

INFORME CONSOLIDADO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIAS DE CONTAMINANTES 2022



INFORME CONSOLIDADO **DE EMISIONES Y TRANSFERENCIAS DE CONTAMINANTES** 2022



Equipo de Trabajo

Informe Consolidado del RETC

Equipo de trabajo

Departamento de Información Ambiental

Víctor Caro Castro
Jefe División de Información y Economía Ambiental
Ministerio del Medio Ambiente

Álvaro Shee Smith
Jefe Departamento de Información Ambiental

Departamento de información ambiental

Leyla Arriagada Solís, Daniel Figueroa Serrano, Claudia Gajardo Devia, Eduardo Kawanabe Martínez, Montserrat Larrosa Ziegler, Osvaldo Miranda Silva, Marisol Piña Parraguez, Juan Pizarro Miranda, Lorena Riesco Escobar, Jorge Ulloa Roa, Diego Vega Domínguez, Matías Vergara Herrera

Grupo nacional coordinador

Walter Folch Ariza
Gonzalo Aguilar Madaune
Ministerio de Salud

Marie Claude Plumer Bodin
Superintendente del Medio Ambiente

Rubén Triviño Escobar
Secretaría de Planificación de Transportes,
Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

Christian Little Cárdenas
Corporación Nacional Forestal

Jorge Rivas Chaparro
Superintendente de Servicios Sanitarios

Equipo de trabajo

Informe Consolidado del RETC

Coordinación general

Matías Vergara Herrera

Contenido

Juan Pizarro Miranda
Matías Vergara Herrera

Revisión y coordinación editorial

Acuerdo de Escazú
Leyla Arriagada Solís

Diseño de indicadores

Juan Pizarro Miranda, Matías Vergara Herrera,
Eduardo Kawanabe Martínez

Análisis ambiental

Jorge Ulloa Roa, Monserrat Larrosa Ziegler, Juan Pizarro Miranda, Diego Vega Domínguez, Matías Vergara Herrera

Revisión final

Álvaro Shee Smith

Diseño y diagramación

Eduardo Parra Castro

INFORME CONSOLIDADO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIAS DE CONTAMINANTES|2022, RETC

©2024 Ministerio del Medio Ambiente, San Martín 73, Santiago, Chile

Editor responsable: Departamento de Información Ambiental,
División de Información y Economía Ambiental
Ministerio del Medio Ambiente

ISBN: 978-956-7204-95-3

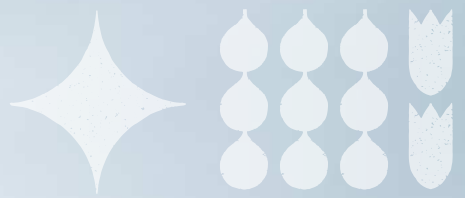
Se terminó de imprimir esta obra en febrero de 2025

Impresión: Andros Impresores - Impreso en Chile/Printed in Chile

Índice

Prólogo	6
Introducción	7
Capítulo 1 Conceptos claves para la comprensión del RETC	9
Capítulo 2 Información contenida en el RETC	18
Capítulo 3 Acceso a los datos del RETC	30
Capítulo 4 De los datos a la información	40
Epílogo	70
Bibliografía	72
Anexos	74





Prólogo



La disponibilidad de información confiable y accesible es esencial para tomar decisiones que promuevan un desarrollo sustentable y armónico con el medio ambiente y, a su vez, enfrentar la triple crisis climática, de pérdida de biodiversidad y contaminación. Desde su creación en 2005, y en concordancia con el Acuerdo de Escazú, el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) ha sido fundamental para garantizar el “derecho a saber” de la ciudadanía, proporcionando datos claves acerca de las emisiones y transferencias de contaminantes en Chile.

El **Informe Consolidado de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), 2022** ofrece una visión integral de las emisiones que impactan el aire, el agua y el suelo en nuestro país. Analiza las principales fuentes de contaminación de más de 54.000 establecimientos, de diversos sectores más significativos y los patrones emergentes, proporcionando un marco valioso para comprender los desafíos ambientales actuales.

Entre sus principales conclusiones destaca que, a nivel nacional, las emisiones de $MP_{2,5}$ por combustión de leña son la principal fuente de emisión y llegaron a 125.720 toneladas, la que corresponde a una leve reducción de 0,81% respecto del 2020. La Región de La Araucanía es la mayor emisora de contaminación al aire por $MP_{2,5}$ debido a la combustión de leña con 28.828 toneladas. Este valor también muestra una reducción del 0,72% de las emisiones respecto del 2020 para la región. Mientras que la región con menores emisiones de contaminación al aire por el mismo material particulado es Arica, con 120 toneladas para el 2022. Asimismo, en el 2022 se registraron más de 524 mil toneladas de emisiones de contaminantes a cuerpos de agua continentales, y la Región de Los Lagos generó el mayor aporte (38%). Estas emisiones se distribuyen entreríos, lagos, lagunas, acuíferos y otros cuerpos de agua dulce en el territorio nacional.

En el ámbito de los residuos, durante 2022 se generaron más de 18 millones de toneladas, donde los residuos no peligrosos industriales representaron el 48,92% y los residuos municipales el 46,50%. La tendencia general ha sido un incremento sostenido entre 2020 y 2022, variando de 7,8 a 8,6 millones de toneladas, lo que representa un crecimiento significativo cercano al 10% en la generación de residuos a nivel nacional.

Estos análisis ofrecen información estratégica para la toma de decisiones y refuerzan la necesidad de fomentar una mayor conciencia pública respecto de la importancia de proteger el medio ambiente y reducir las emisiones contaminantes.

Este documento constituye un reflejo del compromiso inquebrantable de Chile con la transparencia, la colaboración y una gestión ambiental eficiente, principios fundamentales para abordar con éxito los complejos retos ambientales que enfrenta nuestro país. Al acercar esta información a toda la ciudadanía, se busca democratizar el acceso a ella e inspirar acciones concretas que contribuyan a un futuro más limpio y sostenible. Agradecemos a las personas e instituciones cuyo aporte ha sido clave para generar este nuevo informe consolidado del RETC.

Maisa Rojas Corradi
Ministra del Medio Ambiente de Chile



Introducción

El decimoséptimo Informe Consolidado de Emisiones y Transferencias de Contaminantes brinda una visión de los patrones de contaminación en Chile, destacando las principales emisiones y contaminantes emitidos al aire, agua y suelo durante el año 2022.

Este reporte es el resultado de un esfuerzo colaborativo y de análisis de datos provenientes de diversas fuentes, que son capturados y sistematizados por el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) y nos permite identificar las emisiones más significativas, los contaminantes predominantes, las cantidades involucradas y las regiones afectadas, proporcionando así un panorama integral de la situación ambiental en nuestro país.

Un enfoque clave de este informe radica en su contribución al derecho ciudadano consagrado en el Principio 10 de la Agenda 21 para el desarrollo sostenible aprobado por las Naciones Unidas, destacando la importancia del acceso a información ambiental en concordancia con el Acuerdo de Escazú. La información presentada proviene principalmente de dos fuentes: las emisiones de fuentes puntuales, declaradas por los establecimientos mediante el Sistema Ventanilla Única del RETC, y las emisiones de fuentes no puntuales provenientes de diversas instituciones,

como CONAF, Instituto Nacional de Estadísticas (INE), SECTRA, Carabineros de Chile, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y el Ministerio de Energía.

En esta edición, el análisis de datos destaca la complejidad de los impactos ambientales y sus implicancias en el territorio nacional. Se examinarán las tendencias y concentraciones de contaminantes específicos desde la contaminación atmosférica generada por fuentes industriales hasta los vertidos al agua que afectan ecosistemas acuáticos y las transferencias al suelo (generación de residuos sólidos), así como los sectores industriales que contribuyen de manera más significativa a estas emisiones.



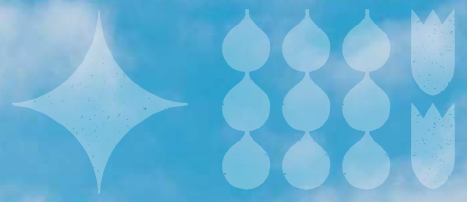
Les invitamos a conocer más detalles en el presente informe, también disponible para ser descargado en el portal del RETC, sección publicaciones:

<https://retc.mma.gob.cl/>

1 CONCEPTOS CLAVES PARA LA COMPRESIÓN DEL RETC

En este capítulo se presentan los conceptos claves para la interpretación de datos e información ambiental generados mediante el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, RETC.



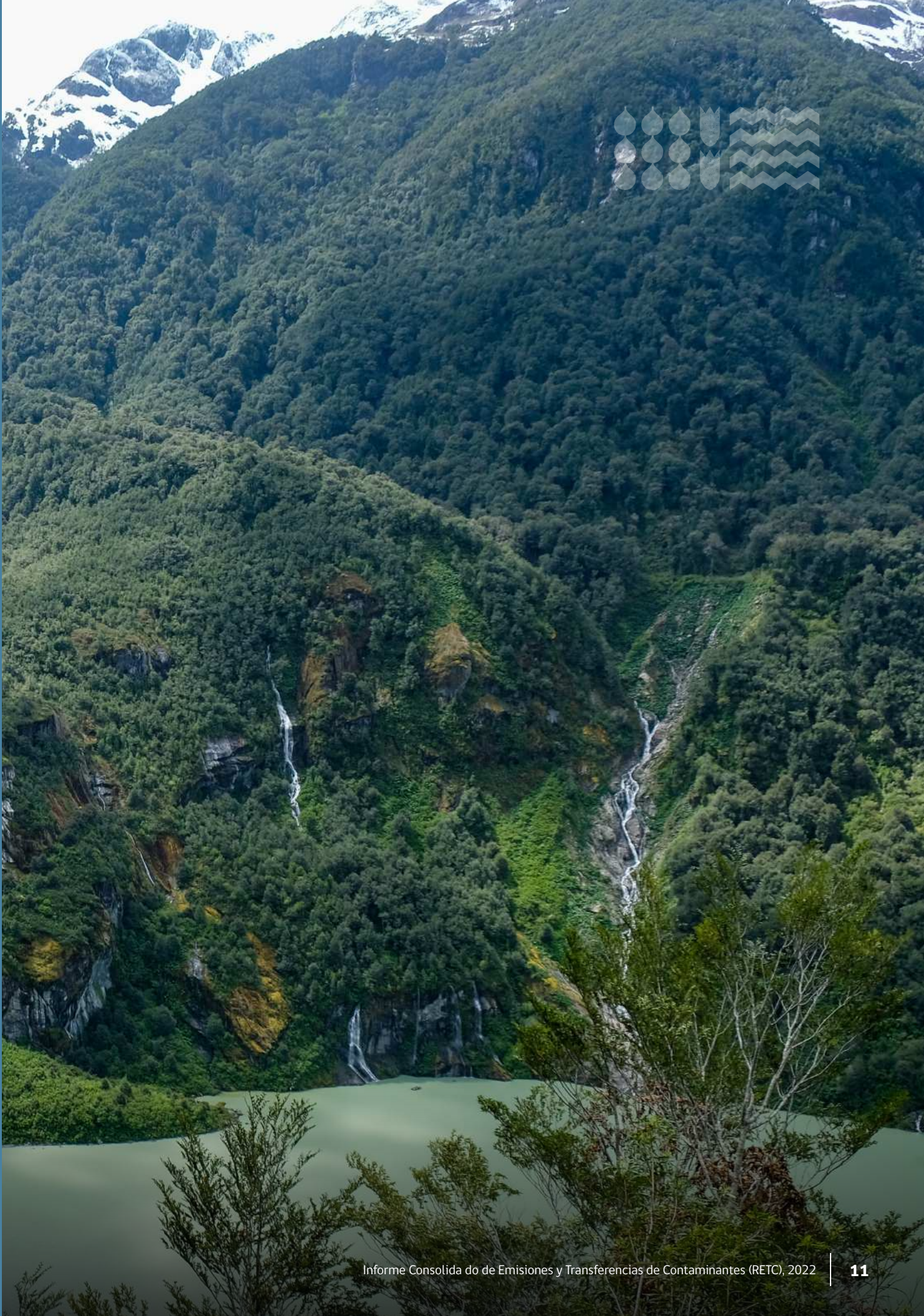




CAPÍTULO 1

CONCEPTOS CLAVES PARA LA COMPRENSIÓN DEL RETC

1.1. Registro	12
1.2. Emisiones	13
1.3. Transferencias	15
1.4. Contaminantes	16





Con el objetivo de facilitar la comprensión de la información, es esencial definir algunos conceptos relacionados con los datos e información del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC). A continuación presentamos términos que simplifican y enriquecerán la comprensión del análisis de los datos que se entregan en el **Capítulo 3** de este informe.

1.1. REGISTROS

En el contexto de la información ambiental, un registro se define como un conjunto de datos ambientales organizado, estructurado y documentado. El Ministerio ha realizado avances significativos en la consolidación de estos registros en bases de datos integrales, lo que facilita la captura y procesamiento de la información de manera coherente y eficiente. Mediante estos procesos se busca transformar datos brutos en información ambiental relevante y útil para la toma de decisiones y la gestión ambiental efectiva.

El Ministerio del Medio Ambiente debe administrar un Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), donde se registra y sistematiza, por fuente o agrupación de fuentes de un mismo establecimiento, la naturaleza, caudal y concentración de emisiones de contaminantes que sean objeto de una norma de emisión, y la naturaleza, volumen y destino de los residuos sólidos generados que señale el reglamento.

Acceso a público

El RETC proporciona a todo público acceso a los datos por medio de la plataforma web OpenData de CKAN:
<http://datosretc.mma.gob.cl/group>.

Estos datos están organizados en grupos, ya sea según las emisiones o transferencias, o en conjuntos relacionados con cierto componente ambiental. La mayor parte de la información en el RETC está directamente vinculado a lo que la industria reporta, detallada según las regulaciones específicas.

A continuación se proporciona una breve descripción de componente ambiental y establecimiento.

a. Componente ambiental

Se refiere a una parte o aspecto específico del entorno natural que forma parte del ecosistema, como aire, agua, suelo, organismos vivos, y otros factores físicos y biológicos que interactúan para dar forma al medio ambiente. Cada componente ambiental desempeña un papel crucial en el equilibrio y funcionamiento del ecosistema, y su estado y calidad se pueden ver afectados por diversas actividades humanas y naturales. El RETC en Chile organiza sus datos según estos tres componentes específicos (aire, agua y suelo), permitiendo un análisis enfocado en las presiones ambientales que constituyen las emisiones y transferencias de contaminantes.

b. Establecimiento

Es una unidad o lugar físico donde se llevan a cabo actividades que generan algún tipo de presión ambiental al agua, aire o suelo. Van desde pequeños establecimientos comerciales hasta grandes instalaciones industriales.

Características de los establecimientos

- Constituyen el nivel de granularidad más alto en el RETC, permitiendo un enfoque y contexto específico de la información ambiental generada por la industria.
- Pueden variar en tamaño y rubro, abarcando desde pequeñas oficinas hasta complejas plantas industriales.
- En los datos abiertos publicados, cada establecimiento es identificable mediante características únicas, como el id de ventanilla única, ubicación geográfica, RUT (Rol Único Tributario), y nombre de la empresa.
- Están sujetos a regulaciones y requisitos específicos según la naturaleza de sus operaciones y el tipo de contaminantes que puedan generar.

¹De esta manera el RETC da cumplimiento al artículo 70, letra p, de la Ley N° 19.300 respecto de bases generales del Medio Ambiente.

Importancia en el RETC de la unidad establecimiento

- Constituyen el nivel de granularidad más alto en el RETC, permitiendo un enfoque y contexto específico de la información ambiental generada por la industria.
- Permite identificar la presión ambiental de las actividades industriales en el medio ambiente y la salud de las personas al monitorear y gestionar las emisiones y transferencias de contaminantes.
- Al ser una fuente clave de información, los datos de los establecimientos contribuyen a la toma de decisiones informada para la gobernanza ambiental y la protección de la salud pública.

1.2. EMISIONES

El D.S. N°1/2005 establece como emisión toda introducción de contaminantes o sustancias en el medio ambiente, regulados o no, producto de cualquier actividad humana, sea deliberada o accidental, habitual u ocasional, incluidos los derrames, escapes o fugas, descargas, inyecciones, eliminaciones o vertidos, o descargas al alcantarillado que no cuenten con tratamiento final de aguas residuales.

El RETC tiene como función principal el registro de datos de emisiones de contaminantes, permitiendo determinar la cantidad de sustancias nocivas liberadas al aire, agua o suelo. Estas emisiones son registradas anualmente y abarcan una variedad de tipologías de fuentes cuyas emisiones constituyen presiones ambientales.

Funciones en el RETC

- Facilitar el acceso a la información acerca de emisiones, residuos y transferencias de contaminantes.
- Promover el conocimiento de la información por parte de la ciudadanía.
- Constituir una herramienta de apoyo para la adopción de políticas públicas y de regulación.
- Proporcionar un recurso eficaz que favorezca la toma de decisiones en el diseño de la política de gestión ambiental encaminada a reducir la contaminación, prevenir la generación de residuos y promover su valorización, y avanzar hacia un desarrollo sustentable; **Decreto 31.**
- Facilitar a los sujetos regulados la entrega de la información respecto de las emisiones, residuos, transferencias de contaminantes y productos prioritarios.
- Propender a generar una gestión ambiental más adecuada de las emisiones, residuos y transferencias de contaminantes por parte de la industria y municipalidades.

Metodologías de cuantificación

Abarcan diversas metodologías, así como mediciones, muestreos o estimaciones. Cada una de estas metodologías requiere la aplicación de un proceso o método que, a su vez, influye en la calidad de los datos obtenidos.

Un ejemplo de lo anterior es [la guía metodológica para la estimación de emisiones provenientes de fuentes puntuales, publicada en 2019](#), que se establece como un referente oficial para la generación de datos estimados en un alcance general de emisiones al aire.

Además, es posible contar con datos de emisiones generados por medio de los procesos de Muestreo, Reporte y Verificación (MRV), implementados por la institucionalidad ambiental con fines de fiscalización de las normativas. Esto incluye el seguimiento y control de calidad de las mediciones, muestreos y estimaciones, cumpliendo con los más altos estándares en cuanto a la calidad de los datos.

En resumen, la recopilación y análisis de datos de emisiones en el RETC son esenciales para comprender y abordar las presiones ambientales, promoviendo acciones focalizadas y políticas efectivas para mitigar los impactos en la salud pública y el medio ambiente.



a. Tipos de fuentes en relación con las emisiones

Se dividen en fuentes puntuales y fuentes difusas. La diferenciación entre fuentes puntuales y difusas es esencial para comprender la dinámica de las emisiones. Los establecimientos, a lo largo de sus diversos procesos, generan emisiones hacia distintos componentes del medio ambiente. Estas emisiones afectan al aire mediante procesos de combustión y transformación de materias primas, que pueden estar relacionadas con fuentes tanto estacionarias (puntuales) como difusas. Además, también contribuyen a la contaminación del agua mediante la descarga de residuos líquidos industriales y pueden influir en la calidad del suelo debido a la disposición de residuos o a las consecuencias del ciclo natural que involucra la dispersión de contaminantes, lo que puede terminar afectando negativamente la salud de los suelos y el mismo componente agua.

Fuentes puntuales

Son aquellas fuentes donde la ubicación del punto de descarga, generación o emisión al medio ambiente es completamente identificable. Ejemplos: plantas industriales, fábricas, y otros establecimientos donde la liberación de contaminantes ocurre en puntos específicos y fácilmente localizables.

Fuentes difusas

Son aquellas fuentes de menores dimensiones o dispersas, donde no es posible identificar u obtener información desglosada de sus emisiones, residuos o transferencias de contaminantes de manera clara.

Debido a su naturaleza dispersa, el RETC estima las emisiones de estas fuentes mediante diferentes metodologías específicas (**ver Anexo 1**).

Ejemplos:

- **Emisiones de transporte en ruta,**
- **Incendios forestales,**
- **Incendios urbanos,**
- **Quemas agrícolas,**
- **Combustión a leña residencial.**

b. Normativas en el contexto de emisiones

En la actualidad, una parte significativa de la información relacionada con emisiones se genera y captura por medio de los informes de cumplimiento normativo. Esto puede incluir normativas de emisiones, requisitos de declaraciones obligatorias y planes de descontaminación ambiental.

Estos instrumentos normativos establecen la obligación de registrar datos de emisiones por parte de las entidades correspondientes, los que son evaluados por la autoridad competente para verificar el cumplimiento normativo. Estos datos también constituyen la fuente de información para el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

Con el fin de simplificar la gestión de estos registros y hacer más accesible y eficiente el cumplimiento normativo, el Ministerio del Medio Ambiente cuenta con la plataforma de Ventanilla Única del RETC que permite el acceso a diferentes sistemas de reporte mediante un único punto de entrada que facilita la estandarización, estructuración y gestión eficiente de los datos ingresados.

1.3. TRANSFERENCIAS

Las transferencias de contaminantes es el traslado de contaminantes a un lugar que se encuentra físicamente separado del establecimiento que lo generó. Incluye entre otros:

- Descarga de aguas residuales al alcantarillado público que cuentan con tratamiento final.
- Transferencias de residuos para su valorización o eliminación.
- Transferencias de aguas residuales para tratamientos como neutralización, tratamiento biológico, separación física.
- Transferencias de contaminantes contenidos en productos.
- Transferencias de insumos para la producción industrial potencialmente dañinos para la salud y el medio ambiente.

Estas transferencias se refieren al desplazamiento de sustancias desde un establecimiento hacia otros receptores, ya sea mediante la descarga en cuerpos de agua o disposición en el suelo. Las transferencias pueden también ocurrir entre componentes ambientales: desde el agua al aire, desde el agua al suelo, etc. Entre las transferencias relevantes que aborda el RETC se incluyen tanto los residuos peligrosos como los no peligrosos.

Los residuos no peligrosos, aunque no están directamente vinculados con el mundo de los contaminantes, se consideran en este análisis. Su inclusión es relevante, especialmente en el contexto de transferencias a disposición final y su posible impacto en el componente suelo.

Esta información ambiental resulta crucial para la toma de decisiones relacionadas con las políticas públicas, especialmente aquellas centradas en la promoción de la sustentabilidad y economía circular.

Transferencias a suelo

Las transferencias al suelo se componen de tres tipos de gestión. La de residuos peligrosos, la de residuos no peligrosos, y la de lodos de plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS). A continuación se entrega una descripción general de ambos.

i. Residuos peligrosos

Según el Decreto 148 del Ministerio de Salud de Chile, los residuos peligrosos son materiales que presentan características o propiedades que pueden representar riesgos significativos para la salud humana y el medio ambiente si no se manejan adecuadamente.

Estos residuos incluyen sustancias químicas, productos farmacéuticos caducados, productos biológicos contaminados, materiales radiactivos y otros desechos que contienen agentes patógenos o tóxicos. El decreto establece criterios específicos para la clasificación, identificación, almacenamiento, transporte y disposición final de estos residuos, con el objetivo de minimizar los impactos negativos en la salud pública y el entorno ambiental. Adicionalmente, los residuos peligrosos reportados se agrupan de acuerdo con la Lista A (**ver Anexo 2**), facilitando su análisis por peligrosidad y contaminantes. Este conjunto de datos ambientales es esencial para el RETC, ya que proporciona información referente a la gestión de residuos peligrosos y su impacto ambiental.

ii. Residuos no peligrosos

Los residuos no peligrosos se encuentran regulados bajo el Decreto Supremo 01/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, el que establece los lineamientos para su reportabilidad por medio del Sistema Nacional de Residuos (SINADER). El SINADER estructura los datos asociados a la gestión de residuos considerando su categorización, quién lo genera, qué se hace con él y su trazabilidad. Es relevante señalar que, en el caso de los residuos no peligrosos, aquellos que no son declarados por las municipalidades se estiman para la comuna correspondiente (**ver Anexo 3**).

Los residuos no peligrosos no se vinculan directamente con la transferencia de contaminantes, sino que abarcan una amplia gama de materiales categorizados en el Listado Europeo de Residuos como papel, cartón, vidrio, plástico, textiles, madera y otros componentes no peligrosos (**ver Anexo 4**).

A partir del 2020 se incorpora la trazabilidad como una variable relevante, permitiendo rastrear el destino u origen de los residuos. A modo general, existen tres tipos de tratamientos: valorización, recolección, y eliminación (**ver Anexo 5**); y dentro de este último está la disposición final a suelo. Este último tipo de tratamiento complementa la visión integral de los residuos y suma información al RETC en el marco de las presiones ambientales al componente suelo.

1.4. CONTAMINANTES

Se entiende como contaminante todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental. (**Ley N°19.300**).

Estas sustancias contaminantes pueden ser clasificadas de diversas formas, ya sea por su composición química, su origen, sus propiedades físicas, tamaño o toxicidad. Además, pueden ser categorizadas en función de su impacto territorial, siendo etiquetadas como contaminantes locales o globales, según su alcance de influencia. En el **Anexo 6** se muestra el listado completo de contaminantes que se trabajan a nivel del RETC.

a. Industrias y contaminantes

Diversos procesos y actividades industriales son responsables de la generación y emisión de contaminantes. Dependiendo de la actividad, pueden estar asociados con contaminantes característicos. Aquí se destacan algunos puntos claves referentes a las industrias y los contaminantes asociados:

Emisiones atmosféricas

Una de las fuentes principales de emisión de contaminantes al aire se relaciona con la utilización de combustibles en diversas actividades de procesos. La combustión se presenta de manera generalizada en varios sectores, como termoeléctricas, cementeras, e industrias manufactureras, entre otros. Además de la emisión generada por la combustión, se suman las emisiones provenientes de procesos específicos de la industria, como los procesos de fabricación de acero, fundición y otros procesos particulares.

Residuos industriales líquidos (RILes)

La actividad industrial, en su amplia diversidad, también puede dar lugar a la generación de Residuos Industriales Líquidos, conocidos como RILes.

Estos son aguas de desecho que resultan de los procesos, actividades o servicios industriales y pueden contener altas concentraciones de elementos contaminantes. Estos RILes se canalizan por diversos medios hacia el agua o el suelo, generando presiones al medio ambiente e impacto en la salud de las personas.

Tratamiento y gestión de residuos

Otro impacto potencial de la actividad industrial corresponde a la generación de residuos peligrosos como resultado de sus procesos de producción. Estos residuos peligrosos son sustancias o materiales que representan un riesgo significativo para la salud humana y el medio ambiente debido a sus propiedades tóxicas, inflamables, corrosivas o peligrosas desde el punto de vista biológico.

Estos residuos pueden incluir productos químicos, productos farmacéuticos, productos electrónicos, desechos radiactivos y otros materiales peligrosos. Por tanto, es crucial implementar un tratamiento y una gestión específicos para minimizar los riesgos asociados a dichos desechos. A estos residuos se suma la generación de residuos no peligrosos cuya disposición final genera potenciales presiones ambientales al componente ambiental suelo.

b. Contaminantes ambientales en este informe

Los contaminantes ambientales se abordan en este informe considerando los tres componentes ambientales previamente definidas: aire, agua y suelo.

Contaminación al aire

La contaminación del aire se produce cuando se liberan al ambiente sustancias perjudiciales, como gases y partículas finas, que alteran la composición química de la atmósfera.

Estas sustancias pueden provenir de diversas fuentes, como la quema de combustibles fósiles en vehículos y plantas industriales, y tienen efectos nocivos para la salud, como enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Además, pueden contribuir al cambio climático al aumentar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. El RETC proporciona datos detallados de las emisiones al aire, desglosados por composición y región, centrándose en seis contaminantes (**ver Anexo 7**).

Estos contaminantes, conocidos como “contaminantes criterio”, se identifican como perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente, siendo regulados por el Clean Air Act de Estados Unidos, los que comúnmente están presentes en productos de uso doméstico, pinturas, combustibles y más.

Contaminación al agua

La contaminación al agua se refiere a la introducción de sustancias contaminantes en cuerpos de agua, como ríos, lagos y océanos. Estos contaminantes pueden incluir productos químicos industriales, desechos orgánicos, nutrientes en exceso, metales pesados y patógenos. La contaminación del agua compromete la salud de los ecosistemas acuáticos y puede afectar la calidad del agua potable, lo que tiene un impacto directo en la salud de las personas. Además, puede dar lugar a la degradación de hábitats acuáticos y la pérdida de biodiversidad.

El informe del RETC considera la emisión de contaminantes al agua como cualquier introducción de sustancias dañinas en el entorno acuático, sea en aguas marinas o continentales, como también subterráneas. Este año, el informe consolidado presenta estadísticas detalladas respecto de emisiones de diversos contaminantes al agua (**ver Anexo 7**). Cada uno de estos contaminantes posee características y efectos específicos en el entorno acuático, desde la formación de capas superficiales hasta la promoción del crecimiento excesivo de algas y la acumulación de elementos tóxicos en organismos acuáticos.

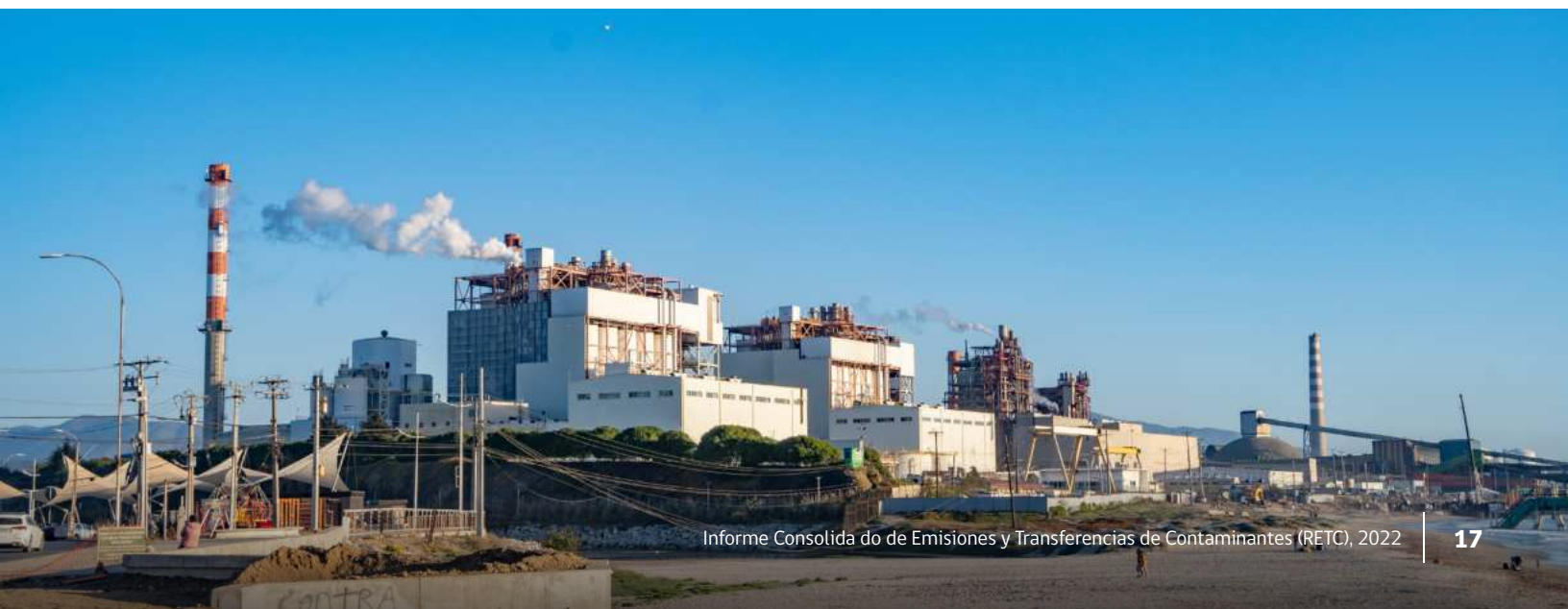
Contaminación al suelo

La contaminación de suelos surge de la presencia de sustancias químicas, ya sean industriales o domésticas, introducidas por diversos medios, como residuos líquidos mediante la disposición a este componente ambiental. Las actividades asociadas a la gestión de transferencias al suelo, como lo es la gestión de residuos peligrosos y no peligrosos, afectan la calidad y el uso del suelo, así como representan un riesgo para los ecosistemas. Actualmente el RETC no recopila información específica acerca de transferencia de sustancias contaminantes al suelo debido a la falta de marcos regulatorios o normativas establecidas para este tipo de transferencias. Lo que RETC logra capturar es datos ambientales asociados a la gestión de residuos y los tipos de tratamiento asociados como lo es la disposición a suelo.

Consideraciones adicionales

La relación entre un contaminante y su toxicidad se establece según su capacidad para causar daños en seres vivos expuestos. La toxicidad varía según la sustancia, dosis, duración de la exposición y vía de contacto.

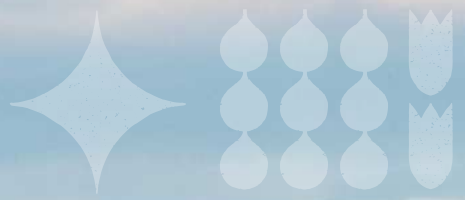
Los datos de emisiones o transferencias proporcionan información valiosa acerca del alcance y las presiones ambientales de un contaminante específico. Sin embargo, por sí solo no determina la peligrosidad asociada a la calidad del medio ambiente. Con el fin de evaluar el riesgo de la salud humana y el medio ambiente, es necesario considerar otras variables claves, como la concentración del contaminante en una unidad de volumen y el tipo de contaminante presente. Esto implica definir las concentraciones del contaminante y evaluar los posibles riesgos para la salud y el medio ambiente en caso de exposición.



2 INFORMACIÓN CONTENIDA EN EL RETC

En este capítulo se indican los objetivos del RETC, las fuentes de información que lo componen, el proceso que implica pasar del dato ambiental a la información ambiental y los usos generales.







CAPÍTULO 2

INFORMACIÓN CONTENIDA EN EL RETC

- | | |
|---|----|
| 2.1. ¿Qué es un registro de emisiones y transferencia de contaminantes, RETC? | 22 |
| 2.2. ¿Cómo se obtiene la información del RETC y de dónde proviene? | 26 |
| 2.3. ¿Cómo se construye la información del RETC? | 28 |
| 2.4. ¿Cómo se utiliza el RETC? | 29 |



¿QUÉ ES UN REGISTRO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIAS DE CONTAMINANTES, RETC?

El Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) es una base de datos abierta y disponible al público¹, cuyo objetivo es facilitar el acceso a la información de las emisiones, residuos y transferencias de contaminantes que son relevantes para la prevención y control de la contaminación, la implementación de políticas públicas y la gobernanza ambiental².

El RETC responde al “derecho a saber” de la ciudadanía, consagrado en el Principio 10 de la Declaración de Río, el que tiene como objetivo asegurar que todas las personas tengan acceso a la información, participen en la toma de decisiones y puedan acceder a la justicia en asuntos ambientales. Esto busca garantizar el derecho a un medio ambiente sano y sostenible tanto para las generaciones presentes como futuras. Asimismo, se cumple con lo dispuesto en el Acuerdo de Escazú³, que en su artículo 6.4. establece:



Cada parte tomará medidas para establecer un registro de emisiones y transferencia de contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, y de materiales y residuos bajo su jurisdicción.

Figura 1. | Principio 10, Declaración de Río



Información



Participación



Justicia

¹ Artículo 1 D.S.N° 1/2013, Ministerio del Medio Ambiente. El Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, en adelante RETC, es una base de datos accesible al público, destinada a capturar, recopilar, sistematizar, conservar, analizar y difundir la información pertinente a emisiones, residuos y transferencias de contaminantes potencialmente dañinos para la salud y el medio ambiente que son emitidos al entorno, generados en actividades industriales o no industriales o transferidos para su valorización o eliminación

² Artículo 2 D.S.N°1 /2013. Objetivos del RETC.
<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1050536>

³ Acuerdo Regional acerca del Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe.
<https://mma.gob.cl/escazu-en-chile>

El RETC, en el rol de base de datos accesible como datos abiertos, contiene información ambiental organizada en tres componentes principales: **aire, agua y suelo** (ver **Figura 2**). Y se ordena de acuerdo con el origen de cada conjunto de datos (ver **Tabla 1**). Estos componentes organizan la información ambiental generada del RETC de manera estructurada y le permiten trabajar en los siguientes **objetivos**:

1. Constituirse como un instrumento para la promoción de las políticas públicas sostenibles.
2. Favorecer la toma de decisiones en el diseño de la política de producción y consumo responsable con el fin de minimizar el efecto adverso en la salud humana y el medio ambiente.
3. Promover el conocimiento de la información del RETC por parte de la ciudadanía.

4. Facilitar a la industria la entrega de información acerca de las emisiones y transferencias de contaminantes.
5. Generar información a partir de fuentes de datos normados y no normados con el fin de robustecer el registro.
6. Estudiar y proponer normas, instrumentos y medidas que permitan fortalecer y promover el RETC.

Figura 2. | Componentes ambientales del RETC (detalle de los datos en **Tabla 1**)

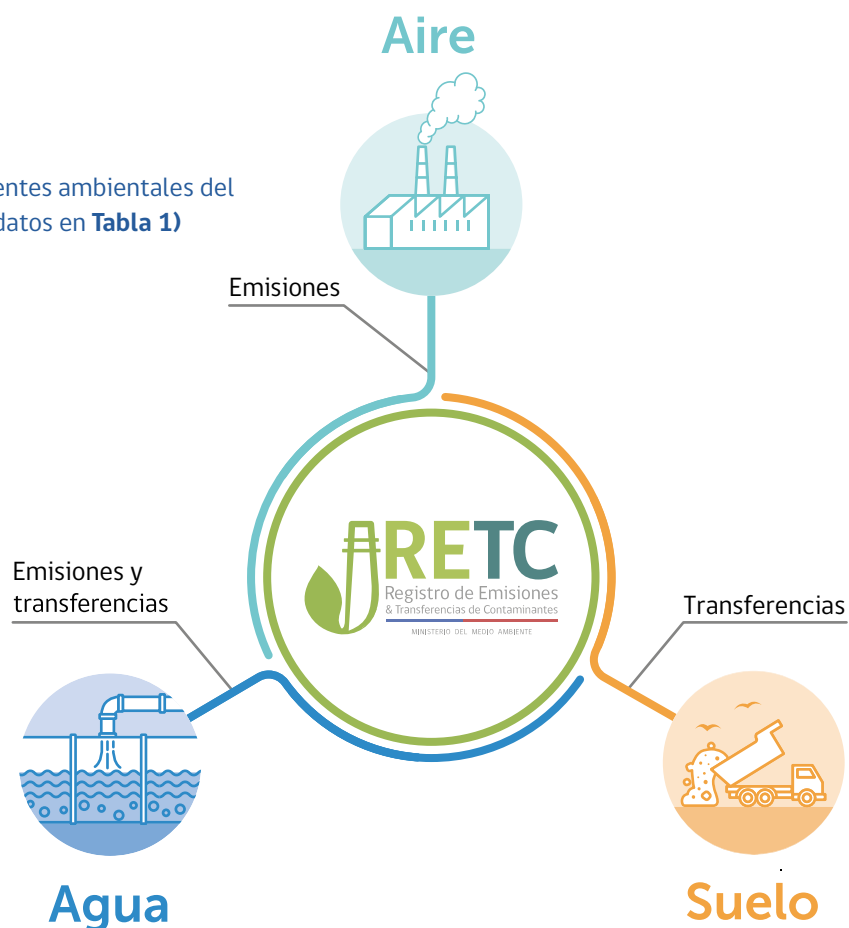


Tabla 1. | Datos contenidos en RETC y sus fuentes.

Componente ambiental	Información contenida en RETC	Normativa asociada	Fuente de información
Aire	Emisiones atmosféricas provenientes de fuentes fijas (F-138, Sistema de información de centrales termoeléctricas; Impuestos verdes; y Norma de fundiciones).	Resolución N° 15.027/1994 SESMA D.S. N° 138/2005 MINSAL D.S. N° 13/2011 MMA D.S. N° 28/2013 MMA	<ul style="list-style-type: none"> SEREMI Salud RM. Ministerio de Salud Superintendencia del Medio Ambiente
	Estimación de emisiones asociadas a transporte en ruta		<ul style="list-style-type: none"> Secretaría de Planificación de Transportes (modelos de transportes para 22 ciudades) Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (vehículos registrados por plantas de revisión técnica) Instituto Nacional de Estadísticas (parque vehicular) Directorio de Transporte Público Metropolitano (flota de buses Transantiago). Dirección Meteorológica de Chile (temperaturas y precipitaciones)
	<ul style="list-style-type: none"> Estimación de emisiones asociadas a quemas agrícolas 		<ul style="list-style-type: none"> Corporación Nacional Forestal (superficie afectada por acción del fuego)
	<ul style="list-style-type: none"> Estimación de emisiones asociadas a incendios forestales 		<ul style="list-style-type: none"> Corporación Nacional Forestal (superficie de vegetación afectada por incendios forestales)
	<ul style="list-style-type: none"> Estimación de emisiones asociadas a incendios urbanos 		<ul style="list-style-type: none"> Carabineros de Chile (cantidad de incendios urbanos)
	<ul style="list-style-type: none"> Estimación de emisiones asociadas a consumo residencial de leña, urbano y rural 		<ul style="list-style-type: none"> Ministerio de Energía Ministerio de Desarrollo Social (CASEN) Instituto Nacional de Estadísticas (Proyecciones de Población)

Tabla 1. | Datos contenidos en RETC y sus Fuentes.

Componente ambiental	Información contenida en RETC	Normativa asociada	Origen de la información
Agua	Emisión de contaminantes a aguas marinas y continentales superficiales (Fiscalización de RILes)	D.S N°90/2000 MINSEGPRES D.S N°80/2006 MINSEGPRES	<ul style="list-style-type: none"> • Superintendencia del Medio Ambiente • Superintendencia de Servicios Sanitarios
	Emisión de contaminantes a cuerpos de aguas subterráneas (Fiscalización de RILes)	D.S N°46/2002 MINSEGPRES	<ul style="list-style-type: none"> • Superintendencia del Medio Ambiente
	Transferencia de contaminantes al sistema de alcantarillado (PROCOF)	D.S N°609/1998 MOP	<ul style="list-style-type: none"> • Superintendencia de Servicios Sanitarios
Suelo	Generación de residuos peligrosos (SIDREP)	D.S N°148/2003 MINSAL	<ul style="list-style-type: none"> • Ministerio de Salud
	Generación de residuos no peligrosos (SINADER)	D.S N°1/2013 MMA	<ul style="list-style-type: none"> • Ministerio del Medio Ambiente



2.2. ¿CÓMO SE OBTIENE LA INFORMACIÓN DEL RETC Y DE DÓNDE PROVIENE?

Para construir el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes existen dos formas de capturar los datos: a) por solicitudes de información y b) por conexión e integraciones tecnológicas de sistemas de captura.

La primera forma de captura se basa en la solicitud directa de datos a la fuente de información. Esto ocurre, por ejemplo, para el caso de estimación de fuentes difusas en donde se solicitan datos a otras entidades públicas que reportan información de incendios forestales, quemas agrícolas, transporte en ruta, incendios urbanos y combustión a leña residencial.

La segunda forma de captura se centra en la captura de datos desde sistemas integrados y conectados con la Ventanilla Única, que facilitan a la industria el reporte de datos relacionados con sus emisiones y transferencias.

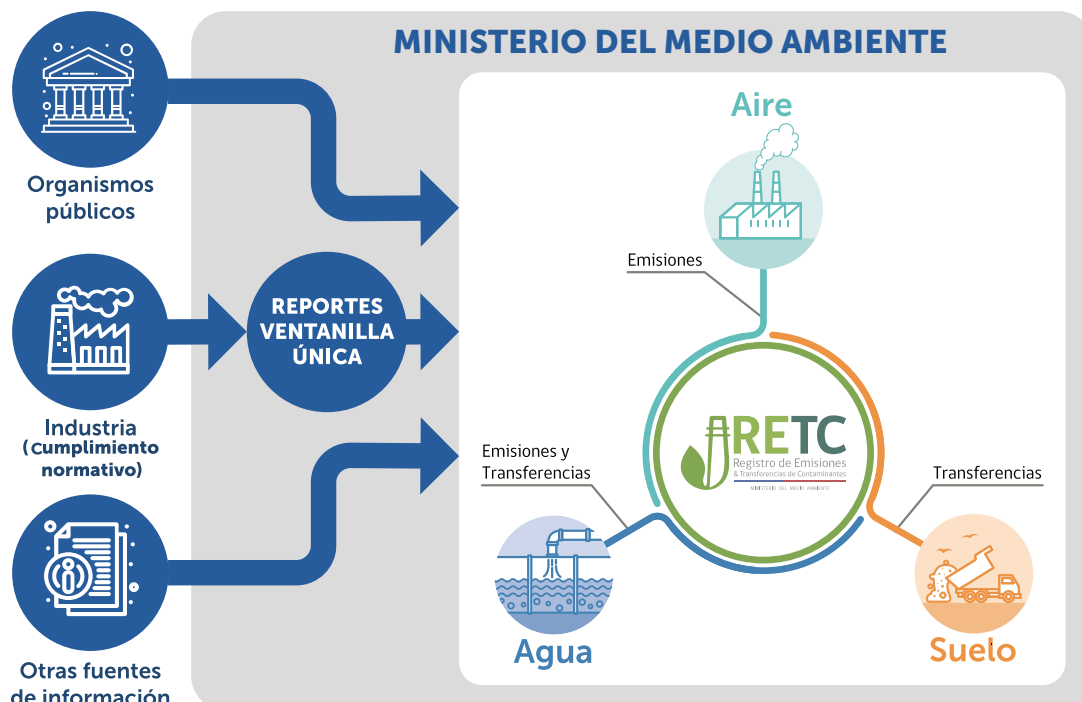
En esa dirección, es relevante hacer una distinción entre el RETC como instrumento de gobernanza ambiental y los sistemas que capturan los datos que alimentan el registro, porque es común confundir conceptualmente al RETC con el

sistema de Ventanilla Única y sus respectivos subsistemas o sistemas sectoriales.

El sistema de Ventanilla Única (<https://portalvu.mma.gob.cl>) nace en el marco del RETC como una plataforma electrónica de acceso centralizado a diversos sistemas sectoriales, módulos y formularios. En ella, los establecimientos, definidos como instalaciones físicas o lugares donde se realizan actividades económicas, industriales, comerciales o de servicios, y que generan emisiones y transferencia de contaminantes, deben realizar sus reportes y cumplir con las normativas en los sistemas sectoriales correspondientes. Estos sistemas son administrados y fiscalizados por diversas instituciones a nivel normativo y tecnológico, y su integración a la Ventanilla Única permite al RETC construir el registro.

En la **Figura 3** se observan los actores claves que son fuentes de datos para la construcción del RETC.

Figura 3. | Fuentes de datos ambientales del RETC.



A medida que fue creciendo la necesidad de acceder a mayores volúmenes y tipos de datos ambientales el D.S. N° 1/2013 del MMA sirvió de marco normativo para concretar un sistema de Ventanilla Única que facilitara la captura y gestión eficiente de los datos.

Es oportuno aclarar que los datos de Ventanilla Única no integran en su totalidad datos referentes a emisiones y transferencia de contaminantes, sino que también abarcan otros datos ambientales relacionados como Lodos, Plantas de Tratamientos de Aguas Servidas (PTAS), Desempeño Ambiental Empresarial, Ley Responsabilidad Extendida del Productor (REP) orientados al desarrollo y análisis de distintas políticas ambientales.

La implementación del Sistema de Ventanilla Única y su vínculo con la industria ha sido un avance en el desarrollo de sistemas de captura de datos. Esto ha permitido optimizar la gestión del registro mediante la estandarización y georreferenciación de los datos capturados.

En la **Tabla 2** se especifican los diferentes sistemas sectoriales que integran el Sistema Ventanilla Única con las respectivas normativas que los regulan.

Tabla 2. | Sistemas de reporte de información habilitados en el Sistema Ventanilla Única del RETC, 2021

Sistemas de Reporte de Información Habilitados en el Sistema Ventanilla Única		
Sistema Nacional de Declaración de Residuos No Peligrosos (SINADER) - MMA	Sistema de Declaración de Emisiones de Fuentes Fijas (Sistema F138) - MINSAL	Sistema Nacional de Declaración y Seguimiento de Residuos Peligrosos (SIDREP) - MINSAL
Sistema Nacional de Declaración de Instalaciones de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas (DASUSPEL) - MINSAL	Sistema de Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje (Sistema REP) - MMA	Registro de Fuentes y Procesos - MMA
Sistema de Impuesto Verde - SMA	Sistema de Fiscalización de RILes - SMA	Sistema Huella Chile - MMA
Sistema de Desempeño Ambiental Empresarial (DAE) - MMA	Sistema de Seguimiento Atmosférico (SISAT) - SMA	Declaración Jurada Anual (DJA) - MMA
Módulo de Planes de Descontaminación y Normas Atmosféricas - SMA	Sistema de Información de Centrales Termoeléctricas (SICTER) - SMA	Sistema de Reporte de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) - SISS

2.3. ¿CÓMO SE CONSTRUYE LA INFORMACIÓN DEL RETC?

El Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) es el resultado de un esfuerzo del Ministerio del Medio Ambiente para recopilar, validar, procesar y analizar datos acerca de contaminantes ambientales. Estos datos provienen de diversas fuentes que incluyen la industria, las instituciones gubernamentales y las fuentes no normadas. (ver **Apartado 2: Fuentes de RETC**).

Una vez que los datos llegan al Ministerio, se someten a diversos procedimientos. Uno de ellos son las estimaciones las que proyectan, desde la data capturada, información acerca de las emisiones y transferencias.

Posteriormente, y como parte del proceso de aseguramiento de la calidad, los datos pasan por validaciones y verificaciones. Estos procesos buscan darle confiabilidad a los datos cerrando brechas de consistencia y exactitud para los usuarios del RETC.

Figura 4. | Proceso de construcción de la información del RETC



La **Figura 4** muestra el proceso de captura, análisis y generación de productos de información, los que son claves para la gestión ambiental eficiente. Comienza con la recopilación sistemática de datos mediante sistemas de registros y reportes. Luego, los datos son procesados y evaluados mediante herramientas y metodologías para identificar tendencias y generar procesos de mejora en la calidad de los datos.

Los resultados finales se traducen en una variedad de productos de información como informes, indicadores y datos abiertos, diseñados para comunicar de manera clara y fortalecer la transparencia.

Estando consolidado el registro, este se constituye como instrumento de gobernanza ambiental desde la difusión de su contenido e información siguiendo los siguientes objetivos estratégicos:

- El fomento de la responsabilidad ambiental basada en la regulación, seguimiento y reducción de las emisiones y transferencias de contaminantes.
- La identificación de áreas de mejora relacionada con las fuentes de emisión y transferencias.
- El monitoreo progresivo de los datos informados por la industria y aquella estimada a nivel del Ministerio del Medio Ambiente.

2.4. ¿CÓMO SE UTILIZA EL RETC?

Los datos proporcionados por el RETC son utilizados por diferentes actores según sea su propósito, los que se relacionan con la gestión y gobernanza ambiental.

En la **Figura 5** se presentan los principales usuarios de los datos RETC y los tipos de uso que le dan al registro.

Figura 5. | Principales usuarios y tipos de uso de los datos del RETC



Industria



Las fuentes contaminantes utilizan el RETC para monitorear y reportar sus emisiones o transferencias de contaminantes, lo que les permite evaluar su desempeño ambiental y comparar su rendimiento con otros actores del sector. Esta información facilita la identificación de mejora, promoviendo la adopción de tecnologías más limpias, la reducción de impactos ambientales y la construcción de sus lineamientos de responsabilidad socioambiental.

Instancias de cooperación internacional



La OCDE y el Acuerdo de Escazú formalizan la implementación y mantenimiento de los RETC para generar transparencia en el cumplimiento normativo y análisis de políticas y prácticas sostenibles. El RETC fomenta la investigación ambiental al ofrecer datos valiosos y, con cierto alcance, homologables entre países que poseen este instrumento, permitiendo espacios de colaboración internacional para reducir el impacto de las emisiones y transferencias de contaminantes en la salud de las personas y el medio ambiente.

Organismos públicos



Utilizan los datos RETC para el seguimiento de actividades que pueden tener impacto en el medio ambiente y la salud de las personas. El RETC sirve para el diseño de políticas públicas y evaluar el desempeño de la industria. El impacto de los datos RETC en el desarrollo de instrumentos de gobernanza ambiental se visualizan en el Informe y Líneas de Base Pública Consolidado RETC, Reporte del Estado del Medio Ambiente y el diseño e implementación del Impuesto Verde en Chile, entre otras.

Ciudadanía



Los datos RETC son dispuestos para el público en el portal de OpenData. Esto permite a todos los ciudadanos acceder al detalle de las emisiones y transferencias de contaminantes por región, rubro, contaminantes, y otras dimensiones. Esta transparencia promueve la participación ciudadana y espera tener un impacto en la opinión pública y las decisiones que se tomen a nivel de regulación ambiental⁴.

Investigadores y academia



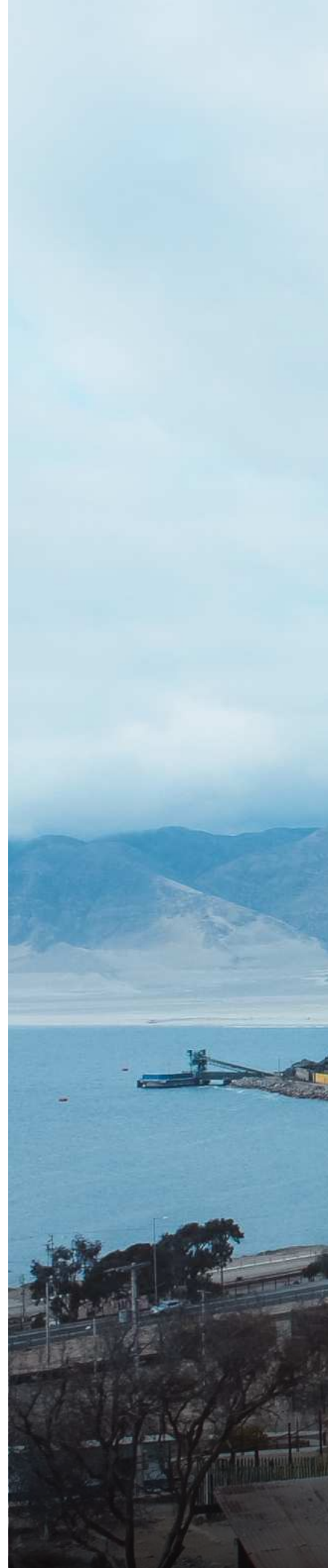
Los investigadores y académicos usan los datos RETC para realizar análisis y estudios relacionados con la contaminación ambiental, evaluación de riesgos relacionados con la toxicidad de los contaminantes, y la evaluación de las políticas ambientales en Chile⁵

⁴ La página web del RETC contabiliza más de 6.500 ingresos durante el primer semestre de 2023.

⁵ En una búsqueda realizada entre el 2019 y el 2023, RETC fue citado por más de 350 artículos.

3 ACCESO A LOS DATOS DEL RETC

En este capítulo se explica cómo acceder a los datos publicados en el sitio web del RETC, cómo descargarlos, qué tipo de datos contempla y cómo se pueden utilizar.







CAPÍTULO 3

ACCESO A LOS DATOS DEL RETC

3.1. ¿Cómo acceder a los datos del RETC?	35
3.2. ¿Cómo descargar los datos?	36
3.3. ¿Cómo se pueden utilizar los datos del RETC?	37
3.4. Ejemplo conceptual	38



Región de Aconcagua

El Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) se constituye como una base de datos pública que juega un papel esencial en la protección del medio ambiente al ofrecer información transparente respecto de emisiones y transferencias de contaminantes en Chile. Los datos del RETC no solo son útiles para expertos y científicos; también están al alcance de la ciudadanía en general que puede acceder y utilizar estos recursos del RETC para aprender y participar activamente en el estudio del estado ambiental en el país, en su región o en su comuna.

Este capítulo está diseñado con el fin de guiar el uso de estos datos y explicar cómo pueden contribuir al entendimiento y análisis de problemas ambientales. A lo largo del capítulo se encuentran ejemplos ilustrativos para seguir este proceso sin problemas. Les animamos a explorar los datos del RETC, a efectuar sus propios análisis y compartir sus hallazgos con su comunidad.

3.1. ¿CÓMO ACCEDER A LOS DATOS DEL RETC?

Acceder a los datos del RETC es un proceso sencillo que se puede realizar desde el sitio web oficial del RETC del Ministerio del Medio Ambiente, aquí mostramos cómo hacerlo:

Visita el portal del Ministerio del Medio Ambiente: Comienza abriendo tu navegador y dirigiéndote al sitio web oficial (<https://retc.mma.gob.cl/>). Busca la sección de "Acceso a Datos", y luego dirígete al apartado de "Datos RETC".

Investiga los datos abiertos: Al acceder a los datos RETC, verás un listado de categorías de datos disponibles. Aquí podrás explorar las diferentes emisiones y transferencias que se publican en el RETC. Estas categorías incluyen:

- Emisiones al agua
- Emisiones al aire
- Mapas
- Productos prioritarios
- Residuos (disposición fuera de sitio)
- Transferencias fuera de sitio

El RETC ofrece una variedad de datos que proporcionan una visión detallada de las emisiones y transferencias de contaminantes en Chile. A continuación se describen los tipos principales de datos que puedes encontrar:

Conjunto de datos	Subconjunto de datos	Descripción
Emisiones al aire	Fuentes puntuales	Emisiones directas al aire provenientes de establecimientos industriales y fuentes específicas.
	Fuentes difusas	Emisiones difusas al aire, incluyendo quemas agrícolas, incendios forestales, urbanos y combustión de leña residencial.
	Transporte en ruta	Emisiones generadas por el transporte en ruta, como vehículos y maquinaria móvil.
Emisiones al agua	Emisiones al agua	Contaminantes descargados directamente a cuerpos de agua desde diversas actividades.
Residuos (disposición fuera de sitio)	Generación industrial de residuos no peligrosos	Residuos no peligrosos generados por actividades industriales y su disposición fuera del sitio de generación.
	Generación municipal de residuos no peligrosos	Residuos no peligrosos generados por actividades municipales y su disposición fuera del sitio de generación.
	Destinatario de residuos no peligrosos	Información acerca del destino final de los residuos no peligrosos.
	Instalación de recepción y almacenamiento de residuos no peligrosos	Datos pertinentes las instalaciones que reciben y almacenan residuos no peligrosos.
	Generación de lodos PTAS	Lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS) y su disposición.
Residuos peligrosos	Transferencia de RILes a alcantarillado	RILes transferidos a sistemas de alcantarillado y su tratamiento o gestión.
	Generación de residuos peligrosos	Generación de residuos considerados peligrosos por su composición y gestión correspondiente.
	Destinatarios de residuos peligrosos	Destinos de residuos considerados peligrosos por su composición y gestión correspondiente.
Productos prioritarios	Sistemas de gestión y productos prioritarios	Información respecto de gestión de productos prioritarios y sistemas asociados.



Consejo: Imagina que quieres investigar cómo un establecimiento específico contribuye a las emisiones de CO₂ en tu región. Puedes buscar los datos de emisiones de ese establecimiento y comparar su impacto con el de otras en la misma área, lo que te ayudará a formar una idea clara de las fuentes principales de contaminación.

3.2. ¿CÓMO DESCARGAR LOS DATOS DEL RETC?

Los datos abiertos del RETC son conjuntos de información pública acerca de las emisiones y transferencias de contaminantes en Chile disponibles para que cualquier persona pueda acceder, analizar y utilizar. A continuación explicaremos cómo descargar estos datos de manera sencilla y efectiva desde el portal oficial del Ministerio del Medio Ambiente.

- a. Selecciona el conjunto de datos que deseas explorar y **haz clic en el botón de descarga**. Los datos se descargarán en tu dispositivo en un archivo con **extensión .csv**.
- b. **¿Qué son los archivos CSV?** El uso de CSV en el RETC asegura que cualquier persona, sin importar su nivel de experiencia técnica, pueda acceder y trabajar con los datos de manera transparente. Cuando descargues los datos del RETC, notarás que el formato utilizado es el **CSV**, o **Comma-Separated Values** (valores separados por comas). Pero, ¿qué significa esto y por qué es tan importante? Un archivo CSV es un tipo de archivo de texto que organiza la información en forma de tabla.

El RETC usa archivos CSV porque este formato ofrece varias ventajas importantes:

- **Simplicidad:** Los archivos CSV son simples y fáciles de manejar. Pueden ser abiertos con programas comunes como Microsoft Excel, Google Sheets o incluso con *software* de análisis de datos más avanzado, como R o Python.
- **Compatibilidad:** Debido a que es un formato de texto plano, un archivo CSV puede ser leído por casi cualquier sistema operativo o programa, lo que lo hace universalmente accesible.
- **Eficiencia:** Los archivos CSV ocupan poco espacio de almacenamiento y permiten el manejo de grandes volúmenes de datos sin complicaciones.

Aquí hay un ejemplo simplificado de cómo se ve un archivo CSV:

Nombre, Emisión CO₂ (toneladas), Año

Fábrica A,	5000	2033	
Fábrica B,	3000	2023	



Consejo: Si es la primera vez que exploras estos datos, te recomendamos empezar con un conjunto pequeño para familiarizarte con la estructura de la información.

3.3. ¿CÓMO SE PUEDEN UTILIZAR LOS DATOS DEL RETC?

Analizar los datos del RETC no requiere habilidades avanzadas de programación. Con herramientas comunes, como hojas de cálculo tipo Excel, puedes filtrar y construir información útil. Algunos de los campos de interés general con los que se puede realizar una primera exploración de los datos son:

Encabezado	Descripción	Uso sugerido
Años	Año en que fue generada la emisión o transferencia.	Filtrar datos por año para analizar tendencias a lo largo del tiempo.
Razón social	Nombre oficial de la empresa o entidad responsable.	Conocer e identificar la empresa asociada con cada registro.
Nombre establecimiento	Nombre del establecimiento o instalación específica.	Analizar datos por establecimiento de las empresas para entender impactos locales.
Región	Región administrativa del establecimiento.	Analizar datos a nivel regional para evaluar tendencias geográficas.
Comuna	Municipio o comuna del establecimiento.	Conocer qué tan cercano están las emisiones e industrias
Contaminante	Tipo de contaminante o emisión registrado.	Conocer qué sustancia química generan las empresas
Cantidad toneladas	Cantidad de contaminante emitido en toneladas.	Cuánto emiten al medio ambiente
CIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme	Identificar y categorizar actividades económicas de manera uniforme y relacionarlas con emisiones o transferencias de contaminantes específicos

Adicionalmente, aquí explicamos algunos conceptos básicos:

a) Filtrar datos por criterio: Una de las primeras cosas que se puede hacer es aplicar filtros. Por ejemplo, si está interesado solo en las emisiones de CO₂ de 2023, puede usar un filtro para mostrar únicamente esos datos. Esto le ayudará a enfocarse en la información más relevante para su análisis.

b) Ordenar y agrupar datos: Otra herramienta útil es la capacidad de ordenar datos. Se pueden organizar los datos de menor a mayor emisión o agruparlos por categorías, como el CIU o la región. Esto permitirá identificar patrones y tendencias más fácilmente. .

3.4. EJEMPLO CONCEPTUAL

Supongamos que se quiere hacer un análisis de cómo las políticas de reducción de emisiones han evolucionado en los últimos cinco años. Puede extraer los datos de emisiones de cada año y crear un gráfico simple para visualizar si hay una disminución o un aumento. De esta manera estará utilizando los datos del RETC para hacer un análisis crítico del estado ambiental del país.

Le animamos a explorar los datos del RETC, realizar sus propios análisis y a compartir los hallazgos con la comunidad

El conocimiento es poder, y con herramientas como el RETC, se tiene la oportunidad de aportar al estudio del avance del país hacia un futuro más sostenible.



La participación es clave para mejorar el uso y la calidad de los datos del RETC. Comparta tus ideas, comentarios y propuestas escribiendo a vu_retc@mma.gob.cl.

Sus aportes podrán ser considerados como insumos para futuros trabajos relacionados con este importante tema. Aporte más ideas para mejorar el RETC.




4 DE LOS DATOS A LA INFORMACIÓN

La conversión de datos en información es crucial para la gobernanza ambiental. En este capítulo se presentan análisis de indicadores con datos del 2022 que identifican patrones en los componentes de aire, agua y suelo, contribuyendo así a la toma de decisiones en diferentes niveles.







CAPÍTULO 4

DE LOS DATOS A LA INFORMACIÓN

4.1. Componente aire	44
4.2. Componente agua	52
4.3. Componente suelo	63



4.1. COMPONENTE AIRE

Las emisiones al componente aire y la exposición a ellas están asociadas a numerosos efectos negativos. Lo anterior convierte a la contaminación atmosférica en una de las problemáticas ambientales relevantes debido a las consecuencias que produce la exposición a ella en la salud y el medio ambiente. Las emisiones al aire presentan diferentes contaminantes, estos pueden ser clasificados con distintos criterios: como sus características químicas, naturaleza, tamaño, u otras. Adicionalmente, estos contaminantes pueden ser generados tanto por causas antropogénicas como naturales.

La principal fuente de contaminación al aire a nivel global se debe a las actividades antropogénicas y, en específico, al uso de combustibles fósiles asociado a procesos industriales y al transporte. Dentro de los principales contaminantes asociados a la combustión se encuentra al dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxido de azufre (SO_2) que, debido al uso a gran escala de los procesos con combustión, son ampliamente estudiados y analizados a causa de su impacto.

Dentro de los contaminantes de mayor impacto a nivel local se encuentra el material particulado (MP), el que, según su tamaño y composición, puede ser de mayor riesgo a la salud. Concretamente, el material particulado fino ($\text{MP}_{2,5}$) es el que genera mayor impacto en la salud de la población, ya que pueden provocar problemas respiratorios al permear directamente en las regiones pulmonares.

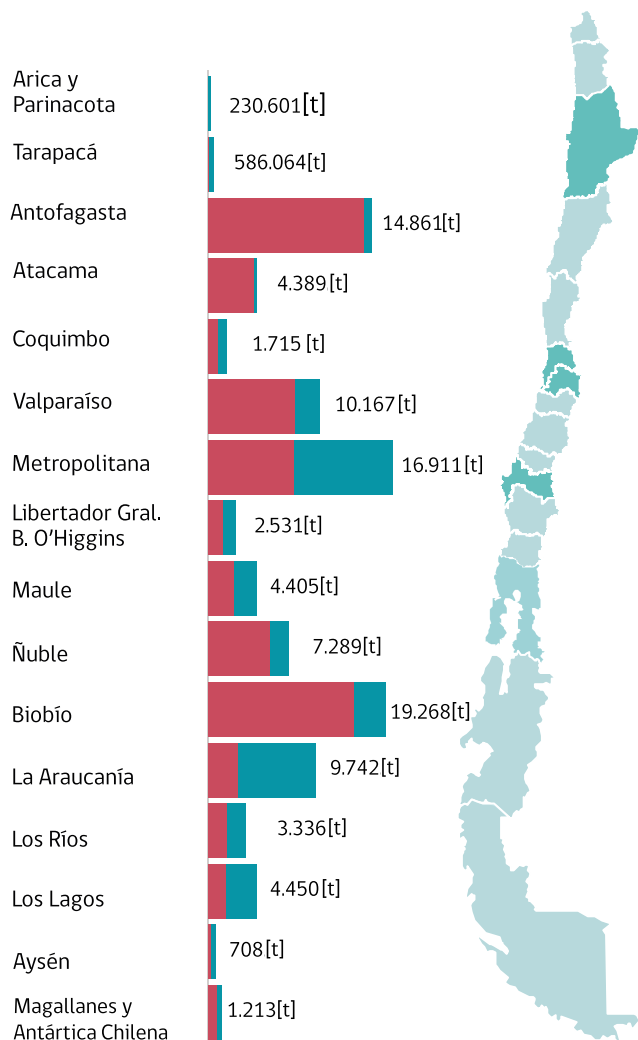
En consecuencia, de los datos de emisiones al aire del año 2022 presentado a continuación se enfocará en los contaminantes mencionados (CO_2 , NO_x , SO_2 y MP) debido a su relevancia tanto en la generación de presión ambiental al aire como en los impactos que pueden generar a nivel global y local. No obstante lo anterior, se debe tener presente que existen diversos contaminantes potenciales que se pueden emitir a la atmosfera. Dos ejemplos: (i) los compuestos orgánicos volátiles (COV), los que son generados por actividades industriales particulares, como el uso de solventes y combustibles; y (ii), las emisiones de mercurio (Hg), los que se asocian a sectores industriales específicos como termoeléctricas o fundiciones. Para más detalle de lo anterior, recomendamos revisar los datos publicados en portal del RETC¹.

¹ <https://datosretc.mma.gob.cl/group>



1.1. Análisis de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) al aire

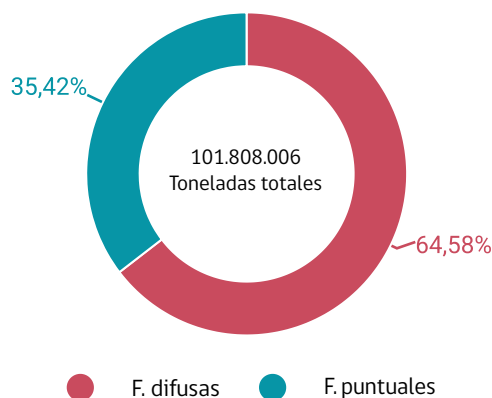
1.1.1. Emisiones de dióxido de carbono (CO₂) de fuentes puntuales y difusas por región del año 2022



En cuanto a las fuentes difusas, las regiones con mayores emisiones son Metropolitana **25,33%** (9.133.408,96 toneladas), La Araucanía **19,38%** (6.987.393,39 toneladas) y Biobío **14,61%** (5.269.034,62 toneladas).

En el análisis conjunto, las emisiones totales (tanto puntuales como difusas) son mas altas en las regiones del Biobío **18,93%** (19.268.389,98 toneladas), Metropolitana **16,61%** (16.912.804,62 toneladas) y Antofagasta **14,60%** (14.861.976,49 toneladas).

1.1.2. Emisiones de dióxido de carbono (CO₂) desagregadas por fuente difusa y puntual para año en 2022



Se puede observar por medio del indicador 1.1.2. que las fuentes puntuales representan el **64,58%** (65.751.138,30 toneladas) de las emisiones de CO₂ respecto de las emisiones por fuentes difusas con el **35,42%** (36.056.868,48 toneladas) del total.

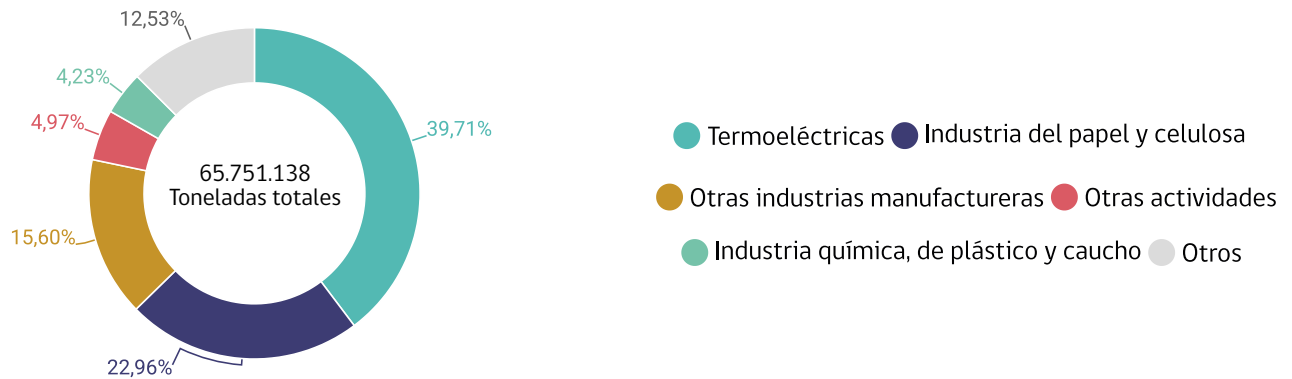
El dióxido de carbono (CO₂) es un gas de efecto invernadero cuyo impacto está asociado directamente al calentamiento global del inventario nacional de gases de efecto invernadero <https://snichile.mma.gob.cl>.

Las fuentes puntuales asociadas a emisiones de CO₂ representan una contribución significativa en las regiones de Antofagasta **21,72%** (14.282.172,47 toneladas) y Biobío **21,29%** (13.999.355,36 toneladas).

La generación de CO₂ se debe principalmente a los procesos de combustión en fuentes puntuales, que descargan el gas al aire por medio través de chimeneas de calderas, hornos y otros equipos específicos según el proceso industrial.

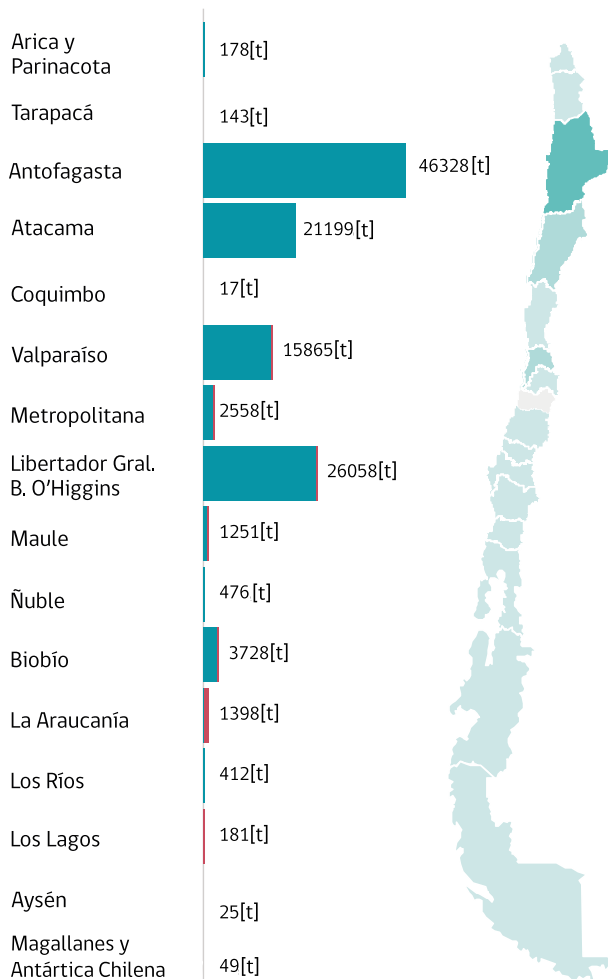
Los principales sectores en generar estas emisiones son los rubros termoeléctrico, industrias de papel y celulosa, e industrias manufactureras, quienes representan respectivamente el **39,71%** (26.111.395,47 toneladas), **22,96%** (15.097.762,39 toneladas) y **15,60%** (10.257.535,69 toneladas) de emisiones atmosféricas de CO₂ (ver lo indicado en 1.1.3.).

1.1.3. Emisiones de dióxido de carbono (CO₂) de fuentes puntuales por rubro para año 2022



1.2. Análisis de emisiones de dióxido de azufre (SO₂) al aire

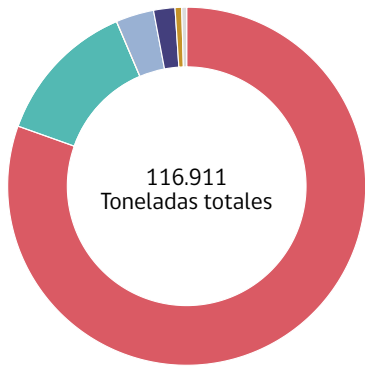
1.2.1. Emisiones de dióxido de azufre (SO₂) de fuentes puntuales y difusas por región para año 2022



EL dióxido de azufre (SO₂), al igual que el CO₂, es un contaminante generado principalmente por el uso de combustibles fósiles que contienen azufre como la gasolina, diésel o el gas natural. Adicionalmente, otra fuente importante de este contaminante se produce en procesos de fundición de minerales.

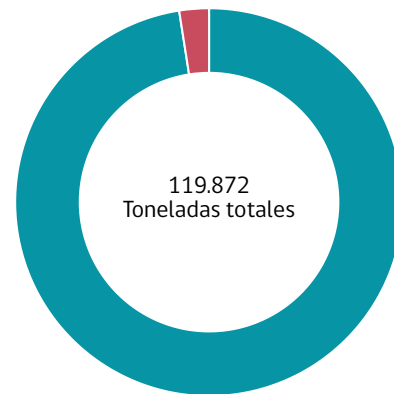
La generación de estas emisiones al aire se concentra principalmente en las regiones de Antofagasta **40%** (46.322,81 toneladas), O'Higgins **22%** (25.922,57 toneladas) y Atacama **18%** (21.1196 toneladas) según se muestra en el indicador 1.2.1., regiones que por lo demás presentan alta actividad asociada a la minería y a la generación termoeléctrica de energía.

1.2.2. Emisiones de dióxido de azufre (SO₂) desagregadas por fuente difusa y puntual para año en 2022



- Fundiciones de cobre
- Termoeléctricas
- Producción de cemento, cal y yeso
- Industria del papel y celulosa
- Otras industrias manufactureras
- Otros

1.2.3. Emisiones de dióxido de azufre (SO₂) de fuentes puntuales por rubro para año en 2022



- F. difusas
- F. puntuales

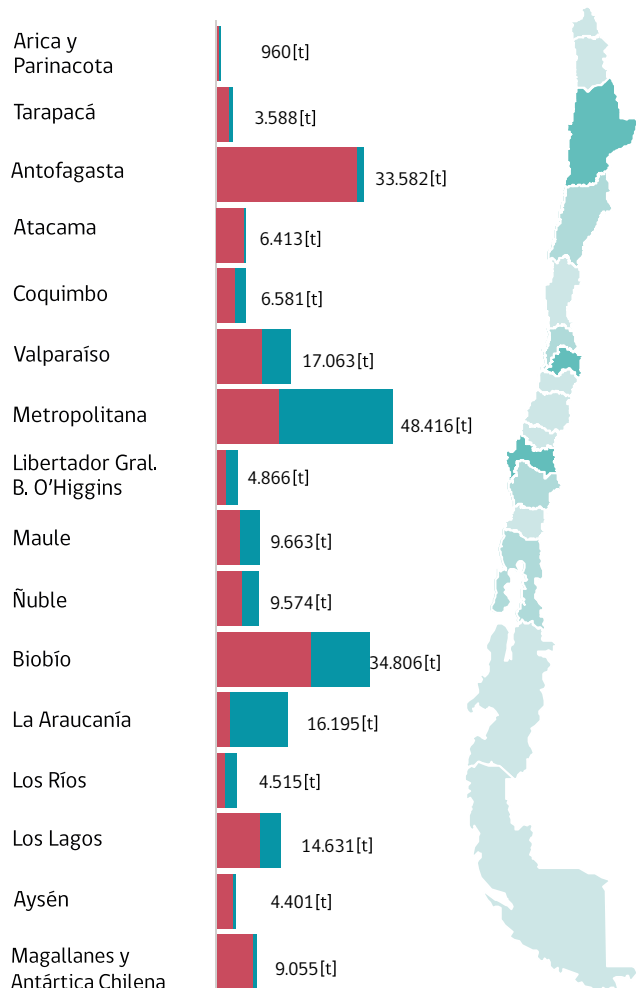
El indicador **1.2.2.** muestra que la fundición de cobre, termoeléctricas y producción de cemento, cal y yeso se posicionan como los rubros que concentran las emisiones de SO₂, con el **80%** (94.050,33 toneladas), **13%** (15.365,40 toneladas) y **3%** (4.022,39) toneladas, respectivamente.

Según el indicador **1.2.3** del RETC para el año 2022, las fuentes puntuales representaron el **98%** (116.911,1152 toneladas) de las emisiones de SO₂, mientras que las fuentes difusas contribuyeron con el **2%** (2.961,305 toneladas).



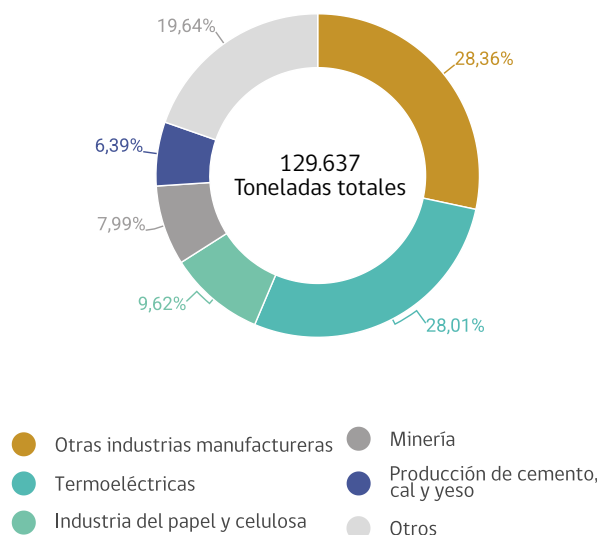
1.3. Análisis de emisiones de óxido de nitrógeno (NO_x) al aire

1.3.1. Emisiones de óxido de nitrógeno (NO_x) de fuentes puntuales y difusas por región del año 2022



En cuanto a las fuentes difusas, destacan las regiones Metropolitana **36,13%** (34.207,88 toneladas), La Araucanía **14,15%** (13.394,58 toneladas) y Biobío **13,97%** (13.228,76 toneladas), principalmente a actividades asociadas agroindustriales y transporte.

1.3.2. Emisiones de óxido de nitrógeno (NO_x) desagregadas por fuente difusa y puntual del año 2022

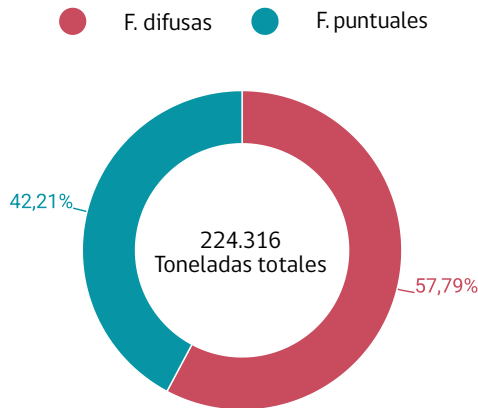


Los óxidos de nitrógeno (NO_x) representan a una familia de gases altamente reactivos que corresponde a una mezcla de NO (óxido nítrico) y NO₂ (dióxido de nitrógeno). Los NO_x son contaminantes generados por la combustión a altas temperaturas en motores, procesos industriales o en la quema de biomasa que al ocurrir oxidan el nitrógeno presente en el aire. La principal fuente de emisión de estos contaminantes corresponde a las fuentes puntuales.

Las regiones que concentran mayores emisiones de NO_x asociadas a fuentes puntuales son Antofagasta **24,61%** (31.908,34 toneladas), Biobío **16,64%** (21.577,61 toneladas), y Metropolitana **10,96%** (14.209,05 toneladas), en su mayoría relacionadas con actividades de combustión.

Asociados a esas emisiones, los principales sectores que aportan a las emisiones de NO_x son los rubros de las industrias manufactureras, termoeléctrico y el de las industrias de papel y celulosa, que representan el **28,36%** (36.758,78 toneladas), **28,01%** (36.311,11 toneladas) y **9,62%** (12.465,09 toneladas), respectivamente, como se puede observar en el indicador **1.3.2.**

1.3.3. Emisiones de óxido de nitrógeno (NO_x) de fuentes puntuales por rubro del año 2022

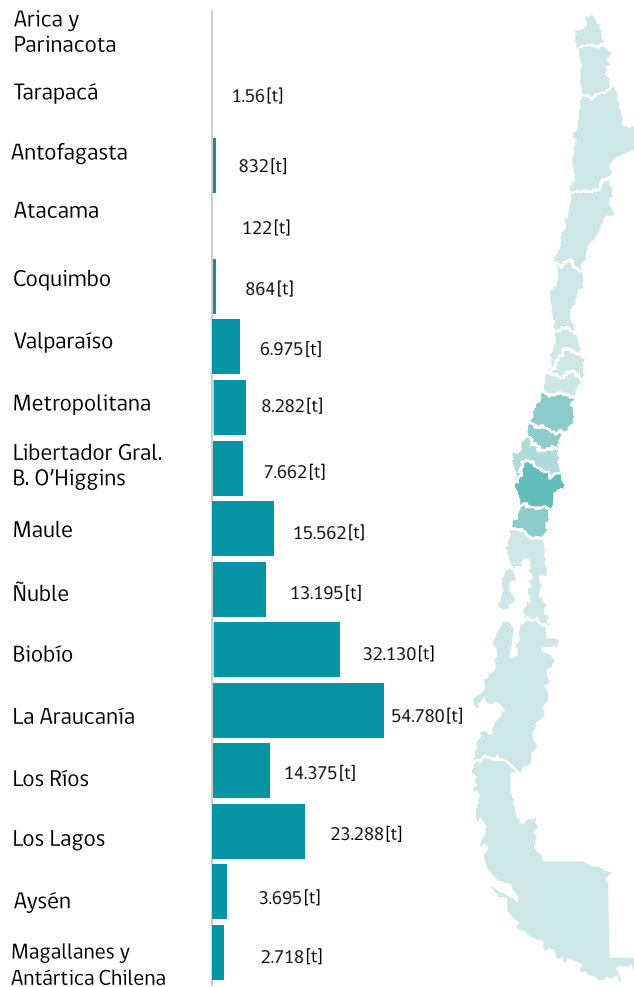


Al igual que el CO₂ y SO₂, los NO_x son generados principalmente por fuentes puntuales. De acuerdo con el indicador 1.3.3., las fuentes puntuales representan el **57,7%** (129.637,46 toneladas) de las emisiones respecto del **42,21%** (94.679,49 toneladas) generado por concepto de fuentes difusas.

La relación porcentual anterior se debe a que las emisiones de fuentes difusas, como quemas agrícolas, incendios forestales y urbanos, pueden alcanzar altas temperaturas y producir emisiones de NO_x a la atmósfera.

1.4 Análisis de emisiones de material particulado fino (MP_{2,5}) al aire

1.4.1. Emisiones de material particulado fino (MP_{2,5}) de fuentes puntuales y difusas por región del año 2022

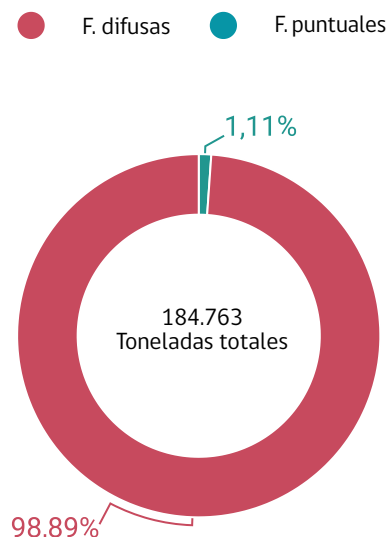


El material particulado (MP) varía en tamaño, composición y origen. Por esta razón, se clasifica según su tamaño, lo cual permite determinar características relacionadas con su transporte, remoción, deposición y origen.

Las partículas finas, denominadas comúnmente como material particulado 2,5 (MP_{2,5}), incluyen todas aquellas con un tamaño aerodinámico menor o igual a 2,5 micrómetros.

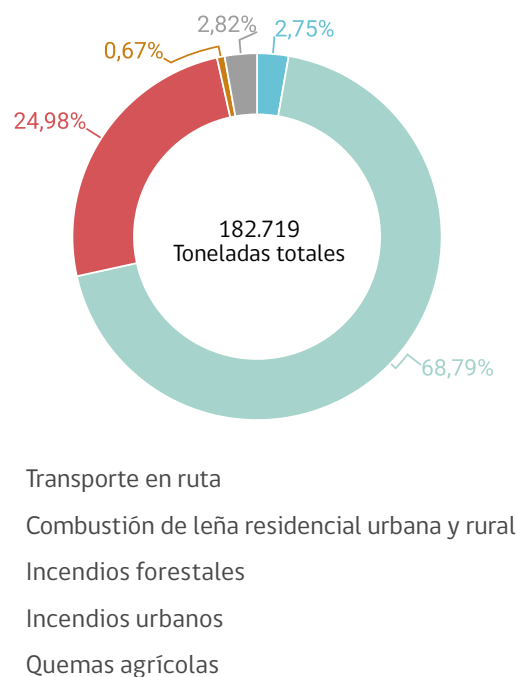
Estas partículas se generan principalmente en procesos de combustión, especialmente en motores de combustión interna, así como por emisiones difusas asociadas a actividades como la quema de leña, los incendios forestales y urbanos, entre otras.

1.4.2. Emisiones de material particulado fino (MP_{2,5}) desagregadas por fuente difusa y puntual del año 2022



Como se muestra en el indicador **1.4.2.**, a diferencia de los contaminantes analizados anteriormente, las fuentes difusas representan el **99%** (182.719,09 toneladas) de las emisiones de MP_{2,5}. Estas emisiones provienen principalmente de las regiones de La Araucanía 29,95% (54.721,53 toneladas), Biobío **17,45%** (31.888,61 toneladas) y Los Lagos **16,65%** (23.109,31 toneladas), según lo indicado en el indicador.

1.4.3. Emisiones de material particulado fino (MP_{2,5}) de fuentes puntuales por tipo de fuente difusa del año 2022

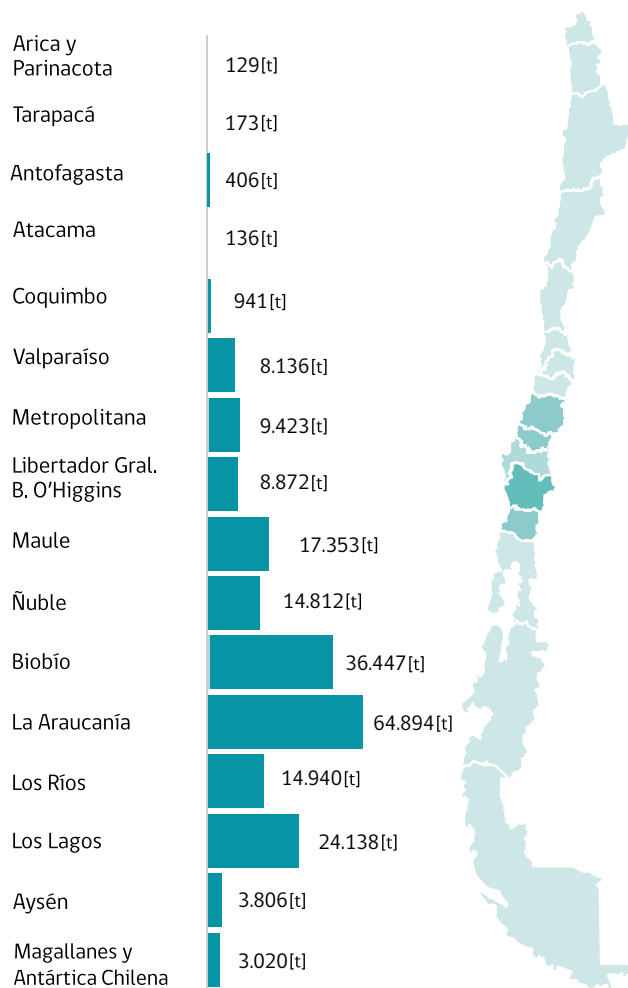


Lo anterior se correlaciona con el indicador **1.4.3.**, que detalla las emisiones difusas de MP_{2,5}. La combustión de leña residencial representa el **68,79%** (125.693,80 toneladas) de estas emisiones, siendo una actividad especialmente relevante en las regiones mencionadas.



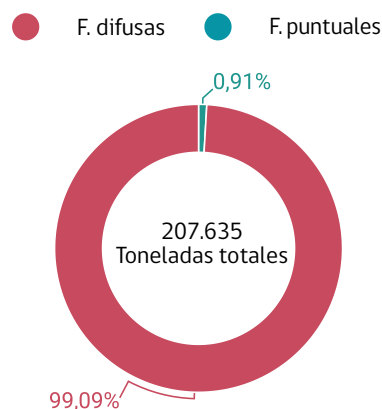
1.5. Análisis de emisiones de material particulado respirable (MP₁₀) al aire

1.5.1. Emisiones de material particulado respirable (MP₁₀) de fuentes puntuales y difusas por región para año 2022



El MP₁₀ corresponde a la fracción gruesa del material particulado y representa todas las partículas con tamaño aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros. El MP_{2,5} se encuentra contenido en esta fracción del contaminante. Al ser el MP₁₀ de una fracción más gruesa, su origen puede estar asociado a actividades de construcción, movimiento o transporte, dispersión o por acciones mecánicas específicas. El MP₁₀ se considera de fracción respirable y también puede generar problemas en la salud asociados al sistema respiratorio y e inmunológico.

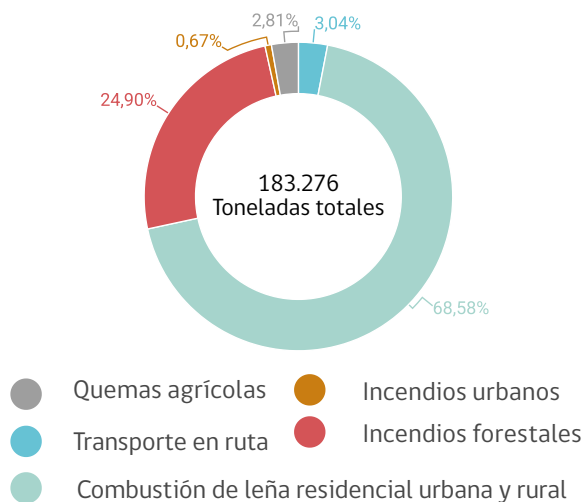
1.5.2. Emisiones de material particulado fino (MP₁₀) desagregadas por fuente difusa y puntual para año 2022



Como se muestra en el indicador 1.5.2., y al igual que el MP_{2,5}, las fuentes difusas representan la mayor fuente de generación con el **99,09%** (205.735,39 toneladas) de las emisiones de MP₁₀ respecto de las emisiones por fuentes puntuales con el **0,91%** (1.899,69 toneladas) en la región de la Araucanía.

Estas emisiones son generadas principalmente en La Araucanía **31,51%** (64.829,10 toneladas), Biobío **17,59%** (36.189,68 toneladas) y Los Lagos **11,58%** (23.834,17 toneladas) según se indica en el indicador 1.5.1. Lo anterior también se correlaciona con el punto 1.5.3, donde se presenta el detalle de las emisiones difusas de MP₁₀ donde la combustión de leña residencial representa el **68,58%** (125.693,80 toneladas) de las emisiones, actividad presente con relevancia en las regiones indicadas.

1.5.3. Emisiones de material particulado respirable (MP₁₀) de fuentes puntuales por tipo de fuente difusa para año 2022



4.2. COMPONENTE AGUA

El agua en el medio ambiente desempeña un papel elemental tanto en el desarrollo de la biodiversidad como en el uso humano. Preservarla sin contaminación es esencial para el desarrollo de la vida en aguas continentales, marinas y subterráneas, así como para la conservación y disponibilidad para el consumo humano. Debido a la diversidad de contaminantes en este componente, se agrupan en este análisis según características químicas o impactos comunes que puedan generar. En ese contexto, las emisiones de contaminantes al agua adquieren una relevancia significativa para el RETC, debido a su potencial riesgo para la salud humana y el medio ambiente.

El crecimiento potencial de la población y el desarrollo de la actividad industrial a nivel mundial, especialmente en la región de América Latina, tiene como consecuencia el aumento en la generación de aguas residuales y sus consiguientes contaminantes. Las principales fuentes de contaminación del componente agua se originan, en primer lugar, en los desechos industriales, seguidos por el aumento de las temperaturas, el uso de pesticidas, la deforestación y los derrames de hidrocarburos.

La normativa chilena clasifica las emisiones al agua en dos categorías principales: aquellas realizadas en aguas marinas y continentales reguladas por los decretos supremos 90/2000 y 80/2006, y aquellas aguas subterráneas reguladas por el decreto supremo 46/2002, todas del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

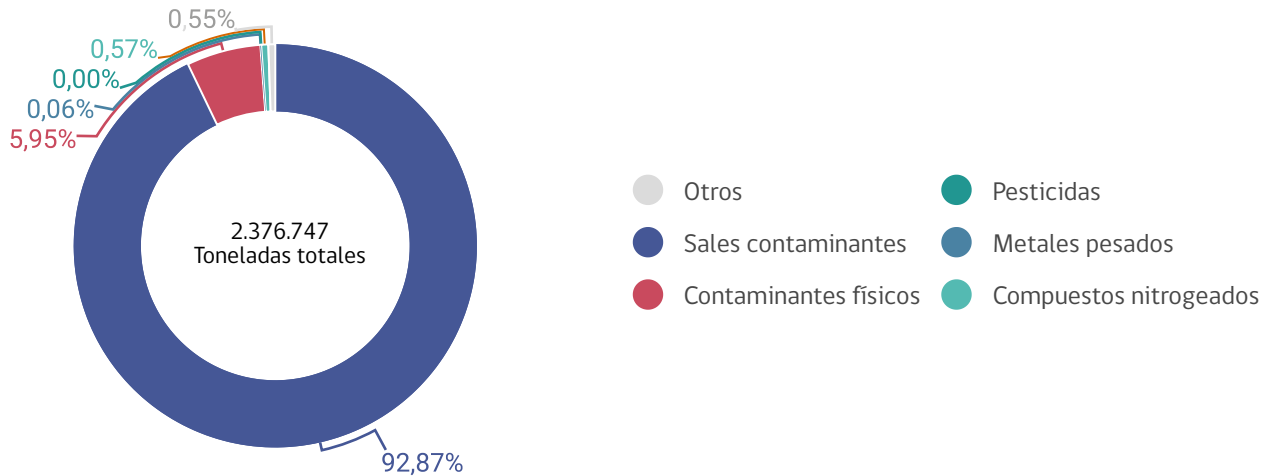
Este análisis seguirá esta categoría, agrupando los contaminantes en aguas continentales y marinas según características químicas e impactos comunes en las categorías de sales contaminantes, compuestos nitrogenados, contaminantes físicos y metales pesados (**consultar Anexo 7**).

Para el caso de aguas subterráneas, el análisis se enfoca en los contaminantes agrupados en metales pesados y pesticidas (**consultar el Anexo 7**), ambos se caracterizan por su toxicidad y su capacidad de afectar seriamente la salud de las personas mediante el consumo de aguas provenientes de acuíferos subterráneos. Esta agua es utilizada en gran medida por servicios de agua potable rural y suministros urbanos.



2.1. Análisis a aguas marinas y continentales por grupo de contaminantes

2.1.1. Emisiones a aguas marinas y continentales por contaminantes para año 2022

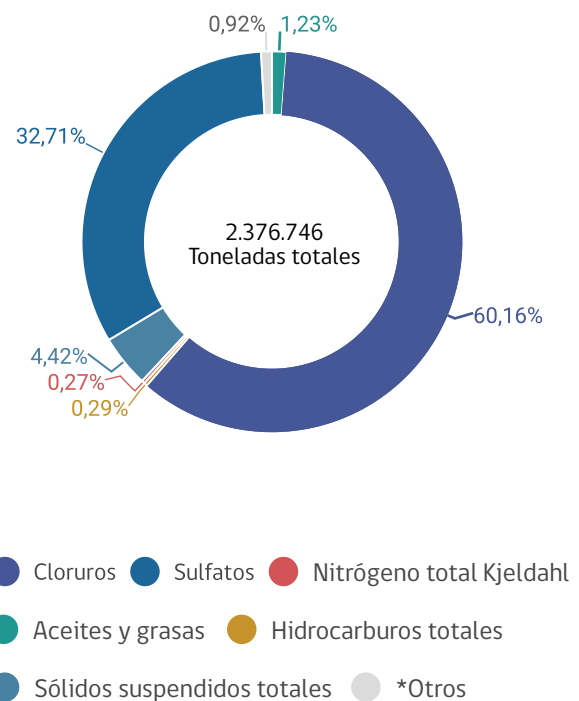


Las aguas marinas, que constituyen más del **95%** del agua del planeta, se distinguen por su salinidad, mientras que las aguas continentales son dulces, originadas por precipitaciones o afloramientos subterráneos.

Ambas son esenciales para la biodiversidad, el agua potable y actividades industriales, y su regulación se analiza en el contexto del D.S. 90/2000, que norma las emisiones contaminantes en aguas marinas y continentales superficiales. De acuerdo con el indicador **2.1.1.**, las sales contaminantes representan el **92,9%** del total.

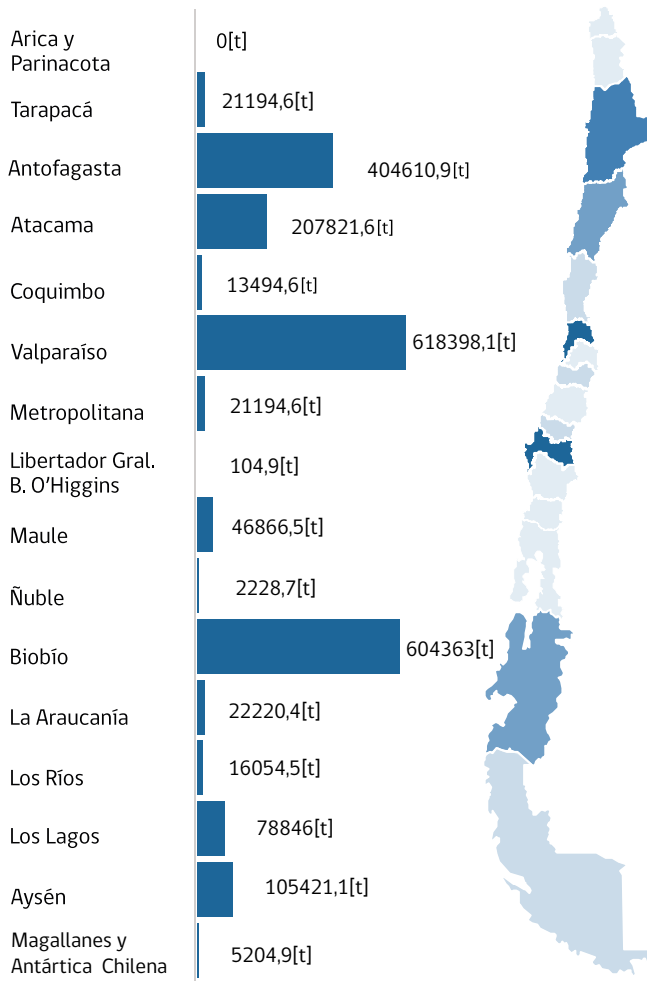
Respecto de la distribución de contaminantes en aguas marinas y continentales representado en el indicador **2.1.2.**, las emisiones de cloruros representan solo el **60,2%** (1.429.850,5 t), en relación con los sulfatos, que representan el **32,7%** (777.405,3 t) del total de las emisiones en esta categoría de contaminantes al agua.

2.1.2. Emisiones a aguas marinas y continentales por grupo de contaminantes para 2022



2.2. Análisis de emisiones a aguas marinas y continentales de sales contaminantes

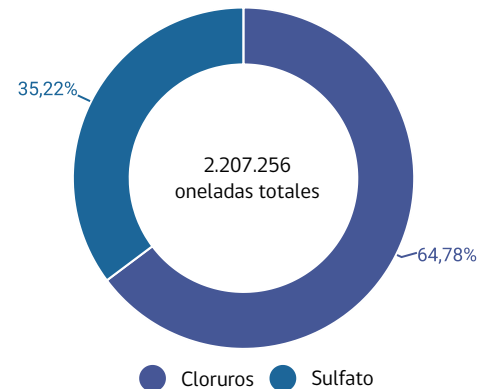
2.2.1. Emisiones a aguas marinas y continentales por grupo de contaminantes para año 2022



La categorización de sales contaminantes incluye para el presente análisis los contaminantes cloruros y sulfatos. Ambos pueden alterar las características químicas del agua implicando alteración para el desarrollo de vida, afectación en términos de corrosión e impactos en la salud si se encuentran en altas concentraciones. Los cloruros y sulfatos se encuentran de manera natural como también pueden ser introducidos por actividades antropogénicas, industriales o domésticas.

Las principales descargas de estos contaminantes se concentran en las regiones de Valparaíso **28,7%** (643.002 toneladas), Biobío **27%** (605.816 toneladas) y Antofagasta **18%** (404.611 toneladas), representando el **73,7%** de las emisiones totales, como se visualiza en el indicador **2.2.1.**

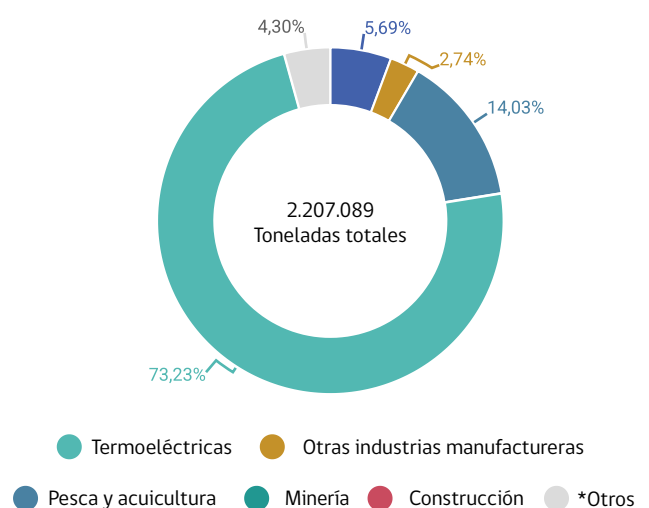
2.2.2. Distribución de contaminantes por grupo correspondiente a sales presentes en aguas marinas y continentales



Respecto de la distribución de contaminantes en aguas marinas y continentales representado en el indicador **2.2.2.**, las emisiones de cloruros representan el **35,2%** (1.429.850,55 t) en relación con los sulfatos que representan el **64,8%** (777.405,33 t) del total de las emisiones en esta categoría de contaminantes al agua.

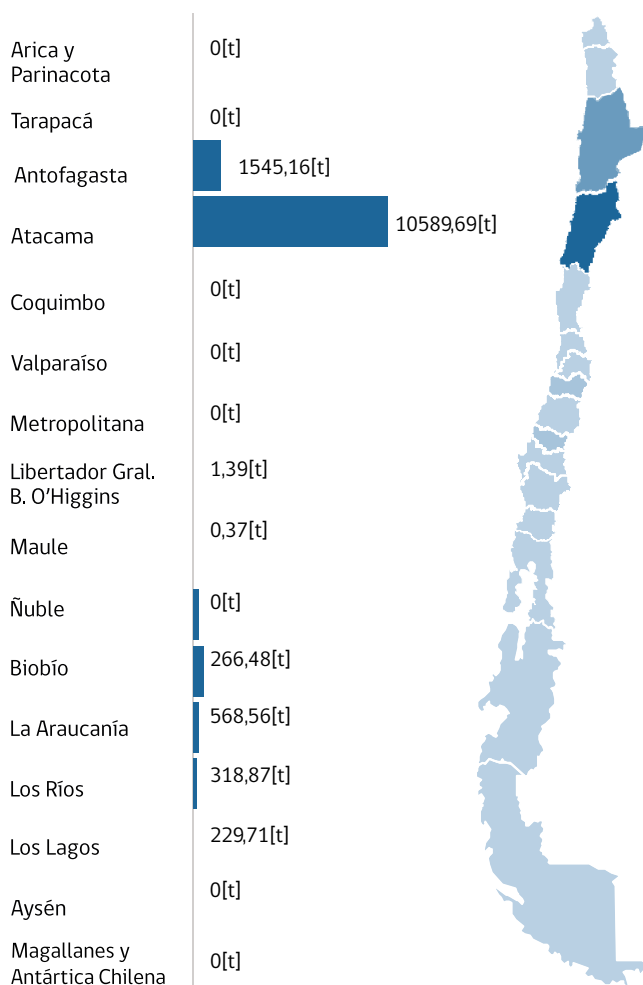
De acuerdo con el indicador **2.2.3.**, la actividad industrial que concentra dichas emisiones se encuentra representada por el rubro de las termoeléctricas, el que concentra el **73,23%** (1.616.353,28 t) de las emisiones totales de estas sales.

2.2.3. Emisiones a aguas marinas y continentales de sales por rubro para año 2022



2.3. Análisis de emisiones a aguas marinas y continentales de compuestos nitrogenados

2.3.1. Distribución de contaminantes por grupo correspondiente a sales presentes en aguas marinas y continentales



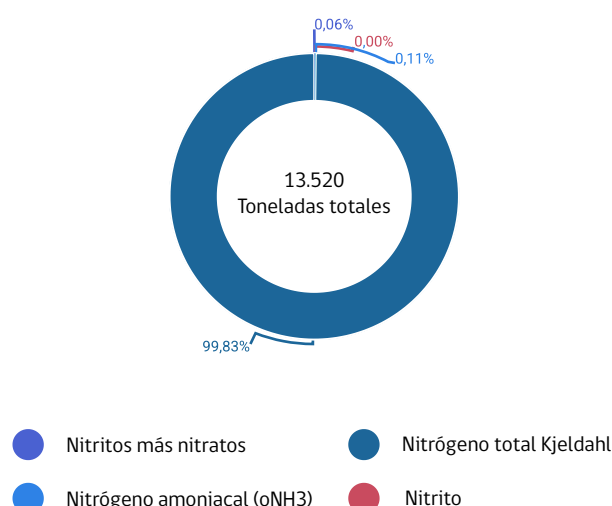
Los compuestos nitrogenados incluyen a los nitratos más nitritos, nitrógeno amoniacal y nitrógeno total Kjeldahl. Estos compuestos pueden causar un crecimiento abundante de algas, limitando el ingreso de luz y oxigenación al agua.

Este impacto, generado por un ingreso excesivo de nutrientes, se denomina eutrofización y puede ser ocasionado por cualquier otro contaminante en exceso con propiedades de nutriente en un ecosistema acuático.

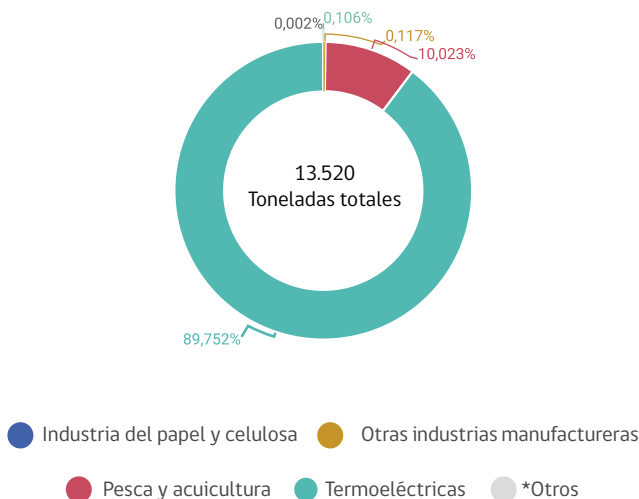
El indicador 2.3.1. resalta que las emisiones de compuestos nitrogenados son más significativas en las regiones de Atacama **78,32%** (10.589,69 t), Antofagasta **11,43%** (1.545,16 t) y La Araucanía **4,21%** (568,56 t).

Estas regiones, en conjunto, representan el **93,96%** del total de emisiones. En esta categoría, el nitrógeno Kjeldahl se destaca como el principal contaminante, abarcando casi el **99,98%** del total de compuestos nitrogenados. Este tipo de nitrógeno comprende diferentes formas orgánicas.

2.3.2. Distribución de contaminantes por grupo correspondiente a compuestos nitrogenados presentes en aguas marinas y continentales



2.3.3. Emisiones a aguas marinas y continentales de compuestos nitrogenados por rubro para año 2022



El nitrógeno total Kjeldahl, por diferentes procesos químicos y biológicos, se puede transformar en nitratos y nitritos, que son formas asimilables por las plantas.

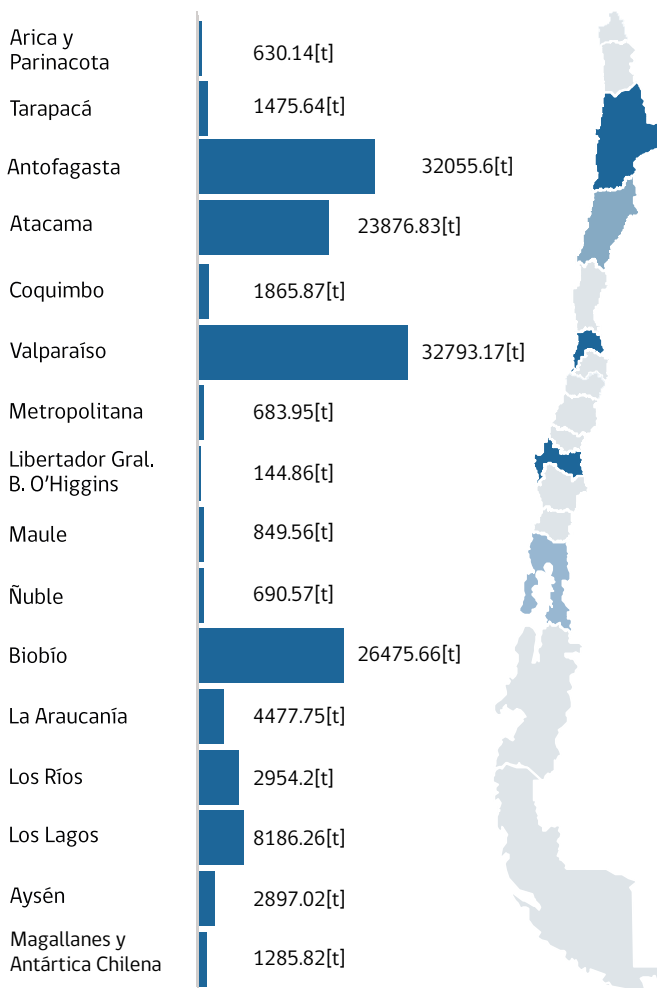
Estos dos últimos tipos de contaminantes representan solo el **0,061%** (8,274 t) del total de compuestos nitrogenados, destacando su mínima contribución en comparación con el nitrógeno total, que abarca el **99,832%** (13.497,62 t).

Según el indicador **2.3.3.**, se observa que las termoeléctricas representan el **89,75%** (12.134,76 t) de las emisiones de compuestos nitrogenados, seguidas por el sector de pesca y acuicultura con **10,02%** (1.355,21 t).

En conjunto, estos sectores son los principales responsables de las emisiones, con una contribución combinada del **99,77%**.

2.4. Análisis de emisiones a aguas marinas y continentales de contaminantes físicos

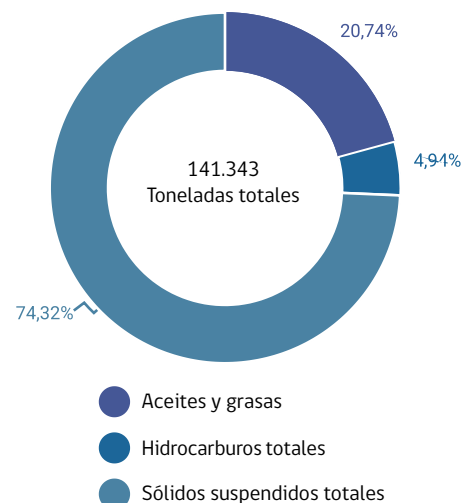
2.4.1. Emisiones a aguas marinas y continentales de contaminantes físicos por región para año 2022



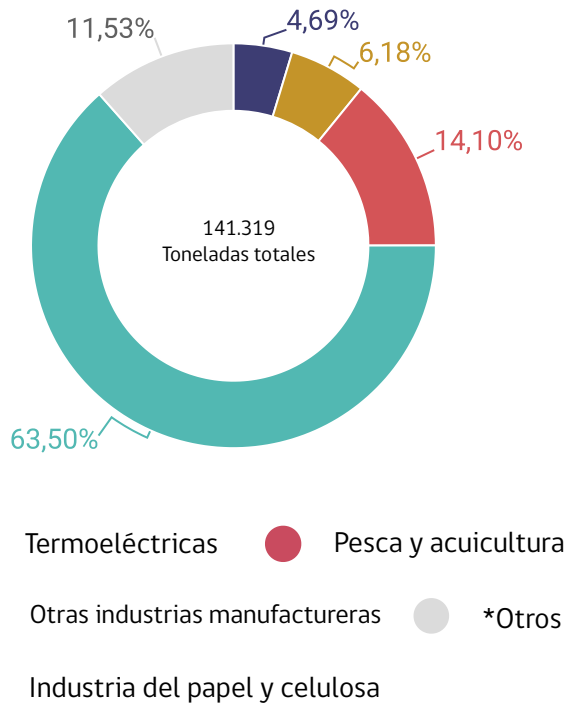
La categoría de contaminantes físicos incluye los sólidos suspendidos, aceites y grasas, así como los hidrocarburos. Su característica común reside en que impactan las propiedades físicas del agua, generando turbiedad o capas superficiales. Esto incide directamente en el paso de luz y oxigenación del agua, generando diversos problemas tanto para uso humano como para el desarrollo de la vida acuática.

Según los datos reportados en el RETC, las mayores descargas de contaminantes físicos se encuentran en las regiones de Valparaíso **23,2%** (32.793,17 t), Antofagasta **22,7%** (32.055,60 t) y Biobío **18,7%** (26.475,66 t), concentrando el **64,6%** del total de las emisiones, según muestra el indicador **2.4.1.**

2.4.2. Distribución de contaminantes por grupo correspondiente a contaminantes físicos presentes en aguas marinas y continentales



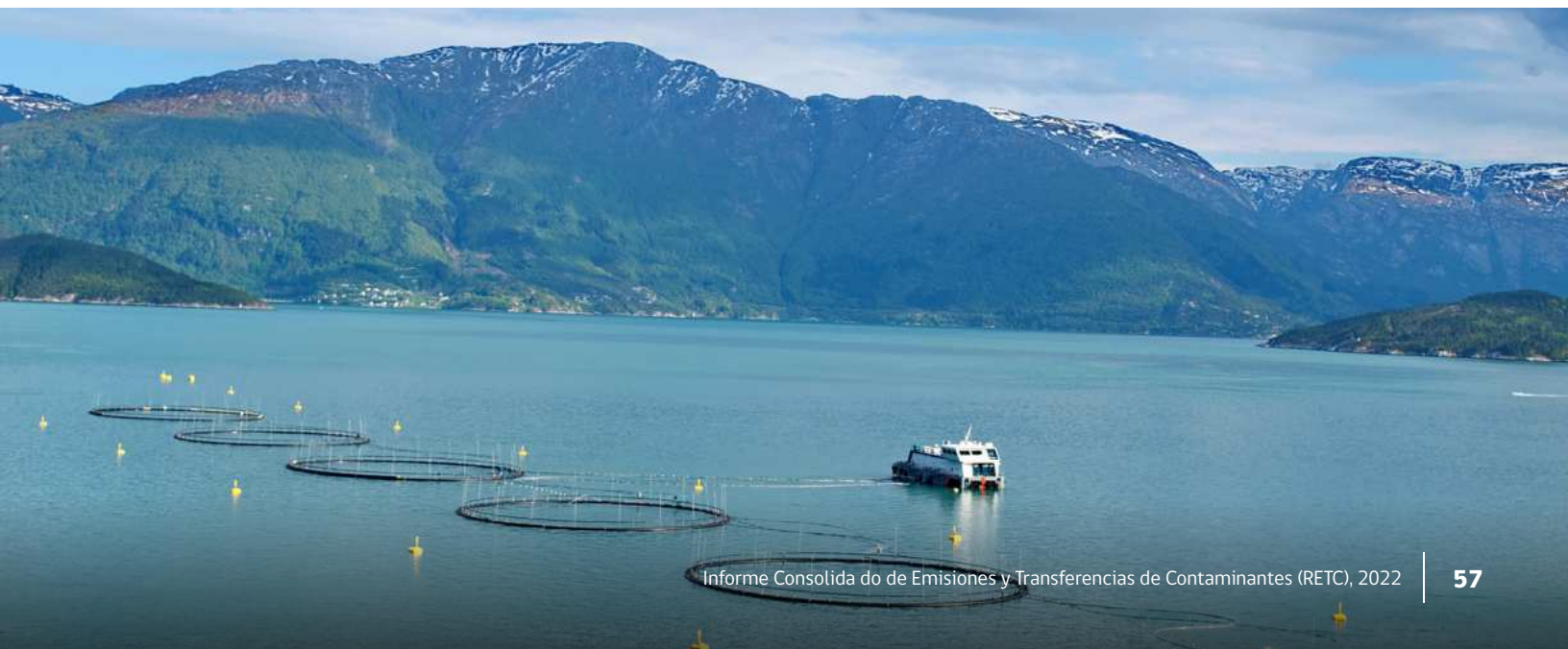
2.4.3. Emisiones a aguas marinas y continentales de contaminantes físicos por rubro para año en curso



Según el indicador 2.4.2., los sólidos suspendidos totales constituyen el principal contaminante físico presente en aguas marinas y continentales, con 105.047,3 t (**74,3%**), seguidos por aceites y grasas, con 29.314,5 t (**20,7%**), y los hidrocarburos totales, con 6.981 t (**4,9%**). Estas categorías representan las principales fuentes de impacto ambiental en los ecosistemas acuáticos.

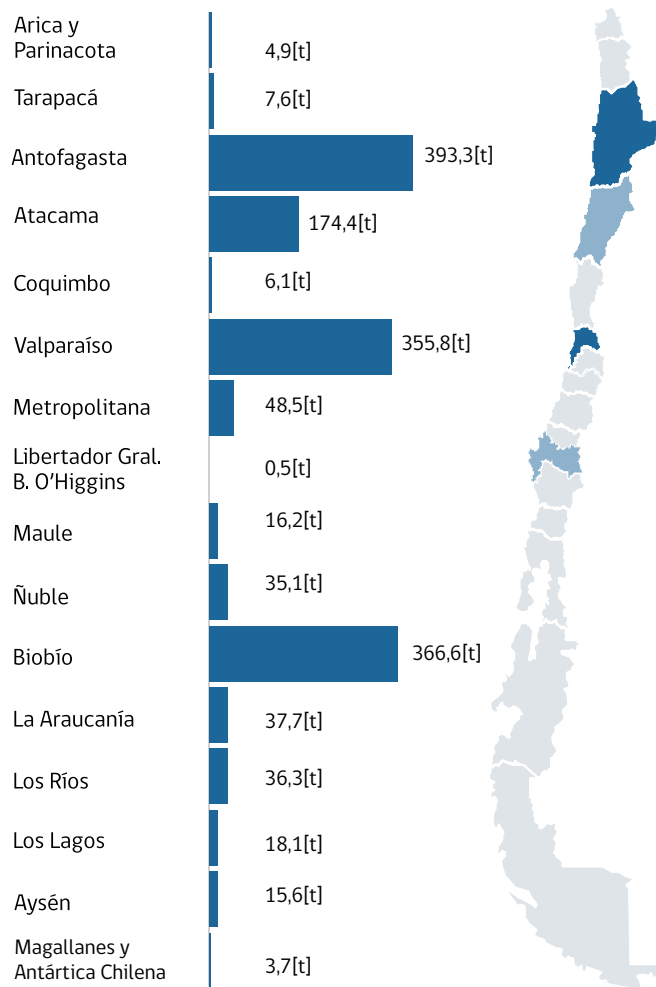
Asimismo, según el indicador 2.4.3., las termoeléctricas destacan como el principal sector emisor de contaminantes físicos a aguas marinas y continentales, con 89.733,5 t (**63,5%**). Les sigue el sector de pesca y acuicultura, con 19.931,3 t (**14,1%**), y otras industrias manufactureras, con 8.730,9 t (**6,2%**).

*Otros: En esta categoría se incluyen rubros como la captación, tratamiento y distribución de agua, comercio mayorista, construcción, gestores de residuos, industria de la madera y silvicultura, industria química, de plástico y caucho, minería, otras actividades, otras centrales de generación eléctrica, plantas de tratamiento de aguas servidas, producción agropecuaria y refinerías de petróleo.



2.5. Análisis de emisiones a aguas marinas y continentales de metales pesados

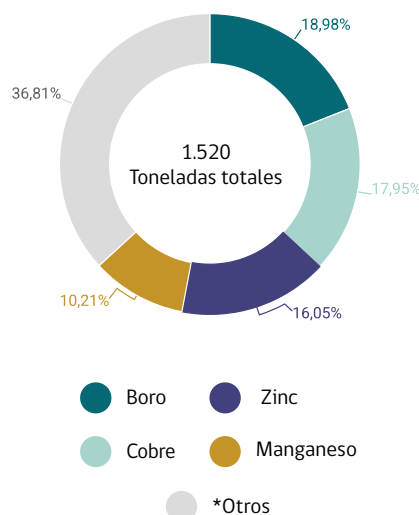
2.5.1. Emisiones a aguas marinas y continentales de metales pesados por región para año 2022



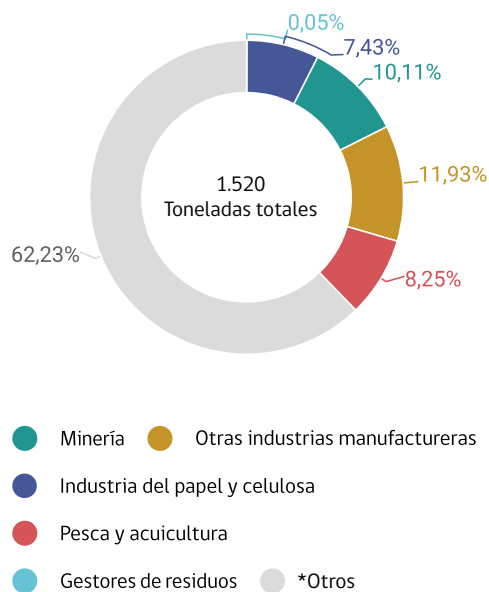
Los metales pesados son elementos químicos que se encuentran en la naturaleza, algunos de estos son esenciales para el funcionamiento de ecosistemas como el cobre, zinc o molibdeno necesario en bajas concentraciones para el desarrollo de plantas y animales. Sin embargo, también existen metales pesados no requeridos en actividades biológicas, como el mercurio y el arsénico, que en concentraciones ligeramente altas generarían efectos tóxicos agudos.

Según el indicador 2.5.1., las regiones con mayor concentración de emisiones de metales pesados a aguas marinas y continentales son Antofagasta, con **25,9%** (393,3 toneladas), Biobío, con **24,1%** (366,6 toneladas), y Valparaíso, con **23,4%** (355,8 toneladas). Estas tres regiones concentran la mayor parte de las emisiones reportadas en esta categoría.

2.5.2. Distribución de contaminantes por grupo correspondiente a metales pesados presentes en aguas marinas y continentales



2.5.3. Emisiones a aguas marinas y continentales de metales pesados por rubro para año 2022



*Otros: En esta categoría se incluyen rubros como la captación, tratamiento y distribución de agua, comercio mayorista, construcción, gestores de residuos, industria de la madera y silvicultura, industria química, de plástico y caucho, minería, otras actividades, otras centrales de generación eléctrica, plantas de tratamiento de aguas servidas, producción agropecuaria y refinarias de petróleo.

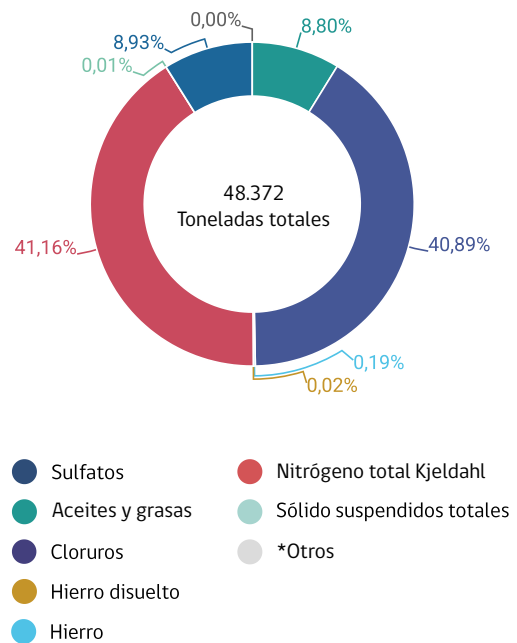
El indicador 2.5.2. detalla la distribución de los contaminantes específicos, destacándose el boro como el principal emisor con **18,98%** (288,6t), seguido por el cobre con **17,95%** (272,9 t) y el zinc con **16,05%** (244,0t). Aunque algunos metales presentan emisiones menores, su toxicidad puede ser significativa incluso en pequeñas concentraciones, lo que resalta la necesidad de su monitoreo y control.

Asimismo, según el indicador 2.5.3., las actividades industriales que más contribuyen a las emisiones de metales pesados a aguas marinas y continentales son el sector de otras industrias manufactureras, con **11,93%** (181,37 t), y la minería, con **10,11%** (153,75 t). Juntas, estas actividades representan un impacto significativo, mientras que el sector de pesca y acuicultura aporta con **8,25%** (125,47 t), evidenciando la importancia del control en estas categorías de contaminantes

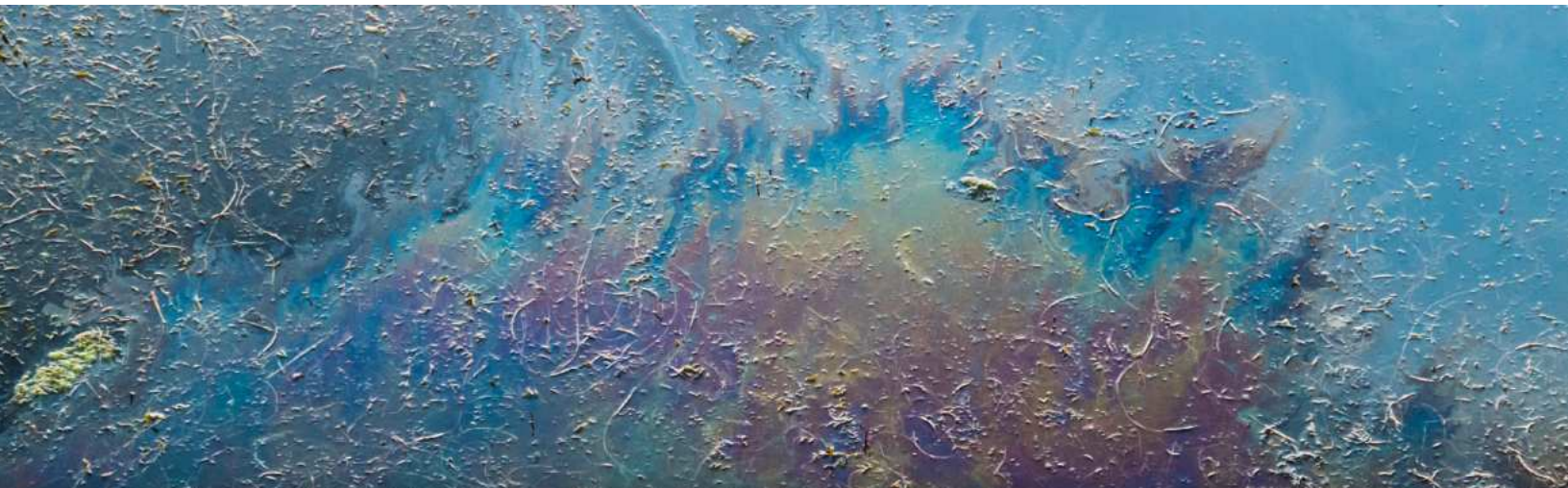
2.6. Análisis de emisiones a aguas subterráneas por contaminantes y grupos de contaminantes

Según el Código de Aguas, son aguas subterráneas aquellas que están ocultas en el seno de la tierra y no han sido alumbradas. Estas constituyen la mayor reserva de agua dulce accesible y su existencia y calidad son fundamentales para la existencia de la vida, contribuyendo a la reposición y mantenimiento de las aguas superficiales. Sin embargo, los acuíferos, debido a su naturaleza, son altamente vulnerables, pudiendo ser sobreexplotados o contaminados por diversas emisiones provenientes de la actividad industrial. La calidad de las aguas subterráneas se ve principalmente afectada por la acción antrópica relacionada con la disposición de residuos sólidos, las aguas residuales, lodos y la actividad agrícola, entre otros factores.

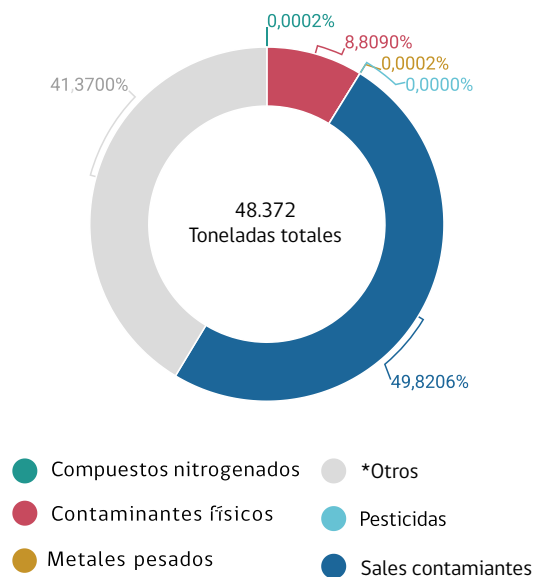
2.6.1. Emisiones a aguas subterráneas por contaminantes para año 2022



*Otros: Se agrupan los siguientes contaminantes: aluminio, benceno, boro, cadmio, cianuro, cobre, cromo hexavalente, fluoruro, fósforo, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, nitrato, nitrito, nitrógeno total, pentaclorofenol, plomo, selenio, sulfuro, tetracloroetano, tolueno, triclorometano, xileno y zinc.



2.6.2. Emisiones a aguas subterráneas por grupo de contaminantes para año 2022



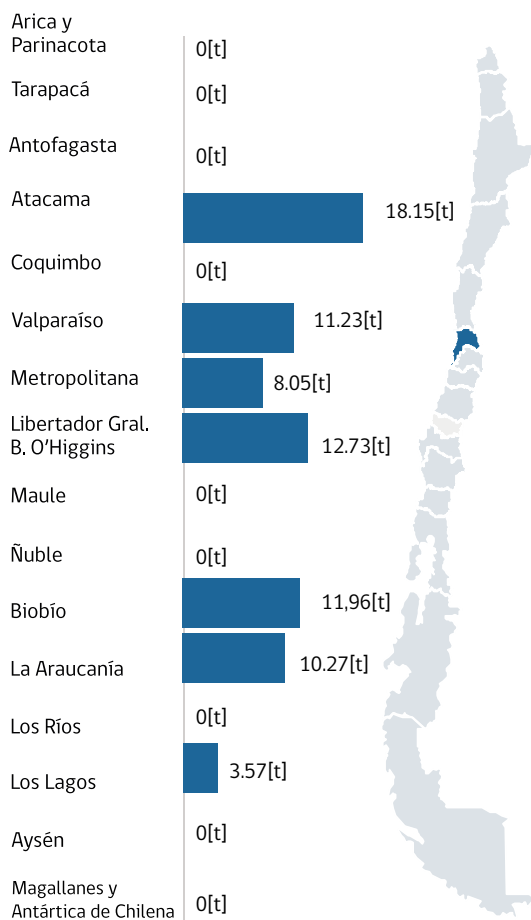
El indicador **2.6.1.** permite visualizar los principales contaminantes presentes en las aguas subterráneas. En primer lugar, se distinguen el nitrógeno total Kjeldahl **41,16%** (19.912,1t), los cloruros **40,89%** (19.780,3t) y los sulfatos **8,93%** (4.319t).

Aunque en menor proporción, también se destacan los aceites y grasas con **8,80%** (4.256,4t).

El indicador **2.6.2.** proporciona información acerca de la distribución por grupo de contaminantes. Esta categoría es liderada por las sales contaminantes con **49,82%** (24.099,29 t), seguido por los compuestos nitrogenados con **41,37%** (20.011,54t) y los contaminantes físicos con **8,81%** (4.261,10t). Otros contaminantes, como los pesticidas y los metales pesados, tienen una contribución mínima, evidenciando su bajo impacto porcentual en comparación con los grupos predominantes.

2.7. Análisis de emisiones de metales pesados a aguas subterráneas

2.7.1. Emisiones a aguas subterráneas de metales pesados por región para 2022

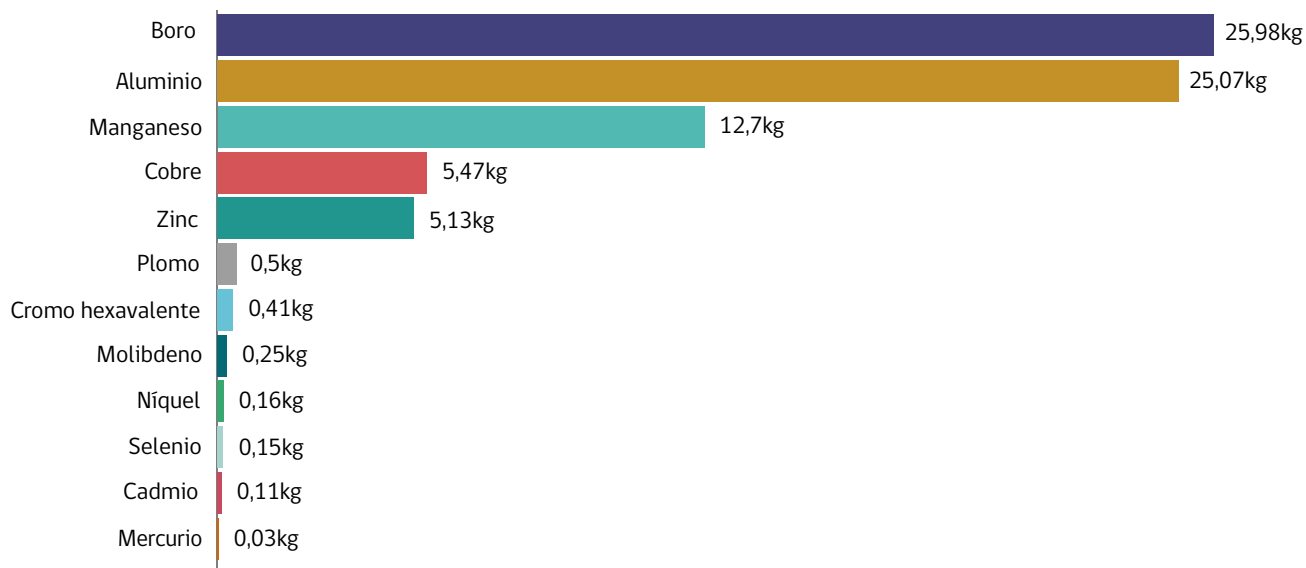


Los metales pesados se caracterizan por su alta densidad y toxicidad, incluso en bajas concentraciones, lo que los hace perjudiciales para los organismos que interactúan con ellos en los diversos ecosistemas.

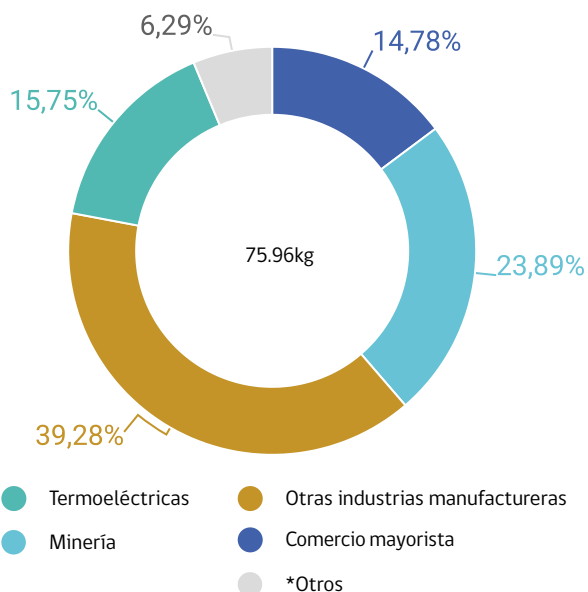
La presencia de metales pesados en los recursos hídricos representa uno de los mayores problemas ambientales, sociales y económicos a nivel mundial. Su elevada toxicidad afecta directamente a la salud de la población, los servicios ecosistémicos y los ecosistemas en general, traduciéndose en un deterioro de los componentes ambientales, mayores costos en salud, disminución de la productividad, entre otros efectos.

Según el indicador **2.7.1.**, las emisiones de metales pesados a las aguas subterráneas se concentran principalmente en las regiones de Atacama, con 18,15 Kg (**23,9%**), y O'Higgins, con 12,73 Kg (**16,8%**). Otras regiones como Biobío, Valparaíso, La Araucanía y Metropolitana presentan emisiones menores, pero contribuyen con cantidades significativas a nivel local.

2.7.2. Distribución de contaminantes correspondientes a metales pesados presentes en aguas subterráneas



2.7.3. Emisiones a aguas subterráneas de metales pesados por rubro para año 2022



En cuanto a la distribución específica de los metales pesados en aguas subterráneas, según el indicador 2.7.2., los principales contaminantes son el boro, con 25,98kg (**34,2%**), seguido por el aluminio, con 25,07kg (**33%**), y el manganeso, con 12,7kg (**16,7%**). Otros metales como el cobre y el zinc tienen proporciones menores, representando **7,2%** y **6,8%**, respectivamente, pero no son menos relevantes en términos de su toxicidad.

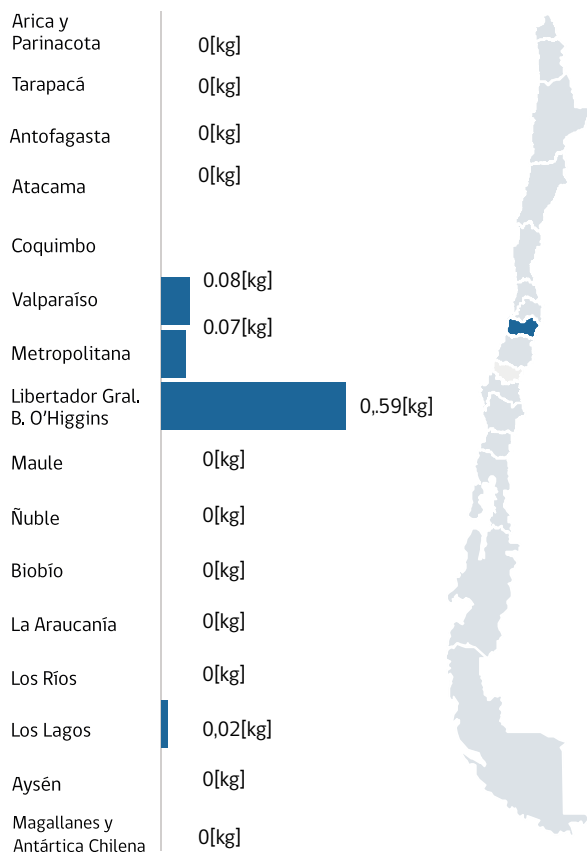
Además, según el indicador 2.7.3., las principales actividades emisoras de metales pesados en aguas subterráneas corresponden a las industrias manufactureras, con 29,84kg (**39,3%**), seguidas por la minería, que aporta 18,15kg (**23,9%**), y las termoeléctricas, con 11,96kg (**15,7%**).

El comercio mayorista y otras actividades contribuyen con proporciones más bajas, de **14,8%** y **6,3%**, respectivamente. Estos datos evidencian la necesidad de gestionar y mitigar las emisiones provenientes de estas actividades económicas para proteger los recursos hídricos y los ecosistemas asociados.

* Otros: Se incluyen los rubos de Industria química de plástico y caucho, Producción agropecuaria, Pesca y Acuicultura, Otras actividades.

2.8 Análisis de emisiones de pesticidas a aguas subterráneas

2.8.1 Emisiones a aguas subterráneas de pesticidas por región para año 2022

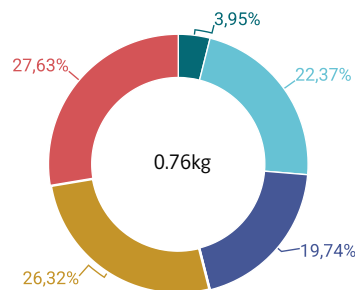


Las aguas subterráneas desempeñan un papel fundamental como insumo en la actividad agrícola y manufacturera. Su productividad se ha visto mejorada y aumentada mediante el uso de pesticidas. Los pesticidas son identificados como una de las principales fuentes de contaminación y pueden impactar a la salud de la población mediante el consumo de agua proveniente de aguas subterráneas donde predominan los plaguicidas organoclorados.

El reporte del RETC, mediante el indicador 2.8.1., señala que las emisiones de pesticidas se concentran principalmente en las regiones de O'Higgins, con **77,6%** (0,59 kg), Valparaíso con **10,5%** (0,08 kg) y Metropolitana con **9,2%** (0,07 kg) de un total nacional de 0,76 Kg.

Asimismo, el indicador 2.8.2., proporciona información acerca de la distribución por grupo de contaminantes. Dentro de este grupo, el xileno lidera con 0,21kg (**27,6%**), seguido por el triclorometano con 0,2kg (**26,3%**), el tetracloroetano con 0,17kg (**22,4%**), el tolueno con 0,15 Kg (**19,7%**) y, finalmente, el pentaclorofenol con 0,03kg (**3,9%**) de un total de 0,76kg.

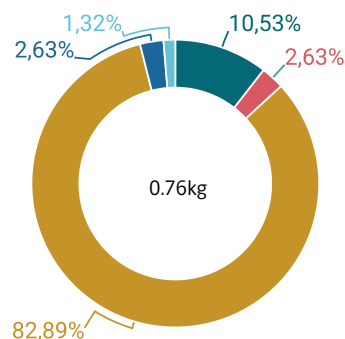
2.8.2. Distribución de contaminantes por grupo correspondiente a pesticidas presentes en aguas subterráneas



- Pentaclorofenol / PCP
- Triclorometano
- Tetracloroetano
- Xileno
- Tolueno

En este mismo aspecto, los sectores industriales que más contribuyen a las emisiones de pesticidas son otras industrias manufactureras, con 0,63 kg (**82,89%**), el comercio mayorista, con 0,08 kg (**10,53%**), y la pesca y acuicultura, con 0,02 kg (**2,63%**), según el indicador 2.8.3.

2.8.3. Emisiones a aguas subterráneas de pesticidas por rubro para año 2022



- Comercio mayorista
- Otras actividades
- Producción agropecuaria
- Pesca y acuicultura
- Otras industrias manufactureras

4.3. COMPONENTE SUELO

La transferencia al suelo comprende varias acciones destinadas a la disposición definitiva de residuos en el suelo, ya sea con o sin tratamiento previo. Estos procesos pueden resultar en contaminación debido a la presión ambiental que ejercen en el suelo en un tiempo prolongado, y a posibles incumplimientos de la normativa vigente por parte de la entidad que gestiona el proceso. En ese sentido, las transferencias al suelo pueden desencadenar procesos ambientales complejos que, al representar un potencial riesgo para la salud humana y el entorno, son de interés por parte del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC).

Actualmente el RETC posee datos ambientales asociados a la gestión de residuos peligrosos y no peligrosos (ver Capítulo 2: Conceptos relevantes del RETC). Estos datos entregan información acerca de los tipos de residuos generados, los establecimientos que los generan y gestionan, qué se hace con ellos y cuántas toneladas son. Respecto de los residuos peligrosos, en este informe se analizarán de acuerdo con sus contaminantes más frecuentes obtenidos categorizando los residuos en función de la Lista A del Decreto Supremo N°148 de 2004 del Ministerio de Salud (MINSAL).

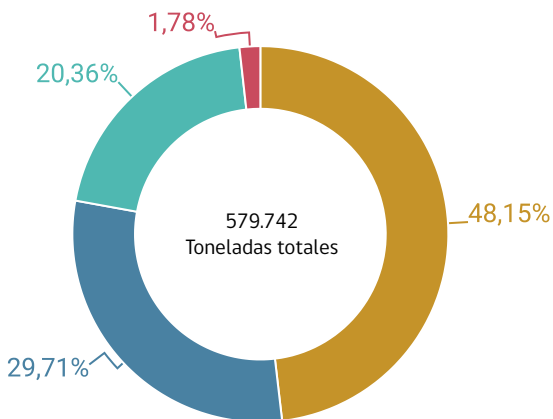
Por una parte, esta categorización permite caracterizar los tipos de residuos peligrosos, y por otra, inferir de manera general los contaminantes asociados a la transferencia. Finalmente, los datos referentes a los residuos no peligrosos, incluidos los datos de Lodos de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas, son extraídos directamente del Sistema Nacional de Declaración de Residuos (SINADER).

Este sistema facilita la obtención de información acerca del tratamiento que se aplica a este tipo de residuos, como la eliminación o valorización. Al considerar las declaraciones de los generadores industriales en relación con los tipos de tratamientos, esta sección se centrará en analizar las presiones ambientales que surgen de las transferencias al suelo realizadas por el sector industrial. Para lo anterior, se hará referencia al tipo de tratamiento de disposición final que es un tipo de tratamiento asociado a la eliminación y que por definición implica una transferencia directa al suelo.



3.1. Análisis de transferencias de residuos peligrosos al suelo

3.1.1. Transferencias de residuos peligrosos por categoría de la Lista A para año 2022

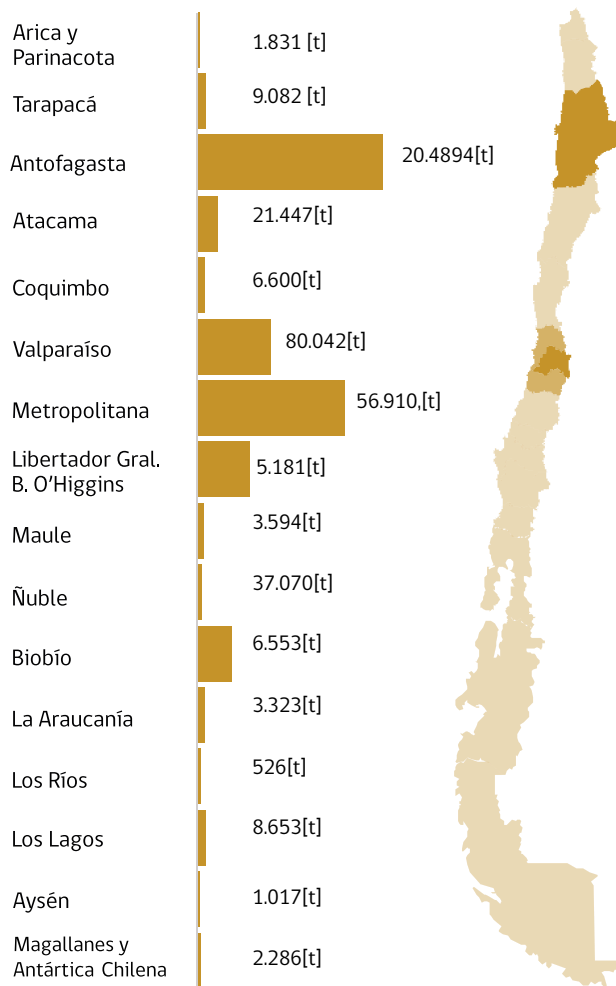


- Residuos metálicos o que contengan metales
- Residuos que pueden contener constituyentes inorgánicos u orgánicos
- Residuos que contengan principalmente constituyentes orgánicos
- Residuos que contengan principalmente constituyentes inorgánicos

Análisis:

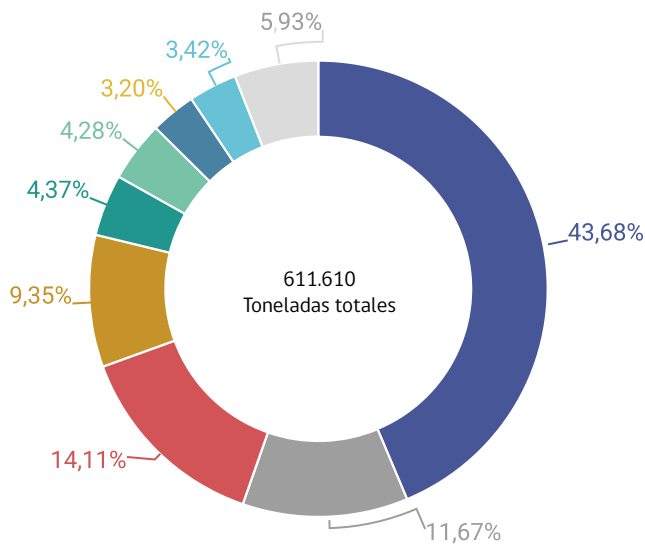
La Lista A del Decreto Supremo 148 del MINSAL permite identificar cuatro categorías de residuos peligrosos: residuos metálicos o que contengan metales, residuos que pueden contener constituyentes inorgánicos u orgánicos, residuos que contengan principalmente constituyentes orgánicos, y residuos que contengan principalmente constituyentes inorgánicos.

3.1.2. Distribución de generación de residuos peligrosos por región para año 2022



Según el indicador **3.1.1.**, en el año 2022 la generación de residuos peligrosos estuvo principalmente en la categoría de residuos metálicos con **48,15%** (279.142 toneladas) respecto del total.

3.1.3. Distribución de generación de residuos peligrosos por rubro para año 2022



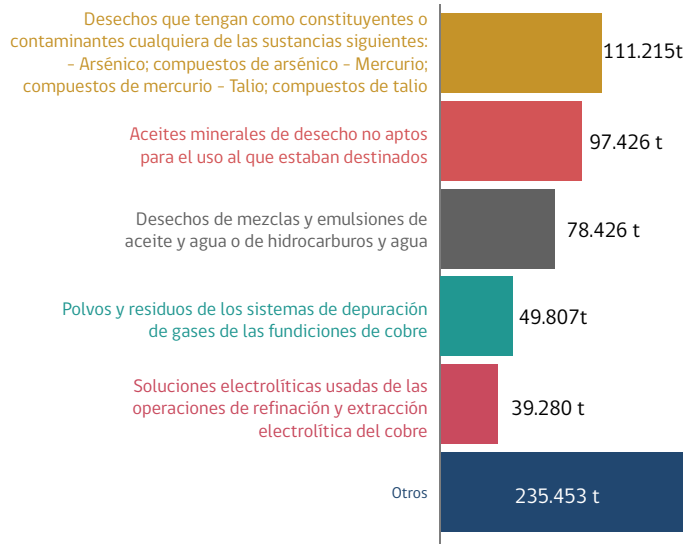
- Minería
- Gestores de residuos
- Otras actividades
- Otras industrias manufactureras
- Comercio mayorista
- Industria química, de plástico y caucho
- Ventas y mantención de vehículos automotores
- Refinería de petróleo
- Otros

Según el indicador 3.1.2., la actividad industrial de las tres regiones que concentran porcentualmente la generación de residuos peligrosos son Antofagasta **33,50%** (204.894,48 toneladas), Metropolitana **26,67%** (163.120,49 toneladas) y Valparaíso **13,09%** (80.042,49 toneladas).

Estas regiones son importantes por el desarrollo de actividades económicas intensas en generación de residuos como la minería que, de acuerdo con el indicador 3.1.3., representa el **43,68%** (267.120,650 toneladas) de la generación nacional de residuos peligrosos.

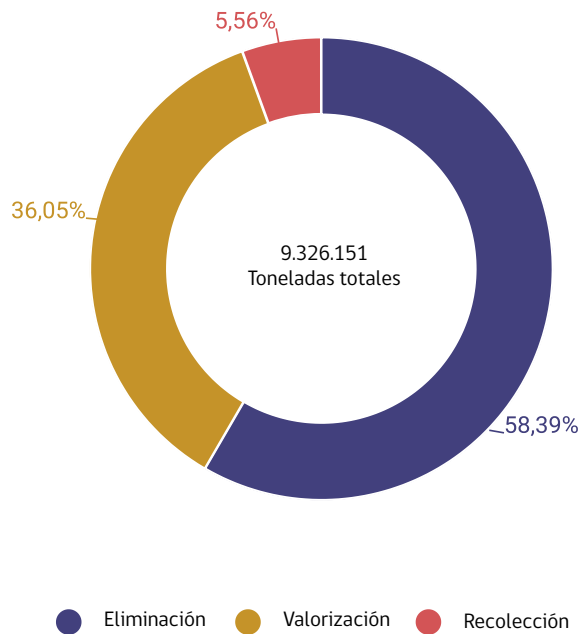
Finalmente, el indicador 3.1.4. vincula los residuos categorizados de acuerdo con la **Lista A** a contaminantes específicos.

3.1.4. Contaminantes más frecuentes presentes en las categorías de la Lista A para año 2022



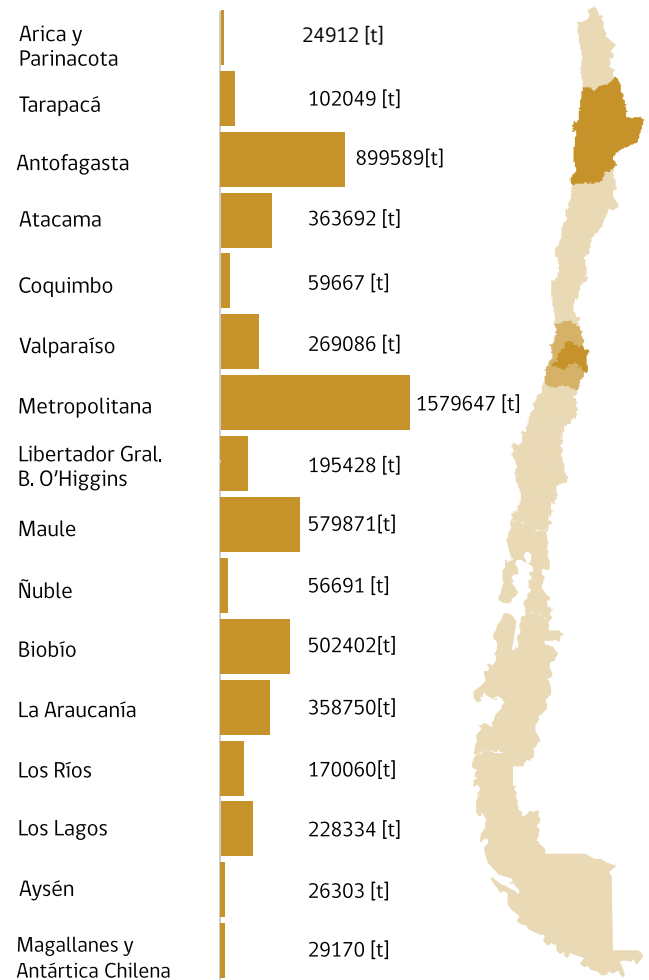
3.2. Análisis de transferencias de residuos no peligrosos al suelo

3.2.1. Transferencias de residuos no peligrosos de generador industrial por valorización, recolección y eliminación (disposición al suelo) para el año 2022



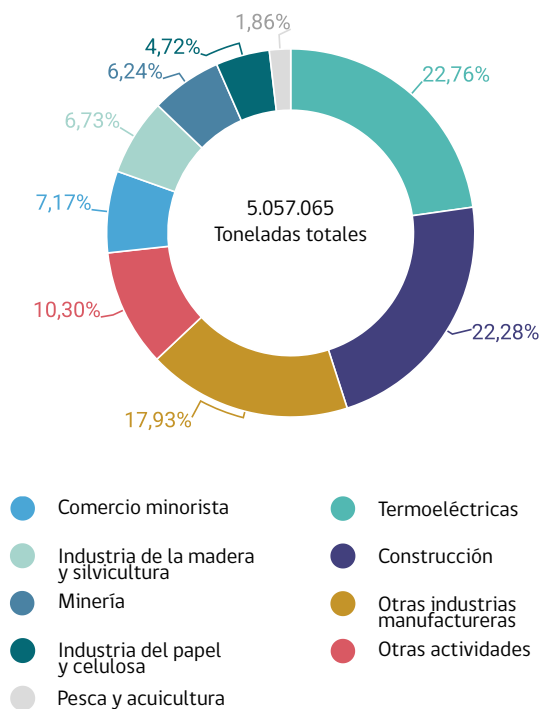
Los tratamientos proporcionados a los residuos no peligrosos informan lo que se hizo con un tipo de residuo, el que es a su vez categorizado de acuerdo con el Listado Europeo de Residuos (LER). Sumado a la información del establecimiento capturada por medio del sistema Ventanilla Única, podemos determinar el qué, quién y qué se hizo con los residuos no peligrosos a nivel nacional, regional y comunal.

3.2.2. Distribución de generación de residuos no peligrosos de generador industrial a eliminación (disposición al suelo) por región para el año 2022

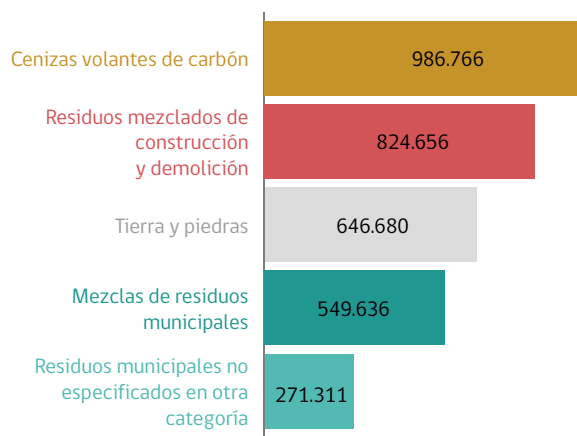




3.2.3. Distribución de generación de residuos no peligrosos de generador industrial a eliminación (disposición al suelo) por rubro para año 2022



3.2.4. Los 5 tipos de residuos más generados por establecimientos industriales y que son tratados como eliminación (disposición al suelo) para año 2022



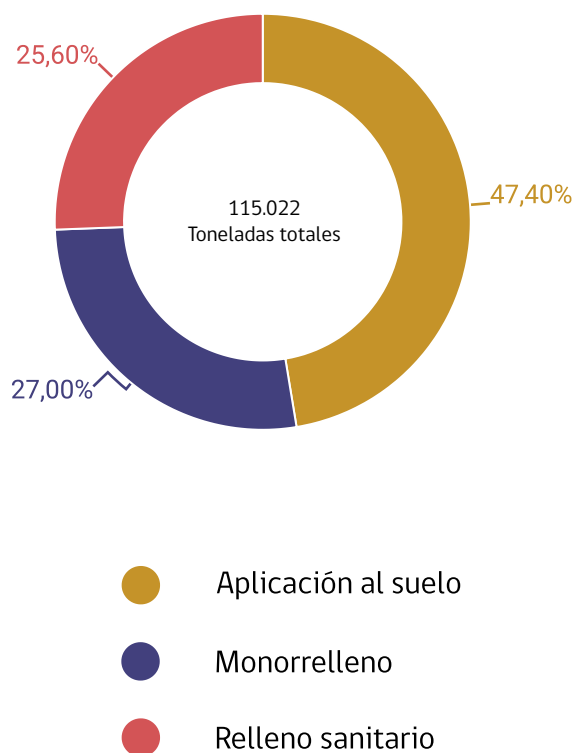
En ese sentido, el indicador **3.2.2.** nos indica que el tipo de tratamiento tipificado como eliminación fue lo que más se generó en el año 2022 **58,39%** (5.445.658,857 toneladas). Esta concentración de dichos residuos a eliminación se da en mayor cantidad en las regiones Metropolitana **29,01%** (1.579.647,52 toneladas) y de Antofagasta **16,52%** (899.589,54 toneladas) quienes suman más de 2,5 millones de toneladas (**45,53%**) (respecto del total) de residuos no peligrosos generados, como es posible observar mediante el indicador **1.4.3.**

Al respecto, el indicador **3.2.3.** nos indica que las actividades industriales que concentran la generación de residuos no peligrosos son las asociadas a los rubros termoelectricos **22,76%** (1.150.816,89 toneladas), construcción **22,28%** (1.126.597,15 toneladas) y manufactura **17,93%** (906.845,89 toneladas).

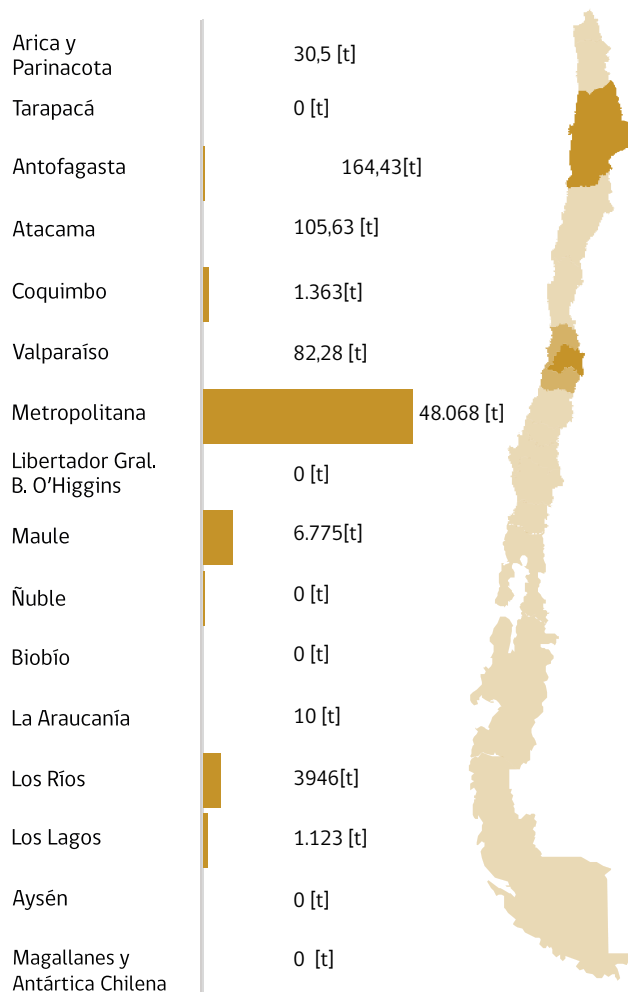
Al analizar estos rubros hay congruencia que las principales categorías generadas en el 2022 corresponden a cenizas volantes de carbón **30,09%**(986.766,29 toneladas), residuos mezclados de la construcción y demolición **25,15%** (824.656,42 toneladas) y tierra y piedras **19,72%** (646.680,31 toneladas), este último cerca de mezclas de residuos municipales **16,76%** (549.636 toneladas).

3.3. Análisis de transferencias al suelo de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS)

3.3.1. Transferencias de residuos peligrosos por categoría de la Lista A para año 2022



3.3.2. Distribución de generación de residuos peligrosos por región para año 2022



Respecto de los lodos generados en Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), se puede observar por medio del indicador 3.3.1. que estos van a eliminación a un monorrelleno principalmente en la región del Maule con **93,65%** (61.360,00 toneladas) respecto del total. Además, la eliminación de lodos a rellenos sanitarios se realiza principalmente en la región Metropolitana **77,37%** (3946,6 toneladas), Maule **10,91%** (6.775,0 toneladas) y Los Ríos **6,37%** (48.068,51 toneladas).

El indicador 3.3.2. indica que, a nivel nacional, los principales tratamientos de lodos provenientes de PTAS corresponden a aplicación al suelo **47,40%** (115.022,19 toneladas), eliminación a monorrellenos **27%** (865.518,61 toneladas), y eliminación a rellenos sanitarios **25,60%** (62.125,84 toneladas).



Epílogo

El principal objetivo de las definiciones conceptuales y análisis contenidos en este informe es promover el conocimiento y contenido del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC). Usando el marco entregado por el Acuerdo de Escazú, este informe busca avanzar en el “derecho a saber” entregando una perspectiva respecto de las presiones ambientales a nivel nacional. Este informe, junto con la publicación de datos abiertos, indicadores, y fortalecimiento de procesos de captura y verificación de datos, permite avanzar en la democratización del acceso a la información pública ambiental.

Las necesidades actuales, basadas en la crisis climática, contaminación y pérdida de la biodiversidad, demanda mejores datos que permitan comprender y abordar los desafíos que nos plantea este contexto a nivel global como local. El RETC permite generar con mayor precisión y eficacia la territorialización de los datos llegando incluso a contextualizar, por ejemplo, las emisiones y transferencias

de contaminantes en las zonas en transición socioecológica. Sin embargo, este tipo de análisis debe descansar en una base sólida de confianza en los datos y transparencia. Aquí es donde el fortalecimiento de los procesos que respaldan la calidad de los datos y la delimitación de universos de interés son fundamentales.

Los fortalecimientos de los procesos que buscan resguardar la calidad de los datos ambientales se han ido consolidando mediante la integración del RETC a otras políticas como la de Impuesto Verde.

Estas integraciones permiten proporcionar mayor vigilancia en los datos y, consecuentemente, aumentar el uso y confianza en la información generada. Razón de ello es que este informe es un recurso importante para acercarse y abrir la discusión en relación con las presiones que ejercen diferentes contaminantes tanto en el medio ambiente como en la salud de las personas.



Bibliografía

- **Akagi, S. K., Yokelson, R. J., Wiedinmyer, C., Alvarado, M. J., Reid, J. S., Karl, T., Crouse, J. D., y Wennberg, P. O. (2011).** Emission factors for open and domestic biomass burning for use in atmospheric models. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11(9), 4039–4072. <https://doi.org/10.5194/acp-11-4039-2011>
- **AMBIOSIS. (2011).** Guía Metodológica. Inventario de Emisiones Atmosféricas. *Metodología SINCA 2011* (pp. 1–377).
- **CDT. (2015).** Medición del Consumo Nacional de Leña y Otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera. Para El Ministerio de Energía.
- **CEPAL. (2022).** Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe. Recuperado de <https://mma.gob.cl/escazu-en-chile>
- **CONAMA. (2009).** Guía metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles del RETC.
- **D.S. N° 1/2013 MMA:** Ministerio del Medio Ambiente (2013). Artículos 1 y 2. Recuperado de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1050536>
- **D.S. N° 13/2011 MMA:** Ministerio del Medio Ambiente (2011).
- **D.S. N° 138/2005 MINSAL:** Ministerio de Salud. (2005) Decreto Supremo N° 138/2005.
- **D.S. N° 148/2003 MINSAL:** Ministerio de Salud. (2003) Recuperado de <https://bcn.cl/2f93u>
- **D.S. N° 28/2013 MMA:** Ministerio del Medio Ambiente (2013).
- **D.S. N° 276/1980:** Ministerio de Agricultura: <https://bcn.cl/2n5tk>
- **D.S. N° 46/2002 MINSEGPRES:** Ministerio Secretaría General de la Presidencia (2002). Recuperado de <https://bcn.cl/2f4xm>
- **D.S. N° 609/1998 MOP:** Ministerio de Obras Públicas. (1998).
- **D.S. N° 80/2006 MINSEGPRES:** Ministerio Secretaría General de la Presidencia (2006). Recuperado de <https://bcn.cl/2jxgd>
- **D.S. N° 90/2000 MINSEGPRES:** Ministerio Secretaría General de la Presidencia (2000).
- **EMEP-EEA. (2013). Air pollutant emission inventory guidebook 2013:** Technical guidance to prepare national emission inventories.
- **EMEP/EEA. (2016).** Air Pollutant Emission Inventory Guidebook.
- **EMEP/EEA. (2019).** EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019.
- **INE. (2019).** Estimaciones y Proyecciones de la Población de Chile 2002–2035 a Nivel Comunal. Documento Metodológico.

- **INFOR. (2020).** Consumo de combustibles derivados de la madera en la región de O'Higgins. www.infor.cl
- **IPCC. (2006).** Volume 2, Chapter 2: Stationary Combustion. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories., 47. [https://doi.org/10.1016/S0166-526X\(06\)47021-5](https://doi.org/10.1016/S0166-526X(06)47021-5)
- **IPCC. (2006).** Volumen 4, capítulo 2, tabla 2.5 (Agricultural Residues) y Tabla 2.6 (Agricultural Residues, Eucalyptus forests - Post logging slash burn, Boreal forests - Post logging slash burn).
- **IPCC. (2019).** Land-climate interactions. In Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.
- **MMA. (1994).** Ley N° 19.300 sobre bases generales del Medio Ambiente. (1994). Artículo 70, letra p. Recuperado de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30667>
- **MMA. (2017).** Manual para el Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas.
- **MMA. (2021).** Sistemas de reporte de información habilitados en el Sistema Ventanilla Única del RETC. (2021). Recuperado de https://vu.mma.gob.cl/manuals/vu/manual_vu.pdf
- **Naciones Unidas. (1992).** Principio 10 de la Agenda 21. Recuperado de <https://www.un.org/esa/dsd/agenda21/>
- **Resolución N° 15.027/1994 SESMA:** Ministerio de Salud. (1994). Resolución N° 15.027/1994.
- **Scion & Branz. (2010).** Assessing the Impact of Vegetation and House Fires on Greenhouse Gas Emissions (Issue Fire Research Report).
- **SISTAM. (2014).** Emisiones y Costos de Abatimiento para el Sector de Quemadas Agrícolas.
- **STAPPA-ALAPCO-EPA. (2001).** EIIP: Chapter 18: Structure Fires: Vol. III. STAPPA-ALAPCO-EPA.

ANEXOS





ANEXOS

ANEXO 1 Metodología de estimación de emisiones al aire de fuentes difusas del componente aire	78
ANEXO 2 Metodología estimaciones del agua	96
ANEXO 3 Descripción lista A, D.S. N° 148/2003 MINSAL	98
ANEXO 4 Listado europeo de residuos	102
ANEXO 5 Metodología de estimación de residuos no peligrosos para generadores municipales	103
ANEXO 6 Tipos de tratamiento en el sistema sectorial SINADER	104
ANEXO 7 Lista de contaminantes y parámetros contenidos en el RETC	106
ANEXO 8 Contaminantes referenciados en el informe consolidado del RETC de acuerdo con el componente ambiental	111



ANEXO | 1

Metodología de estimación de emisiones al aire de fuentes difusas

a. Emisiones de transporte en ruta

En el RETC se estiman emisiones de transporte en ruta para 27 ciudades del país; de estas, 22¹ cuentan con modelos de transporte elaborados por el Programa de Vialidad y Transporte Urbano de la Secretaría de Transportes (SECTRA), dependiente del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT). En el caso de las otras cinco (5) ciudades², se estiman las emisiones mediante el uso de una metodología simplificada.

Los contaminantes estimados para las 27 ciudades son:

- material particulado (MP),
- material particulado respirable (MP₁₀),
- material particulado respirable fino (MP_{2,5}),
- monóxido de carbono (CO),
- compuestos orgánicos volátiles (COV),
- óxido de nitrógeno (NO_x),
- óxido de azufre (SO₂),
- dióxido de carbono (CO₂),
- metano (CH₄),
- óxido nitroso (N₂O),
- amoníaco (NH₃),
- mercurio (H_g),
- dioxinas y furanos.

Metodología

Para estimación de emisiones de ciudades con modelo de transporte

Para el 2022 y homologación de serie histórica (2018–2022), las emisiones de transporte en ruta para las ciudades con modelo de transporte se calcularon a partir del modelo de emisiones vehiculares MODEM 6.0³. Esta metodología consiste en estimar los niveles de actividad de las diferentes categorías vehiculares y asociarle a cada una de ellas un factor de emisión. Para los vehículos motorizados, el nivel de actividad es representado principalmente por el kilometraje recorrido por el vehículo en el tiempo y el área donde se desarrolla el inventario, mientras que los factores de emisión se expresan en unidades de gramos por kilómetro recorrido.

De forma general, el cálculo de la emisión se puede representar con la Ecuación 1.

Ecuación 1

$$E_i = \sum_{kt} NA_k \cdot FE_{ikt}$$

Donde:

E_i: Emisiones del contaminante considerado **i**. [g]

NA_k: Nivel de actividad de la categoría vehicular **k**.

$$\left[\frac{\text{km}}{\text{vehículo}} \right]$$

FE_{ikt}: Factor de emisión del contaminante **i** para la categoría **k** evaluada, para el tipo de descarga de emisiones **t**.

$$\left[\frac{\text{g} \cdot \text{km}}{\text{vehículo}} \right]$$

i: Contaminante **i**.

k: Categoría vehicular **k**.

t: Tipo de descarga de emisiones en toneladas **t**.

Las emisiones que se estiman provienen de tres fuentes fundamentales: las derivadas del motor cuando este se encuentra en condiciones de operación estables (emisiones en caliente), aquellas provenientes del motor cuando se encuentra frío (emisiones por partidas en frío), y, por último, aquellas denominadas evaporativas (emisiones de hidrocarburos evaporados). En esta última fuente se encuentran tres subtipos: emisiones evaporativas durante el día, emisiones por detención en caliente (*hot soak emissions*) y emisiones por pérdidas durante el recorrido (*running losses*).

¹Ciudades con modelo de transporte: Arica, Iquique, Antofagasta, Calama, Copiapó, La Serena-Coquimbo, Ovalle, Gran Valparaíso, Gran Santiago, Rancagua, Curicó, Talca, Linares, Chillán, Gran Concepción, Los Ángeles, Angol, Temuco-Padre Las Casas, Valdivia, Osorno, Puerto Montt y Punta Arenas. Enfoque *Bottom up*.

²Ciudades sin modelos de transporte: San Felipe, Los Andes, San Antonio, San Fernando y Coyhaique. Enfoque *Top down*.

³Modelo de cálculo de emisiones vehiculares desarrollado por Programa de Vialidad y Transporte Urbano de SECTRA, dependiente del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

Además de los tipos de emisiones ya descritas, también se estiman las emisiones de polvo suspendido (material particulado) generadas por el paso de los vehículos y las correspondientes al desgaste de frenos y neumáticos.

La ecuación 2 presenta la fórmula de las emisiones totales calculadas en cada ciudad.

Ecuación 2

$$E_{\text{totales}} = E_{\text{caliente}} + E_{\text{partida en frío}} + E_{\text{evaporativas}} + E_{\text{polvo}} + E_{\text{desgastes}}$$

Las emisiones por partidas en frío se asocian a las emisiones producidas en aquella porción del viaje de un vehículo donde la conducción se realiza en condiciones de temperatura de motor inferiores a las normales de diseño. Estas emisiones se destacan aún más cuando se estiman emisiones en ciudades donde el viaje promedio es corto y las temperaturas son bajas.

Las emisiones evaporativas durante el día (diurna) se asocian a las variaciones de temperatura naturales que se presentan durante el día. Las emisiones por detenciones en caliente (*hot soak*) se originan cuando el motor del vehículo es apagado (posterior a haber efectuado un recorrido), en donde el calor remanente calienta las líneas de combustible que ya no están fluyendo, produciendo emisiones evaporativas.

Estas emisiones pueden dividirse en *hot soak*, cuando la temperatura del agua de refrigeración del motor al ser apagado está por sobre los 70 °C, y en *warm soak*, cuando la temperatura es menor a 70 °C.

Finalmente, se tienen las emisiones evaporativas generadas por pérdidas durante el recorrido (*running losses*), las que también se diferencian según el grado de temperatura del motor, definiéndose *hot running losses* cuando la temperatura del agua refrigerante del motor se encuentra sobre los 70 °C y *warm running losses* cuando se encuentra por debajo de este valor.

Factores de emisión

Se utilizaron los factores de emisión cargados en la última corrida oficial de MODEM. Estos factores de emisión provienen de la guía europea *The EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook* (EMEP/EEA, 2013) en su versión 2013. Esta guía a su vez utiliza como base el *software* Copert IV para la estimación de los factores de emisión que presentan.

Estos factores de emisiones se componen de diferentes ecuaciones del tipo lineales o cuadráticas, muchos de ellos dependen de la velocidad ingresada, teniendo rangos de tolerancia que principalmente se encuentran entre los 5 y 120 km/hr.

Meteorología

En las variables necesarias para el cálculo de algunos tipos de emisión en MODEM, se encuentran variables meteorológicas como la temperatura y días de lluvia.

Para esto se utilizaron los datos de 22 comunas, extraídos de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) obtenidos de la estación meteorológica más cercana a cada comuna. Son de particular interés los días de lluvia con precipitaciones mayores a 0,25 mm, y las temperaturas máximas y mínimas para cada mes. En la Tabla 3 se presentan las estaciones utilizadas para cada ciudad, en conjunto con sus coordenadas geográficas y la información relevante obtenida de cada una.

Tabla 1.
Resumen estaciones meteorológicas

Ciudad	Estación	Código nacional	Latitud	Longitud	Tipo meteorología	Días con PP>=0,25
Arica	Defensa Civil, Arica	180,018.00	-18.49	-70.31	Simplificada	1
Iquique	Diego Aracena, Iquique	200,006.00	-20.55	-70.17	Simplificada	0
Calama	El Loa, Calama Ad.	220,002.00	-22.50	-68.92	Simplificada	1
Antofagasta	Universidad Católica del Norte, Antofagasta	230,002.00	-23.68	-70.41	Simplificada	0
Copiapó	Copiapó, Universidad de Atacama	270,009.00	-27.36	-70.36	Simplificada	2
La Serena - Coquimbo	La Florida, La Serena Ad.	290004	-29.92	-71.20	Simplificada	9
Ovalle	Ovalle, Escuela Agrícola	300024	-30.58	-71.19	Simplificada	11
Gran Valparaíso	Punta Ángeles, Faro	330,002.00	-33.02	-71.64	Simplificada	31
Gran Santiago	Quinta Normal, Santiago	330,020.00	-33.45	-70.68	Simplificada	24
Rancagua	Rancagua	340,045.00	-34.17	-70.78	Simplificada	23
Curicó	General Freire, Curicó Ad.	340,031.00	-34.97	-71.22	Simplificada	34
Talca	Panguilemo	350,028.00	-35.38	-71.61	Simplificada	50
Linares	Retiro, Copihue	360,047.00	-36.08	-71.76	Simplificada	62
Chillán	General Bernardo O'Higgins, Chillán Ad.	360,011.00	-36.59	-72.03	Simplificada	70
Gran Concepción	Carriel Sur, Concepción Ap.	360,019.00	-36.78	-73.05	Simplificada	93
Los Ángeles	El Huertón, Liceo Agrícola, Los Ángeles	370,036.00	-37.46	-72.27	Simplificada	59
Angol	La Araucanía, Angol	370,029.00	-37.81	-72.71	Simplificada	24
Temuco - Padre Las Casas	Manquehue, Temuco Ad.	380,013.00	-38.77	-72.63	Simplificada	132
Valdivia	Pichoy, Valdivia Ad.	90,006.00	-39.65	-73.07	Simplificada	143
Osorno	Cañal Bajo, Osorno Ad.	400,009.00	-40.61	-73.05	Simplificada	146
Puerto Montt	Escuela Mirasol, Puerto Montt	410,027.00	-41.48	-72.95	Simplificada	189
Punta Arenas	Punta Arenas, Unidad Aeropolicial	520,014.00	-53.15	-70.93	Simplificada	122

a) Emisiones calculadas por medio de la metodología tipo arco

En esta metodología se caracterizan arcos de flujo vehicular, en los que se estiman, entre otras cosas, las velocidades promedio de cada vehículo que circula. Esto permite calcular las emisiones en caliente por tubo, información relacionada al largo del arco, velocidades promedio, composición vehicular, perfiles semanales y perfiles mensuales, entre otras variables. De esta forma, el programa puede diferenciar los distintos flujos de vehículos de forma horaria para cada arco en cada zona. Esto permite distinguir entre las horas punta y fuera de punta, días de semana y fin de semana o los meses en que las personas se toman vacaciones.

Es importante destacar que SECTRA obtiene estos perfiles temporales y composiciones del parque vehicular y otra información, mediante distintas campañas de conteo vehicular de flujo continuo. Debido al alto costo asociado a estas campañas, no es posible tener información actualizada para todas las ciudades cada año, por lo que se utilizan los perfiles del último año en que se realizó dicho conteo. A partir de la información obtenida de los estudios y campañas realizadas se realizan proyecciones para escenarios cada 5 años, luego, con la información de los años proyectados se realiza una interpolación lineal para obtener la información de los años que están entre los cortes. En la Tabla 4 se encuentra más información respecto de los estudios y campañas realizadas para cada ciudad.

Tabla 2.
Resumen de procedencia de información entregada por SECTRA.

Ciudad	Estudio de mediciones	Año medición	Tipo archivo	Cortes	Cortes temporales STU
Arica	Investigación de instrumentos de planificación ambiental para ciudades intermedias, Etapa III. Año 2006	2005	Perfil semanal	2005-2010-2015	2015-2020-2025
			Composición CCF6	2005-2010-2015	
			Composición CCF8	2005-2010-2015	
Iquique	Investigación de instrumentos de planificación ambiental para ciudades intermedias, Etapa III. Año 2006	2005	Perfil semanal	2005-2010-2015	2015-2020-2025
			Composición CCF6	2005-2010-2015	
			Composición CCF8	2005-2010-2015	
Antofagasta	Investigación de instrumentos de planificación ambiental para ciudades intermedias, Etapa I. Año 2004	2003	Perfil semanal	2005-2010-2015	2015-2020-2025
			Composición CCF6	2005-2010-2015	
			Composición CCF8	2005-2010-2015	
Calama	Investigación de instrumentos de planificación ambiental para ciudades intermedias, Etapa II. Año 2006	2004	Perfil semanal	2005-2010-2015	2015-2020-2025
			Composición CCF6	2005-2010-2015	
			Composición CCF8	2005-2010-2015	
Copiapó	Investigación de instrumentos de planificación ambiental para ciudades intermedias, Etapa II. Año 2006	2004	Perfil semanal	2005-2010-2015	2015-2020-2025
			Composición CCF6	2005-2010-2015	
			Composición CCF8	2005-2010-2015	

Tabla 2.
Resumen de procedencia de información entregada por SECTRA (cont.)

Ciudad	Estudio de mediciones	Año medición	Tipo archivo	Cortes	Cortes temporales STU
La Serena - Coquimbo	Implementación y actualización de parámetros del modelo de cálculo de emisiones vehiculares MODEM en regiones. Año 2023	2022	Perfil semanal	2022-2025 2030-2035	2022-2025 2030-2035
			Composición CCF6	2022-2025 2030-2035	
			Composición CCF8	2022-2025 2030-2035	
Ovalle	Implementación del modelo de cálculo de emisiones vehiculares (MODEM) en ciudades con planes de transporte y planes de gestión de tránsito (PACIN IV). Año 2013	2012	Perfil semanal	2010-2015	2005-2010-2015
			Composición CCF6	2010-2015	
			Composición CCF8	2010-2015	
San Antonio ³	Implementación y actualización de parámetros del modelo de cálculo de emisiones vehiculares MODEM en regiones. Año 2023	2022	Perfil semanal	2022-2025 2030-2035	2022-2025 2030-2035
			Composición CCF6	2022-2025 2030-2035	
			Composición CCF8	2022-2025 2030-2035	
Gran Valparaíso	Actualización de perfiles de flujos de modelo MODEM para el Gran Santiago y regiones. Año 2016	2015	Perfil semanal	2010-2015	2020-2025-2030
			Composición CCF6	2010-2015	
			Composición CCF8	2010-2015-2020	
Gran Santiago	Actualización de perfiles de flujos de modelo MODEM para el Gran Santiago y regiones. Año 2016	2015	Perfil semanal	2010-2015	2020-2025-2030
			Composición CCF6	2010-2015	
			Composición CCF8	2010-2015-2020	
Rancagua - Machalí	Actualización de perfiles de flujos de modelo MODEM para el Gran Santiago y regiones. Año 2016	2014	Perfil semanal	2005-2010-2015	2010-2015
			Composición CCF6	2005-2010-2015	
			Composición CCF8	2005-2010-2015-2020	
Talca	Implementación de instrumentos de planificación ambiental para ciudades intermedias, Etapa II. Año 2006	2004	Perfil semanal	2005-2010-2015	2015-2020-2025
			Composición CCF6	2005-2010-2015	
			Composición CCF8	2005-2010-2015	
Curicó	Implementación del modelo de cálculo de emisiones vehiculares (MODEM) en ciudades con planes de transporte y planes de gestión de tránsito (PACIN IV). Año 2013	2012	Perfil semanal	2010-2015	2005-2010-2015
			Composición CCF6	2010-2015	
			Composición CCF8	2010-2015	
Linares	Implementación del modelo de cálculo de emisiones vehiculares (MODEM) en ciudades con planes de transporte y planes de gestión de tránsito (PACIN IV). Año 2013	2012	Perfil semanal	2010-2015	2005-2010-2015
			Composición CCF6	2010-2015	
			Composición CCF8	2010-2015	

Tabla 2.
Resumen de procedencia de información entregada por SECTRA (cont.)

Ciudad	Estudio de mediciones	Año medición	Tipo archivo	Cortes	Cortes temporales STU
Chillán	Implementación y actualización de parámetros del modelo de cálculo de emisiones vehiculares MODEM en regiones. Año 2023	2022	Perfil semanal	2022-2025 2030-2035	2022-2025 2030-2035
			Composición CCF6	2022-2025 2030-2035	
			Composición CCF8	2022-2025 2030-2035	
Gran Concepción	Implementación del modelo de cálculo de emisiones vehiculares (MODEM) en ciudades con planes de transporte y planes de gestión de tránsito (PACIN IV). Año 2013	2012	Perfil semanal	2005-2010- 2015	2010-2015
			Composición CCF6	2005-2010- 2015	
			Composición CCF8	2005-2010- 2015	
Los Ángeles	Implementación y actualización de parámetros del modelo de cálculo de emisiones vehiculares MODEM en regiones. Año 2023	2022	Perfil semanal	2022-2025 2030-2035	2022-2025 2030-2035
			Composición CCF6	2022-2025 2030-2035	
			Composición CCF8	2022-2025 2030-2035	
Angol	Implementación del modelo de cálculo de emisiones vehiculares (MODEM) en ciudades con planes de transporte y planes de gestión de tránsito (PACIN IV). Año 2013	2012	Perfil semanal	2010-2015	2010-2015
			Composición CCF6	2010-2015	
			Composición CCF8	2010-2015	



Tabla 2.
Resumen de procedencia de información entregada por SECTRA (cont.)

Ciudad	Estudio de mediciones	Año medición	Tipo archivo	Cortes	Cortes temporales STU
Temuco	Implementación y actualización de parámetros del modelo de cálculo de emisiones vehiculares MODEM en regiones. Año 2023	2022	Perfil semanal	2022-2025 2030-2035	2022-2025 2030-2035
			Composición CCF6	2022-2025 2030-2035	
			Composición CCF8	2022-2025 2030-2035	
Valdivia	Actualización de perfiles de flujos del modelo MODEM para el Gran Santiago y regiones. Año 2016	2015	Perfil semanal	2005-2010- 2015	2020-2025- 2030
			Composición CCF6	2005-2010- 2015	
			Composición CCF8	2005-2010- 2015-2020	
Osorno	Actualización de perfiles de flujos del modelo MODEM para el Gran Santiago y regiones. Año 2016	2015	Perfil semanal	2005-2010- 2015	2020-2025- 2030
			Composición CCF6	2005-2010- 2015	
			Composición CCF8	2005-2010- 2015-2020	
Puerto Montt	Investigación de instrumentos de planificación ambiental para ciudades intermedias, Etapa III. Año 2006	2005	Perfil semanal	2005-2010- 2015	2020-2025- 2030
			Composición CCF6	2005-2010- 2015	
			Composición CCF8	2005-2010- 2015	
Punta Arenas	Implementación del modelo de cálculo de emisiones vehiculares (MODEM) en ciudades con planes de transporte y planes de gestión de tránsito (PACIN IV). Año 2013	2012	Perfil semanal	2010-2015	2015-2020- 2025
			Composición CCF6	2010-2015	
			Composición CCF8	2010-2015	

II) Composición tecnológica

Las composiciones tecnológicas de los vehículos de las 22 ciudades con modelo de transporte para el 2022 se estimaron mediante el uso de datos de plantas de revisión técnica (PRT) del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT), junto con los datos de la Flota del Transantiago del Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM). Debido a que los factores de emisión son específicos para cada categoría tecnológica, se requiere poder caracterizar la flota de cada ciudad según distintas características.

En este sentido, los datos de plantas de revisión técnica permiten contabilizar el total de vehículos, la información que viene clasificada principalmente bajo las siguientes tipologías:

- **Tipo licencia:** A1, A2 y B
- **Tipo combustible:** gasolina, diésel, GLP, GNC, eléctrico o híbrido
- **Tipo sello:** catalítico o no catalítico
- **Tipo certificación:** no certificado, Euro I, Euro II, Euro III, Euro IV, Euro V, Euro VI
- **Tipo servicio:** 20 categorías, algunos ejemplos: reparto, fletes, particular, taxi, entre otros.
- **Tipo vehículo:** diversas categorías para clasificar vehículos, algunos ejemplos: automóvil, camioneta, bus, camión, taxi, entre otros.

Estas composiciones son relevantes debido a que las emisiones generadas por los vehículos pueden variar sustancialmente según el tipo de combustible o el tipo de certificación.

III) Factores de corrección/deterioro

El desgaste propio que tienen los vehículos debido a su uso genera que el motor no realice el proceso de combustión de forma tan eficiente a como estaba diseñado, provocando que los factores de emisión correspondientes no reflejen de manera precisa las emisiones que están produciendo estos. Por esta razón, es importante considerar un factor de deterioro o corrección a los factores de emisión para que el desgaste por uso de los vehículos se vea reflejado.

Los factores de emisión incluidos en MODEM son complementados con los factores de corrección presentados en el estudio denominado: **“Análisis y desarrollo de factores de deterioro y caracterización de las emisiones de la flota mediante el sistema *Remote Sensing Devices* (RSD)” (Geasur, Ambiente, y SECTRA Chile, 2015).**

El alcance del estudio fue solo para los vehículos livianos, lo que contempla las categorías:

- Vehículos particulares
- Vehículos comerciales de uso particular
- Vehículos comerciales de uso de empresas
- Camiones livianos

Metodología

Para estimación de emisiones de ciudades sin modelo de transporte

Para las cinco ciudades sin modelo de transporte se utiliza la metodología *Top Down* recomendada por la Guía del RETC (CONAMA, 2009) y en el “Manual para el desarrollo de inventarios de emisiones atmosféricas” (MMA, 2017a).

Esta metodología es similar a la utilizada por MODEM, se consideran los mismos factores de emisión y se calculan los mismos tipos de emisión:

- Emisiones en caliente por tubo de escape
- Emisiones por partidas en frío
- Emisiones evaporativas
- Emisiones por desgaste de frenos y neumáticos
- Emisiones de polvo suspendido

La diferencia principal con la metodología con MODEM, es que al no existir datos provenientes de un modelo de transporte para estas ciudades, consiste en que se debe estimar el nivel de actividad de kilómetros recorridos (flujos vehiculares) con menor detalle, y se utilizan los factores de emisión asumiendo velocidades promedio.

Los valores utilizados respecto de kilómetros recorridos y velocidades promedio son los recomendados por el Manual para el desarrollo de inventarios de emisiones atmosféricas (MMA, 2017a) y se observan en la Tabla 5:

Tabla 3.
Kilómetros recorridos y velocidad promedio ciudades sin modelo de transporte, 2022.

Tipo vehículo	Kilómetros recorridos anuales(km/VEH)	Velocidad promedio (km/h)
Vehículo liviano	1.000.189.487	31,14814815
Vehículo comercial	527.032.607	36
Camión	131.686.263	33
Moto	25.082.187	35
Taxi	104.115.991	35
Bus	80.613.079	20

Fuente: (MMA, 2017).

En el caso de camiones livianos, los kilómetros recorridos anuales eran mucho mayores a los de las ciudades con modelo de transporte, por lo que estos valores fueron cambiados por los kilómetros anuales de ciudades semejantes, de este modo San Fernando, San Felipe y Los Andes se homologaron con el promedio de las ciudades

entre las regiones de Valparaíso y Ñuble, excluyendo las ciudades portuarias, San Antonio con Valparaíso y Coyhaique con Punta Arenas; los valores se obtuvieron al dividir los kilómetros totales entregados por MODEM para la categoría CCF6 701004, dividido por el parque PRT para esta categoría (ver Tabla 6).

Tabla 4.
Kilómetros recorridos camiones livianos, 2022 y 2023

Ciudad	Camión liviano (km/VEH)		Ciudad homologada
	2022	2023	
San Antonio	10.826	10.837 ¹	Valparaíso
San Felipe	9.699	8.287	Promedio Región, entre regiones de Valparaíso a Ñuble, excluyendo ciudades portuarias y Santiago
Los Andes	9.699	8.287	
San Fernando	9.699	8.287	
Coyhaique	5.477	5.593	Punta Arenas

Fuente: Elaboración propia.

En versiones anteriores se asignaba una ciudad en específico a cada una de las ciudades sin MODEM. Sin embargo, se observa que el kilómetro por camión liviano variaba en un amplio rango entre las ciudades modeladas, lo que se puede explicar por variaciones en los modelos, así como por un sub o sobrerregistro de los camiones registrados en cada una de las comunas.

Al tratarse de camiones es esperable que estos tengan un movimiento que vaya más allá de los límites de las comunas. Ante esto se optó por utilizar un promedio de las regiones, excluyendo Santiago y ciudades portuarias, que pueden tener un patrón diferente de actividad para los camiones.

Tabla 5.
Parque vehicular, permisos de circulación INE ciudades sin modelo de transporte, 2022 y 2023

Tipo vehículo	San Felipe	Los Andes	San Antonio	San Fernando	Coyhaique
Bus urbano	128	698	336	156	131
Camión liviano	589	1.134	2.156	1.021	1.146
Camión pesado	113	453	1.252	160	164
Motocicleta	1.089	1.116	556	608	330
Particular	12.882	13.031	15.169	16.966	16.936
Taxi colectivo	412	497	1.144	498	270
Vehículo comercial	3.829	3.244	4.546	3.412	8.399
Vehículo de alquiler	112	76	93	21	197
TOTAL	19.154	20.370	26.156	27.585	25.308

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 2021.



b. Emisiones asociadas a la combustión de leña residencial

La contaminación al aire producto de la combustión de leña residencial es un serio problema ambiental que afecta a la población de las regiones centrosur y sur del país, por lo que es necesario contar con la mejor información para tomar decisiones de política pública que contengan o reviertan esta situación.

Las emisiones asociadas a la combustión de leña residencial se analizan en este informe por comuna y tipo de artefacto mediante una metodología de estimación que se ha ido elaborando y mejorando en el tiempo, principalmente respecto de los factores de emisión, los que son actualizados por medio de diversos estudios realizados por los Ministerios de Energía y del Medio Ambiente, con la finalidad de obtener estimaciones más certeras.

Los contaminantes que se estiman son dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), óxido de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COVs), nitrógeno amoniacal (NH_3), material particulado (MP , MP_{10} y $\text{MP}_{2,5}$) y carbono negro (CN).

Metodología

La metodología utilizada para el cálculo de las emisiones generadas por la combustión residencial de leña es del tipo *Top Down*, la que consiste en multiplicar el consumo de leña por un factor de emisión másico por contaminante, es decir, emisión expresada en masa de contaminantes por masa de combustible quemado.

a) Niveles de actividad

Se utiliza como base para la estimación del nivel de actividad la información de consumo de leña que en los últimos años ha estado levantando el Instituto Forestal (INFOR). Desde el 2015 el INFOR ha estado realizando estudios en las regiones de O'Higgins, Maule, Ñuble, Biobío, La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén. Estos estudios se han hecho mediante encuestas distribuidas en ciudades estratificadas por tamaño, y la mayoría se encuentran publicados y disponibles. En ellos se presenta el consumo (m^3 sólidos/año) y porcentaje de penetración de la leña por comuna, desagregado en sectores residenciales urbanos y rurales.

Esta información es procesada por el INFOR e incorporada en un reporte interactivo *online*⁴, donde se presenta el porcentaje de viviendas que consumen leña y el consumo promedio por vivienda, desagregado en viviendas urbanas y rurales, a nivel comunal. La información se encuentra disponible para el periodo 1992-2019, interpolando información de los estudios ya mencionados y de un estudio realizado por el INFOR en 1994 para la estimación del consumo de leña por vivienda. Para las macrozonas que no contaban con información, se realizó una estimación de expertos. Para el cálculo de las emisiones asociadas a la combustión de leña residencial con metodología *Top Down* se estableció el nivel de actividad en función del consumo de combustible expresado en masa por unidad de tiempo (dependiendo de la caracterización temporal del consumo en forma horaria, semanal, mensual, estacional, o anual).

⁴Reporte disponible en:
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrjoiN2JmNTVmZTA4NjRhYy00NmF4LW5NzktYmF1YWEkMTAxODUwIiwidCI6IjIwZTI3NDhjLTAzN2MtNDUzI05N2RkLTU0ODAxYjc2ZmFY5SisImMiOiR9&pageName=ReportSection>

La metodología de estimación de consumo de leña a nivel comunal se realizó de la siguiente manera:

- 1) Preparación de consumos de leña al 2022 (urbano y rural) a nivel comunal basado en los estudios realizados y procesados por el INFOR hasta el 2019.
- 2) La extrapolación del consumo de leña del 2019 al 2022, mediante el modelo de expansión del consumo de leña utilizado en el estudio "Medición del consumo nacional de leña y otros combustibles sólidos derivados de la madera" (CDT, 2015).

b) Factores de emisión para leña

Los factores de emisión utilizados fueron obtenidos del estudio "Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas de las Comunas de Temuco y Padre Las Casas, año base 2013" (ver Tabla 9), desarrollado por SICAM Ingeniería Ltda., para la Seremi del Medio Ambiente, Región de La Araucanía para los contaminantes locales. En lo que respecta a los contaminantes globales, los factores de emisión provienen del "IPCC, 2006a, *Vol. Energy: Chapter External Combustion Table 2.5 Wood/ Wood Waste (Residential) y Table 2.9 Wood Stoves*".

Tabla 6.
Factores de emisión de GEI para combustión de leña⁵ residencial

Factor emisión	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
FE IPCC [kg/TJ]	112.000,0	1.224,0	11,3
FE Leña [kg/ton]	1.640,0	17,9	0,2

Fuente: (IPCC, 2006^a)⁶.

Finalmente, para la estimación de carbono negro (CN) se utilizó el factor de fracciones de CN en el MP_{2,5} estimado, basado en el "Manual para el Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas" (MMA, 2017b, n. Tabla 2-38).

Al respecto, los factores de emisión de contaminantes locales reflejan las condiciones reales que caracterizan la combustión de la leña residencial en Chile. En específico, estos antecedentes han sido generados con mediciones efectuadas a partir del 2010 en los laboratorios de la Universidad Católica de Temuco, Universidad de Concepción y la empresa SERPRAM S.A. También fueron considerados algunos antecedentes reportados por el Laboratorio OMNI de EE.UU., que se obtuvieron de un servicio técnico de mediciones contratado por el Ministerio del Medio Ambiente, para la evaluación según protocolos de certificación de cinco (5) artefactos fabricados o comercializados en Chile (SERPRAM, 2006; Universidad de Concepción, 2002; DICTUC S.A., 2007; Launhardt, 2000; AMBIOISIS S.A., 2008; Nussbaumer, 2006).

Los factores de emisión utilizados establecen tres condiciones: uso de leña seca, uso de leña húmeda y mala operación de los artefactos⁷.

Al respecto, el estudio de SICAM⁸ señala que si bien la distribución de calidad de leña generalmente se hace para tres condiciones (seca, semihúmeda y húmeda), no existen estudios que permitan obtener una diferenciación de factores de emisión confiables entre leña semihúmeda y leña húmeda, por lo que se consideró pertinente sumar la distribución asignada para estas categorías.

⁵ Para CH₄ y N₂O se utilizó el factor de emisión presentado para Wood Stoves. Además del poder calorífico para leña del Balance Nacional de Energía (BNE) (Cuadro A2 del BNE-2017), estimado en 3.500 kCal/kg, o 0,014644 TJ/ton.

⁶ Vol Energy: Chapter External Combustion Table 2.5 Wood/ Wood Waste (Residential) y Table 2.9 Wood Stoves.

⁷ Esta variable tiene relación con la proporción de domicilios que utilizan el tiraje que regula la entrada de aire primario de combustión en posición cerrada.

⁸ Estudio "Generación de antecedentes y revisión bibliográfica sobre cocinas a leña, 2017".

c) Incorporación del programa de recambio de equipos a leña

Debido a que el consumo de leña al 2022 y la distribución de artefactos a leña se estimaron a partir de información del 2014 (CDT, 2015), se incorporó información del programa de recambio de calefactores en Chile. El programa de recambio consiste en retirar artefactos a leña antiguos e introducir nuevos equipos, lo que generaría un menor consumo de leña, por una mayor eficiencia térmica del nuevo equipo o por cambio de combustible. Esto se traduce en menores emisiones por combustión de leña, por el menor consumo y factor de emisión de equipos modernos.

d) Estimación de emisiones

Finalmente, considerando todos los insumos, es decir, los niveles de actividad (consumos de leña), los factores de emisión, y algunas variables y parámetros relevantes como tipo de artefacto, tipo de operación y tipo de humedad, las emisiones se determinan multiplicando el consumo anual de leña por un factor de emisión, de acuerdo con la siguiente expresión general:

Ecuación 3

$$E_{total_{ijkmpqh}} = \frac{\sum NA_{kjmpq} \cdot FE_{ipqh}}{1.000.000}$$

Donde:

$E_{total_{ijkmpqh}}$: Emisiones en [ton/año] del contaminante **i**, para un año de evaluación **j**, para la comuna **k**, para el tipo de población **m**, para el tipo de artefacto **p**, para el tipo de operación **q**, y para el tipo de humedad **h**.

NA_{kjmpq} : Nivel de actividad en [kg/año] para la comuna **k**, para un año de evaluación **j**, para el tipo de población **m**, para el tipo de artefacto **p**, y para el tipo de operación **q**.

FE_{ipqh} : Factor de emisión en [g/kg] del contaminante **i**, para el tipo de artefacto **p**, para el tipo de operación **q**, y para el tipo de humedad **h**.

- Tipo de población: urbano, rural.
- Tipo de artefacto: cámara doble (combustión lenta C/T), cocina a leña, salamandra, cámara simple (combustión lenta S/T), chimenea, caldera de leña (salamandra)
- Tipo de operación: tiraje abierto, tiraje cerrado.
- Tipo de humedad: leña húmeda, leña seca.

e) Principales supuestos de la metodología

A continuación se resumen los principales supuestos de la metodología para estimar emisiones del sector combustión de leña residencial:

- I. Proyecciones realizadas de consumo de leña de CDT para el 2022 son válidas.
- II. Porcentaje de hogares que consumen leña a nivel regional es igual para cada comuna contenida en la región.
- III. Distribución de humedad de leña y condiciones de operación son iguales a nivel nacional.
- IV. Densidad de leña es igual a nivel nacional.

Tabla 7.
Factores de emisión para combustión de leña residencial [gr/kg de leña]

Tipo de artefacto	Contaminante	Leña seca	Leña húmeda	Mala operación
Cocina a leña	MP ₁₀	7,55	14,00	33,80
Combustión lenta S/T	MP ₁₀	6,23	11,84	45,80
Combustión lenta C/T	MP ₁₀	5,21	11,00	29,50
Salamandra	MP ₁₀	12,70	36,65	-
Chimenea	MP ₁₀	10,12	28,53	-
Cocina a leña	MP _{2,5}	7,34	13,61	32,85
Combustión lenta S/T	MP _{2,5}	6,06	11,51	44,51
Combustión lenta C/T	MP _{2,5}	5,07	10,69	28,67
Salamandra	MP _{2,5}	12,34	35,62	-
Chimenea	MP _{2,5}	9,84	27,73	-
Cocina a leña	CO	305,4	444,7	1,139,7
Combustión lenta S/T	CO	207,1	443,1	584,7
Combustión lenta C/T	CO	129,1	238,5	400,8
Salamandra	CO	309,9	464,1	-
Chimenea	CO	126,3	401,0	-
Cocina a leña	NO _x	2,1	2,7	2,7
Combustión lenta S/T	NO _x	2,0	3,0	3,0
Combustión lenta C/T	NO _x	1,9	2,0	2,0
Salamandra	NO _x	7,7	3,1	-
Chimenea	NO _x	1,3	1,3	-
Cocina a leña	SO ₂	0,2	0,2	0,2
Combustión lenta S/T	SO ₂	0,1	0,0	0,2
Combustión lenta C/T	SO ₂	0,1	0,0	0,0
Salamandra	SO ₂	0,2	0,2	-
Chimenea	SO ₂	0,2	0,2	-
Cocina a leña	COV _s	114,5	363,5	1.033,2
Combustión lenta S/T	COV _s	26,5	84,1	241,2
Combustión lenta C/T	COV _s	26,5	84,1	241,2
Salamandra	COV _s	114,5	363,5	-
Chimenea	COV _s	114,5	363,5	-

c. Incendios forestales

Los incendios forestales son procesos de combustión de vegetación incontrolados, que consumen vegetación de variadas especies y tamaños, en un área geográfica⁹.

Metodología

Para los incendios forestales se utilizó la metodología *Top Down* propuesta en el “Manual para el desarrollo de Inventarios de emisiones atmosféricas” (MMA, 2017a), la que se elaboró a partir de la revisión de múltiples inventarios realizados a nivel nacional. Esta metodología está basada en superficies de hectáreas con diferentes tipos de vegetación afectados por el fuego.

De acuerdo con esta metodología, la estimación de emisiones por incendios forestales se obtiene de la siguiente ecuación:

Ecuación 5

$$E = S \cdot FE \cdot FC$$

Donde:

E: Emisiones anuales [t/año].

S: Superficie consumida por incendios forestales [ha].

FE: Factor de emisión del contaminante considerado [t/t].

FC: Factor de carga [t/ha].

a) Niveles de actividad

La estimación de emisiones del 2018 se realiza a base de los niveles de actividad proveniente de los registros de CONAF de las temporadas de incendios 2020-2021 y 2021-2022, donde los incendios forestales se clasifican según el tipo de vegetación quemada y la superficie afectada. En el caso de que un incendio transcurra entre un año y otro, las emisiones se dividen proporcionalmente de acuerdo con la cantidad de días que transcurren en cada año de la serie histórica¹⁰.

b) Factores de emisión

Los factores de emisión utilizados corresponden a los propuestos por el “Manual para el desarrollo de inventarios de emisiones atmosféricas” (MMA, 2017a). Estos distinguen por tipo de bosque y tipo de cultivo. También se utilizaron los factores de carga (material combustible) por hectárea propuestos en el manual de inventarios (ver Tabla 10).

Para complementar estos factores de emisión se utiliza también información de *Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2016* (EMEP/EEA, 2016a), capítulo de incendios forestales. En esta guía, para todos los FE de emisión por tipo de bosque se observa un ratio¹¹ entre el MP total y MP_{2,5} de 17 a 9 (o 53% del MP total es fracción fina). Esta fracción se utiliza para derivar factores de emisión para MP total, a partir del FE de MP_{2,5}.

Finalmente, de la guía europea (EMEP/EEA, 2016b) también se obtuvo un factor de emisión para compuestos orgánicos volátiles (COVs), definido en 500 kg/ha para bosques templados¹², 230 kg/ha para matorral¹³ y 34 kg/ha para pastizal¹⁴.

c) Factores de carga

La metodología utiliza factores de carga por hectárea (cantidad de combustible de origen vegetal que es quemado), estos se descomponen en tres grandes grupos: plantaciones (pino 0 a 10 años, pino 11 a 17 años, pino 18 años o más, eucalipto y otras plantaciones), vegetación natural (arbolado o bosque nativo, matorral y pastizal) y otras superficies sin especificar (agrícola y desechos) (ver Tabla 11).

⁹ Pudiendo incluir terrenos con plantaciones o uso agrícola.

¹⁰ En reportes anteriores del RETC, las emisiones se asignaban a un determinado año solo de acuerdo con la fecha de inicio del incendio. Por tanto, debido a la diferencia metodológica que se produce a partir de este reporte, las emisiones de incendios forestales calculadas en anteriores reportes del RETC no coincidirán.

¹¹ Relación cuantificada entre dos magnitudes que refleja su proporción.

¹² (EMEP/EEA, 2016b), Tabla 3-5. Esto corresponde a pino, eucaliptos y arbolado.

¹³ (EMEP/EEA, 2016b), Tabla 3-7.

¹⁴ (EMEP/EEA, 2016b), Tabla 3-8



Tabla 8.
Factores emisión para incendios forestales [kg/kg materia quemada].

Tipo bosque	Pino	Eucaliptus	Arbolado	Matorral	Pastizal	Fuente de información
MP ₁₀	0,0185	0,0185	0,0185	0,006300 ¹⁵	0,011295 ¹⁵	(Akagi <i>et al.</i> , 2011)
MP _{2,5}	0,0127	0,0127	0,0127	0,00717	0,00717	(Akagi <i>et al.</i> , 2011)
CO	0,107	0,107	0,107	0,065	0,065	(IPCC, 2019b)
NH ₃	0,00078	0,00078	0,00078	0,00052	0,00052	(Akagi <i>et al.</i> , 2011)
NO _x	0,003	0,003	0,003	0,0039	0,0039	(IPCC, 2019b)
SO _x	0,0004	0,0004	0,0004	0,00048	0,00048	(Akagi <i>et al.</i> , 2011)
CO ₂	1,569	1,569	1,569	1,613	1,613	(IPCC, 2019b)
CH ₄	0,0047	0,0047	0,0047	0,0023	0,0023	(IPCC, 2019b)
N ₂ O	0,00026	0,00026	0,00026	0,00021	0,00021	(IPCC, 2019b)
CN	0,00056	0,00056	0,00056	0,00037	0,00037	(Akagi <i>et al.</i> , 2011)
SST/MP	0,0239	0,0239	0,0239	0,0135	0,0135	(EMEP/EEA, 2019c)

Fuente: Elaboración propia a base de la Tabla 2.5 de los lineamientos del IPCC (2019), Tabla 1 de Akagi *et al.* (2011) y Tablas 3-5, 3-7 y 3-8 del inventario de EMEP/EEA (2019).

¹⁵.Debido a que no se presenta este factor en el estudio de Akagi *et al.*, 2011 para este contaminante, se utiliza el FE del Manual del MMA (2017), obtenido a partir de CARB (2004).



d). Incendios urbanos

Los incendios urbanos son procesos de combustión de material por la acción incontrolada del fuego que ocurre principalmente en ciudades o centros poblados.

Metodología

Respecto del 2021, para los incendios urbanos se utiliza la metodología *Top Down* propuesta en el “Manual para el desarrollo de inventarios de emisiones atmosféricas” (MMA, 2017a).

La estimación de emisiones se obtiene de la siguiente ecuación:

Ecuación 7

$$E = K \cdot FE$$

Donde:

E: Emisiones anuales [t/año].

K: Siniestros ocurridos en un año a nivel comunal [incendios]

FE: Factor de emisión del contaminante considerado [t/incendios].

a) Niveles de actividad

El número de siniestros o incendios son proporcionados por las estadísticas de Carabineros de Chile (Dirección Nacional de Orden y Seguridad).

b) Factores de emisión

Los factores de emisión utilizados corresponden a los propuestos por la Agencia Ambiental Europea en EMEP/EEA *Air pollutant emission inventory guidebook-2016* (EMEP/EEA, 2016c). Específicamente en la sección B de la guía se encuentra el capítulo “5.E Otros residuos”, donde se presentan factores de emisión de contaminantes para incendios urbanos de casas, edificios de apartamentos y edificios industriales.

Para estimar las emisiones de CO₂ por incendios urbanos se utilizó un estudio de Nueva Zelanda (Scion y Branz, 2010), el que estimó un factor de emisión para una “casa modelo” de 195 m². Se utilizó un valor promedio tamaño de 70 m² para ajustar linealmente con el área. Esto resulta en un factor de emisión de 13,4 ton de CO₂ por siniestro¹⁶.

¹⁶. Valores corregidos respecto del inventario anterior (GreenLab Dictuc, 2020), ya que no se había considerado que la unidad de medida eran g/siniestro y no kg/siniestro.

Tabla 9.
Factores de emisión para material particulado y contaminantes locales en incendios urbanos [kg/siniestro]

Contaminante	Casas	Edificio de apartamentos	Edificio industrial
TSP/MP	143,82	43,78	27,23
MP ₁₀	143,82	43,78	27,23
MP _{2.5}	143,82	43,78	27,23
As ¹⁵	0,00135	0,00041	0,00025
Hg ¹⁵	0,00085	0,00026	0,00016
Pb ¹⁵	0,00042	0,00013	0,00008

Fuente: (EMEP/EEA, 2019e) 5.E Otros residuos Tabla 3-3, 3-5 y 3-6

Tabla 10.
Factores de emisión para otros contaminantes incendios urbanos [kg/siniestro]

Contaminante	FE
COV	5,74
NO _x	0,73
CO	31,3

Fuente: (STAPPA-ALAPCO-EPA, 2001b).

c). Quemadas controladas

Una quema controlada (quema controlada de vegetación), según el D.S. N° 276/1980 del Ministerio de Agricultura, es la acción de usar el fuego para eliminar desechos agrícolas y forestales en forma dirigida, circunscrita o limitada a un área previamente determinada, conforme con normas técnicas preestablecidas, con el fin de mantener el fuego bajo control, previo registro y autorización de la Corporación Nacional Forestal (CONAF).

Metodología

Para la estimación de emisiones se utiliza, a partir del 2018, la metodología *Top Down* propuesta en el "Manual para el desarrollo de inventarios de emisiones atmosféricas" (MMA, 2017a), el que se elaboró a partir de la revisión de múltiples inventarios realizados a nivel nacional.

La estimación de emisiones por quemadas agrícolas se obtiene de la siguiente ecuación:

Ecuación 8:

$$E = S \cdot FE \cdot FC$$

Donde:

E: Emisiones anuales [t/año].

S: Superficie sometida a quemadas agrícolas [ha].

FE: Factor de emisión del contaminante considerado

FC: Factor de carga [t/ha].

a) Niveles de actividad

Los niveles de actividad requeridos para la aplicación metodológica son la cantidad de superficie en hectáreas quemadas por tipo de cultivo o vegetación.

Estos registros provienen de la base de datos generada por CONAF a nivel comunal, única entidad que registra y autoriza el uso del fuego para la eliminación de residuos, rastrojos o desechos de origen vegetal.

Las especies vegetales que se encuentran dentro de la clasificación de CONAF son algunos cereales (desechos provenientes de la postcosecha de trigo, maíz, cebada, otros), actividades silvícolas (podas, raleos y desechos de cosecha) de plantaciones forestales y vegetación menor como matorrales y pastizales en sitios abiertos para habilitar caminos, superficie para siembra, limpieza de canales, entre otros.

En el caso de que una quema agrícola transcurra entre un año y otro, las emisiones se dividen proporcionalmente de acuerdo con la duración del evento¹⁷.

b) Factores de emisión

La metodología utiliza los factores de emisión propuestos en el "Manual para el desarrollo de inventarios de emisiones atmosféricas" (MMA, 2017a, ver Tabla 13).

Estos factores se presentan por tipos de cultivos en distintas actividades agrícolas, asociados a quemas de residuos, rastrojos o desechos orgánicos, generados en la etapa de postcosecha, provenientes de podas, actividades de disminución de pastizales, hierbas, matorrales y de desechos provenientes de técnicas silviculturales como poda, raleo y cosecha.

c) Factores de carga

La metodología también utiliza factores de carga orgánica por hectárea (disponibilidad de combustible vegetal en una superficie determinada), que en el caso de las quemas agrícolas se componen de los rastrojos o desechos resultantes de la cosecha de los cultivos, considerando cereales (trigo, cebada, maíz), desechos forestales (pinos y eucaliptos) y vegetación natural (pastizales y otros) (ver Tabla 13).

Tabla 11.
Factores de emisión y de carga de quemas agrícolas

Tipo cultivo	Trigo	Cebada	Avena	Maíz	Otros cultivos (A)	Vegetación (B)	Ramas (C)	Desechos pino (D) (E)	Desechos eucaliptos (D) (E)	Desechos otras especies (D) (F)
Carga Orgánica (ton/ha)	4,7	4,2	4,0	10,4	5,4	5,4	1,9	6,5	5,4	6,0
CO	0,0561	0,0827	0,0612	0,0319	0,0538	0,0517	0,0371	0,0719	0,0719	0,0719
COV	0,0034	0,0068	0,0046	0,0030	0,0061	0,0049	0	0	0	0
PTS/MP	0,0048	0,0064	0,0093	0,0051	0,0076	0,0072	0,0053	0,0081	0,0081	0,0081
MP ₁₀	0,0048	0,0064	0,0093	0,0051	0,0076	0,0072	0,0053	0,0081	0,0081	0,0081
MP _{2,5}	0,0046	0,0062	0,0089	0,0049	0,0073	0,0069	0,0045	0,0068	0,0068	0,0068
NH ₃	0,0009	0,0013	0,0010	0,0005	0,0009	0,0008	0,0004	0,0007	0,0007	0,0007
CN	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008
NO _x	0,0020	0,0023	0,0020	0,0015	0,0021	0,0020	0,0037	0,0035	0,0035	0,0035
SO _x	0,0004	0	0,0003	0,0002	0,0003	0,0003	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011
CO ₂ (g)	1,3635	1,3635	1,3635	1,212	1,212	1,212	1,0302	0,49995	1,0302	0,49995
CH ₄ (g)	0,00243	0,00243	0,00243	0,00216	0,00216	0,00216	0,001836	0,000891	0,001836	0,000891
N ₂ O (g)	0,000063	0,000063	0,000063	0,000056	0,000056	0,000056	4,76E-05	2,31E-05	4,76E-05	2,31E-05

Fuente: (MMA, 2017b, n. Tabla 2-47 y 2-48) a partir de (AMBIOSIS, 2011; CARB, 2004, 2005; SISTAM, 2014; Universidad Austral, 2002)¹⁸.

¹⁷. En anteriores reportes del RETC, las emisiones se asignaban a un determinado año solo de acuerdo con la fecha de inicio de la quema agrícola. Por tanto, debido a la diferencia metodológica que se produce a partir de este informe, las emisiones de quemas agrícolas calculadas en anteriores reportes del RETC no coinciden con lo publicado en el actual.

¹⁸. a) Considera valor promedio de factor de emisión y carga orgánica entre todos los cultivos de cereales presentados en CARB, Sección 7.17 *Agricultural Burning and Other Managed Burns*.
b) Considera factor de emisión y carga orgánica de cultivos vegetales (*vegetable crops*) presentados en CARB, Sección 7.17 *Agricultural Burning and Other Managed Burns*.

c) Considera factores de emisión promedio entre *litter*, *wood 0-1 in wood 1-3 in*, humedad mod, CARB, Tabla A, Sección 9.3 en *Wildfires* y carga orgánica promedio de dichas características indicada en FOFEM 4.0.
d) Considera factores de emisión promedio entre *wood 1-3* y *wood 3+ in*, humedad mod, CARB, Tabla A, Sección 9.3 *Wildfires*.
e) A base de lo recomendado por SISTAM, desarrollado con información proveniente de Ambiosis y Universidad Austral. Considera que se poda el 10% de la biomasa arbórea y que el 50% de esta es quemada.
f) Promedio entre desechos de explotación de pino y eucaliptos.
g) A base de IPCC 2006. Volumen 4, capítulo 2, Tabla 2.5 (*Agricultural Residues*) y Tabla 2.6 (*Agricultural Residues, Eucalyptus forests - Post logging slash burn, Boreal forests - Post logging slash burn*).

ANEXO | 2

Metodología estimaciones del agua

Introducción

En Chile, los establecimientos registrados en el **Sistema de Ventanilla Única** incluyen diversas fuentes emisoras de residuos líquidos descargados en cuerpos de aguas marinas y continentales superficiales. Estas descargas se generan como resultado de procesos, actividades o servicios de dichos establecimientos, y en algunos casos superan los valores de referencia establecidos en normativas como el **D.S. N° 90/2000**, el **46/2002** del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES) o el **D.S. N° 80/2006**, específicamente para el estero Carén.

De acuerdo con la normativa ambiental, estas fuentes emisoras están obligadas a implementar un **Programa de Monitoreo** formalizado mediante resolución, que define los parámetros a informar, la frecuencia de autocontroles anuales, y otros requerimientos técnicos. Los autocontroles comprenden mediciones puntuales de las descargas líquidas, informando la concentración de contaminantes claves junto con parámetros adicionales.

La información recopilada para el cumplimiento del **D.S. N° 90/2000 y N° 46/2000** proviene de la **Superintendencia del Medio Ambiente (SMA)**, que reporta las emisiones declaradas por los establecimientos industriales mediante el sistema de fiscalización de residuos industriales líquidos (RILES). A su vez, la **Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)** proporciona datos asociados a las descargas efectuadas por empresas sanitarias.

Esta metodología detalla los procedimientos empleados por el Departamento de Información Ambiental para procesar y analizar estos datos, con el objetivo de cuantificar las emisiones de contaminantes a cuerpos de agua en un marco normativo y técnico.

Fuentes de información

La información utilizada para la estimación de emisiones proviene de las siguientes fuentes principales:

1. Superintendencia del Medio Ambiente (SMA)

- a. Reportes de establecimientos industriales con descargas líquidas en cuerpos de aguas marinas y continentales superficiales.

- b. Datos acerca de concentraciones de contaminantes y caudales, en cumplimiento del **D.S. N° 90/2000 y DS N° 46/2002**.

2. Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)

- a. Emisiones reportadas por empresas sanitarias, que incluyen volúmenes tratados y concentraciones promedio mensuales de contaminantes u otras asociadas al **D.S. N° 80/2005**.

Procedimiento de estimación

1. Recolección de datos

La recopilación de información comienza con el acceso a los sistemas de reporte de la SMA, utilizando herramientas como APIs que permiten descargar datos en formato JSON. Este formato incluye parámetros como concentraciones de contaminantes, caudales y datos generales de las descargas líquidas.

2. Conversión y normalización de datos

• Caudal

Las unidades originales de medición (litros/segundo, metros cúbicos/hora, etc.) se convierten a **metros cúbicos por mes**, aplicando un promedio operativo estándar de 12 horas por día y 22 días laborables por mes. Esto permite homogeneizar la información para su análisis.

• Concentraciones de contaminantes

Los valores reportados en miligramos por litro (mg/L) se convierten a **toneladas por metro cúbico (t/m³)**, facilitando los cálculos de carga contaminante.

• Concentraciones de contaminantes:

3. Cálculo de cargas contaminantes

Para cada parámetro reportado:

1. Se identifica la concentración máxima mensual informada.
2. Se multiplica por el caudal normalizado del mes correspondiente, obteniendo la carga contaminante mensual.
3. Finalmente, se suma la carga de todos los meses para calcular el valor anual.

4. Filtrado de contaminantes históricos

Se seleccionan únicamente los contaminantes definidos como prioritarios por la normativa vigente, tales como aceites, grasas, metales pesados y compuestos orgánicos específicos. Este filtrado es realizado manualmente para garantizar precisión.

5. Unión de datos de caudal y calidad del agua

Mediante campos únicos generados por códigos específicos, se combinan los datos de caudal y calidad del agua. Esto asegura que las estimaciones reflejen adecuadamente las condiciones de las descargas líquidas.

6. Integración con datos de Ventanilla Única

Se incorpora información complementaria de Ventanilla Única (VU), que incluye detalles como:

- Identificación del establecimiento.
- Ubicación geográfica (coordenadas, comuna, región).
- Actividad económica y rubro del emisor.

7. Generación del conjunto de datos final

El **dataset** final incluye:

- Valores anuales de carga contaminante por parámetro.
- Información del establecimiento emisor.
- Detalles acerca de la ubicación y actividad económica.
- Identificación del organismo responsable (SMA o SISS).

Consideraciones adicionales

- Suposiciones operativas:
 - o Debido a la diversidad de instalaciones y actividades, los cálculos adoptan un promedio operativo estándar (12 horas/día y 22 días/mes) como referencia nacional.
- Validación de datos:
 - o Los valores son verificados mediante controles cruzados con datos declarados por las empresas y supervisiones directas de los organismos fiscalizadores.
- Procesamiento automatizado:
 - o Aunque los cálculos incluyen herramientas digitales como Python y SQL, los resultados se presentan en formatos accesibles para su análisis y uso en informes técnicos.

Resultados y aplicaciones

La información generada a través de esta metodología cumple un rol clave en:

1. Cumplimiento normativo

Apoyar la fiscalización ambiental conforme con las exigencias del **D.S. N° 90/2000**, **DS N° 46/2002** y el **D.S. N° 80/2006**.

2. Gestión y políticas públicas

Contribuir al diseño de políticas para la protección y gestión de recursos hídricos.

3. Transparencia ambiental

Garantizar que los datos concernientes a emisiones sean accesibles para su uso por organismos públicos, empresas y ciudadanos interesados.

Esta metodología refleja un enfoque sistemático, estandarizado y transparente para la cuantificación de emisiones de contaminantes a cuerpos de agua. Su implementación contribuye a fortalecer la gestión ambiental en Chile, promoviendo la sostenibilidad y el cumplimiento de los estándares normativos en beneficio del medio ambiente y la sociedad.

ANEXO | 3

Descripción lista A, D.S. N° 148/2003 MINSAL

Código	Descripción ¹⁹
A1010	Desechos metálicos y desechos que contengan aleaciones de cualquiera de las sustancias siguientes: antimonio, arsénico, berilio, cadmio, plomo, mercurio, selenio, telurio, talio, pero excluidos los desechos que figuran específicamente en la lista B.
A1020	Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes, excluidos los desechos de metal en forma masiva, cualquiera de las sustancias siguientes: - antimonio; compuestos de antimonio - berilio; compuestos de berilio - cadmio; compuestos de cadmio - plomo; compuestos de plomo - selenio; compuestos de selenio - telurio; compuestos de telurio.
A1030	Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes cualquiera de las sustancias siguientes: - arsénico; compuestos de arsénico - mercurio; compuestos de mercurio - talio; compuestos de talio.
A1040	Desechos que tengan como constituyentes: - carbonilos de metal - compuestos de cromo hexavalente.
A1050	Lodos galvánicos.
A1060	Líquidos de desecho del decapaje de metales.
A1070	Residuos de lixiviación del tratamiento del zinc, polvos y lodos como jarosita, hematites, etcétera.
A1080	Residuos de desechos de zinc no incluidos en la lista B, que contengan plomo y cadmio en concentraciones tales que presenten características del anexo III.
A1050	Lodos galvánicos.
A1060	Líquidos de desecho del decapaje de metales.
A1070	Residuos de lixiviación del tratamiento del zinc, polvos y lodos como jarosita, hematites, etcétera.
A1080	Residuos de desechos de zinc no incluidos en la lista B, que contengan plomo y cadmio en concentraciones tales que presenten características del anexo III.
A1130	Soluciones de ácidos para grabar usadas que contengan cobre disuelto.
A1140	Desechos de catalizadores de cloruro cúprico y cianuro de cobre.
A1150	Cenizas de metales preciosos procedentes de la incineración de circuitos impresos no incluidos en la lista B(4).

¹⁹. Los Anexos I, III y Lista BI señalados en la descripción de la Tabla se encuentran indicados en el D.S. N° 148/2003 MINSAL.

Código	Descripción ¹⁹
A1160	Acumuladores de plomo de desecho, enteros o triturados.
A1170	Acumuladores de desecho sin seleccionar excluidas mezclas de acumuladores solo de la lista B. Los acumuladores de desecho no incluidos en la lista B que contengan constituyentes del anexo I en tal grado que los conviertan en peligrosos.
A1180	Montajes eléctricos y electrónicos de desecho o restos de estos que contengan componentes como acumuladores y otras baterías incluidos en la lista A, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y capacitadores de PCB, o contaminados con constituyentes del anexo I (por ejemplo, cadmio, mercurio, plomo, bifenilo policlorado) en tal grado que posean alguna de las características del anexo III (véase la entrada correspondiente en la lista B B1110).
A2010	Desechos de vidrio de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados.
A2020	Desechos de compuestos inorgánicos de flúor en forma de líquidos o lodos, pero excluidos los desechos de ese tipo especificados en la lista B.
A2030	Desechos de catalizadores, pero excluidos los desechos de este tipo especificados en la lista B.
A2040	Yeso de desecho procedente de procesos de la industria química, si contiene constituyentes del anexo I en tal grado que presenten una característica peligrosa del anexo III (véase la entrada correspondiente en la lista B B2080).
A2050	Desechos de amianto (polvo y fibras).
A2060	Cenizas volantes de centrales eléctricas de carbón que contengan sustancias del anexo I en concentraciones tales que presenten características del anexo III (véase la entrada correspondiente en la lista B B2050).
A3010	Desechos resultantes de la producción o el tratamiento de coque de petróleo y asfalto.

¹⁹. Los Anexos I, III y Lista B1 señalados en la descripción de la Tabla se encuentran indicados en el D.S. N° 148/2003 MINSAL.

Código	Descripción ¹⁹
A3020	Aceites minerales de desecho no aptos para el uso al que estaban destinados.
A3030	Desechos que contengan, estén integrados o estén contaminados por lodos de compuestos antidetonantes con plomo.
A3040	Desechos de líquidos térmicos (transferencia de calor).
A3050	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas/adhesivos excepto los desechos especificados en la lista B (véase el apartado correspondiente en la lista B B4020).
A3060	Nitrocelulosa de desecho.
A3070	Desechos de fenoles, compuestos fenólicos, incluido el clorofenol en forma de líquido o de lodo.
A3080	Desechos de éteres excepto los especificados en la lista B.
A3090	Desechos de cuero en forma de polvo, cenizas, lodos y harinas que contengan compuestos de plomo hexavalente o biocidas (véase el apartado correspondiente en la lista B B3100).
A3100	Raeduras y otros desechos del cuero o de cuero regenerado que no sirvan para la fabricación de artículos de cuero, que contengan compuestos de cromo hexavalente o biocidas (véase el apartado correspondiente en la lista B B3090).
A3110	Desechos del curtido de pieles que contengan compuestos de cromo hexavalente o biocidas o sustancias infecciosas (véase el apartado correspondiente en la lista B B3110).
A3120	Pelusas- fragmentos ligeros resultantes del desmenuzamiento.
A3130	Desechos de compuestos de fósforo orgánicos.
A3140	Desechos de disolventes orgánicos no halogenados pero con exclusión de los desechos especificados en la lista B.
A3150	Desechos de disolventes orgánicos halogenados.
A3160	Desechos resultantes de residuos no acuosos de destilación halogenados o no halogenados derivados de operaciones de recuperación de disolventes orgánicos.
A3170	Desechos resultantes de la producción de hidrocarburos halogenados alifáticos (tales como clorometano, dicloroetano, cloruro de vinilo, cloruro de alilo y epicloridrina).
A3180	Desechos, sustancias y artículos que contienen, consisten o están contaminados con bifenilo policlorado (PCB), terfenilo policlorado (PCT), naftaleno policlorado (PCN) o bifenilo polibromado (PBB), o cualquier otro compuesto polibromado análogo, con una concentración de igual o superior a 50 mg/kg.
A3190	Desechos de residuos alquitranados (con exclusión de los cementos asfálticos) resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico de materiales orgánicos.
A4010	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos farmacéuticos, pero con exclusión de los desechos especificados en la lista B.

Código	Descripción ¹⁹
A4020	Desechos clínicos y afines; es decir, desechos resultantes de prácticas médicas, de enfermería, dentales, veterinarias o actividades similares, y desechos generados en hospitales u otras instalaciones durante actividades de investigación o el tratamiento de pacientes, o de proyectos de investigación.
A4030	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos, con inclusión de desechos de plaguicidas y herbicidas que no respondan a las especificaciones, caducados, o no aptos para el uso previsto originalmente.
A4040	Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera.
A4050	Desechos que contienen, consisten o están contaminados con algunos de los productos siguientes: - Cianuros inorgánicos, con excepción de residuos que contienen metales preciosos, en forma sólida, con trazas de cianuros inorgánicos - Cianuros orgánicos.
A4060	Desechos de mezclas y emulsiones de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.
A4070	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices, con exclusión de los desechos especificados en la lista B (véase el apartado correspondiente de la lista B B4010).
A4080	Desechos de carácter explosivo (pero con exclusión de los desechos especificados en la lista B).
A4090	Desechos de soluciones ácidas o básicas, distintas de las especificadas en el apartado correspondiente de la lista B (véase el apartado correspondiente de la lista B B2120).
A4100	Desechos resultantes de la utilización de dispositivos de control de la contaminación industrial para la depuración de los gases industriales, pero con exclusión de los desechos especificados en la lista B.
A4110	Desechos que contienen, consisten o están contaminados con algunos de los productos siguientes: - Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados - Cualquier sustancia del grupo de las dibenzodioxinas policloradas.
A4120	Desechos que contienen, consisten o están contaminados con peróxidos.
A4130	Envases y contenedores de desechos que contienen sustancias incluidas en el anexo I, en concentraciones suficientes como para mostrar las características peligrosas del anexo III.
A4140	Desechos consistentes o que contienen productos químicos que no responden a las especificaciones o caducados correspondientes a las categorías del anexo I, y que muestran las características peligrosas del anexo III.
A4150	Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan.
A4160	Carbono activado consumido no incluido en la lista B (véase el correspondiente apartado de la lista B B2060).

ANEXO | 4

Listado europeo de residuos

Código	Nombre del capítulo LER
01	Residuos de la prospección, extracción de minas y canteras y tratamientos físicos y químicos de minerales.
02	Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca; residuos de la preparación y elaboración de alimentos.
03	Residuos de la transformación de la madera y de la producción de tableros y muebles, pasta de papel, papel y cartón.
04	Residuos de las industrias del cuero, de la piel y textil.
05	Residuos del refino de petróleo, purificación del gas natural y tratamiento pirolítico del carbón.
06	Residuos de procesos químicos inorgánicos.
07	Residuos de procesos químicos orgánicos.
08	Residuos de la fabricación, formulación, distribución y utilización (FFDU) de revestimientos (pinturas, barnices y esmaltes vítreos), adhesivos, sellantes y tintas de impresión.
09	Residuos de la industria fotográfica.
10	Residuos de procesos térmicos.
11	Residuos del tratamiento químico de superficie y del recubrimiento de metales y otros materiales; residuos de la hidrometalurgia no férrea.
12	Residuos del moldeo y del tratamiento físico y mecánico de superficie de metales y plásticos.
13	Residuos de aceites y de combustibles líquidos (excepto los aceites comestibles y los de los capítulos 05, 12 y 19).
14	Residuos de disolventes, refrigerantes y propelentes orgánicos (excepto los capítulos 07 y 08).
15	Residuos de envases; absorbentes, trapos de limpieza, materiales de filtración y ropas de protección no especificados en otra categoría.
16	Residuos no especificados en otro capítulo de la lista.
17	Residuos de la construcción y demolición (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas).
18	Residuos de servicios médicos o veterinarios o de investigación asociada (salvo los residuos de cocina y de restaurante no procedentes directamente de la prestación de cuidados sanitarios).
19	Residuos de las instalaciones para el tratamiento de residuos, de las plantas externas de tratamiento de aguas residuales y de la preparación de agua para consumo humano y de agua para uso industrial.
20	Residuos municipales (residuos domésticos y residuos asimilables procedentes de los comercios, industrias e instituciones), incluidas las fracciones recogidas selectivamente.

ANEXO | 5

Metodología de estimación de residuos no peligrosos para generadores municipales

La metodología se realiza mediante un factor de generación anual regional utilizando solo aquellos municipios que declararon en SINADER el año 2022, basado en la siguiente ecuación:

Ecuación 9:

$$FGAPC_i = \frac{\sum RSMr_j}{\sum Pobj}$$

Donde:

FGAPC_i: Factor de generación anual per cápita para la Región "i", consiste en las toneladas de residuos producidas per cápita al año para la Región indicada según declaración SINADER [t/habitantes].

RSMr_i: Residuos sólidos municipales reportados en la región "i", consiste en las toneladas de residuos municipales totales reportados por cada municipio en SINADER [t].

Pob_i: Población estimada por el INE año 2022 por aquellas comunas de la región "i" de solo aquellos municipios declarantes [habitantes].

i: Región.

A continuación se estima la generación de residuos para aquellos municipios que no reportaron en el sistema SINADER.

Esto se realiza por medio de la población estimada por el INE para las comunas en cuestión, multiplicada por el factor de generación anual per cápita (FGAPC) calculado en la ecuación anterior.

$$RSMe_j = \sum Pobj \cdot FGAPC_i$$

Donde:

RSMe_j: Residuos sólidos municipales estimados para la comuna "j", se utiliza en este escenario solo a aquellos municipios que no reportaron en SINADER año 2022 [t].

Pob_j: Población estimada por el INE año 2022 para la comuna "j" [habitantes].

j: Comuna de la región "i".

i: Región.

FGAPC_i: Factor generación anual per cápita, consiste en las toneladas de residuos producidas per cápita al año para la Región "i" [t/habitantes].

Finalmente, se calcula la generación total anual de residuos municipales como la suma de la generación anual de los municipios que declararon en SINADER más la generación de los municipios estimados.

ANEXO | 6

Tipos de tratamiento en el sistema sectorial SINADER

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Eliminación	Disposición final.	Relleno sanitario.
		Vertedero.
		Basural.
		Recepción de lodos en PTAS.
		Depósito de seguridad.
		Sitio de escombros de la construcción.
Valorización	(Centro de acopio).	Área de disposición controlada.
		Depósito de cenizas.
		Residuos voluminosos.
Valorización	Pretratamiento (centro de acopio).	Residuos municipales.
		Residuos voluminosos.
Valorización	Incineración sin recuperación de energía.	-
		-
Valorización	(Centro de acopio).	Pretratamiento de papel, cartón y productos de papel.
		Pretratamiento de vidrio.
		Pretratamiento de ropa.
		Pretratamiento de textil, cuero y piel.
		Pretratamiento de aceites y grasas comestibles
		Pretratamiento de pinturas, tintas, adhesivos y resinas que no contienen sustancias peligrosas.
		Pretratamiento de detergentes que no contienen sustancias peligrosas.
		Pretratamiento de madera que no contiene sustancias peligrosas.
		Pretratamiento de metales.
		Pretratamiento de plásticos.
		Pretratamiento de neumáticos fuera de uso.
		Pretratamiento de residuos voluminosos.
		Pretratamiento de caucho y goma.
		Pretratamiento de materiales eléctricos.
Pretratamiento de aparatos eléctricos y electrónicos.		

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Valorización	Reciclaje.	Reciclaje de papel, cartón y productos de papel.
		Reciclaje de textiles.
		Reciclaje de plásticos.
		Reciclaje de vidrio.
		Reciclaje de metales.
		Residuos voluminosos.
		Reciclaje de neumáticos fuera de uso.
		Reciclaje de residuos de pastas o productos alimenticios para consumo animal.
		Reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos.
	Recuperación de energía.	Coincineración.
	Recepción de lodos de PTAS.	Incineración con recuperación de energía.
	Compostaje.	Aplicación a suelo.
	Lombricultura.	-
Coprocesamiento.	-	
Degradación anaeróbica.	-	
Aplicación al suelo.	-	
Reducción de recursos hidrobiológicos.	-	
Reducción de residuos orgánicos a base de larvas de insectos.	-	
Preparación para reutilización.	-	



ANEXO | 7

Lista de contaminantes y parámetros contenidos en RETC

Nº	Contaminantes contenidos en RETC
1	Aceites minerales residuales no aptos para el uso al que estaban destinados
2	Aceites y grasas
3	Ácido sulfhídrico / Sulfuro de hidrógeno (o TRS)
4	Aldrina
5	Aluminio
6	Arsénico
7	Arsénico, compuestos de arsénico
8	Benceno
9	Compuestos de berilio
10	Bifenilos policlorados (PCB)
11	Boro
12	Bromoclorometano, Anexo C, Grupo III
13	Bromuro de metilo, Anexo E, Grupo I
14	Cadmio
15	Cadmio, compuestos de cadmio
16	CFCs completamente halogenados (otros), Anexo B, Grupo I
17	Cianuro
18	Cianuros inorgánicos
19	Cianuros orgánicos
20	Clordano
21	Clorofluorocarbonos (CFCs), Anexo A, Grupo I
22	Cloruros
23	Cobre
24	Cobre, compuestos de cobre
25	Compuestos de antimonio

N°	Contaminantes contenidos en RETC
26	Compuestos de cromo hexavalente
27	Compuestos de mercurio
28	Compuestos de plomo
29	Compuestos de selenio
30	Compuestos de zinc
31	Compuestos inorgánicos de flúor, con exclusión del fluoruro cálcico
32	Compuestos orgánicos de fósforo
33	Compuestos orgánicos volátiles
34	Cromo hexavalente.
35	Cromo total
36	Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados
37	DDT (1,1,1-tricloro-2,2-bis (4-clorofenil) etano)
38	Dibenzofuranos policlorados (PCDF)
39	Dibenzoparadioxinas policloradas (PCDD)
40	Dieldrina
41	Dióxido de azufre (SO ₂)
42	Dióxido de carbono (CO ₂)
43	Dióxido de nitrógeno (NO ₂)
44	Endrina
45	Envases y recipientes contaminados que hayan contenido uno o más constituyentes enumerados en la Categoría II
46	Estaño
47	Éteres
48	Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles
49	Fluoruros
50	Fósforo total
51	Halones, Anexo A, Grupo II
52	Heptacloro
53	Hexaclorobenceno
54	Hexafluoruro de azufre (SF ₆)
55	Hidrobromofluorocarbonos (HBFC), Anexo C, Grupo II
56	Hidrocarburos fijos
57	Hidrocarburos totales
58	Hidrocarburos volátiles
59	Hidroclofluorocarbonos (HCFCs), Anexo C, Grupo I
60	Hidrofluorocarbonos (HFC)

N°	Contaminantes contenidos en RETC
80	Polvo o fibras de asbesto, con exclusión de los residuos de materiales de construcción fabricados con cemento asbesto
81	Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier tratamiento pirolítico
82	Residuos de carácter explosivo
83	Residuos que contengan cianuros, resultantes del tratamiento térmico y de las operaciones de temple
84	Residuos que procedan de la recolección selectiva o de la segregación de residuos sólidos domiciliarios que presenten al menos una característica de peligrosidad
85	Residuos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera
86	Residuos resultantes de la producción preparación y la utilización de productos biocidas, productos fitofarmacéuticos y plaguicidas
87	Residuos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos
88	Residuos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de solventes orgánicos
89	Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos
90	Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos
91	Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices
92	Residuos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos
93	Selenio
94	Solventes orgánicos halogenados
95	Solventes orgánicos, con exclusión de solventes halogenados
96	Óxidos de azufre (SO _x).
97	Suelos o materiales resultantes de faenas de movimientos de tierras contaminadas por alguno de los constituyentes listados en la Categoría II
98	Sulfatos
99	Sulfuros
100	Sustancias activas de azul de metileno
101	Sustancias químicas residuales, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan
102	Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB)
103	Talio, compuestos de talio



N°	Contaminantes contenidos en RETC
61	Hierro / hierro disuelto
62	Índice de fenol
63	Manganeso
64	Mercurio
65	Metales carbonilos
66	Metano (CH ₄)
67	Metilcloroformo (1,1,1-tricloroetano), Anexo B, Grupo III
68	Mirex
69	Molibdeno
70	Monóxido de carbono
71	Material particulado respirable (MP ₁₀)
72	Níquel
73	Nitrito más nitrato (y NO _x)
74	Nitrógeno amoniacal (o NH ₃)
75	Ozono
76	Partículas totales suspendidas (PTS)
77	Pentaclorofenol / PCP
78	Perfluorocarbonos (PFC)
79	Plomo

N°	Contaminantes contenidos en RETC
104	Telurio, compuestos de telurio.
105	Tetracloroetano.
106	Tetracloruro de carbono, Anexo B, Grupo II.
107	Tolueno / metilbenceno / toluol / fenilmetano.
108	Toxafeno
109	Triclorometano.
110	Xileno
111	Zinc
112	Dibenzoparadioxinas policloradas y furanos (PCDD/F).
113	Material particulado respirable fino (MP _{2,5}).
114	Óxidos de nitrógeno (NO _x).
115	Residuos hospitalarios.
116	Medicamentos, drogas y productos farmacéuticos desechados.
117	Mezclas y emulsiones de aceite y agua o hidrocarburos y agua.
118	Residuos resultantes de las operaciones de eliminación o tratamiento de residuos, tales como lodos, filtros, polvos, etcétera.
119	Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida.
120	Soluciones básicas o bases en forma sólida.
121	Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas en el presente artículo.
122	Sólidos sedimentables.
123	Sólidos suspendidos totales.
124	Temperatura
125	DBO5
126	pH
127	Poder espumógeno.
128	Catalizadores usados.
129	Coliformes fecales o termotolerantes.
130	Nitrógeno total Kjeldahl.

ANEXO | 8

Contaminantes referenciados en el Informe Consolidado del RETC de acuerdo con el componente ambiental (referencia capítulo 2, contaminantes, contaminantes ambientales en el ICRETC)

Componente	Categoría RETC	Grupo contaminante	Contaminante	Comentarios generales
Aire	Emisiones		CO ₂	El dióxido de carbono es un gas natural e incoloro, esencial para la vida en la Tierra, pero su concentración ha aumentado debido a actividades humanas como la quema de combustibles fósiles. Está involucrado en el efecto invernadero y el cambio climático.
			NO _x	Los óxidos de nitrógeno son compuestos formados por nitrógeno y oxígeno. Proviene principalmente de la quema de combustibles en vehículos y fuentes industriales. Contribuyen a la formación de esmog y al agotamiento de la capa de ozono.
			SO _x	Los óxidos de azufre son compuestos que pueden ser resultantes de la combustión de combustibles fósiles que contienen azufre. Contribuyen a la formación de lluvia ácida, que puede dañar ecosistemas terrestres y acuáticos, además de afectar edificios y monumentos.
			MP	El material particulado se compone de partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire, que varían en tamaño y origen. Pueden provenir de fuentes naturales como el polvo o de actividades humanas como la quema de biomasa y la industria. Las partículas finas (PM _{2,5}) pueden penetrar en los pulmones y causar problemas respiratorios y cardiovasculares.

Componente	Categoría RETC	Grupo contaminante	Contaminante	Comentarios generales
Agua	Emisiones	Sales contaminantes	Cloruros	Las sales contaminantes engloban compuestos iónicos formados por la unión de un metal con un no metal, como sulfatos, sulfuros y cloruros. Los sulfatos son sales solubles en agua, los sulfuros son compuestos que se pueden originar tanto de manera natural como de resultado de actividades humanas y los cloruros son compuestos formados por uno o varios átomos de cloro. Concentraciones elevadas de estas sales en el agua pueden tener el potencial de causar alteraciones en la química y salud del entorno acuático y, en casos extremos, afectar la salud humana.
			Sulfatos	
		Compuestos nitrogenados	Nitrógeno total	Los compuestos nitrogenados contaminantes se refieren a una variedad de sustancias químicas que contienen nitrógeno y que pueden ser liberadas al agua como resultado de actividades humanas. Estos compuestos pueden ser nitratos y nitritos, y nitrógeno total Kjeldahl. Su presencia en el agua puede ser perjudicial para los ecosistemas acuáticos y la salud humana, especialmente en concentraciones elevadas. Por ejemplo, altas concentraciones de nitritos pueden resultar tóxicas para la vida acuática, especialmente para los peces, ya que interfieren en su capacidad de transportar oxígeno.
			Nitritos más nitratos	
			Nitrógeno amoniacal	
		Contaminantes físicos	Sólidos suspendidos totales	Se refieren a compuestos insolubles en agua que tienen la capacidad de formar una capa en la superficie acuática. Esta capa puede afectar la oxigenación del agua y bloquear la entrada de luz solar, lo que a su vez reduce la transferencia de oxígeno y perjudica a los organismos acuáticos que dependen de la superficie para su proceso respiratorio. Estos pueden ser aceites y grasas, hidrocarburos, y sólidos suspendidos.
			Aceites y grasas	
			Hidrocarburos totales	

Componente	Categoría RETC	Grupo contaminante	Contaminante	Comentarios generales
Agua (cont.)	Emisiones	Metales pesados	Hierro / hierro disuelto	Los metales pesados, como el plomo, mercurio y cadmio, son elementos químicos de alta densidad y toxicidad. Estos metales tienen la capacidad de acumularse en organismos acuáticos y a lo largo de la cadena alimentaria, generando daños tanto en la salud humana como en la vida acuática. Además, persisten en el medio ambiente durante largos períodos.
			Aluminio	
			Boro	
			Zinc	
			Cobre	
			Manganeso	
			Molibdeno	
			Níquel	
			Cromo total	
			Plomo	
			Arsénico	
			Cromo hexavalente	
			Estaño	
		Selenio		
		Cadmio		
		Mercurio		
		Pesticidas	Tolueno / metilbenceno / Toluol / fenilmetano	Los pesticidas, en el contexto de emisiones a aguas subterráneas, son sustancias químicas diseñadas para controlar o eliminar plagas y enfermedades en cultivos agrícolas. Sin embargo, cuando son utilizados en exceso o de manera incorrecta, se pueden infiltrar en el suelo y llegar a las capas freáticas, contaminando así las aguas subterráneas. Estos contaminantes representan un riesgo para la calidad del agua potable y la salud humana, ya que algunos pesticidas poseen propiedades tóxicas y persistentes en el medio ambiente.
			Tetracloroetano	
			Triclorometano	
			Xileno	
			Pentaclorofenol / PCP	
Suelo	Transferencias	Lista A*	ver Anexo 3	La Lista A en el contexto de la gestión de residuos peligrosos se refiere a una clasificación asociada a los residuos peligrosos. Estos residuos se consideran de alto grado de toxicidad o que tienen un potencial significativo para causar daños a la salud humana y al medio ambiente. La inclusión de un residuo peligroso en la Lista A implica que su manejo y disposición se deben realizar con especial cuidado y siguiendo procedimientos específicos para minimizar los riesgos asociados.

Componente	Categoría RETC	Grupo contaminante	Contaminante	Comentarios generales
Suelo (cont.)		LER*	ver Anexo 4	<p>El Listado Europeo de Residuos, en el contexto del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) en Chile, se refiere a una clasificación estandarizada de residuos utilizada en la Unión Europea para facilitar la gestión y tratamiento adecuado de los mismos. Este listado categoriza los residuos en códigos numéricos y descriptivos, especificando su origen y naturaleza, lo que permite una identificación precisa y uniforme a nivel internacional. Aunque el RETC en Chile no se rige por la legislación europea, la adopción del Listado Europeo de Residuos como referencia proporciona un marco de trabajo común y facilita la comparabilidad de datos.</p>



En el Decimoséptimo Informe Consolidado de Emisiones y Transferencias de Contaminantes del RETC, se presenta información crítica de utilidad para la prevención y control de la contaminación.

Los datos publicados en este reporte están disponibles para cualquier persona interesada en el portal del RETC (<https://retc.mma.gob.cl>), sección datos abiertos.

Esta publicación contribuye al derecho ciudadano que toda persona tiene de acceder a la información ambiental disponible por el Estado, consagrado en el Principio 10 de la Agenda 21, y el artículo 6 del acuerdo de Escazú.

