INFORME CONSOLIDADO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIAS DE CONTAMINANTES 2021

Ministerio del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

RETC
Registro de Emisiones & Transferencias de Contaminantes
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

INFORME CONSOLIDADO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIAS DE CONTAMINANTES 2021

Ministerio del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

RETC
Registro de Emisiones & Transferencias de Contaminantes
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

Equipo de Trabajo
Departamento de Información Ambiental

Rodrigo Arriagada Cisternas
Jefe División de Información y Economía Ambiental
Ministerio del Medio Ambiente

Departamento de Información Ambiental
Leyla Arriagada Solís, Maritza Barrera Curihuentro
Daniel Figueroa Serrano, Eduardo Kawanabe Martínez
Montserrat Larrosa Ziegler, Osvaldo Miranda Silva
Marisol Piña Parraguez, Juan Pizarro Miranda
Lorena Riesco Escobar, Matías Vergara Herrera

Grupo Nacional Coordinador
Walter Folch Ariza
Gonzalo Aguilar Madaune
Ministerio de Salud

Marie Claude Plumer Bodin
Superintendenta 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

Cálculo de indicadores
Nicolás Andrade Hernández

Análisis ambiental
Juan Pizarro Miranda, Matías Vergara Herrera,
Nicolás Andrade Hernández, Maritza Barrera Curihuentro
Montserrat Larrosa Ziegler

Revisión Final
Rodrigo Arriagada Cisternas

Diseño y diagramación
Ariel Ulagnero

INFORME CONSOLIDADO DE EMISIONES
Y TRANSFERENCIAS DE CONTAMINANTES|2021, RETC
©2023 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: 978-956-7204-93-9
Se terminó de imprimir esta obra en diciembre de 2023
Impresión Andros Impresores - Impreso en Chile/Printed in Chile

Índice

Prólogo 6

Introducción 7

CAPÍTULO 1
Información contenida en el RETC **8**

CAPÍTULO 2
Conceptos clave para la comprensión del RETC **20**

CAPÍTULO 3
De los datos a la información **30**

Epílogo 55

Listado de acrónimos 56

Referencias 58

Anexos 60

Índice de tablas 98

Índice de indicadores 99

Prólogo

Con mucho agrado les presento el nuevo "Informe Consolidado de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), 2021". Este compendio no solo presenta datos ambientales respecto de las principales emisiones que se generan al aire, agua y suelo en Chile, sino también es un testimonio de nuestra responsabilidad colectiva hacia el entorno que compartimos.

Los datos contenidos en este informe provienen de fuentes diversas y confiables, reflejando la colaboración entre instituciones y la transparencia en la rendición de cuentas, respaldando así los principios del Acuerdo de Escazú y el derecho fundamental de la ciudadanía a acceder a información ambiental, así como lo postula el Principio 10 de la Agenda 21.

El propósito de esta edición es facilitar el acceso a la información ambiental, así como proporcionar una visión general de los patrones de contaminación en el país. En un mundo cada vez más consciente de la interconexión entre la salud de nuestro planeta y la calidad de vida de sus habitantes, este informe nos permite orientar los objetivos y desafíos ambientales que enfrentamos en materia de gestión de emisiones y de transferencias, debido a nuestra diversidad geográfica y actividades industriales.

De esta manera, aspiramos a contribuir al entendimiento integral de la situación ambiental, proporcionando información valiosa para decisiones informadas. Responde a preguntas cruciales como: ¿Dónde se generan las emisiones más críticas? o ¿Qué industrias lideran en la generación de contaminantes? Si bien nos sumergimos en las cifras, este informe es un llamado a la reflexión y, lo más importante, a la acción.

Agradecemos a todos los involucrados en la recopilación y análisis de estos datos. Que este informe sirva para orientar una acción decidida y una conciencia colectiva para avanzar hacia un futuro más sostenible para nuestro país.

Maisa Rojas Corradi

Ministra del Medio
Ambiente de Chile

Introducción

El decimosexto 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 2021. 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, 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, 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, así como los sectores industriales que contribuyen de manera más significativa a estas emisiones.

Te invitamos a conocer más detalles en el presente informe, también disponible para ser descargado en el portal del RETC, sección datos abiertos: **https://retc.mma.gob.cl/**

CAPÍTULO 1

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 1

INFORMACIÓN CONTENIDA EN EL RETC

1. ¿Qué es un registro de emisiones y transferencia de contaminantes, RETC? 11

2. ¿Cómo se obtiene la información del RETC y de dónde proviene? 15

3. ¿Cómo se construye la información del RETC? 17

4. ¿Cómo se utiliza el RETC? 19

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

El Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) es una base de datos abierta y disponible al público[1], 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 ambiental[2].

El RETC viene a reconocer el "derecho a saber" de la ciudadanía respecto de esta información, consagrada en el Principio 10 de la Declaración de Río que busca asegurar que toda persona tenga acceso a la información, participe en la toma de decisiones y acceda a la justicia en asuntos ambientales, con el fin de garantizar el derecho a un medio ambiente sano y sostenible de las generaciones presentes y futuras. Así también viene a cumplir con lo dispuesto en el Acuerdo de Escazú[3], 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 sobre el 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/

La base de datos que guarda las informaciones ambientales del RETC se diseña considerando tres componentes ambientales: 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 estructuran la información ambiental generada del RETC 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 y,
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 su origen.

Componente ambiental	Información contenida en RETC	Normativa asociada	Origen de la 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	• SEREMI Salud RM. Ministerio de Salud • Superintendencia del Medio Ambiente
	Estimación de emisiones asociadas a transporte en ruta		• Secretaría de Planificación de Transporte (modelos de transporte 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)
	Estimación de emisiones asociadas a quemas agrícolas		• Corporación Nacional Forestal (superficie afectada por acción del fuego)
	Estimación de emisiones asociadas a incendios forestales		• Corporación Nacional Forestal (superficie de vegetación afectada por incendios forestales)
	Estimación de emisiones asociadas a incendios urbanos		• Carabineros de Chile (cantidad de incendios urbanos)
	Estimación de emisiones asociadas a consumo residencial de leña, urbano y rural		• Ministerio de Energía • Ministerio de Desarrollo Social (CASEN) • Instituto Nacional de Estadísticas (Proyecciones de Población)

Tabla 1.
Datos contenidos en RETC y su origen (cont.)

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	• 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	• Superintendencia del Medio Ambiente
	Transferencia de contaminantes al sistema de alcantarillado (PROCOF)	D.S. N° 609/1998 MOP	• Superintendencia de Servicios Sanitarios
Suelo	Generación de residuos peligrosos (SIDREP)	D.S. N° 148/2003 MINSAL	• Ministerio de Salud
	Generación de residuos no peligrosos (SINADER)	D.S. N° 1/2013 MMA	• Ministerio del Medio Ambiente

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) solicitudes de información y b) desarrollo de sistemas de captura de datos.

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 tiene que ver con el desarrollo de sistemas que permiten a la industria reportar sus 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 al alero del RETC como una plataforma electrónica de acceso único a los distintos sistemas sectoriales, módulos y formularios en los que el establecimiento debe reportar información según la normativa ambiental vigente.

En la Figura 3 se observan los actores clave que son fuentes de datos para la constucción 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 abrir el sistema de Ventanilla Única. Esto permitió un acceso único, digitalizado y estandarizado de ingreso de datos de la industria, en línea con la Ley de Transformación Digital del Estado.

Es oportuno aclarar que los datos de Ventanilla Única no integran en su totalidad información referente a emisiones y transferencia de contaminantes, sino que también abarcan otros datos ambientales no vinculados a contaminantes 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.

Este contexto ha sido un avance en el desarrollo de sistemas de captura de datos, vinculando el sistema de Ventanilla Única a la industria, ya que permite obtener información estandarizada de los establecimientos y la posibilidad de georreferenciar territorialmente.

En la Tabla 2 se muestra el sistema de Ventanilla Única con sus diferentes sistemas sectoriales y las normas 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

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 (ver apartado 2: Fuentes de RETC), que incluyen la industria, las instituciones gubernamentales y las fuentes no normadas.

Una vez que los datos llegan al Ministerio, se someten a procedimientos de mejora continua, que incluyen cálculos, estimaciones y verificaciones, con el objetivo de generar y almacenar información ambiental considerando su confiabilidad y calidad. Estos procesos se basan en herramientas y análisis que buscan cerrar brechas para dar consistencia y exactitud a la base de datos, para generar confianza en el uso de la información por parte de los usuarios.

Es así como el proceso de gestión de información ambiental del RETC involucra varias etapas que van desde la captura inicial de datos ambientales hasta la construcción de registros e indicadores que culminan en su publicación posterior.

El diagrama presentado en la Figura 4 muestra cómo el RETC se integra en las actividades ministeriales relacionadas con la gestión de información ambiental.

Figura 4.
Proceso de construcción de la información del RETC

La figura 4 muestra cómo los datos ambientales que alimentan el RETC (ver tabla 1) son capturados a nivel de sistemas o estimados por los profesionales del Ministerio del Medio Ambiente. Una vez que estos pasan por procesos de verificación y validación, se procesan y publican de acuerdo con los objetivos del RETC (ver apartado 1: ¿Qué es un RETC?). 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, y los respectivos impactos de los contaminantes liberados al medio ambiente, y
- El monitoreo progresivo de los datos informados por la industria y aquella estimada a nivel del Departamento de Información Ambiental.

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. La sección Ciudadanía se encuentra marcada, debido a que la generación del Informe Consolidado del RETC está destinado principalmente para este actor.

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

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

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

CAPÍTULO 2

CONCEPTOS CLAVE PARA LA COMPRENSIÓN 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 2

CONCEPTOS CLAVE PARA LA COMPRENSIÓN DEL RETC

1. Registro 23

2. Emisiones 24

3. Transferencias 26

4. Contaminantes 28

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 REGISTRO

En el contexto del Ministerio del Medio Ambiente, un registro se considera a un conjunto organizado de información documentada y almacenada en datos ambientales. El Ministerio ha avanzado en convertir estos registros en bases de datos consolidadas para facilitar la captura y procesamiento de datos de manera coherente. Mediante estos procesos, se persigue transformar datos brutos (sin procesar) en información ambiental que tenga relevancia y utilidad significativa para la gobernanza ambiental.

El RETC es una herramienta técnica que facilita la recolección y organización de datos, siendo un instrumento de gobernanza ambiental clave para monitorear y analizar las emisiones y transferencias de contaminantes en el país[1].

Acceso a público

El RETC proporciona a la ciudadanía 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 generadas por 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.

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

Características:

- 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 publicados en el CKAN, 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.

Importancia en el RETC:

La captura de datos ambientales de los establecimientos es crucial para garantizar el cumplimiento de las normativas ambientales.

- 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.

2 | EMISIONES

El RETC tiene como función principal el registro de datos concerniente a las 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

- Facilita la identificación de áreas con las mayores presiones ambientales para un contaminante en específico, lo que permite focalizar acciones más detalladas, como la implementación de sistemas de monitoreo de calidad del aire.
- Contribuye al desarrollo de políticas públicas destinadas a evaluar y controlar los riesgos para la salud asociados a estas emisiones.

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 transferencia 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.

3 TRANSFERENCIAS

Las transferencias de contaminantes, en el contexto del RETC, constituyen un componente esencial de la gobernanza ambiental. 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. El RETC aborda tanto los residuos peligrosos como los no peligrosos, proporcionando una visión dinámica de su gestión.

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. Además, como parte de las transferencias se incluye también los vertidos controlados de contaminantes al sistema de alcantarillado, lo que implica transferencias al agua.

En resumen, el registro de transferencias ofrece una visión detallada de lo que ocurre en la gestión de contaminantes y residuos. 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.

Finalmente, la información acerca de residuos no peligrosos se convierte en un insumo valioso al diseñar y evaluar las políticas públicas de economía circular del país. .

iii. Transferencias de lodos de plantas de tratamientos de aguas servidas (PTAS)

Las transferencias de lodos PTAS constituyen un proceso en la gobernanza ambiental, donde sustancias provenientes de ciertos establecimientos son canalizadas hacia sistemas de alcantarillado. Este flujo controlado se rige por el Decreto Supremo Nº1/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, el que establece las normativas y estándares para la reportabilidad de estas transferencias mediante el Sistema Nacional de Residuos (SINADER). De acuerdo con esta disposición, vía sistema de reportería Ventanilla Única del Ministerio del Medio Ambiente se reportan las transferencias de Lodos de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas, las que permiten generar información respecto de las transferencias al suelo. El registro y posterior seguimiento detallado de estas transferencias proporciona una fuente de información para evaluar y mejorar los procesos de gobernanza ambiental en el ámbito de las presiones al componente suelo.

4 CONTAMINANTES

La definición de sustancia contaminante puede variar ligeramente según el contexto y las regulaciones ambientales específicas de cada país. Una definición ampliamente reconocida proviene de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). Según la EPA, una sustancia contaminante se refiere a cualquier compuesto, ya sea sólido, líquido o gaseoso, que, cuando se introduce en el medio ambiente, tiene el potencial de ocasionar efectos perjudiciales en la salud humana, los ecosistemas o los recursos naturales.

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 clave referente 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 del 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.

El dato de emisiones o transferencias proporciona información del alcance y presiones en el medio de un contaminante particular, pero no determina por sí mismo la peligrosidad asociada a la calidad del medio. Para evaluar el riesgo para la salud, es necesario considerar otras variables que permitan cuantificar la cantidad y tipo de contaminante presente en una unidad de volumen. Esto implica definir las concentraciones del contaminante y evaluar los posibles riesgos en caso de exposición.

CAPÍTULO 3

DE LOS DATOS A LA INFORMACIÓN

La conversión de datos a información es crucial para la gobernanza ambiental. En este capítulo se presentan análisis de indicadores que identifican patrones y tendencias que contribuyen a la toma de decisiones en diferentes niveles.

CAPÍTULO 3

DE LOS DATOS A LA INFORMACIÓN

Análisis macro de contaminantes en Chile 33

Componente aire 33

Componente agua 39

Componente suelo 48

ANÁLISIS MACRO DE CONTAMINANTES EN CHILE

En el marco del derecho a saber consagrado en el Acuerdo de Escazú, se presenta la sección "Análisis Macro de Contaminantes en Chile" del Informe Consolidado del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

Chile, con su diversidad geográfica y actividades industriales, afronta desafíos en la gestión de emisiones y transferencias que impactan en los componentes ambientales de aire, agua y suelo. Este segmento tiene como objetivo facilitar el acceso a la información ambiental y proporcionar una visión general de los patrones de contaminación en el país.

Desde la contaminación atmosférica generada por fuentes industriales hasta los vertidos al agua que afectan ecosistemas acuáticos, así como para las transferencias al suelo, se analizarán las tendencias y emisiones de contaminantes específicos. Se examinarán los sectores industriales que contribuyen de manera sustancial en la generación de emisiones y transferencias, identificando también las regiones donde tienen mayor incidencia. Este análisis macro evaluará la magnitud de las emisiones y transferencias por contaminante o grupo de contaminantes buscando generar una visión general de las presiones ambientales.

El siguiente informe persigue contribuir al entendimiento integral de la situación ambiental en el país, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones informadas y el desarrollo de estrategias vinculadas a la producción y consumo sostenible.

COMPONENTE AIRE

i | General

Las emisiones al componente aire y la exposición a ellas están asociadas a numerosos efectos negativos, convirtiendo la contaminación atmosférica en una de las problemáticas relevantes debido a las consecuencias que produce la exposición en la salud de las personas y el medio ambiente. Las emisiones al aire comprenden diversos contaminantes que se clasifican según sus características químicas, naturaleza, tamaño, u otros criterios. Estos contaminantes tienen origen tanto antropogénico como natural.

La principal fuente de contaminación atmosférica se atribuye a las actividades antropogénicas, específicamente al uso de combustibles fósiles en procesos industriales y transporte. Entre los principales contaminantes asociados a la combustión se encuentra el dióxido de carbono (CO_2), los óxidos de nitrógeno (NO_X) y el dióxido de azufre (SO_2), los que, debido al uso a gran escala de combustibles, son ampliamente estudiados por sus impactos.

Uno de los contaminantes de mayor impacto a nivel local es el material particulado (MP), cuyo tamaño y composición puede representar riesgos significativos para la salud de la población, pudiendo causar problemas respiratorios al permear directamente las regiones pulmonares.

En consecuencia, el análisis del componente aire 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, es importante tener en cuenta la existencia de otros contaminantes potenciales que pueden ser emitidos a la atmósfera, como los compuestos orgánicos volátiles (COVs), generados por actividades industriales específicas como el uso de solventes y combustibles; y las emisiones de mercurio (Hg), asociadas a sectores industriales particulares como termoeléctricas o fundiciones. Para obtener más detalles, se recomienda revisar los datos publicados en portal del RETC: **https://retc.mma.gob.cl/** .

ii | Dióxido de carbono (CO_2)

Indicador i1 | CO_2 - Emisiones puntuales y difusas por Región [t] (2021)

El dióxido de carbono CO_2 es un gas de efecto invernadero cuyo impacto está directamente asociado al calentamiento global, siendo uno de los contaminantes más emitidos en términos de cantidad (toneladas). Chile desarrolla inventarios nacionales que permiten el seguimiento de compromisos y metas de reducción de las emisiones de CO_2, que pueden ser revisados en la página del inventario nacional de gases de efecto invernadero: **https://snichile.mma.gob.cl/**

Según el indicador i2 proporcionado por el RETC, se observa que las fuentes puntuales representan el 68,55% (65.662.550 toneladas) de las emisiones de CO_2, en comparación con el 31,45% (30.123.162 toneladas) provenientes de fuentes difusas. Esta distribución se explica porque la generación de CO_2 está asociada principalmente a procesos de combustión utilizados intensamente en fuentes puntuales, cuyas emisiones se canalizan por medio de chimeneas de calderas, hornos y otros dispositivos dependientes del proceso industrial del establecimiento.

Indicador i2 | CO_2 - Desglose por fuente difusa y puntual (2021)

El indicador i1 revela que las emisiones de CO_2 provenientes de fuentes puntuales son significativas en las regiones de Biobío (29% y 19.588.218 toneladas), Antofagasta (24% y 15.932.120 toneladas) y Valparaíso (10% y 6.859.308 toneladas). Los rubros preponderantes en estas emisiones son las industrias termoeléctricas, las de papel y celulosa, y las manufactureras, representando el 47,05% (31.643.449 toneladas), 21,10% (14.187.391 toneladas) y 14,76% (9.929.807 toneladas) de emisiones de CO_2 respetivamente, según se detalla en el indicador i3. Considerando la relevancia del rubro termoeléctrico, se marca en el mapa del i2 la ubicación de las termoeléctricas que reportan más de un millón de toneladas de CO_2.

Indicador i3 | CO_2 - Emisiones puntuales por rubro (2021)

iii | Dióxido de azufre (SO_2)

Indicador i4 | SO_2 - Emisiones puntuales y difusas por Región [t] (2021)

El dióxido de azufre (SO_2), al igual que el CO_2, 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 intensamente en procesos de fundición de minerales.

Según el Indicador i5 del RETC, para el año 2021, se observa que las fuentes puntuales representaron el 98,01% (91.462 toneladas) de las emisiones de SO_2, en comparación con el 1,99% (1.852 toneladas) proveniente de las fuentes difusas. Estas emisiones se encuentran principalmente en las regiones de Antofagasta (32% y 38.028 toneladas), O'Higgins (24% y 28.932 toneladas) y Valparaíso (18% y 21.579 toneladas), como se muestra en el indicador i4. Estas regiones, además, presentan alta actividad asociada a la minería (que incluye a las fundiciones) y a la generación termoeléctrica de energía.

Indicador i5 | SO_2 - Desglose por fuente difusa y puntual (2021)

Estas emisiones se reflejan en el indicador i6, donde el sector minero, las industrias manufactureras y las termoeléctricas se posicionan como los rubros que concentran las emisiones de SO_2, representando el 50,41% (60.695 toneladas), 23,90% (28.779 toneladas) y 19,64% (23.646 toneladas), respectivamente. Respecto de lo anterior, se indica en el indicador i5 la ubicación de las siete fundiciones, vinculadas al rubro minero, que más reportan emisiones de SO_2 en el 2021.

Indicador i6 | SO_2 - Emisiones puntuales por rubro (2021)

iv. Óxidos de nitrógeno (NO_X)

Indicador i7 | NO_X - Emisiones puntuales y difusas por Región [t] (2021)

Los óxidos de nitrógeno NO_X representan a una familia de gases altamente reactivos que corresponde a una mezcla de NO (óxido nítrico) y NO_2 (dióxido de nitrógeno). Estos contaminantes se generan 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.

Al igual que el CO_2 y SO_2, los NO_X son generados principalmente por fuentes puntuales, aunque en menor porcentaje. Según el indicador i8, las fuentes puntuales representan el 60,82% (122.928 toneladas) de las emisiones, en comparación con el 39,18% (79.188 toneladas) generadas por fuentes difusas. Esta relación porcentual se explica principalmente porque las emisiones de fuentes difusas, como las producidas por quemas agrícolas, incendios forestales o incendios urbanos, pueden alcanzar altas temperaturas y generar y complementar las emisiones de NO_X a la atmósfera.

Indicador i8 | NO_X - Desglose por fuente difusa y puntual (2021)

El indicador i7 del RETC indica que las regiones que más concentran las emisiones de NO_X son las del Biobío (21% y 28.555 toneladas), Antofagasta (18% y 24.387 toneladas) y la Metropolitana (11% 15.227 toneladas). Los principales rubros asociados a estas emisiones son las termoeléctricas, las industrias manufactureras y las de papel y celulosa, que representan el 35,65% (47.515,05 toneladas), 21,97% (27.951 toneladas) y 9,34% (12.568 toneladas), respectivamente, según se detalla en el indicador i9.

Indicador i9 | NO_X - Emisiones puntuales por rubro (2021)

v. Material particulado 2,5 ($MP_{2,5}$)

Indicador i10 | $MP_{2,5}$ - Emisiones puntuales y difusas por Región [t] (2021)

En relación con el material particulado (MP), este presenta variaciones en tamaño, composición y origen. Por esta razón, se clasifican según su tamaño, ya que esta propiedad permite determinar características respecto del transporte, remoción y origen del contaminante. Las partículas finas, conocidas como material particulado 2,5 ($MP_{2,5}$), abarcan todas las partículas con un tamaño aerodinámico menor o igual a 2,5 micrómetros. Estas partículas se producen en proceso de combustión, especialmente en motores de combustión interna, así también por emisiones difusas asociada a actividades de quema de leña, incendios forestales o urbanos, entre otras.

Como se evidencia en el indicador i11, a diferencia de los contaminantes analizados anteriormente, las fuentes difusas representan el 98,55% (147.356 toneladas) de las emisiones de $MP_{2,5}$, en comparación con las emisiones por fuentes puntuales, que constituyen el 1,45% (2.172 toneladas).

Indicador i11 | $MP_{2,5}$ - Desglose por fuente difusa y puntual (2021)

Estas emisiones se generan principalmente en La Araucanía (27% y 39.783 toneladas), Biobío (17% y 25.079 toneladas) y Los Lagos (16% y 23.454 toneladas), según se indica en el indicador i10, lo anterior se explica debido a que estas regiones son intensivas en el uso de leña residencial, principal fuente de emisiones difusas de $MP_{2,5}$, lo anterior se correlaciona con el indicador combustión a leña residencial, el que representa el 80,59% (118.755 toneladas) de las emisiones por concepto de fuentes difusas de $MP_{2,5}$.

Indicador i12 | $MP_{2,5}$ - Emisiones puntuales por tipo de fuente difusa (2021)

vi. Material particulado 10 (MP_{10})

Indicador i13 | MP_{10} - Emisiones puntuales y difusas por Región [t] (2021)

El MP_{10} 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. Debido a que el MP_{10} pertenece a una fracción más gruesa, su origen puede estar asociado a actividades de construcción, movimiento o transporte, dispersión o por acciones mecánicas específicas. El MP_{10} se considera de fracción respirable y también puede generar problemas en la salud asociados a los sistemas respiratorio e inmunológico.

Según se observa en el indicador i14, y al igual que en el caso del $MP_{2,5}$, las fuentes difusas representan la mayor fuente de generación, con 98,91% (162.980 toneladas) de las emisiones de MP_{10} respecto de las emisiones por fuentes puntuales que escasamente aportan el 1,09% del total (1.792 toneladas).

Indicador i14 | MP_{10} - Desglose por fuente difusa y puntual (2021)

Estas emisiones son generadas principalmente en las regiones de La Araucanía (27% y 43.801 toneladas), Biobío (17% y 26.797 toneladas) y Los Lagos (15% y 24.2276 toneladas), como se indica en el indicador i13. Esto se correlaciona con el indicador i15, donde se detalla que la combustión a leña residencial representa el 74,97% (122.178 toneladas) de las emisiones por fuentes difusas, actividad de relevancia en las regiones mencionadas.

Indicador i15 | MP_{10} - Emisiones puntuales por tipo de fuente difusa (2021)

COMPONENTE AGUA

i | General

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 a 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.

El RETC nos permite identificar los contaminantes emitidos por la actividad industrial en el componente agua y su respectiva distribución a nivel local. En este sentido, el indicador i16 destaca al cloruro como el principal contaminante, con una emisión superior al millón 400 mil toneladas anuales.

ii | Aguas marinas y continentales

Indicador i16 | Emisiones a Aguas Marinas y Continentales por Grupo (2021)

Las aguas marinas presentes en mares y océanos constituyen más del 95% del agua en el planeta. Una característica distintiva de estas aguas en comparación con las continentales es su alto contenido de sal, estableciendo las aguas continentales como dulces y las marinas como saladas. El origen de las aguas continentales es diverso, formándose en ocasiones por precipitaciones en forma de lluvia, granizo o nieve; o bien debido a la presencia y afloramiento de aguas subterráneas. Ambas son fundamentales para el desarrollo de biodiversidad, la generación de agua potable para el consumo humano e incluso para el desarrollo de actividades industriales. El análisis se enmarca en la información obtenida de la regulación mediante el Decreto Supremo 90/2000 que establece normas para las emisiones contaminantes en residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.

El Decreto Supremo 90 establece límites máximos permitidos en la descarga de residuos líquidos en aguas marinas y continentales asociados a fuentes emisoras fijas. Los objetivos de esta normativa se centran en la protección ambiental, abordando la prevención de la contaminación de las aguas superficiales, el control de los contaminantes de los RILes, la mejora en la calidad ambiental de las aguas superficiales, y el mantenimiento o logro de la condición de ambientes libres de contaminación.

A nivel nacional, para el año 2021, el principal contaminante emitido a las aguas marinas y continentales fue el cloruro, superando el millón 400 mil toneladas anuales. En segundo lugar se encuentran los sulfatos, con más de 360 mil toneladas anuales, representados en el indicador i17.

Indicador i17 | Emisiones a Aguas Marinas y Continentales por Contaminantes (2021)

1. Sales contaminantes

Indicador i18 | Emisiones de Sales por Región [t] (Aguas Marinas y Continentales, 2021)

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. Tanto los cloruros como los sulfatos se encuentran de manera natural, pero también pueden ser introducidos por actividades humanas (antropogénicas), ya sea industriales o domésticas.

Las principales descargas de estos contaminantes se concentran en las regiones de Atacama (37% y 672.341 toneladas), Antofagasta (30% y 537.130 toneladas) y Valparaíso (7% y 128.635 toneladas), representando el 74% de las emisiones totales como se visualiza en el indicador i18. Es importante destacar que, según el indicador i19, las emisiones de cloruros representan el 85,39% (1.320.699 toneladas) en relación a los sulfatos que representan 14,61% (225.966 toneladas) del total de las emisiones en esta categoría de contaminantes al agua.

Indicador i19 | Distribución de Contaminantes (Aguas Marinas y Continentales, 2021)

De acuerdo con el indicador i20, la actividad industrial que concentra dichas emisiones se encuentra representada por el rubro de las termoeléctricas, el que concentra el 59,11% (1.075.289 toneladas) de las emisiones totales de estas sales.

Indicador i20 | Emisiones de Sales por Rubro (Aguas Marinas y Continentales, 2021)

2. Compuestos nitrogenados

Indicador i21 | Emisiones de Compuestos Nitrogenados por Región [t] (Aguas Marinas y Continentales, 2021)

Los compuestos nitrogenados incluyen nitratos, 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, fenómeno denominado eutrofización.

El indicador i21 resalta que las emisiones de compuestos nitrogenados son más significativas en las regiones del Biobío (24% y 1.315 toneladas), Los Lagos (17% y 929 toneladas) y Antofagasta (14% y 805 toneladas). Estas regiones, en conjunto, representan el 55% del total de emisiones. En esta categoría el nitrógeno Kjeldahl se destaca como el principal contaminante, abarcando casi el 99,73% (4.697 toneladas) del total de compuestos nitrogenados. Este tipo de nitrógeno comprende diferentes formas orgánicas.

Indicador i22 | Distribución de Contaminantes en Compuestos Nitrogenados (2021)

El nitrógeno Kjeldahl , por diferentes procesos químicos y biológicos, puede transformarse en nitratos y nitritos, que son formas asimilables por las plantas. Estos dos últimos tipos de contaminantes representan el 0,26% (5 toneladas) del total de contaminantes nitrogenados, según indica el i22. En el indicador i23 se presentan los rubros asociados a estas emisiones.

Indicador i23 | Emisiones de Compuestos Nitrogenados por Rubro (Aguas Marinas y Continentales, 2021)

3. Contaminantes físicos

Indicador i24 | Emisiones de Contaminantes Físicos por Región [t] (Aguas Marinas y Continentales, 2021)

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 el RETC, las mayores descargas de los contaminantes físicos se encuentran en las regiones de Antofagasta (36% y 55.629 toneladas), Biobío (23% y 35.699 toneladas) y Valparaíso (17% y 27.162 toneladas), concentrando el 76% del total de las emisiones, según muestra el indicador i24. Del conjunto de contaminantes físicos, los sólidos suspendidos representan el 73,08% (114.391 toneladas), seguidos por aceites y grasas con el 21,50% (33.656 toneladas), y los hidrocarburos totales (8.478 toneladas) el 5,42%, como se muestra en el indicador i25.

Indicador i25 | Distribución de Contaminantes Físicos (Aguas Marinas y Continentales, 2021)

Estas emisiones están mayoritariamente vinculadas a las termoeléctricas, que contribuyen con el 56,22% (87.892 toneladas) del total de las emisiones. Le siguen la pesca y acuicultura con el 19,01% (29.718 toneladas) y otras actividades con el 10,80% (16.885 toneladas).

Indicador i26 | Emisiones de Contaminantes Físicos por Rubro (Aguas Marinas y Continentales, 2021)

4. Metales pesados

Indicador i27 | Emisiones de Metales Pesados por Región [t] (Aguas Marinas y Continentales, 2021)

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.

El indicador i28 muestra la distribución de estos metales pesados, aunque es importante destacar que la peligrosidad y toxicidad se generarían con concentraciones pequeñas para algunos de ellos. Por esta razón, el indicador presenta las diferentes escalas de entidad en las que son emitidos los diferentes metales pesados.

Indicador i28 | Distribución de Metales Pesados (Aguas Marinas y Continentales, 2021)

Según el indicador i27 las regiones donde se concentra el 80% de las emisiones de esta categoría de contaminantes son Antofagasta (37% y 697,36 toneladas), Biobío (31% y 587,52 toneladas) y Atacama (13% y 254,68 toneladas). La actividad industrial que más contribuye a las emisiones de metales pesados al agua es representada por el sector de las termoeléctricas, concentrando el 46,10% del total (888,59 toneladas), según el indicador i29.

Indicador i29 | Emisiones de Metales Pesados por Rubro (Aguas Marinas y Continentales, 2021)

iii. Aguas subterráneas

Indicador i30 | Emisiones a Aguas Subterráneas por Contaminantes (2021)

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.

De acuerdo con el RETC, el indicador i30 permite visualizar los principales contaminantes presentes en las aguas subterráneas. En primer lugar, se distinguen los sulfatos (57,86% y 184 toneladas), con una amplia mayoría por sobre los cloruros (26,17% y 83 toneladas) y el nitrógeno total Kjeldahl (4,79% y 15 toneladas).

El indicador i31 proporciona información acerca de la distribución por grupo de contaminantes. Esta categoría es liderada por las sales con 84,03% (268 toneladas), seguido por los compuestos nitrogenados con 6,78% (21 toneladas) y los contaminantes físicos con 4,97% (15 toneladas).

Indicador i31 | Emisiones a Aguas Subterráneas por Grupo de Contaminantes (2021)

1. Metales pesados

Indicador i32 | Emisiones de Metales Pesados en Aguas Subterráneas por Región [kg] (2021)

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 ecosistemas en general, traduciéndose en un deterioro de los componentes ambientales, mayores costos en salud, disminución de la productividad, entre otros efectos.

El RETC en el indicador i32 señala que las emisiones de metales pesados a las aguas subterráneas se concentran en la región metropolitana (98% y 13.113 kg), asociado principalmente a la actividad agrícola, representando el 97,74% (13.113 kg), según el indicador i33.

Indicador i33 | Emisiones de Metales Pesados en Aguas Subterráneas por Rubro (2021)

En cuanto a la distribución específica de los metales pesados en aguas subterráneas, el indicador i34 destaca que la composición principal está conformada por hierro y hierro disuelto, abarcando el 98,79% del total (13.113 kg).

Indicador i34 | Distribución de Metales Pesados en Aguas Subterráneas (2021)

2. Pesticidas

Indicador i35 | Emisiones de Pesticidas en Aguas Subterráneas por Región [kg] (2021)

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 (consultar anexo 7).

El reporte del RETC, mediante el indicador i35, señala que las emisiones de pesticidas se concentran principalmente en las regiones de O'Higgins (48% y 0,0014 toneladas o 1,40 kg) y Metropolitana (45% y 1,30 kg). En este mismo aspecto, los sectores industriales que más contribuyen a las emisiones de pesticidas son otras industrias manufactureras (54,61% y 1,60 kg), el comercio mayorista (39,70% y 1,20 kg) y la producción agrícola (2,44% 0,07 kg), según el indicador i36.

Indicador i36 | Emisiones de Pesticidas en Aguas Subterráneas por Rubro (2021)

Los principales compuestos presentes en los pesticidas, según el indicador i37, son los contaminantes con tetracloroeteno (25,38% 0,75 kg), tolueno (24,00% y 0,71 kg) y triclorometano (23,59% y 0,70 kg).

Indicador i37 | Distribución de Pesticidas en Aguas Subterráneas (2021)

COMPONENTE SUELO

i | General

La transferencia al suelo comprende ciertas acciones destinadas a la disposición definitiva de residuos al suelo, ya sea con o sin tratamiento previo. Estos procesos pueden dar lugar a la contaminación del suelo generando presión ambiental en un tiempo prolongado, y posibles incumplimientos de la normativa vigente por parte de la entidad que gestiona el proceso. En ese sentido, las transferencias al suelo desencadenan procesos ambientales complejos que representan un potencial riesgo para la salud humana y el entorno, siendo de interés para el RETC.

En la actualidad el RETC dispone de datos ambientales relacionados con la gestión de residuos peligrosos y no peligrosos, los que se detallan en el Capítulo 2: Conceptos relevantes del RETC. Estos datos proporcionan información referente a los tipos de residuos generados, los establecimientos responsables de su generación y gestión, así como las acciones realizadas con ellos y las cantidades involucradas (cuántas toneladas son). Respecto de los residuos peligrosos, en este informe se utilizará la aproximación a los contaminantes mediante la categorización de la Lista A del Decreto Supremo 148 del 2004 del MINSAL (consultar el anexo 2). Esta categorización permite caracterizar los tipos de residuos peligrosos, y por otra parte inferir de manera general en los contaminantes asociados a la transferencia.

Por último, los datos pertinentes a residuos no peligrosos, incluyendo la información de Lodos de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas, se extraen directamente del Sistema Nacional de Residuos No Peligrosos (SINADER), que facilita la obtención de información acerca del tratamiento que se aplica a este tipo de residuos, como la eliminación (1) o valorización (2) (consultar anexo 5). 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 ello 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.

ii | Transferencia de residuos peligrosos

Indicador i38 | Generación de Residuos Peligrosos por Región [t] (2021)

La Lista A del Decreto Supremo 148 del MINSAL identifica 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. Según el indicador i39, en el año 2021, la generación de residuos peligrosos se centró principalmente en la categoría de residuos metálicos, representando el 52,85% (325.115 toneladas).

Esta categoría está fuertemente vinculada con la actividad industrial en las tres regiones que lideran la generación de residuos peligrosos: Antofagasta (37% y 239.276 toneladas), Metropolitana (25% y 159.546 toneladas) y Valparaíso (13% y 82.054 toneladas), según el indicador i38.

Indicador i39 | Transferencias de Residuos Peligrosos (Lista A, 2021)

Estas regiones que concentran el 75% de la generación de residuos peligrosos, son importantes a nivel nacional por el desarrollo de actividades económicas intensas en la generación de residuos como la minería extractiva. El rubro anterior representa el 41,60% (268.615 toneladas) de la generación nacional de residuos peligrosos, según el indicador i40, en coherencia con la generación de residuos peligrosos según la Lista A para el año 2021(i39).

Indicador i40 | Generación de Residuos Peligrosos por Rubro (2021)

Finalmente, los residuos peligrosos categorizados de acuerdo con la Lista A en el indicador i39, se vinculan en su mayoría a contaminantes como el arsénico (21% y 113.298 toneladas), aceites minerales residuales (17% y 95.525 toneladas), y residuos resultantes de operaciones de eliminación como lodos, filtros, o polvos (12% y 68.227 toneladas) de acuerdo con el indicador i41. Este último análisis se genera ordenando de manera descendente las cargas ambientales en toneladas, de acuerdo con la clasificación de los contaminantes que entrega el cumplimiento normativo de MINSAL vinculados a su vez a las Lista A mencionada en el i39.

Indicador i41 | Contaminantes frecuentes en Categorías de Lista A (2021)

ii | Transferencia de residuos no peligrosos

Indicador i42 | Generación de Residuos No Peligrosos a Suelo por Región [t] (2021)

Los tratamientos adoptados 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) (ver anexo 4). 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.

En ese sentido, el indicador i43 nos indica que la eliminación fue el tipo de tratamiento mayoritario realizado a los residuos no peligrosos durante el 2021 (55,66% y 5.247.604,206 toneladas).

Indicador i43 | Transferencias de Residuos No Peligrosos por Tratamiento (2021)

Esta concentración de dichos residuos a eliminación se da en las regiones Metropolitana (31,77% y 1.667.166 toneladas) y de Antofagasta (19,70% y 1.033.696 toneladas), quienes suman más de 2,7 millones de toneladas (51,47% respecto del total) de residuos no peligrosos generados, como es posible observar en el indicador i42.

Al respecto, el indicador i44 nos indica que las actividades industriales que concentran la generación de residuos no peligrosos son las asociadas a los rubros termoeléctricos (29,17% y 1.530.508 toneladas), manufactura (15,79% y 828.463 toneladas) y construcción (10,46% y 548.843 toneladas).

Indicador i44 | Generación de Residuos No Peligrosos a Suelo por Rubro (2021)

Al analizar estos rubros hay congruencia con las principales categorías generadas en el 2021, las que en total suman más de 3 millones de toneladas: cenizas volantes de carbón (39,49% y 1.306.555,36 toneladas), residuos mezclados de la construcción y demolición (24,45% y 808.820,02 toneladas), y mezclas de residuos municipales (18,41% y 609.032,76 toneladas).

Indicador i45 | Principales Residuos Industriales Tratados a Suelo (2021)

iii | Lodos PTAS

Indicador i46 | Recepción de Lodos de PTAS por Tratamientos por Región [t] (2021)

Los lodos provenientes de Plantas de Tratamientos de Aguas Servidas (PTAS) son subproductos del tratamiento de aguas residuales y contienen principalmente materia orgánica y sólidos suspendidos, con potencial valor agronómico, como mejorador de suelos degradados. Sin embargo, también contienen en menor concentración coliformes fecales, metales pesados (níquel, arsénico, cadmio, etc.) y micronutrientes (manganeso, hierro, etc.), por lo que la utilidad para disponer los lodos al suelo dependerá del tratamiento realizado.

Las transferencias de lodos provenientes de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas se llevan a cabo por medio de dos acciones principales. En primer lugar, se encuentra la disposición final, un procedimiento que implica el depósito definitivo de los lodos (mediante un tratamiento previo) a un relleno sanitario, monorrelleno o vertedero autorizados. La segunda acción consiste en la aplicación al suelo, que corresponde a la incorporación de lodos directamente al suelo, mezclándolos, mediante el uso de equipos adecuados.

Indicador i47 | Distribución de Lodos de PTAS por tipos de Disposición a Suelo (2021)

Respecto de los lodos generados en PTAS, se evidencia mediante el indicador i46 que la eliminación de lodos a rellenos sanitarios se realiza principalmente en la región de Antofagasta (90% y 142.222 toneladas) . Por otra parte, van a eliminación a monorrelleno principalmente en la región del Maule, con el 93% (64.390 toneladas) respecto del total.

El indicador i47 indica que, a nivel nacional, los principales tratamientos de lodos provenientes de Plantas de Tratamientos de Aguas Servidas son la eliminación a rellenos sanitarios (54,23% y 180.949 toneladas), la aplicación al suelo (24,12% y 80.478 toneladas), y la eliminación a monorrellenos (21,64% y 72.219 toneladas). Estos datos muestran un bajo porcentaje de aplicación al suelo respecto del total. Esta tendencia se debe a factores como los elevados costos monetarios, la baja infraestructura, entre otros, que dificultan la disposición de lodos al suelo. En consecuencia, se tiende a disponer en rellenos sanitarios o monorrellenos, desaprovechando el potencial de lodo para actividades como agricultura, forestación e incluso construcción, como insumo para mejorar las propiedades de las mezclas.

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 Transferencia 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 una bajada territorial 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 la data 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.

Listado de Acrónimos

CARB	California Air Resources Board
CASEN	Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional
CCF	Código de Clasificación de Fuente
CDT	Corporación de Desarrollo Tecnológico
CN	Carbono negro
CONAF	Corporación Nacional Forestal
COPERT	Computer Programme to Calculate Emission from Road Transport
CKAN	Comprehensive Knowledge Archive Network
COVs	Compuestos orgánicos volátiles
DASUSPEL	Sistema de Declaración de Instalaciones de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas
DMC	Dirección Meteorológica de Chile
DTPM	Directorio de Transporte Público Metropolitano
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
FGAPC	Factor de Generación Anual Per Cápita
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GNC	Grupo Nacional Coordinador
ICRETC	Informe Consolidado del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes
INE	Instituto Nacional de Estadísticas
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático)
LER	Listado Europeo de Residuos
MINSAL	Ministerio de Salud

MINSEGPRES	Ministerio Secretaría General de la Presidencia
MMA	Ministerio del Medio Ambiente
MODEM	Modelo de cálculo de emisiones vehiculares
MRV	Muestreo, Reporte y Verificación
MOP	Ministerio de Obras Públicas
MTT	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
PACIN	Planes de Transporte y Planes de Gestión de Tránsito
PROCOF	Procedimiento de Control y Fiscalización de RILes
PRT	Plantas de Revisión Técnica
PTAS	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
RETC	Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes
REP	Responsabilidad Extendida del Productor
RILES	Residuos Líquidos Industriales
SEC	Superintendencia de Electricidad y Combustibles
SECTRA	Secretaría de Planificación de Transporte
SESMA	Seremi de Salud, Región Metropolitana de Santiago
SICTER	Sistema de Información de Centrales de Termoeléctricas
SIDREP	Sistema de Declaración de Residuos Peligrosos
SINADER	Sistema Nacional de Declaración de Residuos
SISS	Superintendencia de Servicios Sanitarios
SMA	Superintendencia del Medio Ambiente
VU	Ventanilla Única

Referencias

AMBIOSIS S. A. (2008). Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos y Definición de Área de Influencia de las Emisiones que Causan el Efecto de Saturación por PM10 en la Ciudad de Talca. Región del Maule: CONAMA.

CDT (2015). Medición del consumo nacional de leña y otros combustibles sólidos derivados de la madera. Cámara Chilena de la Construcción.

CONAMA (2009). Guía metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el registro de emisiones y transferencias de contaminantes.

DICTUC S.A. (2007). Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas. CONAMA: Región de La Araucanía.

EMEP/EEA (2013). Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2013. Technical guidance to prepare national emission inventories.

EMEP/EEA (2016). Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2016. Technical guidance to prepare national emission inventories.

Encuesta de caracterización socioeconómica nacional (2013). Observatorio Social.

Geasur, Ambiente, y SECTRA Chile, 2015. Análisis y Desarrollo de Factores de Deterioro y Caracterización de las Emisiones de la Flota mediante el Sistema Remote Sensing Devices (RSD).

IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovermental Panel on Climate Change.

IPCC (2006). Good Practice Guidancefor Land Use, Land-Use Changeand Forestry. Hayama, Japón: The Intergovernmental Panel on Climate Change.

Launhardt, T. (2000). Verbrennungsversuche mit naturbelassenen biogenen Festbrennstoffen in einer Kleinfeuerungsanlage: Emissionen und Aschequalität ; [Abschlussbericht]. Műnich, Alemania: BayStMLU.

Ministerio de Medio Ambiente (2017). Guía metodológica para el desarrollo de inventarios de emisiones atmosféricas.

Nussbaumer, T. (2006). Results from Tests on Wood Stoves and revised Recommendations for Emission Limit Values for Chile. Zurich, Alemania: CONAMA y COSUDE.

SERPRAM (2006). Medición de Artefactos de uso Residencial que Operan con Biomasa para Apoyar Procesos Regulatorios Ambientales. Región Metropolitana: CONAMA.

STAPPA-ALAPCO-EPA. (2001). EIIP: Chapter 18: Structure Fires: Vol. III. STAPPA-ALAPCO-EPA.

Universidad de Concepción (2002). Priorización de Medidas de Reducción de Emisiones por Uso Residencial de Leña para la Gestión de la Calidad del Aire en Temuco y Padre Las Casas. CONAMA.

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 1
Metodología de estimación de emisiones al aire de fuentes difusas ____ 63

ANEXO 2
Descripción lista A, D.S. N° 148/2003 MINSAL ____ 81

ANEXO 3
Listado europeo de residuos ____ 85

ANEXO 4
Metodología de estimación de residuos no peligrosos para generadores municipales ____ 86

ANEXO 5
Tipos de tratamiento en el sistema sectorial SINADER ____ 87

ANEXO 6
Lista de contaminantes y parámetros contenidos en RETC ____ 89

ANEXO 7
Contaminantes referenciados en el Informe Consolidado del RETC de acuerdo con el componente ambiental ____ 94

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, 22[1] 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) ciudades[2], 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 (MP_{10}),
- material particulado respirable fino ($MP_{2,5}$),
- monóxido de carbono (CO),
- compuestos orgánicos volátiles (COV),
- óxidos de nitrógeno (NO_x),
- óxidos de azufre (SO_2),
- dióxido de carbono (CO_2),
- metano (CH_4),
- óxido nitroso (N_2O),
- amoníaco (NH_3),
- mercurio (HG),
- dioxinas y furanos.

Metodología

Para estimación de emisiones de ciudades con modelo de transporte:

Para el 2021, las emisiones de transporte en ruta para las ciudades con modelo de transporte se calcularon a partir del modelo de emisiones vehiculares MODEM 5.1[3]. 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 representa con la Ecuación 1.

Ecuación 1

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

Donde:

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

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

$$\left[\frac{km}{vehículo}\right]$$

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

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

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

[1] Ciudades 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*.

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

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

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*).

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

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

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.

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

Tabla 3.
Tabla 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	Completa	
Iquique	Diego Aracena, Iquique	200,006.00	-20.55	-70.17	Completa	
Calama	El Loa, Calama Ad.	220,002.00	-22.50	-68.92	Completa	
Antofagasta	Universidad Católica del Norte, Antofagasta	230,002.00	-23.68	-70.41	Completa	
Copiapó	Copiapó, Universidad de Atacama	270,009.00	-27.36	-70.36	Completa	
La Serena - Coquimbo	La Florida, La Serena Ad.	290004	-29.92	-71.20	Completa	
Ovalle	Ovalle, Escuela Agrícola	300024	-30.58	-71.19	Simplificada	1
Gran Valparaíso	Punta Ángeles, Faro	330,002.00	-33.02	-71.64	Completa	
Gran Santiago	Quinta Normal, Santiago	330,020.00	-33.45	-70.68	Completa	
Rancagua	Rancagua	340,045.00	-34.17	-70.78	Simplificada	31
Curicó	General Freire, Curicó Ad.	340,031.00	-34.97	-71.22	Completa	
Talca	Panguilemo	350,028.00	-35.38	-71.61	Simplificada	30
Linares	Retiro, Copihue	360,047.00	-36.08	-71.76	Simplificada	40
Chillán	General Bernardo O'Higgins, Chillán Ad.	360,011.00	-36.59	-72.03	Completa	
Gran Concepción	Carriel Sur, Concepción Ap.	360,019.00	-36.78	-73.05	Completa	
Los Ángeles	El Huertón, Liceo Agrícola, Los Ángeles	370,036.00	-37.46	-72.27	Completa	
Angol	La Araucanía, Angol	370,029.00	-37.81	-72.71	Simplificada	0
Temuco - Padre Las Casas	Manquehue, Temuco Ad.	380,013.00	-38.77	-72.63	Completa	
Valdivia	Pichoy, Valdivia Ad.	90,006.00	-39.65	-73.07	Completa	
Osorno	Cañal Bajo, Osorno Ad.	400,009.00	-40.61	-73.05	Simplificada	114
Puerto Montt	Escuela Mirasol, Puerto Montt	410,027.00	-41.48	-72.95	Completa	
Punta Arenas	Punta Arenas, Unidad Aeropolicial	520,014.00	-53.15	-70.93	Simplificada	144

Fuente: Elaboración propia.

de escape, desgaste de frenos y neumáticos, y polvo suspendido de forma más precisa, debido a que varios de los factores de emisión están asociados a la velocidad con la que circulan los vehículos, entre otras variables.

Los principales parámetros que fueron ingresados en MODEM para la correcta estimación de las emisiones por la metodología tipo arco son:

I) Flujos vehiculares estimados por SECTRA

La información de corridas de transporte utilizada para las 22 ciudades modeladas fue provista por SECTRA. Estas bases de datos incluyen una caracterización de las principales calles urbanas pavimentadas de cada una de las 22 ciudades modeladas con MODEM. Para cada calle (la que se denomina arco) existe principalmente

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 4.
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 4.
Resumen de procedencia de información entregada por SECTRA (cont.)

Ciudad	Estudio de mediciones	Año Medición	Tipo archivo	Cortes	Cortes temporales STU
La Serena - Coquimbo	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	
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	
Gran Valparaíso	Actualización de perfiles de flujos del 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 del 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 del 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	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	
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 4.
Resumen de procedencia de información entregada por SECTRA (cont.)

Ciudad	Estudio de mediciones	Año Medición	Tipo archivo	Cortes	Cortes temporales STU
Chillán	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	
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	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	
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 4.
Resumen de procedencia de información entregada por SECTRA (cont.)

Ciudad	Estudio de mediciones	Año Medición	Tipo archivo	Cortes	Cortes temporales STU
Temuco	Investigación de Instrumentos de Planificación Ambiental Para Ciudades Intermedias, Etapa II. Año 2006	2004	Perfil semanal	2005-2010-2015	2020-2025-2030
			Composición CCF6	2005-2010-2015	
			Composición CCF8	2005-2010-2015	
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 2021 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 5.
Kilómetros recorridos y velocidad promedio ciudades sin modelo de transporte, 2021.

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 6.
Kilómetros recorridos camiones livianos, 2021.

Ciudad	Camión liviano (km/VEH)	Ciudad homologada
San Antonio	22,296	Valparaíso
San Felipe	20,827	Promedio región, entre región de Valparaíso a Ñuble, excluyendo ciudades portuarias y Santiago
Los Andes	20,827	
San Fernando	20,827	
Coyhaique	5,548	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 7.
Parque vehicular, permisos de circulación INE ciudades sin modelo de transporte, 2021.

Tipo vehículo	San Felipe	Los Andes	San Antonio	San Fernando	Coyhaique
Bus urbano	158	579	359	144	149
Camión liviano	611	936	2.088	1.038	1.140
Camión mediano[15]	-	-	-	-	-
Camión pesado	121	391	1.240	185	146
Motocicleta	1.033	1.116	556	608	330
Particular	12.890	12.547	14.532	19.162	16.625
Taxi colectivo	398	503	1.080	470	272
Vehículo comercial	3.824	3.114	4.593	3.888	8.024
Vehículo de alquiler	115	102	68	21	193
TOTAL	**19.150**	**19.288**	**25.546**	**25.516**	**26.879**

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

[15] El INE no maneja en sus estadísticas la categoría camiones medianos.

b. Emisiones asociadas a la combustión a leña residencial

La contaminación al aire producto de la combustión a leña residencial es un serio problema ambiental que afecta a la población de las regiones centro-sur 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 a 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 (COV_s), nitrógeno amoniacal (NH_3), material particulado (MP, MP_{10} y $MP_{2,5}$) 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:

Al no existir estudios más recientes o actualizados, se utiliza como información base la encuesta nacional de leña del estudio "Medición del Consumo Nacional de Leña y Otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera" realizado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) para el Ministerio de Energía (2015). De dicho estudio se obtienen los consumos de leña para el 2016 desde la Región de Valparaíso hasta Aysén, asimismo, desde la Región de Coquimbo hasta Arica y Parinacota se agrupan en la macrozona norte[4].

Además, se utilizó la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN, 2013) y la información reportada por el "Programa de Proyecciones de la Población" desarrollado por el INE a partir de los resultados de los Censos levantados en el país para obtener porcentajes de distribución poblacional a nivel comunal en las quince regiones del país, las que son utilizadas para distribuir los consumos regionales de leña al 2021.

Para el cálculo de las emisiones asociadas a la combustión a 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).

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

1) Preparación de consumos de leña al 2021 (urbano y rural) a nivel regional basado en el "Estudio CDT". (CDT, 2015).

2) Distribución de porcentajes de consumo regional de leña a nivel comunal, para ello se realizó lo siguiente:

- Proyección de la población a nivel comunal elaborada por el INE.
- Subdivisión de la población a nivel regional en urbano-rural a partir de las proyecciones del INE.
- Estimación del consumo per cápita de leña a nivel comunal subdividido en urbano-rural, a partir de encuesta CASEN 2013.
- Estimación a nivel comunal del porcentaje de personas que no consumen leña, subdividido en urbano-rural a partir de la encuesta CASEN 2013.
- Estimación a nivel comunal de consumos per cápita de leña subdivididos en urbano y rural.
- Porcentajes de distribución a base de la estimación de consumos de leña a nivel comunal subdivididos en urbano y rural.

3) Desagregación comunal (urbana y rural) de los consumos regionales de leña 2021 a base de los datos de la Encuesta CDT, CASEN 2013 y Estadísticas de Población 2020.

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".

[4] Hasta el 2014 se utilizaban datos de consumo de leña residencial provenientes de la encuesta CASEN.
[5] Para CH_4 y N_2O 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.

Tabla 8.
Factores de emisión de GEI para combustión residencial a leña[5].

Factor emisión	CO_2	CH_4	N_2O
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; AMBIOSIS 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 artefactos[7].

Al respecto, el estudio de SICAM[8] 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.

c) Incorporación del programa de recambio de equipos a leña

Debido a que el consumo de leña al 2021 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 a 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 4

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

Donde:

$Etotal_{ijkmpqh}$: 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 a 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 a leña residencial:

---

[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".

I. Proyecciones realizadas de consumo de leña de CDT para el 2021 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 9.
Factores de emisión para combustión residencial a leña [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 geográfica[9].

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 6

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

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, en 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 histórica[10].

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 ratio[11] 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 templados[12], 230 kg/ha para matorral[13] y 34 kg/ha para pastizal[14].

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 10.
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[a]	0,011295[a]	(Akagi *et al.*, 2011)
$MP_{2,5}$	0,0127	0,0127	0,0127	0,00717	0,00717	(Akagi *et al.*, 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 *et al.*, 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 *et al.*, 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_2O	0,00026	0,00026	0,00026	0,00021	0,00021	(IPCC, 2019b)
CN	0,00056	0,00056	0,00056	0,00037	0,00037	(Akagi *et al.*, 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).

[a.] 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 CO_2 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 m^2. Se utilizó un valor promedio tamaño de 70 m^2 para ajustar linealmente con el área. Esto resulta en un factor de emisión de 13,4 ton de CO_2 por siniestro.

[15] 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 11.
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 12.
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).

e. Quemas 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 quemas agrícolas se obtiene de la siguiente ecuación:

Ecuación X:

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

Donde:

E: Emisiones anuales [t/año]
S: Superficie sometida a quemas 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 evento[16].

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

[16] 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.

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 13.
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_2O (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)[17].

[17] 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* y *wood 1-3 in*, humedad mod, CARB, Tabla A, Sección 9.3 *"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

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

Código	Descripción[18]
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.
A1090	Cenizas de la incineración de cables de cobre recubiertos.
A1100	Polvos y residuos de los sistemas de depuración de gases de las fundiciones de cobre.
A1110	Soluciones electrolíticas usadas de las operaciones de refinación y extracción electrolítica del cobre.
A1120	Lodos residuales, excluidos los fangos anódicos, de los sistemas de depuración electrolítica de las operaciones de refinación y extracción electrolítica del cobre.
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).

[18] 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[18]
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.

[18] 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[18]
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[18]
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 3

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 moldeado 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 4

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 en curso, basado en la siguiente ecuación:

Ecuación X:

$$FGAPC_i = \frac{\sum RSMr_i}{\sum Pob_i}$$

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 2021 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.

$$RSMe_j = \sum Pob_j \cdot FGAPC_i$$

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 2021 [t].
Pob_j : Población estimada por el INE año 2021 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 5

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.
		Área de disposición controlada.
		Depósito de cenizas.
	Pretratamiento (Centro de acopio).	Residuos voluminosos.
		Residuos municipales.
	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.
		Incineración con recuperación de energía.
	Recepción de lodos de PTAS.	Aplicación a suelo.
	Compostaje.	–
	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 6

Lista de contaminantes y parámetros contenidos en RETC

N°	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 (SO2).
42	Dióxido de carbono (CO2).
43	Dióxido de nitrógeno (NO2).
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 (SF6).
55	Hidrobromofluorocarbonos (HBFC), Anexo C, Grupo II.
56	Hidrocarburos fijos.
57	Hidrocarburos totales.
58	Hidrocarburos volátiles.
59	Hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), Anexo C, Grupo I.
60	Hidrofluorocarbonos (HFC).

N°	Contaminantes contenidos en RETC
61	Hierro / hierro disuelto.
62	Índice de fenol.
63	Manganeso.
64	Mercurio.
65	Metales carbonilos.
66	Metano (CH4).
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
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
104	Telurio, compuestos de telurio.
105	Tetracloroeteno.
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 substancias 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 7

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. Provienen 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 amonical	
		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 Tetracloroeteno Triclorometano Xileno Pentaclorofenol / PCP	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.
Suelo	Transferencias	Lista A*	ver Anexo 2	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 3	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.

Índice de tablas

Tabla 1. Datos contenidos en RETC y su origen 13
Tabla 2. Sistemas de reporte de información habilitados en el Sistema Ventanilla Única del RETC, 2021 16
Tabla 3. Tabla resumen estaciones meteorológicas 65
Tabla 4. Resumen de procedencia de información entregada por SECTRA 66
Tabla 5. Kilómetros recorridos y velocidad promedio ciudades sin modelo de transporte, 2021 70
Tabla 6. Kilómetros recorridos camiones livianos, 2021 71
Tabla 7. Parque vehicular, permisos de circulación INE ciudades sin modelo de transporte, 2021 71
Tabla 8. Factores de emisión de GEI para combustión residencial a leña 73
Tabla 9. Factores de emisión para combustión residencial a leña [gr/kg de leña] 75
Tabla 10. Factores emisión para incendios forestales [kg/kg materia quemada] 77
Tabla 11. Factores de emisión para material particulado y contaminantes locales en incendios urbanos [kg/siniestro] 78
Tabla 12. Factores de emisión para otros contaminantes incendios urbanos [kg/siniestro] 79
Tabla 13. Factores de emisión y de carga de quemas agrícolas 80

Índice de Indicadores

Indicador i1: CO_2 – Emisiones puntuales y difusas por Región (2021)
Indicador i2: CO_2 – Desglose por fuente difusa y puntual (2021)
Indicador i3: CO_2 – Emisiones puntuales por rubro (2021) 34

Indicador i4: SO_2 – Emisiones puntuales y difusas por Región (2021)
Indicador i5: SO_2 – Desglose por fuente difusa y puntual (2021)
Indicador i6: SO_2 – Emisiones puntuales por rubro (2021) 35

Indicador i7: NOx – Emisiones puntuales y difusas por Región (2021)
Indicador i8: NOx – Desglose por fuente difusa y puntual (2021)
Indicador i9: NOx – Emisiones puntuales por rubro (2021) 36

Indicador i10: $MP_{2,5}$ – Emisiones puntuales y difusas por Región (2021)
Indicador i11: $MP_{2,5}$ – Desglose por fuente difusa y puntual (2021)
Indicador i12: $MP_{2,5}$ – Emisiones puntuales por tipo de fuente difusa (2021) 37

Indicador i13: MP_{10} – Emisiones puntuales y difusas por Región (2021)
Indicador i14: MP_{10} – Desglose por fuente difusa y puntual (2021)
Indicador i15: MP_{10} – Emisiones puntuales por tipo de fuente difusa (2021) 38

Indicador i16: Emisiones a Aguas Marinas y Continentales por Contaminantes (2021)
Indicador i17: Emisiones a Aguas Marinas y Continentales por Grupo (2021) 40

Indicador i18: Emisiones de Sales por Región (Aguas Marinas y Continentales, 2021)
Indicador i19: Distribución de Contaminantes en Aguas Marinas y Continentales (2021)
Indicador i20: Emisiones de Sales por Rubro (Aguas Marinas y Continentales, 2021) 41

Indicador i21: Emisiones de Compuestos Nitrogenados por Región (Aguas Marinas y Continentales, 2021)
Indicador i22: Distribución de Contaminantes en Compuestos Nitrogenados (2021)
Indicador i23: Emisiones de Compuestos Nitrogenados por Rubro (Aguas Marinas y Continentales, 2021) 42

Indicador i24: Emisiones de Contaminantes Físicos por Región (Aguas Marinas y Continentales, 2021)
Indicador i25: Distribución de Contaminantes Físicos (Aguas Marinas y Continentales, 2021)
Indicador i26: Emisiones de Contaminantes Físicos por Rubro (Aguas Marinas y Continentales, 2021) 43

Indicador i27: Emisiones de Metales Pesados por Región (Aguas Marinas y Continentales, 2021)
Indicador i28: Distribución de Metales Pesados (Aguas Marinas y Continentales, 2021)
Indicador i29: Emisiones de Metales Pesados por Rubro (Aguas Marinas y Continentales, 2021) 44

Indicador i30: Emisiones a Aguas Subterráneas por Contaminantes (2021)
Indicador i31: Emisiones a Aguas Subterráneas por Grupo de Contaminantes (2021) 45

Indicador i32: Emisiones de Metales Pesados en Aguas Subterráneas por Región (2021)
Indicador i33: Distribución de Metales Pesados en Aguas Subterráneas (2021)
Indicador i34: Emisiones de Metales Pesados en Aguas Subterráneas por Rubro (2021) 46

Indicador i35: Emisiones de Pesticidas en Aguas Subterráneas por Región (2021)
Indicador i36: Distribución de Pesticidas en Aguas Subterráneas (2021)
Indicador i37: Emisiones de Pesticidas en Aguas Subterráneas por Rubro (2021) 47

Indicador i38: Generación de Residuos Peligrosos por Región (2021)
Indicador i39: Transferencias de Residuos Peligrosos (Lista A, 2021)
Indicador i40: Generación de Residuos Peligrosos por Rubro (2021) 49
Indicador i41: Contaminantes frecuentes en Categorías de Lista A (2021) 50

Indicador i42: Generación de Residuos No Peligrosos a Suelo por Región (2021)
Indicador i43: Transferencias de Residuos No Peligrosos por Tratamiento (2021)
Indicador i44: Generación de Residuos No Peligrosos a Suelo por Rubro (2021) 51
Indicador i45: Principales Residuos Industriales Tratados a Suelo (2021) 52

Indicador i46: Recepción de Lodos de PTAS por Tratamientos por Región (2021)
Indicador i47: Distribución de Lodos de PTAS por tipos de Disposición a Suelo (2021) 53

En el Decimosexto 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 Acuerdo de Escazú.

Ministerio del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

RETC
Registro de Emisiones & Transferencias de Contaminantes
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE