

# Uso de herramientas espaciales para el análisis de la información sanitaria-ambiental en comunidades vulnerables

INVESTIGADORES

**SANDRA CORTÉS**

Facultad de Medicina

**JORGE QÜENSE**

Instituto de Geografía

---

## Resumen

Los compromisos internacionales adoptados por nuestro país en materia económica en la última década han determinado un fuerte énfasis para el desarrollo y consolidación de las exigencias medio ambientales, en un proceso paulatino pero constante. Como parte de estas exigencias, se hizo necesario estrechar las brechas respecto a los estándares relacionados a los registros de las emisiones de contaminantes. Para reducir estas brechas, se hace preciso revisar todos los aspectos regulatorios, junto con adaptar y mejorar todos los sistemas de información ambiental como parte esencial para la captura de datos de calidad. Estas mejoras deben asegurar el “derecho a conocer” como parte de los principios éticos a resguardar para el establecimiento de sociedades desarrolladas.

En Chile, con una incipiente institucionalidad ambiental y un fuerte énfasis productivo basado en la extracción de recursos naturales, es posible identificar diversas comunidades que pudieran tener déficits de su calidad ambiental, en matrices como las aguas de potencial uso humano o bien el aire. Estas matrices pueden ser vehículos de diversos agentes o mezclas de agentes que están vinculados a efectos perjudiciales en salud. Para estas comunidades que perciben consecuencias negativas en su salud debido a su deterioro ambiental, se hace perentorio propiciar el uso de toda la información ambiental y sanitaria disponible, para generar respuestas integrales para la resolución de posibles contingencias socioambientales. El análisis espacial apunta a la utilización de esta información, idealmente con una mirada preventiva.

Para el uso integral de estadísticas ambientales y sanitarias se evaluó la cantidad y calidad de información que proporciona el Registro Nacional de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), con atención a su

disponibilidad, cobertura nacional, períodos de tiempo con datos disponibles, unidades territoriales de análisis, y agentes o mezclas de agentes evaluados y medidos, entre otros. En paralelo se revisaron las estadísticas sanitarias que pudieran utilizarse para la generación de indicadores de salud asociados a calidad ambiental.

En términos generales, Chile dispone de abundante información de calidad respecto a las emisiones al aire con cobertura nacional, incluyendo varios parámetros con implicancias sanitarias, sin embargo, se requiere mejorar su potencial de análisis y mejorar su acceso para los diversos actores interesados, sea el público general, la industria o la academia. Los datos de salud también son de calidad, de cobertura nacional y están disponibles para su uso sin dificultades. Sin embargo, solo tienen alcance comunal, dificultando su utilización para análisis geográficos a escalas territoriales menores y no se dispone de indicadores que se asocien con la calidad ambiental. El empleo conjunto de las estadísticas sanitarias y ambientales, especialmente por su desfase temporal respecto al momento en que son generadas y validadas, solo permite obtener mapas estáticos aplicables para el momento en que son recolectados; sin embargo, a pesar de esta limitación, permiten generar diversas recomendaciones para la mejora de la gestión ambiental y sanitaria a diferentes niveles (nacional, regional o local).

Se proponen tres ejes básicos para fortalecer la utilización simultánea de las estadísticas de salud y las emisiones y su posterior uso con herramientas espaciales: mejorar la calidad de los datos, fortalecer el cumplimiento del “derecho a conocer” y fortalecer la aplicabilidad de la información para diversos actores. Para los niveles de gestión centrales (Ministerios del Medio Ambiente y de Salud) el foco debe estar en potenciar la recolección de información ambiental de calidad, junto al desarrollo de indicadores de salud atribuibles al ambiente. Para el análisis conjunto se propone establecer una Unidad de Análisis Sanitario Ambiental bajo dependencia del Ministerio de Salud y con alcance nacional y regional. Las oportunidades de mejoras del RETC deben potenciarse mediante la asociación activa con la academia y el fortalecimiento de mesas sectoriales con actores interesados en el uso de la información generada. En la medida en que se mejore la información disponible, se posibilita la ejecución de análisis espaciales de mayor complejidad aplicables a comunidades que muestren vulnerabilidades ambientales, tales como las comunas de Coronel, Antofagasta, Calama, respecto a las emisiones de MP10; y las comunas de Calama, Machalí, Tocopilla, Puchuncaví, respecto a las emisiones de SO<sub>2</sub>. Todas estas podrían considerarse comunas de alta vulnerabilidad ambiental, en las cuales se requiere profundizar los análisis preliminares mediante otras técnicas estadísticas que permitan establecer las asociaciones entre las emisiones estimadas y diversos efectos en salud atribuibles a la calidad ambiental.

## Antecedentes

Desde Naciones Unidas y su Comisión Económica se han propuesto diversas recomendaciones orientadas a la mejora de las políticas públicas para el manejo sustentable del medio ambiente. Recientemente el foco se ha puesto en el llamado “derecho a saber” como director de estas recomendaciones, entendiéndose como una obligación de que las personas deban ser informadas de los riesgos que enfrentan en su vida diaria. En este escenario, el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) es una herramienta clave para proporcionar al público general los datos relacionados con la cantidad de sustancias peligrosas y contaminantes liberadas al aire, agua y suelo y su traslado para su tratamiento o disposición, producidos a partir de fuentes fijas o móviles. Por su parte, la OECD ha prestado apoyo para el desarrollo y la implementación de estos sistemas de registros a sus estados miembros, mediante el desarrollo de diversos manuales y documentos técnicos (OECD, 2013).

Estas agencias establecen que los RETC son bases de datos de alcance nacional o regional o bien inventarios de sustancias químicas peligrosas y contaminantes liberados al aire, agua y suelo. En todos los modelos, las empresas industriales cuantifican y reportan la cantidad de sustancias liberadas a cada matriz ambiental, siendo toda la información recolectada y compilada por las autoridades ambientales. A partir de estos datos, se espera que toda la información esté disponible para el público general, mediante la forma de publicaciones, reportes anuales, en internet o en discos compactos. Usualmente la información es presentada geográficamente, de una manera fija o bien interactiva; también suele presentarse según sector industrial, identificándose las empresas emisoras y los contaminantes, sustancias químicas o grupo de sustancias emitidos, transferidos o trasladados. Estas agencias recomiendan que los RETC nacionales pueden variar el listado de sustancias químicas y contaminantes reportadas, industrias, categorías de empresas y destino de las emisiones, adaptándose a las regulaciones nacionales y sus propios contextos (OECD, 2013).

Los registros actúan como inventario de emisiones, reportando datos a partir de industrias individuales; las que usan diferentes métodos de recolección de datos, siendo sus respuestas validadas por parte de las autoridades competentes y publicadas en una página web pública. En el caso de la Unión Europea se incluyen los siguientes pasos (European Commission, 2000b):

- Las autoridades competentes en cada estado miembro seleccionan las empresas a partir de un listado de la directiva IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) que establece límites máximos y su obligatoriedad de notificación en el RETC.
- Las empresas determinan las emisiones a partir de guías y reportan a las autoridades competentes mediante formatos preestablecidos.

- Las autoridades validan los reportes individuales de las empresas y combinan la información en un reporte electrónico a la Comisión Europea.
- La Comisión publica los datos en una página web y evalúa los reportes sucesivos.

Este procedimiento, en concordancia con el “derecho a conocer”, asegura que los datos sean publicados tan rápido como sea posible. Debe considerarse que las empresas representan solo una parte de todas las actividades en un país, por lo que la suma de las emisiones reportadas en un RETC debería ser, para cada contaminante, menor o igual al total de las emisiones reportadas en inventarios nacionales.

También se entregan recomendaciones respecto a los roles a cumplir de cada uno de los actores para cumplir el “derecho a conocer”:

- **Industrias:** las empresas de manera individual determinan, recolectan y reportan sus emisiones y transferencias al RETC nacional. Así la industria puede beneficiarse al usar los datos del RETC para compararse con otras empresas de la misma actividad, identificar filtraciones, reducir sus desechos, identificar prácticas de manejo más efectivas y mejorar sus procesos.
- **Público general, organizaciones no gubernamentales (ONG) y comunidades científicas y económicas:** pueden verse estimuladas a realizar preguntas y promover acciones para mejorar la salud de las personas y su calidad ambiental.
- **Estado:** los gobiernos se ven favorecidos al adaptar el sistema a las necesidades de cada país para vigilar la generación, liberación de emisiones de sustancias químicas peligrosas y contaminantes a través del tiempo, evaluar el progreso en la reducción de emisiones y establecer prioridades para la reducción o eliminación de las liberaciones más dañinas (OECD, 2013).

Se describen RETC en distintos lugares: Australia (National Pollutant Inventory, NPI), Canadá (National Pollutant Release Inventory, NPRI), EU (European Pollutant Emissions Register, EPER), México (Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes) y Estados Unidos (Toxics Release Inventory, TRI). Algunos de estos RETC permiten la generación de publicaciones científicas que dan cuenta de la contaminación industrial, identificación de áreas de mayor contaminación y potenciales efectos en salud (García-Pérez *et al.* 2007, 2010; López-Abente *et al.* 2012a, 2012b; Monge-Corella *et al.* 2008; Ramis *et al.* 2009; Luo *et al.* 2011).

En Chile existe abundante regulación referida al control de emisiones y transferencia de contaminantes ambientales, como parte de las regulaciones emanadas desde el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y generada por el Ministerio de Salud (MINSAL) y otros órganos del Estado con rol regulador ambiental. Las regulaciones ambientales relacionadas con las emisiones ambientales consideran el D.S. N° 148 (regula residuos peligrosos) y el D.S. N° 138 que establece la obligatoriedad de declarar emisiones y el correspon-

diente reglamento del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (MINSAL, 2005; MINSAL, 2004; MINSAL, 2013a). La mayoría de la información recolectada por fuentes fijas y fuentes móviles es resumida y administrada por el RETC nacional (MINSAL, 2013a), con el objetivo de generar catastros de emisiones, determinar el nivel de cumplimiento de normativa, apoyar el proceso de generación de nuevas normas y evaluar los procesos de fiscalización, entre varias funciones. El sistema instalado opera con normalidad y genera importante información para la gestión ambiental. Sin embargo, los datos recolectados a nivel nacional no se vinculan con estadísticas de salud que permitan definir perfiles de salud o enfermedad asociados a determinadas emisiones, aun cuando la principal justificación que al menos tienen las regulaciones sanitarias es generar la información de las emisiones al aire, residuos líquidos y peligrosos y sus transferencias, para la protección de la salud de las personas.

El análisis de las bases de datos generadas por el RETC y su comparación con el modelo europeo (EEA, 2013) permite identificar algunas diferencias relevantes reflejadas en la Tabla 1.

TABLA 1. **Comparación entre RETC (Chile) y su homólogo europeo (e- PRTR)**

	RETC Chile	E-PRTR Europa
<b>Período</b>	2005 – 2011	2007 – 2011
<b>Antecedentes fuentes fijas</b>	Rubros, giros industriales, clasificación de fuentes	Nombre de empresa, 9 tipos de actividad económica
<b>Espacialización</b>	Región, comuna	Región, cuencas, ciudad o villa
<b>Agentes</b>	Listado conjunto de contaminantes, sustancias, residuos, sustancias químicas residuales	Contaminantes agrupados según características toxicológicas y riesgos asociados
<b>Parámetros</b>	80 parámetros	21 sustancias específicas
<b>Matrices ambientales</b>	Datos simultáneos de emisiones al aire, al agua y totales transferidos	Datos desagregados de emisiones al aire, agua, suelo y transferencias según tipo de residuos
<b>Acceso de bases de datos vía web</b>	Archivos Excel a solicitud de usuario, sin datos de emisiones estimadas por fuentes o tipo de industrias	Bases de datos a solicitud del usuario; emisiones por fuentes o tipo de industrias.
<b>Mapas</b>	Temáticos, estáticos, sin análisis	Mapas con menú para edición e impresión. Óptimo uso sin procesamiento adicional
<b>Cumplimiento del “derecho a conocer”</b>	Portal ciudadano; ventanilla única para industriales	Sin portal para ciudadanos
<b>Información adicional</b>	Toda la normativa ambiental, acceso a organizaciones	Biblioteca con glosario, actividades, otros documentos

Fuente: elaboración propia.

El registro europeo destaca por su simplicidad, número abordable de agentes, agrupados en categorías específicas y escasa información administrativa. La calidad de las bases de datos generadas permite su uso en la elaboración simultánea, dentro del sistema, de mapas de fácil generación y edición, con indicadores pertinentes para los diversos usuarios. Ambos sistemas permiten bajar bases de datos según lo requerido por el usuario, sin embargo, el RETC nacional genera bases de datos relacionales, obtenidas por petición oficial al Departamento de Estadísticas Ambientales del Ministerio del Medio Ambiente; estas bases de datos mostraron la complejidad propia este tipo de registros (formato SQL), con diccionarios de gran extensión.

El RETC nacional dispone de datos para todo el país, con un 25,4% de los registros proveniente de la Región Metropolitana, 15,2% de la Región del Bío-Bío y 11% de la Región de Valparaíso. El número total de declaraciones muestra una tendencia al aumento, desde el inicio de la entrada en operación del sistema (8.000 el año 2005 versus más de 10.000 el año 2011).

El RETC nacional reporta 80 parámetros, considerando agentes, mezclas de agentes y residuos de todo tipo. Esto dificulta el procesamiento de la base de datos y su análisis desde la perspectiva sanitaria<sup>1</sup>. Los parámetros más reportados son: material particulado, compuestos orgánicos volátiles, nitrógeno amoniacal, mercurio, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, aceites y grasas, dibenzoparadioxinas, dióxido de carbono y sólidos suspendidos totales, fósforo total, demanda biológica de oxígeno, plomo, tolueno, dióxido de azufre, arsénico y benceno, entre otros más. El sistema no organiza estos parámetros según sus características tóxicas para el ambiente o para la salud de las personas. Además, como los datos del RETC son recolectados a partir de fuentes fijas (industrias) y otras móviles (transporte) según diversas regulaciones nacionales sectoriales, el foco está en el registro de su cumplimiento, indicando valores anuales máximos de emisiones estimadas, según contaminante normado y según fuente emisora (georeferenciadas); no se reportan unidades temporales más acotadas.

Las bases de datos de las estadísticas sanitarias se caracterizan por su calidad, completitud y por abarcar los principales eventos de salud relevantes para el país. Se dispone de bases de datos de mortalidad, egresos hospitalarios, atenciones de urgencia, atenciones de la red de asistencia pública, entre otros. Todas estas bases de datos validadas están disponibles en la página web del Departamento de Estadísticas e Información en Salud (DEIS) del Ministerio de Salud (MINSAL, 2013b). Se accede a bases de datos de defunciones, egresos hospitalarios, atenciones de urgencia con alcance nacional, regional y comunal (período 2008-2012), entre otras bases de interés, con el

---

1 Ver propuesta de agrupamiento en el Anexo 1.

apoyo de diccionarios de fácil comprensión. Estas bases registran numerosas variables útiles para caracterizar poblaciones (sexo, edad, estado civil, nivel educacional, actividad, ocupación, comuna y residencia en áreas urbanas/rural, antecedentes de la defunción, entre otras). No se registra información a nivel de otras unidades territoriales menores. No se dispone de reportes que analicen indicadores del estado de salud atribuibles a condiciones ambientales. La Tabla 2 resume características de estadísticas de salud y emisiones.

TABLA 2. **Características de las estadísticas de salud y de emisiones del RETC**

	<b>Bases de datos de salud</b>	<b>Bases de datos de emisiones ambientales</b>
<b>Tipo de base de datos</b>	Mortalidad, egresos hospitalarios, consultas urgencias	RETC
<b>Fuente</b>	Web DEIS y solicitud oficial	Web RETC y solicitud oficial
<b>Formatos de base de datos</b>	Excel, dBase	SQL
<b>Períodos</b>	Defunciones 1994-2010; egresos 2001-2010; urgencias 2008-2010	RETC: 2005 – 2011
<b>Calidad registros</b>	Adecuada, sin datos administrativos, diccionarios claros	Abundantes datos administrativos, diccionarios poco claros
<b>Unidad territorial</b>	Región, comuna	Región, comuna, coordenadas fuentes emisoras
<b>Número de registros</b>	Solo mortalidad 2010: 97.930 registros	RETC 87.692 registros
<b>Otras variables</b>	Sexo, edad, ocupación, diagnóstico, comuna de residencia, servicio de salud	Datos administrativos
<b>Análisis espaciales</b>	Parcial	Parcial
<b>Dificultades</b>	Sin datos puntuales de residencia	Bases relacionales; datos administrativos

Fuente: elaboración propia.

## Propuesta

Se proponen tres ejes básicos para fortalecer el uso simultáneo de las estadísticas de salud y las emisiones, y su aplicabilidad para análisis espaciales en comunas de alta vulnerabilidad ambiental:

- Mejorar la calidad de los datos
- Fortalecer el cumplimiento del “derecho a conocer”
- Fortalecer la aplicabilidad de la información para diversos actores

Para cada eje se establecen recomendaciones en diferentes niveles de la gestión ambiental y sanitaria: niveles centrales (MINSAL y MMA), niveles regio-

nales (Secretarías Regionales de Salud y de Medio Ambiente) y a nivel local (municipios).

Se establece como foco de intervención el RETC nacional, aun cuando se espera que el país avance en el desarrollo de todas las demás estrategias pertinentes para todo el sistema nacional de estadísticas ambientales.

### 1. Recomendaciones para los niveles centrales de gestión

Respecto a mejorar la calidad de los datos y su análisis, se propone que el MMA establezca **metas específicas de gestión para favorecer la recolección de la información ambiental**. Entre estas se propone establecer metas para aquellos organismos del Estado que recolectan información sobre emisiones al aire y agua en una primera etapa. Se debe evaluar la pertinencia de insertar estas metas dentro del Programa de Mejoramiento de la Gestión (PMG) del sistema público, el que tiene como objetivo mejorar la gestión global de las entidades públicas del país mediante el desarrollo de sistemas de gestión básicos y transversales a todo el sector público. Este programa comprende etapas de desarrollo o estados de avance para cada una de ellas, siendo su cumplimiento ligado a incentivos monetarios para los funcionarios involucrados.

Adicional a la mejor calidad de datos, se propone establecer mecanismos que permitan el **reclutamiento de profesionales estadísticos en el manejo de datos ambientales** con una formación adicional de salud ambiental y toxicología, para una mejor comprensión de las temáticas de salud ambiental en su quehacer. Estos especialistas ayudarán al desarrollo del sistema con una mirada complementaria respecto a su utilidad conjunta con salud. Es necesario que se instalen en la autoridad ambiental capacidades en recursos humanos que sean contraparte activa para avanzar en el desarrollo del RETC, incorporando consideraciones sanitarias, tal como lo hacen los registros internacionales.

Para el MINSAL se plantea como un aspecto primordial establecer **indicadores de efectos en salud que representen asociaciones con emisiones ambientales**. Es pertinente que esta autoridad defina un set mínimo de indicadores que se identifiquen como atribuibles a condiciones ambientales, a partir de modelos y consideraciones ya validadas por agencias internacionales (OMS, CDC). Para el desarrollo de estos indicadores se propone establecer una mesa de trabajo conjunta entre el Departamento de Estadísticas, el Departamento de Epidemiología y el Departamento de Salud Ambiental del MINSAL, junto a expertos nacionales en salud ambiental, de manera de establecer estos indicadores contextualizados a la realidad nacional. Se recomienda incorporar la experiencia de gestores regionales, con el fin de capturar las particularidades de las regiones y macrozonas del país. Una vez definidos estos indicadores, se deben fijar metas de gestión orientadas a fortalecer la recolección de todos los parámetros que conformen dicho *set*



de indicadores, junto a la implementación de procesos de validación más rápidos y eficientes que los sistemas actuales.

Especial interés reviste la articulación de sistemas nacionales de información sanitaria que registren datos sobre malformaciones congénitas o cáncer, ambos efectos en salud asociados a la calidad ambiental de las áreas que abarcan. Se recomienda poner énfasis en la implementación a nivel nacional del Registro de Alteraciones Perinatales del Sistema Nacional de Información Perinatal (SNIP). Respecto a cáncer, se propone desarrollar estrategias de alcance nacional para sistematizar y favorecer el acceso a las bases de los registros poblacionales de cáncer, establecidos en las Regiones de Antofagasta y Los Ríos (ambos desde 1998), en las Provincias de Biobío (desde 2004) y Concepción (desde 2006), Registro Nacional de Cáncer Infantil (desde 2006) y de la Región de Arica y Parinacota (desde 2009).

Para aquellas estadísticas sanitarias que conformen el grupo de indicadores de salud atribuibles al medio ambiente, se plantea la necesidad de **mejorar su especificidad territorial**. En este punto pudiera ser necesaria la articulación con otros actores, como por ejemplo, el Registro Civil, Correos de Chile o el Registro Electoral, de manera de favorecer la articulación de bases de datos ya existentes que pudieran proveer datos como distrito censal, código postal o distrito electoral.

A fin de favorecer el análisis conjunto de toda la información ambiental y su potencial relación con datos sanitarios, se propone revisar la pertinencia de **conformar una “Unidad de Análisis Sanitario-Ambiental (UASA)”** dentro de la estructura propia del MINSAL o del Instituto de Salud Pública. Esta unidad de análisis se espera tenga el objetivo de establecer el grupo de indicadores sanitario-ambientales propios a nivel nacional y otros propios a las diversas realidades regionales; establecer, programar y verificar su vigilancia a nivel nacional y regional; apoyar y fomentar el desarrollo de capacidades regionales relativas a la captura, análisis y procesamiento de esta información mediante el uso de estadísticas avanzadas y sistemas de información geográficos; y la articulación con otros programas de salud relacionados con los indicadores en vigilancia (por ejemplo, programas nacionales de enfermedades respiratorias o cáncer), entre otras funciones. Dada la relevancia de esta unidad en el contexto nacional debido al alto impacto comunicacional de las problemáticas ambientales en comunidades vulnerables, se propone que esta unidad de análisis esté conformada por un equipo profesional altamente capacitado en salud pública, salud ambiental y análisis de datos, y con dedicación exclusiva durante todo el proceso de instalación a nivel central y las correspondientes contrapartes regionales de salud.

A fin de fortalecer el “derecho a conocer”, para las estadísticas generadas por el RETC nacional se propone promover los **cambios informáticos**

**correspondientes** que permitan generar salidas de información sobre las emisiones y sus fuentes de manera estandarizada. Para ello se deben discutir y proponer formatos de bases de datos que contengan al menos los agentes ordenados según esta propuesta, identificando claramente aquellos que son cancerígenos. Un buen modelo es la oferta de salidas de que dispone el DEIS del MINSAL, con acceso a tablas con información básica bivariada, pero además con la posibilidad de bajada de bases de datos en formatos Dbase o Excel para las estadísticas nacionales, regionales y comunales de egresos hospitalarios, mortalidad y consultas de urgencia. Para el RETC debieran establecerse salidas separadas para emisiones al aire y para aguas superficiales como primera posibilidad; en una etapa posterior pudiera ser relevante estandarizar las salidas para transferencias de contaminantes. En esta misma línea, se propone mejorar las salidas de los mapas temáticos ofrecidos en la web, de manera que puedan ser visualizados por los diferentes actores de manera sencilla. En la medida que la información comience a ser elaborada y procesada, se podrían proponer salidas tipo, bajo la forma de mapas temáticos y de emisiones que al menos den cuenta de aquellos agentes emitidos al aire que tengan relación con efectos en salud humana, de manera de favorecer la información clara a las comunidades más afectadas, sus representantes u organizaciones.

Respecto al eje “uso para otros actores” se propone al Grupo Nacional Coordinador del RETC comenzar con el **fortalecimiento de redes de trabajo conjunto con la academia**, con el objetivo de establecer asociaciones para el desarrollo de investigaciones nacionales y de propiciar la difusión de toda la información disponible en el RETC con un nivel basal de análisis en una primera fase, y luego con mayor profundidad mediante modelos multivariados y análisis geoespaciales (considerando, entre otros, análisis de *cluster* y correlaciones espaciales). En este sentido, experiencias internacionales muestran la abundante producción científica a partir de datos generados por otros registros de emisiones y su uso para estimar exposiciones en poblaciones humanas y potenciales efectos en salud, junto a una activa y efectiva comunicación de los riesgos. A medida que la información sea conocida por otros actores, también las industrias se verán favorecidas si los mismos equipos investigadores dan a conocer la ocurrencia o no de efectos en salud, estimulando cambios en los casos que sean necesarios. Para el desarrollo de estas actividades el grupo nacional podría establecer un programa de trabajo conjunto mediante la convocatoria a mesas intersectoriales entre la academia, organizaciones civiles y los responsables de procesos industriales que pudieran vincularse con emisiones específicas.

Para favorecer la implementación de las medidas señaladas y considerando que existen responsabilidades compartidas en la gestión ambiental, se propone que el proceso de mejora se inicie desde el Ministerio del Medio

Ambiente, a través de la revisión de estas recomendaciones por el Grupo Nacional Coordinador del RETC<sup>2</sup>. Se propone que este grupo defina las estrategias necesarias para fortalecer la captura y análisis de la información ambiental que tenga relevancia sanitaria, considerando como prioritaria la información sobre emisiones al aire por ser la matriz ambiental que afecta de manera directa a las poblaciones humanas expuestas. El Ministerio de Salud, a través del Departamento de Salud Ambiental, debe actuar como contraparte esencial para el desarrollo y mejora de esta sección del sistema RETC.

## **2. Recomendaciones para los niveles regionales de gestión**

Respecto a mejorar la calidad de los datos a nivel regional, se propone que las SEREMIs de Medio Ambiente establezcan un repositorio regional actualizado ambiental, mediante la recolección de estudios regionales o locales referidos a todas las matrices ambientales, incluyendo información proveniente de tesis de pre y postgrado, consultorías y otros estudios. Se recomienda que esta información pase por un proceso de validación por expertos nacionales, a fin de verificar los procesos relativos al muestreo, determinaciones analíticas, calidad de las bases de datos que generan y resultados obtenidos. Sin embargo, debe considerarse que, siendo el RETC un registro establecido con fines específicos, es posible que este no permita la captura de otras informaciones ambientales regionales, por lo que se propone revisar la pertinencia de mejoras informáticas que permitan la captura de esta información ligada al RETC, pero que no lo cambie estructuralmente, mediante accesos particulares a usuarios regionales específicos.

Se propone que toda la información ambiental complementaria validada sea un insumo para la autoridad sanitaria responsable del análisis, en conjunto con las estadísticas sanitarias contextualizadas para cada región y disponibles para los diversos actores. Además se propone que se establezcan programas regionales de capacitación de los profesionales de las autoridades ambientales y sanitarias para favorecer la elaboración de mapas prospectivos estáticos que sean insumos para otros órganos del estado a nivel regional (educación, vivienda), todos con la finalidad de mejorar la toma de decisiones.

Para este nivel de gestión, y a partir de la valoración obtenida del análisis de las estadísticas ambientales y sanitarias realizado en este proyecto, se plantea el siguiente análisis conjunto de datos de emisiones e indicadores de salud:

- Considerar como base para estimar exposición las emisiones al aire registradas en el RETC.
- Como insumo para estimar efectos en salud se propone utilizar las bases de mortalidad, aptas para la elaboración de mapas estáticos.

---

<sup>2</sup> Este grupo está conformado por representantes de diferentes órganos del Estado con competencias ambientales, entre ellos, DIRECTEMAR, CONAF, SISS, SMA, SECTRA, MTT y MINSAL.

- Estos datos permiten elaborar mapas preliminares estáticos para los niveles de decisión regional.
- El análisis de las estadísticas ambientales sobre emisiones permite establecer como criterio de vulnerabilidad la calidad ambiental, estimada a partir de la cantidad anual emitida de los principales agentes asociados a efectos en salud.

Se muestra en el Anexo (2 y 3) el mapeo de los niveles de las emisiones de MP10 y SO<sub>2</sub> para todas las comunas del país. Entre ellas destacan las comunas de Diego de Almagro y de Copiapó, las que para el año 2009 mostraron las emisiones más altas de Chile de material particulado y dióxido de azufre. De manera piloto, el único efecto en salud evaluado es la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) en adultos mayores de 65 años, expresado como tasas de mortalidad específica (Anexo 4). El análisis más básico de estos mapas, mirados de manera simultánea, indican que estas comunas son las que tienen las mayores emisiones, pero no se relacionan con la mayor ocurrencia de EPOC, evidenciadas con mayores tasas en la comunas de Vallenar, Huasco o Alto del Carmen. Este mapa estático no da cuenta de las dispersiones que pudieran ocurrir de estos agentes, sus impactos en la calidad del aire ni de las fuentes que los emiten, sin embargo, permiten direccionar a los equipos regionales para evaluar el rol de otras condiciones ambientales no reportadas en el registro, generar directrices regionales para mejorar la atención de salud, precisar características de todas las demás fuentes emisoras, etc. Para la academia, permite la generación de hipótesis de investigación; para la industria permite identificar áreas de mayor riesgo que requerirían, por ejemplo, establecer mejores sistemas de abatimiento para prever dificultades con las autoridades ambientales.

Para dar cumplimiento a estas propuestas se recomienda que las autoridades ambientales y sanitarias regionales conformen un equipo de trabajo que oriente los esfuerzos hacia la provisión de datos actualizados sobre fuentes emisoras y estadísticas locales de salud, como complemento a lo recomendado desde los niveles centrales. Como parte de su quehacer, se propone que este equipo genere planes regionales de difusión de la información procesada desde el RETC, incorporando a otros actores regionales (municipios, consultorios, hospitales regionales), de manera de fortalecer el “derecho a conocer” y el “uso de la información para otros actores”.

### **3. Recomendaciones para los niveles locales de gestión**

A nivel local se propone generar instancias en los municipios que permitan la recolección actualizada sobre las fuentes de emisión. A partir de los mapas generados por las autoridades regionales, los municipios pueden direccionar sus acciones fiscalizadoras hacia aquellas fuentes responsables de las emisiones de mayor peligro para la salud de las personas. Se recomienda que el municipio, a través de sus correspondientes departamentos ambientales o

similares, actúe como un articulador de la difusión de la información generada por el RETC y analizada por las autoridades regionales, favoreciendo el acceso a la información a otras organizaciones de la sociedad civil o bien a industrias de alcance local. Para ejecutar estas acciones, se propone fomentar el cargo de los llamados Asesores Ambientales recomendados por otros autores (Henríquez y Barton, 2012); se propone que este profesional tenga una sólida formación de postítulo en salud ambiental, de manera que la acción local de los municipios se vea favorecida con una perspectiva sanitaria que permita la articulación con otros actores locales (por ejemplo, con los departamentos de salud municipal). Se identifica, además, que el municipio pudiera priorizar y potenciar su rol fiscalizador hacia aquellas fuentes que generen emisiones de mayor riesgo para la salud local.

Por su parte, a partir de los análisis regionales, los equipos locales de salud podrán reforzar sus acciones de promoción y prevención de salud, para todos aquellos eventos de salud vinculados a la calidad ambiental local. A su vez, especial atención se propone colocar en los centros de salud municipales, especialmente en los equipos estadísticos, así como en los responsables de programas y unidades que pudieran verse afectados directamente por deterioro de la calidad ambiental.

#### **4. Prioridades para la implementación de las recomendaciones**

- Se propone que el listado de agentes, mezclas y residuos se presente de manera separada entre aquellos que tienen un componente propiamente ambiental de aquellos con relevancia sanitaria, usando el modelo de la UE (European Commission, 2000a). Separar claramente de los residuos transferidos.
- Privilegiar la recolección de datos de emisiones según potenciales impactos en salud para aquellos agentes que muestran asociación con alteraciones respiratorias, cardiovasculares y cáncer:
  - a. Agentes ambientales: monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno.
  - b. Metales y sus compuestos: arsénico, cobre, mercurio, níquel y plomo.
  - c. Sustancias orgánicas cloradas: 1,2-dicloroetano, dioxinas y furanos, bifenilopclorinados.
  - d. Otros compuestos orgánicos: benceno, vinil clorides, hidrocarburos aromáticos policíclicos.
  - e. Otros compuestos: material particulado (MP10) y partículas totales suspendidas (TPS).
- Con los datos disponibles en la actualidad, solo las bases de mortalidad conforman series temporales amplias aplicables para su uso en estudios ecológicos y análisis geográficos.
- Las bases de datos de egresos hospitalarios y consultas de urgencias conforman series menores, las que pueden ser usadas considerando con cautela los resultados obtenidos en estudios ecológicos.

- Revisar la pertinencia de mejorar el registro del dato referido al domicilio para los egresos, consultas o defunciones, resguardando la confidencialidad de la información. Para ello se propone revisar el uso de *proxis* del domicilio (distrito censal, códigos postales), a fin de favorecer análisis espaciales de unidades más pequeñas.
- Para las estadísticas sanitarias, evaluar la pertinencia de mejorar todo el proceso de captura para algunos indicadores del estado de salud vinculados a exposiciones ambientales: causas cerebrovasculares (según CIE X códigos I600 a I690), causas cardíacas (I 500-509), causas respiratorias (códigos J440- J470) y cáncer de pulmón (C 340-348), entre otros a identificar.

## Conclusiones

El análisis preliminar de la información sanitaria y ambiental evaluada en el contexto de este estudio, orientado al uso de herramientas espaciales en comunidades con vulnerabilidad ambiental, permite establecer la pertinencia de revisar los siguientes aspectos:

- La información ambiental y sanitaria no muestra dificultades para su recolección, tanto en las respectivas páginas web como de manera oficial.
- Las bases de datos provenientes del RETC contienen abundantes registros (algunos de ellos anómalos), cuestión que impide su uso directo y hace necesario ejecutar diversos pasos para la validación de la información. Se destaca el uso de datos georeferenciados.
- Se evidencia un importante desfase en la publicación de los datos ambientales y sanitarios, dado por el origen del dato y la necesidad de validaciones.
- La desagregación espacial de los datos de salud no permite hacer análisis a escalas inferiores a la comunal.
- A fin de favorecer el análisis y uso de la información del RETC se hace necesario revisar los parámetros de relevancia sanitaria contenidos en el RETC y su sistematización en categorías con relevancia sanitaria.
- Se proponen tres ejes básicos para fortalecer el uso simultáneo de las estadísticas de salud y las emisiones, y su posterior uso con herramientas espaciales: mejorar la calidad de los datos, fortalecer el cumplimiento del “derecho a conocer” y fortalecer la aplicabilidad de la información para diversos actores.
- Se recomienda potenciar la recolección de información ambiental de calidad, junto al desarrollo de indicadores de salud atribuibles al ambiente.
- Se propone establecer una Unidad de Análisis Sanitario Ambiental bajo dependencia del MINSAL y con alcance nacional y regional, que genere análisis, incluyendo mapas sanitario-ambientales, para favorecer la gestión sanitaria y ambiental en aquellas comunas con vulnerabilidades ambientales específicas.
- Se recomienda desarrollar diversas acciones para potenciar la mejora del RETC, incluyendo la asociación activa con la academia y el fortalecimiento de mesas sectoriales con actores interesados en el uso de la información generada.

## Referencias

- European Environment Agency (EEA)**, 2013. *The European Pollutant Release and Transfer Register* [Online]. Disponible en: <http://prtr.ec.europa.eu/>.
- European Commission**, 2000a. Commission decision of 17 July 2000 on the implementation of a European pollutant emission register (EPER) according to Article 15 of Council Directive 96/61/EC concerning integrated pollution prevention and control (IPPC). L 192/36.
- European Commission**, 2000b. Commission decision of 17 July 2000 on the implementation of a European pollutant emission register (EPER) according to Article 15 of Council Directive 96/61/EC concerning integrated pollution prevention and control (IPPC) - (2000/479/EC).
- MINSAL**, 2005. *Decreto 138. Establece obligación de declarar emisiones que indica* [Online]. Santiago, Chile: Biblioteca del Congreso Nacional. Disponible en: <http://www.leychile.cl/N?i=244118&f=2011-01-20&p=>.
- MINSAL**, 2004. *Decreto 148. Aprueba reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos* [Online]. Santiago, Chile: Biblioteca del Congreso Nacional. Disponible en: <http://www.leychile.cl/N?i=226458&f=2004-06-16&p=>.
- MINSAL**, 2013a. *Registro de emisiones y transferencias de contaminantes* [Online]. Disponible en: <http://www.mma.gob.cl/retc/1279/channel.html>.
- MINSAL**, 2013b. *Departamento de Estadísticas e Información en Salud* [Online]. Santiago, Chile: Ministerio de Salud. Disponible en: <http://www.deis.cl/> [Accessed 24 de octubre de 2013 2013].
- OECD**, 2013. *Risk management of installations and chemicals. Pollutant Release and Transfer Register (PRTR)* [Online]. Disponible en: <http://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/pollutantreleaseandtransferregisterprtr.htm>.
- García-Pérez, J., Boldo, E., Ramis, R., Pollan, M., Pérez-Gómez, B., Aragonés, N. y López-Abente, G.**, 2007. Description of industrial pollution in Spain. *BMC Public Health*, 7 (40), 1-13.
- García-Pérez, J., López-Cima, M.F., Pérez-Gómez, B., Aragonés, N., Pollan, M., Vidal, E. y López-Abente, G.**, 2010. Mortality due to tumours of the digestive system in towns lying in the vicinity of metal production and processing installations. *Sci Total Environ*, 408, 3102-3112.
- Henríquez, C. y Barton, J.**, 2012. Fortalecimiento de la gestión ambiental. En: Centro de Políticas Públicas (ed.), *Concurso de Políticas Públicas 2013. Propuestas para Chile*. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- López-Abente, G., Fernández-Navarro, P., Boldo, E., Ramis, R. y García-Pérez, J.**, 2012a. Industrial pollution and pleural cancer mortality in Spain. *Sci Total Environ*, 424, 57-62.

- López-Abente, G., García-Pérez, J., Fernández-Navarro, P., Boldo, E. y Ramis, R., 2012b.** Colorectal cancer mortality and industrial pollution in Spain. *BMC Public Health*, 12 (589), 1-12.
- Luo, J., Hendryx, M. y Ducatman, A., 2011.** Association between six environmental chemicals and lung cancer incidence in the United States. *J Environ Public Health*, 2011, Article ID 463701, 1-9.
- Monge-Corella, S., García-Pérez, J., Aragonés, N., Pollán, M., Pérez-Gómez, B. y López-Abente, G., 2008.** Lung cancer mortality in towns near paper, pulp and board industries in Spain: a point source pollution study. *BMC Public Health*, 8 (288), 1-11.
- Ramis, R., Vidal, E., García-Pérez, J., Lope, V., Aragonés, N., Pérez-Gómez, B., Pollán, M. y López-Abente, G., 2009.** Study of non-Hodgkin's lymphoma mortality associated with industrial pollution in Spain, using Poisson models. *BMC Public Health*, 9 (26), 1-8.



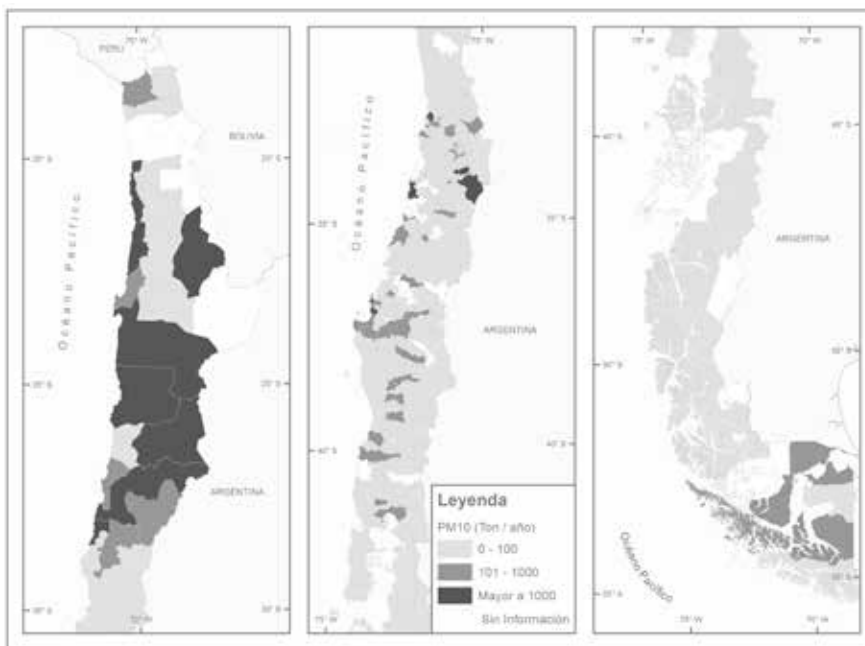
## ANEXO

### ANEXO 1. Propuesta de agrupamiento de agentes registrados en el RETC, según modelo UE

Agentes ambientales	Metales y sus compuestos
Amonio	Arsénico
Carbón orgánico total	Cadmio
Clorofluorocarbonos	Cobalto
Compuestos orgánicos volátiles no metanos	Cobre
Dióxido de carbono	Cromo
Hidroclorofluorocarbonos	Mercurio
Hidrofluorocarbonos	Níquel
Metano	Plomo
Monóxido de carbono	Vanadio
Óxido nitroso	
Óxidos de azufre (Sox/SO2)	
Óxidos de nitrógeno (Nox/NO2)	
Perfluorocarbonos	
<b>Sustancias orgánicas cloradas</b>	<b>Otros compuestos orgánicos</b>
1,2-dicloroetano	Óxido de etileno
1,1,1-tricloroetano	Benceno
1,2,3,4,5,6-hexaclorociclohexano (HCH)	Vinil clorados
Diclorometano	Hidrocarburos aromáticos poli cíclicos
Hexaclorobenceno	Naftaleno
PCDD + PCDF (dioxinas y furanos)	
Pentaclorofenol	<b>Otros compuestos</b>
Bifenilospoliclorinados (PCBs)	Cloro y compuestos orgánicos
Tetracloroetileno	Cianuro de hidrógeno
Tetraclorometano	Material particulado (PM10)
Triclorobencenos (TCBs)	Partículas totales suspendidas (TSP)
Tricloroetileno	
Triclorometano	

Fuente: elaboración propia.

**ANEXO 2. Mapa de emisiones de Material Particulado 10 (MP10) estimadas a nivel comunal, Chile, 2009**



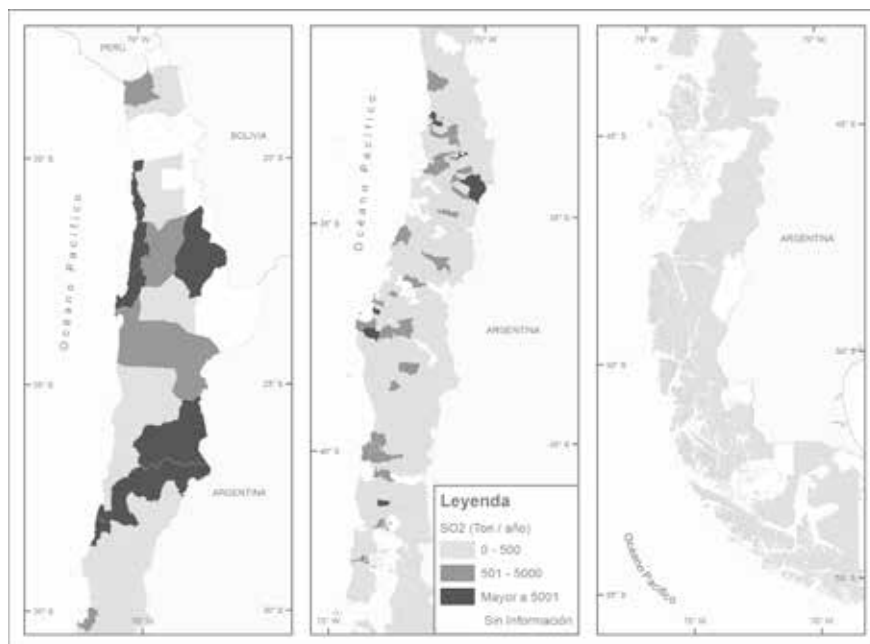
Fuente: elaboración propia a partir de datos del RETC.

Listado de las 5 primeras comunas con las mayores emisiones de Material Particulado 10, 2009.

Comuna	Emisiones de MP10 (ton/año)
Coronel	14.373,3
Antofagasta	8.514,5
Calama	5.006,4
Diego de Almagro	2.998,9
Mostazal	2.263,1

Fuente: elaboración propia a partir de datos del RETC.

**ANEXO 3. Mapa de emisiones de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) estimadas a nivel comunal, Chile, 2009**



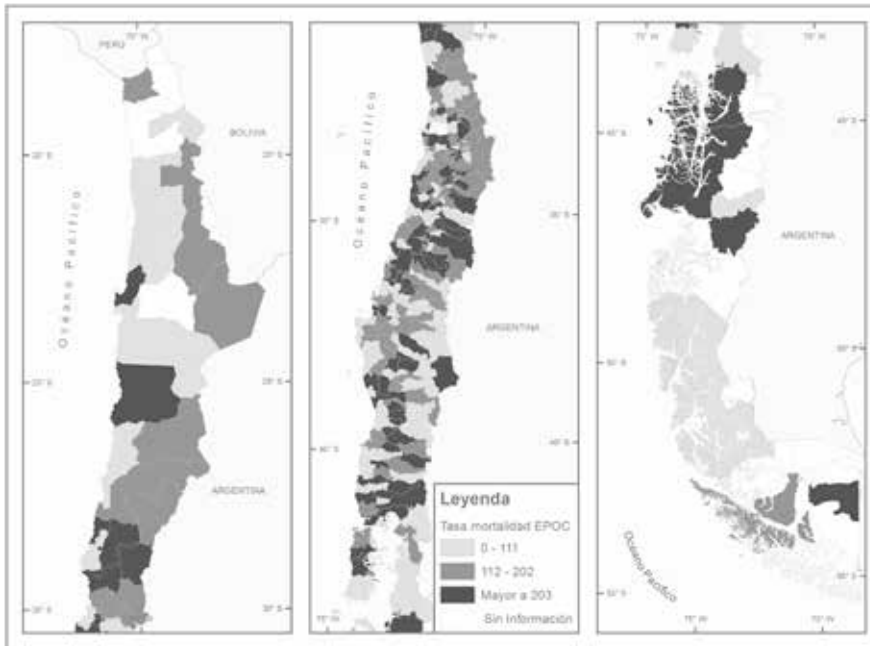
Fuente: elaboración propia a partir de datos del RETC.

Listado de las 5 comunas con las mayores emisiones de Dióxido de Azufre el año 2009.

Comuna	Emisiones de SO <sub>2</sub> (ton/año)
Calama	162.109,6
Machalí	155.112,3
Tocopilla	54.934,8
Puchuncaví	53.336,7
Huasco	47.459,6

Fuente: elaboración propia a partir de datos del RETC.

**ANEXO 4. Mapa de tasas de mortalidad ajustadas por edad y sexo para enfermedad pulmonar obstructiva crónica por comunas, año 2009**



Fuente: elaboración propia a partir de datos del DEIS.