



Informe Final:

"Evaluación confirmatoria sitio específico del riesgo en sectores relacionados con disposición de Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) y asimilables: Vertedero Lepún (Lago Ranco) y Vertedero Asquee (Mariquina), región de Los Ríos"

Licitación ID: 613925-1-LE16



Diciembre 2016

Resumen

El presente documento corresponde al informe final del estudio denominado “Evaluación confirmatoria sitio específico del riesgo en sectores relacionados con disposición de residuos sólidos domiciliarios (RSD) y asimilables: Vertedero Lepún - (Lago Ranco) y Vertedero Asquee - (Mariquina), Región de Los Ríos”, correspondiente a la licitación código 613925-1-LE16. Este estudio responde a la necesidad de evaluar riesgos asociados a Sitios con Potencial Presencia de Contaminantes en la región de Los Ríos.

En este se realiza una evaluación de la presencia de contaminantes en 2 vertederos ubicados en la región de los Ríos. Para realizar la confirmación, se realizó la toma de muestras de suelo dentro de ambos vertederos. Así, así como también la toma de muestras de agua en pozos cercanos y cauces de agua. Los elementos contaminantes de interés analizados en suelos, corresponden a As, Cd, Cu, Hg y Pb. En el caso de la matriz agua corresponde As, Cd, Cu, Hg, Pb, NO₃ e Hidrocarburos fijos.

Las concentraciones obtenidas fueron comparadas con los valores límite entregados por las normas NCh1333 y NCh409, así como también los valores recomendados por la Agencia de Medio Ambiente de Canadá (CCME). Para comparar a nivel local, se realizó la determinación del background mediante la toma de muestras de suelo en sectores fuera de la potencial influencia del vertedero.

En ambos vertederos, las concentraciones detectadas se encuentran bajo los límites recomendados por la directriz canadiense y dentro de los rangos naturales entregados por el análisis estadístico de los datos, por lo que se descarta la presencia de contaminantes en los sitios y el riesgo a la salud y el medio ambiente.

Índice

1. Introducción.....	10
1.1 Justificación.....	11
1.2 Objetivos específicos	12
1.3 Sistematización y evaluación de la información disponible	12
2. Antecedentes históricos del manejo de RSD en la región.....	14
2.1 Manejo de residuos en la región	15
2.2 Caracterización del tipo de residuos generados en la región.....	15
3. Vertedero Asquee.....	19
3.1 Ubicación y Acceso.....	19
3.2 Caracterización de la zona de estudio	20
3.2.1 Clima.....	20
3.2.2 Geología e hidrogeología	21
3.2.3 Caracterización Agrológica (suelos)	25
3.3 Caracterización del Riesgo	29
3.3.1 Ficha de inspección y jerarquización.....	29
3.3.2 Caracterización de los residuos presentes en el depósito.....	30
3.3.3 Potenciales Receptores	33
3.3.5 Modelo conceptual de sitio.....	34
4. Vertedero Lepún.....	37
4.1 Ubicación y Acceso.....	37
4.2 Caracterización de la zona de estudio	38
4.2.1 Clima.....	38
4.2.2 Geología e hidrogeología	39
4.2.3 Caracterización Agrológica (suelos)	43
4.3 Caracterización del Riesgo	47
4.3.1 Ficha de inspección y jerarquización.....	47
4.3.2 Caracterización de los residuos presentes en el depósito.....	48
4.3.3 Potenciales Receptores	52

4.3.4 Modelo conceptual de sitio.....	56
5. Muestreo	59
5.1 Plan de muestreo	59
5.1.1 Vertedero Asquee	60
5.1.2 Vertedero Lepún	63
5.1.3 Determinación de valores background	66
5.2 Metodología de muestreo	68
5.3 Definición de los contaminantes de interés	68
Vertedero Asquee	68
Vertedero Lepún	69
5.4 Protocolo y Aseguramiento calidad muestreo	70
5.4.1 Muestreo de suelo	70
5.4.2 Muestreo de agua	73
5.5 Puntos de muestreo.....	74
5.6 Asignación de responsabilidades en labores asociadas al muestreo	77
6. Resultados y Análisis.....	78
6.1 Background	79
6.2 Ex Vertedero Asquee	81
6.2.1 Resultados	81
6.2.2 Comparación con valores background.....	83
6.3 Ex Vertedero Lepún	86
6.3.1 Resultados	86
6.3.2 Comparación con valores background.....	89
7. Evaluación de Riesgo	92
7.1 Evaluación de Riesgo en suelos	92
7.1.1 Valores Guía Canadá	93
7.1.2 Valores EMEG.....	95
7.2 Evaluación de Riesgo en agua.....	100
7.2.1 Norma Chilena 409.....	100
7.2.2 Norma Chilena 1333.....	101

8. Conclusiones.....	104
9. Referencias	106

Índice de Figuras

Figura 1: Composición porcentual de los residuos depositados en vertederos por comuna, región de Los Ríos (Fuente: ADASME, 2013).....	16
Figura 2: Gráfica de comparación de la composición de los Residuos Industriales Sólidos (RISes) generados en las comunas de la región de Los Ríos. Fuente: Fundamentos Plan Estratégico para las Gestión Integral de los Residuos Sólidos (ADASME, 2013).....	17
Figura 3: Ubicación del ex Vertedero Asquee. Elaboración propia.....	19
Figura 4: Ubicación vertedero Asquee, el número sobre el área indica la cantidad de hectáreas que cada sitio posee.....	20
Figura 5: Geología vertedero (Fuente: Modificado de Mella et al. (2012), publicado por SERNAGEOMIN). Datum WGS 84, Huso 19S.	21
Figura 6: Hidrogeología Vertedero Asquee. Datum SIRGAS 18s (Fuente: Modificado de Páez et al. (2014), publicado por SERNAGEOMIN).....	23
Figura 7: Vulnerabilidad acuífero Valdivia (Fuente: modificado Arenas et al. (2005), publicado por SERNAGEOMIN). Datum WGS 84, Huso 19S.	24
Figura 8: Fotografía del portón que cierra el paso a los depósitos.....	33
Figura 9: Planta de la zona de estudio. Se presenta el camino principal, el contorno aproximado de la zona donde se encuentran los depósitos y la ubicación de los potenciales receptores.	34
Figura 10: Perfil esquemático del ex-vertedero de Asquee. Se muestra la profundidad estimada del acuífero. Fuente: Elaboración propia.	35
Figura 11: Modelo conceptual del vertedero Asquee. E= Ecológico, R=Residencial, P=Personas de paso, A=Agrícola, T=Trabajador.....	36
Figura 12: Ubicación del Vertedero Lepún. Elaboración propia.	37
Figura 13: Ubicación vertedero Lepún, el número sobre el área indica la cantidad de hectáreas que cada sitio posee.....	38
Figura 14: Geología cercana a Vertedero Lepún (punto rojo) (Fuente: Modificado de Campos et al (1998), publicado por SERNAGEOMIN).	40
Figura 15: Hidrogeología cercana a Lago Ranco, el punto rojo corresponde al Vertedero Lepún (Fuente: Modificado de SERNAGEOMIN, 2008).	41

Figura 16: Perfil en la zona del vertedero, que corresponde a depósitos glaciofluviales, gravas con matriz de arcilla. Estratos impermeables. Foto tomada por PGS el día 22 de Julio de 2016.	42
Figura 17: Vulnerabilidad acuíferos cercano a Lago Ranco. El punto rojo corresponde al Vertedero Lepún. Leyenda: Amarillo=baja vulnerabilidad, Naranja= Media, Rojo=Alta. Negro=Instalación vertederos (Fuente: modificado SERNAGEOMIN (2008).	43
Figura 18: Fotografía de los residuos presentes en el depósito, estos corresponden principalmente a plásticos. Fuente: tomada el día 22 de Julio por PGS.	50
Figura 19: Bateas contenedoras de la basura en transición. Fuente: foto tomada por PGS el día 01 de octubre de 2016.	52
Figura 20: Lista (1-17) de pobladores en zona colindante a Vertedero Lepún. Fuente: Comunicación escrita Ilustre Municipalidad de Lago Ranco.	53
Figura 21: Lista (18-34) de pobladores en zona colindante a Vertedero Lepún. Fuente: Comunicación escrita Ilustre Municipalidad de Lago Ranco.	53
Figura 22: Lista (35-51) de pobladores en zona colindante a Vertedero Lepún. Fuente: Comunicación escrita Ilustre Municipalidad de Lago Ranco.	54
Figura 23: Lista (52-68) de pobladores en zona colindante a Vertedero Lepún. Fuente: Comunicación escrita Ilustre Municipalidad de Lago Ranco.	54
Figura 24: Lista (69-85) de pobladores en zona colindante a Vertedero Lepún. Fuente: Comunicación escrita Ilustre Municipalidad de Lago Ranco.	55
Figura 25: Lista (86-96) de pobladores en zona colindante a Vertedero Lepún. Fuente: Comunicación escrita Ilustre Municipalidad de Lago Ranco.	55
Figura 26: Esquema en planta de la zona de emplazamiento del sitio de Lepún. Se muestra en la imagen la ubicación geográfica de los potenciales receptores recogidos en terreno, así como también los caminos de acceso y estero colindante. La línea de color azul muestra la ubicación del estero colindante al depósito.	57
Figura 27: Perfil esquemático que muestra la disposición del vertedero y la característica de impermeabilidad del sustrato que lo contiene. Fuente: Elaboración propia.	57
Figura 28: Modelo conceptual del vertedero Lepún. E= Ecológico, R=Residencial, P=Personas de paso, A=Agrícola, T=Trabajador.	58
Figura 29: Ejemplo de grilla de muestreo Sistemática.	59
Figura 30: Regla de decisión de número de muestras. En líneas rojas se puede observar la vía de decisión para la selección del número de puntos de muestreo en el Vertedero Asquee. Fuente: Fundación Chile, 2012.	60
Figura 31: Ubicación de pozos y zanjas en vertedero Asquee.	62
Figura 32: Ubicación muestra de agua en vertedero Lepún.	65

Figura 33: Ubicación Serie San José (SAJ) en la Región de Los Ríos. La ubicación aproximada del Vertedero Asquee se puede observar señalada por una estrella color rojo. Fuente: CTSyC, 2016.	66
Figura 34: Ubicación Serie Los Lagos (LLO) en la Región de Los Ríos. La ubicación aproximada del Vertedero Lepún se puede observar señalada por una estrella color rojo. Fuente: CTSyC, 2016.	67
Figura 35: Ejemplo cadena de custodia.....	72
Figura 36: Medición de parámetros fisicoquímicos mediante equipo multiparámetro, sector Lepún.	75
Figura 37: Medición de metano en grieta, Lepún.	76
Figura 38: Muestreo de suelo, Lepún.....	76
Figura 39: Interpretación gráfica de simbología gráfico boxplot.	79
Figura 40: Ubicación puntos de muestreo background cercanos a vertedero Asquee.	80
Figura 41: Ubicación puntos de muestreo background cercanos a vertedero Lepún.	80
Figura 42: Ubicación puntos de muestreo de suelo en depósitos ex Vertedero Asquee.	82
Figura 43: Comparación entre concentraciones de As en Asquee y background.....	84
Figura 44: Comparación entre concentraciones de Cu en Asquee y background.	84
Figura 45: Comparación entre concentraciones de Pb en Asquee y background.	85
Figura 46: Ubicación puntos de muestreo de suelo en depósitos Vertedero Lepún.....	87
Figura 47 : Comparación entre concentraciones de As en Lepún y background.	89
Figura 48: Comparación entre concentraciones de Cu en Lepún y background.	90
Figura 49: Comparación entre concentraciones de Pb en Lepún y background.	90

Índice de Tablas

Tabla 1: Entrevistados en la comuna de Lago Ranco y Mariquina.....	12
Tabla 2: Generación de Residuos Sólidos Municipales (RSM) en la región de Los Ríos, (Fuente: ADASME, 2013).	16
Tabla 3: Cuantificación de Residuos generados en Establecimientos Asistencial de Salud (REAS) por comuna, región de Los Ríos (Fuente: ADASME, 2013).....	18
Tabla 4: Características del perfil tipo de la Serie San José (Fuente: CIREN, 2003).	27
Tabla 5: Propiedades físicas, químicas y físico-químicas de los suelos de la Serie San José (Fuente: CIREN, 2003).....	28
Tabla 6: Detalle de cálculo de jerarquía Asquee.	30
Tabla 7: Detalle empresas por rubro Comuna de Mariquina, hasta el año 2013 (Fuente: SII).	31

Tabla 8: Población colindante, en un radio de 3 km, al Vertedero Asquee (Fuente: Comunicación escrita, Ilustre Municipalidad de Mariquina).	33
Tabla 9: Características del perfil tipo de la Serie Los Lagos (Fuente: CIREN, 2003)	45
Tabla 10: Propiedades físicas, químicas y físico-químicas de los suelos de la Serie Los Lagos (Fuente: CIREN, 2003).....	46
Tabla 11: Detalle cálculo jerarquía Lepún. No existen evidencias de la presencia de metales, agroquímicos, COPs u otros contaminantes peligrosos. Fuente: elaboración propia).	48
Tabla 12: Detalle empresas por rubro Comuna Lago Ranco, hasta el año 2013 (Fuente: SII, 2016).....	51
Tabla 13: Resumen de matrices y cantidad de puntos de muestreo.	62
Tabla 14: Cuadro resumen matrices a muestrear en el vertedero Lepún. Elaboración propia.....	65
Tabla 15: Cuadro resumen muestreo background.....	68
Tabla 16: Tabla resumen elementos analizar en ambos vertederos.	70
Tabla 17: Tabla resumen de los puntos de muestreo. Las coordenadas se encuentran en el Datum WGS84.	74
Tabla 18: Responsables plan de muestreo.....	77
Tabla 19: Resultado estadísticos en suelos análisis background totales (UCL: upper confidence limit).....	81
Tabla 20: Resumen resultados de los analisis de suelo. Las coordenadas estan en el Datum WGS84.	81
Tabla 21: Resultados estadísticos análisis suelos Vertedero Asquee.	82
Tabla 22: Resultados análisis muestras de agua vertedero recolectadas en los pozos y el estero.....	83
Tabla 23: Resumen test Krstal Wallis.	86
Tabla 24: Resultados de muestras de suelo en vertedero Lepún.	86
Tabla 25: Resultados estadísticos análisis suelos Vertedero Lepún (UCL: upper confidence limit).....	87
Tabla 26: Resultados análisis muestras de agua vertedero. El código A corresponde a Asquee y L a Lepún.	88
Tabla 27: Resultados detección de gases Metano y Ácido Sulfhídrico en aire intersticial del Vertedero.....	88
Tabla 28: Resumen test Kruskal Wallis para muestras en Lepún.....	91
Tabla 29: Norma canadiense de calidad de suelo para la protección medioambiental y salud humana (Fuente: CCME, 2016).....	94

Tabla 30: Comparación valores guía de elementos traza propuestos por el CCME para suelos de uso Residencial, con los valores máximos obtenidos mediante muestreo y análisis de suelos en el Vertedero Lepún.	94
Tabla 31: Comparación valores guía de elementos traza propuestos por el CCME para suelos de uso Residencial, con los valores máximos obtenidos mediante muestreo y análisis de suelos en el Vertedero Asquee.	95
Tabla 32 : Cálculo valores EMEG para elementos traza analizados en el Vertedero Lepún.	97
Tabla 33: Comparación valores máximos obtenidos en las muestras recolectadas in-situ con valores EMEG calculados para el Vertedero Lepún.	98
Tabla 34: Cálculo valores EMEG para elementos traza analizados en el Vertedero Asquee.	99
Tabla 35: Comparación valores máximos obtenidos en las muestras recolectadas in-situ con valores EMEG calculados para el Vertedero Asquee.	99
Tabla 36: Comparación resultados análisis muestras de agua en estero cercano a vertedero Lepún con valores NCh 409.	100
Tabla 37: Comparación resultados análisis muestras de agua en estero cercano a vertedero Asquee con valores NCh 409.	101
Tabla 38: Comparación de resultados análisis muestras de agua en puntos cercanos al vertedero Lepún con valores de la NCh 1333.	102
Tabla 39: Comparación de resultados análisis de muestras de agua en puntos cercanos a Vertedero Asquee con valores de la NCh 1333.	102

1. Introducción

El presente documento corresponde al informe final del proyecto denominado "Evaluación confirmatoria sitio específico del riesgo en sectores relacionados con disposición de residuos sólidos domiciliarios (RSD) y asimilables: Vertedero Lepún - (Lago Ranco) y Vertedero Asquee - (Mariquina), Región de los Ríos", correspondiente a la licitación código 613925-1-LE16. Este estudio responde a la necesidad de evaluar riesgos asociados a Sitios con Potencial Presencia de Contaminantes en la región de Los Ríos.

La Política Nacional para la Gestión de Sitios con Presencia de Contaminantes, aprobada en agosto de 2009, está orientada a la reducción de los riesgos asociados a la salud de la población y al medio ambiente, y su objetivo general es "fortalecer la gestión de sitios con presencia de contaminantes". Para esto se establece como objetivo específico el "generar instrumentos de gestión sistemáticos y costo-eficientes para la gestión de sitios con presencia de contaminantes". Con este fin, existen metodologías establecidas que permiten abordar esta problemática.

Durante 2012, el MMA desarrolló un instrumento denominado "Guía metodológica para la gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (SPPC)", aprobada mediante Resolución Exenta N°406 del 2013. La Guía Metodológica consta de la evaluación en tres (03) fases consecutivas:

- Fase I Identificación, priorización y jerarquización de sitios con presencia de contaminantes;
- Fase II Evaluación preliminar sitio-específica del riesgo;
- Fase III Evaluación de riesgo y plan de acción para la gestión del SPPC.

La Guía ha sido aplicada por cada Seremi regional desde el año 2012 a la fecha, identificando y jerarquizando los sitios potencialmente contaminados de cada región.

Mediante la implementación de la Guía, en la región de Los Ríos se identificó que las principales actividades potencialmente contaminantes corresponden a aquellas relacionadas con almacenamiento y/o venta de productos agroquímicos, plaguicidas y/o pesticidas; aserraderos y elaboración de madera; generación y almacenamiento transitorio de residuos peligrosos; extracciones mineras; almacenamiento, venta y expendio de combustibles y disposición de RSD e industriales.

De la jerarquización realizada, los sitios con mayores valores corresponden a aquellos de disposición de RSD y asimilables.

En este estudio se aborda la potencial presencia de contaminantes en 2 vertederos de la región:

1. Uno ubicado en la comuna de Mariquina, el Vertedero Asquee, que se encuentra cercano al Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, lugar turístico y altamente valorado por su biodiversidad, afectado hace algún tiempo por la actividad industrial.

- 2-. El otro se ubica en la comuna de Lago Ranco, el vertedero se encuentra cercano a la población del lugar, la que principalmente se desempeña en turismo y agricultura de subsistencia, actividades que podrían verse afectadas por el manejo inadecuado de los residuos. Si bien, este último dejó de operar el 31 de diciembre de 2015, aún no se han realizado las gestiones necesarias para su cierre y sigue operando como sitio de transferencia de residuos.

1.1 Justificación

Debido al escaso control de los vertederos comunales, estos reciben diversos residuos que pueden incluir aquellos considerados peligrosos como: pinturas, solventes, baterías de automóviles y productos químicos, aumentando los riesgos de contaminación al medio ambiente y afectando la salud de las personas.

Los sitios seleccionados corresponden a sitios de alta prioridad y con alto valor de jerarquización, de acuerdo al catastro regional de sitios con potencial presencia de contaminantes (SEREMI Medio Ambiente Región de Los Ríos, 2012).

1.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos a concretar en este informe son:

- a) Recolectar, sistematizar, analizar y evaluar la información disponible.
- b) Elaborar un modelo conceptual (fuente, matriz, vía y receptor) para los sitios y su área de influencia que permita identificar las rutas de exposición considerando el desplazamiento de los contaminantes.
- c) Determinar la presencia y concentración de contaminantes en los sitios afectados.
- d) Difundir los resultados del estudio a través de presentaciones a las autoridades regionales, servicios públicos y comunidad.¹

1.3 Sistematización y evaluación de la información disponible

En los siguientes capítulos, se presenta la sistematización de la información recopilada en la primera etapa de la consultoría. Para esto se realizó una revisión bibliográfica de los antecedentes.

Así mismo, se consultó y entrevistó a las siguientes personas:

Comuna	Entrevistado	Descripción
Mariquina	Francisca González	Encargada ambiental de la Ilustre Municipalidad de Mariquina.
Mariquina	Luis Espinoza	Encargado del departamento de Aseo y Ornato de la I. M. de Mariquina.
Mariquina	Benito Vargas	poblador cercano al vertedero Asquee
Mariquina	Belisario Monsalve	poblador cercano al vertedero Asquee
Lago Ranco	Héctor Guerra	Encargada ambiental de la Ilustre Municipalidad de Lago Ranco.
Lago Ranco	Santiago Rosas	Alcalde de la Ilustre Municipalidad de Lago Ranco.
Lago Ranco	Paola Schwaner	Directora de Obras Municipales de la Ilustre Municipalidad de Lago Ranco.
Lago Ranco	Víctor Pérez	Encargado del vertedero Lepún

Tabla 1: Entrevistados en la comuna de Lago Ranco y Mariquina.

¹ A la fecha de la presentación del presente informe, se estableció la semana del 12 diciembre para la realización de este taller de difusión de resultados.

Además, se buscó en bibliotecas de universidades y registros de organismos del Estado tales como el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), y la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas (MOP).

2. Antecedentes históricos del manejo de RSD en la región

La región de Los Ríos se ubica entre los 39°48'30"S y los 73°14'30"O, conformada por 12 comunas, las cuales abarcan una superficie total estimada de 18.429 kilómetros cuadrados y una población proyectada al 2015 de 404.432 habitantes (Arratia, 2012).

Al año 2005, el manejo de Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) en la región era precario, al punto de no contar con vertederos comunales controlados. De tal manera que los que existían no cumplían con exigencias técnicas, ambientales ni económicas. De esta forma, todos los vertederos en la zona presentaban problemas ambientales, con flotas de recolección de RSD deficitarias u obsoletas, y con falta de personal técnico capacitado para abordar la problemática de la disposición de desechos (Arratia, 2012).

Esto impulsa la creación de la Asociación Regional dirigida a la gestión de los RSD, que deriva en la regulación del sistema de recolección y disposición de los residuos de las 12 comunas de la región, gestionando la futura construcción del relleno sanitario regional, estaciones de transferencia, una planta regional de reciclaje y planes de cierre de los vertederos, entre otras mejoras.

El año 2009, ya constituida la región de Los Ríos, se gesta la Estrategia de Desarrollo Regional (EDR), concebida como una herramienta de gestión regional que establece los lineamientos estratégicos para alcanzar un desarrollo territorial con un horizonte de 10 años. Uno de sus objetivos es “promover el desarrollo e implementación de instrumentos técnicos, administrativos y legales para el mejoramiento de la gestión ambiental”, esto derivó en la definición de las líneas estratégicas de la Asociación de Municipalidades de la región de Los Ríos para el Manejo Sustentable de residuos y gestión ambiental. Estas líneas estratégicas tienen un horizonte de 20 años para transformar a la región en un ejemplo nacional, las líneas estratégicas son las siguientes (ADASME, 2013):

- 1- Recopilación de información de residuos sólidos en la región de Los Ríos;
- 2- Prevención y valorización de los residuos sólidos;
- 3- Sensibilización de la problemática de residuos sólidos.

En este contexto, es que se evaluó el cierre del vertedero Lepún. Actualmente, este opera como sitio de transferencia, almacenando sus residuos en bateas. En cuanto al vertedero de Mariquina, este fue cerrado y se le ejecutó un plan de cierre.

Estos vertederos fueron incluidos en la lista de Sitios con Potencial Presencia de Contaminantes (SPPC), mediante la aplicación de la Fase I de la "Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes" del Ministerio del Medio Ambiente (MMA).

2.1 Manejo de residuos en la región

Al momento de la elaboración del presente informe, la información disponible indicaba que el manejo de los residuos sólidos se desarrollaba en 4 ejes territoriales de gestión (ADASME, 2013), donde se depositaban fundamentalmente Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD). Actualmente, según lo informado por la SEREMI de Medio Ambiente de la región de Los Ríos, existen 2 vertederos con autorización sanitaria vigente y operativos, estos son Morrompulli y Llolly.

2.2 Caracterización del tipo de residuos generados en la región

La generación de residuos y su composición, depende de un número importante de variables económicas y demográficas, asociadas a su vez con las preferencias y patrones de consumo de la población. La clasificación según su tipo, es la siguiente:

- RSD: Residuos Sólidos Domiciliarios.
- RS-CyA: Residuos Sólidos mantención calles y Aceras.
- RS-AC: Residuos Sólidos Asimilables Comerciales.
- RS-AI: Residuos Sólidos Asimilables de la Industria.

En la Tabla 2 se puede apreciar el detalle, en cuanto a tipos, de generación de residuos por comuna en la región de Los Ríos hasta el año 2013.

Comuna	RSD	RS-CyA	RS-AC	RS-AI	TOTAL RSM (Ton/ Año)
Corral	813	121	50	23	1.007
Futrono	4.376	653	168	242	5.439
La Unión	7.443	1.298	573	1.499	10.813
Lago Ranco	1.347	212	113	97	1.769
Lanco	2.668	463	212	517	3.860
Los Lagos	2.765	440	226	235	3.666
Máfil	1.219	200	28	216	1.663
Mariquina	3.339	576	348	533	4.796
Paillaco	3.327	529	318	237	4.411
Panguipulli	7.032	1.099	521	504	9.156
Río Bueno	4.226	708	318	647	5.899
Valdivia	61.775	9.672	5.370	3.784	80.601
Total Región	100.330	15.971	8.245	8.534	133.080

Tabla 2: Generación de Residuos Sólidos Municipales (RSM) en la región de Los Ríos, (Fuente: ADASME, 2013).

Respeto a la composición de los residuos depositados en vertederos de la región, en la Figura 1 se puede observar el detalle por cada comuna en base a porcentajes.

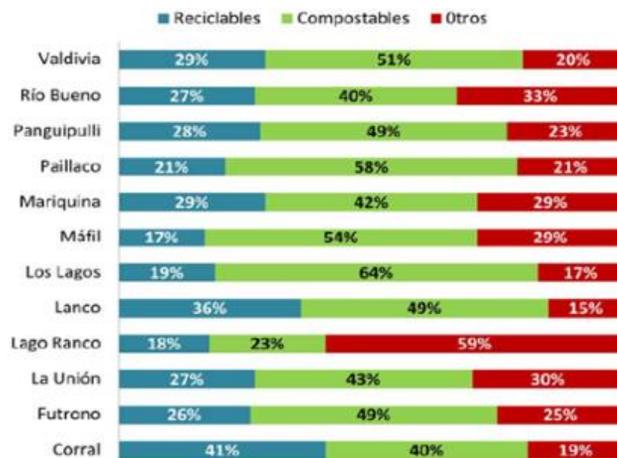


Figura 1: Composición porcentual de los residuos depositados en vertederos por comuna, región de Los Ríos (Fuente: ADASME, 2013).

A nivel regional, la actividad industrial ha tenido un aumento importante en los últimos años, lo que deriva en un incremento en la generación de Residuos Industriales Sólidos (RISes). Estos últimos corresponden a desechos o residuos sólidos o semisólidos resultantes de cualquier proceso industrial y que no son reutilizados, recuperados o reciclados en el mismo establecimiento industrial donde se generan (ADASME, 2013). Según el D.S. N°594/1999, del Ministerio de Salud, los RISes son aquellos “residuos sólidos o líquidos, o combinación de estos, provenientes de procesos industriales y que por sus

características físicas, químicas o microbiológicas no pueden asimilarse a los residuos domésticos”.

En el estudio realizado por ADASME (2013), se cuantificó los RISEs mediante la aplicación de encuestas diseñadas en base a una variante de la metodología INVENT, utilizada por la Organización Panamericana de Salud (OPS), mediante la cual se generaron indicadores que fueron extrapolados a las bases de datos de empresas que provee el Servicio de Impuestos Internos (SII) para cada comuna. El resultado del diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos de la Región de los Ríos se puede observar en la Figura 2.

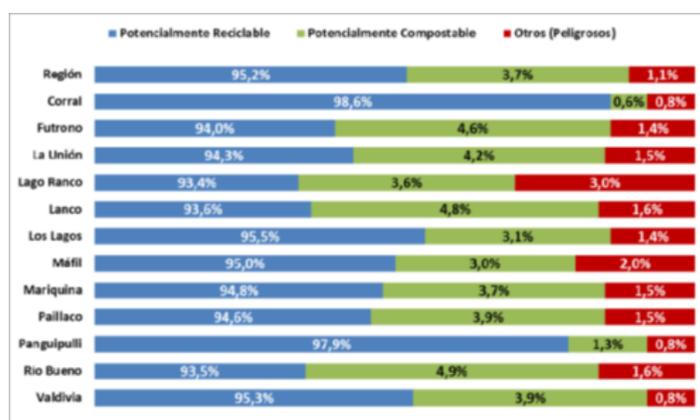


Figura 2: Gráfica de comparación de la composición de los Residuos Industriales Sólidos (RISEs) generados en las comunas de la región de Los Ríos. Fuente: Fundamentos Plan Estratégico para las Gestión Integral de los Residuos Sólidos (ADASME, 2013).

En cuanto a los Residuos Sólidos Hospitalarios (RSH), estos son los generados en los centros de atención a la salud durante la prestación de servicios de hospitalización, diagnóstico, prevención, tratamiento y curación, incluyendo los generados por los laboratorios respectivos (ADASME, 2013). En el informe ya mencionado, se recolectó información de los RSH, determinando los asimilables de los que deben recibir un tratamiento para su disposición (biológicos, corto punzantes y químicos). A partir de dicha información, se cuantificaron aquellos residuos especiales, ya que el resto debieran ser gestionados por el servicio de recolección municipal. En la Tabla 3 se puede observar el detalle de los RSH generados por cada comuna de la región de Los Ríos.

Comuna	Residuo de hospitalario Público	Residuo de hospitalario Privados	TOTAL REAS
Corral	2,27	0,00	2,27
Futrono	2,44	0,00	2,44
La Unión	5,75	7,83	13,58
Lago Ranco	2,44	0,00	2,44
Lanco	2,27	0,01	2,27
Los Lagos	4,36	0,84	5,19
Máfil	0,70	0,00	0,70
Mariquina	5,06	0,84	5,90
Paillico	3,66	0,88	4,54
Panguipulli	5,75	0,84	6,59
Río Bueno	4,71	6,13	10,84
Valdivia	29,35	63,72	93,07
Total Región	68,76	81,09	149,83

Tabla 3: Cuantificación de Residuos generados en Establecimientos Asistencial de Salud (REAS) por comuna, región de Los Ríos (Fuente: ADASME, 2013).

3. Vertedero Asquee

3.1 Ubicación y Acceso

El vertedero Asquee se ubica en la comuna de Mariquina, región de Los Ríos (Figura 3). El sitio se encuentra a un costado de la ruta 202, unos 5 kilómetros al suroeste de la ciudad de Mariquina.



Figura 3: Ubicación del ex Vertedero Asquee. Elaboración propia.

Con un área total de 0.81 Ha., está conformado por 2 depósitos, de 0.39 y 0.42 ha respectivamente, distanciados por alrededor de 100 m. El sitio se ubica en las coordenadas UTM 672.284 E y 5.617.740 N, Datum WGS84, huso 18S. Como se aprecia en la figura, los rellenos se encuentran cubiertos, Figura 4.



Figura 4: Ubicación vertedero Asquee, el número sobre el área indica la cantidad de hectáreas que cada sitio posee. (Fuente: Elaboración Propia).

3.2 Caracterización de la zona de estudio

En este sub-capítulo se presentan las características generales y técnicas de la zona de estudio. Los datos técnicos levantados y expuestos aquí, fueron utilizados por el equipo consultor para la confección del modelo conceptual y el diseño del plan de muestreo, como también para la caracterización del riesgo.

3.2.1 Clima

El clima imperante en la zona donde se ubica el Vertedero Asquee corresponde al Templado Cálido Lluvioso con descenso estival de precipitaciones, el cual se asocia a la unidad geomorfológica de la Cordillera de la Costa. Éste se presenta dentro de la unidad climática Templado cálido lluvioso con influencia mediterránea, específicamente en los espacios ubicados a sotavento de la Cordillera de la Costa. Las precipitaciones anuales en San José de la Mariquina son de alrededor 2.000 mm al año. La temperatura media anual

oscila entre 10 y 12 °C. Sin embargo, en verano las medias mensuales de temperatura se elevan entre 16 y 17°C (INE, 2007).

Debido a la gran pluviometría de la zona, los contaminantes tienen mayor susceptibilidad de ser lavados en suelos y aguas.

3.2.2 Geología e hidrogeología

Geología

El vertedero Asquee se ubica sobre depósitos del último interglacial. Esta unidad está compuesta por tres subunidades: Depósitos fluviales y deltaicos (Plfd), Depósitos fluvio-estuarinos (Plfe) y Depósitos eólicos (Pleo) (Brüggen, 1950; Doyel et al., 1960; SERNAGEOMIN, 1998; Mella et al, 2012).

Particularmente el vertedero Asquee se encuentra en la unidad Plfd, conformada por depósitos fluviales y deltáicos, que corresponden a gravas y arenas de granos gruesos a finos, moderadamente consolidadas.

Las características geológicas de los depósitos, en relación al tamaño de grano, le dan la capacidad de poder infiltrar agua, permitiendo que esta se acumule en los poros y permeabilidades, formando un acuífero bajo la superficie del vertedero. Esta información es relevante y fue considerada en el plan de muestreo desarrollado.

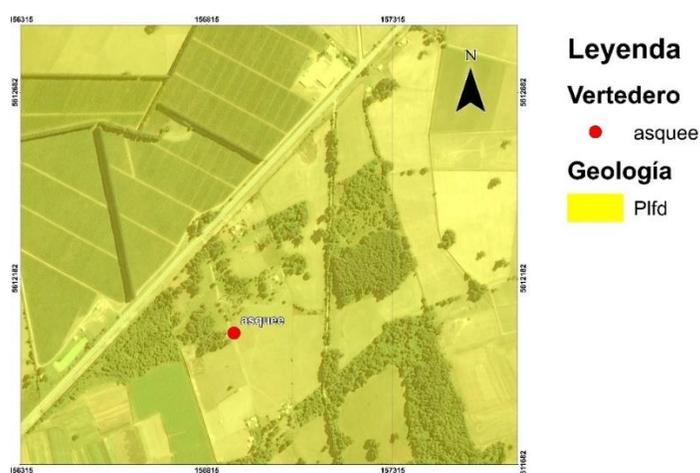


Figura 5: Geología vertedero (Fuente: Modificado de Mella et al. (2012), publicado por SERNAGEOMIN). Datum WGS 84, Huso 19S.

Hidrogeología

En este sub-capítulo se presenta la recopilación de los antecedentes hidrogeológicos de la zona de estudio basado en Páez et al. (2014), en función de las unidades hidrogeológicas definidas en la zona para el Vertedero Asquee (Figura 7).

Características Litológicas y Distribución

La unidad //B1 está compuesta por arenas finas, arenas limosas y limos arcillosos de origen fluvial, deltaico y fluvioestuarino (Plfde), depositados sobre gravas y arenas de origen glaciofluvial (Plgf2), de la unidad A2. El límite entre ambas unidades es transicional, por interdigitación de estratos, y se ha identificado a cotas variables entre 25 y -60 m s.n.m. El espesor máximo reconocido de //B1 es de 85 m (pozo P199), aunque por lo general no supera 45 m de espesor. Para la unidad A2 se estima un espesor máximo del orden de 200 m en el área de la depresión tectónica de San José de la Mariquina, y de 80 a 120 m en la depresión tectónica de Valdivia.

Características Técnicas Hidrogeológicas

Una capa superficial de la unidad //B1, compuesta de sedimentos consolidados, le otorga un grado variable de confinamiento a los acuíferos de las secuencias, lo cual puede afectar el transporte de contaminantes, situación que es reconocida, además, por la presencia de un nivel piezométrico regional que se eleva algunos metros por sobre la base de esta capa. En la unidad //B1 se desarrollan sólo acuíferos de moderado potencial hidrogeológico.

Dentro de la secuencia, A2 forma acuíferos confinados a semiconfinados, de permeabilidad moderada a alta, generalmente de tipo multicapa, con espesores que alcanzan hasta 30 m de espesor. La base de la secuencia está formada por rocas sedimentarias marinas y continentales o por rocas metamórficas.

- Caudal de aprovechamiento en pozos: 0,5 a 86 l/s, con un promedio de 25,9 l/s.
- Caudal específico: 0,09 a 7,16 l/s/m², con un promedio de 2,20 l/s/m.
- Transmisividad: 10 a 750 m²/día, con un promedio de 225 m²/día

En el caso específico, existe el pozo p213 (Figura 6) que se encuentra aproximadamente 400 m del Vertedero Asquee que posee caudal de aprovechamiento 50 l/s, caudal específico 2.23 l/s/m² y transmisividad de 223.5 m²/día y un nivel estático de 5.6 m de profundidad.

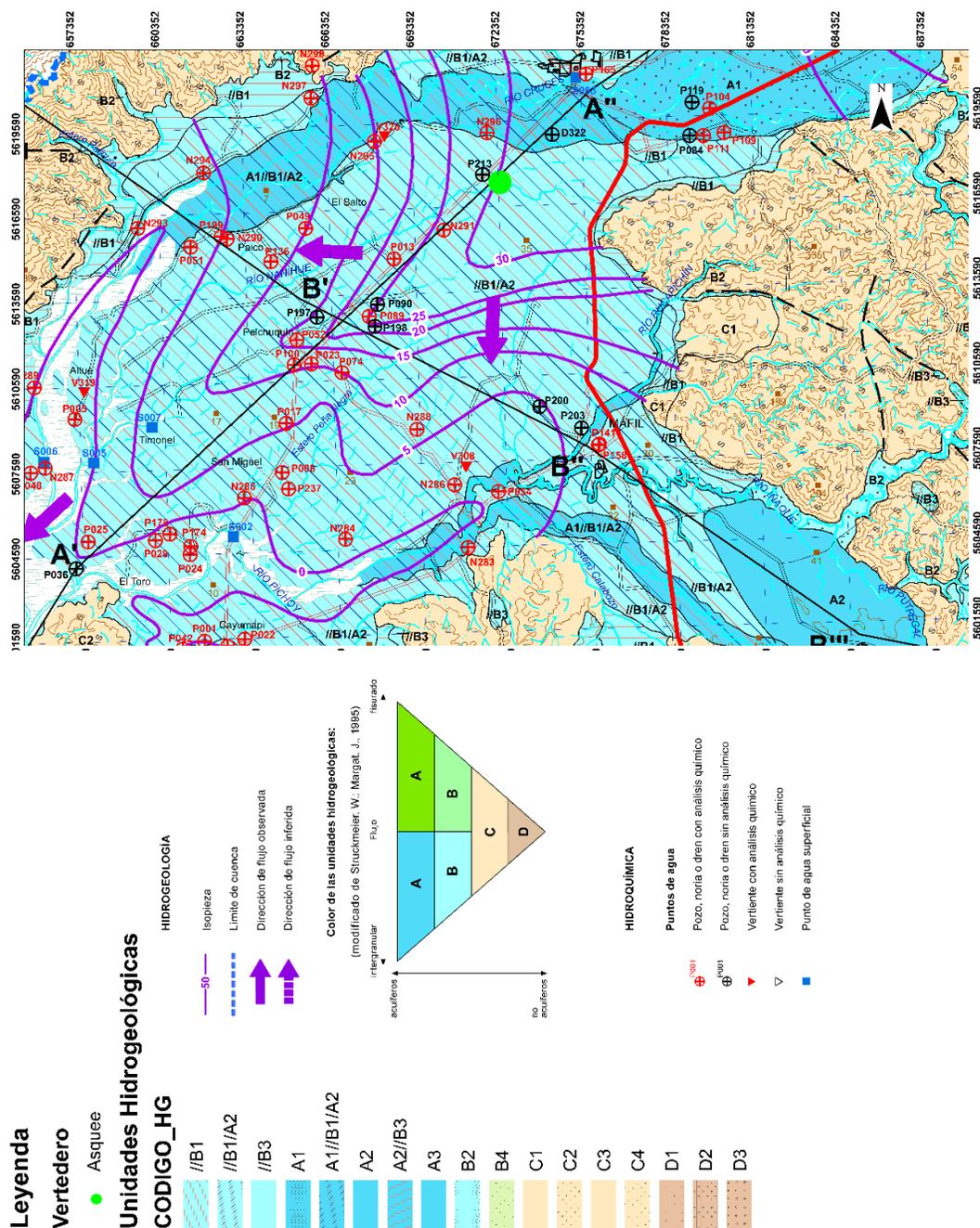


Figura 6: Hidrogeología Vertedero Asquee. Datum SIRGAS 18s (Fuente: Modificado de Páez et al. (2014), publicado por SERNAGEOMIN).

En la Figura 6 se señalan las diferencias en los distintos colores en el flujo, el cual varía de azul a verde explicándose por si el acuífero corresponde a depósitos como arenas, gravas (intergranular) y rocas fisuradas (color verde). Los cambios de colores a café son cuando debido las características de los depósitos o roca no se forma acuíferos.

Vulnerabilidad de acuíferos

Según el estudio realizado por Arenas (2005), la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación en la zona de Asquee sería baja a muy baja según la clasificación GOD (Foster, 1987), el que considera el tipo de acuífero (G), litología de la zona no saturada (O) y profundidad del nivel freático o espesor de la zona saturada (D). En la Figura 6 se pueden observar las unidades hidrogeológicas que se extienden hasta San José de la Mariquina. La geología en este punto corresponde a la misma que se encuentra descrita en las proximidades, indicadas en el mapa geológico.

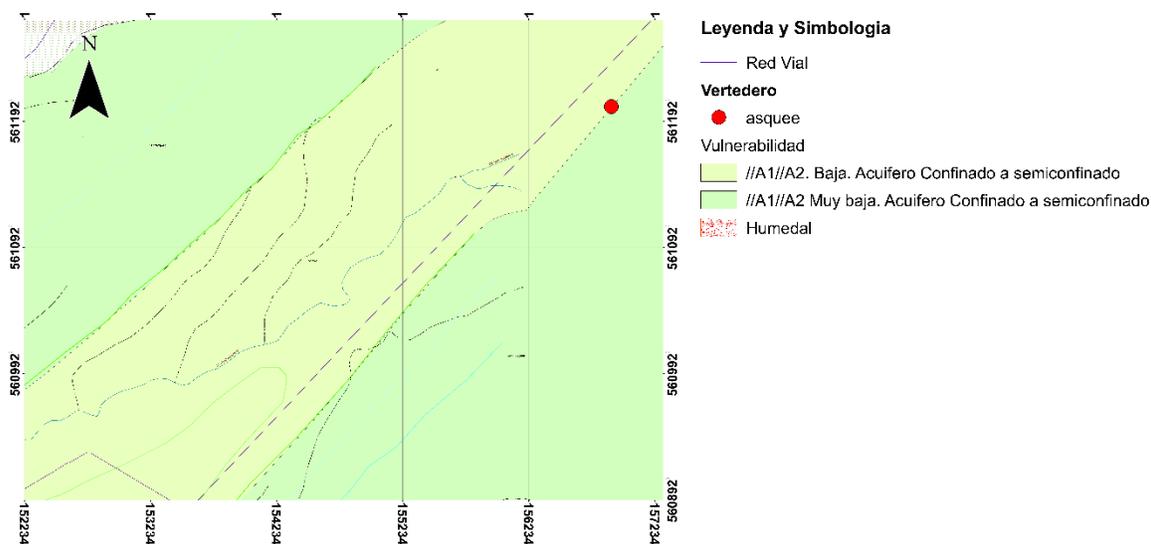


Figura 7: Vulnerabilidad acuífero Valdivia (Fuente: modificado Arenas et al. (2005), publicado por SERNAGEOMIN). Datum WGS 84, Huso 19S.

3.2.3 Caracterización Agrológica (suelos)

Suelos zona Vertedero Asquee

Luzio *et al.* (2010) propone una división de los suelos de Chile latitudinalmente, donde la región de Los Ríos, ubicada entre los 39°15' y los 40°33' de latitud Sur, se encuentra prácticamente en su totalidad en la zona denominada como Mediterránea Húmeda, que abarca desde los 37°45' hasta los 43°00' latitud Sur.

Suelos de la Depresión Intermedia en zona Mediterránea Húmeda: La Depresión Intermedia se puede asignar, geográficamente, al área que corresponde al territorio amplio ubicado entre el flanco poniente de la Cordillera de Los Andes y el flanco Oriente de la Cordillera de la Costa, considerando sus límites difusos. Estos límites son difusos por las variaciones en la geomorfología y a la intervención de agentes modificadores del paisaje, tales como depósitos de sedimentos aluviales, sedimentos volcánicos eólicos y aluviales, corrientes laháricas y algunas evidencias de sedimentos glaciares.

En todo el sector, entre los 50 y 400 msnm, existen accidentes en la topografía que van desde la presencia de terrazas aluviales planas o casi planas a lomajes de pendientes de hasta 15 a 20% (Luzio *et al.*, 2010). Esto último, determina que exista una gran variabilidad de suelos con características diferentes. Sin embargo, los estudios agrológicos realizados en esta zona indican que existe una tendencia a que los suelos, en su mayoría, derivan de tefras holocénicas y pleistocénicas, por lo que la mayoría de los suelos tendrían su origen en sedimentos volcánicos provenientes de diferentes épocas geológicas (Luzio *et al.*, 2010).

De acuerdo a parámetros morfológicos, geomorfológicos y de desarrollo pedogénico, se han descrito distintas clases de suelos en el área. Entre ellos se encuentran los suelos con un grado de desarrollo medio, correspondientes a los descritos en el área de Vertedero Asquee en la Serie San José (SAJ), correspondientes a suelos volcánicos holocénicos, con epipedones úmbricos o melánicos y que corresponden a Andisoles típicos (Luzio *et al.*, 2010), los cuales se describirán a continuación. Esto último indica que los primeros horizontes del suelo poseen altas concentraciones de materia orgánica, a lo que deben sus

colores oscuros, que junto con su origen volcánico (derivados de cenizas) que determinan que se trate de horizontes con alta porosidad, dada su baja densidad aparente (densidad que considera espacios entre constituyentes del suelo) y una capacidad de retener eventualmente elementos traza en su estructura, fijándolos (uniéndolo a su estructura molecular, impidiendo que sean transportados por el agua).

Andisoles: ampliamente representados en la Depresión Intermedia de la Zona Mediterránea Húmeda, son suelos derivados de cenizas volcánicas holocénicas, cumpliendo todos los requisitos para ser clasificados como Andisoles. En la zona de estudio, los suelos existentes en la locación del Vertedero Asquee pertenecen al grupo caracterizado por presentar suelos profundos y moderadamente profundos, que no presentan restricción para el arraigamiento. Estos se presentan en posición de terrazas aluviales recientes o remanentes más antiguas, donde las cenizas volcánicas originales han sido depositadas por el agua.

Las clases texturales dominantes son franco limosas en los horizontes superficiales. Los colores más frecuentes se encuentran en los matices 7.5YR y 10YR y sólo en casos puntuales pueden tener matriz pardo rojiza y roja (5YR y 2.5YR). Respecto al contenido de carbono orgánico (CO), este varía entre 3 y 11% en el epipedón, con un decrecimiento gradual con la profundidad, sin llegar al 1%. En los suelos con una marcada influencia de depósitos aluviales, el CO presenta un decrecimiento irregular, marcando claramente la estratificación de los materiales (Luzio *et al.*, 2010).

Serie San José (SAJ)

Caracterización general (Andisol):

Estos suelos se caracterizan por ser moderadamente profundos, desarrollados a partir de cenizas volcánicas que ocupan posición de terrazas aluviales antiguas del río San José, en la Depresión Intermedia. De textura superficial franco limosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR y textura franco arenosa y color pardo fuerte en el matiz 7.5YR en profundidad. El substrato es de origen aluvial con gravas abundantes. La topografía es casi

plana, con 1 a 3% de pendiente y con drenaje moderado (CIREN, 2003). A continuación, se presentan la caracterización del perfil de suelos tipo de la Serie San José (Tabla 4) y sus características físicas, químicas y Físico-químicas más relevantes (Tabla 5).

Profundidad (cm)	Descripción
0-15 A_p	Pardo oscuro (7.5YR. 3/2) en húmedo, pardo (10YR 4/3) en seco; franco limosa; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; ligeramente duro friable; estructura de bloques subangulares finos. fuertes. Raíces finas y medias abundantes; poros finos muy abundantes En los 3 cm superficiales hay tendencia a una estructura laminar fina débil. Límite lineal claro.
15-30 A₂	Pardo oscuro (7.5YR. 3/2) en húmeda, pardo (10YR 4/3) en seco; franco limosa; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; ligeramente duro, friable: estructura de bloques subangulares medios. moderados, que se parten en bloques subangulares finos, fuertes. Raíces muy finas abundantes; hay numerosos nódulos de material suelo que se deslucen a la presión de los dedos. límite lineal, abrupto.
30-42 B₁	Pardo fuerte (7.5YR 5/6) en seco, pardo rojizo (5YR 4;4) en húmedo; franco arenosa; ligeramente plástico y no adhesivo; ligeramente duro, friable: estructura de bloques subangulares gruesos, moderados. Raíces finas escasas; poros finos y medios abundantes. Oxidaciones comunes de color rojo amarillento (5YR 4/6). Límite lineal, claro.
42-55 B₂	Pardo fuerte (7.5YR 4/6) en húmedo, amarillo pardusco (10YR 6/6) en seco; franco arenosa; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; ligeramente duro, friable: estructura de bloques angulares finos y medios, débiles. Raíces finas escasas; poros finos abundante; Oxidaciones abundantes de color amarillo (10YR 7/8). Límite lineal, claro.
55-90 B₃	Pardo fuerte (7.5YR 4/6) en húmedo, amarillo pardusco (10YR 6/6) en seco; franco arenosa; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; estructura de bloques angulares medios y gruesos fuertes. Raíces finas ocasionales; poros finos abundantes. Oxidaciones abundantes de color amarillo (10YR 7/8): ligeramente untuoso. Límite lineal, abrupto.
90-110 C	Substrato aluvial constituido por gravas redondeadas con lentes de arena.

Tabla 4: Características del perfil tipo de la Serie San José (Fuente: CIREN, 2003).

PROFUNDIDAD cm	0 - 15	15 - 30	30 - 42	42 - 55	55 - 90
DISTRIBUCIÓN DE PARTÍCULAS POR TAMAÑO %					
> 2					
2-1	1,5	1,3	1,1	1,1	0,9
1-0,5	5,1	5,3	5,4	4,5	6,3
0,5-0,25	7,6	7,3	9,9	8,8	13,1
0,25-0,10	5,3	5,6	14,2	11,2	11,4
0,10-0,05	11,5	11,2	27,5	21,5	20,1
2-0,05	31,2	31,0	58,2	47,5	52,0
0,05-0,002	62,5	45,9	39,2	49,6	44,7
< 0,002	6,3	23,0	2,7	2,9	3,3
TEXTURA	FL	F	Fa	Fa - FL	Fa
DENSIDAD APARENTE g/cm ³	0,88	0,83	0,75	0,72	0,63
HUMEDAD RETENIDA 33 kPa %	57,9	57,5	81,2	49,3	50,9
HUMEDAD RETENIDA 1500 kPa %	37,8	38,3	35,0	33,2	30,5
HUMEDAD APROVECHABLE %	20,1	19,2	46,2	16,1	20,4
CARBONO ORGÁNICO %	8,72	6,88	2,34	1,73	1,38
MATERIA ORGÁNICA %					
pH H ₂ O	5,7	5,4	5,7	5,6	5,6
RETENCIÓN DE P %	96	96	97	95	92
COMPLEJO DE CAMBIO (cmol+/kg)					
Ca	1,75	1,14	0,73	0,77	1,03
Mg	0,53	0,30	0,20	0,23	0,33
K	0,17	0,11	0,04	0,03	0,02
Na	0,19	0,06	0,10	0,09	0,11
Al	0,46	0,46	0,04	0,07	0,05
SUMA DE BASES	2,64	1,61	1,07	1,12	1,49
CAPACIDAD TOTAL DE INTERCAMBIO (CIC)	34,0	34,8	25,6	21,1	21,1
CICE (CIC Efectiva)	3,10	2,07	1,11	1,19	1,54
SATURACIÓN DE BASES %	8	5	4	5	7
SATURACIÓN DE Al %	15	22	4	6	3
Al ^{ox}	2,55	2,29	2,34	2,49	2,17
Fe _{ox}	0,58	0,53	0,47	0,32	0,23
Al _{ox} + V Fe _{ox}	2,84	2,56	2,57	2,65	2,28
Indice Melánico	1,69	1,66	1,44	1,36	1,42

Tabla 5: Propiedades físicas, químicas y físico-químicas de los suelos de la Serie San José (Fuente: CIREN, 2003).

De acuerdo a la descripción del perfil de suelo de la Serie San José, y a sus características físico-químicas, se trata de suelos profundos con una fuerte influencia de materiales volcánicos, que dada su naturaleza, tienen una alta interacción con los elementos que son

arrastrados por el agua. Esto último se corrobora a partir de los valores sobre 30 meq/100g de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en los primeros 30 cm de suelo, valor alto que determina una alta interacción de la superficie de las partículas del suelo con los elementos acarreados por el agua, fijándolos eventualmente a su estructura molecular, lo que disminuiría la lixiviación de elementos traza a las napas subterráneas. Sin embargo, los valores de Carbono Orgánico no son especialmente altos (este retiene y forma “complejos” con ciertos elementos traza), tratándose de suelos Andisoles de la Región de Los Ríos ubicados en la depresión intermedia, aumentando la probabilidad de lixiviación de los elementos traza.

3.3 Caracterización del Riesgo

3.3.1 Ficha de inspección y jerarquización

La aplicación de la Ficha de Inspección, de acuerdo al procedimiento detallado para la aplicación de la Fase I contenido en la Guía Metodológica para la gestión de SPPC (Fundación Chile, 2012), corresponde a una herramienta destinada a la inspección de sitios, que guía el reconocimiento inicial de un suelo en terreno, permitiendo identificar los aspectos más relevantes en base a un enfoque de riesgo. El principal objeto de su aplicación es el de orientar la inspección para recabar la información relativa de cómo se ha desarrollado una actividad potencialmente contaminante, e inferir, a nivel general, el impacto de ésta sobre su entorno (Fundación Chile, 2012).

La ficha está orientada al levantamiento de información que permita identificar los factores que determinan la existencia de un riesgo para la salud de las personas o el medio ambiente, su aplicación permite asignar un puntaje relacionado con el nivel preliminar de riesgo identificado en el SPPC. Con ésta se puede enfocar la inspección hacia la determinación de la presencia de fuente(s) de contaminación, vía(s) de exposición y de población humana eventualmente expuesta a los contaminantes, los que corresponden a los factores de riesgo.

Las fichas de inspección completadas, se pueden revisar en el Anexo 1, de acuerdo al levantamiento de información realizado por el equipo técnico en terreno.

De la revisión de las fichas, se calculó el puntaje (Tabla 11) requerido para la jerarquización de los SPPC, de acuerdo a la metodología detallada en la Guía para la gestión de SPPC (Fundación Chile, 2012).

Cálculo jerarquía Vertedero Asquee

En base a la visita a terreno realizada el día 22 de Julio de 2016 se realizó la jerarquización del vertedero Asquee, que se detalla en la Tabla 6.

Sospecha de fuente de contaminación		Rutas de exposición identificadas	
Sospecha	Sí	Agua consumo humano	0.2
Puntaje base	0.5	Aire	0
Puntaje adicional		Suelo	0.15
Metales y metaloides	0.1	Agua otros usos	0.15
Agroquímicos (no COPs)	0.1	Frutas y hortalizas	0.1
COPs		Peces	0
Sales inorgánicas		Lácteos y Carnes	0
HC y aceites minerales	0.1	Sedimentos	0.05
suma	0.3	Suma	0.65
Total	0.8		

Receptores	
Distancia personas expuestas	
0-2 km	0.6
2-3 km	0
Cantidad personas expuestas	
>100.000-10.000	0
10.000-1000	0
<1000	0.1
Suma	0.7

Puntaje total	71.66666667
---------------	-------------

Tabla 6: Detalle de cálculo de jerarquía Asquee.

3.3.2 Caracterización de los residuos presentes en el depósito

El vertedero de Asquee se encuentra ubicado en la Comuna de Mariquina en una zona rural, y se encuentra cerrado. En este caso, no existe información específica y oficial, sobre el tipo de residuos sólidos ahí dispuestos, por lo que se presume, por las características de la comuna, que corresponden a residuos sólidos domiciliarios, fundamentalmente. No

existen indicios del depósito de Contaminantes Orgánicos Persistentes u otro tipo de contaminantes peligrosos.

Origen	Comuna de Mariquina		
	2009	2011	2013
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	194	169	168
Pesca	6	6	5
Explotación de minas y canteras	6	5	8
Industrias manufactureras no metálicas	72	71	78
Industrias manufactureras metálicas	20	19	20
Suministro de electricidad, gas y agua	19	18	17
Construcción	34	45	61
Comercio al por mayor y menor, repuestos, vehículos, automotores/enseres domésticos	285	326	364
Hoteles y restaurantes	66	83	94
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	77	86	95
Intermediación financiera	1	1	0
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	40	43	44
Adm. pública y defensa, planes de seg. social afiliación obligatoria	2	2	2
Enseñanza	12	15	15
Servicios sociales y de salud	5	4	5
Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales	23	21	29
Consejo de administración de edificios y condominios	0	0	2
Organizaciones y órganos extraterritoriales	0	0	0
Sin información	1	2	0
Total	863	916	1.007

Tabla 7: Detalle empresas por rubro Comuna de Mariquina, hasta el año 2013 (Fuente: SII).

En la comuna de Mariquina existen 1.007 empresas (Tabla 7), según datos del Servicio de Impuestos Internos (SII), las que realizan actividades industriales y comerciales en el territorio; informándose que los residuos industriales asimilables a los domiciliarios no

recolectados por el sistema municipal, igualmente llegan a disponerse a Morrompulli por parte de la mayoría de estas empresas, según consigna ADASME (2013). No existe certeza si en la etiqueta de “asimilables” se considera el ingreso de otro tipo de RISes, los que por sus características debiesen ser eliminados en rellenos sanitarios. En este sentido, actualmente, la mayoría de las industrias disponen sus RS en recintos habilitados fuera de la región, como REXIN, PREVENSUR y COPIULEMU (ADASME, 2013).

Respecto de los Residuos de Establecimientos de Atención de Salud (REAS), al año 2013 en el territorio asignado a Morrompulli existían 141 unidades generadoras en el Eje Territorial de Gestión de RSM 4 (Morrompulli), recibiendo 4 de ellas sumarios sanitarios de un total de 37 fiscalizaciones entre los años 2008 y 2012 (ADASME, 2013).

De acuerdo a lo comunicado por los propietarios, el vertedero Asquee dejó de operar el año 1995. Según lo expresado por uno de los propietarios, Sr. Benito Vargas, en el depósito se ejecutaron algunas medidas para su cierre, las que consistieron en el recubrimiento con una membrana plástica, sobre la cual se colocó una capa de tierra de unos 50 cm de espesor, para posteriormente reforestar con Eucaliptus. Esto último genera raíces que posiblemente pueden haber perforado la membrana plástica antes señalada. Según informó el mismo propietario, en el sitio se depositaron residuos de muchos tipos, incluyendo tarros de brea.

Respecto al depósito ubicado al Oeste, es muy similar al anterior en apariencia y volumen, estando cubierto actualmente por una capa de tierra. Según informó el dueño del predio donde se ubica este último, Sr. Belisario Gonzales, durante años posteriores a 1995 siguió llegando gente a botar basura a este depósito, hasta que se vio obligado a colocar un portón asegurado con llave, Figura 8.



Figura 8: Fotografía del portón que cierra el paso a los depósitos.

3.3.3 Potenciales Receptores

En orden a lo indicado dentro de la Guía Metodológica para la Gestión de Sitios con SPPC (Fundación Chile, 2012), es necesario indicar la accesibilidad de personas a los SPPC, la presencia de población humana potencialmente expuesta y de subpoblaciones sensibles.

A continuación, se presenta la información levantada en la primera visita a terreno efectuada el 22 de julio de 2016.

De acuerdo a la información entregada por la Dirección de Aseo y Ornato de la Municipalidad de Mariquina. En la Tabla 8 se puede observar una estimación aproximada de la ubicación de la población colindante al Vertedero Asquee.

Propietarios colindantes		Distancia al Vertedero (metros)
1	Luis Barrera Fernández	150
2	Lorenzo Barrera Fernández	200
3	Benito Vargas Álvarez	200
4	Belisario Monsalve Villa	250
5	Huerto San Rafael	70

Tabla 8: Población colindante, en un radio de 3 km, al Vertedero Asquee (Fuente: Comunicación escrita, Ilustre Municipalidad de Mariquina).

Respecto de los habitantes individualizados en la Tabla 8, no se cuenta con información relativa a los núcleos familiares, pero sí se tiene registro de que los pobladores Benito Vargas y Belisario Monsalve viven con sus respectivas familias.

3.3.5 Modelo conceptual de sitio

Se realizó una visita de reconocimiento para inspeccionar y avanzar en diagnosticar los posibles riesgos para la población humana del ex-vertedero Asquee. La ficha de inspección aplicada en terreno se encuentra disponible en el Anexo 1, la cual fue levantada el día 22 de julio del año 2016. De este vertedero no existen antecedentes sobre los orígenes de los desechos, proviniendo presumiblemente de la ciudad de Mariquina y de los alrededores rurales. En la Figura 9 se muestra un esquema en planta del sitio.



Figura 9: Planta de la zona de estudio. Se presenta el camino principal, el contorno aproximado de la zona donde se encuentran los depósitos y la ubicación de los potenciales receptores.

En la Figura 10 se puede observar el perfil esquemático del Vertedero Asquee, construido a partir de información recopilada en terreno y los datos técnicos expuestos en la caracterización geológica, hidrogeológica y agrológica.

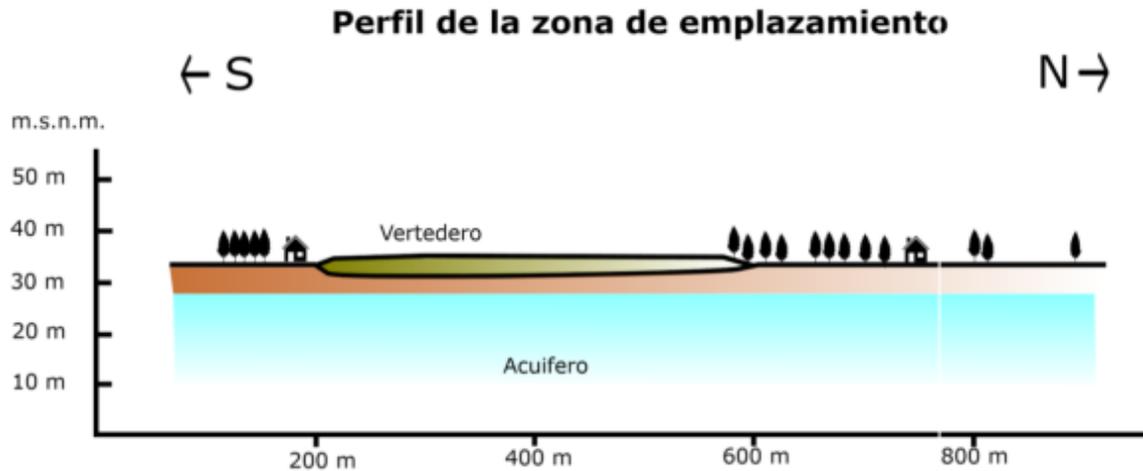


Figura 10: Perfil esquemático del ex-vertedero de Asquee. Se muestra la profundidad estimada del acuífero. Fuente: Elaboración propia.

El potencial riesgo, para todos los receptores considerados en este modelo, se presenta principalmente producto de las vías de exposición de: ingestión y contacto dérmico del suelo e ingestión de aguas subterráneas (Figura 11). Esto último debido a la presencia de pozos (detallados en el plan de muestreo) para el consumo humano en las cercanías de los depósitos. La probabilidad de este riesgo se ve disminuida ya que la dirección del flujo del acuífero somero indica que este se desplaza hacia al oeste (Páez et al. 2014), lo que reduce la probabilidad de que los pozos se vean afectados por la infiltración proveniente de los depósitos del Vertedero Asquee. Sin embargo, por posibles variaciones locales (detectables a una escala de mayor detalle) en las dinámicas de flujo subterráneo de aguas, se estima conveniente evaluar contaminación en estos pozos.

La vía de exposición de ingesta/absorción de aguas superficiales podría afectar al ecosistema y a los componentes agrícolas y pecuarios, si es que efectivamente existe contaminación de éstos producto de residuos.

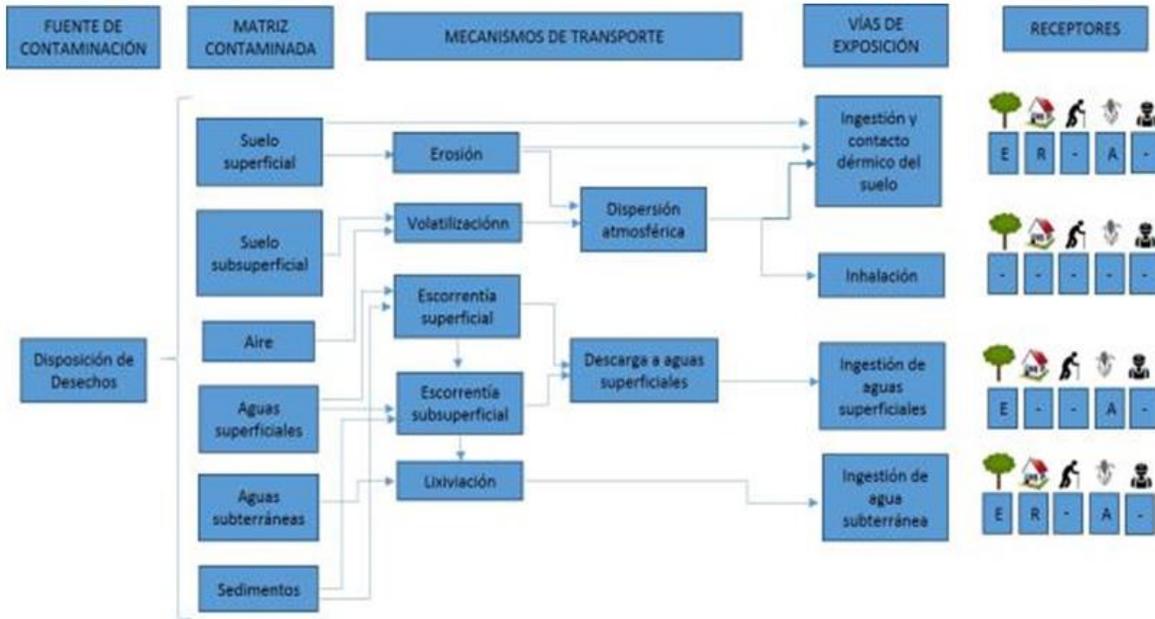


Figura 11: Modelo conceptual del vertedero Asque. E= Ecológico, R=Residencial, P=Personas de paso, A=Agrícola, T=Trabajador.

4. Vertedero Lepún

4.1 Ubicación y Acceso

En la Figura 12 se presenta la ubicación general del depósito del Vertedero Lepún, al que se accede por el camino rural T-829. El acceso al vertedero es a través de una entrada, cuyo portón, como se confirmó mediante consultas realizadas a funcionarios de la I. Municipalidad de Lago Ranco, no se cierra ni asegura.

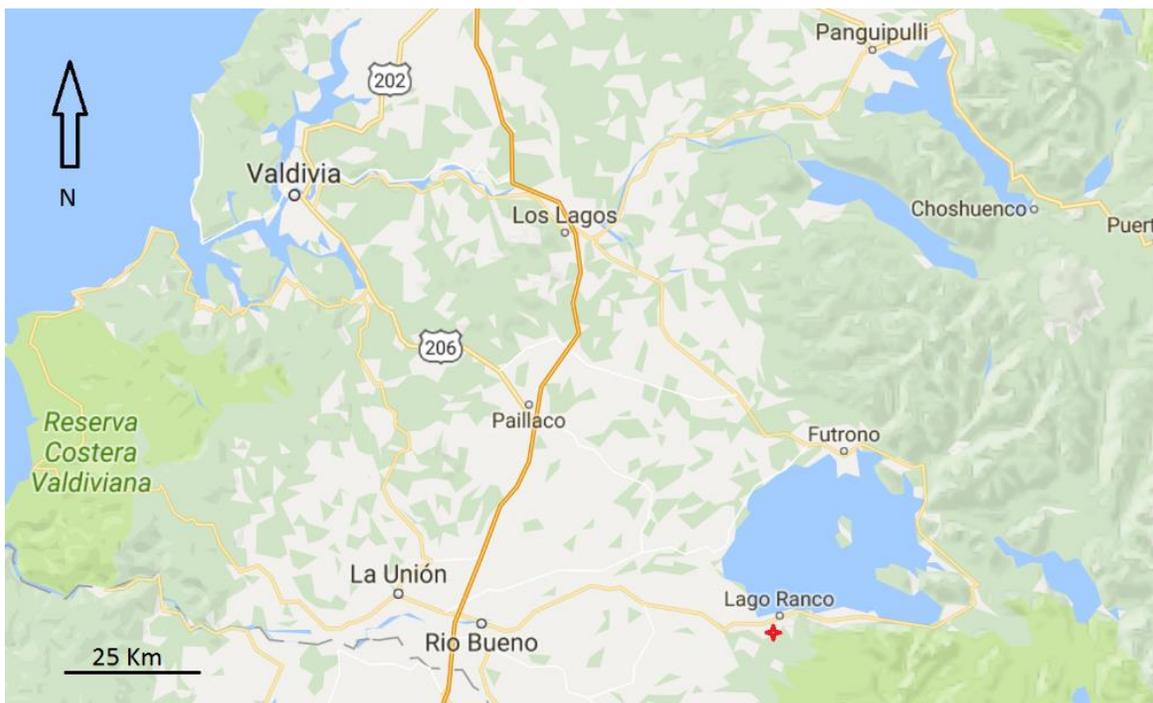


Figura 12: Ubicación del Vertedero Lepún. Elaboración propia.

Con un área de 1.24 Ha., se ubica en las coordenadas UTM 712.208 E y 5.531.115 N, Datum WGS84, huso 18S), correspondiente a la comuna del Lago Ranco, Figura 13.



Figura 13: Ubicación vertedero Lepún, el número sobre el área indica la cantidad de hectáreas que cada sitio posee. (Fuente: Elaboración Propia).

4.2 Caracterización de la zona de estudio

En este sub-capítulo se presentan las características generales y técnicas de la zona de estudio. Los datos técnicos levantados y expuestos aquí, fueron utilizados por el equipo consultor para la confección del modelo conceptual y el diseño del plan de muestreo, como también para la caracterización del riesgo.

4.2.1 Clima

El clima que corresponde al de la zona del Vertedero Lepún es templado cálido lluvioso con influencia mediterránea, ubicado en la zona de influencia del Lago Ranco, dada su cercanía a este último.

Este se extiende por la sección centro-oriental de la Región. Las precipitaciones varían entre 1.800 a 2.500 mm anuales, disminuyendo en verano sin alcanzar una estación seca. Las temperaturas medias anuales oscilan entre 9°C y 12°C; durante el verano los

promedios son superiores en la depresión intermedia. La amplitud térmica anual fluctúa entre los 5 y los 8°C, reduciéndose estos valores alrededor de los lagos. Las precipitaciones anuales alcanzan los 2.536 mm, concentrándose en Julio con una precipitación de 429 mm (INE, 2007). Debido a la gran pluviometría de la zona puede ayudar al lavado de los contaminantes en aguas y suelos.

4.2.2 Geología e hidrogeología

Geología

El vertedero Lepún se ubica sobre depósitos correspondientes al periodo denominado Glaciación Llanquihue. Particularmente sobre depósitos glaciofluviales (Plgf1, Figura 14) que corresponden principalmente a gravas. Estos sedimentos fueron depositados por aguas de deshielo, conformando terrazas entre los cordones morrénicos de la Glaciación Llanquihue, principalmente al oeste, norte y sur del lago Ranco (Campos et al. 1998).

Bajo estos depósitos glaciofluviales hay depósitos morrénicos (Plm1) los cuales son generalmente macizos compuestos de facies clasto-soportadas y matriz soportadas, mal seleccionados, que incluyen bloques de más de 2 m de diámetro. Los clastos son, predominantemente, subredondeados a redondeados y algunos presentan estrías glaciales. La matriz incluye un alto porcentaje de limos y arenas finas. Por lo general, se presentan poco consolidados, excepto en la costa del lago Ranco donde forman facies compactas y duras. Conforman una secuencia compleja de, al menos, tres cordones morrénicos de topografía ondulada, que se reconocen al oeste, sur y norte del lago Ranco. Los cortes en algunas morrenas revelan que el 'till' aparece interestratificado con sedimentos glaciofluviales y limos laminados plegados por el avance glacial.

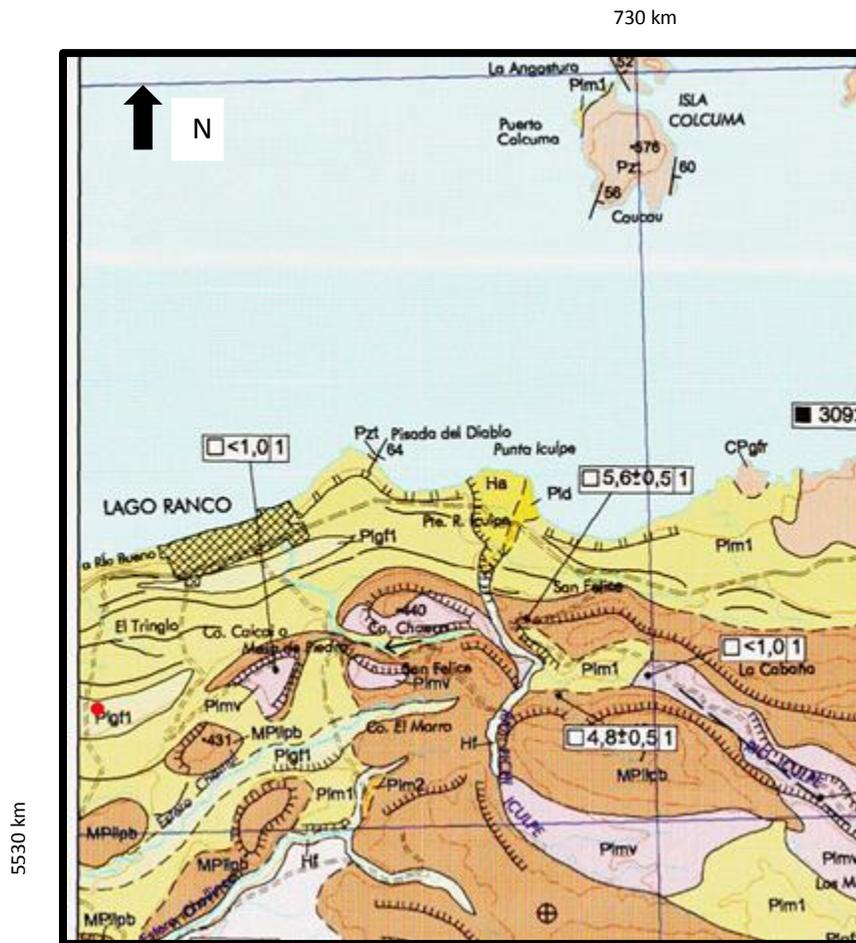


Figura 14: Geología cercana a Vertedero Lepún (punto rojo) (Fuente: Modificado de Campos et al (1998), publicado por SERNAGEOMIN).

Hidrogeología Vertedero Lepún

Características litológicas, distribución y características hidrogeológicas.

Según el mapa hidrogeológico de la zona, este acuífero correspondería a la unidad A2/A1 (Figura 15), sin embargo, en las observaciones realizadas en terreno se pudo apreciar un perfil completo de la zona del vertedero (Figura 16), con esto se puede concluir que los depósitos dan origen a un acuífero D, formado por depósitos glaciofluviales de gravas con matriz de arcilla que correlaciona a los depósitos Plfg1 (Figura 14). Desde un punto de vista hidrogeológico no son aptos para la construcción de captaciones de aguas subterráneas, ya que no permiten la circulación del agua a través de ellos, correspondiendo a sustrato impermeable.

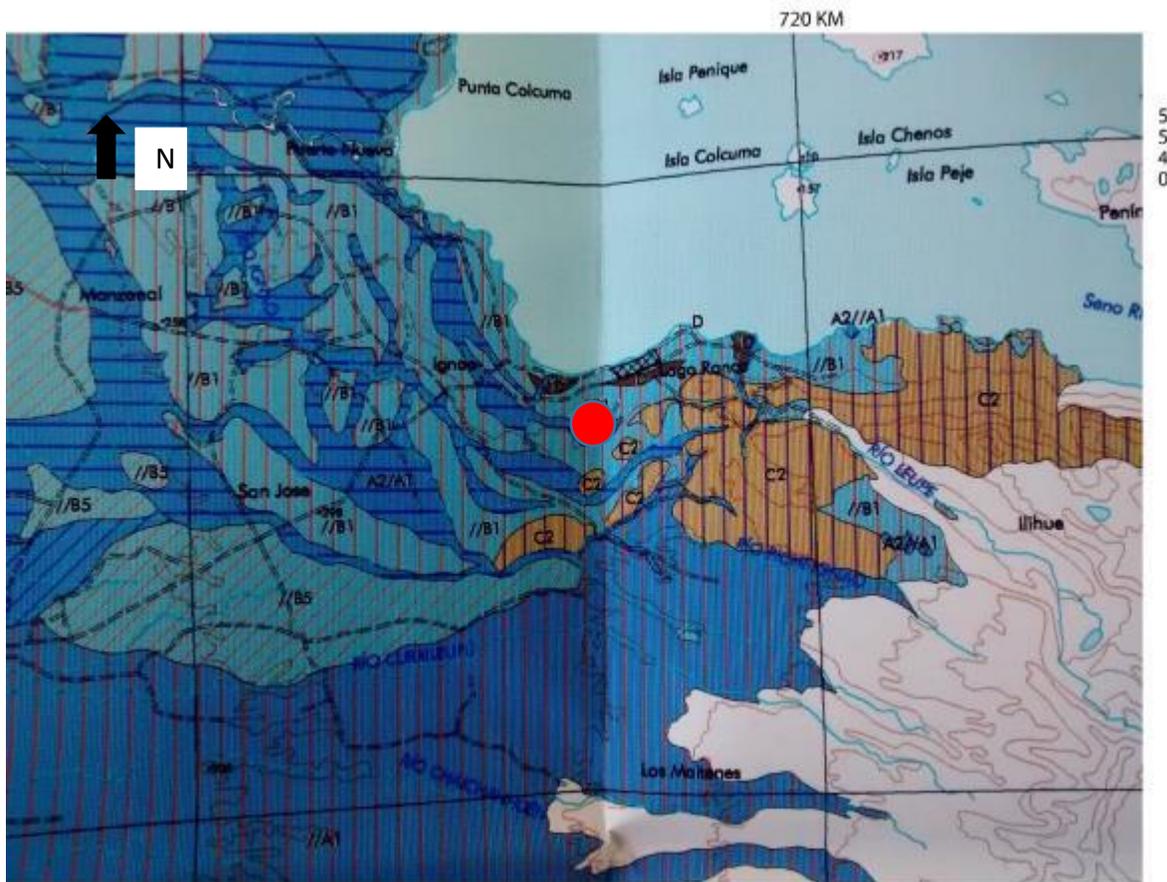


Figura 15: Hidrogeología cercana a Lago Rancho, el punto rojo corresponde al Vertedero Lepun (Fuente: Modificado de SERNAGEOMIN, 2008).



Figura 16: Perfil en la zona del vertedero, que corresponde a depósitos glaciofluviales, gravas con matriz de arcilla. Estratos impermeables. Foto tomada por PGS el día 22 de Julio de 2016.

Vulnerabilidad de Acuíferos

De acuerdo a SERNAGEOMIN (2008) el vertedero se ubica en una zona clasificada con vulnerabilidad media (Figura 17), sin embargo, por las observaciones hechas en campo se puede apreciar que los depósitos son similares a los encontrados al sur del poblado de Lago Ranco (Plgf1), con esto se puede inferir que la vulnerabilidad es prácticamente nula, ya que estos corresponden a depósitos de limo y arcilla, los cuales hace que la tasa de infiltración sea prácticamente cero y que el movimiento del agua sea sólo producto de la escorrentía superficial. Dado lo anterior, se podría indicar que la zona es apta para la instalación de rellenos sanitarios.

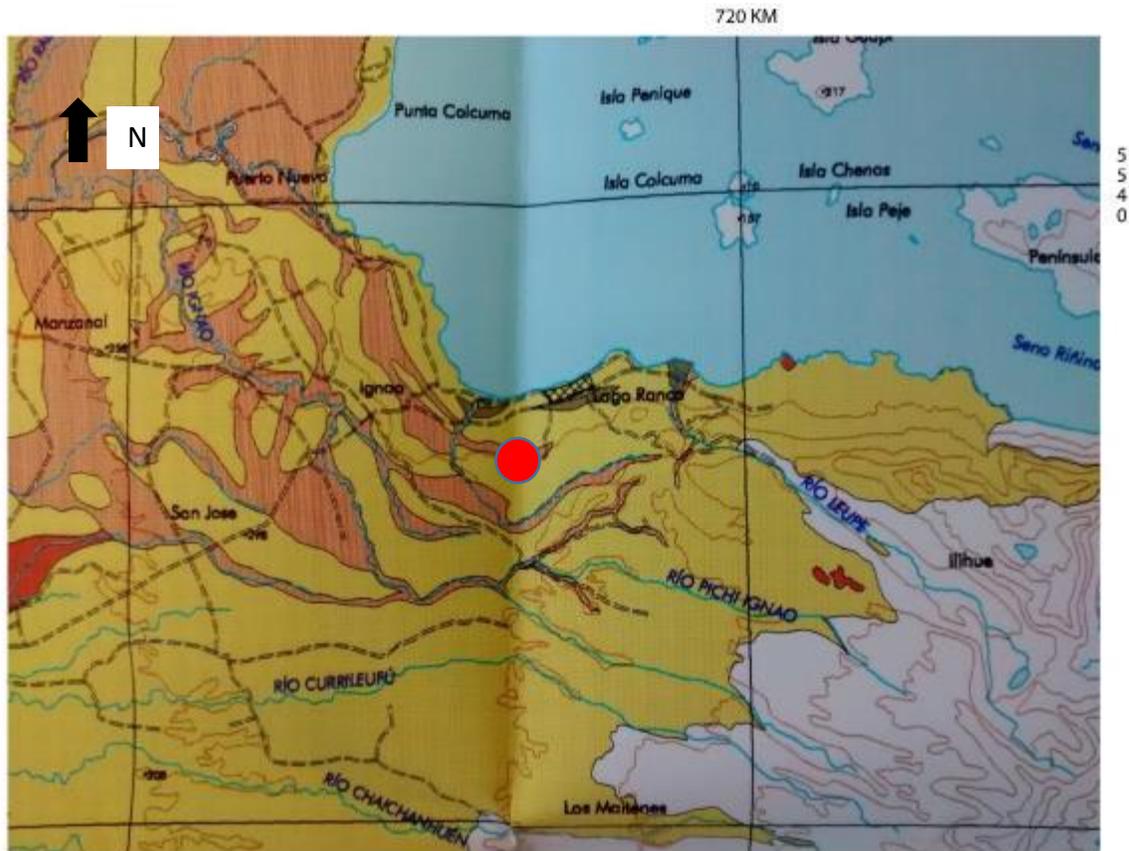


Figura 17: Vulnerabilidad acuíferos cercano a Lago Ranco. El punto rojo corresponde al Vertedero Lepún. Leyenda: Amarillo=baja vulnerabilidad, Naranja= Media, Rojo=Alta. Negro=Instalación vertederos (Fuente: modificado SERNAGEOMIN (2008).

4.2.3 Caracterización Agrológica (suelos)

Suelos zona Vertedero Lepún

Suelos de la Zona Mediterránea Húmeda: Luzio et al. (2010) propone una división de los suelos de Chile latitudinalmente, donde la región de Los Ríos, ubicada entre los 39°15' y los 40°33' de latitud Sur, se encuentra prácticamente en su totalidad en la zona denominada como Mediterránea Húmeda, que abarca desde los 37°45' hasta los 43°00' latitud Sur.

Suelos de la pre-Cordillera de Los Andes: en una posición más próxima a la depresión intermedia, pero dentro del concepto de precordillera, se encuentran suelos derivados de

cenizas volcánicas, primordialmente los denominados Typic Hapludands. Estos corresponden a suelos generalmente profundos, y más raramente moderadamente profundos que se ubican en posición de terrazas aluviales, y también se ubican en depósitos fluvioglaciares o bien en conglomerados de origen volcánico compactados y cementados, estos dos últimos casos son concordantes con los suelos observados en el vertedero Lepún.

Todos los suelos de la subregión de la pre-Cordillera de los Andes cumplen con las propiedades ándicas en la mayoría de los horizontes. En este sentido, se observa que los suelos de esta zona presentan valores sobre el 50% de agua retenida a 33kPa (punto en que el suelo está cercano a encontrarse saturado de agua) para todos los horizontes en la mayoría de los suelos, alcanzando en ciertos casos el 80%, cifras que son concordantes con las propiedades ándicas que caracterizan a estos suelos (Luzio *et al.*, 2010).

A continuación, se describe la serie de suelos Los Lagos, cuyas Fases de Serie han sido descritas en el área donde se ubica el Vertedero Lepún (CIREN, 2013).

Serie Los Lagos (LLO)

Caracterización general (Andisol): Corresponde a suelos moderadamente profundos, desarrollados a partir de cenizas volcánicas, en posición de terrazas remanentes y lacustres. De textura superficial franco arcillo limosa y color pardo oscuro en el matiz 10YR; de textura franco arcillo arenosa y color pardo oscuro a pardo en el matiz 7.5YR en profundidad. El substrato lo constituyen materiales morrénicos (de morrenas, depósitos de material movilizado por efecto de glaciares) muy mezclados de rocas y arenas con diferentes grados de cementación y compactación. Presenta una topografía compleja con pendientes de ligera a moderadamente onduladas que pueden superar el 30% de pendiente, caso del contexto topográfico de la zona donde se ubica el Vertedero Lepún. De esta forma, la posición asociada a estos suelos corresponde a terrazas remanentes y lacustres con pendientes complejas, asociadas a morrenas de los lagos (CIREN, 2003).

A continuación, se presentan la caracterización del perfil de suelos tipo de la Serie Los Lagos (Tabla 9) y sus características físicas, químicas y físico-químicas más relevantes (Tabla 10).

Profundidad (cm).

0 - 20 A _p	Pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; franco arcillo limosa; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; suave, friable; estructura de bloques subangulares finos, débiles. Raíces finas y medias abundantes; poros finos abundantes. Límite lineal, claro.
20 - 34 AB	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco arcillo arenosa; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; suave, friable; estructura de bloques subangulares finos y medios, débiles. Raíces finas y medias muy abundantes; poros abundantes. Límite lineal, claro.
34 - 50 B _{w1}	Pardo oscuro a pardo (7.5YR 4/4) en húmedo; franco arcillo arenosa; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; suave, friable; estructura de bloques subangulares medios, débiles. Raíces finas y muy finas muy abundantes; poros finos muy abundantes. Límite lineal, claro.
50 - 90 B _{w2}	Pardo oscuro a pardo (7.5YR 4/4) en húmedo; franco arcillo arenosa; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; suave, friable; estructura de bloques subangulares medios, débiles, que se parten en bloques subangulares finos, débiles. Raíces finas y muy finas comunes; poros finos abundantes. Límite lineal, abrupto.
90 - 110 y más C	Materiales morrénicos; mezcla de gravas y rocas con matriz de arenas medias y gruesas con diferentes grados de compactación y cementación.

Tabla 9: Características del perfil tipo de la Serie Los Lagos (Fuente: CIREN, 2003)

PROFUNDIDAD cm.	0 - 20	20 - 34	34 - 50	50 - 90
DISTRIBUCIÓN DE PARTÍCULAS POR TAMAÑO %				
> 2				
2-1	0.9	1.8	0.9	1.0
1-0.5	2.5	2.2	1.6	1.6
0.5-0.25	4.8	3.2	2.4	2.2
0.25-0.10	9.6	9.7	7.0	4.9
0.10-0.05	15.8	14.7	11.4	11.9
2-0.05	33.8	31.7	23.3	21.6
0.05-0.002	39.2	40.9	48.7	48.6
< 0.002	27.1	27.4	28.0	29.8
TEXTURA	F	F-FA	FA	FA
DENSIDAD APARENTE g./cm ³	0.84	0.73	0.60	0.61
HUMEDAD RETENIDA 33 kPa %	55.6	55.0	57.8	62.0
HUMEDAD RETENIDA 1500 kPa %	30.8	29.2	43.9	52.2
HUMEDAD APROVECHABLE %	24.2	25.8	13.9	9.8
CARBONO ORGÁNICO %	8.27	4.98	3.35	2.78
MATERIA ORGÁNICA %				
pH H ₂ O	6.1	6.1	6.1	6.3
RETENCIÓN DE P %	96	98	99	99
COMPLEJO DE CAMBIO (cmol+/kg.)				
Ca	5.77	1.47	1.37	2.17
Mg	1.74	0.81	0.72	0.63
K	0.43	0.25	0.17	0.10
Na	0.06	0.04	0.04	0.06
Al	0.04	0.03	0.01	0.00
SUMA DE BASES	8.00	2.57	2.30	2.96
CAPACIDAD TOTAL DE INTERCAMBIO (CIC)	49.6	38.8	38.3	41.9
CICE (CIC Efectiva)	8.04	2.60	2.31	2.96
SATURACIÓN DE BASES %	16	7	6	7
SATURACIÓN DE Al %	0	1	0	0
VIDRIO Fracción 0.02 - 2 mm.				
Alox	2.89	3.51	3.58	3.69
Fe _{ox}	0.70	0.65	0.67	0.62
Alox + V Fe _{ox}	3.24	3.84	3.91	3.99
Índice Melámico	1.74	1.61	1.46	1.50

Tabla 10: Propiedades físicas, químicas y físico-químicas de los suelos de la Serie Los Lagos (Fuente: CIREN, 2003).

Se trata de suelos de origen volcánico, que fueron depositados por el transporte generado por los glaciares, cuyo tipo de depósito corresponde a morrenas. El hecho de que se trate de morrenas, implica que se trata de una mezcla de materiales en forma no uniforme, que con el paso del tiempo y por el efecto continuo de las lluvias, a determinado las partículas más finas hayan sido transportadas desde los niveles superficiales del suelo a mayor profundidad, correspondientes a las partículas de arcilla. Estas últimas tienen una alta interacción con los elementos traza que transporta el agua, pudiendo retenerlos eventualmente.

Por otra parte, existe un horizonte C a partir de los 90 cm de profundidad, aproximadamente. Este último corresponde a un horizonte formado por material en proceso de convertirse a suelo (proceso de meteorización), que por ser de naturaleza más cercana a la roca, puede convertirse en una estrata impermeable, es decir, en una capa que pueda impedir el paso del agua a mayor profundidad.

4.3 Caracterización del Riesgo

4.3.1 Ficha de inspección y jerarquización

La ficha está orientada al levantamiento de información que permita identificar los factores que determinan la existencia de un riesgo para la salud de las personas o el medio ambiente, su aplicación permite asignar un puntaje relacionado con el nivel preliminar de riesgo identificado en el SPPC (Fundación Chile, 2012). Esto permite enfocar la inspección hacia la determinación de la presencia de fuente(s) de contaminación, vía(s) de exposición y de población humana eventualmente expuesta a los contaminantes, lo que corresponde a los factores de riesgo.

Las fichas de inspección completadas, se pueden revisar en el Anexo 1, de acuerdo al levantamiento de información realizado por el equipo técnico en terreno.

De la revisión de las fichas, se calculó el puntaje requerido para la jerarquización de los SPPC (Tabla 11), de acuerdo a la metodología detallada en la Guía para la gestión de SPPC (Fundación Chile, 2012).

4.3.1.1 Cálculo Jerarquía Vertedero Lepún

En base a la visita a terreno realizada el día 22 de Julio de 2016 se realizó la jerarquización del vertedero Lepún que se detalla en la Tabla 11.

Sospecha de fuente de contaminación		Rutas de exposición identificadas	
Sospecha	Sí	Agua consumo humano	0
Puntaje base	0.5	Aire	0.2
Puntaje adicional		Suelo	0.15
Metales y metaloides		Agua otros usos	0.15
Agroquímicos (no COPs)		Frutas y hortalizas	0.1
COPs		Peces	0.1
Sales inorgánicas		Lácteos y Carnes	0.05
HC y aceites minerales		Sedimentos	0.05
suma		Suma	0.8
Total	0.5		

Receptores	
Distancia personas expuestas	
0-2 km	0.6
2-3 km	
Cantidad personas expuestas	
>100.000-10.000	
10.000-1000	
<1000	0.1
Suma	0.7

Puntaje total	66.66666667
---------------	-------------

Tabla 11: Detalle cálculo jerarquía Lepún. No existen evidencias de la presencia de metales, agroquímicos, COPs u otros contaminantes peligrosos. Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a los cálculos de los puntajes de jerarquía efectuados en el vertedero, este corresponde a un SPPC de “Alta Jerarquía”, ya que su puntaje es mayor a 60%.

4.3.2 Caracterización de los residuos presentes en el depósito

El vertedero de Lepún, ubicado en las cercanías del pueblo Lago Ranco, corresponde a una zona rural donde, de acuerdo a las entrevistas realizadas durante la visita de inspección, los principales desechos son domiciliarios. El vertedero actualmente funciona como un sitio de transferencia, la basura es almacenada en bateas para luego ser transportada a otros vertederos (Figura 19).

Los principales desechos sólidos domiciliarios que se encuentran en zonas rurales corresponden a materia orgánica, plástico, papel y cartón, vidrio, tarros y metales, textiles, pilas, materia orgánica y otros. La categoría de 'otros' queda descrita como los escombros, los papeles sanitarios y todos los residuos que no se incluyen en las categorías antes mencionadas (Farfán, 2010).

A partir de entrevistas realizadas a habitantes del sector, los únicos elementos que podrían estar considerados como peligrosos, son las pilas, baterías de autos y desechos de plaguicidas. Sin embargo, las baterías de auto son desechos escasos proporcionalmente al volumen total de desechos, que en su mayoría son de origen domiciliario y no industrial, según consignó el Alcalde de la Municipalidad de Lago Ranco, Sr. Santiago Rosas, en entrevista personal, efectuada el día 22 de julio. Lago Ranco es una comuna que no presenta un gran desarrollo industrial, tal como lo informó el edil, al año 2001 existían menos de 20 autos en el sector. Una situación similar ocurre con los plaguicidas, ya que, al ser un área de agricultura de subsistencia, con un bajo nivel de tecnologización, las aplicaciones de plaguicidas son escasas e incipientes, además de ser específicas para ciertas labores que, según los mismos habitantes informaron, dejan poco margen a generar excedentes de plaguicidas que puedan llegar a desecharse en los vertederos, ya que todo es aplicado. De esta forma, por tratarse de unidades pequeñas de producción agrícola, tanto la proporción de productos químicos (plaguicidas) como la cantidad utilizada se ve limitada a lo estrictamente necesario, además hay que considerar que dado el alto costo económico de estos productos, el productor debe optimizar su uso.

La industria forestal en el sector, según se conversó con habitantes del sector, empezó su época de decadencia hace más de 50 años en el sector de Ranco, en la época donde aún quedaban bosques por explotar y un ramal de ferrocarril destinado al transporte de la madera. Esto determina que sea muy poco probable que desechos asociados a la industria forestal se encuentren aun en el Vertedero Lepún, minimizando el riesgo a contaminación por Contaminantes Orgánico Persistentes (COPs). En la Figura 18 se puede observar una excavación en el sitio del Vertedero Lepún, donde se pueden apreciar los tipos de desechos dispuestos en el sitio.



Figura 18: Fotografía de los residuos presentes en el depósito, estos corresponden principalmente a plásticos. Fuente: tomada el día 22 de Julio por PGS.

Este vertedero se caracterizó por ser unicomunal, de estándar mínimo (ya que no cumple con el D.S. 189/2005, que aprueba Reglamento sobre condiciones sanitarias y de seguridad básicas en los Rellenos Sanitarios), recibiendo potencialmente los Residuos Sólidos Municipales (RSM) que son recolectados con un porcentaje de cobertura de 84%. En este vertedero se depositan eventualmente residuos provenientes de un total de 423 empresas (Tabla 12), según informa SII (2016) a partir de datos del Servicio de Impuestos Internos (SII) del año 2013. Estos residuos son generados por actividades industriales y comerciales en la comuna, no reportándose disposición final de RISes ni REAS (con 14 unidades generadoras) en este vertedero.

Origen	Comuna de Lepún		
	2009	2011	2013
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	128	134	128
Pesca	1	1	1
Explotación de minas y canteras	3	4	6
Industrias manufactureras no metálicas	20	24	28
Industrias manufactureras metálicas	2	2	4
Suministro de electricidad, gas y agua	5	5	5
Construcción	25	31	32
Comercio al por mayor y menor, repuestos, vehículos, automotores/enseres domésticos	115	127	122
Hoteles y restaurantes	24	31	33
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	20	21	27
Intermediación financiera	1	0	0
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	9	11	12
Adm. pública y defensa, planes de seg. social afiliación obligatoria	1	1	1
Enseñanza	3	8	8
Servicios sociales y de salud	1	2	2
Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales	4	8	13
Consejo de administración de edificios y condominios	0	0	0
Organizaciones y órganos extraterritoriales	0	0	0
Sin información	2	2	1
Total	364	412	423

Tabla 12: Detalle empresas por rubro Comuna Lago Ranco, hasta el año 2013 (Fuente: SII, 2016).

De acuerdo a las consultas realizadas en terreno al amparo del presente estudio, se concluyó que gran parte de los residuos que llegan al vertedero Lepún son RSD, no son residuos industriales ni residuos peligrosos. Esto concuerda con la observación realizada por ADASME donde se indica que no se reporta disposición final de RISEs ni REAS, siendo catastradas 14 Establecimientos Asistenciales de Salud respecto a este último.

Por otro lado, los residuos que llegan a Lepún, son almacenados en contenedores (bateas, Figura 19) a la espera de ser transportados fuera de la comuna, a otro vertedero.



Figura 19: Bateas contenedoras de la basura en transición. Fuente: foto tomada por PGS el día 01 de octubre de 2016.

4.3.3 Potenciales Receptores

En orden a lo indicado dentro de la Guía Metodológica para la Gestión de Sitios con Potencial Presencia de Contaminantes (SPPC) (Fundación Chile, 2012), es necesario indicar la accesibilidad de personas a los SPPC, la presencia de población humana potencialmente expuesta y de subpoblaciones sensibles.

A continuación, se indica la información levantada en la primera visita a terreno efectuada el 22 de julio de 2016.

De acuerdo a la información entregada por la Dirección de Medio Ambiente de la Municipalidad de Lago Ranco, la población residente en un radio de 3 km del vertedero en cuestión es la siguiente (Figura 20, Figura 21, Figura 22, Figura 23, Figura 24, Figura 25):

N°	NOMBRES	Edad	E. Civil	Nacionalidad	Fecha Ingreso	Profesión	DOMICILIO
01	Juan Manuel Yáñez	83	soltero	chileno	4/1/80	Agente de Aduana	Triángulo B
02	Melchor Santana Vergara	58	casado	chileno	4/1/80	Operario	Triángulo B
03	Carlos Víctor Castillo Castillo	64	casado	chileno	4/1/80	Agricultor	Triángulo B
04	Marcelo Germán Torre Mena	26	soltero	chileno	4/1/80	Agente de Aduana	Triángulo B
05	Roberto Patricio Barros Rojas	38	casado	chileno	4/1/80	Operario	Triángulo B
06	Carlos Rodrigo Castillo Caspulef	37	casado	chileno	4/1/80	Operario	Triángulo B
07	Eulogio Anselmo Quezada Cabrillo	63	casado	chileno	4/1/80	Agricultor	Triángulo B
08	Víctor Alejandro Carrero Caspulef	51	soltero	chileno	4/1/80	Operario	Triángulo B
09	Rosendo Manquillo Quintanilla	74	soltero	chileno	4/1/80	Agricultor	Triángulo B
10	Sandra del Pilar Alvarado	35	casada	chilena	4/1/80	Profesora	Triángulo B
11	Cecilia Mary Gallardo Montecinos	32	casada	chilena	4/1/80	Agricultora	Triángulo B
12	Oliver Alejandro Orrego	33	casado	chileno	4/1/80	Agricultor	Triángulo B
13	María Edita Bellón Quintana	61	casada	chilena	4/1/80	Agente de Aduana	Triángulo B
14	Fernando Humberto del Castillo	58	casado	chileno	4/1/80	Agricultor	Triángulo B
15	Víctor Ricardo Caballero Contreras	36	soltero	chileno	4/1/80	Agricultor	Triángulo B
16	Simón Pedro Contreras	56	casado	chileno	4/1/80	Agricultor	Triángulo B
17	Rosendo Manquillo Quintanilla	67	casado	chileno	4/1/80	Agente de Aduana	Triángulo B

Figura 20: Lista (1-17) de pobladores en zona colindante a Vertedero Lepún. Fuente: Comunicación escrita Ilustre Municipalidad de Lago Ranco.

N°	NOMBRES	Edad	E. Civil	Nacionalidad	Fecha Ingreso	Profesión	DOMICILIO
18	Vanesa Mariela Díaz	42	C	CH.	7/11	CSA	Triángulo B
19	Raúl Jorge Pellegrini Huacal	71	casado	chileno	4/1/80	Agricultor	Triángulo B
20	Juan Caspulef Huacqui	77	casado	chileno	4/1/80	Agricultor	Triángulo B
21	Juan Manuel Caspulef García	63	soltero	chileno	4/1/80	Agricultor	Triángulo B
22	Rubén Alberto Caspulef Melena	46	soltero	chileno	4/1/80	Agricultor	Triángulo B
23	José Manuel Caspulef	60	soltero	chileno	4/1/80	Agricultor	Triángulo B
24	Verónica del Carmen Gallardo Caspulef	31	casada	chilena	4/1/80	Agente de Aduana	Triángulo B
25	Rolando Medina Cantarero	68	casado	chileno	4/1/80	Agricultor	Triángulo B
26	Guillermo Henry Bellón Melnik	27	casado	chileno	22/10/81	Agricultor	Triángulo B
27	Juan Manuel del Zúñiga	44	casado	chileno	22/10/81	Agente de Aduana	Triángulo B
28	Juan Saturnino Pérez	63	casado	chileno	22/10/81	Agricultor	Triángulo B
29	Raúl Benedito Lazo Lazo	60	casado	chileno	22/10/81	Agente de Aduana	Triángulo B
30	Miriam Pérez Castillo		soltera	chilena	22/10/81	Agente de Aduana	Triángulo B
31	Clara del Zúñiga	36	soltera	chilena	22/10/81	Agente de Aduana	Triángulo B
32	Graciela Manquillo Melena	47	casada	chilena	22/10/81	Operario	Triángulo B
33	Raúl Manquillo Pérez	54	soltero	chileno	22/10/81	Agricultor	Triángulo B
34	Roberto Santana Vergara	59	casado	chileno	22/10/81	Operario	Triángulo B

Figura 21: Lista (18-34) de pobladores en zona colindante a Vertedero Lepún. Fuente: Comunicación escrita Ilustre Municipalidad de Lago Ranco.

N°	NOMBRES	Edad	E. Civil	Nacionalidad	Fecha Ingreso	Profesión	DOMICILIO
35	Juan Juan de los Rios	37	soltero	Chileno	18/11/2012	Agente de Aduana	Triunfo B
36	Hector Alejandro Manqueo	45	soltero	Chileno	26-3-2012	Trabajador Aduanero	Triunfo B
37	Nelson Heorngin Grafu Ref Manqueo	46	soltero	Chileno	26-3-2012	Capataz	Triunfo B
38	Fidel Alvaro Espinosa	49	soltero	Chileno	25-07-2012	Trabajador	Triunfo B
39	Eliseo Vera Larraín	70	casado	Chileno	04-7-2013		Triunfo B
40	Leopoldo Barrientos Larraín	52	casado	Chileno	21-5-2013		Triunfo B
41	Jorge Leavel Solís Casanova	49	casado	Chileno	22-5-2013		Triunfo B
42	Rosa Amelia Carrasco Manqueo	53	casada	Chilena	20/6/13		Triunfo B
43	Julio Emilio Manqueo Manqueo	56	soltero	Chileno	01/07/2013	doguero de aduana	Triunfo B
44	Fidel Carrasco Manqueo Manqueo	58	soltero	Chileno	01/07/2013	doguero de aduana	Triunfo B
45	Leopoldo Emilio Manqueo Manqueo	42	casado	Chileno	01/07/2013	doguero de aduana	Triunfo B
46	Roberto Manqueo Manqueo	65	soltero	Chileno	01/07/2013	doguero de aduana	Triunfo B
47	Walter Manqueo Manqueo	25	soltero	Chileno	01/07/2013	doguero de aduana	Triunfo B
48	Maribel Manqueo Manqueo	49	soltera	Chilena	01/07/2013	doguero de aduana	Triunfo B
49	Rosa Manqueo Manqueo	42	casada	Chilena	01/07/2013	doguero de aduana	Triunfo B
50	Fernando Carrasco Espinosa	38	casado	Chileno	01/07/2013	doguero de aduana	Triunfo B
51	Lirio Pérez Castillo	47	soltera	Chilena	09/08/2013	doguero de aduana	Triunfo B

Figura 22: Lista (35-51) de pobladores en zona colindante a Vertedero Lepún. Fuente: Comunicación escrita Ilustre Municipalidad de Lago Ranco.

N°	NOMBRES	Edad	E. Civil	Nacionalidad	Fecha Ingreso	Profesión	DOMICILIO
52	Carolina Ojeda Solís	65	casada	Chilena	9/09/2014	Agente de Aduana	Triunfo B
53	Fernando Mesa Rodríguez	46	casado	Chileno	9/09/2014	Trabajador Aduanero	Triunfo B
54	José Carlos Catalán	46	casado	Chileno	06/09/2014	Trabajador Aduanero	Triunfo B
55	Waldemar Becerra Rojas	42	casado	Chileno	10/09/2014	Trabajador Aduanero	Triunfo B
56	Roberto Espinosa Jüttig	42	casado	Chileno	9/09/2014	Trabajador Aduanero	Triunfo B
57	María Piedad Solís	50	casada	Chilena	9/09/2014	Trabajador Aduanero	Triunfo B
58	Jorge Espinosa Manqueo	54	casado	Chileno	9/09/2014	Trabajador Aduanero	Triunfo B
59	Amelia Díaz Manqueo	39	casada	Chilena	9/09/2014	Trabajador Aduanero	Triunfo B
60	Marcela Manqueo Manqueo	67	soltera	Chilena	09/09/2014	Trabajador Aduanero	Triunfo B
61	Tomás Solís Vera	46	casado	Chileno	9/09/2014	Agente de Aduana	Triunfo B
62	Sergio Pichel Jüttig	25	casado	Chileno	09/09/2014	Trabajador Aduanero	Triunfo B
63	Marcelo Ruiz Urbina	27	casado	Chileno	09/09/2014	Trabajador Aduanero	Triunfo B
64	Elías Andrés Becerra	25	soltero	Chileno	09/09/2014	Trabajador Aduanero	Triunfo B
65	Antonia Ojeda Solís	63	casada	Chilena	20/11/2015	Trabajador Aduanero	Triunfo B
66	Juan Carlos Solís	50	casado	Chileno	20/11/2015	Trabajador Aduanero	Triunfo B
67	Carolina Ojeda Mesa	46	soltera	Chilena	20/11/2015	Trabajador Aduanero	Triunfo B
68	Juan Ojeda Solís	49	casado	Chileno	20/11/2015	Trabajador Aduanero	Triunfo B

Figura 23: Lista (52-68) de pobladores en zona colindante a Vertedero Lepún. Fuente: Comunicación escrita Ilustre Municipalidad de Lago Ranco.

Nº	NOMBRES	Edad	E. Civil	Nacionalidad	Fecha Ingreso	Profesión	DOMICILIO
69	Samuel Jorge Carrasco	41	Casado	Chileno	26-2-2015	Empleado	Triángulo B.
70	Sonia del Carmen L.						
71	Sonia Licandro Marín	42	soltera	Chilena	24-2-2015	Profesora	Triángulo B.
72	María Inés Ovalle	51	casada	Chilena	23-9-2015	Empleado	Triángulo B.
73	Isaac A. Sid. Montoya	58	casado	Chileno	2-6-14	Retirado	Triángulo B.
74	Andrés Tanqueo Tuzado	29	casado	Chileno	2-8-2015	Empleado	Triángulo B.
75	Eugenio Tanqueo Tuzado	55	casado	Chileno	2-8-15	Empleado	Triángulo B.
76	Miguel Pérez Acevedo	30	casado	Chileno	19-8-2015	Empleado	Triángulo B.
77	Roberto Martínez Lago	43	casado	Chileno	20-8-2015	Empleado	Triángulo B.
78	Evelyn Marquet Marquet	29	casado				
79	Lucía Barrios L.	49	casada	Chilena	8-11-2015	Empleado	Triángulo B.
80	Shayrly Araoz H.	31	casada	Chilena	8-11-2015	Empleado	Triángulo B.
81	Silvia Pichel Luñigo	42	soltera	Chilena	8-11-2015	Empleado	Triángulo B.
82	Marcela Caffalaf M.	53	soltera	Chilena	8-11-2015	Empleado	Triángulo B.
83	Felipe Pérez Castillo	35	casado	Chileno	11-6-2016	Empleado	Triángulo B.
84	Monica Soledad Carrasco Aros	41	casada	Chilena	11-7-2016	Empleado	Triángulo B.
85	Mandelina Jeneses Yager	24	soltera	Chilena	13-7-2016	Empleado	Triángulo B.

Figura 24: Lista (69-85) de pobladores en zona colindante a Vertedero Lepún. Fuente: Comunicación escrita Ilustre Municipalidad de Lago Ranco.

Nº	NOMBRES	Edad	E. Civil	Nacionalidad	Fecha Ingreso	Profesión	DOMICILIO
86	Keren Jeneses Yager	32	casada	Chilena	13-7-2016	Empleado	Triángulo B.
87	Flavio Carlos Barrios	41	divorciado	Chileno	17-7-2016	Empleado	Triángulo B.
88	Sonia Soledad Soledad	52	casada	Chilena	13-7-2016	Empleado	Triángulo B.
89	Luciana Carrasco C.	37	casada	Chilena	13-7-2016	Empleado	Triángulo B.
90	Victor Ojeda Solís	60	casado	Chileno	13-7-2016	Empleado	Triángulo B.
91	José Ramírez Carrasco	59	casado	Chileno	13-7-2016	Empleado	Triángulo B.
92	Paula Carrasco Jeneses	42	casada	Chilena	13-7-2016	Empleado	Triángulo B.
93	Johanna Soledad M.	33	casada	Chilena	13-7-2016	Empleado	Triángulo B.
94	Paulina Soledad Carrasco	26	soltera	Chilena	13-7-2016	Empleado	Triángulo B.
95	Thomás Aguilar Godoy	39	casado	Chileno	20-7-16	Empleado	Triángulo B.
96	Mauricio Huendelman F.	41	casado	Chileno	20-7-16	Empleado	Triángulo B.

Figura 25: Lista (86-96) de pobladores en zona colindante a Vertedero Lepún. Fuente: Comunicación escrita Ilustre Municipalidad de Lago Ranco.

Como se puede apreciar, la información relacionada con la ubicación de los pobladores que residen en un radio de 3 km del Vertedero Lepún, no lleva asociada una coordenada ni una dirección específica, por lo que no se puede indicar con exactitud su situación respecto del vertedero en cuestión.

El sitio se encuentra colindante a un camino rural (T-829) encontrándose libre al acceso de la población residente. En el extremo norte del vertedero, continuo al depósito, vive un poblador que se instaló por voluntad propia en ese lugar. Este correspondería al poblador más expuesto a la potencial contaminación, por encontrarse en una cota inferior a la del vertedero y estar potencialmente expuesto al escurrimiento superficial de residuos.

Respecto de los habitantes individualizados en las Figuras 20 a 25, no se cuenta con información relativa a los núcleos familiares. Sin embargo, en este registro se identifican pobladores que, por su calidad de casados, probablemente viven con sus respectivos núcleos familiares, lo que implicaría la presencia de niños, siendo estos especialmente susceptibles como receptores de fuentes de contaminación. Paralelamente, se identifica presencia de pobladores pertenecientes al grupo de la tercera edad, que igualmente son susceptibles como receptores a fuentes de contaminación.

4.3.4 Modelo conceptual de sitio

Se realizó una visita de reconocimiento para inspeccionar y avanzar en diagnosticar los posibles riesgos para la población humana producto del emplazamiento del vertedero Lepún, aún en funcionamiento como sitio de traspaso de basura. Durante el trabajo de terreno se levantó la información requerida para completar la Ficha de Inspección (Punto 3.4), la que está disponible en el Anexo 1. Un esquema de la zona de emplazamiento se presenta en la Figura 26.

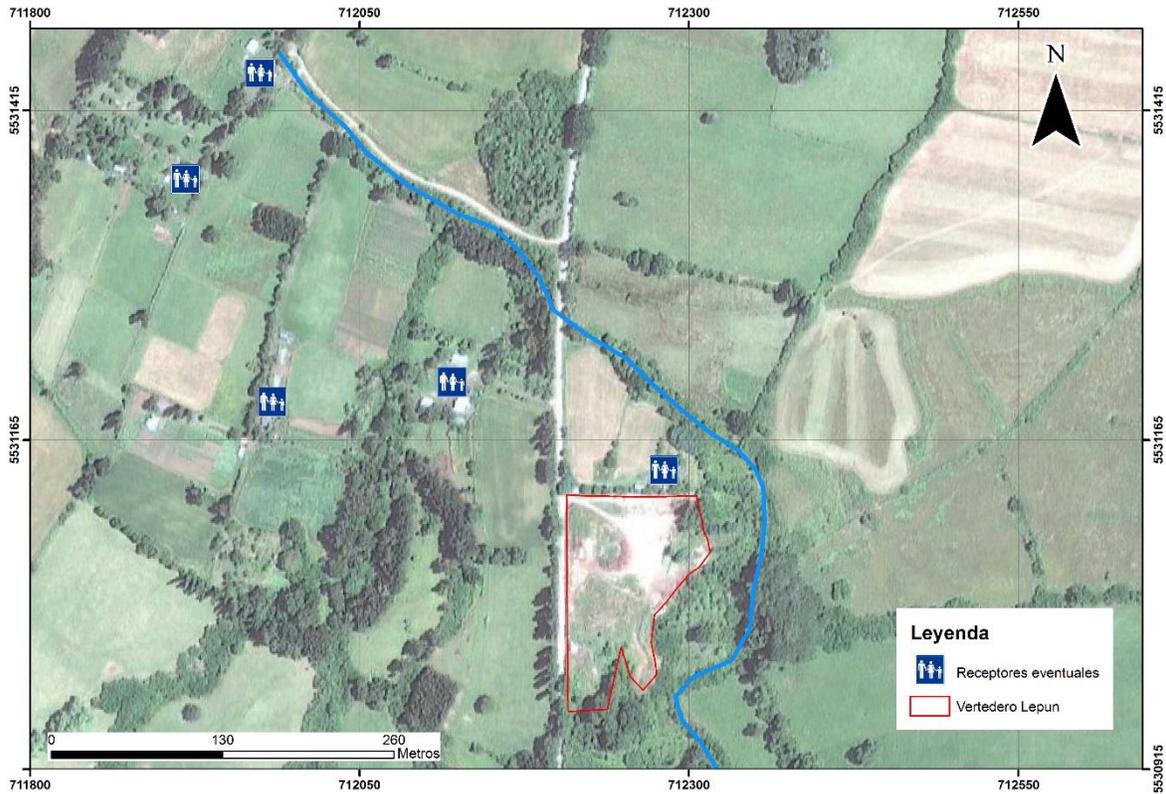


Figura 26: Esquema en planta de la zona de emplazamiento del sitio de Lepún. Se muestra en la imagen la ubicación geográfica de los potenciales receptores recogidos en terreno, así como también los caminos de acceso y estero colindante. La línea de color azul muestra la ubicación del estero colindante al depósito.

En la Figura 27 se puede observar el perfil esquemático del Vertedero Lepún, confeccionado a partir de la información técnica recopilada sobre geología, hidrogeología y agrología.

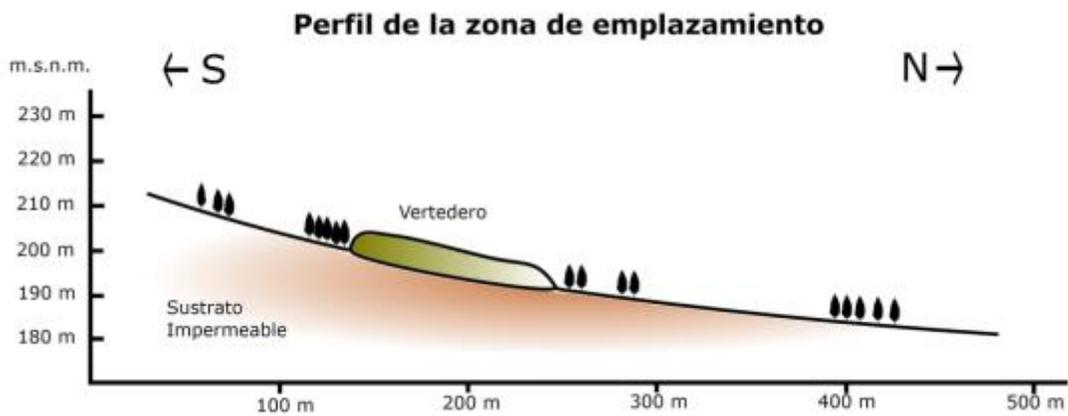


Figura 27: Perfil esquemático que muestra la disposición del vertedero y la característica de impermeabilidad del sustrato que lo contiene. Fuente: Elaboración propia.

Tomando en cuenta los argumentos anteriormente indicados, se puede señalar una primera aproximación al riesgo de exposición para personas y el ecosistema. En el presente modelo (Figura 28) se caracteriza el riesgo para ecosistemas, residencias, personas de paso, actividades agrícolas y pecuarias y trabajadores. El riesgo para todos los receptores de este modelo, se caracteriza principalmente producto de los gases emitidos por el vertedero, el cual aún se encuentra en su fase productiva. El metano producido tiene un potencial riesgo de ignición. En segundo lugar, podemos indicar el riesgo para todos los receptores, producto de la vía de exposición de ingestión y el contacto dérmico con el suelo potencialmente contaminado. Respecto a aguas superficiales no se verifica riesgo potencial para el ser humano pues el agua del estero no se utiliza para consumo de agua potable según lo establecido en las entrevistas realizadas en terreno.

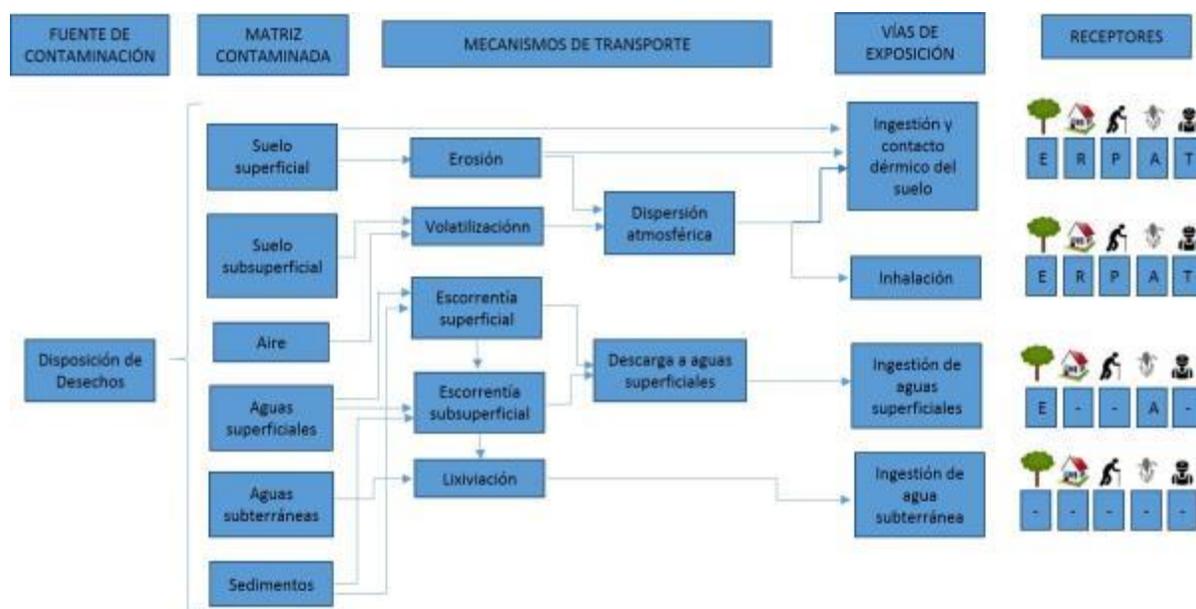


Figura 28: Modelo conceptual del vertedero Lepún. E= Ecológico, R=Residencial, P=Personas de paso, A=Agrícola, T=Trabajador.

5. Muestreo

El objetivo de definir el Plan de Muestreo exploratorio, en el contexto de lo establecido en la Guía para la gestión de SPPC (Fundación Chile, 2012), es identificar, en forma costo-eficiente, la presencia de contaminantes, y confirmar o rechazar la hipótesis sobre la presencia de contaminantes en el SPPC.

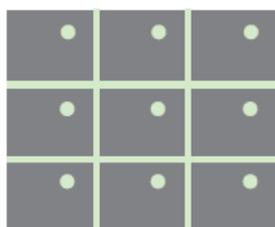
A continuación, se presenta el plan de muestreo para ambos vertederos, que fue ejecutado el día viernes 30 de septiembre.

5.1 Plan de muestreo

El plan de muestreo consiste en establecer la estrategia de muestreo, así como las matrices ambientales potencialmente afectadas en cada sitio, para así muestrear de acuerdo a la identificación de las vías de exposición susceptibles a la contaminación.

El diseño muestral, a nivel exploratorio, se basa en la información previa existente que permite establecer una hipótesis sobre la distribución horizontal y vertical de la contaminación en el SPPC.

Dado que se desconoce la distribución de los potenciales contaminantes en el depósito del vertedero, la definición de una grilla permitirá interpolar la información en base a una distribución regular de puntos (Figura 29), y con ello permitir un análisis geoestadístico de la distribución de los contaminantes.



C. REGULAR O SISTEMÁTICO

Figura 29: Ejemplo de grilla de muestreo Sistemática.

De acuerdo a la Guía para la gestión de SPPC (Fundación Chile, 2012), se consideraron 5+A muestras (A= superficie en hectáreas de la zona de estudio), de acuerdo a los criterios ilustrados en la figura siguiente. Este criterio se utilizó para definir la cantidad de muestras en ambos.

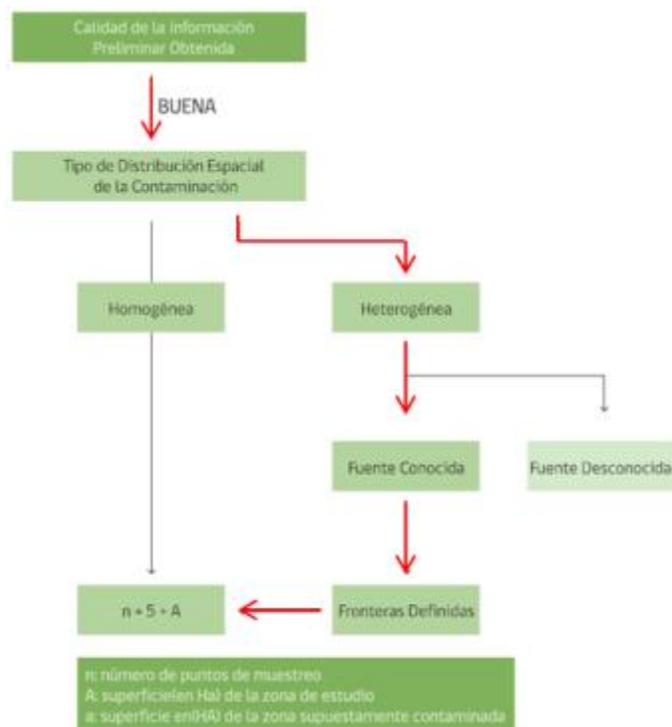


Figura 30: Regla de decisión de número de muestras. En líneas rojas se puede observar la vía de decisión para la selección del número de puntos de muestreo en el Vertedero Asquee. Fuente: Fundación Chile, 2012.

5.1.1 Vertedero Asquee

Como se puede observar en el modelo conceptual (Figura 11), las tres principales vías de exposición son la Ingestión y contacto dérmico del suelo, la Ingestión de aguas superficiales e Ingestión de agua subterránea. En este contexto se muestrearon las siguientes matrices:

- Suelo Vertedero Asquee (ingestión y contacto dérmico del suelo): se procedió a realizar un muestreo sistemático a partir de una grilla de muestreo, de acuerdo a la

metodología recomendada por la USEPA (2014) con el uso de muestras compuestas y una grilla regular de muestreo (Figura 29).

De acuerdo al criterio definido en la Figura 30, en base al área de 0.81 ha, la cantidad de muestras definidas fueron 6.

- Pozos de extracción de agua cercanos al Vertedero Asquee (Ingestión de agua subterránea): mediante la inspección realizada en terreno, se constató la presencia de pozos de extracción de agua en los 2 caseríos más próximos identificados (Figura 31). De esta forma, al ser consultados los dueños de los predios respectivos (Sr. Belisario Monsalve y Sr. Benito Vargas), estos manifestaron poseer pozos en sus sitios para la extracción de agua, para consumo.

De acuerdo a lo indicado mediante comunicación oral por el Sr. Monsalve, mientras se encontraba en operación el vertedero, parte de los desechos que este recibió fueron barriles con brea. La brea corresponde a una mezcla de hidrocarburos, lo que genera la probabilidad de presencia de hidrocarburos en el agua subterránea.

Como se puede observar en el croquis del SPPC (Figura 10), el acuífero se encuentra a una profundidad estimada de 4 metros, por lo que es necesario evaluar la calidad de agua de consumo extraída de estos pozos de los pobladores antes señalados, dada la escasa profundidad a la que se encuentra el nivel freático y a la cercanía de los depósitos del Vertedero Asquee.

- Zanja de drenaje depósito Vertedero Asquee (Ingestión de agua superficial): en terreno se constató la existencia de una zanja en el costado Oeste del depósito (Figura 31), en el terreno del Sr. Benito Vargas, correspondiente a un canal de drenaje. Por tratarse de un cauce superficial colindante al depósito, que escurre hacia al sur-este recorriendo todo el campo de Sr. Benito y descargando a un estero, es relevante caracterizar los contenidos de elementos potencialmente contaminantes. Esto ante la susceptibilidad de receptores ecológicos, así como el potencial uso del agua para el riego de cultivos cercanos.

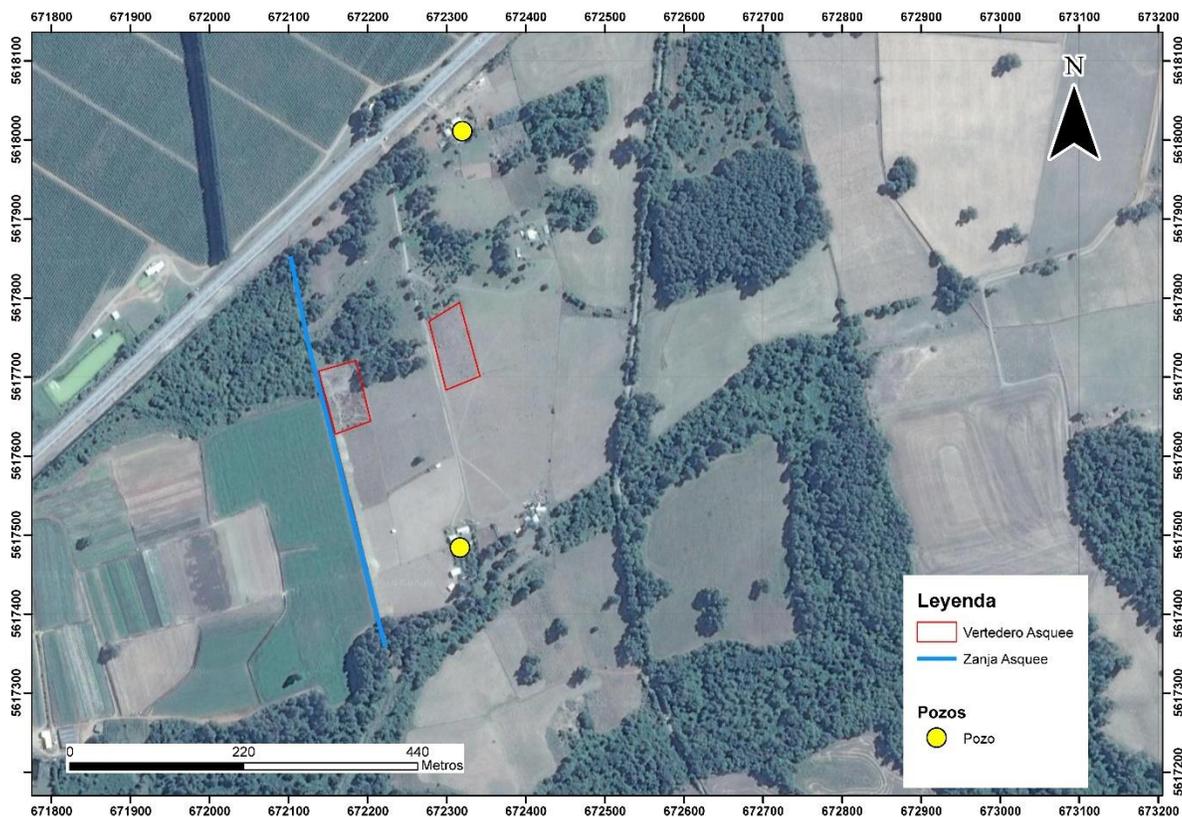


Figura 31: Ubicación de pozos y zanjas en vertedero Asquee.

A continuación, en la Tabla 13 se presenta un resumen de las matrices a muestrear en el vertedero Lepún.

Lugar	Matriz	Cantidad de Muestras	Elementos
Asquee	Suelo	6	As, Cd, Cu, Hg, Pb.
Asquee	Agua subterránea	2	As, Cd, Cu, Hg, Pb, Hidrocarburos fijos, Nitrato.
Asquee	Agua superficial	1	As, Cd, Cu, Hg, Pb, Hidrocarburos fijos, Nitrato.

Tabla 13: Resumen de matrices y cantidad de puntos de muestreo.

5.1.2 Vertedero Lepún

Como se puede observar en la Figura 28, las principales vías de exposición relacionadas con el vertedero Lepún son la Ingestión y contacto dérmico del suelo, la Inhalación y la Ingestión de aguas superficiales. En base a esta información, las matrices a muestrear en el vertedero en cuestión son las siguientes:

- Suelo Vertedero Lepún (Ingestión y contacto dérmico del suelo): se procedió a realizar un muestreo sistemático a partir de una grilla de muestreo, de acuerdo a la metodología recomendada por la USEPA (2014). Las muestras son compuestas.

De acuerdo a la regla de decisión ilustrada en la Figura 31, y considerando un área de 1.24 ha, la cantidad de muestras fue de 6.

Gases emitidos por descomposición de materia orgánica en Lepún (Inhalación): en terreno se constató la emanación de gases emitidos a la atmósfera, relacionados con la descomposición anaeróbica de materia orgánica. Esta situación se hizo patente al constatar que en grietas, próximas al talud del depósito del vertedero, existía olor a gas metano, olor muy característico. Además se verificó que entre los desechos dispuestos en el depósito del vertedero existen residuos orgánicos domiciliarios, fundamentalmente.

Dado lo anterior, se realizó la medición de gases mediante el uso de un sensor, dirigido a detectar la presencia y concentraciones de gas metano (CH_3) y de gas sulfhídrico (ácido sulfhídrico, H_2S). Estos últimos compuestos están asociados a la descomposición anaeróbica de la materia orgánica. Solo el H_2S es tóxico para el ser humano, sobre ciertas concentraciones.

El sensor utilizado corresponde a un monitor portátil de gas Marca Scott Safety, modelo Protegé, equipo diseñado para la detección de CO (detección 0-999 ppm), H_2S (detección 0-500 ppm), O_2 (0-25%) y LEL (calibrado en razón de 1 con CH_3 , detección 0-80%). El instrumento permite detectar las emanaciones de H_2S y CH_3

en grietas o excavaciones en el vertedero. Los puntos de muestreo se definieron in-situ, y se realizaron en los sectores donde existe mayor probabilidad de emanación, específicamente grietas y excavaciones.

Estero en posición Noreste respecto del depósito del vertedero Lepún (Ingestión de agua superficial): como se verificó en terreno, el APR en el sector tiene como depósito principal una cisterna que se encuentra sobre la cota del vertedero en cuestión, por lo que la población cercana al vertedero ingiere agua proveniente de una cisterna alimentada por una vertiente que no tiene influencia de los residuos de Lepún. Sin embargo, existe una quebrada que se encuentra próxima, al costado Este del vertedero, la cual desemboca en el lago (Figura 32), donde probablemente drena la infiltración proveniente del vertedero. En este caso, el potencial riesgo se asocia a los receptores ecológicos y el consumo de cultivos regados con estas aguas.

En la Figura 27, se puede observar el perfil esquemático del vertedero Lepún, donde se indica la presencia de una capa impermeable bajo el Vertedero. Esto se debe a que se trata de depósitos glaciofluviales de gravas con matriz de arcilla, los cuales, desde un punto de vista hidrogeológico, no permiten la circulación del agua a través de ellos, correspondiendo a sustrato impermeable. Esto último determina que los lixiviados no alcancen una profundidad mayor a la del depósito, aumentando la probabilidad de drenar en dirección lateral, hacia el talud y quebrada antes mencionados.

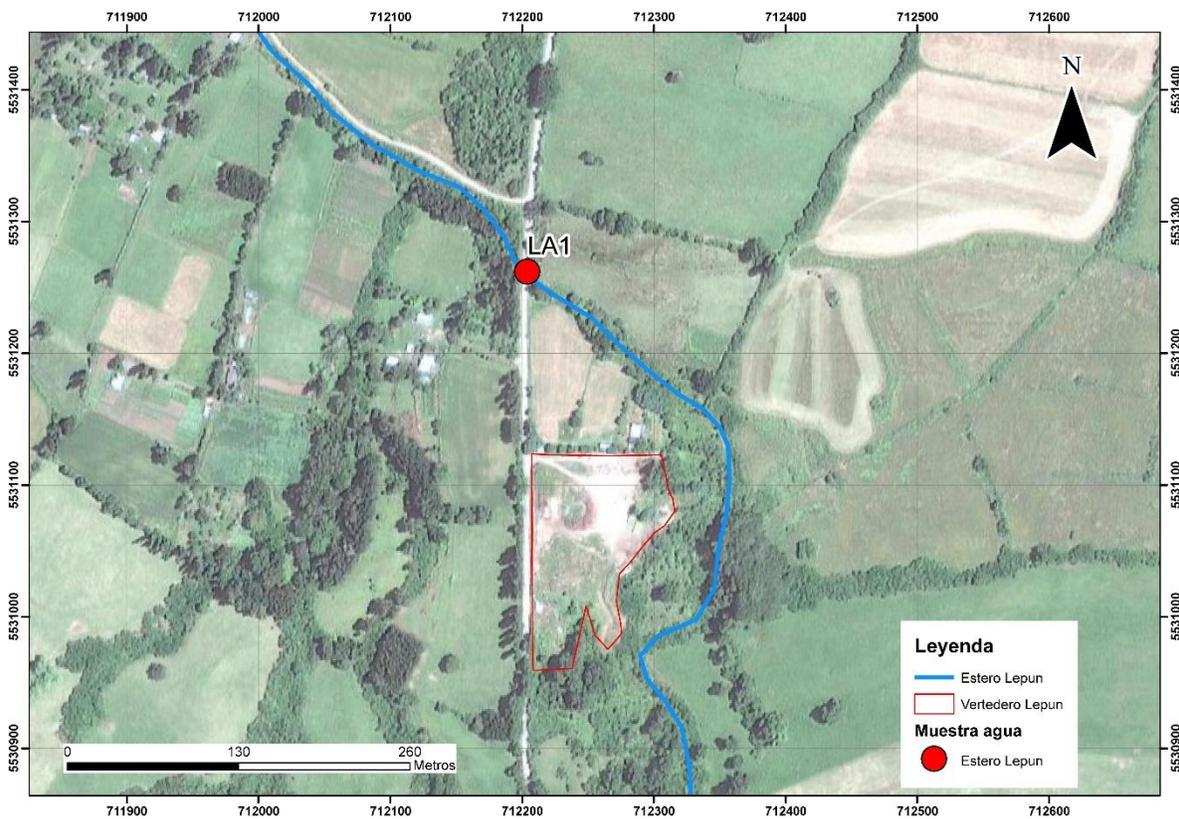


Figura 32: Ubicación muestra de agua en vertedero Lepún.

A continuación, en la Tabla 14 se presenta un resumen de las matrices a muestrear en el vertedero Lepún.

Lugar	Matriz	Cantidad de muestras	Elementos
Lepún	Suelo	6	As, Cd, Cu, Hg, Pb.
Lepún	Agua	1	As, Cd, Cu, Hg, Pb, Nitrato.
Lepún	Aire	1	CH ₃ , O ₂ , CO y H ₂ S.

Tabla 14: Cuadro resumen matrices a muestrear en el vertedero Lepún. Elaboración propia.

5.1.3 Determinación de valores background

Para determinar los valores base (background) se desarrolló una metodología consistente en tomar las muestras en las Fases de Series de suelos descritas en la Comuna de Mariquina (Vertedero Asquee) y Lago Ranco (Vertedero Lepún), las que corresponden a caracterizaciones previas del suelo.

- Background Vertedero Asquee: la Serie correspondiente a los suelos presentes bajo el vertedero en cuestión corresponde a la Serie San José (SAJ) (CIREN, 2003). Como se puede observar en la Figura 33, la extensión de la superficie de las Fases de Serie correspondientes a San José permitirá localizar suelos, lo menos alterados posibles por la actividad humana (suelos en la misma posición de paisaje y bajo cobertura boscosa nativa, idealmente), que sirvan de referencia como suelos, con un mínimo grado de alteración, equivalentes a los presentes bajo los depósitos del Vertedero Asquee.

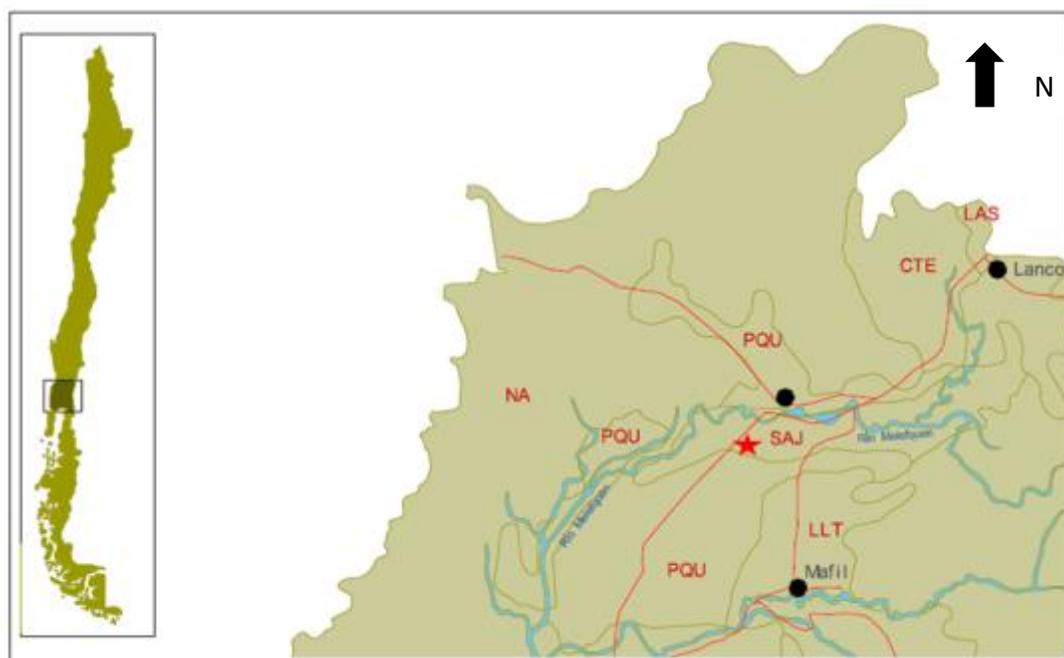


Figura 33: Ubicación Serie San José (SAJ) en la Región de Los Ríos. La ubicación aproximada del Vertedero Asquee se puede observar señalada por una estrella color rojo. Fuente: CTSyC, 2016.

- Background Vertedero Lepún: la Serie correspondiente a los suelos presentes bajo el vertedero en cuestión corresponde a la Serie Los Lagos (LLO) (CIREN, 2003). Como se puede observar en la Figura 34, la extensión de la superficie de las Fases de Serie correspondientes a Los Lagos permitirá localizar suelos, bajo el mismo procedimiento indicado para la determinación de los sitios para el background en el Vertedero Asquee.



Figura 34: Ubicación Serie Los Lagos (LLO) en la Región de Los Ríos. La ubicación aproximada del Vertedero Lepún se puede observar señalada por una estrella color rojo. Fuente: CTSyC, 2016.

De acuerdo a la Guía Metodológica para la gestión de SPPC (Fundación Chile, 2012), el número de muestras requeridas para la determinación del background es de al menos ocho, considerando la variabilidad espacial y temporal de estos valores. En base a lo anteriormente señalado, se consideraron ocho puntos de muestreo para la determinación del background, específicamente cuatro muestras en la Serie San José (Vertedero Asquee) y cuatro muestras en la Serie Los Lagos (Vertedero Lepún).

Se presenta la cantidad de muestras y elementos analizados en las muestras background.

Lugar	Matriz	Cantidad Muestras	Elementos
Background	Suelo	8	As, Cd, Cu, Hg, Pb.

Tabla 15: Cuadro resumen muestreo background.

5.2 Metodología de muestreo

Para realizar el plan de muestreo se recolectaron antecedentes históricos, lo cual permitió definir los analitos (elementos o compuestos a analizar) para la caracterización de riesgo a la salud. Los analitos de interés seleccionados (Tabla 16), serán analizados en el laboratorio SGS, que se encuentra debidamente certificado bajo la NCh-ISO 17.025.

5.3 Definición de los contaminantes de interés

Vertedero Asquee

Matriz Suelo:

Teniendo en cuenta la Fase previa de reconocimiento de los sitios, la sospecha de los contaminantes y los datos aportados por el estudio realizado en el Vertedero Morrumpulli (Palma-Fleming *et al*, 2000), los contaminantes de interés a determinar en el suelo del vertedero Asquee (detalle y límites de detección en Anexo 1), fueron los siguientes:

- As, Cd, Cu, Hg, Pb.

Matriz Agua:

Para los análisis de agua (detalle y límites de detección en Anexo 1) a realizarse en pozos de extracción en las inmediaciones del Vertedero Asquee y la zanja próxima, los compuestos a determinar fueron los siguientes:

- As, Cd, Cu, Hg, Pb.
- Hidrocarburos Fijos
- Nitrato.

Adicionalmente, se midieron pH, Eh (potencial redox), oxígeno disuelto y conductividad en todas las muestras de agua.

Vertedero Lepún

Matriz suelo:

En base los antecedentes recabados con las entrevistas realizadas en terreno los contaminantes de interés fueron los siguientes:

- As, Cd, Cu, Hg, Pb.

Matriz Agua

Respecto de las muestras de agua a recolectar en el estero próximo al Vertedero Lepún, los elementos a determinar fueron los siguientes:

- As, Cd, Cu, Hg, Pb.
- Nitrato.

Adicionalmente, se midieron pH, Eh (potencial redox), oxígeno disuelto y conductividad en todas las muestras de agua.

Matriz Aire

Respecto de los gases a determinar en el Vertedero Lepún mediante la utilización de un detector adecuado para condiciones no confinadas, fueron los siguientes:

- CH₃, O₂, CO y H₂S.

A continuación, se presenta la Tabla 16 donde se resume los elementos analizados en cada sitio potencialmente contaminado.

Lugar	Matriz	Cantidad de Muestras	Elementos o Compuesto
Asquee	Suelo	6	As, Cd, Cu, Hg, Pb.
Asquee	Agua subterránea	2	As, Cd, Cu, Hg, Pb, Hidrocarburos fijos, Nitrato.
Asquee	Agua superficial	1	As, Cd, Cu, Hg, Pb, Hidrocarburos fijos, Nitrato.
Lepún	Suelo	6	As, Cd, Cu, Hg, Pb.
Lepún	Agua superficial	1	As, Cd, Cu, Hg, Pb, Nitrato.
Lepún	Aire	1	CH ₃ , O ₂ , CO y H ₂ S.
Background	Suelo	8	As, Cd, Cu, Hg, Pb.

Tabla 16: Tabla resumen elementos analizar en ambos vertederos.

5.4 Protocolo y Aseguramiento calidad muestreo

5.4.1 Muestreo de suelo

Para la ejecución del muestreo de suelo, se detallará una serie de aspectos que buscaron garantizar el control y aseguramiento de calidad en el muestreo, considerando los lineamientos propuestos en las guías de muestreo del MMA.

5.4.1.1 Implementos utilizados en el muestreo de suelo

- **Palas:** Para la toma de muestras se usaron palas de plástico, esto con el objetivo de evitar contaminación por metales.
- **Envases:** Las muestras fueron recolectadas en envases plásticos resistentes y sellables, proporcionados por el laboratorio.

- **Identificación de la muestra:** Cada muestra fue rotulada con código único interno. Además, se agregó una etiqueta con código de barra, que es proporcionada por el laboratorio, para mantener la cadena custodia.
- **Guantes quirúrgicos**
- **Mascarilla**
- **Cooler**

5.4.1.2 Toma de muestras de suelo

Para seguir el protocolo de muestreo y aumentar la representatividad, en cada punto se recolectaron 5 sub-muestras (o incrementos), una central y el resto de las sub-muestras a una distancia aproximada de 3 metros del punto central, formando una X. Con cada conjunto de sub-muestras se generó una muestra compuesta de 1 kg. Las sub-muestras fueron extraídas en un rango entre 0 y 15 cm de profundidad.

La coordenada específica del punto de muestreo fue tomado en Datum WGS 84 con un GPS, con objeto de generar un registro.

5.4.1.3 Preservantes y consideraciones para cada contaminante

Metales

En el caso del suelo no se necesita ningún preservante, sin embargo, en el caso del Hg la muestra se debe mantener a una temperatura $< 6^{\circ}\text{C}$, debido a la alta volatilidad de este elemento. Por esto se mantendrán en un cooler y/o refrigerador.

Transporte

Las muestras recolectadas fueron almacenadas en un contenedor tipo cooler, manteniéndose a una temperatura menor a 6°C para mantener su integridad en el transporte al laboratorio, pues las muestras serán entregadas en el próximo día hábil después de terminar el muestreo.

Cadena de custodia

La cadena de custodia (Figura 35) corresponde a la forma en que se realiza el control de cada muestra, desde que es extraída en terreno, hasta que ingresa al laboratorio. Este control es necesario para asegurar la correcta obtención de resultados.

SGS		CADENA DE CUSTODIA MUESTREO DE AGUAS												
Cliente		:										Número de OL		:
Contacto		:										Notas		:
Lugar de Muestreo		:												:
Muestreo Realizado por		Cliente		SGS			Tipo de Muestreo	Puntual		Compuesto				
ID Muestra														
Fecha de Muestreo														
Hora de Muestreo														
Origen de la Muestra														
Suelo/Sedimento/Lodo														
Agua de Mar														
Agua Potable														
RIL														
A. Subterránea														
A. Superficial														
A. Servida														
Otro														
Parámetro In Situ		Unidad												
pH		UpH												
Temperatura		°C												
Conductividad		us/cm												
Cloro libre residual		mg/l												
Turbiedad		NTU												
Oxígeno Disuelto		mg/l												
Otro:														
Envases y Preservantes (Marcar con una X el tipo de envase y señalar la cantidad de cada tipo de envase) Indicar la cantidad de preservante señalando las gotas adicionadas por envase. El pH laboratorio, no corresponde completar en terreno.														
Tipo	P	V	Volumen Envases	Cantidad (gotas)	pH (laboratorio)	Cantidad (gotas)	pH (laboratorio)	Cantidad (gotas)	pH (laboratorio)	Cantidad (gotas)	pH (laboratorio)	Cantidad (gotas)	pH (laboratorio)	
HCl														
HNO ₃														
HNO ₃ (filtrada)														
H ₂ SO ₄														
AcZn+NaOH														
NaOH														
EDTA / Na ₂ S ₂ O ₅														
HCl + Ac. Ascórbico														
Sin preservante														
Parámetros														
NCH 409 Sin Radiológicos				DS 90 Tabla 3				Rec. Aero mesófilos a 35°C				DBO ₅		
NCH 409 Con Radiológicos				DS 90 Tabla 5				Rec. Aero mesófilos a 37°C				Sól. Suspendedos		
NCH 1333 (Riego)				DS 46 Estab. Emisor				Rec. Aero mesófilos a 22°C				Sól. Sedimentables		
DS 609 Tabla 3				DS 46 Tabla 1				Anaero Sulfuro reductores				Otros		
DS 609 Tabla 4				DS 46 Tabla 2				Estreptococos fecales				Otros		
DS 90 Estab. Emisor				DS 148/04 Res. Peligrosos				Recuento de Hongos				Otros		
DS 90 Tabla 1				Coliformes Totales				Rec. Bacterias Mn				Otros		
DS 90 Tabla 2				Coliformes Fecales				Salmonella				Otros		
Envases Proporcionados por: _____ SGS Chile Ltda. _____ Cliente														
Responsable del muestreo: _____ (Nombre y Firma):														
TRANSPORTE DE LA MUESTRA														
Salida de terreno		Fecha		Hora								Nombre y firma responsable del transporte :		
Llegada Laboratorio												Nombre y firma responsable del ingreso :		
CONTROL CADENA DE FRIO														
Terreno		Temperatura		Hora		Muestra Testigo		Criterio Aceptación						
Recepción de muestra		°C				Sí		Muestras Aceptadas						
		°C				No		Muestras Rechazadas						
(Marcar x según corresponda)														
Observaciones:														
Documento preparado por SGS Chile Ltda. válido solo para muestreos realizados por cliente														
La información proporcionada por este documento es de exclusiva responsabilidad del cliente.														

Figura 35: Ejemplo cadena de custodia.

5.4.2 Muestreo de agua

Para la realización del muestreo de agua, se detallan una serie de aspectos que buscaron garantizar el control y aseguramiento de calidad en el muestreo, considerando los lineamientos propuestos en las guías de muestreo del MMA

5.4.2.1 Implementos utilizados en el muestreo de agua

- Jeringa: corresponde a una jeringa plástica con capacidad de 60 ml.
- Botella de vidrio, polietileno o PTFE (proporcionado por el laboratorio)
- Guantes
- Mascarilla
- Cooler

5.4.2.2 Toma de muestras de agua

Para ejecutar el muestreo, las muestras de aguas fueron compuestas, extrayendo con una jeringa de 60 ml, la cual se climatizó tomando 3 veces agua con esta y devolviéndola.

5.4.2.3 Preservantes y consideraciones para cada contaminante

Metales

Para la muestra definitiva se deben completar un volumen de 600 ml de agua con la jeringa, agregando HNO_3 hasta alcanzar un $\text{pH} < 2$ en la botella. Para transportar las muestras se preservarán a una temperatura $< 6^\circ\text{C}$, para mantener su integridad.

Hidrocarburos

Para la muestra definitiva se deben completar 500 ml de agua, acidifica con HCl hasta obtener un $\text{pH} < 2$. La botella debe ser vidrio con doble tapa PTFE. Para transportar las muestras se deben preservar a temperaturas $< 6^\circ\text{C}$, para mantener su integridad.

Nitrato y Nitrito

Para la muestra definitiva se deben completar 200 ml de agua. La botella debe ser vidrio, polietileno o PTFE. Para transportar las muestras se preservarán a una temperatura $< 6^\circ\text{C}$, para mantener su integridad.

Transporte

Las muestras recolectadas son almacenadas en un contenedor tipo cooler, manteniéndose a una temperatura menor a 6° C para mantener su integridad en el transporte al laboratorio, pues las muestras serán entregadas en el próximo día hábil después de terminar el muestreo.

Cadena de custodia

Para el control y aseguramiento de calidad, se utilizará la misma cadena de custodia que el utilizado para suelos (Figura 35).

5.5 Puntos de muestreo

A continuación, se presenta una tabla resumen (Tabla 17), con las coordenadas de los puntos de muestreo de los vertederos Lepún, Asquee y muestras Background, para la matriz suelo, agua y aire.

Código	Matriz	UTM E	UTM N	HUSO	Lugar
AA1	agua subterránea	672317	5617484	18	Asquee
AA2	agua subterránea	672320	5618011	18	Asquee
AA3	agua superficial	672229	5617319	18	Asquee
LA1	agua superficial	712204	5531262	18	Lepún
LS1	suelo	712253	5531019	18	Lepún
LS2	suelo	712229	5531009	18	Lepún
LS3	suelo	712235	5530965	18	Lepún
LS4	suelo	712242	5531042	18	Lepún
LS5	suelo	712226	5531085	18	Lepún
LS6	suelo	712280	5531051	18	Lepún
BCK 1	suelo	674341	5618747	18	background
BCK 2	suelo	711872	5529827	18	background
BCK 3	suelo	712582	5532171	18	background
BCK 4	suelo	712599	5532997	18	background
BCK 5	suelo	712339	5530206	18	background
BCK 6	suelo	676526	5620117	18	background
BCK 7	suelo	674737	5620517	18	background
BCK 8	suelo	673393	5619611	18	background
SA1	suelo	672155	5617701	18	Asquee
SB1	suelo	672181	5617672	18	Asquee
SC1	suelo	672186	5617654	18	Asquee
SD1	suelo	672296	5617746	18	Asquee
SE1	suelo	672308	5617719	18	Asquee
SF1	suelo	672306	5617770	18	Asquee

Tabla 17: Tabla resumen de los puntos de muestreo. Las coordenadas se encuentran en el Datum WGS84.

En las siguientes figuras se presentan fotografías del muestreo:



Figura 36: Medición de parámetros fisicoquímicos mediante equipo multiparámetro, sector Lepún.



Figura 37: Medición de metano en grieta, Lepún.



Figura 38: Muestreo de suelo, Lepún.

5.6 Asignación de responsabilidades en labores asociadas al muestreo

La asignación de responsabilidad para el plan de muestreo, se presenta en la Tabla 18:

Nombre	Función	Responsabilidades
Carlos Rodríguez	Encargado plan	Supervisa el cumplimiento fidedigno del plan de muestreo.
Nicolás Poblete	Muestreador	Recolección de muestras de agua y suelo considerando el plan de muestreo. Medición de gases en vertedero Lepún.
Orlando Macari	Muestreador	Recolección de muestras de agua y suelo considerando el plan de muestreo.
Joseline Tapia	Muestreadora	Recolección de muestras de agua y suelo considerando el plan de muestreo.

Tabla 18: Responsables plan de muestreo.

6. Resultados y Análisis

Para realizar el análisis y validar los resultados, es necesario aplicar técnicas de análisis geoestadísticos. La geoestadística se define como el estudio de fenómenos regionalizados que se extienden en el espacio geográfico. Para esto se debe contar con variables regionalizadas (variables ubicadas espacialmente), en el caso de este estudio las variables corresponden a las concentraciones de los metales y la regionalización está determinada por las coordenadas que describen la ubicación de los puntos muestreados.

Normalmente no se conoce la variable regionalizada de forma exhaustiva, sino que se cuenta con un conjunto limitado de datos con los que se busca determinar el comportamiento espacial de la variable, con esta información se construye el modelo. Debe tenerse en cuenta que un modelo no describe a la variable regionalizada en su totalidad, sino que consiste en una aproximación a la realidad. Mientras mayor sea la cantidad y distribución de los datos, mejor será el modelo (PGS, 2015).

En esta sección se presentan los resultados de las concentraciones de elementos traza obtenidas en los análisis de laboratorio, y que corresponden a la representación de las concentraciones de elementos potencialmente peligrosos en cada sitio de estudio. Así mismo, para corroborar la validez de los datos, se realiza el análisis estadístico mediante estadística descriptiva. Para posteriormente, comparar los valores background con las concentraciones obtenidas en los sitios en estudio mediante un test estadístico.

Esta comparación se realiza bajo fundamentos geoestadísticos, y se realiza mediante la aplicación test estadísticos, que buscan comprobar o rechazar hipótesis, tales como si un grupo de valores es significativamente mayor a otro grupo (test Kruskal Wallis).

Debido a que, luego de analizar los resultados de cada background local, se comprobó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones de metales dentro de los primeros 15 centímetros de suelo background, y con el objetivo de obtener mayor relevancia estadística y simplificar los análisis, se optó por utilizar la totalidad de los valores background para la comparación y aplicación del test estadístico.

Para la representación gráfica de la comparación estadística entre concentraciones, se utilizó el grafico de caja, o boxplot. Un esquema explicativo se presenta a continuación.

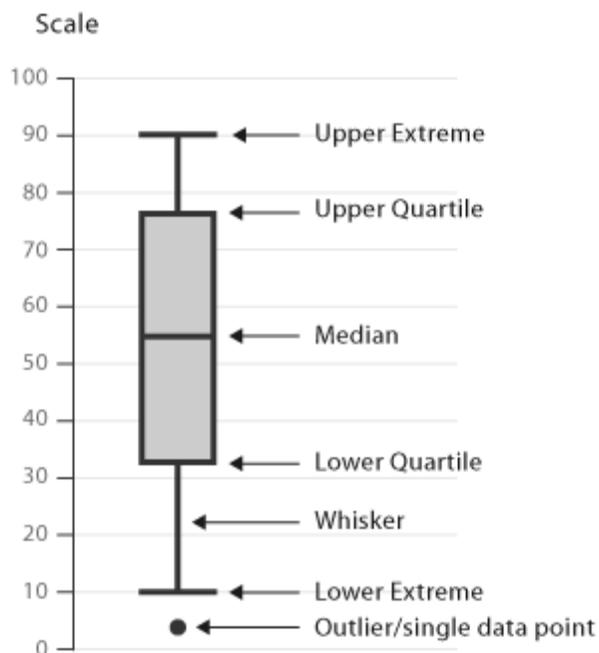


Figura 39: Interpretación gráfica de simbología gráfico boxplot.

6.1 Background

Las ubicaciones de los puntos de muestreo utilizados para la determinación del background se pueden observar en la Figura 40 (en torno al ex vertedero Asquee) y en la Figura 41 (en torno al ex vertedero Lepún).

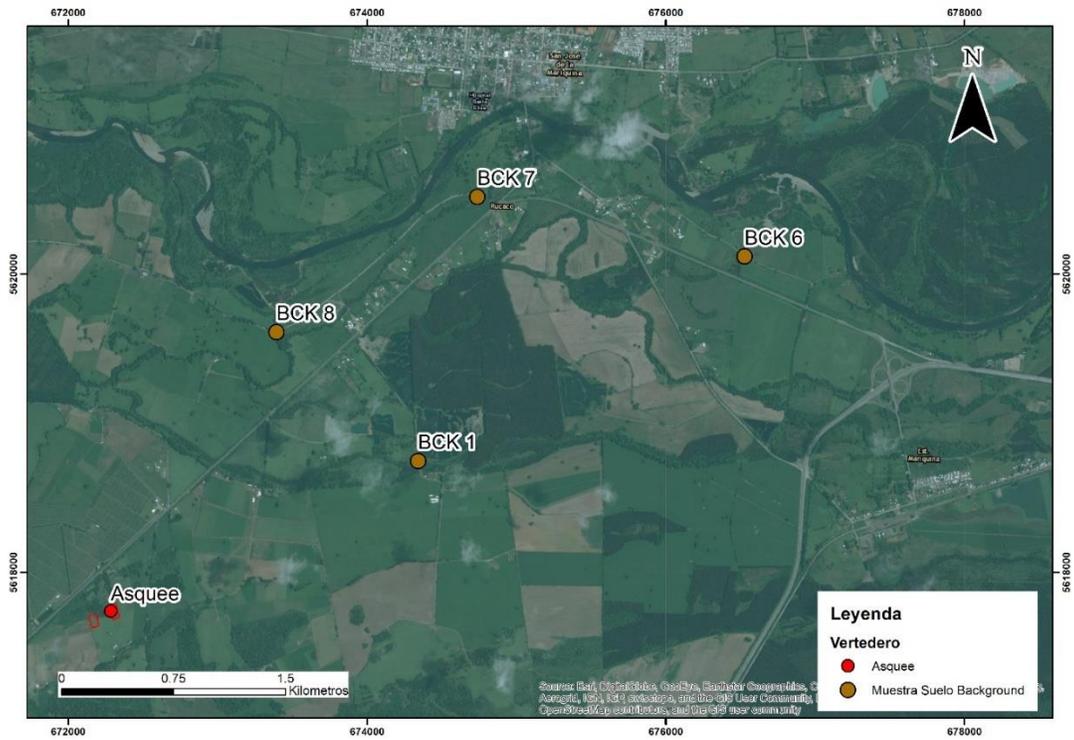


Figura 40: Ubicación puntos de muestreo background cercanos a vertedero Asquee.

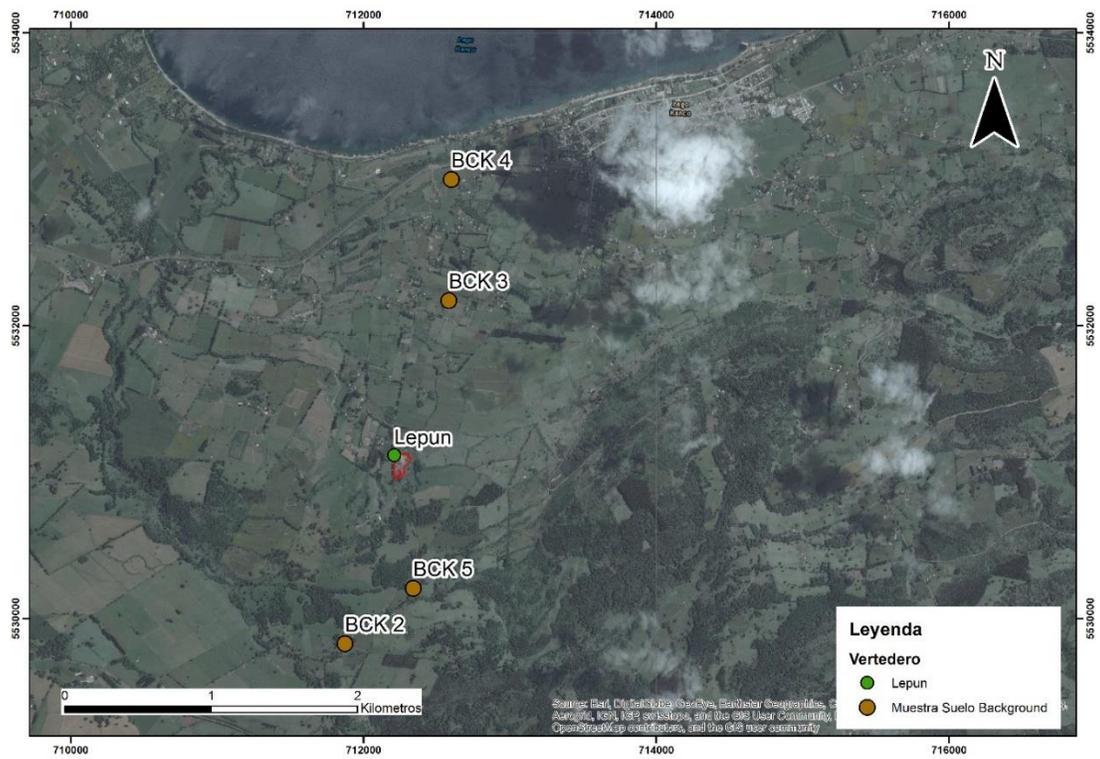


Figura 41: Ubicación puntos de muestreo background cercanos a vertedero Lepun.

Background	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Pb (mg/kg)
Máximo	6.46	0.2	43.8	0.04	8.3
Mínimo	1.63	0.1	24.1	0.01	3.0
Promedio	3.57	0.1	33.5	0.02	5.8
desv. std.	2.07	0.0	7.8	0.01	2.1
Mediana	2.88	0.1	32.2	0.01	6.2
percentil 95	6.42	0.2	43.4	0.03	8.2
UCL	4.95	0.13	38.7	0.03	7.18

Tabla 19: Resultado estadísticos en suelos análisis background totales (UCL: upper confidence limit).

Como se puede apreciar en la tabla, la desviación estándar máxima es de 7,8, para el caso del cobre, con un promedio de 33,5. Esto indica que la dispersión de valores de concentración background es baja, y no resulta significativamente relevante, no encontrándose grandes diferencias entre los suelos no contaminados considerados para la determinación del background de Lepún y Asquee por separado.

Dado lo anterior, y para alcanzar una mayor significancia estadística, simplificando el análisis, se realizará la comparación de cada sitio con la totalidad del background, considerando a este como “background regional”.

6.2 Ex Vertedero Asquee

6.2.1 Resultados

6.2.1.1 Suelos

En base al diseño de muestreo, se presentan los resultados analíticos determinados por el laboratorio SGS.

A continuación, se detallan los resultados de los análisis en la Tabla 20:

Código	Matriz	UTM E	UTM N	HUSO	Obs.	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Pb (mg/kg)
SA1	suelo	672155	5617701	18	Asquee	1.54	<0.1	34.7	<0.01	5.6
SB1	suelo	672181	5617672	18	Asquee	3.59	<0.1	40.1	<0.01	6.1
SC1	suelo	672186	5617654	18	Asquee	3.68	<0.1	42	<0.01	5.8
SD1	suelo	672296	5617746	18	Asquee	3.58	<0.1	42.1	0.03	6.9
SE1	suelo	672308	5617719	18	Asquee	4.07	<0.1	43.9	0.03	8.3
SF1	suelo	672306	5617770	18	Asquee	6.12	<0.1	36.7	0.03	7

Tabla 20: Resumen resultados de los análisis de suelo. Las coordenadas están en el Datum WGS84.

Se puede apreciar que el elemento cadmio se encuentra bajo los límites de detección. El resto de los elementos presenta concentraciones que, de acuerdo a la experiencia del equipo consultor, se encuentran bajo los rangos máximos naturales, que se podrían encontrar en otras regiones con distintos contextos geológicos y climáticos, en Chile.

La ubicación de los puntos de muestreo en el vertedero Asquee se pueden observar en la Figura 42.



Figura 42: Ubicación puntos de muestreo de suelo en depósitos ex Vertedero Asquee.

A continuación, se presenta la estadística descriptiva realizada a las muestras de suelo en el ex vertedero Asquee:

V. Asquee	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Pb (mg/kg)
Máximo	6.12	0.1	43.9	0.03	8.3
Mínimo	1.54	0.1	34.7	0.01	5.6
Promedio	3.76	0.1	39.9	0.02	6.6
desv. std.	1.46	0.0	3.5	0.01	1.0
Mediana	3.64	0.1	41.1	0.02	6.5
percentil 95	5.61	0.1	43.5	0.03	8.0
UCL	4.97	0.1	42.8	0.03	7.44

Tabla 21: Resultados estadísticos análisis suelos Vertedero Asquee.

6.2.2.2 Agua

Se presenta el resultado para las muestras de agua tomadas en el sitio.

Código	Matriz	UTM E	UTM N	HUSO	pH	ORP (mv)	C.E. ($\mu S/cm$)	O ₂ disuelto (mg/L)	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Hg (mg/L)	Pb (mg/L)	Hidrocarburos fijos (mg/L)	NO ₃ (mg/L)
AA1	Agua	672317	5617484	18	7.1	183.8	34.9	7.67	0.001	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.05	<5	1.67
AA2	Agua	672320	5618011	18	6.58	226.3	102	7.42	0.002	<0.01	0.05	<0.0005	<0.05	<5	13.75
AA3	Agua	672229	5617319	18	6.62	136.5	78.6	7.65	0.002	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.05	<5	2.66

Tabla 22: Resultados análisis muestras de agua vertedero recolectadas en los pozos y el estero.

Las muestras AA1 y AA2 corresponden a las muestras tomadas en los pozos de los 2 propietarios mencionados en capítulos anteriores, en este informe. La muestra AA3 corresponde a la muestra tomada en la zanja ubicada al costado del vertedero.

Se puede observar que la mayoría de los elementos se encuentra en concentraciones inferiores al límite de detección del método. En el caso del arsénico, este se encuentran concentraciones detectables, sin embargo, estas son inferiores a la establecida en la NCh409 (0,05 ml/L, para el As).

En el caso del NO₃, la misma norma indica que el valor máximo permitido para agua potable, para este parámetro, es 50 ml/L. Lo anterior implica que el agua del punto AA2, así como en el resto de los puntos, corresponde a agua apta para el consumo humano. Del mismo modo que las del resto de los puntos muestreados.

6.2.2 Comparación con valores background

A continuación, se presentan el gráfico de caja (boxplot) comparando los valores obtenidos para las concentraciones en el suelo del sitio en Asquee y los valores background, para los elementos As, Cu y Pb. No se presentan los demás parámetros debido a que estos se encuentran en concentraciones inferiores los límites de detección (Figuras 43, 44 y 45).

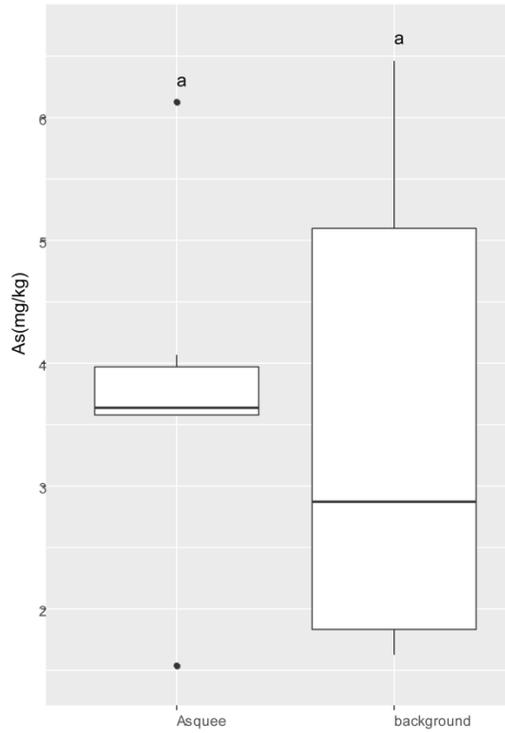


Figura 43: Comparación entre concentraciones de As en Asquee y background.

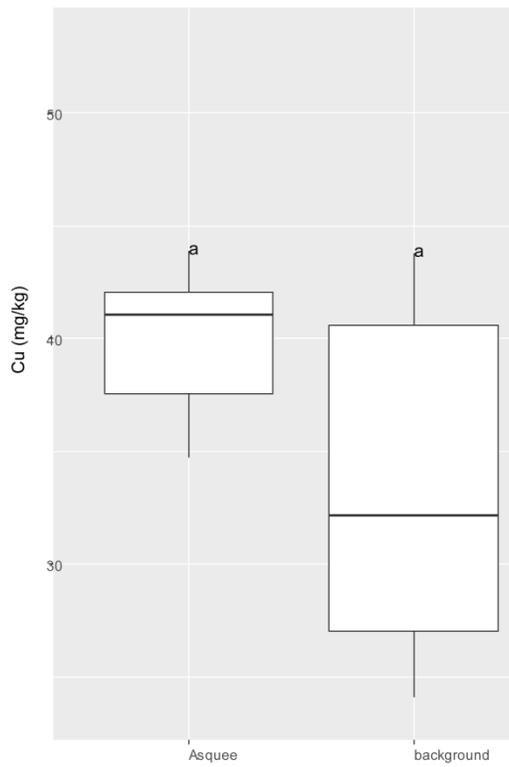


Figura 44: Comparación entre concentraciones de Cu en Asquee y background.

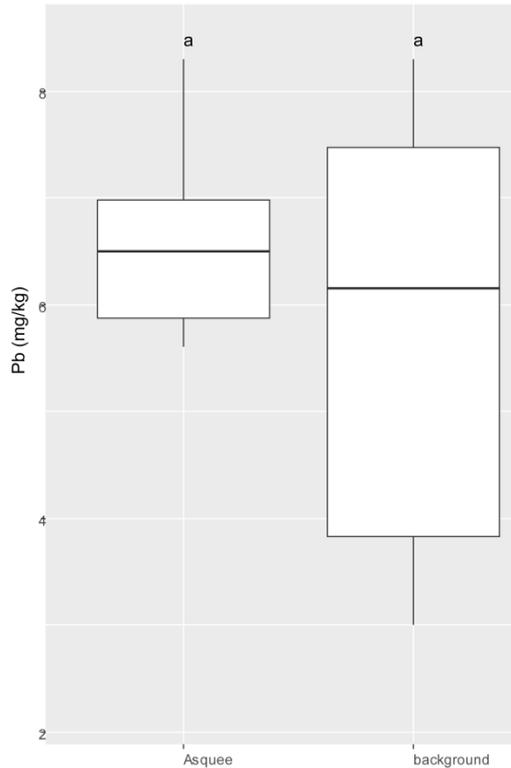


Figura 45: Comparación entre concentraciones de Pb en Asquee y background.

En las figuras anteriores se puede apreciar que gráficamente no existen variaciones significativas. Por lo que no existirían concentraciones de metales superiores a las normales, en los suelos de Asquee.

Para corroborar esta hipótesis, se aplica el test estadístico no paramétrico Kruskal Wallis, que realiza una comparación de las medias entre los valores de concentración en el suelo del ex vertedero y el background. Este test permite determinar si dos conjuntos de datos corresponden a una misma población de datos, o si estos son parte de poblaciones de datos distintas. El test rechaza la hipótesis de valores de distintas poblaciones cuando “p-valor” mayores a 0,05.

Variable	Sitio	Medias	Desviación estándar	Medianas	p valor
As	Background	3,57	2,07	2,88	0,8973
As	Asquee	3,76	1,46	3,64	

Variable	Sitio	Medias	Desviación estándar	Medianas	p valor

Cu	Background	33,54	7,77	32,15	0,1213
Cu	Asquee	39,92	3,54	41,05	

Variable	Sitio	Medias	Desviación estándar	Medianas	p valor
Pb	Background	5,78	2,1	6,15	0,6979
Pb	Asquee	6,62	1	6,5	

Tabla 23: Resumen test Krstal Wallis.

De la tabla anterior se puede concluir que el test estadístico rechaza la hipótesis de poblaciones distintas. Lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas, con lo que se puede asumir que las concentraciones de As, Cu y Pb se encuentran dentro del rango natural del valor de fondo o background.

6.3 Ex Vertedero Lepún

6.3.1 Resultados

6.3.1.1 Suelos

A continuación, se detallan los resultados de los análisis en la Tabla 24.

Código	Matriz	UTM E	UTM N	HUSO	Obs.	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Pb (mg/kg)
LS1	suelo	712253	5531019	18	lepun	1.46	<0.1	23.7	<0.01	2.2
LS2	suelo	712229	5531009	18	lepun	1.96	<0.1	37.4	<0.01	3.9
LS3	suelo	712235	5530965	18	lepun	3.7	<0.1	36.8	<0.01	5.3
LS4	suelo	712242	5531042	18	lepun	2.49	<0.1	50.1	<0.01	7.8
LS5	suelo	712226	5531085	18	lepun	2.5	<0.1	53	<0.01	5.6
LS6	suelo	712280	5531051	18	lepun	2.9	<0.1	36.3	<0.01	7.8

Tabla 24: Resultados de muestras de suelo en vertedero Lepún.

Tal como ocurre en el sitio de Asquee, en este caso se puede apreciar que el elemento cadmio se encuentra bajo los límites de detección. El resto de los elementos presenta concentraciones que, de acuerdo a la experiencia del equipo consultor, se encuentran bajo los rangos máximos naturales que se podrían encontrar en otras regiones, con distintos contextos geológicos y climáticos, en Chile.

La ubicación de los puntos de muestreo en el vertedero Lepún se pueden observar en la Figura 46.

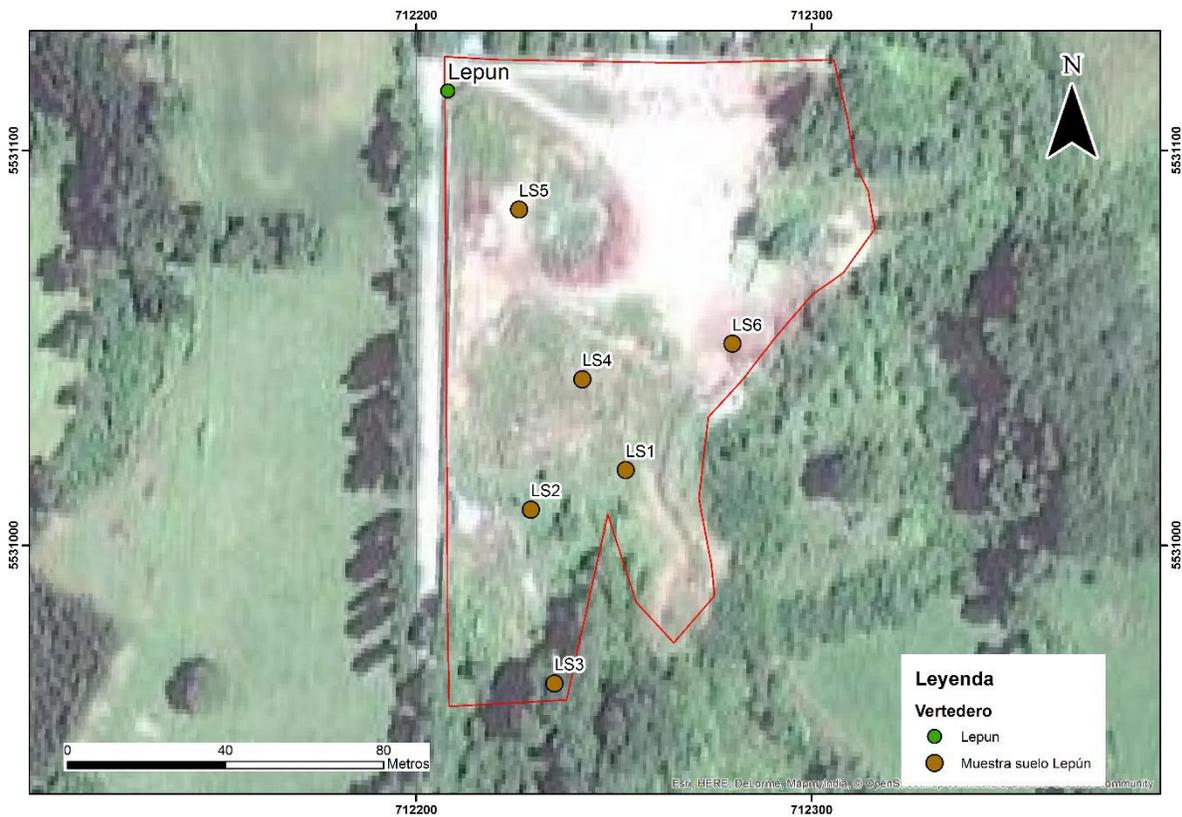


Figura 46: Ubicación puntos de muestreo de suelo en depósitos Vertedero Lepún.

A continuación, se presenta la estadística descriptiva aplicada a las concentraciones obtenidas en el suelo del vertedero.

V. Lepún	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Pb (mg/kg)
Máximo	3.70	0.1	53.0	0.01	7.8
Mínimo	1.48	0.1	23.7	0.01	2.2
Promedio	2.51	0.1	39.6	0.01	5.4
Desv. Std.	0.77	0.0	10.6	0.00	2.2
Mediana	2.50	0.1	37.1	0.01	5.5
Percentil 95	3.50	0.1	52.3	0.01	7.8
UCL	3.14	0.1	48.3	0.01	7.24

Tabla 25: Resultados estadísticos análisis suelos Vertedero Lepún (UCL: upper confidence limit).

El UCL (Upper Confidence Limit) fue calculado mediante el Programa ProUCL 5.1 de la EPA (Tabla 19, Tabla 25, Tabla 21). Este corresponde a un intervalo de confianza, cuyo valor es utilizado para comparar con los resultados del muestreo para cada elemento.

La distribución espacial de los resultados para el matriz suelo se puede observar en el Anexo 3.

6.3.1.2 Agua

Se presentan los resultados de los análisis realizados en el agua del estero colindante al sitio de estudio.

Código	Matriz	UTM E	UTM N	HUSO	pH	ORP (mv)	C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	O ₂ disuelto (mg/L)	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Hg (mg/L)	Pb (mg/L)	Hidrocarburos fijos (mg/L)	NO ₃ (mg/L)
LA1	Agua	712204	5531262	18	7.4	76.5	60	9.13	0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.05	No se midio	1.24

Tabla 26: Resultados análisis muestras de agua vertedero. El código A corresponde a Asquee y L a Lepún.

En la tabla se puede apreciar que no existen concentraciones altas de elementos traza, todas estas se encuentran bajo los límites de detección del método. El valor de NO₃ se encuentra muy por debajo al máximo establecido en la NCh409.

6.3.1.3 Aire

A continuación, se presentan los resultados para los análisis de aire intersticial del depósito del Vertedero Lepún.

Muestra	UTM E	UTM N	Observaciones	Metano	Ácido sulfhídrico
1	712265	5530994	Lepún	ND*	ND*
2	712282	5531054	Lepún	ND*	ND*

***ND: No Detectado**

Tabla 27: Resultados detección de gases Metano y Ácido Sulfhídrico en aire intersticial del Vertedero.

En ninguna de las mediciones se logró detectar metano ni ácido sulfhídrico.

El sensor utilizado corresponde a un monitor portátil de gas Marca Scott Safety, modelo Protegé, equipo diseñado para la detección de CO (detección 0-999 ppm), H₂S (detección 0-500 ppm), O₂ (0-25%) y LEL (calibrado en razón de 1 con CH₃, detección 0-80%).

Puesto que la materia orgánica al descomponerse genera gases, tales como el metano y el Ácido sulfhídrico en condiciones de ausencia de oxígeno, al no detectarse emanaciones de estos por medio del sensor utilizado, significaría actualmente no existe un proceso activo y constante de descomposición en el Vertedero Lepún. Esto último implicaría que no existe riesgo de emanación de los gases evaluados en las condiciones actuales del depósito, lo que es relevante ya que el metano y el ácido sulfhídrico son tóxicos en altas concentraciones.

6.3.2 Comparación con valores background

A continuación, se presentan el gráfico de caja (boxplot) comparando los valores obtenidos para las concentraciones en el suelo del sitio en Lepún y los valores background (Figuras 47, 48 y 49), para los elementos As, Cu y Pb. No se presentan los demás parámetros debido a que estos se encuentran en concentraciones inferiores los límites de detección.

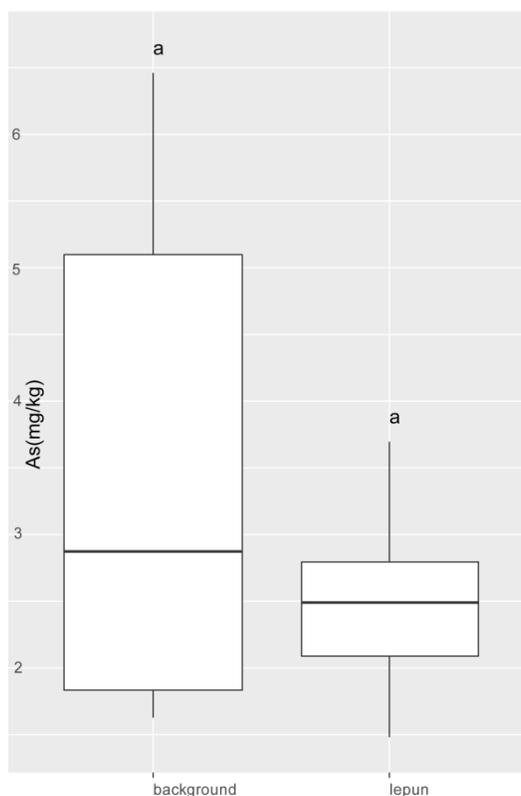


Figura 47 : Comparación entre concentraciones de As en Lepún y background.

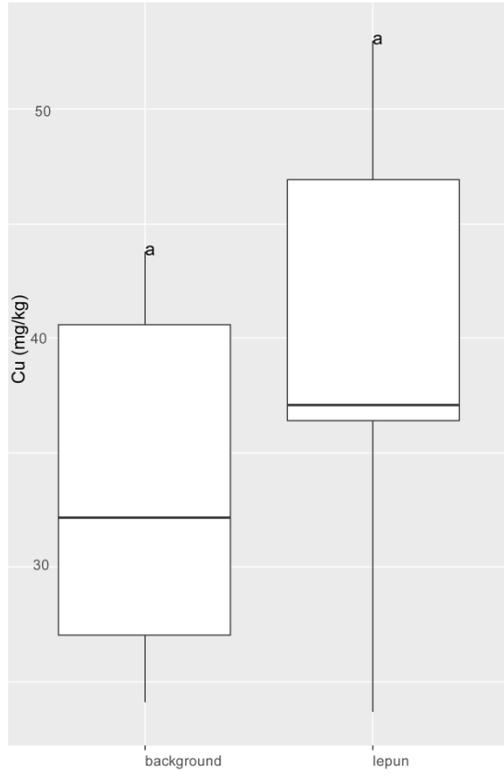


Figura 48: Comparación entre concentraciones de Cu en Lepún y background.

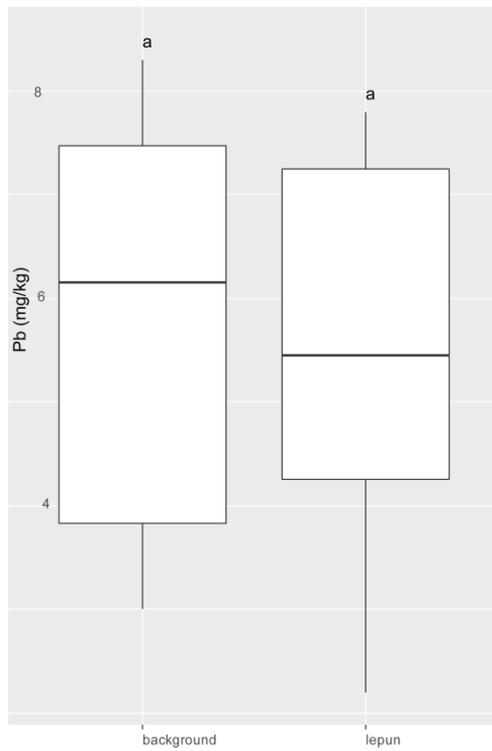


Figura 49: Comparación entre concentraciones de Pb en Lepún y background.

En las figuras anteriores se puede apreciar que gráficamente no existen variaciones significativas. Por lo que no existirían concentraciones de metales superiores a las normales, en los suelos de Asquee.

Para corroborar esta hipótesis, se aplica el test estadístico no paramétrico Kruskal Wallis, que realiza una comparación de las medias entre los valores de concentración en el suelo del ex vertedero y el background. Este test permite determinar si dos conjuntos de datos corresponden a una misma población de datos, o si estos son parte de poblaciones de datos distintas. El test rechaza la hipótesis de valores de distintas poblaciones cuando “p-valor” mayores a 0,05.

Variable	Sitio	Medias	Desviacion estándar	Medianas	p valor
As	Background	3,57	2,07	2,88	0,6056
As	Lepun	2,5	0,77	2,5	

Variable	Sitio	Medias	Desviacion estándar	Medianas	p valor
Cu	Background	33,54	7,77	32,15	0,3662
Cu	Lepun	39,55	10,64	37,1	

Variable	Sitio	Medias	Desviacion estándar	Medianas	p valor
Pb	Background	5,78	2,1	6,15	0,6052
Pb	Lepun	5,43	2,19	5,45	

Tabla 28: Resumen test Kruskal Wallis para muestras en Lepún.

De la tabla anterior se puede concluir que el test estadístico rechaza la hipótesis de poblaciones distintas. Lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas, con lo que se puede asumir que las concentraciones de As, Cu y Pb se encuentran dentro del rango natural del valor de fondo o background.

7. Evaluación de Riesgo

7.1 Evaluación de Riesgo en suelos

Actualmente, en Chile no existe una normativa relacionada con el establecimiento de valores de referencia para elementos traza en suelos. Esto último obliga a considerar normativas y/o directrices internacionales con objeto de comparar los resultados obtenidos con algún valor referencial, y con ello estimar si existe algún riesgo para la población o el medio ambiente ante un escenario que requiere evaluación.

A nivel internacional, existen diversas experiencias respecto de la determinación de valores de referencia de concentración de elementos traza en suelos, los cuales para su determinación tienen como factor común el considerar su efecto sobre la salud humana, en ciertos casos, bajo distintos escenarios de exposición, entre otros factores.

Los distintos contextos normativos en los cuales se han desarrollado los niveles críticos de concentración de contaminantes, han dado lugar a diversos términos para describirlos, como valores de detección, valores de orientación, valores de intervención, concentraciones máximas aceptables, niveles máximos de riesgo admisibles o valores de corte, entre otros. Algunos se establecen como niveles para un riesgo que se considera insignificante, otros se establecen como niveles de alerta, mientras que otros se establecen como niveles que representan un riesgo potencialmente inaceptable (PGS, 2015 b). La comprensión de los supuestos subyacentes utilizados en el desarrollo de las metodologías para la determinación de valores críticos, y su finalidad, es esencial para tomar decisiones informadas con respecto a su aplicación, para gestionar la contaminación y mitigar los riesgos.

Las comparaciones directas con criterios de calidad o valores de referencia internacionales pueden efectuarse únicamente teniendo un entendimiento adecuado de los escenarios de exposición y niveles de riesgo objetivo asumidos para su derivación, considerando el contexto en que son utilizados.

En términos generales, se pueden distinguir dos tipos de valores de referencia: i) los orientados a decidir si se llevará a cabo una acción sobre un SPPC en particular, y ii) los orientados a determinar objetivos de remediación. En el caso de la matriz suelo, el primer tipo se relaciona con una concentración sobre la cual este presenta un riesgo, y por tanto su superación da cuenta de la necesidad de intervención. En el segundo caso, se relaciona a un valor objetivo de remediación (Fundación Chile, 2012).

7.1.1 Valores Guía Canadá

En el presente estudio se utilizará como referencia los valores guía sugeridos en el Protocol for the Derivation of Environmental and Human Health Soil Quality Guidelines, elaborado por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME, 2006).

El CCME ha realizado numerosos estudios para la determinación de valores background y niveles aceptables, con el propósito de establecer los valores límites permitidos de elementos traza en los suelos, junto con estudios de toxicidad. Respecto a eso último, los valores sugeridos por el CCME se basan en el efecto por exposición, teniendo en cuenta adicionalmente el contexto espacial para su determinación, al considerar las concentraciones naturales de los elementos en los suelos.

Una de las particularidades que tiene la directriz canadiense, es el hecho de haber sido desarrollada en un país cuyas características geológicas son similares al sur de Chile. Esto último es relevante al considerar valores de referencia elaborados bajo un contexto similar al caso del sur chileno, donde la geología tiene una influencia central en las concentraciones background de los elementos traza en los suelos derivados, que como ya se señaló, es un factor considerado por el CCME para establecer los valores guía (PGS, 2015 b).

Los valores de referencia denominados en Canadá como “valores guía” o “directrices”, han sido establecidos para cada sustancia, después de una revisión de sus características físico-químicas, de los niveles *background* en los suelos de Canadá, de la toxicidad y del comportamiento de cada sustancia en el ambiente. De esta forma, en el documento

“Protocol for the Derivation of Environmental and Human Health Soil Quality Guidelines” (CCME, 2006), los valores guía se definen como “límites numéricos o enunciados recomendados para apoyar y mantener los usos designados del suelo”, por lo que se trata de valores en los que el suelo aún mantiene un funcionamiento ecosistémico. Paralelamente, estos valores han sido determinados para proteger la salud humana y a los receptores clave que sustentan las actividades normales de las categorías de uso de suelo consideradas (Fundación Chile, 2012).

Los valores propuestos por el CCME se pueden observar en la Tabla 29.

	Agricultura	Residencial	Comercial	Industrial
Elementos	(mg·kg ⁻¹)	(mg·kg ⁻¹)	(mg·kg ⁻¹)	(mg·kg ⁻¹)
As	12	12	12	12
Cd	1.4	10	22	22
Cu	63	63	91	91
Pb	70	140	260	600
Hg	6.6	6.6	24	50

Tabla 29: Norma canadiense de calidad de suelo para la protección medioambiental y salud humana (Fuente: CCME, 2016)

7.1.1.1 Vertedero Lepún

Considerando los valores para suelos de uso Residencial como referencia a la condición más sensible para la población según el CCME, en la Tabla 30 se comparan dichos valores con los valores máximos obtenidos en los puntos evaluados en el Vertedero Lepún.

Elementos	CCME Residencial (mg kg ⁻¹)	Valores máximos elementos traza Lepún (mg·kg ⁻¹)	Valores promedios elementos traza Lepún (mg·kg ⁻¹)
As	12	3.7	2.51
Cd	10	0.1	0.1
Cu	63	53	39.6
Hg	6.6	0.01	0.01
Pb	140	7.8	5.4

Tabla 30: Comparación valores guía de elementos traza propuestos por el CCME para suelos de uso Residencial, con los valores máximos obtenidos mediante muestreo y análisis de suelos en el Vertedero Lepún.

Como se puede observar en la Tabla 30, ningún valor sobrepasa los propuestos por el CCME. De esta manera, los resultados obtenidos indican que no existe riesgo para la población humana por exposición al suelo existente en el área de influencia del Vertedero Lepún. Esto último indica ausencia de riesgo para la población humana ante la exposición al suelo existente en el área comprendida por el depósito del Vertedero Lepún.

7.1.1.2 Vertedero Asquee

En el caso del Vertedero Asquee, en la Tabla 31 se comparan los valores máximos obtenidos en los puntos evaluados en el Vertedero Asquee con los valores para suelos de uso Residencial propuestos por el CCME.

Elementos	CCME Residencial (mg·kg ⁻¹)	Valores máximos elementos traza Asquee (mg·kg ⁻¹)	Valores promedios elementos traza Asquee (mg·kg ⁻¹)
As	12	6.12	3.76
Cd	10	0.1	0.1
Cu	63	43.9	39.9
Hg	6.6	0.03	0.02
Pb	140	8.3	6.6

Tabla 31: Comparación valores guía de elementos traza propuestos por el CCME para suelos de uso Residencial, con los valores máximos obtenidos mediante muestreo y análisis de suelos en el Vertedero Asquee.

Como se puede observar en la Tabla 31, ningún valor sobrepasa los propuestos por el CCME, lo que indica ausencia de riesgo para la población humana, ante la exposición al suelo existente en el área de influencia del Vertedero Asquee.

7.1.2 Valores EMEG

La Guía de Evaluación de Medios Ambientales (EMEG, por sus siglas en inglés), corresponden a valores de comparación específicos, aplicados a distintos medios (entre ellos, el suelo), y que son utilizados para seleccionar los contaminantes de interés en los sitios contaminados (Barriga, 1999).

El cálculo de los valores EMEG aplica en el caso de no existir referencia nacional o internacional respecto de un compuesto o elemento (Fundación Chile, 2012). En el caso

del presente estudio, se calcularán estos valores en la matriz suelo para los elementos que cuenten con parámetros calculados por la EPA o por la ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) que permitan el cálculo del EMEG. Esto último tiene por propósito ahondar en la determinación de un posible riesgo asociado a la concentración de alguno de los elementos evaluados.

Los EMEG se derivan de los Niveles de Riesgo Mínimo (MRL, por sus siglas en inglés), presentados en los perfiles toxicológicos de la ATSDR. El MRL (Reference Dose [RfD], en el caso de la EPA) se define como un estimado de la exposición humana diaria a un compuesto químico que probablemente no representa un riesgo aceptable de efectos dañinos (no cancerígenos) en un período de exposición específico (Barriga, 1999).

Por otra parte, los valores EMEG consideran la componente exposición, que se basa en la cantidad de agua o suelo contaminado que un individuo ingiere por día. En este sentido, el consumo de agua y la ingestión de suelo varía según el segmento etario de la población, por lo que los valores son calculados para un rango de exposición en lugar de un valor de exposición arbitrario único (Barriga, 1999).

Un contaminante cuya concentración supere a la EMEG en cualquiera de los medios, debiese estar sujeto a un análisis toxicológico, mientras que cuando no es ese el caso, podría ser descartado.

El cálculo del EMEG se obtiene multiplicando la dosis de riesgo de la ATSDR (MRL) o la dosis de referencia sugerida por la EPA (RfD) por el peso corporal del poblador tipo, dividiendo el resultado por la tasa de ingestión diaria, en este caso de suelo. La fórmula utilizada para su cálculo es la siguiente (Barriga, 1999):

$$EMEG \left(\frac{mg}{kg} \right) = \frac{MRL \text{ o } RfD \left(\frac{mg}{kg \cdot día} \right) \times PC (kg)}{TI \left(kg \text{ o } \frac{L}{día} \right)}$$

Dónde:

EMEG = Guía de Evaluación de Medios Ambientales (mg contaminante por kg de peso corporal del individuo)

MRL o RfD = La información sobre RfD de cada sustancia se encuentra en el banco de datos IRIS del sistema TOXNET (en línea: <https://toxnet.nlm.nih.gov/>); el MRL se encuentra en la bibliografía en línea publicada por el ATSDR (en línea: <https://www.atsdr.cdc.gov/mrls/index.asp>).

PC = Peso corporal = 10 kg/infante (0-2,9 años), 14 kg/niño (3-6 años), 70 kg/adulto (Barriga, 1999.)

TI = Tasa ingestión diaria de suelo = 350 mg/niño, 50 mg/adulto (Barriga, 1999).

7.1.2.1 Vertedero Lepún

Se procedió a realizar el cálculo de los valores EMEG para el caso del Vertedero Lepún (Tabla 32). En este caso, se consideró una población de niños para efecto de la elección de los valores de las variables PC y TI, puesto que según los antecedentes recopilados en terreno, existen niños viviendo en forma permanente en las inmediaciones del depósito de desechos, población especialmente vulnerable ante la exposición de contaminantes.

Matriz	Elemento	EMEG			EMEG (mg/kg)
		RfD (mg/kg/día)	PC (kg)	TI (kg/día)	
Suelo	As (mg/kg)	0.0003	14	0.00035	12
	Cd (mg/kg)	0.0005	14	0.00035	20
	Cu (mg/kg)	0.04	14	0.00035	1600
	Hg (mg/kg)	Sin dato (RfD y MRL)	14	0.00035	--
	Pb (mg/kg)	Sin dato (RfD y MRL)	14	0.00035	--

Tabla 32 : Cálculo valores EMEG para elementos traza analizados en el Vertedero Lepún.

El caso de los elementos para los cuales se pudo calcular el valor EMEG, se compararon los resultados con los valores máximos obtenidos en las muestras recolectadas *in-situ* (Tabla 33).

Elementos	EMEG (mg·kg ⁻¹)	Valores máximos elementos traza Lepún (mg·kg ⁻¹)	Valores promedios elementos traza Lepún (mg·kg ⁻¹)
As	12	3.7	2.51
Cd	20	0.1	0.1
Cu	1600	53	39.6

Tabla 33: Comparación valores máximos obtenidos en las muestras recolectadas in-situ con valores EMEG calculados para el Vertedero Lepún.

Puesto que el valor del EMEG sirve como referencia ante la ausencia de una norma, cualquier valor bajo el EMEG calculado no requiere un análisis toxicológico posterior. En base a lo anterior, al observar los resultados de los valores EMEG calculados, comparados en la Tabla 33 con los valores máximos y promedio observados a partir de muestras recolectadas en terreno, no se requiere análisis toxicológico para los elementos As, Cd y Cu. El riesgo se conforma por dos grandes factores: vulnerabilidad y amenaza. En este caso, el receptor potencial más vulnerable son los niños, y la amenaza son las concentraciones de elementos traza, eventuales contaminantes. Puesto que el cálculo del EMEG considera estos dos factores en una sola expresión, el hecho de que los resultados para As, Cd y Cu sean menores a sus respectivos EMEG, indica que no existe amenaza a la salud de la población cercana al vertedero Lepún para estos elementos.

Para los elementos para los que no se pudo calcular el valor EMEG (Hg y Pb), se debe considerar la comparación realizada con los valores guía recomendados por el CCME en Canadá, valores cuyo cálculo considera una serie de factores relevantes y específicos, que los convierte en un buen parámetro para estimar el potencial de riesgo.

7.1.2.2 Vertedero Asquee

Respecto del cálculo de los valores EMEG para el caso del Vertedero Asquee (Tabla 34). En este caso, se consideró una población adulta para efecto de la elección de los valores de las variables PC y TI, puesto que según los antecedentes recopilados en terreno, no existen niños viviendo en forma permanente en las inmediaciones del depósito de desechos.

Matriz	Elemento	EMEG			EMEG (mg/kg)
		RfD (mg/kg/día)	PC (kg)	TI (kg/día)	
Suelo	As (mg/kg)	0.0003	70	0.00005	420
	Cd (mg/kg)	0.0005	70	0.00005	700
	Cu (mg/kg)	0.04	70	0.00005	56000
	Hg (mg/kg)	no data (RfD y MRL)	70	0.00005	--
	Pb (mg/kg)	no data (RfD y MRL)	70	0.00005	--

Tabla 34: Cálculo valores EMEG para elementos traza analizados en el Vertedero Asquee.

El caso de los elementos para los cuales se pudo calcular el valor EMEG, se compararon los resultados con los valores máximos obtenidos en las muestras recolectadas *in-situ* (Tabla 35).

Elementos	EMEG (mg·kg ⁻¹)	Valores máximos elementos traza Asquee (mg·kg ⁻¹)	Valores promedios elementos traza Asquee (mg·kg ⁻¹)
As	420	6.12	3.76
Cd	700	0.1	0.1
Cu	56000	43.9	39.9

Tabla 35: Comparación valores máximos obtenidos en las muestras recolectadas *in-situ* con valores EMEG calculados para el Vertedero Asquee.

Puesto que el valor del EMEG sirve como referencia ante la ausencia de una norma, cualquier valor bajo el EMEG calculado no requiere un análisis toxicológico posterior. En base a lo anterior, al observar los resultados de los valores EMEG calculados, comparados en la Tabla 35 con los valores máximos y promedio observados a partir de muestras recolectadas en terreno, no se requiere análisis toxicológico para los elementos As, Cd y Cu. Por esta razón, al igual que en el caso observado para el cálculo de los EMEG en el Vertedero Lepún, el hecho de que los resultados para As, Cd y Cu sean menores a sus respectivos EMEG, indica que no existe amenaza a la salud de la población cercana al exVertedero Asquee para estos elementos.

Para los elementos para los que no se pudo calcular el valor EMEG (Hg y Pb), se debe considerar la comparación realizada con los valores guía recomendados por el CCME en

Canadá, valores cuyo cálculo considera una serie de factores relevantes y específicos, que los convierte en un buen parámetro para estimar el riesgo.

7.2 Evaluación de Riesgo en agua

7.2.1 Norma Chilena 409

En Chile, existe la Norma Chilena para agua potable NCh 409/1 Of.2005, la que establece los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos que debe cumplir, la cual aplica para cualquier sistema de abastecimiento. En esta norma, por agua potable se entiende como el “agua que cumple con los requisitos físicos, químicos, radiactivos y bacteriológicos prescritos que aseguran la inocuidad y aptitud para el consumo humano” (INN, 2005).

7.2.1.1 Vertedero Lepún

En el caso del Vertedero Lepún, existe un estero que recorre el extremo este del perímetro del depósito de basura, el cual posteriormente corre a través de sitios donde existe población humana. En orden a esta situación, se realizó un muestreo del agua de este curso ante la posibilidad de que sus aguas sean usadas para consumo humano, o eventualmente lo sean.

En la Tabla 36, se puede observar una comparación entre la NCh 409 y los resultados de los análisis del agua del estero para los analitos y parámetros evaluados que son considerados por la norma.

Código muestra	Matriz	pH	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Hg (mg/L)	Pb (mg/L)	NO ₃ (mg/L)
LA1	Agua	7.4	0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.05	1.24
NCh 409	Agua	6.5-8.5	0.01	0.01	2	0.001	0.05	50

Tabla 36: Comparación resultados análisis muestras de agua en estero cercano a vertedero Lepún con valores NCh 409.

Como se puede observar en la Tabla 36, ningún valor sobrepasa los valores establecidos por la norma.

7.2.1.2 Vertedero Asquee

Respecto del vertedero Asquee, se observó la presencia de pozos de extracción de agua para consumo humano en las inmediaciones de los depósitos de desechos, así como la existencia de una zanja por el costado oeste de uno de estos.

En la Tabla 37, se puede observar una comparación entre la NCh 409 y los resultados de los análisis del agua del estero para los analitos y parámetros evaluados que son considerados por la norma.

Código muestra	Matriz	pH	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Hg (mg/L)	Pb (mg/L)	NO ₃ (mg/L)
AA1	Agua	7.1	0.001	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.05	1.67
AA2	Agua	6.58	0.002	<0.01	0.05	<0.0005	<0.05	13.75
AA3	Agua	6.62	0.002	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.05	2.66
NCh 409	Agua	6.5-8.5	0.01	0.01	2	0.001	0.05	50

Tabla 37: Comparación resultados análisis muestras de agua en estero cercano a vertedero Asquee con valores NCh 409.

Como se puede observar en la Tabla 37, ningún valor sobrepasa los indicados por la NCh 409, por lo que no se configura un riesgo para la población que habita en las inmediaciones del Vertedero Asquee.

7.2.2 Norma Chilena 1333

La NCh 1333 Of.1978 fija un criterio de calidad del agua de acuerdo a requerimientos científicos referidos a aspectos físicos, químicos y biológicos, según el uso determinado. De esta forma, estos criterios tienen por objeto proteger y preservar la calidad de las aguas que se destinen a usos específicos de la degradación producida por contaminación con residuos de cualquier tipo u origen (INN, 1987).

Esta norma aplica para los siguientes usos: consumo humano, para bebida de animales, para riego, para recreación y estética, y para vida acuática. En el presente análisis se compararán los resultados, obtenidos para las muestras de agua analizadas, con los requerimientos de agua para riego, específicamente.

7.2.2.1 Vertedero Lepún

En la Tabla 38, se puede observar una comparación entre la NCh 1333 para el uso de riego y los resultados de los análisis del agua para los analitos y parámetros evaluados en el Vertedero Lepún (código muestra LA) que son considerados por la norma.

Código muestra	Matriz	pH	ORP (mv)	C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	O ₂ disuelto (mg/L)	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Hg (mg/L)	Pb (mg/L)	Hidrocarburos fijos (mg/L)
LA1	agua	7.4	76.5	60	9.13	0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.05	0
NCh 1333 Riego	agua	5.5-9.0	--	750	5*	0.1	0.01	0.2	0.001	5	--

*Mínimo requerido

Tabla 38: Comparación de resultados análisis muestras de agua en puntos cercanos al vertedero Lepún con valores de la NCh 1333.

Como se puede observar en la Tabla 38, en el Vertedero Lepún ningún valor obtenido mediante el muestreo de agua sobrepasa algún parámetro de la norma NCh 1333, o es inferior (en el caso del Oxígeno disuelto).

7.2.2.2 Vertedero Asquee

En la Tabla 38, se puede observar una comparación entre la NCh 1333 para el uso de riego y los resultados de los análisis del agua para los analitos y parámetros evaluados en el Vertedero Asquee (código muestra AA), que son considerados por la norma.

Código muestra	Matriz	pH	ORP (mv)	C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	O ₂ disuelto (mg/L)	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Hg (mg/L)	Pb (mg/L)	Hidrocarburos fijos (mg/L)
AA1	agua	7.1	183.8	34.9	7.67	0.001	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.05	<5
AA2	agua	6.58	226.3	102	7.42	0.002	<0.01	0.05	<0.0005	<0.05	<5
AA3	agua	6.62	136.5	78.6	7.65	0.002	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.05	<5
NCh 1333 Riego	agua	5.5-9.0	--	750	5*	0.1	0.01	0.2	0.001	5	--

*Mínimo requerido

Tabla 39: Comparación de resultados análisis de muestras de agua en puntos cercanos a Vertedero Asquee con valores de la NCh 1333.

Como se puede observar en la Tabla 39, en el Vertedero Asquee ningún valor obtenido mediante el muestreo de agua sobrepasa algún parámetro de la norma NCh 1333, o es inferior (en el caso del Oxígeno disuelto).

En el caso de los hidrocarburos, de acuerdo a la norma, para cualquier tipo de hidrocarburo no debe haber detección visual, no debe haber cubrimiento de fondo, orilla

o ribera, y no debe haber olor perceptible, requisitos que se cumplen en todos los casos. Esto último se corroboró al considerar el resultado obtenido en laboratorio y la inspección visual realizada en terreno, pues en ambos vertederos los valores de hidrocarburos fijos se encontraron por debajo del límite de detección.

8. Conclusiones

En este estudio se realizó la evaluación de riesgo asociada a potencial contaminación de 2 ex-vertederos, Lepún en la comuna de Lago Ranco y Asquee, en mariquina. Para esto, se tomaron muestras de agua, suelo y aire.

En el sitio de Lepún, de acuerdo a las características de impermeabilidad del suelo en donde se emplaza el ex-vertedero, es posible desestimar el riesgo asociado a la contaminación del agua subterránea. Sin embargo, resultó necesario evaluar riesgos asociados a otras vías de exposición, como la potencial contaminación del agua asociada a escorrentía superficial. En este sentido, los valores que alcanzan el nivel máximo permitido en la NCh 409 para el As (0.01 mg/l), alcanzando un nivel máximo, sin implicar un riesgo para la salud. Los resultados de los análisis realizados a las muestras, indican que para el As no se sobrepasan los límites permisibles establecidos en la norma NCh 409.

También se midió emisiones de gases en grietas, sin detectarse concentraciones perceptibles por el equipo. De esta manera, se desestima el potencial riesgo asociado a la presencia de gases potencialmente peligrosos.

En relación al ex-vertedero de Asquee, se puede mencionar que este operó hasta el año 1995, por lo que se encuentra en una etapa de estabilidad en relación a la producción de gases asociados a desechos orgánicos, que se encuentran en el depósito. El riesgo a evaluar en este sitio está asociado a la potencial contaminación del agua subterránea, que es utilizada por los vecinos del sector. Sin embargo, los resultados obtenidos para los análisis de agua de pozos (agua para consumo humano) y de una zanja al costado de uno de los depósitos, indica que las concentraciones de elementos potencialmente peligrosos se encuentran bajo los límites máximos permisibles establecidos en las Normas NCh 409 y 1333, por lo que descarta el riesgo por toxicidad en el Vertedero Asquee para la población existente en el sector.

En ambos casos, se descartó la presencia de compuestos organoclorados u otras sustancias persistentes y peligrosas (COPs), tanto por verificación en la visita a terreno

como por la recopilación de la información existente. Sin embargo, existen antecedentes de la presencia de barriles de brea en el sitio de Asquee, por lo que el plan de muestreo se consideró el análisis de hidrocarburos. En este sentido, en el caso de los hidrocarburos fijos evaluados, para aguas destinadas para la vida acuática se establece, según la NCh 1333, que no debe haber detección visual, no debe haber cubrimiento de fondo, orilla o ribera, y no debe haber olor perceptible, para cualquier tipo de hidrocarburo, requisitos que se cumplen en todos los casos. Esto es corroborado por los resultados de los análisis.

Las concentraciones de elementos trazas en los suelos de ambos vertederos (Lepún y Asquee) se encuentran todas dentro de los rangos, ya sea al compararlos con el *background* como con los valores guía indicados por el CCME en Canadá y con los valores EMEG calculados. Por lo tanto, se descarta que exista riesgo tóxico en la población humana y/o ecosistemas, ya sea por ingestión o por contacto dérmico con alguno de los metales analizados.

Respecto de las medidas gestión a realizar en ambos sitios, al no presentarse riesgos asociados, es recomendable mantener un monitoreo discreto de estos sitios. Particularmente en el ex-vertedero de Lepún, que al encontrarse abierto resulta un lugar susceptible al potencial vertimiento de otros residuos.

En cuanto a la actualización de la lista de prioridad de sitios con potencial presencia de contaminantes, se sugiere descartar estos sitios como contaminados y evaluar otros potenciales sitios asociados, por ejemplo, a la industria del papel y forestal. También, se sugiere, enérgicamente, evaluar el potencial riesgo que podría presentarse por la actividad de mineros artesanales del oro, que se realiza en la comuna de Mariquina, y que cuyo proceso de extracción requiere del uso de cianuro y mercurio, sustancias altamente tóxicas para el ser humano, la que podrían estar acumulándose en las cercanías de las faenas y lavaderos de oro.

9. Referencias

ADASME. 2013. Fundamentos Plan estratégico para la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Región de Los Ríos. Consultora ADASME y Cía. Ltda. 64 p.

Arenas, M.; Milovic, J.; Pérez, Y.; Troncoso, R.; Behlau, J.; Hanisch, J.; Helms, F. 2005. Geología para el ordenamiento territorial: área de Valdivia, Región de Los Lagos. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental 8: 71p., 6 mapas escala 1:100.000 y 1 mapa escala 1:25.000.

Arratia, C. 2012. Proyecto manejo sustentable de residuos sólidos. Región de Los Ríos. Asociación de municipios de Los Ríos. En línea: http://www.munitel.cl/eventos/seminarios/html/documentos/2012/XXXVIII_ESCUELA_DE_CAPACITACION_CHILE/VALDIVIA/PPT16.pdf.

Barozzi, R.; Lemke, R. 1966. El suelo de fundación de Valdivia. Instituto de Investigaciones Geológicas, Estudios Geotécnicos (Inédito), N° 1, 1 mapa escala 1:7.500.

Barriga, F. 1999. Metodología de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados. OPS/CEPIS/PUB. Lima. Perú. 93 p.

Brüggen, J. 1950. Fundamentos de la Geología de Chile. Instituto Geográfico Militar: 374 p. Santiago.

Campos, A., Moreno, H., Muñoz, J., Antinao, J., L., Clayton, J. y Martin, M. 1998. Área de Futrono-Lago Ranco, Región de Los Lagos. Servicio Nacional de Geología y Minería, Mapas Geológicos No.8, escala 1:100.000. Santiago.

Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). 2003. Estudio Agrológico X Región. Descripciones de suelos, materiales y símbolos. Publicación N°123. 374 p.

Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). 2006. A Protocol for the Derivation of Environmental and Human Health Soil Quality Guidelines. Winnipeg, Manitoba. Canadá. 215 p.

Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). 2016. Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG) Summary Table. En línea: <http://st-ts.ccme.ca/en/index.html>.

Centro Tecnológico de Suelos y Cultivos (CTSyc). 2016. Mapa de suelos. IX Región. En línea: <http://www.ctsyc.cl/>.

Doyel, W.; Moraga, A.; Falcón, E. 1960. Relaciones entre la geología de Valdivia (Chile) y los daños causados por los terremotos del 22 de mayo de 1960: informe preliminar. Instituto de Investigaciones Geológicas (Inédito): 19 p. Santiago.

Duhart, P.; Antinao, J.L.; Clayton, J.; Elgueta, S.; Crignola, P.; McDonough, M. 2003. Geología del Área Los Lagos-Malalhue. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 81: 30 p., 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.

Fundación Chile. 2012. Guía Metodológica para la Gestión de los Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes. 126 p.

Illies, H. 1970. Geología de los alrededores de Valdivia y volcanismo y tectónica en márgenes del Pacífico de Chile Meridional. Instituto de Geología y Geografía, Universidad Austral de Chile: 64 p. Valdivia.

INE. 2007. Síntesis geográfica Región de Los Ríos. División político, administrativa y censal 2007. En línea: http://www.inelosrios.cl/archivos/files/pdf/DPA/dpa_losrios.pdf

Instituto Nacional de Normalización. 2005. Agua potable. Parte 1. Requisitos. NCh 409/1: Of.2005. Santiago, Chile. 9 p.

Instituto Nacional de Normalización. 1987. Requisitos de calidad de agua para diferentes usos. NCh 1.333: Of.1978. Modificada en 1987. Santiago, Chile. 9 p.

Luzio W., Casanova M., Seguel O. 2010. Suelos de Chile. Luzio W. (Editor). Universidad de Chile. Chile. 346 p.

Mella, M.; Duhart, P.; McDonough, M; Antinao, J.; Elgueta, S.; Crignola, P. (2012). Geología del Área Valdivia-Corral, Región de Los Ríos. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 137: 49 p., 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.

Páez, D.; Feuker, P.; Troncoso, R.; Pérez, Y. (2014). Hidrogeología de la cuenca del río Valdivia, Región de Los Ríos y La Araucanía. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Hidrogeología 5: 1 mapa escala 1:200.000. Santiago.

PGS. 2015. Análisis técnico para suelos con presencia de metales pesados. Informe Final. Informe presentado para el Ministerio de Medio Ambiente. 229 p.

Phillippi, R.A. 1887. Los fósiles terciarios i cuaternarios de Chile. Imprenta Brockhaus: 256 p. Leipzig.

SEREMI Medio Ambiente Región de Los Ríos. 2012. II Segundo Informe Diagnóstico Regional de Suelos Abandonados con Potencial Presencia de Contaminantes.

SERNAGEOMIN. 1998. Estudio Geológico-Económico de la Décima Región Norte. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Registrado IR-98-15, 6 Vols., 27 mapas, diferentes escalas. Santiago, Chile. (*)

SERNAGEOMIN, 2008. Levantamiento hidrogeológico y potencial de agua subterránea del Valle Central de la región de Los Lagos, [COD.BIP N° 20186775-0].

SII. 2016. Estadísticas de empresas por región, comuna y rubro económico (2005-2014). En línea: http://www.sii.cl/estadisticas/empresas_region.htm.