 3: DEFINIR MODELO CONCEPTUAL DESDE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN ETAPAS ANTERIORES**

#### **7.3.1 ACTIVIDAD 1: ANALIZAR LA INFORMACIÓN LEVANTADA EN LA ETAPA 1 Y RESULTADOS DE MUESTREO DE SUELOS EN LA ETAPA 2**

A partir de la información levantada en la Etapa 1 sobre fuentes emisoras presentes en la comuna, se formuló el Plan de Muestreo de suelos que se aplicó, lo cual tuvo una insidencia en la selección de los contaminantes de interés, y en la ubicación y distribución de las muestras de suelo extraídas.

Los resultados analíticos obtenidos, tal como ya ha sido mencionado, dieron cuenta de que el suelo de la comuna tiene un enriquecimiento de metales respecto al contenido *background*, que es de esperar en zonas con intervención antrópica. Sin embargo, estos contenidos no serían significativos en términos de riesgo y por tanto el suelo de la comuna en su conjunto no estaría afectado por la presencia de metales, aunque se identificaron situaciones puntuales y acotadas de contenidos significativos de arsénico, vanadio, manganeso y cromo total. Estas superaciones son casos más bien aislados y no pueden relacionarse a una situación zonal, (por ejemplo zona norte o sur de la comuna), ni tampoco pueden vincularse a actividades productivas específicas.

#### **A. Análisis multivariado**

Para complementar el análisis se efectuó un análisis multivariado. El análisis estadístico multivariado se ha convertido en una poderosa herramienta para la investigación científica debido a que permite analizar conjuntamente un número grande de variables, lo que suele ser complejo. Con frecuencia en la investigación científica, no se pueden medir directamente algunas variables conceptuales o abstractas y se hace necesario medirlas indirectamente, a través de un conjunto de indicadores.

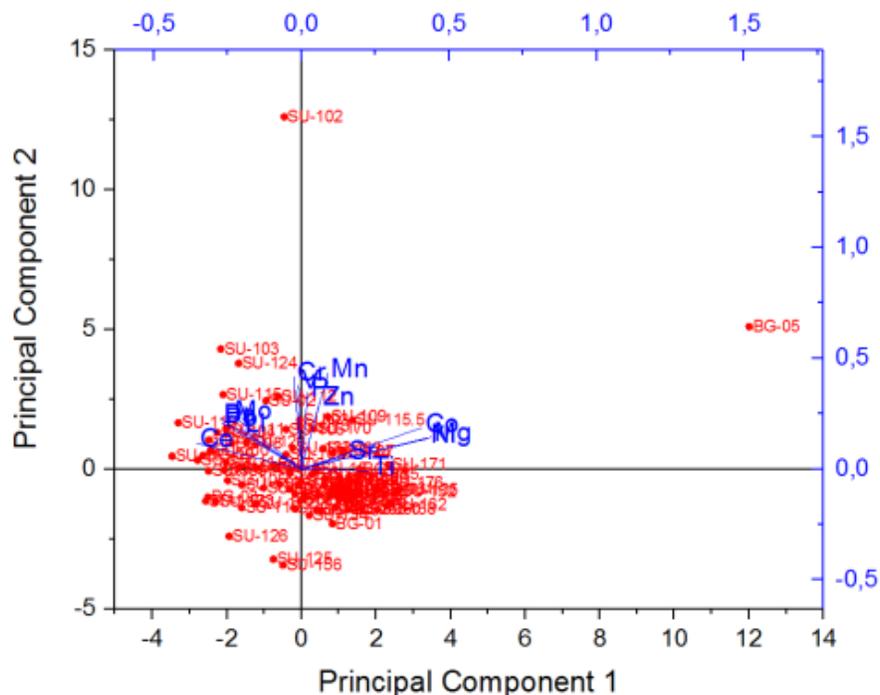
Cuando se realiza un análisis de este tipo, un problema central en el análisis de datos es la reducción de la dimensionalidad, para lo cual resulta útil el análisis de componentes principales, que tiene este objetivo: dadas  $n$  observaciones de  $p$  variables, se analiza si es posible representar adecuadamente esta información con un número menor de variables construidas como combinaciones lineales de las originales. Por ejemplo, con variables con alta dependencia es frecuente que un pequeño número de nuevas variables (menos del 20 por 100 de las originales) expliquen la mayor parte (más del 80 por 100 de la variabilidad original).

Para poder analizar de mejor manera las concentraciones de diversos contaminantes y ver si alguna de dichas concentraciones se sale de los rangos normales, se aplica el análisis multivariantes con el software Origin Pro.

En el caso del presente estudio, se definió primero reducir el número de variables (elementos químicos analizados), mediante un análisis de estadística descriptiva, excluyendo aquellas variables con menor varianza, debido a que varias fueron medidas en contenidos inferiores al límite de cuantificación de la técnica de análisis de laboratorio. También se excluyeron elementos que no tienen asociadas características de toxicidad.

En particular, el análisis se hizo para las siguientes variables seleccionadas: Ba, Ce, Co, Cr, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Sr, Ti, V, y Zn, el que se presenta en la figura a continuación.

Figura 32. Análisis de componentes principales inicial, considerando variables seleccionadas

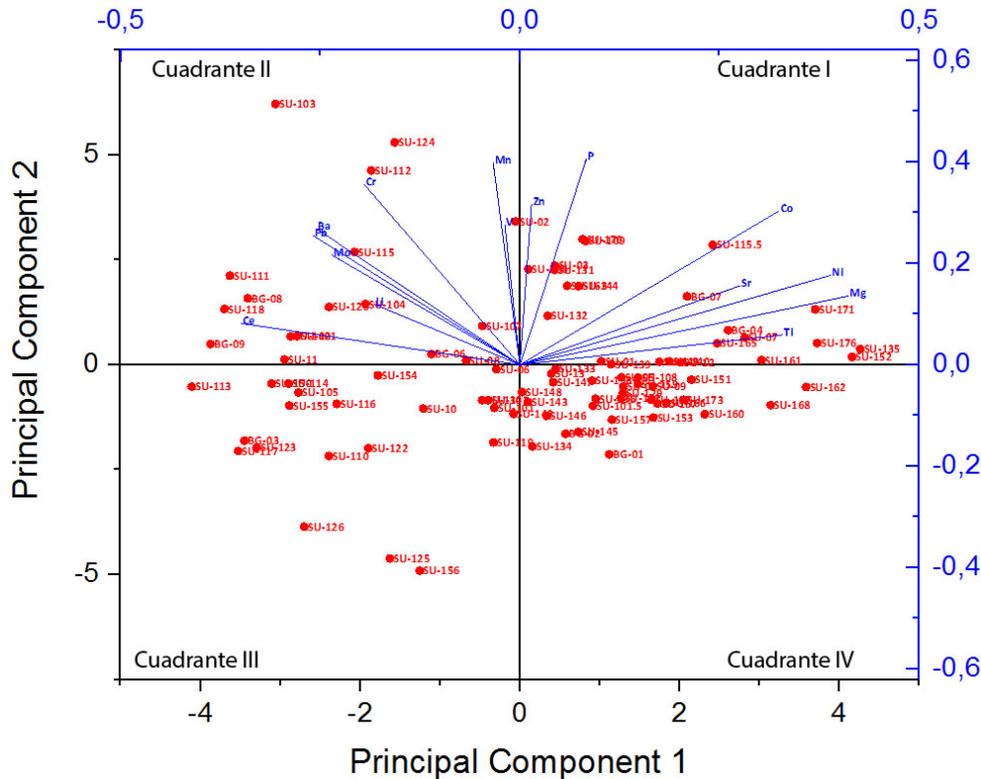


Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior, es posible notar que las muestras BKG-05 y SU-102 tienen un comportamiento completamente independiente al resto del universo de muestras, por lo que los puntos en cuestión requieren de un análisis específico para explicar este comportamiento, ya sea a través del reanálisis de las muestras, y/o desarrollando actividades de investigación adicionales que permitan confirmar y/o descartar estos contenidos y su potencial de riesgo.

Dado lo anterior se desarrolló un segundo análisis de componentes principales, excluyendo las dos muestras anteriores, obteniéndose los resultados que se presentan en la Figura 33.

Figura 33. Análisis de componentes principales secundario, eliminando 2 muestras (BKG-05 y SU-102)



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior, cuando los metales están en un mismo cuadrante, indica una correlación entre ellos, y mientras más cerca se localice uno de otro mayor es la correlación. Además, las muestras (puntos rojos) mientras más cerca se localizan del punto del elemento (puntos azules), indica que la concentración de dicho elemento es más alta.

Además, las correlaciones entre cuadrantes opuestos en diagonal son inversas, es decir, las muestras de los cuadrantes III y cuadrante I tienen un comportamiento inversamente correlacionado, así como las muestras de los cuadrantes II y IV.

De acuerdo a lo que se observa en el Cuadrante II, los metales vanadio (V), manganeso (Mn), cromo (Cr), bario (Ba), plomo (Pb), molibdeno (Mo), uranio (U), y cobalto (Co) tienen una alta correlación entre ellos. Debido a que la mayoría de estos metales son de origen principalmente

antrópico, podría asociarse su presencia a emisiones antrópicas existentes en el área de estudio.

De acuerdo a lo que se observa en el Cuadrante I, los metales zinc (Zn), fósforo (P), cobalto (Co), estroncio (Sr), níquel (Ni), magnesio (Mg), y titanio (Ti) tienen una alta correlación entre ellos.

### 7.3.2 ACTIVIDAD 2: ELABORAR MODELO CONCEPTUAL

En base a la información ambiental recopilada para la comuna de Coronel y los resultados de las muestras de suelo, se elaboró un modelo conceptual que incluye las fuentes emisoras, mecanismos de liberación y transporte, vías de exposición y receptores humanos en la comuna de Coronel, con el fin de caracterizar la exposición vinculada al componente ambiental suelo.

Según el Ministerio del Medio Ambiente (2013) un modelo conceptual se puede definir como la representación gráfica de los procesos físicos, químicos y biológicos que determinan el transporte de contaminantes desde la fuente a través de los medios que componen el sistema, hasta los potenciales receptores que forman parte de él.

Por su parte, una ruta de exposición se define como el proceso por el cual una persona se ve expuesta a contaminantes que se originan en alguna fuente de contaminación, y debe cumplir con una serie de elementos para que la ruta sea completa, como se resume en la tabla siguiente.

En Tabla 38, se presentan las rutas de exposición completa de un contaminante.

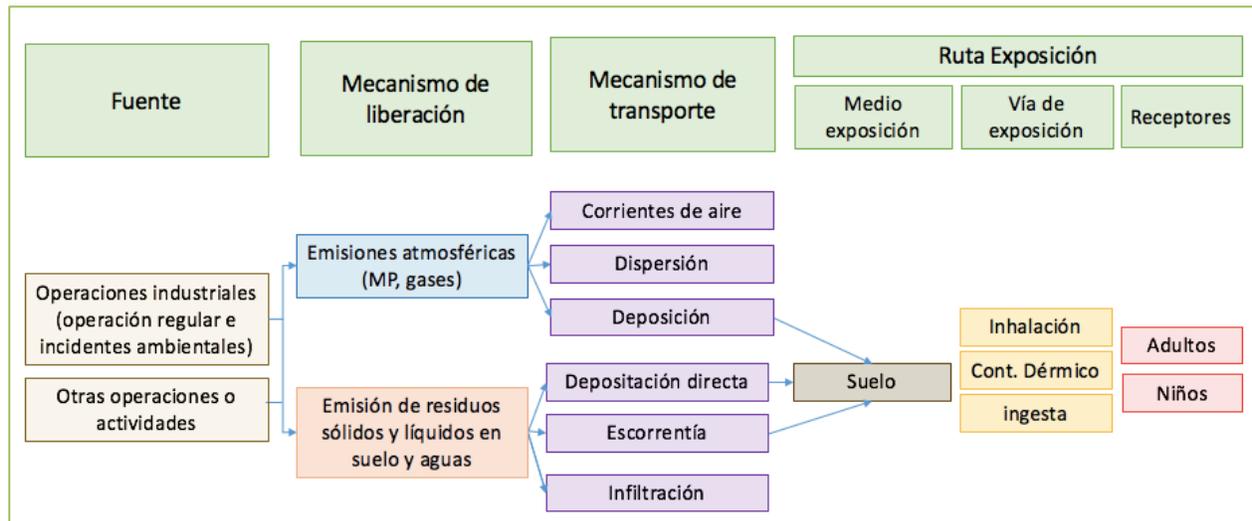
Tabla 38. Características de ruta de exposición completa

| Ruta de exposición completa | Elementos presentes  |
|-----------------------------|--|
|                             | La presencia de una fuente contaminante, por ejemplo, una chimenea o derrame de combustible.   |
|                             | Un mecanismo de salida o liberación del contaminante.  |
|                             | Medios para que se desplace el contaminante, como las aguas subterráneas, el suelo y el subsuelo, el agua superficial, la atmósfera, los sedimentos y la biota, y mecanismos de transporte.  |
|                             | Un punto de exposición o un lugar específico en el cual la población entra en contacto con el contaminante.  |
|                             | Una vía de exposición o manera en que los contaminantes se introducen o entran en contacto con el cuerpo. Para contaminantes químicos éstas son inhalación (p. ej., gases y partículas en suspensión), ingesta (p. ej., suelo, polvo, agua, alimentos) y contacto dérmico (p.ej., suelo, baño en agua) |
|                             | Una población receptora que esté expuesta o potencialmente expuesta a los contaminantes.   |

Fuente: SEA, 2013

A continuación, se presenta el modelo conceptual asociado al componente ambiental suelo en la comuna de Coronel vinculada.

Figura 34. Modelo conceptual general vinculado al suelo en la comuna de Coronel



Fuente: Elaboración propia.

El modelo conceptual que se exhibe representa una situación hipotética del curso que siguen los potenciales contaminantes en el medio ambiente, lo que en la actualidad para el caso del suelo, no implica que las personas estén expuestas a condiciones de preocupación significativa e inminente de acuerdo a los resultados presentados en capítulos previos.

## 7.4 ETAPA 4: DESARROLLAR ACTIVIDADES POST RESULTADOS

### 7.4.1 ACTIVIDAD 1: IDENTIFICAR BRECHAS DE INFORMACIÓN EXISTENTES Y PROPONER SOLUCIONES

En la comuna de Coronel convive un número importante de fuentes potenciales de contaminación que afectan de manera directa o indirecta a las diferentes componentes ambientales, bajo esta hipótesis, es posible que, por ejemplo, emisiones atmosféricas impacten en la calidad del suelo no tan solo en la zona circundante inmediata donde ocurren las emisiones, sino que también puede ocurrir por el transporte y precipitación de sustancias hacia zonas viento arriba, depositándose en áreas alejadas del impacto.

La matriz priorizada de estudios que se presenta a continuación, busca complementar la información de caracterización de la situación ambiental de la comuna de Coronel.

Tabla 39. Matriz priorizada de estudios

| Nombre   | Objetivo  | Contenido  |
|--|---|--|
| Estudio Calidad del aire para la comuna de Coronel <sup>25</sup> | <p>Caracterizar el material particulado (MP<sub>10</sub> y MP<sub>2,5</sub>) y definir su dispersión.</p> <p>Esta información es importante, porque permite relacionar las concentraciones de metales obtenidas en suelo con las emisiones de material particulado provenientes de diversas fuentes de la comuna.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelación en términos de dispersión.</li> <li>- Caracterización fisicoquímica del material particulado MP<sub>10</sub> y respirable MP<sub>2,5</sub> en la comuna de Coronel, en laboratorios acreditados y autorizados por la autoridad ambiental.</li> <li>- Análisis de metales pesados y metaloides</li> <li>- Análisis de compuestos orgánicos, plaguicidas usados en la actividad forestal, benceno y otros hidrocarburos aromáticos policíclicos</li> </ul> |

Fuente: Elaboración propia

#### 7.4.2 ACTIVIDAD 2: PROPONER UN PLAN DE MEDIDAS DE GESTIÓN

Entre los días 17 y 24 de septiembre del año 2016, se desarrollaron instancias participativas según lo señalado en las bases técnicas de la presente licitación, utilizando la metodología que el Instituto de Salud Pública de Chile (ISP) aplicó en Arica, en el Plan de Acción de Polimetales de Arica, realizando reuniones con actores claves que permitieran entregar información y su opinión sobre la situación ambiental referida a las fuentes de emisión en Coronel. Los actores fueron acordados con la contraparte técnica, y en este caso fueron participantes del CRAS y representantes de escuelas y académicos regionales.

En dichas instancias, se realizaron entrevistas a los actores claves utilizando un cuestionario que fue diseñado especialmente para el presente estudio (ver punto 7.1.2.2-B) y que permitió recoger sus opiniones. El cuestionario contó con la participación de profesionales expertos en toxicología, suelos contaminados y riesgo ambiental, que manejaron las discusiones con los diferentes actores y se contó además con un secretario técnico, que tomó nota de cada una de las respuestas entregadas por los actores y de las medidas propuestas en la pregunta 11 del cuestionario: “¿Considera que hay algo más que sea relevante que usted quisiera agregar para los objetivos de este estudio, en los términos descritos anteriormente?”.

Se destaca la participación de grupos de trabajadores de empresas de energía y pesqueras, profesionales de empresas de producción, representantes del sector público, representantes del sector académico y del sector educacional escolar, además de otros representantes independientes de la sociedad civil que vive o trabaja en la comuna de Coronel.

<sup>25</sup> Este estudio será licitado durante este año (2017) por el Ministerio de Medio Ambiente

Debido a que se considera que las entrevistas fueron una instancia valiosa de participación de la comunidad de Coronel, y que a través de los cuestionarios se recogieron medidas propuestas por los actores, no se estimó necesaria la utilización de comisiones ampliadas.

A continuación, se desarrollan las observaciones de la comunidad referido a los problemas ambientales que pueden afectar la salud de las personas en la comuna de Coronel, como insumo a las medidas a proponer para el PRAS.

#### **7.4.2.1 OBSERVACIONES DE LA COMUNIDAD REFERIDO A LOS PROBLEMAS AMBIENTALES**

A continuación, se presentan los principales resultados asociados al ámbito de este estudio. Es importante aclarar que la información presentada a continuación, corresponde solo a percepciones que los distintos actores tienen respecto de la contaminación en cada uno de los componentes ambientales de la comuna.

##### **A. CALIDAD DEL AIRE**

Existe un consenso transversal entre los entrevistados que la comuna se encuentra con problemas de contaminación atmosférica (93,3% identifica que matriz aire está afectada), pero hay discrepancias respecto a cuáles son las principales fuentes de contaminación.

Tanto académicos como representantes de empresas privadas señalan que la principal fuente de contaminación en Coronel sería de origen domiciliario, debido al uso de leña para calefacción y cocina, en especial durante invierno, a diferencia de lo que se “cree comúnmente” (que son las industrias las principales fuente de contaminación). Por otra parte, representantes de la sociedad civil, si bien coinciden en que la calefacción domiciliara es una fuente importante de emisión, no creen que sea la principal fuente de contaminación ya que señalan que siempre se ha utilizado como combustible leña o carbón para calefacción.

##### **B. CALIDAD DE AGUAS CONTINENTALES**

Un 65% de los encuestados señala que el agua de la red pública es un componente ambiental afectado por la contaminación en Coronel, y transversal es la inquietud de los actores de conocer el estado de la calidad de la principal fuente de abastecimiento de agua potable de la comuna (identificada por ellos como la laguna Quiñenco).

Directores de escuelas públicas y encargados de centros de salud señalan que notan una alta incidencia de enfermedades transmitidas por el agua, como hepatitis y gastroenteritis, por presencia de coliformes fecales.

### **C. EFECTOS EN SALUD**

Existe una inquietud generalizada de aclarar los supuestos efectos en salud producto de la contaminación en Coronel, ya que si bien el 71% de los entrevistados expresa que no ha visto a alguien de su hogar afectado por contaminación, pero el 63% señala que tiene conocimiento que otras personas en la comuna han presentado efectos en salud, haciendo referencia al estudio de metales en la población infantil (SEREMI Salud, 2016).

### **D. ENFERMEDADES OCUPACIONALES**

Se identifica la necesidad de evaluar las enfermedades ocupacionales en la comuna de Coronel, como la neumocosis y artrosis producto de la pasada industria carbonífera y los efectos de la exposición pasada y actual (como señala un representante de la sociedad civil perteneciente al CRAS) al asbesto por parte de trabajadores, identificados por la sociedad civil y académicos, los cuáles además sugieren que el estudio se debería realizar a la población general. De igual forma, representantes del sector público declaran la necesidad de fiscalizar constantemente las prácticas sanitarias laborales.

### **E. MICROBASURALES**

Otra fuente de contaminación importante percibida por los diferentes actores, en especial por el sector público, sociedad civil y empresa privada, son los residuos que genera la población acopiados ilegalmente y sin ninguna regulación, lo que genera múltiples microbasurales dispersos en la comuna que además se encuentran cercanos a sectores residenciales.

Empresas privadas señalan que se han dispuesto recursos para eliminar los microbasurales, incluido el ubicado en el humedal Boca Maule, pero que éstos vuelven a “aparecer” ya que es una costumbre generalizada. Lo mismo señala un miembro de la sociedad civil, indicando la falta de educación para erradicar esta práctica. En tanto representantes del sector público indica que además falta una zona de disposición adecuada para residuos electrónicos como baterías y pilas, ya que podría tener efectos en la lixiviación de contaminantes.

### **F. SISTEMA DE TRANSPORTE**

Como fuentes de contaminación, el sector público, empresas privadas y académicos señalaron que existen fuentes móviles que no están consideradas en la fiscalización ni gestión, como el tráfico ferroviario que traslada sustancias químicas a San Vicente, las lanchas pesqueras artesanales que derraman hidrocarburos y agua sentina, y los camiones y vehículos que transitan por la Ruta 160.

## **G. PASIVOS AMBIENTALES**

Se considera importante, por parte de los representantes del sector público, académico y sociedad civil, generar estudios sobre los pasivos ambientales que se encuentran en la comuna, específicamente los sitios relacionados con las antiguas minas de carbón, los relaves de cenizas de las termoeléctricas, y la acumulación de residuos industriales.

## **H. SECTOR FORESTAL**

Otra fuente de contaminación relevante que considera el sector público es la industria forestal, desde las plantaciones que utilizan pesticidas y otras sustancias químicas, como retardantes de fuego, en escalas no conocidas. Asimismo, algunos encuestados comentan que algunos aserraderos podrían estar realizando baños químicos con cobre y pentaclorofenol (sustancia prohibida).

## **I. COMUNICACIÓN Y VIGILANCIA**

Finalmente, la comunidad señala la necesidad de generar instancias de comunicación entre todos los actores, considerando el CRAS como un buen espacio de diálogo, pero no suficiente.

Además, se identifica la necesidad de comunicar la información que se genera no sólo en estudios, sino también de datos que se recolectan constantemente en los sistemas institucionales de información, como la calidad del aire, cumplimiento de normativa por parte de las empresas y planes institucionales, para evitar asimetrías de información y prevenir sesgos. También se señala la necesidad de comunicar los planes de emergencia que tienen las empresas a la población ante posibles amenazas.

Otro elemento relevante considerado por las empresas y el sector público, es generar un sistema de vigilancia y fiscalización, que incorpore a pequeñas empresas que no están consideradas como grandes fuentes por la autoridad ambiental, como astilleros, maestranzas y talleres mecánicos, a través del seguimiento de patentes comerciales.

Otra instancia donde se recogieron observaciones por parte de los diferentes actores de la comuna, fue la decimoséptima sesión de CRAS que se realizó el día 5 de enero del año 2017, en dependencias de la Unión Comunal de Juntas de Vecinos de Coronel (Sotomayor 820, Coronel). En dicha oportunidad IdeAmbiente, hizo una presentación del avance del estudio y los diferentes representantes del CRAS comentaron la presentación e hicieron propuestas de algunas medidas de gestión, las cuales fueron incorporadas en Tabla N° 42.

#### **7.4.2.2 MEDIDAS DE GESTIÓN PREVENTIVAS, CORRECTIVAS Y DE SEGUIMIENTO**

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, se puede concluir que en la actualidad, la matriz suelo no genera un riesgo para la comunidad producto de las fuentes existentes en la comuna de Coronel.

La presencia de vanadio en la zona sur de la Comuna de Coronel, es una situación más bien puntual cuya presencia podría asociarse a una posible decantación al suelo de algunos contaminantes atmosféricos y a la resuspensión de algunas cenizas volantes. Dentro de las medidas recomendadas se propone estudiar esta situación en detalle.

Asimismo, y en base a la información primaria recopilada, se identificaron algunos problemas ambientales, que si bien no están relacionados directamente con la contaminación de suelos, igual podría generar impactos en otras componentes ambientales.

Entre éstos se destacan los depósitos con diversos tipos de residuos, problemas asociados a tráfico ferroviario por carga, impactos de la actividad forestal, contaminación del aire por uso de leña húmeda, impactos ambientales asociados a la antigua actividad minera de carbón, derrames de hidrocarburos por embarcaciones pequeñas, emisiones al agua de mar de compuestos orgánicos provenientes de la pesca artesanal e industrial, entre otros.

Estas fuentes en su mayor parte no corresponden a proyectos evaluados por la autoridad ambiental y, por tanto, carecen de Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA), sólo en algunos casos tienen autorización sanitaria por parte de la autoridad de salud. En cualquier caso, tampoco están sujetos a controles sanitarios-ambientales por parte del municipio.

De acuerdo a todos los antecedentes analizados, no se considera necesario proponer medidas correctivas, sino más bien, medidas preventivas y de seguimiento, como el monitoreo de los componentes ambientales en el tiempo para verificar la existencia de una condición ambiental adecuada o segura.

A continuación, se presenta un listado de medidas preventivas y de seguimiento.

Tabla 40. Medidas de gestión propuestas.

| Acción  | Detalle   | Metas parciales  | Indicadores  |
|---|---|--|--|
| 1. Realizar un análisis de caracterización físico química de material particulado MP <sub>10</sub> y MP <sub>2,5</sub>            | El objetivo es obtener un análisis físico químico del material particulado en la Comuna de Coronel, con la idea de relacionarlo con la presencia de contaminantes en suelo.   | Caracterización de MP <sub>2,5</sub> y MP <sub>10</sub>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tdr para licitación</li> <li>Resolución de adjudicación Informes</li> </ul> |
| 2. Monitorear agua superficial y sedimento (metales, aniones e hidrocarburos) en Humedales Boca Maule y Calabozo.                 | Monitorear semestralmente las concentraciones de metales y aniones  | Al menos dos monitoreos al año   | Informes de monitoreo aguas superficiales y sedimento  |
| 3. Catastrar y caracterizar los acopios de cenizas de la comuna   | El objetivo es establece si dichos acopios constituyen o no un riesgo para la salud de las personas y verificar si cuentan o no con una RCA.  | Catastro de acopios de cenizas   | Informe con el catastro  |
| 4. Monitorear metales, aniones e hidrocarburos en Laguna Quiñenco   | El objetivo es tranquilizar a la población, respecto a la calidad de la Laguna que es la principal fuente de agua potable de la comuna  | Al menos dos monitoreos al año   | Informes de monitoreo  |
| 5. Realizar un diagnóstico del agua subterránea en la comuna  | El objetivo es poder evaluar las napas subterráneas y la infiltración de las mismas   | Diagnóstico elaborado  | Informes de diagnóstico  |
| 6. Revisar la gestión de los microbasurales   | 6.1 Catastrar los microbasurales en la comuna<br>6.2 Capacitar a la comunidad respecto de los riesgos sanitarios y ambientales que provocan los microbasurales<br>6.3 Eliminar los riesgos sanitarios y ambientales | 6.1 Catastro de microbasurales elaborado<br>6.2 Al menos un taller con la comunidad realizado<br>6.3 Al menos 10 microbasurales eliminados | 6.1 Catastro<br>6.2 Lista de asistentes y programa del taller<br>6.3 Listado de microbasurales eliminados          |
| 7. Capacitar a la comunidad respecto a la disposición de residuos electrónicos  | Realizar talleres y seminarios respecto a la disposición de residuos electrónicos   | Al menos un taller realizado   | Lista de asistentes y programa del taller  |
| 8. Realizar un catastro de los pasivos ambientales no activos de la comuna, que puedan constituir un punto crítico para la salud. | El objetivo es catastrar actividades industriales que actualmente no están activas como: minas de carbón, relaves de cenizas, y acumulación de residuos industriales, entre otros.                                  | Catastro preliminar de las actividades elaborado   | Catastro de Pasivos  |
| 9. Catastrar el sector forestal de la comuna (fuentes fijas y difusas), identificando los productos químicos que usan             | El objetivo es identificar las principales sustancias que se manejan en el sector   | Catastro elaborado   | Catastro   |
| 10. Diseñar e implementar un Centro Ciudadano dedicado a la   | El centro debe contar con activa participación de los ciudadanos del territorio (juntas de vecinos,   | Diseño y propuesta de puesta en marcha del Centro Ciudadano  | Informe con diseño y propuesta de puesta en marcha del Centro  |

### Informe Final

"Identificación de Fuentes Contaminantes y Caracterización de Suelos en la Comuna de Coronel"

| Acción   | Detalle   | Metas parciales | Indicadores |
|--|---|-----------------|-------------|
| observación ambiental en Coronel, con énfasis en procesos de interpretación y comunicación correcta y oportuna de la información | colegios, academia, ONG locales, otras organizaciones ciudadanas, empresas locales, entre otros) y debe configurarse como un espacio de encuentro ciudadano para: la educación ambiental, y la recepción de información ambiental en un lenguaje cercano, comprensible y certero. | finalizado      |             |

7.4.3 ACTIVIDAD 3: DIFUNDIR LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO

Para difundir los resultados del presente estudio se efectuaron dos seminarios una vez obtenidos los resultados finales, uno efectuado en Santiago y el otro en la comuna de Coronel. Antecedentes sobre dichas actividades se presentan a continuación.

Tabla 41. Actividades difusión post resultados

| Lugar y fecha  | Fecha                | Fotografías   |          |              |      |      |       |                |                      |                      |  |         |               |     |                    |  |         |                 |     |                            |  |         |                |     |                    |  |         |                     |     |                        |  |         |                  |     |                  |  |         |                      |     |                      |  |         |                  |     |                         |  |         |                       |     |                      |  |         |               |            |                   |          |         |                     |               |                                |          |         |                |     |                   |      |         |
|--|----------------------|---|----------|--------------|------|------|-------|----------------|----------------------|----------------------|--|---------|---------------|-----|--------------------|--|---------|-----------------|-----|----------------------------|--|---------|----------------|-----|--------------------|--|---------|---------------------|-----|------------------------|--|---------|------------------|-----|------------------|--|---------|----------------------|-----|----------------------|--|---------|------------------|-----|-------------------------|--|---------|-----------------------|-----|----------------------|--|---------|---------------|------------|-------------------|----------|---------|---------------------|---------------|--------------------------------|----------|---------|----------------|-----|-------------------|------|---------|
| Santiago, oficinas Ministerio Medio Ambiente   | 27.02.2017           |   |          |              |      |      |       |                |                      |                      |  |         |               |     |                    |  |         |                 |     |                            |  |         |                |     |                    |  |         |                     |     |                        |  |         |                  |     |                  |  |         |                      |     |                      |  |         |                  |     |                         |  |         |                       |     |                      |  |         |               |            |                   |          |         |                     |               |                                |          |         |                |     |                   |      |         |
|  |                      |  |          |              |      |      |       |                |                      |                      |  |         |               |     |                    |  |         |                 |     |                            |  |         |                |     |                    |  |         |                     |     |                        |  |         |                  |     |                  |  |         |                      |     |                      |  |         |                  |     |                         |  |         |                       |     |                      |  |         |               |            |                   |          |         |                     |               |                                |          |         |                |     |                   |      |         |
| <p style="text-align: center;">OFICINA DE RESUOS Y RIESGO AMBIENTAL<br/>ASISTENCIA PRESENTACIÓN "IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES Y CARACTERIZACIÓN DE SUELOS EN LA COMUNA DE CORONEL"</p> <p style="text-align: right;">27 de Febrero de 2017</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>ORGANIZACIÓN</th> <th>MAIL</th> <th>FONO</th> <th>FIRMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rubén González</td> <td>Ministerio Medio Amb</td> <td>Rgonzalez@mma.gob.cl</td> <td></td> <td>[Firma]</td> </tr> <tr> <td>Daniel Tijera</td> <td>MMA</td> <td>dtijera@mma.gob.cl</td> <td></td> <td>[Firma]</td> </tr> <tr> <td>Patricio Walker</td> <td>SMA</td> <td>patricio.walker@smg.gob.cl</td> <td></td> <td>[Firma]</td> </tr> <tr> <td>Blaudio Pastor</td> <td>SMA</td> <td>cpastor@smg.gob.cl</td> <td></td> <td>[Firma]</td> </tr> <tr> <td>Juan Pablo González</td> <td>SMA</td> <td>jp.gonzalez@smg.gob.cl</td> <td></td> <td>[Firma]</td> </tr> <tr> <td>Rodrigo Veraocho</td> <td>SMA</td> <td>rvera@smg.gob.cl</td> <td></td> <td>[Firma]</td> </tr> <tr> <td>Juan Pablo Rodríguez</td> <td>SMA</td> <td>jrdriguez@smg.gob.cl</td> <td></td> <td>[Firma]</td> </tr> <tr> <td>Gerardo Riquelme</td> <td>MDS</td> <td>arriaga@observatorio.cl</td> <td></td> <td>[Firma]</td> </tr> <tr> <td>Juan Carlos Rodríguez</td> <td>MMA</td> <td>jsantibon@mma.gob.cl</td> <td></td> <td>[Firma]</td> </tr> <tr> <td>Nicolás Pérez</td> <td>SMA MDP RA</td> <td>nperez@smg.gob.cl</td> <td>22205214</td> <td>[Firma]</td> </tr> <tr> <td>Florencia Rodríguez</td> <td>Seremi TMA RM</td> <td>florencia.rodriguez@mma.gob.cl</td> <td>22572542</td> <td>[Firma]</td> </tr> <tr> <td>Gabriel Roldán</td> <td>MMA</td> <td>grolan@mma.gob.cl</td> <td>9747</td> <td>[Firma]</td> </tr> </tbody> </table> |                      |   | NOMBRE   | ORGANIZACIÓN | MAIL | FONO | FIRMA | Rubén González | Ministerio Medio Amb | Rgonzalez@mma.gob.cl |  | [Firma] | Daniel Tijera | MMA | dtijera@mma.gob.cl |  | [Firma] | Patricio Walker | SMA | patricio.walker@smg.gob.cl |  | [Firma] | Blaudio Pastor | SMA | cpastor@smg.gob.cl |  | [Firma] | Juan Pablo González | SMA | jp.gonzalez@smg.gob.cl |  | [Firma] | Rodrigo Veraocho | SMA | rvera@smg.gob.cl |  | [Firma] | Juan Pablo Rodríguez | SMA | jrdriguez@smg.gob.cl |  | [Firma] | Gerardo Riquelme | MDS | arriaga@observatorio.cl |  | [Firma] | Juan Carlos Rodríguez | MMA | jsantibon@mma.gob.cl |  | [Firma] | Nicolás Pérez | SMA MDP RA | nperez@smg.gob.cl | 22205214 | [Firma] | Florencia Rodríguez | Seremi TMA RM | florencia.rodriguez@mma.gob.cl | 22572542 | [Firma] | Gabriel Roldán | MMA | grolan@mma.gob.cl | 9747 | [Firma] |
| NOMBRE   | ORGANIZACIÓN         | MAIL  | FONO     | FIRMA        |      |      |       |                |                      |                      |  |         |               |     |                    |  |         |                 |     |                            |  |         |                |     |                    |  |         |                     |     |                        |  |         |                  |     |                  |  |         |                      |     |                      |  |         |                  |     |                         |  |         |                       |     |                      |  |         |               |            |                   |          |         |                     |               |                                |          |         |                |     |                   |      |         |
| Rubén González   | Ministerio Medio Amb | Rgonzalez@mma.gob.cl  |          | [Firma]      |      |      |       |                |                      |                      |  |         |               |     |                    |  |         |                 |     |                            |  |         |                |     |                    |  |         |                     |     |                        |  |         |                  |     |                  |  |         |                      |     |                      |  |         |                  |     |                         |  |         |                       |     |                      |  |         |               |            |                   |          |         |                     |               |                                |          |         |                |     |                   |      |         |
| Daniel Tijera  | MMA                  | dtijera@mma.gob.cl  |          | [Firma]      |      |      |       |                |                      |                      |  |         |               |     |                    |  |         |                 |     |                            |  |         |                |     |                    |  |         |                     |     |                        |  |         |                  |     |                  |  |         |                      |     |                      |  |         |                  |     |                         |  |         |                       |     |                      |  |         |               |            |                   |          |         |                     |               |                                |          |         |                |     |                   |      |         |
| Patricio Walker  | SMA                  | patricio.walker@smg.gob.cl  |          | [Firma]      |      |      |       |                |                      |                      |  |         |               |     |                    |  |         |                 |     |                            |  |         |                |     |                    |  |         |                     |     |                        |  |         |                  |     |                  |  |         |                      |     |                      |  |         |                  |     |                         |  |         |                       |     |                      |  |         |               |            |                   |          |         |                     |               |                                |          |         |                |     |                   |      |         |
| Blaudio Pastor   | SMA                  | cpastor@smg.gob.cl  |          | [Firma]      |      |      |       |                |                      |                      |  |         |               |     |                    |  |         |                 |     |                            |  |         |                |     |                    |  |         |                     |     |                        |  |         |                  |     |                  |  |         |                      |     |                      |  |         |                  |     |                         |  |         |                       |     |                      |  |         |               |            |                   |          |         |                     |               |                                |          |         |                |     |                   |      |         |
| Juan Pablo González  | SMA                  | jp.gonzalez@smg.gob.cl  |          | [Firma]      |      |      |       |                |                      |                      |  |         |               |     |                    |  |         |                 |     |                            |  |         |                |     |                    |  |         |                     |     |                        |  |         |                  |     |                  |  |         |                      |     |                      |  |         |                  |     |                         |  |         |                       |     |                      |  |         |               |            |                   |          |         |                     |               |                                |          |         |                |     |                   |      |         |
| Rodrigo Veraocho   | SMA                  | rvera@smg.gob.cl  |          | [Firma]      |      |      |       |                |                      |                      |  |         |               |     |                    |  |         |                 |     |                            |  |         |                |     |                    |  |         |                     |     |                        |  |         |                  |     |                  |  |         |                      |     |                      |  |         |                  |     |                         |  |         |                       |     |                      |  |         |               |            |                   |          |         |                     |               |                                |          |         |                |     |                   |      |         |
| Juan Pablo Rodríguez   | SMA                  | jrdriguez@smg.gob.cl  |          | [Firma]      |      |      |       |                |                      |                      |  |         |               |     |                    |  |         |                 |     |                            |  |         |                |     |                    |  |         |                     |     |                        |  |         |                  |     |                  |  |         |                      |     |                      |  |         |                  |     |                         |  |         |                       |     |                      |  |         |               |            |                   |          |         |                     |               |                                |          |         |                |     |                   |      |         |
| Gerardo Riquelme   | MDS                  | arriaga@observatorio.cl   |          | [Firma]      |      |      |       |                |                      |                      |  |         |               |     |                    |  |         |                 |     |                            |  |         |                |     |                    |  |         |                     |     |                        |  |         |                  |     |                  |  |         |                      |     |                      |  |         |                  |     |                         |  |         |                       |     |                      |  |         |               |            |                   |          |         |                     |               |                                |          |         |                |     |                   |      |         |
| Juan Carlos Rodríguez  | MMA                  | jsantibon@mma.gob.cl  |          | [Firma]      |      |      |       |                |                      |                      |  |         |               |     |                    |  |         |                 |     |                            |  |         |                |     |                    |  |         |                     |     |                        |  |         |                  |     |                  |  |         |                      |     |                      |  |         |                  |     |                         |  |         |                       |     |                      |  |         |               |            |                   |          |         |                     |               |                                |          |         |                |     |                   |      |         |
| Nicolás Pérez  | SMA MDP RA           | nperez@smg.gob.cl   | 22205214 | [Firma]      |      |      |       |                |                      |                      |  |         |               |     |                    |  |         |                 |     |                            |  |         |                |     |                    |  |         |                     |     |                        |  |         |                  |     |                  |  |         |                      |     |                      |  |         |                  |     |                         |  |         |                       |     |                      |  |         |               |            |                   |          |         |                     |               |                                |          |         |                |     |                   |      |         |
| Florencia Rodríguez  | Seremi TMA RM        | florencia.rodriguez@mma.gob.cl  | 22572542 | [Firma]      |      |      |       |                |                      |                      |  |         |               |     |                    |  |         |                 |     |                            |  |         |                |     |                    |  |         |                     |     |                        |  |         |                  |     |                  |  |         |                      |     |                      |  |         |                  |     |                         |  |         |                       |     |                      |  |         |               |            |                   |          |         |                     |               |                                |          |         |                |     |                   |      |         |
| Gabriel Roldán   | MMA                  | grolan@mma.gob.cl   | 9747     | [Firma]      |      |      |       |                |                      |                      |  |         |               |     |                    |  |         |                 |     |                            |  |         |                |     |                    |  |         |                     |     |                        |  |         |                  |     |                  |  |         |                      |     |                      |  |         |                  |     |                         |  |         |                       |     |                      |  |         |               |            |                   |          |         |                     |               |                                |          |         |                |     |                   |      |         |

**Informe Final**

**Identificación de Fuentes Contaminantes y Caracterización de Suelos en la Comuna de Coronel**

| Lugar y fecha                      | Fecha                     | Fotografías  |          |   |      |      |       |                       |                           |                      |          |   |                    |      |                    |      |   |                |     |                       |      |   |                       |        |                   |         |   |                  |      |                       |         |   |
|------------------------------------|---------------------------|--|----------|---|------|------|-------|-----------------------|---------------------------|----------------------|----------|---|--------------------|------|--------------------|------|---|----------------|-----|-----------------------|------|---|-----------------------|--------|-------------------|---------|---|------------------|------|-----------------------|---------|---|
|                                    |                           | <p>  <b>OFICINA DE RESIDUOS Y RIESGO AMBIENTAL</b><br/> <b>ASISTENCIA PRESENTACIÓN "IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES Y CARACTERIZACIÓN DE SUELOS EN LA COMUNA DE CORONEL"</b> </p> <p style="text-align: right;">27 de Febrero de 2017</p> <table border="1" data-bbox="760 380 1372 548"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>ORGANIZACIÓN</th> <th>MAIL</th> <th>FONO</th> <th>FIRMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>José Luis Véliz Lillo</td> <td>SEA - Dirección Ejecutiva</td> <td>jos.veliz@coronel.cl</td> <td>22664359</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carla Rivera Pérez</td> <td>INDA</td> <td>carlrip@coronel.cl</td> <td>5670</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pablo Figueroa</td> <td>MMA</td> <td>pfigueroa5@mra.gov.cl</td> <td>5730</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carolina de la Fuente</td> <td>MINSAL</td> <td>cfuente@minsal.cl</td> <td>5740831</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pedro Escobar A.</td> <td>INDA</td> <td>pedro_escobar@inda.cl</td> <td>5740829</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | NOMBRE   | ORGANIZACIÓN  | MAIL | FONO | FIRMA | José Luis Véliz Lillo | SEA - Dirección Ejecutiva | jos.veliz@coronel.cl | 22664359 |  | Carla Rivera Pérez | INDA | carlrip@coronel.cl | 5670 |  | Pablo Figueroa | MMA | pfigueroa5@mra.gov.cl | 5730 |  | Carolina de la Fuente | MINSAL | cfuente@minsal.cl | 5740831 |  | Pedro Escobar A. | INDA | pedro_escobar@inda.cl | 5740829 |  |
| NOMBRE                             | ORGANIZACIÓN              | MAIL   | FONO     | FIRMA   |      |      |       |                       |                           |                      |          |   |                    |      |                    |      |   |                |     |                       |      |   |                       |        |                   |         |   |                  |      |                       |         |   |
| José Luis Véliz Lillo              | SEA - Dirección Ejecutiva | jos.veliz@coronel.cl   | 22664359 |  |      |      |       |                       |                           |                      |          |   |                    |      |                    |      |   |                |     |                       |      |   |                       |        |                   |         |   |                  |      |                       |         |   |
| Carla Rivera Pérez                 | INDA                      | carlrip@coronel.cl   | 5670     |  |      |      |       |                       |                           |                      |          |   |                    |      |                    |      |   |                |     |                       |      |   |                       |        |                   |         |   |                  |      |                       |         |   |
| Pablo Figueroa                     | MMA                       | pfigueroa5@mra.gov.cl  | 5730     |  |      |      |       |                       |                           |                      |          |   |                    |      |                    |      |   |                |     |                       |      |   |                       |        |                   |         |   |                  |      |                       |         |   |
| Carolina de la Fuente              | MINSAL                    | cfuente@minsal.cl  | 5740831  |  |      |      |       |                       |                           |                      |          |   |                    |      |                    |      |   |                |     |                       |      |   |                       |        |                   |         |   |                  |      |                       |         |   |
| Pedro Escobar A.                   | INDA                      | pedro_escobar@inda.cl  | 5740829  |  |      |      |       |                       |                           |                      |          |   |                    |      |                    |      |   |                |     |                       |      |   |                       |        |                   |         |   |                  |      |                       |         |   |
| <p>Coronel, casa de la cultura</p> | <p>28.02.2017</p>         |     |          |   |      |      |       |                       |                           |                      |          |   |                    |      |                    |      |   |                |     |                       |      |   |                       |        |                   |         |   |                  |      |                       |         |   |



## 8. CONCLUSIONES

A partir del desarrollo del estudio fue posible dar cumplimiento a los objetivos planteados inicialmente.

En la Etapa 1, se identificaron y validaron diversas fuentes de emisión, junto con sus potenciales contaminantes de interés, en toda la comuna de Coronel.

El análisis efectuado permitió la identificación de 184 fuentes, 74 fueron identificadas a partir de antecedentes existentes o secundarios, mientras que 110 corresponden a fuentes nuevas que existen (o existieron) y que no habían sido identificadas a partir de las fuentes de información revisadas inicialmente. De estas 110 fuentes identificadas a partir de información primaria, 40 fueron mencionadas e identificadas a partir de entrevistas a actores clave de la comuna.

A partir de antecedentes sobre los procesos y potenciales emisiones de las fuentes contaminantes identificadas, se definió un grupo de 19 rubros en los que dichas fuentes podían clasificarse. Así, la mayor parte de las fuentes identificadas pertenece al rubro “vertederos, rellenos sanitarios y microbasurales”, con 35 fuentes de este tipo (24 microbasurales, 5 basurales, 4 depósitos de cenizas, 1 vertedero y 1 relleno). Le siguen las “maestranzas, talleres de construcción y mecánicos”, con 30 fuentes. Por otra parte, entre las fuentes identificadas, existen 20 que actualmente no están activas, pero que sí podrían estar generando impactos ambientales, razón por lo que fueron incluidas en el listado.

En cuanto a los contaminantes de interés, por el tipo de actividades productivas y procesos existentes en la comuna de Coronel, los antecedentes revisados dan cuenta de la potencial emisión de metales principalmente (101 fuentes) y de hidrocarburos derivados del petróleo (94 fuentes). Cabe indicar que estas cifras posiblemente son mayores a lo que realmente emiten las fuentes identificadas, tal como se ha mencionado en el reporte, se ha asumido un enfoque conservador en esta materia.

En base a lo anterior, se definió un Plan de Muestreo de suelos orientado a sectores de uso industrial y residencial, para lo cual se aplicó un muestreo de tipo sistemático dirigido a sectores de interés y considerando la fracción superficial del suelo. Se incluyó también el muestreo en establecimientos educacionales que formaron parte del estudio de MINSAL, y el muestreo en zonas control o *background*, para lo cual se tuvo en consideración las series de suelo agrológicas presentes en la comuna.

A partir del muestreo se extrajo un total de 94 muestras, 40 en sectores residenciales, 32 en sectores industriales, 13 en establecimientos educacionales y 9 muestras control o *background*.

Luego, los resultados fueron evaluados comparando los contenidos medidos en zonas residenciales, industriales y establecimientos educacionales, con los contenidos control o *background* y con valores de referencia internacionales de calidad, incluyendo valores EMEG y RMEG recomendados por la ASTDR y MINSAL.

Respecto a la comparación con niveles control o *background*, se evidenció un enriquecimiento de la mayoría de los elementos, lo que da cuenta de un impacto en los suelos por su contenido de metales en las áreas residenciales e industriales. Se debe tener presente de todas formas que esta situación no es un indicativa de riesgo, solo da cuenta de un enriquecimiento de metales respecto al contenido “natural”.

Respecto a la comparación con valores de referencia internacionales de calidad, en términos generales, al utilizar el estadígrafo 95% UCL para uso residencial, industrial y establecimientos educacionales de la comuna, todos los parámetros se encuentran en contenidos inferiores a cualquiera de los valores de referencia recopilados, incluyendo el valor EMEG o RMEG. Lo anterior da cuenta de que el suelo de la comuna en su conjunto no estaría afectado por la presencia de metales que impliquen un riesgo.

Si se hace un análisis por separado, considerando el valor 95% UCL por uso y por zona, se concluye lo siguiente:

- Zona norte-residencial: no existe riesgo en suelo residencial por presencia de metales
- Zona sur-residencial: no existe riesgo en suelo residencial por presencia de metales
- Zona norte-industrial: no existe riesgo en suelo industrial por presencia de metales
- Zona sur-industrial: medición de superaciones puntuales de algunas normativas internacionales, para dos metales, cromo y vanadio.
  - Cromo total (Cr): se midió una concentración de 57,29 [mg/kg] siendo el valor EMEG 51,46 [mg/kg]. Al comparar con valores de referencia de Holanda (380 [mg/kg]) y de México (280 [mg/kg]), no habría superación.
  - Vanadio (V): se midió una concentración de 533,63 [mg/kg] siendo el valor de referencia de Holanda 250 [mg/kg]. Si se compara con el valor EMEG correspondiente a 571,43 [mg/kg], no sería superado.

Es importante mencionar, que en la zona sur industrial el valor 95% UCL de cromo y vanadio está altamente influenciado por la concentración de una sola muestra, la muestra SU-102, que es significativamente mayor al resto, lo cual fue corroborado con el análisis multivariado efectuado. Esto refuerza la idea de que contenidos preliminarmente

significativos de estos metales se encuentran acotados a sectores puntuales y no a zonas o áreas extensas de la comuna.

Para la propuesta de las medidas gestión, se tuvo en cuenta que los resultados indican que en la actualidad, en la matriz suelo, no existe una situación de riesgo producto de las fuentes emisoras existentes en la comuna de Coronel, por lo que no se consideró necesario proponer medidas correctivas, sino más bien medidas preventivas y de seguimiento, como el monitoreo de los componentes ambientales en el tiempo para verificar la existencia de una condición ambiental adecuada o segura.

## 9. REFERENCIAS

- (1) Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, BCN. (2016) Glosario de términos geográficos. Disponible en el [www: < http://www.bcn.cl/siit/glosario/index\\_html>](http://www.bcn.cl/siit/glosario/index_html). Visto el 06 de Octubre de 2016.
- (2) Centro de Ecología Aplicada, CEA. (2016) Diagnóstico medioambiental y evaluación preliminar de riesgo ecológico de la Bahía de Coronel.
- (3) Centro de Información en Recursos naturales, CIREN. (2014) Estudio agrológico región del Biobío. Descripción de suelos materiales y símbolos, sobre ortoimágenes a escala de salida 1:10.000.
- (4) Ecogestión Ambiental (2010) Estudio para la propuesta de norma secundaria de calidad de aguas marinas de la Región del Biobío. Anteproyecto norma secundaria calidad aguas marinas Región del Biobío.
- (5) Ecogestión Ambiental (2013) Informe técnico. Caracterización del área marina de influencia de las descargas de 3 termoeléctricas en Bahía Coronel. Informe consolidado.
- (6) Fundación Chile (2015) Informe Final. Evaluación ambiental y social para la implementación de los Programas de Recuperación de las comunas de Tierra Amarilla, Huasco, Coronel y Quintero-Puchuncaví – Licitación 608897-153-LE14.
- (7) Fundación Chinquihue (2010) Informe final. Estudio investigación y recuperación de recursos bentónicos.
- (8) Gestión e Innovación Sustentable, GISMA. (2015) Evaluación de un modelo conceptual de comunicación de la información y condiciones básicas para la implementación de centros ciudadanos de observación y comunicación para la gestión ambiental.
- (9) Ilustre Municipalidad de Coronel. (2016) Patentes con rol industrial.
- (10) Ministerio de Fomento de España. (2007) Términos y definiciones de la ISO 19111. Versión 1.
- (11) Ministerio del Medio Ambiente, MMA. (2013a) Decreto Supremo N° 1/2013 Reglamento del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC).
- (12) Ministerio del Medio Ambiente, MMA (2013b) Resolución Exenta N° 406. Aprueba guía metodológica para la gestión de suelos con potencial presencia de contaminantes y sus anexos, y deja sin efecto resolución que indica.
- (13) Ministerio del Medio Ambiente, MMA (2016) Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (documento excel entregado por la contraparte técnica del presente estudio)
- (14) Ministerio de Salud, MINSAL. (2003) Decreto Supremo N° 148/2003 Reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos.

- (15) Ministerio Secretaría General de la Presidencia, MINSEGPRES. (2000) Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.
- (16) ONG Proyecto Medio Ambiente y Sociedad, PROMAS (2016) Mapa de riesgo ambiental. Disponible en el sitio :  
[www:<https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1eZ2EDUnMEDTEICVGHZ8NT1Uyi0g>](https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1eZ2EDUnMEDTEICVGHZ8NT1Uyi0g) . Visto el 06 de Octubre de 2016.
- (17) Policía de Investigaciones, PDI. (2013) Informe pericial medioambiental.
- (18) Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, RETC. (2016a) Glosario. Disponible en el [www: < http://www.mma.gob.cl/retc/1279/w3-propertyvalue-16568.html>](http://www.mma.gob.cl/retc/1279/w3-propertyvalue-16568.html). Visto el 06 de Octubre de 2016.
- (19) Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, RETC. (2016b) Registro de contaminantes en Coronel. Disponible en el [www: <http://www.retc.cl/datos-retc/>](http://www.retc.cl/datos-retc/). Visto el 06 de Octubre de 2016
- (20) Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente, SEREMI de Medio Ambiente. (2012) Diagnóstico regional de suelos abandonados con potencial presencia de contaminantes.
- (21) Secretaría Regional Ministerial de Salud Región del Biobío, SEREMI de Salud. (2016). Informe ejecutivo: Evaluación de niveles de metales en la población escolar de la comuna de Coronel.
- (22) Servicio de Evaluación Ambiental, SEA. (2012) Guía de evaluación de impacto ambiental. Riesgo para la salud de la población en el SEIA. 52p.
- (23) Servicio de Evaluación Ambiental, SEA. (2016) Proyectos ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en Coronel. Disponible en el [WWW: <http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>](http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php). Visto el 6 de Octubre de 2016
- (24) Servicios Integrales de Calidad Ambiental, SICAM. (2015) Resumen ejecutivo. Actualización del inventario de emisiones atmosféricas de Concepción Metropolitano, año base 2013.
- (25) Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental, SNIFA. (2016) Fiscalizaciones en comuna de Coronel. Disponible en el [www: <http://snifa.sma.gob.cl/v2/Fiscalizacion>](http://snifa.sma.gob.cl/v2/Fiscalizacion). Visto el 6 de Octubre de 2016.
- (26) Superintendencia del Medio Ambiente, SMA. (2016) Minuta riesgo para el componente aire en comuna de Coronel
- (27) Universidad de Concepción – Centro EULA, Chile. (2014) Informe final. Actualización de antecedentes técnicos para desarrollar norma secundaria de calidad para la protección de las aguas marinas del Golfo de Arauco (Punto Puchoco a Punta Lavapié) en la Región del Biobío – Licitación 608897-98LE13.
- (28) US New Jersey Department of Environmental Protection, Site Remediation Program (2014). Data Quality Assessment And Data Usability Evaluation Technical Guidance.

- (29) Salinas J. 2012. Guía para el Mapa de Actores. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos. Disponible en: [https://www.u-cursos.cl/inta/2012/1/01OPS06/1/material\\_docente/previsualizar?id\\_material=606942](https://www.u-cursos.cl/inta/2012/1/01OPS06/1/material_docente/previsualizar?id_material=606942).
- (30) US EPA - Office of the Science Advisor, Risk Assessment Forum, 2007. Framework for Metals Risk Assessment
- (31) Ruby, M.V., Davis, A., Link, T., Schoof, R., Chaney, R., Freeman, G., Bergstrom, P., 1993. Development of an in vitro screening test to evaluate the in vivo bioaccessibility of ingested mine-waste lead. Environ. Sci. Technol. 27, 2870–2875.
- (32) Ruby, M.V., Davis, A., Schoof, R., Eberle, S., Sellstone, C., 1996. Estimation of lead and arsenic bioavailability using a physiologically based extraction test. Environ. Sci. Technol. 30, 422–430.
- (33) Ruby, M.V., Schoof, R., Brattin, W., Goldade, M., Post, G., Harnois, M., Mosby, D.E., Casteel, S.W., Berti, W., Carpenter, M., Edwards, D., Cragin, D., Chappell, W., 1999. Advances in evaluating the oral bioavailability of inorganics in soil for use in human health risk assessment. Environ. Sci. Technol. 33, 3697–3705.

## 10. ANEXOS

### 10.1 ANEXO 1: CARTA SEREMI DEL MEDIO AMBIENTE REGIÓN DEL BIOBÍO PARA ENTREVISTAS



Carta N° **204**

Concepción, **12 SET. 2016**

**Carta de Presentación Equipo Consultor**

**Estudio "Identificación de fuentes contaminantes y caracterización de suelos en la comuna de Coronel"**

*Estimada Señor/ra:*

En el marco del Plan de Recuperación Ambiental y Social (PRAS) de Coronel, por mandato del Ministerio del Medio Ambiente, a partir del mes de Septiembre 2016 y aproximadamente hasta marzo 2017, el equipo de profesionales de la Consultora IdeAmbiente se encuentra realizando un estudio cuyo objetivo es identificar las fuentes contaminantes puntuales y difusas que se encuentran en la comuna de Coronel, junto con una posterior caracterización de suelos asociados a dichas fuentes.

Para cumplir con la identificación de todas las posibles fuentes contaminantes, se ha planteado recolectar información primaria a través de los actores involucrados en el territorio, es decir, con representantes de la sociedad civil, empresarios, académicos y autoridades de gobierno regional y autoridades locales.

En base a lo anterior, y dado que usted es considerado un actor relevante, nos gustaría contar con su participación a través de la entrega de información, ya sea por medio de una entrevista o con el traspaso de documentos que usted estime pertinente.

Para hacer efectiva esta comunicación, el equipo conformado por IdeAmbiente y representado por la Dra. Sandra Cortes ([sandracortes2007@gmail.com](mailto:sandracortes2007@gmail.com)) se comunicará con usted. Cualquier consulta que tenga al respecto favor comunicarse con la Oficina de Residuos y Riesgo Ambiental de esta Seremi, correo [phormazabal.8@mma.gob.cl](mailto:phormazabal.8@mma.gob.cl), teléfono 412563671 y/o [rgonzalez@mma.gob.cl](mailto:rgonzalez@mma.gob.cl) teléfono 412563655.

Como autoridad ambiental, agradecemos su colaboración para un exitoso desarrollo de este estudio.

Le saluda atentamente,



**Richard Vargas Narváez**  
Secretario Regional Ministerial  
Ministerio del Medio Ambiente  
Región del Biobío

Seremi del Medio Ambiente Región del Biobío, Barros Arana 374 Concepción, teléfono 41- 2563674  
página web [www.mma.gob.cl](http://www.mma.gob.cl)

**10.2 ANEXO 2: LISTADO DE ACTORES CLAVE PARA ENTREVISTAS**

| Nombre                      | Institución   | Sector      |
|-----------------------------|---|-------------|
| Carolina Martínez           | Pontificia Universidad Católica                         | Academia    |
| Rafael Aránguiz             | Universidad Católica de la Santísima Concepción         | Academia    |
| Octavio Rojas               | Universidad de Concepción                               | Academia    |
| Oscar Link                  | Universidad de Concepción                               | Academia    |
| Alejandra Stehr             | Universidad de Concepción                               | Academia    |
| Pablo López                 | Pontificia Universidad Católica                         | Academia    |
| Carolina Baeza              | Universidad de Concepción                               | Academia    |
| Oscar Parra                 | Universidad de Concepción                               | Academia    |
| Jorge Jiménez               | Universidad de Concepción                               | Academia    |
| Claudio Ulloa               | Universidad de Concepción                               | Academia    |
| Carolina Rojas              | Universidad de Concepción                               | Academia    |
| María Teresa Bull           | Universidad Católica de la Santísima Concepción         | Academia    |
| Roberto Moris               | Pontificia Universidad Católica                         | Academia    |
| Ricardo Barra               | Universidad de Concepción                               | Academia    |
| Carla Pozo                  | Universidad Católica de la Santísima Concepción         | Academia    |
| Ema Fuentealba              | Escuela Rosa Yáñez Rodríguez                            | Educativo   |
| Marta Hernández             | Liceo Industrial Schwager                               | Educativo   |
| Gloria Campusano            | Escuela Vista Hermoso                                   | Educativo   |
| Elizabeth Aguirre Rodríguez | Scuola Italiana di Concepción                           | Educativo   |
| Pamela Roa Zenteno          | Colegio Aliwe College                                   | Educativo   |
| Marcia Cid Leiva            | Liceo Bicentenario De Coronel                           | Educativo   |
| Elizabeth Barrasa Martínez  | Escuela Básica Playas Negras                            | Educativo   |
| Elsa Muñoz Nowaski          | Escuela Javiera Carrera                                 | Educativo   |
| Claudia Palacios Rebolledo  | Escuela Rafael Sotomayor Baeza                          | Educativo   |
| Genoveva Salazar Neira      | Escuela República De Francia                            | Educativo   |
| Fernando Montenegro Pérez   | Escuela Arturo Hughes Cerna                             | Educativo   |
| Delinda Yáñez Cariaga       | Escuela Escuadrón                                       | Educativo   |
| Silvia Aedo Uribe           | Escuela Metodista 23                                    | Educativo   |
|                             | Colegio Particular San Pedro                            | Educativo   |
|                             | Escuela Genero Ríos Campos                              | Educativo   |
| Mónica Pereira Thiele       | Instituto De Humanidades Enrique Curti Canobbio         | Educativo   |
| Humberto Vidal Fernández    | Colegio Amanecer  | Educativo   |
| Víctor Olivares             | Cia Puerto Coronel S.A.                                 | Empresarial |
| Celia Aguilar               | Portuaria Cabo Froward S.A.                             | Empresarial |
| Carmen San Juan             | Endesa Chile  | Empresarial |
| Julián Perret               | Colbún S.A.   | Empresarial |
| Andrés Leiva                | Orizon S.A.   | Empresarial |
| Macarena Cepeda             | Asociación De Industriales Pesquero A.G.                | Empresarial |
| Cristian Cepeda             | ESSBIO  | Empresarial |
| Pedro Navarrete             | Cámara De La Producción Y Comercio De Concepción (CPCC) | Empresarial |
| Emilio Uribe                | Corma   | Empresarial |
| Andrea Melo                 | Parque Industrial Escuadrón A.G.                        | Empresarial |
| Cristian Muñoz              | Eléctrica Nueva Energía S.A.                            | Empresarial |
| Gisela Messer               | EWOS  | Empresarial |

**Informe Final**

## Identificación de Fuentes Contaminantes y Caracterización de Suelos en la Comuna de Coronel

| <b>Nombre</b>         | <b>Institución</b>  | <b>Sector</b>    |
|-----------------------|---|------------------|
| Mauricio Cerda        | Forestal Y Papelera Concepción                                    | Empresarial      |
| Gustavo Birke         | Asociación De Industriales Químicos Asiquim                       | Empresarial      |
| Marisol Ortega        | Sector Pesca Artesanal Y Afines                                   | Productivo local |
| Mauricio Cariaga      | Seremi De Salud Región Del Biobío                                 | Público          |
| Ernesto Bravo         | Seremi De Salud Región Del Biobío                                 | Público          |
| Pamela Zambrano       | Seremi De Salud Región Del Biobío                                 | Público          |
| Cecilia Soto          | Seremi De Salud Región Del Biobío                                 | Público          |
| Daniela Guiñez        | Seremi De Salud Región Del Biobío                                 | Público          |
| Hugo Rojas            | Seremi De Salud Región Del Biobío                                 | Público          |
| Richard Vargas        | Seremi Del Medio Ambiente   | Público          |
| Hugo Arce             | Hospital De Coronel   | Público          |
| María Rebeco Riquelme | Centro de Salud Familiar  | Público          |
| Álvaro Amigo          | Sernageomin   | Público          |
| Leonidas Romero       | Municipalidad Coronel   | Público          |
| Patricio Alarcón      | Municipalidad Coronel   | Público          |
| Sergio Wall           | Armada Capitanía De Puerto Coronel                                | Público          |
| Carlos Navarro        | Sernapesca  | Público          |
| Pedro Rodríguez       | Fed. Sindicatos Plantas Consumo Humano Industria Pesquera Coronel | Sociedad Civil   |
| René Ceballos         | Sindicato Regional Endesa   | Sociedad Civil   |
| Arnoldo Salazar       | Union Comunal Diego Portales                                      | Sociedad Civil   |
| Omar González         | Trabajadores Unidos Contra El Asbesto (Tuca)                      | Sociedad Civil   |
| Cristian Pereira      | PROMAS  | Sociedad Civil   |
| Elías Cid             | Centro Vecinal De Desarrollo Estero Manco                         | Sociedad Civil   |
| Hugo Constanzo        | Ex Sernageomin  | Sociedad Civil   |

## 10.3 ANEXO 3: CUESTIONARIO Y MAPAS PARA ENTREVISTAS



**POYECTO "IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES Y  
CARACTERIZACIÓN DE SUELOS EN LA COMUNA DE CORONEL"**

**CUESTIONARIO PARA ESTABLECER FUENTES DE EXPOSICIÓN  
A CONTAMINANTES AMBIENTALES EN CORONEL**

Estimado/a: junto con agradecer su participación, le informamos que el objetivo del presente estudio es identificar las posibles fuentes de contaminación presentes en la comuna, por lo que su conocimiento sobre Coronel es de gran importancia. Toda la información entregada es confidencial (manteniendo resguardo de su identidad) y sólo será usada en el contexto del presente estudio.

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| Fecha                               |  |
| Nombre del entrevistado             |  |
| Edad                                |  |
| Sexo                                |  |
| Escolaridad                         |  |
| Representación (anotar institución) | a. Sociedad Civil: _____<br>b. Empresa Privada: _____<br>c. Sector Público: _____<br>d. Responde a título individual _____ |
| Cargo que ocupa                     |  |
| Comuna de Residencia                |  |
| Comuna de Trabajo                   |  |
| Teléfono de Contacto                |  |

Ahora pasaremos a preguntas relacionadas con posibles fuentes de exposición en Coronel, adicionalmente le solicitaremos información que será registrada en conjunto en un mapa

*Considere que una fuente de emisión corresponde a un establecimiento o actividad, ya sea fábrica, instalación, hogar o vehículos, que puede emitir agentes físicos, químicos o biológicos al medio ambiente (esto es aire, agua o suelo).*

1. ¿Qué entiende Ud. por contaminación? (utilice sólo este espacio para registrar respuesta)

.....

.....

.....

.....



2. ¿Considera usted que hay contaminación en la comuna de Coronel? Marque con una "X"

- |       |                |
|-------|----------------|
| a. Si | c. No sé       |
| b. No | d. No contesta |

3. ¿De dónde cree usted que proviene la contaminación?

- a. De las actividad productivas (actuales o pasadas) en la comuna de Coronel
- b. Del tráfico de camiones a través de la ciudad
- c. De los depósitos de residuos actuales o pasadas de cualquier tipo (residuos domésticos, industriales u otros)
- d. Otras fuentes, pasadas o actuales. Describir: *(utilice sólo el espacio disponible)*

---

4. Nombre y localice en el mapa adjunto las principales fuentes o zonas, de dónde podría provenir contaminación, pasada o actual, , según su información disponible *(mostrar y marcar en el mapa)*

|    | Nombre | Localización (dirección, coordenadas disponibles) |
|----|--------|---|
| b. | _____  | _____   |
| c. | _____  | _____   |
| d. | _____  | _____   |

5. ¿A cuántas cuadras (de 100 metros aproximadamente) está la fuente descrita? *(mostrar y marcar en el mapa)*

- a. De su casa: \_\_\_\_\_
- b. De su oficina/empresa: \_\_\_\_\_
- c. De su escuela: \_\_\_\_\_

6. Indique cuál de los siguientes componentes ambientales estarían afectados.



- a. Aire
- b. Mar
- c. Aguas subterráneas
- d. Aguas superficiales
- e. Agua de la red pública
- f. Suelo
- g. Otros: \_\_\_\_\_

7. ¿Conoce usted qué actividad se realiza en el lugar que describió?

- a. Sí
- b. No
- c. No sé
- d. No contesta

Si la respuesta es afirmativa, describa la actividad desarrollada y potenciales contaminantes liberados:

---

8. Si su respuesta es afirmativa, indique si se emitirían algunos de estos agentes o mezclas, según su información disponible (*marcar todas las alternativas que el entrevistado identifique*):

- a. Metales
- b. Hidrocarburos
- c. Plaguicidas
- d. Gases
- e. Partículas
- f. Residuos
- g. Otros: \_\_\_\_\_

9. ¿Alguien de su casa ha visto afectada su salud por la contaminación que identificó?

- a. Sí
- b. No
- c. No sé
- d. No contest



**10. ¿Usted tiene conocimiento si otras personas están afectadas en su salud por la contaminación que identificó?**

- a. Si
- b. No
- c. No sé
- d. No contesta
- e. Describa quienes:

---

---

---

---

---

---

**11. ¿Considera que hay algo más que sea relevante que usted quisiera agregar para los objetivos de este estudio, en los términos descritos anteriormente?**

---

---

---

---

---

---

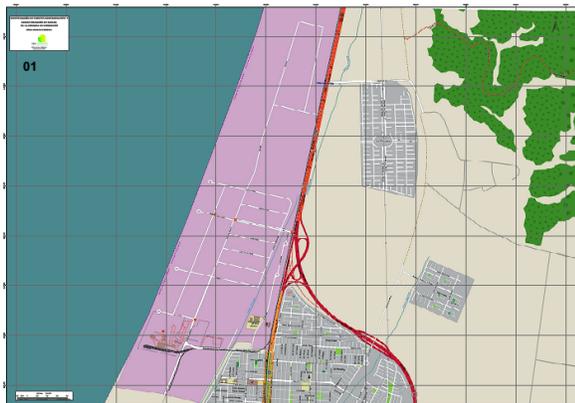
**Esto es todo. Le agradecemos una vez más su colaboración. ¡Muchas gracias!**

**MAPAS MOSTRADOS DURANTE LAS ENTREVISTAS**

**MAPA GENERAL**



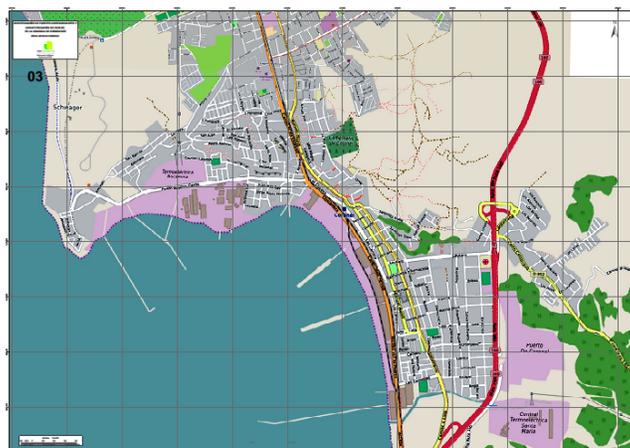
**MAPA ZONA NORTE DE CORONEL**



**MAPA ZONA CENTRO DE CORONEL**



**MAPA ZONA SUR DE CORONEL**



**10.4 ANEXO 4 (DIGITAL): “RESULTADOS ENCUESTAS ACTORES CLAVES.XLSX”**

**10.5 ANEXO 5 (DIGITAL): “PLANILLA FUENTES IA\_REV.2.XLSX”**

## 10.6 ANEXO 6: ANTECEDENTES DE FUENTES DE INFORMACIÓN SECUNDARIA INCLUIDOS EN PLANILLA FUENTES IA\_REV.2.XLSX

### A. CAMPOS DE HOJA EXCEL CON PROYECTOS SEA (“HOJA SEA”)

Para los proyectos aprobados por el SEA, se definieron y completaron los siguientes campos:

Descripción campos de hoja Excel con proyectos SEA

| Campo                  | Descripción  | Información para completar campos  |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
|------------------------|--|--|------------------|-------------------|----|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------|-----|------------------|-----------------------------------|------|------------------|
| ID                     | Elemento alfanumérico único de identificación de la fuente   | Variable para cada fuente  |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
| Proyecto               | Nombre del proyecto textual en el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)   | Variable para cada fuente  |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
| Titular                | Nombre del titular del proyecto  | Variable para cada fuente  |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
| Tip                    | Tipología del proyecto por el cual entra al SEA según MMA, 2013 (Ver hoja "Bibliografía" en planilla)  | Variable para cada fuente  |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
| Desc_Tip               | Tipo de proyecto por el cual entra al SEA según D.S. 40/2013   | Variable para cada fuente  |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
| Tipo                   | Si presenta una declaración (DIA) o estudio (EIA)  | DIA o EIA  |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
| Año                    | Año en que se otorga una Resolución de Calificación Ambiental (RCA) favorable  | Variable para cada fuente<br>En blanco: Sin información                      |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
| VU                     | Vida Útil, años que está considerado que funcione el proyecto según lo declarado en DIA/EIA  | Variable para cada fuente<br>Indef: Indefinido<br>En blanco: Sin información |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
| Dirección              | Ubicación donde se localiza el proyecto según lo señalado en DIA/EIA   | Variable para cada fuente  |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
| Latitud                | Coordenada geográfica donde se localiza el proyecto según lo señalado en DIA/EIA   | Variable para cada fuente  |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
| Longitud               | Coordenada geográfica donde se localiza el proyecto según lo señalado en la DIA o EIA  | Variable para cada fuente  |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
| Norte                  | Coordenada UTM donde se localiza el proyecto según lo señalado en la DIA o EIA   | Variable para cada fuente  |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
| Este                   | Coordenada UTM donde se localiza el proyecto según lo señalado en la DIA o EIA   | Variable para cada fuente  |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
| Contacto               | Correo o teléfono de contacto señalado en el SEA   | Variable para cada fuente  |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
| SyF                    | Si según lo señalado en el SEA se han realizado Seguimiento y Fiscalización  | 1: Sí se ha efectuado<br>0: No se ha efectuado                               |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
| Ficha SEA              | Link de acceso a la ficha del proyecto en el SEA   | Variable para cada fuente  |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
| Emisiones atmosféricas | Contaminantes que el proyecto emitirá según lo declarado en la DIA o EIA en la etapa de operación. Contaminantes incluidos se indican en celdas inferiores   | 1: Contaminante Sí se emite<br>0: Contaminante No se emite                   |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
|                        | <table border="1"> <tr> <td>MP<sub>10</sub></td> <td>MP<sub>2,5</sub></td> <td>CO</td> <td>NOX</td> <td>SO<sub>2</sub></td> <td>HC</td> <td>CH<sub>4</sub></td> <td>N<sub>2</sub>O</td> <td>NH<sub>3</sub></td> <td>O<sub>3</sub></td> <td>HCl</td> <td>H<sub>2</sub></td> <td>COV</td> <td>HCT</td> <td>H<sub>2</sub>S</td> <td>(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N</td> <td>Otro</td> </tr> </table> |  | MP <sub>10</sub> | MP <sub>2,5</sub> | CO | NOX             | SO <sub>2</sub>  | HC              | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O | NH <sub>3</sub> | O <sub>3</sub> | HCl | H <sub>2</sub>   | COV                               | HCT  | H <sub>2</sub> S |
| MP <sub>10</sub>       | MP <sub>2,5</sub>  | CO   | NOX              | SO <sub>2</sub>   | HC | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O | NH <sub>3</sub> | O <sub>3</sub>  | HCl              | H <sub>2</sub>  | COV            | HCT | H <sub>2</sub> S | (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N | Otro |                  |
| Res. Peligrosos        | Residuos Peligrosos. Si emite Residuos peligrosos según lo declarado en la DIA o EIA en el SEA en la etapa de operación (Sí: si se declara que habrán Residuos industriales; blanco: si no se declara nada. En caso que haya información, se especificará residuo según MINSAL, 2004 )   | Variable para cada fuente  |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
| RILes                  | Si el proyecto emite Residuos Industriales Líquidos (RILes) según lo declarado en DIA/EIA en la etapa de operación   | 1: El proyecto Sí declara emitir<br>0: El proyecto No declara emitir         |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
| Ruido                  | Si el proyecto genera Ruido según lo declarado en la DIA/EIA en la etapa de operación  | 1: El proyecto Sí declara<br>0: El proyecto No declara emitir                |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |
| Observaciones          | Acotaciones respecto a las emisiones generadas   | Variable para cada fuente  |                  |                   |    |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                |     |                  |                                   |      |                  |

Fuente: elaboración propia.

**B. CAMPOS DE HOJA EXCEL CON FUENTES DEL ESTUDIO BAHÍA (“HOJA E.BAHÍA”)**

Para las fuentes incluidas en el estudio de la bahía, se definieron y completaron los siguientes campos:

Descripción campos de hoja Excel - Estudio Bahía

| Campo           | Descripción  | Información para completar campos |
|-----------------|--|-----------------------------------|
| ID              | Elemento alfanumérico único de identificación de la fuente             | Variable para cada fuente         |
| RUT             | Rol Único Tributario identificado en cada fuente en CEA, 2016          | Variable para cada fuente         |
| Razón social    | Razón social identificada para cada fuente en CEA, 2016                | Variable para cada fuente         |
| Nombre planta   | Nombre de la planta de la fuente donde se emite el RIL según CEA, 2016 | Variable para cada fuente         |
| Cuerpo receptor | Cuerpo de agua que recibe el RIL emitido por la fuente según CEA, 2016 | Variable para cada fuente         |
| Norte           | Coordenada UTM donde se localiza la fuente según CEA, 2016             | Variable para cada fuente         |
| Este            | Coordenada UTM donde se localiza la fuente según CEA, 2016             | Variable para cada fuente         |

Fuente: elaboración propia.

**C. CAMPOS DE HOJA EXCEL CON FUENTES DE LA MINUTA SMA (“HOJA SMA”)**

Para las fuentes incluidas en la minuta de la SMA, se definieron y completaron los siguientes campos:

Descripción campos de hoja Excel - minuta SMA

| Campo                   | Descripción  | Información para completar campos                  |
|-------------------------|--|--|
| ID                      | Elemento alfanumérico único de identificación de la fuente   | Variable para cada fuente                          |
| Unidad Fiscalizable     | Nombre con que la SMA identifica a la fuente emisora del componente aire   | Variable para cada fuente                          |
| Categoría               | Categorización hecha por la SMA para cada unidad fiscalizable  | Variable para cada fuente                          |
| Subcategoría            | Categorización hecha por la SMA para cada unidad fiscalizable  | Variable para cada fuente                          |
| Riesgo                  | Tipo de riesgo identificado para cada unidad fiscalizable por la SMA   | Alto o Medio                                       |
| Fiscalizaciones por RCA | Si es que se han realizado fiscalizaciones a las fuentes emisoras por Resolución de Calificación Ambiental (RCA) por parte de la SMA | Sí: Sí se han realizado<br>No: No se han realizado |

Fuente: elaboración propia.

**D. CAMPOS DE HOJA EXCEL CON FUENTES DE PATENTES (“HOJA PATENTES”)**

Para las fuentes incluidas en el listado de patentes, se definieron y completaron los siguientes campos:

## Descripción campos de hoja Excel - patentes con rol industrial

| Campo        | Descripción   | Información para completar campos |
|--------------|---|-----------------------------------|
| ID           | Elemento alfanumérico único de identificación de la fuente  | Variable para cada fuente         |
| Rol          | Rol   | Variable para cada fuente         |
| RUT          | Rol Único Tributario identificado en cada fuente por Municipalidad de Coronel, 2015                           | Variable para cada fuente         |
| Razón social | Razón social identificada para cada fuente por Municipalidad de Coronel, 2015                                 | Variable para cada fuente         |
| Actividad    | Nombre de la actividad realizada por cada fuente identificada por Municipalidad de Coronel, 2015              | Variable para cada fuente         |
| Dirección    | Calle, número y/o sector en donde se encuentra cada fuente identificado por la Municipalidad de Coronel, 2015 | Variable para cada fuente         |

Fuente: elaboración propia.

**E. CAMPOS DE HOJA EXCEL CON FUENTES DE ONG PROMAS (“HOJA “PROMAS”)**

Para las fuentes incluidas en el mapa de riesgo de PROMAS, se completaron los siguientes campos:

## Descripción campos de hoja Excel – mapa de riesgos PROMAS

| Campo    | Descripción   | Información para completar campos |
|----------|---|-----------------------------------|
| ID       | Elemento alfanumérico único de identificación de la fuente                  | Variable para cada fuente         |
| Fuente   | Nombre con que la ONG PROMAS (2016) identifica a la fuente                  | Variable para cada fuente         |
| Latitud  | Coordenada geográfica donde se localiza el proyecto según ONG PROMAS (2016) | Variable para cada fuente         |
| Longitud | Coordenada geográfica donde se localiza el proyecto según ONG PROMAS (2016) | Variable para cada fuente         |

**F. CAMPOS DE HOJA EXCEL CON FUENTES DE LISTADO SPPC (“HOJA SPPC”)**

Para las fuentes incluidas en el catastro de SPPC, se completaron los siguientes campos:

## Descripción campos de hoja Excel – Listado SPPC

| Campo                                | Descripción  | Información para completar los campos |
|--------------------------------------|--|---------------------------------------|
| Localización Político-Administrativa | Región, provincia y comuna en la que se localiza el SPPC   | Biobío, Concepción, Coronel           |
| Identificación SPPC                  | Nombre, ID, Empresa /Propietario, coordenadas, entre otros antecedentes  | Variable para cada fuente             |
| Estado SPPC                          | Fase de investigación  | Variable para cada fuente             |
| Características SPPC                 | Clasificación de Act. Potencialmente contaminante, proceso específico involucrado y detalles de la actividad, entre otros antecedentes | Variable para cada fuente             |
| SPPC Priorizados Actual              | De acuerdo a criterios definidos se indica categoría de priorización   | Variable para cada fuente             |
| SPPC Jerarquizados                   | De acuerdo a criterios definidos se indica categoría de jerarquización   | Variable para cada fuente             |

Fuente: elaboración propia

## **10.7 ANEXO 7: BIBLIOGRAFÍA RECOPIADA DESDE BÚSQUEDA EN INTERNET Y ENTREVISTAS CON ACTORES CLAVES**

## Informe Final

### Identificación de Fuentes Contaminantes y Caracterización de Suelos en la Comuna de Coronel

| Fuente Información                 | Nombre   | Autores   | Año  | Web   | Agentes   | Matrices       | Observaciones                                |
|------------------------------------|--|---|------|---|---|----------------|--|
| US Environmental Protection Agency | Soil Screening Guidance: Fact Sheet  | Office of Emergency and Remedial Response             | 1996 | <a href="https://semspub.epa.gov/work/HQ/175229.pdf">https://semspub.epa.gov/work/HQ/175229.pdf</a>   | Ninguno   | Ninguno        | Guía para monitoreo de suelos                |
| US Environmental Protection Agency | Superfund Soil Screening Guidance  | US Environmental Protection Agency                    | 1994 | <a href="https://www.epa.gov/superfund/superfund-soil-screening-guidance">https://www.epa.gov/superfund/superfund-soil-screening-guidance</a>           | Ninguno   | Ninguno        | Guía para monitoreo de suelos                |
| US Environmental Protection Agency | Contaminants at Superfund Sites  | US Environmental Protection Agency                    | 2016 | <a href="https://www.epa.gov/superfund/contaminants-superfund-sites">https://www.epa.gov/superfund/contaminants-superfund-sites</a>                     | Pb, Asbestos, Dioxinas, radiación y biodisponibilidad | Suelo          | Niveles de referencia en variados documentos |
| US Environmental Protection Agency | Recomendaciones para manejar escenarios de exposición de corto plazo que involucran plomo en sitios de superfondos | US Environmental Protection Agency                    | 2016 | <a href="https://semspub.epa.gov/work/HQ/100000157.pdf">https://semspub.epa.gov/work/HQ/100000157.pdf</a>   | Pb  | Suelo, humanos | Niveles de referencia                        |
| Organización Mundial de la Salud   | Contaminated sites and Health  | World Health Organization, Regional Office for Europe | 2013 | <a href="http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0003/186240/e96843e.pdf">http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0003/186240/e96843e.pdf</a> | Ninguno   | Ninguno        | Guía   |
| European Union                     | JOINT RESEARCH CENTRE European Soil Data Centre (ESDAC)  | European Commission                                   | 2016 | <a href="http://eussoils.jrc.ec.europa.eu/resource-type/datasets">http://eussoils.jrc.ec.europa.eu/resource-type/datasets</a>                           | Ninguno   | Ninguno        | Niveles de referencia en variados documentos |

## Informe Final

### Identificación de Fuentes Contaminantes y Caracterización de Suelos en la Comuna de Coronel

| Fuente Información                 | Nombre   | Autores   | Año  | Web   | Agentes   | Matrices       | Observaciones                                |
|------------------------------------|--|---|------|---|---|----------------|--|
| US Environmental Protection Agency | Soil Screening Guidance: Fact Sheet  | Office of Emergency and Remedial Response             | 1996 | <a href="https://semspub.epa.gov/work/HQ/175229.pdf">https://semspub.epa.gov/work/HQ/175229.pdf</a>   | Ninguno   | Ninguno        | Guía para monitoreo de suelos                |
| US Environmental Protection Agency | Superfund Soil Screening Guidance  | US Environmental Protection Agency                    | 1994 | <a href="https://www.epa.gov/superfund/superfund-soil-screening-guidance">https://www.epa.gov/superfund/superfund-soil-screening-guidance</a>           | Ninguno   | Ninguno        | Guía para monitoreo de suelos                |
| US Environmental Protection Agency | Contaminants at Superfund Sites  | US Environmental Protection Agency                    | 2016 | <a href="https://www.epa.gov/superfund/contaminants-superfund-sites">https://www.epa.gov/superfund/contaminants-superfund-sites</a>                     | Pb, Asbestos, Dioxinas, radiación y biodisponibilidad | Suelo          | Niveles de referencia en variados documentos |
| US Environmental Protection Agency | Recomendaciones para manejar escenarios de exposición de corto plazo que involucran plomo en sitios de superfondos | US Environmental Protection Agency                    | 2016 | <a href="https://semspub.epa.gov/work/HQ/100000157.pdf">https://semspub.epa.gov/work/HQ/100000157.pdf</a>   | Pb  | Suelo, humanos | Niveles de referencia                        |
| Organización Mundial de la Salud   | Contaminated sites and Health  | World Health Organization, Regional Office for Europe | 2013 | <a href="http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0003/186240/e96843e.pdf">http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0003/186240/e96843e.pdf</a> | Ninguno   | Ninguno        | Guía   |
| European Union                     | JOINT RESEARCH CENTRE European Soil Data Centre (ESDAC)  | European Commission                                   | 2016 | <a href="http://eusoijs.jrc.ec.europa.eu/resource-type/datasets">http://eusoijs.jrc.ec.europa.eu/resource-type/datasets</a>                             | Ninguno   | Ninguno        | Niveles de referencia en variados documentos |

## Informe Final

### Identificación de Fuentes Contaminantes y Caracterización de Suelos en la Comuna de Coronel

| Fuente Información      | Nombre   | Autores  | Año  | Web   | Agentes | Matrices           | Observaciones                             |
|-------------------------|--|--|------|---|---------|--------------------|---|
| European Union          | Report on the implementation of the Soil Thematic Strategy and ongoing activities  | European Commission  | 2016 | <a href="http://ec.europa.eu/enviror">http://ec.europa.eu/enviror</a>   | Ninguno | Ninguno            | Guia                                      |
| European Union          | Contaminated Sites in Europe: Review of the Current Situation Based on Data Collected through a European Network   | European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability | 2013 | <a href="https://www.hindawi.com/j">https://www.hindawi.com/j</a>   | Ninguno | Ninguno            | Datos de referencia por sector industrial |
| European Union          | Progress in management of contaminated sites   | European Environment Agency  | 2015 | <a href="http://www.eea.europa.eu/">http://www.eea.europa.eu/</a>   | Ninguno | Ninguno            | Datos de referencia por sector industrial |
| Pubmed - Web of Science | Polychlorinated biphenyls (PCBs) in mussels along the Chilean coast. Environ Sci Pollut Res Int. 2006 Jan;13(1):67-74. Evidencia de PCBs en moluscos de las costas de Chile.   | Mendoza G, Gutierrez L, Pozo-Gallardo K, Fuentes-Rios D, Montory M, Urrutia R,           | 2006 | <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16417134">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16417134</a>   | PCBs    | Biota              | No se aborda en este estudio matriz biota |
| Pubmed - Web of Science | Levels and spatial distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediments from Lenga Estuary, central Chile. Marine Pollution Bulletin 62: 1572-1576. Evidencia de Hidrocarburos aromaticos policiclicos en el Estuario Lenga (VIII Región). | Pozo K, Perra G, Menchi V, Urrutia R, Parra O, Rudolph A, Focardi S                      | 2011 | <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Levels+and+spatial+distribution+of+polycyclic+aromatic+hydrocarbons+(PAHs)+in+sediments+from+Lenga+Estuary%2C+central+Chile">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Levels+and+spatial+distribution+of+polycyclic+aromatic+hydrocarbons+(PAHs)+in+sediments+from+Lenga+Estuary%2C+central+Chile</a> | PAHs    | Sedimentos y Biota | No se aborda en este estudio matriz biota |

## Informe Final

### Identificación de Fuentes Contaminantes y Caracterización de Suelos en la Comuna de Coronel

| Fuente Información      | Nombre   | Autores  | Año  | Web  | Agentes | Matrices           | Observaciones                             |
|-------------------------|--|--|------|--|---------|--------------------|---|
| European Union          | Report on the implementation of the Soil Thematic Strategy and ongoing activities  | European Commission  | 2016 | <a href="http://ec.europa.eu/enviror">http://ec.europa.eu/enviror</a>  | Ninguno | Ninguno            | Guía                                      |
| European Union          | Contaminated Sites in Europe: Review of the Current Situation Based on Data Collected through a European Network   | European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability | 2013 | <a href="https://www.hindawi.com/j">https://www.hindawi.com/j</a>  | Ninguno | Ninguno            | Datos de referencia por sector industrial |
| European Union          | Progress in management of contaminated sites   | European Environment Agency  | 2015 | <a href="http://www.eea.europa.eu/">http://www.eea.europa.eu/</a>  | Ninguno | Ninguno            | Datos de referencia por sector industrial |
| Pubmed - Web of Science | Polychlorinated biphenyls (PCBs) in mussels along the Chilean coast. Environ Sci Pollut Res Int. 2006 Jan;13(1):67-74. Evidencia de PCBs en moluscos de las costas de Chile.   | Mendoza G, Gutierrez L, Pozo-Gallardo K, Fuentes-Rios D, Montory M, Urrutia R,           | 2006 | <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16417134">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16417134</a>  | PCBs    | Biota              | No se aborda en este estudio matriz biota |
| Pubmed - Web of Science | Levels and spatial distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediments from Lenga Estuary, central Chile. Marine Pollution Bulletin 62: 1572-1576. Evidencia de Hidrocarburos aromaticos policíclicos en el Estuario Lenga (VIII Región). | Pozo K, Perra G, Menchi V, Urrutia R, Parra O, Rudolph A, Focardi S                      | 2011 | <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Levels+and+spatial+distribution+of+polycyclic+aromatic+hydrocarbons+(PAHs)+in+sediments+from+Lenga+Estuary%2C+central+Chile">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Levels+and+spatial+distribution+of+polycyclic+aromatic+hydrocarbons+(PAHs)+in+sediments+from+Lenga+Estuary%2C+central+Chile</a><br>168 | PAHs    | Sedimentos y Biota | No se aborda en este estudio matriz biota |

## Informe Final

### Identificación de Fuentes Contaminantes y Caracterización de Suelos en la Comuna de Coronel

| Fuente Información      | Nombre   | Autores   | Año  | Web   | Agentes                              | Matrices   | Observaciones  |
|-------------------------|--|---|------|---|--------------------------------------|------------|--|
| Pubmed - Web of Science | Long-term monitoring of heavy metals in Chilean coastal sediments in the eastern South Pacific Ocean. Mar Pollut Bull. 2012 Oct;64(10):2254-60. Evidencia de metales en sedimentos de la zona del Río Itata (VIII Región). Excedencias de Cd, Cu, Ni y Pb.   | Chandía C, Salamanca M.   | 2012 | <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Long-term+monitoring+of+heavy+metals+in+Chilean+coastal+sediments+in+the+eastern+South+Pacific+Ocean">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Long-term+monitoring+of+heavy+metals+in+Chilean+coastal+sediments+in+the+eastern+South+Pacific+Ocean</a>   | Metales (Al, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) | Sedimentos | No se aborda en este estudio matriz sedimentos marinos |
| Pubmed - Web of Science | Occurrence and behavior of natural and anthropogenic (emerging and historical) halogenated compounds in marine biota from the Coast of Concepcion (Chile). Sci Total Environ. 2013 Sep 1;461-462:258-64. Evidencia de contaminantes emergentes e históricos en la biota de la costa de Concepción. | Barón E, Rudolph I, Chiang G, Barra R, Eljarrat E, Barceló D.   | 2013 | <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Occurrence+and+behavior+of+natural+and+anthropogenic+(emerging+and+historical)+halogenated+compounds+in+marine+biota+from+the+Coast+of+Concepcion+(Chile)">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Occurrence+and+behavior+of+natural+and+anthropogenic+(emerging+and+historical)+halogenated+compounds+in+marine+biota+from+the+Coast+of+Concepcion+(Chile)</a> | PBDE                                 | Biota      | No se aborda en este estudio matriz biota              |
| Pubmed - Web of Science | New assessment of organic mercury formation in highly polluted sediments in the Lenga estuary, Chile. Mar Pollut Bull. 2013 Aug 15;73(1):16-23. Evidencia de contaminación por mercurio en el estuario Lenga, VIII Región.   | Yáñez J, Guajardo M, Miranda C, Soto C, Mansilla HD, Flegal AR. | 2013 | <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=New+assessment+of+organic+mercury+formation+in+highly+polluted+sediments+in+the+Lenga+estuary%2C+Chile">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=New+assessment+of+organic+mercury+formation+in+highly+polluted+sediments+in+the+Lenga+estuary%2C+Chile</a>   | Hg                                   | Sedimentos | No se aborda en este estudio matriz sedimentos marinos |

## Informe Final

### Identificación de Fuentes Contaminantes y Caracterización de Suelos en la Comuna de Coronel

| Fuente Información      | Nombre   | Autores   | Año  | Web   | Agentes                              | Matrices   | Observaciones  |
|-------------------------|--|---|------|---|--------------------------------------|------------|--|
| Pubmed - Web of Science | Long-term monitoring of heavy metals in Chilean coastal sediments in the eastern South Pacific Ocean. Mar Pollut Bull. 2012 Oct;64(10):2254-60. Evidencia de metales en sedimentos de la zona del Río Itata (VIII Región). Excedencias de Cd, Cu, Ni y Pb.   | Chandía C, Salamanca M.   | 2012 | <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Long-term+monitoring+of+heavy+metals+in+Chilean+coastal+sediments+in+the+eastern+South+Pacific+Ocean">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Long-term+monitoring+of+heavy+metals+in+Chilean+coastal+sediments+in+the+eastern+South+Pacific+Ocean</a>   | Metales (Al, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) | Sedimentos | No se aborda en este estudio matriz sedimentos marinos |
| Pubmed - Web of Science | Occurrence and behavior of natural and anthropogenic (emerging and historical) halogenated compounds in marine biota from the Coast of Concepcion (Chile). Sci Total Environ. 2013 Sep 1;461-462:258-64. Evidencia de contaminantes emergentes e históricos en la biota de la costa de Concepción. | Barón E, Rudolph I, Chiang G, Barra R, Eljarrat E, Barceló D.   | 2013 | <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Occurrence+and+behavior+of+natural+and+anthropogenic+(emerging+and+historical)+halogenated+compounds+in+marine+biota+from+the+Coast+of+Concepcion+(Chile">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Occurrence+and+behavior+of+natural+and+anthropogenic+(emerging+and+historical)+halogenated+compounds+in+marine+biota+from+the+Coast+of+Concepcion+(Chile</a> | PBDE                                 | Biota      | No se aborda en este estudio matriz biota              |
| Pubmed - Web of Science | New assessment of organic mercury formation in highly polluted sediments in the Lenga estuary, Chile. Mar Pollut Bull. 2013 Aug 15;73(1):16-23. Evidencia de contaminación por mercurio en el estuario Lenga, VIII Región.   | Yáñez J, Guajardo M, Miranda C, Soto C, Mansilla HD, Flegal AR. | 2013 | <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=New+assessment+of+organic+mercury+formation+in+highly+polluted+sediments+in+the+Lenga+estuary%2C+Chile">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=New+assessment+of+organic+mercury+formation+in+highly+polluted+sediments+in+the+Lenga+estuary%2C+Chile</a>   | Hg<br><br>170                        | Sedimentos | No se aborda en este estudio matriz sedimentos marinos |

## Informe Final

### Identificación de Fuentes Contaminantes y Caracterización de Suelos en la Comuna de Coronel

| Fuente Información      | Nombre   | Autores   | Año  | Web   | Agentes | Matrices   | Observaciones  |
|-------------------------|--|---|------|---|---------|------------|--|
| Pubmed - Web of Science | Levels of Persistent Organic Pollutants (POPs) in sediments from Lengua estuary, central Chile. Mar Pollut Bull. 2014 Feb 15;79(1-2):338-41. | Pozo K, Urrutia R, Mariottini M, Rudolph A, Banguera J, Pozo K, Parra O, Focardi S.   | 2014 | <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Levels+of+Persistent+Organic+Pollutants+(POPs)+in+sediments+from+Lengua+estuary%2C+central+Chile">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Levels+of+Persistent+Organic+Pollutants+(POPs)+in+sediments+from+Lengua+estuary%2C+central+Chile</a>             | POPs    | Sedimentos | No se aborda en este estudio matriz sedimentos marinos               |
| Pubmed - Web of Science | Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Concepción Bay, central Chile after the 2010 Tsunami. Marine Pollution Bulletin 95(1): 480-483.    | Pozo K, Kukučka P, Vaňková L, Přibylková P, Klánová J, Rudolph A, Banguera Yh, Monsalves J, Contreras S, Barra R, Ahumada R | 2015 | <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Polybrominated+Diphenyl+Ethers+(PBDEs)+in+Concepci%C3%B3n+Bay%2C+central+Chile+after+the+2010+Tsunami.">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Polybrominated+Diphenyl+Ethers+(PBDEs)+in+Concepci%C3%B3n+Bay%2C+central+Chile+after+the+2010+Tsunami.</a> | PBDE    | Biota      | No se aborda en este estudio matriz biota                            |
| Pubmed                  | Integrated Environmental Health Impact Assessment for Risk Governance Purposes; Across What Do We Integrate?                                 | Erik Lebret   | 2015 | <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26703709">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26703709</a>   | Ninguno | Ninguno    | Guia   |
| Universidad de Chile    | DISEÑO PLATAFORMA ENERGETICA LOCAL   | Macarena Guzmán González.   | 2010 | <a href="http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2010/aq-guzman_m/pdfAmont/aq-guzman_m.pdf">http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2010/aq-guzman_m/pdfAmont/aq-guzman_m.pdf</a>   | Ninguno | Ninguno    | Proporciona sectorización desde el punto de vista de infraestructura |

## Informe Final

### Identificación de Fuentes Contaminantes y Caracterización de Suelos en la Comuna de Coronel

| Fuente Información        | Nombre   | Autores                         | Año  | Web  | Agentes                                       | Matrices                   | Observaciones   |
|---------------------------|--|---------------------------------|------|--|---|----------------------------|---|
| Universidad de Chile      | Presencia de contaminantes emergentes en aguas y su impacto en el ecosistema. Estudio de caso: productos farmacéuticos en la cuenca del río Biobío, Región del Biobío, Chile | Deyanira Henríquez Villa        | 2012 | <a href="http://www.cybertesis.uchile.cl/tesis/uchile/2012/cf-henriquez_dv/pdfAmont/cf-henriquez_dv.pdf">www.cybertesis.uchile.cl/tesis/uchile/2012/cf-henriquez_dv/pdfAmont/cf-henriquez_dv.pdf</a> | Antibióticos                                  | Agua potable, agua servida | 2 puntos de muestreo sin coordenadas  |
| Universidad de Concepción | Determinación de la concentración de fondo (Geochemical Background) de cuatro metales: As, Hg, Pb, V, en la comuna de Coronel, VIII Región, Chile                            | Barra R.                        | 2006 | no hay   | Metales (As, Hg, Pb y V)                      | Agua superficial           | 10 puntos de muestreo sin coordenadas   |
| Universidad de Concepción | Termoeléctricas y el impacto sobre la calidad del aire en Coronel  | Manuel Carrasco Werner          | 2013 | <a href="http://www2.udec.cl/~mcarascow/informe.pdf">http://www2.udec.cl/~mcarascow/informe.pdf</a>  | CO2, CO, NO2, SO2, MP10, MP2,5, Pb, Hg, Ni, V | Aire                       | Trabajo para un curso de comunicación, no posee mediciones de interés para este estudio |
| Universidad de Concepción | EFFECTOS DEL TERREMOTO DEL 27F EN EL SUBSUELO DEL PUERTO DE CORONEL  | Javiera González, Ramón Verdugo | 2010 | <a href="http://vu2018.admin.hosting.ing.udec.cl/descargas/48.pdf">http://vu2018.admin.hosting.ing.udec.cl/descargas/48.pdf</a>  | Ninguno                                       | Ninguno                    | Proporciona sectorización desde el punto de vista de infraestructura                    |

**Informe Final**

Identificación de Fuentes Contaminantes y Caracterización de Suelos en la Comuna de Coronel

| Fuente Información        | Nombre   | Autores  | Año  | Web   | Agentes | Matrices    | Observaciones                                     |
|---------------------------|--|--|------|---|---------|-------------|---|
| Universidad de Concepción | ANÁLISIS DE REGULACIONES AMBIENTALES PARA MATERIAL PARTICULADO FINO EN FUENTES INDUSTRIALES Y RESIDENCIALES DEL CONCEPCIÓN METROPOLITANO | Andrés Esteban Saavedra Pino                                     | 2015 | <a href="http://repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/1827/Tesis_Analisis_de_Regulaciones_ambientales.Image.Marked.pdf?sequence=1">http://repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/1827/Tesis_Analisis_de_Regulaciones_ambientales.Image.Marked.pdf?sequence=1</a> | MP2,5   | Aire        | Proporciona un modelo numérico para reducir MP2,5 |
| Universidad de Concepción | Circulación del golfo de Arauco en un período de transición estacional: un nuevo enfoque   | Carolina Parada, Marcus Sobarzo, Dante Figueroa, Leonardo Castro | 2001 | no hay  | Ninguno | Agua marina | Proporciona datos de hidrografía                  |
| Universidad de Concepción | Variabilidad espacial y temporal en la hidrografía invernal del sistema de bahías frente a la VIII región (Chile centro-sur)             | PATRICIA FAÚNDEZ-BÁEZ, CARMEN E. MORALES y DAGOBERTO ARCOS       | 2001 | no hay  | Ninguno | Agua marina | Proporciona datos de hidrografía                  |
| Universidad de Concepción | Flow induced by upwelling winds in an equatorward facing bay: Gulf of Arauco, Chile  | Arnoldo Valle-Levinson and Larry P. Atkinson                     | 2003 | no hay  | Ninguno | Agua marina | Proporciona datos de hidrografía                  |

## **10.8 ANEXO 8 (DIGITAL): PLANILLA RETC.XLSX**

## 10.9 ANEXO 9: MEDIDAS DE CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (QA/QC)

La preparación del trabajo de campo en toda la campaña de muestreo incluye una serie de aspectos esenciales para garantizar su eficiente ejecución y calidad. Aquellos considerados en el presente estudio se detallan a continuación:

### A. MEDIDAS GENERALES

Los trabajos de campo y muestreo deben contemplar una serie de aspectos que permitan garantizar su calidad y eficiencia. El plan y protocolo de muestreo deberá indicar cómo desarrollar las actividades, que van desde la forma de llevar a cabo el muestreo, el envasado y almacenamiento de las muestras, su transporte y seguridad, hasta la recepción de las muestras en el laboratorio, entre otros aspectos.

Para asegurar la calidad del proceso de toma de muestras, a continuación, se presentan algunas de las precauciones que deben ser tomadas:

#### Previo al muestreo

- Descripción del objetivo de la investigación, programa de muestreo y análisis.
- Mapa del área a investigar a escala adecuada.
- Medios a muestrear específicos.
- Localización de los puntos de muestreo, incluyendo las profundidades óptimas a las que deben tomarse antes de coleccionar las muestras.
- Técnicas requeridas para la perforación y la toma de muestras.
- Número estimado de muestras, incluyendo los duplicados.
- Discusión general sobre la exactitud y precisión requerida de los análisis.
- Procedimiento estándar de trabajo, incluyendo el protocolo de limpieza del instrumental utilizado.
- Descripción de las responsabilidades de investigadores y trabajadores de campo.
- Plan de seguridad elaborado para la ejecución de la investigación.
- El material necesario para la operación debe ser limpiado y comprobado cuidadosamente antes de la salida al terreno.

#### Durante el muestreo:

- Las muestras deben ser extraídas siguiendo rigurosamente el protocolo de muestreo, tanto en los aspectos referentes a la toma en sí, como en lo relativo a la seguridad y limpieza del material.
- Cualquier operación realizada con la muestra deberá ser rigurosamente documentada, siguiendo los protocolos al efecto.

- Los recipientes que contienen las muestras deben ser etiquetados con claridad y de forma indeleble, con el código de identificación de la muestra.
- Las muestras no son inertes por lo que la demora hasta el momento del análisis debe ser reducida al mínimo.
- Debe comprobarse que todos los materiales utilizados en la toma de muestras no producirán interferencias en el análisis de las mismas. Para ello es preciso emplear muestras de control.
- La información asociada a cada muestra debe ser registrada en el campo.
- Debe asegurarse el mantenimiento del tratamiento de conservación (refrigeración, aditivos, otros) durante el tiempo que dura el transporte.
- Los envases con las muestras individuales serán introducidos en recipientes mayores estancos y resistentes, preferiblemente de madera o metal.
- Dentro de estos recipientes, las muestras serán empaquetadas con un material de relleno aislante que los inmovilice.
- Los recipientes en los que se realice el traslado deberán estar clara y visiblemente identificados, de forma indeleble.

Cada lote dispondrá de un documento con toda la información referida a las muestras que lo integran, documento denominado usualmente cadena de custodia. Deberá mantenerse en todo momento la integridad de la cadena de custodia. Las condiciones de transporte se evaluarán mediante el empleo de blancos de viaje.

## **B. TRANSPORTE Y ENVÍO DE MUESTRAS**

Las muestras sólidas como líquidas es preciso conservarlas de forma que mantengan su integridad química. Las muestras para análisis de compuestos inorgánicos pueden recolectarse y almacenarse en recipientes de material plástico, mientras que aquellas en las que se requiera el análisis de compuestos orgánicos se deben almacenar en recipientes de vidrio o metálicos. Las muestras deben ser almacenadas cuidadosamente según requerimientos técnicos específicos (temperatura ambiente, refrigeración o congelamiento) y deben ser enviadas al laboratorio de análisis al menor tiempo posible.

## **C. MEDIDAS DE SEGURIDAD**

Estos procedimientos deben considerar tanto la seguridad de las personas involucradas en las actividades de terreno como la seguridad en la obtención y el manejo de la información.

También se considera la seguridad en el manejo de residuos generados en la propia operación de terreno.

Respecto de los primeros, los profesionales de terreno deben contar con las máximas medidas de seguridad, esto incluye casco, ropa adecuada, zapatos de seguridad, guantes apropiados y antiparras, según corresponda.

Para efectos de residuos generados en el muestreo, se debe contar con recipientes especiales para almacenarlos. Posteriormente éstos deberán ser dispuestos según lo exigido por las regulaciones ambientales.

#### **D. MUESTRAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD**

Es necesaria la recolección y análisis de muestras control de calidad en el proceso de análisis y toma de muestras, las cuales corresponden a:

- Blanco de calibración o comprobación. Este tipo de blanco se utiliza para detectar posibles contaminaciones del instrumental de medida o del agua destilada. La precisión y exactitud de los análisis de laboratorio pueden determinarse a través de esta práctica, la que debe ser implementada por el laboratorio de análisis.
- Muestras duplicado: corresponde a dos muestras independientes tomadas en puntos lo más cercano posibles en el tiempo y el espacio, y almacenadas en contenedores separados. Los duplicados de muestra deben ser envasados, almacenados y enviados a determinación analítica de la misma forma que las muestras correspondientes a la investigación, de tal manera que el laboratorio no reconozca que se trata de un duplicado.

Estas muestras se usan para evaluar la técnica de muestreo y la homogeneidad/heterogeneidad de la matriz evaluada, y permiten medir la precisión analítica y del muestreo (US New Jersey Department of Environmental Protection, 2014).

Para evaluar las muestras duplicado se calcula el promedio de diferencias relativas (o error relativo promedio o diferencias relativas absolutas DRA) entre las muestras y sus duplicados. Esta medición compara el valor de la muestra original con su duplicado mediante la siguiente fórmula (Stanley & Lawie, 2007):

$$DRA = 2 \frac{|x_1 - x_2|}{(x_1 + x_2)}$$

Donde x1 y x2 corresponden a la muestra original y su duplicado.

En general las matrices sólidas tienen mayor heterogeneidad que las líquidas. Para matrices sólidas, si la diferencia relativa entre las muestras originales y sus duplicados

es igual o menor a 50%, se considera que el análisis tiene una buena precisión analítica y de muestreo (en el caso de muestras líquidas se considera un 30%). Si las diferencias son mayores, esto puede tener relación con la matriz analizada (en este caso suelo), la técnica de muestreo y/o con el análisis de laboratorio (US New Jersey Department of Environmental Protection, 2014).

## D.1 RESULTADOS MUESTRAS DUPLICADAS

En la Tabla 42 se presentan los resultados del análisis de las muestras tomadas en duplicado, en la que se han destacado en color gris las celdas para aquellos duplicados que superan el 50% de diferencia relativa.

Tabla 42. Resultados análisis muestras duplicado

| Error relativo promedio | pH    | CE    | Ag  | Al    | As     | Ba    | Be    | Cd    | Co    | Cr    | Cu     | Fe    |
|-------------------------|-------|-------|-----|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
|                         | (%)   |       |     |       |        |       |       |       |       |       |        |       |
| SU-110                  | 1,88  | 25,14 | <LD | 6,41  | <LD    | 59,27 | <LD   | <LD   | 53,14 | 44,49 | 36,04  | 12,75 |
| SU-140                  | 5,10  | 3,74  | <LD | 31,26 | <LD    | 33,57 | <LD   | <LD   | 11,31 | 24,03 | 13,37  | 6,43  |
| SU-120                  | 5,27  | 14,47 | <LD | 87,24 | 33,99  | 73,00 | <LD   | <LD   | 86,85 | 38,19 | 65,96  | 2,37  |
| SU-150                  | 14,72 | 45,00 | <LD | 21,72 | 26,98  | 33,70 | <LD   | <LD   | 1,11  | 28,24 | 18,14  | 1,93  |
| SU-130                  | 5,35  | 21,86 | <LD | 20,84 | 21,68  | 49,59 | <LD   | <LD   | 58,15 | 57,22 | 33,33  | 5,81  |
| SU-160                  | 12,95 | 43,39 | <LD | 9,53  | <LD    | 33,49 | <LD   | <LD   | 10,38 | 5,28  | 3,89   | 29,36 |
| SU-10                   | 4,53  | 83,85 | <LD | 6,12  | 64,38  | 43,93 | 24,30 | <LD   | 27,38 | 54,62 | 57,20  | 19,68 |
| SU-161                  | 1,86  | 51,43 | <LD | 19,09 | <LD    | 67,22 | <LD   | <LD   | 12,05 | 22,77 | 52,68  | 19,54 |
| BG-09                   | 5,19  | 94,52 | <LD | 17,46 | 21,45  | 39,00 | 6,30  | <LD   | 16,77 | 37,21 | 32,67  | 9,20  |
| Error relativo promedio | Hg    | Mn    | Mo  | Ni    | Pb     | Sb    | Se    | Sn    | Sr    | Tl    | V      | Zn    |
|                         | (%)   |       |     |       |        |       |       |       |       |       |        |       |
| SU-110                  | <LD   | 53,45 | <LD | 27,53 | <LD    | <LD   | 37,22 | <LD   | 5,71  | <LD   | 25,42  | 28,60 |
| SU-140                  | 32,56 | 32,66 | <LD | 8,82  | <LD    | <LD   | <LD   | <LD   | 64,01 | <LD   | 49,92  | 29,30 |
| SU-120                  | 8,81  | 10,84 | <LD | 17,11 | <LD    | <LD   | 40,40 | <LD   | 39,46 | <LD   | 104,16 | 98,19 |
| SU-150                  | 66,67 | 33,99 | <LD | 9,76  | <LD    | <LD   | 15,18 | <LD   | 19,28 | <LD   | 63,91  | 34,56 |
| SU-130                  | <LD   | 71,83 | <LD | 67,65 | <LD    | <LD   | 43,93 | <LD   | 87,54 | <LD   | 64,06  | 40,48 |
| SU-160                  | 44,96 | 33,78 | <LD | 1,85  | <LD    | <LD   | 24,11 | <LD   | 50,35 | <LD   | 16,66  | 2,69  |
| SU-10                   | 56,10 | 53,81 | <LD | 12,04 | 136,80 | <LD   | 35,78 | 91,72 | 52,39 | <LD   | 55,09  | 23,57 |
| SU-161                  | <LD   | 56,61 | <LD | 18,34 | <LD    | <LD   | 60,10 | <LD   | 47,87 | <LD   | 84,09  | 4,66  |
| BG-09                   | 10,40 | 46,06 | <LD | 3,92  | <LD    | <LD   | 16,60 | <LD   | 47,64 | <LD   | 34,11  | 14,41 |

Nota: celdas color gris indican duplicados que superan el 50% de diferencia relativa.

En la tabla anterior, es posible notar que la mayor parte de los duplicados presentan una diferencia relativa inferior al 50%, lo que daría cuenta de una precisión analítica y de muestreo adecuada. Los parámetros que presentaron mayores diferencias son Mn y Sr con 3 de las 9 muestras tomadas en duplicado, así como V, con 5 de las 9 muestras tomadas en duplicado, aunque varias de estas superaciones son levemente superiores al 50%. Tal como se ha comentado previamente, la matriz suelo comúnmente es heterogénea y diferencias de este tipo son esperables.

## **10.10 ANEXO 10 (DIGITAL): RESULTADOS MUESTREO**

## **10.11 ANEXO 11 (DIGITAL): FOTOGRAFÍAS MUESTREO**

## **10.12 ANEXO 12: DESCRIPCIONES DE SERIES DE SUELO**

### **A. SERIE CURANIPE**

Suelo bien desarrollado a partir de materiales metamórficos ricos en cuarzo y mica, que se encuentra ocupando una posición de plano remanente en un sistema de terrazas marinas, con una altitud que fluctúa entre los 25 y 250 msnm., con una amplia distribución geográfica, extendiéndose desde Talca por el norte, hasta Tirúa por el sur por la vertiente marina u occidental de la Cordillera de la Costa. Presenta una topografía ondulada, con pendientes combinadas, susceptibles a la erosión de manto y de cárcavas cuando es grave. Texturas moderadamente finas y colores con matices dentro del 5YR en superficie, texturas finas a muy finas y colores en los tonos 5YR y 2,5YR pardo rojizos y rojo oscuro en profundidad. Drenaje interno medio, externo bueno. De profundidad generalmente delgada.

#### **A.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MORFOLÓGICAS DEL PEDÓN.**

##### **A.1.1 PROFUNDIDAD (cm)**

**0 - 15** Pardo rojizo oscuro (5YR 3/3) en húmedo, pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en seco; textura franco arcillo limosa; estructura de bloques subangulares gruesos y medios moderados que rompen a bloques subangulares medios; duro en seco, friable en húmedo, plástico y adhesivo mojado; actividad biológica regular; raíces medias, finas y muy finas abundantes; poros finos y muy finos comunes. Límite inferior gradual, lineal (13 a 20 cm de espesor).

**15 - 25** Pardo rojizo oscuro (5YR 3/3) en húmedo, pardo rojizo oscuro (5YR 3/4) en seco; textura arcillo limosa; estructura de bloques angulares y subangulares gruesos y medios, firmes, que rompen a bloques subangulares medios; muy duro en seco, moderadamente friable en húmedo, muy plástico y adhesivo mojado; cutanes delgados de arcilla entre las caras de los agregados, continuos; no se aprecia actividad biológica de animales; raíces medias comunes, finas y muy finas abundantes; poros finos y muy finos escasos. Gravilla de cuarzo 15% en volumen, presencia de escamillas de mica. Límite inferior claro, lineal. (8 - 15 cm de espesor).

**25 - 40** Pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo, rojo amarillento (5YR 4/6) en seco; textura arcillosa; estructura maciza, firme; muy duro en seco, firme en húmedo, muy plástico y adhesivo mojado; actividad biológica inexistente; raíces medias escasas, leñosas; poros muy escasos. Gravilla de cuarzo 25% en volumen, escamillas de mica. Límite inferior claro, ondulado. (13-18 cm de espesor).

### **A.1.2 POSICIÓN**

Ocupa una posición intermedia dentro del paisaje de la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa, entre los 25 y 300 m s.n.m., en una formación de cerros con una topografía suavemente ondulada a ondulada, conformando un sistema de paleo terrazas marinas.

### **A.1.3 DRENAJE**

En general el suelo se presenta bien drenado como consecuencia del escurrimiento superficial favorecido por la pendiente, de modo que el drenaje externo es bueno, interno moderado; de permeabilidad moderada a moderadamente lenta.

## **B. SERIE ARENALES**

Suelo derivado de arenas de composición mixta andesítico basálticas, ocupando un plano depositacional en una formación de terraza reciente de posición baja que no sobrepasa los 6 m s.n.m., con una topografía casi plana, con pendientes menores a 1%. De textura arenosa fina en todo el perfil, sin diferenciación de horizontes. Generalmente presenta niveles freáticos altos durante los meses de invierno fundamentalmente, como consecuencia del drenaje natural, dando como resultado grandes áreas con problemas de drenaje sensible a las fluctuaciones de las mareas. Suelo muy susceptible a la erosión eólica que generan rápidamente dunas cuando se encuentra desprovisto de vegetación protectora. De colores pardo muy oscuro en superficie a pardo oscuro en profundidad.

### **B.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MORFOLÓGICAS DEL PEDÓN.**

#### **B.1.1 PROFUNDIDAD (cm)**

**0 - 15** Pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; textura arenosa fina; estructura masiva muy débil que rompe a bloques subangulares muy finos débiles y grano simple; suelto en seco, muy friable en húmedo, no plástico y no adhesivo en mojado; actividad biológica regular; raíces finas y muy finas comunes; poros finos y muy finos abundantes. Límite inferior claro lineal.

**15 – 155** Pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; textura arenosa; estructura masiva muy débil que rompe a grano simple; suelto en seco, muy friable en húmedo, no plástico y no adhesivo en mojado; actividad biológica inapreciable; raíces finas escasas; poros finos y muy finos abundantes. A partir de los 100 cm comienzan los moteados de colores ligeramente más claros que el de la matriz, finos y comunes.

### **B.1.2 POSICIÓN**

Ocupa una posición baja dentro del paisaje oriental de la Isla Santa María, no sobrepasando los 10 msnm, en una formación de terraza marina reciente.

### **B.1.3 DRENAJE**

En general el suelo presenta buen drenaje, sin embargo, como consecuencia de la posición, el escurrimiento superficial de las aguas lluvias de los sectores más altos se concentra aquí, generando áreas de drenaje imperfecto como también áreas con drenaje muy pobre, con niveles freáticos altos, muy cerca de la superficie y encima de ella, siendo muy susceptibles a las variaciones de las mareas del mar adyacente.

## **C. SERIE NAHUELBUTA**

La geomorfología más dominante de este suelo, corresponde a terrenos altos, que van de ondulados a montañosos, presentan una unidad que corresponde a superficies rocosas o comienzo de sedimentación; el material original corresponde a roca metamórfica altamente micácea, esquistos y filitas. Pluviometría entre 1500 a 2000 mm, con vegetación natural de Peumo, roble, boldo, siete venas, yerba del chancho, entre otras.

### **C.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MORFOLÓGICAS DEL PEDÓN**

#### **C.1.1 PROFUNDIDAD (cm)**

**0-8** Pardo grisáceo muy oscuro en húmedo, 1OYR 3/2; pardo oscuro en seco, 1OYR 4/3; arcillo arenosa; estructura granular media débil; \*duro en seco, firme en húmedo; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; raíces finas abundantes; poros finos abundantes; moderada reacción al H,02 pH 5.5; límite inferior gradual lineal. **8-69** Pardo grisáceo muy oscuro en húmedo, 1OYR 3/2; pardo oscuro en seco, 1OYR 4/3; franco arcillosa; bloques subangulares medios y finos moderados; duro en seco; firme en húmedo; plástico y adhesivo, raíces, finas abundantes, poros finos abundantes, medios comunes.

**69-108** Pardo oscuro en húmedo, 1OYR 3/3; pardo oscuro en seco, 1OYR 4/3; arcillosa-masiva; duro en seco, firme en húmedo; plástico y adhesivo; raíces finas comunes; poros finos y medios comunes; grava fina de cuarzo común; elementos, oscuros, medios, comunes.

**108-158** Pardo amarillento oscuro en húmedo, 1OYR 4/4; pardo amarillento en seco, 1OYR 5/4; arcillosa, masiva; duro en seco, firme en húmedo; plástico y adhesivo; raíces finas escasas; poros finos y medios escasos; elementos oscuros abundantes.

#### **C.1.2 DRENAJE**

Moderado.

**10.13 ANEXO 13 (DIGITAL): DISTRIBUCIÓN DE CONTAMINANTES EN FORMATO RASTER PARA SOPORTE ARCGIS.**

**10.14 ANEXO 14: COMPARACIÓN DE MUESTRAS PUNTUALES CON VALORES DE REFERENCIA, EMEG Y RMEG.**



**IdeAmbiente**  
Servicios Ambientales Sustentables