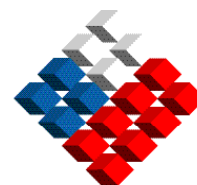


AGUA

Calidad y contaminación
Región Metropolitana



GOBIERNO DE CHILE
CONAMA
REGIÓN METROPOLITANA



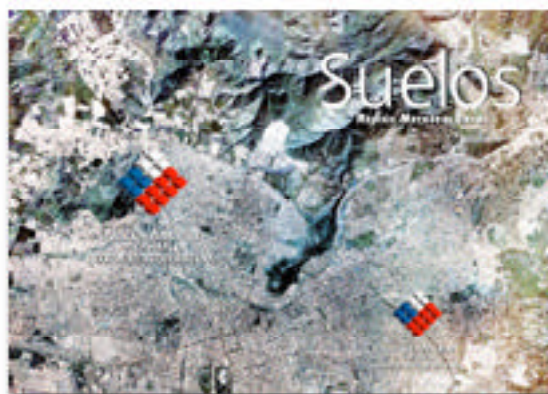
GOBIERNO DE CHILE
CONAMA RM

APÚRESE: STOCK LIMITADO

publicaciones impresas **gratis** ordenamiento territorial y recursos naturales

Un tema fascinante. Valioso material educativo. Entretenido.

Estas publicaciones científicas y de comprensión general están disponibles en forma gratuita para todo tipo de público en Conama Región Metropolitana. Solicítelas directamente en el Área de Ordenamiento Territorial y Recursos Naturales de Conama RM.





Introducción

Estimado ciudadano: Uno de los pilares fundamentales en materia de gestión ambiental se vincula con acciones tendientes al uso adecuado y responsable del agua, recurso indispensable para la vida humana. En este sentido, la Agenda Ambiental País plantea que al año 2006 seremos parte de una verdadera revolución sanitaria, en la cual se incrementará considerablemente el tratamiento a las aguas servidas. En Santiago, triplicaremos a esa fecha los actuales niveles de tratamiento, con la incorporación de dos nuevas plantas. Así, hacia 2010, el ciento por ciento de las aguas servidas de la región serán tratadas.

La entrada en vigencia de nuevas normas de calidad del agua permitirá, además, una definición más precisa en este ámbito, constituyendo un factor vital para emprender acciones concretas de descontaminación. La presente publicación busca entregarle un completo panorama sobre el recurso hídrico en la Región Metropolitana, con el fin de que usted sea también parte de esta tarea compartida por todos: lograr una región con mejor calidad de vida.

Cristián Aqueveque Iglesias

Director Conama
Región Metropolitana

Rol de CONAMA

En relación a la dictación de normas ambientales CONAMA coordina el proceso de generación de las normas de emisión y calidad de acuerdo a lo establecido en la Ley N° 19.300 Sobre de Base Generales del Medio Ambiente. Producto de ello, se han dictado normas de emisión, y se encuentra aún en elaboración las normas de calidad:

- Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado; D.S 609/1998; MOP. Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.
- Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales D.S. N°90/2000, MINSEGPRES, vigente desde septiembre de 2001.
- Norma de emisión a aguas subterráneas. En elaboración.
- Norma de calidad para la protección de aguas continentales superficiales. En elaboración durante el año 2001 y actualmente en Contraloría General de la República.

Protección ambiental

CONAMA actúa como ente coordinador de los diferentes servicios con competencias sobre la protección del medio ambiente, para llevar adelante la gestión ambiental, tanto a nivel nacional como regional. Participa en la evaluación ambiental de los proyectos de saneamiento ambiental que ingresan al SEIA, entre los cuales se incluyen a las fuentes emisoras de residuos líquidos, tales como las Plantas de Tratamiento de Residuos Industriales Líquidos y de Aguas Servidas.

Laguna de Batauco: se han revisado, en conjunto con diversos organismos tanto públicos como privados, medidas para su conservación. De esta forma, en el transcurso del año 2001, junto con el Consejo de Defensa del Estado, se iniciaron acciones con algunos propietarios del lugar que permitirán proteger las condiciones del humedal y desarrollar actividades sustentables desde el punto de vista ambiental.

Principales normas ambientales de protección de las aguas⁽¹⁾

a) Normas de calidad

Calidad del agua para diferentes usos; requisitos; NCh 1.333; Decreto Supremo N°867, 1978/

1985, MOP: Establece los requisitos de calidad del agua para diferentes usos (bebida para animales, riego, recreación y estética y vida acuática). Agua potable, Requisitos; NCh 409/1; Decreto Supremo N°11, 1984, MINSAL: Establece los requisitos físicos, químicos, radioactivos y bacteriológicos que debe cumplir el agua potable. Esta norma es también referencia de la calidad de las aguas subterráneas cuando se utiliza para el consumo humano.

b) Normas de emisión

Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado; Decreto Supremo N° 609/1998; MOP: Regula las cantidades máximas de contaminantes de residuos líquidos que se pueden descargar en los servicios públicos de recolección de aguas servidas. Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales; Decreto Supremo N°90/2000, MINSEGPRES: Concentraciones máximas de contaminantes permitida para residuos líquidos descargados por fuentes emisoras a cuerpo de aguas marinos y continentales superficiales. Norma técnica provisoria de la SISS relativa a las descargas de residuos líquidos; 1992: Vigente en lo referente a descarga por infiltración. Establece los límites máximos del vertido de residuos industriales líquidos por descarga directa a pozos de infiltración o absorbentes.

c) Otras normas

Ley N° 19.821. Deroga la Ley N° 3.133 y modifica la Ley N° 18.902 en materia de residuos industriales líquidos: Fortalece las facultades fiscalizadoras de la Superintendencia de Servicios Sanitarios y suprime la obligación de solicitar la autorización de los sistemas de tratamiento de Riles. Ley N° 18.902; Ley Orgánica de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS): Otorga la facultad del control de los residuos industriales líquidos (riles). D.F.L. N° 725/67; MINSAL; Código Sanitario (Art. 69-76). Establece disposiciones relativas a las aguas y sus usos sanitarios. Ley N° 19.300/94, Sobre Bases Generales del Medio Ambiente: Establece instrumentos de gestión ambiental entre los cuales se destaca las normas de emisión, de calidad, planes de prevención y descontaminación. Asimismo, establece la obligación de ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, de los proyectos de saneamiento ambiental, entre los cuales se encuentran las fuentes emisoras de residuos líquidos. Decreto Ley N° 3557, Sobre protección agrícola: Establece disposiciones para la protección de la actividad agropecuaria del país.

(1) Corresponde a las principales normas jurídicas que protegen las aguas continentales, excluyendo las marítimas.



Calidad y contaminación de las aguas en la Región Metropolitana

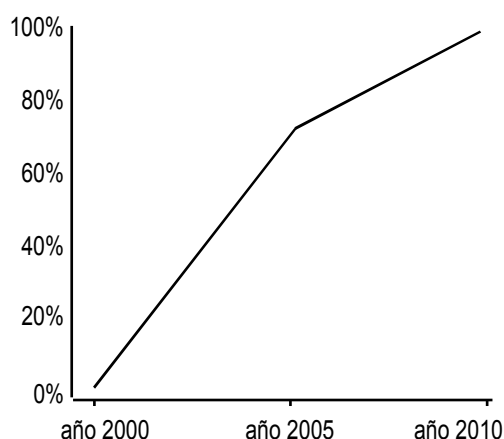
Un habitante de la Región Metropolitana utiliza, en promedio, aproximadamente 100.000 litros de agua potable al año. ⁽¹⁾ La cobertura del agua potable alcanza el 99,9% del consumo total de la región, y el 97,9% de las personas cuentan con alcantarillado. ⁽²⁾ En noviembre de 2001 entró en funcionamiento la planta «El Trebal», que da tratamiento a las aguas servidas del 23% de la población que vive en la cuenca de Santiago.

Más de la mitad de las industrias conectadas a las redes de alcantarillado aún descargan sus riles (residuos industriales líquidos) sin disponer de un sistema de tratamiento.

(1) 230 litros diarios, 83.720 litros al año; «Informe país, Estado del medio ambiente en Chile», Universidad de Chile, 1999.

(2) «Informe de gestión del sector sanitario», SISS, 2000.

Plan de saneamiento de aguas servidas



Consumos de agua en el hogar (familia chilena de 5 personas)

LITROS AL DÍA

USOS	Invierno	Verano
Duchas	250	350
Aseo en lavatorio	50	75
Descarga cadena	300	300
Comida y vajilla	80	90
Lavado general	50	185
Riego	5	165
TOTAL	835	1.165

«Informe país», Universidad de Chile, Conama, PNUMA, 1999.

Industrias conectadas a las redes de alcantarillado de empresas sanitarias

SANITARIAS	RILES	
	sin tratamiento ^(*)	con tratamiento
ESSA	12	8
SMAPA	28	23
Aguas Andinas	75	123

«Informe de gestión del sector sanitario», SISS, 2000. / (*) D.S. MOP

Agua

El agua es el principal componente de la materia viva y es el líquido más ampliamente distribuido en la naturaleza. Representa aproximadamente del 70% de la superficie de la Tierra. Sólo un 3% de toda el agua del planeta es dulce. De ese 3%, el 79% corresponde a casquetes de hielos glaciares, 20% a agua subterránea y 1% a aguas superficiales.

Fuentes de contaminación

El agua se contamina con sustancias que alteran el equilibrio natural de los seres vivos que dependen o viven en ella. El crecimiento de la población, la industrialización y la concentración urbana inciden en la contaminación. En este sentido, en Chile la contaminación del agua proviene sobre todo de las descargas directas de aguas servidas domésticas y residuos industriales líquidos.

Cobertura de tratamiento de aguas servidas referida a % de la población

EMPRESA	Nº de Habitantes	AGUA POTABLE		ALCANTARILLADO Cobertura saneada	%	COBERTURA DE TRATAMIENTO			
		Hab. abastecida	%			% 2000	% 2001*	% 2005	% 2010
Aguas Andinas	5.303.866	5.303.866	100,0	5.191.625	97,9	4,2	3,7	72,3	99,5
Aguas Cordillera	383.056	380.455	99,3	375.533	98,0	-	-	-	100,0
Villa Los Dominicos	12.708	12.698	99,9	12.178	95,8	-	-	-	100,0
SMAPA	547.875	547.871	100,0	546.823	99,8	6,6	6,4	100,0	100,0
Servicomunal	65.935	64.107	97,2	52.819	80,1	80,1	83,3	89,1	93,8
Aguas Manquehue	15.684	15.684	100,0	14.122	90,0	34,2	41,4	41,7	100,0
TOTAL	6.329.124	6.324.681	99,9	6.193.100	97,9	5,0	4,6	70,3	99,5

«Informe de gestión del sector sanitario», SISS, 2000. / (*) No incluye funcionamiento de planta El Trebal.



GOBIERNO DE CHILE
CONAMA RM

Aguas superficiales Sistema Maipo-Mapocho⁽¹⁾

Los riles y las aguas servidas son las principales fuentes de contaminación de los ríos más importantes de la Región Metropolitana. Los mayores cauces receptores de aguas servidas son el Zanjón de la Aguada y el río Mapocho. Los sectores de mayor vulnerabilidad están localizados en las zonas bajas de los ríos Maipo y Mapocho.

(1) La calidad de las aguas se han considerado en forma separada:

- Los cauces del río Maipo, desde la desembocadura del río Volcán hasta la descarga del río Maipo al mar.
- Cauces del Río Mapocho, desde la unión de los ríos San Francisco y Molina hasta su desembocadura en el río Maipo.

Agua

Se encuentran naturalmente a la vista del hombre y pueden ser corrientes o detenidas.

Las **aguas corrientes** escurren por cauces naturales o artificiales. Las **aguas detenidas** están acumuladas en depósitos naturales o artificiales como lagunas, lagos o embalses.

Fuentes de contaminación

La contaminación de los cauces superficiales tiene su principal origen en:

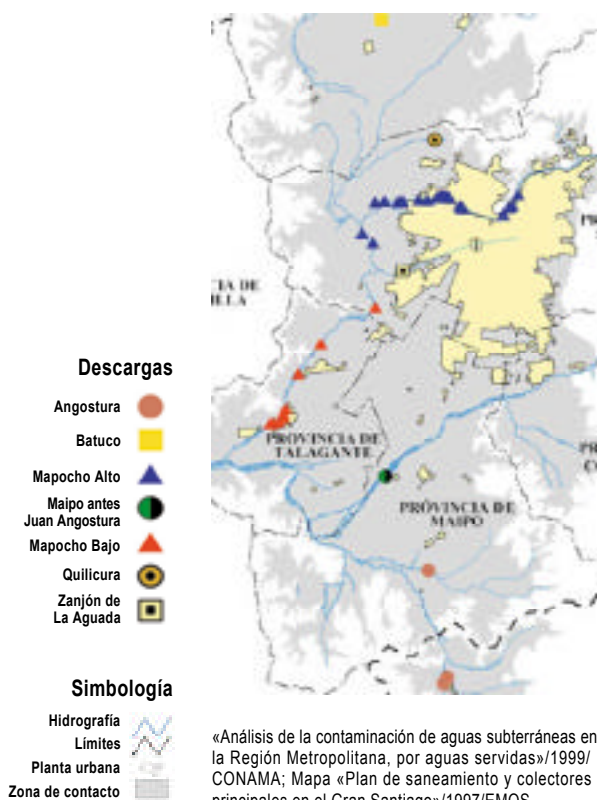
- Descargas directas de aguas servidas domésticas y de residuos industriales líquidos (riles) sin previo tratamiento.
- Descargas derivadas de actividades agrícolas o forestales, que llegan de forma indirecta a las masas o corrientes de agua.

El Zanjón de la Aguada y el río Mapocho reciben, en forma directa, más de un 60% y 35%, respectivamente, del total de aguas servidas de la región.

Organismos que realizan fiscalización y control ambiental en aguas

- **Dirección General de Aguas:** Entre otras funciones, debe ejercer la policía y vigilancia de las aguas en los cauces naturales de uso público e impedir que en éstos se construyan, modifiquen o destruyan obras sin la autorización del Servicio o autoridad a quien corresponda aprobar su construcción o autorizar su demolición o modificación.
- **Servicio Agrícola y Ganadero:** Está encargado de la protección y conservación de los recursos naturales renovables que inciden en el ámbito de la producción agropecuaria del país.
- **Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana:** Le corresponde la ejecución de las acciones necesarias para la protección de la población de los riesgos producidos por el medio ambiente y para la conservación, mejoramiento y recuperación de la calidad de los elementos básicos del ambiente.
- **Superintendencia de Servicios Sanitarios:** Le corresponde fiscalizar a los prestadores de servicios sanitarios, del cumplimiento de las normas relativas a servicios sanitarios y el control de los residuos líquidos industriales.
- **Servicio Nacional de Pesca:** Tiene facultades generales relacionados con la sustentabilidad de los recursos pesqueros del país.

Puntos de descargas de aguas servidas a cauces superficiales



Puntos de muestreo

Río Maipo.....	Km
LAS MELOSAS.....	0.0
EL INGENIO.....	12.5
SAN ALFONSO.....	19.5
EL MANZANO.....	38.7
ANTES DE LA PAPELERA.....	58.2
PUENTE LOS MORROS.....	69.2
PANAMERICANA.....	77.2
PUENTE LONGÜEN.....	86.2
VADO VALDIVIA DE PAINE.....	96.2
ISLA DE MAIPO.....	105.2
NALTAHUA.....	112.0
HACIENDA SANTA ELENA.....	124.5
CHINIGUE.....	126.5
CABIMBAO.....	173.5
DESEMBOCADURA.....	195.5

Río MapochoKm

CONFLUENCIA RÍOS MOLINA Y SAN FRANCISCO.....	0.0
LOS ALMENDROS.....	4.0
EL ARRAYÁN.....	9.8
PUENTE LO CURRO.....	17.6
STA. ROSA DE LAS CONDES.....	23.3
PUENTE P. DE VALDIVIA.....	24.6
PANAMERICANA.....	29.8
PUENTE PUDAHUEL.....	43.0
BAJO CANOA.....	54.5
RINCONADA DE MAIPÚ.....	56.7
ANTES DE DESCARGA.....	65.2
E. SAN BERNARDO.....	68.7
PUENTE ESPERANZA.....	76.5
PUENTE PELVIN.....	83.5
PUENTE CORTADO.....	87.5
EL MONTE.....	92.5
PUENTE MANUEL RODRÍGUEZ.....	92.5

Modelo de simulación hidrológico operacional cuencas de los ríos Maipo y Mapocho. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. 2000

El río Mapocho recibe el mayor volumen de las descargas de aguas servidas del Gran Santiago y otras localidades que atraviesa su cauce. Su principal contaminación se presenta por coliformes fecales.

Las aguas del río Maipo no presentan problemas serios de balance de oxígeno, aunque sí contaminación microbiológica. Además de las aguas servidas, los riles contribuyen a aumentar la carga orgánica del sistema a través de descargas directas a los cauces o descargas al alcantarillado.

RÍO MAPOCHO

RÍO MAIPO Y AFLUENTES

Coliformes fecales

Los coliformes fecales pueden venir acompañados de microorganismos patógenos y dañinos para la salud, limitan los usos de agua potable, riego y recreación.

Fuerte incremento aguas abajo del puente Pedro de Valdivia hasta valores entre 104 y 106 org/100 ml, en aumento hacia puente Pudahuel y Rinconada de Maipú. A partir de estos puntos la concentración decae, pero en la desembocadura aún se detectan altos contenidos.

Desde Puente Alto aguas abajo los niveles están entre 104 y 105 org/100 ml. Esta presencia se asocia a las descargas de aguas servidas.

Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto es condición fundamental para el desarrollo de vida acuática y la descomposición aeróbica de materia orgánica.

Tendencia decreciente aguas abajo de Rinconada de Maipú, donde se produce un mínimo, encontrándose incluso en condiciones anaeróbicas. A partir de este punto comienza a recuperar su nivel de oxígeno.

Presenta valores altos y se observa una tendencia decreciente desde El Manzano, con 9,5 mg/l hasta 8 mg/l en Chifigüe. Los afluentes presentan valores aceptables (8 y 10 mg/l).

DBO

Altos contenidos de DBO pueden producir condiciones anaeróbicas, lo que destruye muchas formas de vida presentes en el agua y genera serios problemas de mal olor.

Tendencia creciente con un máximo entre 80 y 145 mg/l en sectores del puente Pudahuel y Rinconada de Maipú. Esta situación se explica por el gran volumen de descargas de aguas servidas sin tratamiento y por los procesos de autpurificación del río.

En general, el patrón es creciente. Se caracteriza por *peaks* asociados a descargas contaminantes y un posterior descenso por el proceso de autpurificación. La mayoría de los valores son bajos (entre 0 y 6 mg/l).

pH

El pH afecta a los microorganismos presentes en el agua y a toda la vida acuática. Los niveles en ambos ríos son aceptables.

Valores neutros o débilmente alcalinos (incluidos los afluentes).

Valores neutros a débilmente alcalinos.

Temperatura

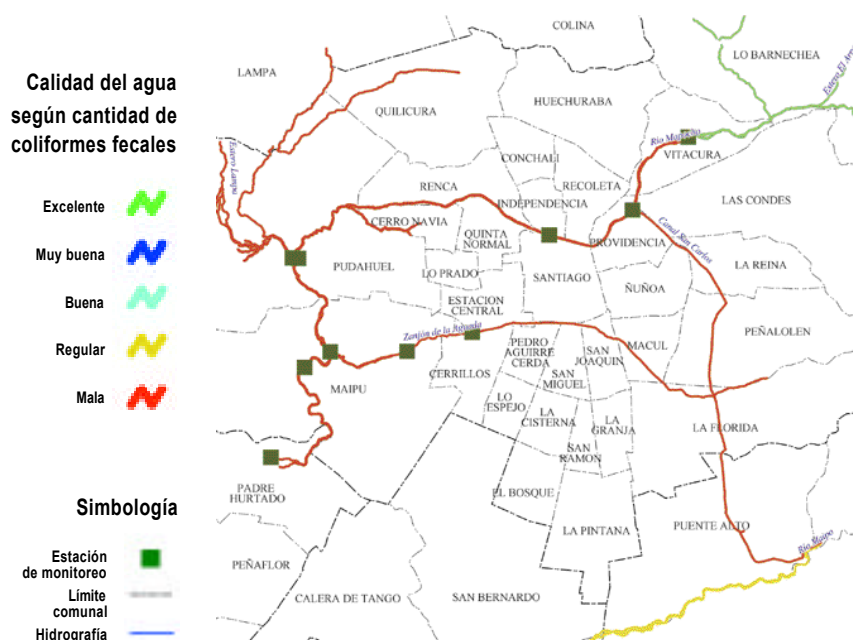
La temperatura afecta todos los usos de agua, especialmente los relacionados con seres vivos, ya que la velocidad de las reacciones enzimáticas es muy dependiente de este parámetro. A mayor temperatura baja la capacidad de disolver oxígeno y hay una menor capacidad de autpurificación. Los niveles de temperatura son, en general, altos, pero no están asociados a fuentes de contaminación puntuales, sino más bien a las condiciones naturales del valle.

Tendencia creciente aguas abajo (incluidos los afluentes).

Altas temperaturas (20 °C) aguas abajo de Naltahua.

Al entrar a la ciudad, las aguas superficiales se contaminan. Este mapa presenta una simulación (aplicando la «Norma de Calidad para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales», actualmente en evaluación en Contraloría General de la República). La contaminación está asociada a la concentración de coliformes fecales, producto del gran volumen de descargas de aguas servidas sin tratamiento. La excepción corresponde a las partes altas de los ríos, donde existe muy poca actividad humana.

Coliformes en aguas superficiales



Propuesta caracterización de las aguas superficiales según norma secundaria de calidad ambiental (no vigente). Monitoreos DGA-MOP/1993/1995/1997/1999.

Clases según tramo por coliformes fecales en el Gran Santiago		
CLASE DE CALIDAD	VALOR (NMP/100ML)	CARACTERÍSTICA
Clase de excepción	<200	Agua de excelente calidad
Clase 1	2.000	Agua de muy buena calidad
Clase 2	5.000	Agua de buena calidad
Clase 3	10.000	Agua de regular calidad
No cumple norma	>10.000	Agua de mala calidad



RÍO MAPOCHO

RÍO MAIPO Y AFLUENTES

INDICADOR DE SALINIDAD

Estos indicadores y sus iones asociados presentan niveles aceptables bajo el punto de vista de riego, a excepción de sulfatos que sobrepasan la norma en varios sectores. El aumento de estos parámetros aguas abajo en el Maipo y el Mapocho sería explicado por el fenómeno de evapotranspiración asociado al uso intensivo del agua de riego.

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se relaciona con el contenido de sustancias ionizadas en el agua (sales disueltas). La calidad eléctrica se utiliza como parámetro de calidad de aguas de riego.

Tendencia creciente, rango de orden de 300 en Los Almendros hasta 1200 umho/cm en la desembocadura. Los mayores aportes de salinidad de los afluentes son aguas abajo de la descarga del canal San Carlos.

Rangos entre 700 a 1400 umho/cm (de acuerdo la norma de riego, se clasifica en grados de restricción leve a moderada). Hay una tendencia creciente.

Cloruros

Los cloruros son buenos indicadores de salinidad y está normalmente asociado a la presencia de sodio. El sodio puede causar problemas de sabor en el agua.

Tendencia creciente hacia aguas abajo. Desde 1 mg/l en Los Almendros a 150 mg/l en Desembocadura. Los mayores contenidos están en el Canal San Carlos, Estero Lampa y Zanjón de la Aguada.

Rangos entre 100 a 150 mg/l, menos en el río Yeso (40 mg/l). Predominan los valores inferiores a 140 mg/l, considerados sin restricción para el uso del riego.

Bicarbonatos y carbonatos

Los bicarbonatos y carbonatos determinan en gran medida la alcalinidad del agua. Si hay bajas concentraciones disminuye la capacidad amortiguadora del agua existiendo riesgo de que se produzcan fuertes variaciones de pH. Altas concentraciones pueden producir depósitos salinos en suelos agrícolas por la evaporación.

Tendencia creciente de bicarbonato hacia aguas abajo, desde 30 g/l en Los Almendros a 200 mg/l en Desembocadura.

Tendencia creciente de bicarbonato desde aguas arriba a aguas abajo, entre 50 a 150 mg/l (no se consideran afluentes).

Sulfatos

Los sulfatos son perjudiciales para el riego por su aporte de salinidad y combinado con el magnesio produce efectos laxantes a usuarios sensibles o no habituados.

Desde 100 a 250 mg/l entre Los Almendros y Desembocadura. Los mayores contenidos están en el sector más abajo del río.

Valor relativamente uniforme en torno a los 250 mg/l, límite máximo para el uso de riego y agua potable.

NUTRIENTES

Las concentraciones son relativamente bajas, como el mapa muestra. Se concluye que, en general, hay concentraciones aceptables de fósforo/fosfato y de nitrógeno, excepto en algunos tramos del río Mapocho, altamente contaminados con aguas servidas domésticas. El amoníaco se presenta en condiciones muy bajas en aguas superficiales, a menos que el contenido orgánico del agua sea tal que se generen condiciones anaeróbicas.

Nitrógeno y sus compuestos

El nitrato (nitrógeno en forma de nitrato) es la forma principal del nitrógeno que se encuentra en las aguas naturales. Los nitratos, por reducción bacteriana o química, se transforman en nitritos, que son potencialmente tóxicos. Los nitritos reaccionan con la hemoglobina, reduciendo la capacidad de la sangre de transportar oxígeno. El nitrato está restringido para los niños en dosis inferiores a 10 mg/l de nitrato y 1 mg/l de nitrito.

En general, concentraciones bajas o nulas de nitritos.

Poca predominancia ($\pm < 3$ mg/l, compatible con uso de riego y agua potable. Los afluentes que aportan nitrógeno son: río Angostura, río Mapocho y estero Puanque. Tendencia creciente a nitrógeno/nitratos en el tiempo, a excepción del río Yeso.

Fósforos/fosfatos

En aguas, el fósforo se encuentra como fosfato. El fósforo es esencial para el crecimiento de los organismos y puede ser el nutriente que limita la productividad primaria de un cuerpo de agua.

Tendencia creciente aguas abajo.

Predominan valores muy bajos, inferiores a 1 mg/l. No obstante, a lo largo del río Maipo hay una clara tendencia a incrementarse los aportes en el tiempo.

Otros: Familias orgánicas como detergentes presentan bajas o despreciables concentraciones. Sólo en el río Mapocho se presentan niveles relativamente altos (no superior a 0.6 mg/l) desde aguas abajo del puente Pudahuel. El contenido de metales es en general bajo y su presencia podría estar asociado a numerosas descargas de riles en el sistema.

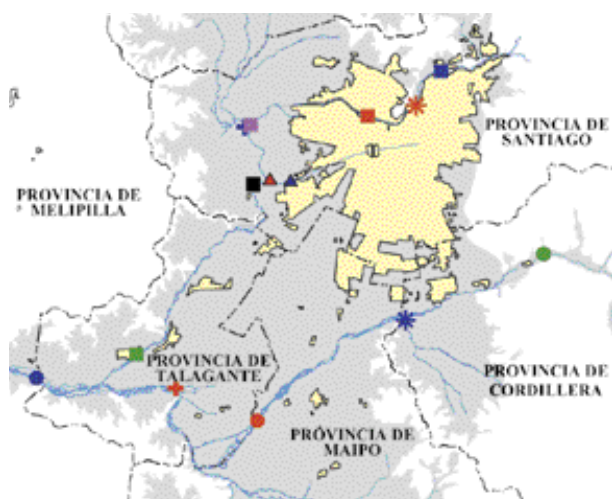
Los nitratos son buenos indicadores de contaminación por aguas servidas. De acuerdo a este parámetro, las zonas cuya concentración supera los índices permitidos por la legislación vigente son: el Zanjón de la Aguada y el río Mapocho en el sector de Rinconada de Maipú.

Nitratos

Según la norma chilena NCh 409/1 Of.84 «Requisitos para Agua Potable», el límite máximo para los nitratos es de 10 mg/litro.

Ubicación	NO ₃ (mg/l)	
 Canal San Carlos Desembocadura	0.02	1.23
 Río Clarillo Desembocadura	0.02	0.64
 Estero el Gato	0.80	1.31
 Estero Lampa Puente Ruta 68	0.37	5.78
RÍO MAIPO		
 Chiñigue	0.60	1.29
 El Manzano	0.02	0.34
 Puente Lonquén	0.02	0.70
RÍO MAPOCHO		
 Panamericana	0.14	4.30
 Puente Lo Curro	0.66	0.99
 Puente Manuel Rodríguez	1.70	7.97
 Puente Pudahuel	0.48	3.50
 Rinconada de Maipú	1.38	11.70
ZANJÓN DE LA AGUADA		
 Antes de C. Ortuzano	3.97	14.30
 Desembocadura	3.80	19.20

Nitratos en aguas superficiales



«Análisis de la contaminación de aguas subterráneas en la Región Metropolitana, por aguas servidas»/1999/CONAMA.

Simbología

	Hidrografía
	Límites
	Planta urbana
	Zona de contacto



Aguas subterráneas

Muchas actividades contaminan las aguas subterráneas del valle de Santiago. Las más importantes son la agricultura y el desarrollo industrial.

La conductividad eléctrica supera, en varios sectores, la norma de riego (condición de no observar efectos perjudiciales para varios sectores de la Región Metropolitana).

Aguas subterráneas

Según el Código de Aguas, las aguas subterráneas son aquellas que están ocultas en el seno de la tierra y no han sido alumbradas. En la zona del valle central, el uso del agua subterránea ha estado ligado principalmente al abastecimiento urbano y rural de agua potable, al uso industrial y al riego.

Acuífero

Es la formación geológica permeable (no consolidada o consolidada) susceptible de almacenar agua en su interior y ceder parte de ella.

Fuentes de contaminación

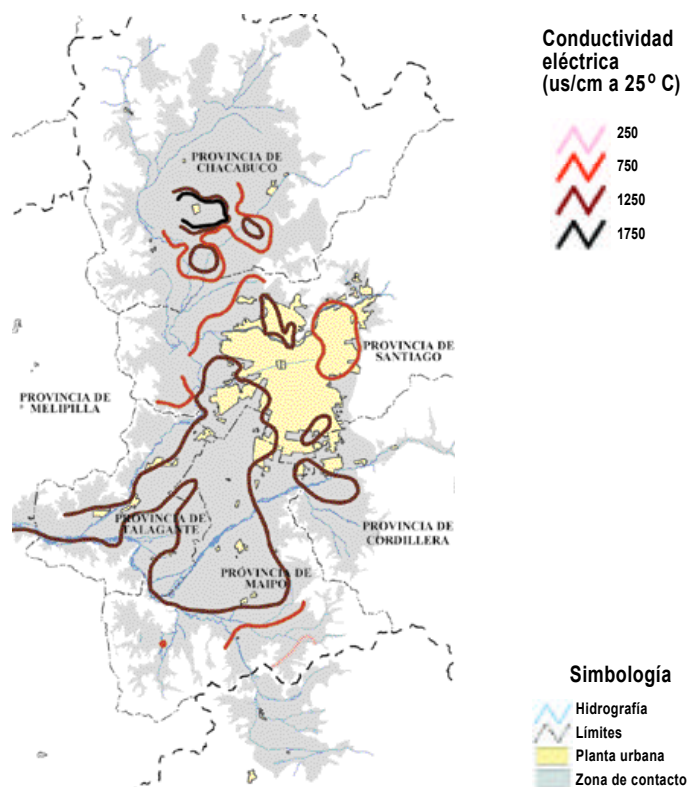
La contaminación de las aguas subterráneas se puede producir por las siguientes actividades:

- **Urbanización y desarrollo industrial:** a través del saneamiento sin red de alcantarillado (pozos negros, fosas sépticas), lagunas de oxidación de aguas residuales, fugas del alcantarillado y mediante el vertido de efluente a pozos como disposición de residuos en vertedero.
- **Desarrollo agrícola:** mediante el uso de productos agroquímicos, riego con agua residuales y vertidos de efluentes al cauce que "lixivian" hasta el acuífero.

Según la norma chilena NCh 1333 Of.78, modificada en 1987, «Requisitos de calidad de agua para riego», el límite máximo para este parámetro es de 750 us/cm a 25 °C, correspondiente a «Agua con la cual generalmente no se observan efectos perjudiciales».

La conductividad eléctrica suministra una buena indicación de los cambios en la composición del agua, especialmente de su concentración de minerales. Depende de la concentración de iones y temperatura. En general, está dentro del orden de los 1000 a 1250 us/cm en los sectores de Talagante, Peñaflor y Buin.

Conductividad eléctrica en aguas subterráneas



«Análisis de la contaminación de aguas subterráneas en la Región Metropolitana, por aguas servidas»/1999/CONAMA.

Calidad físico-química

Gran porcentaje de las aguas subterráneas de la Región Metropolitana presentan valores de nitratos sobre la norma de consumo de agua potable.

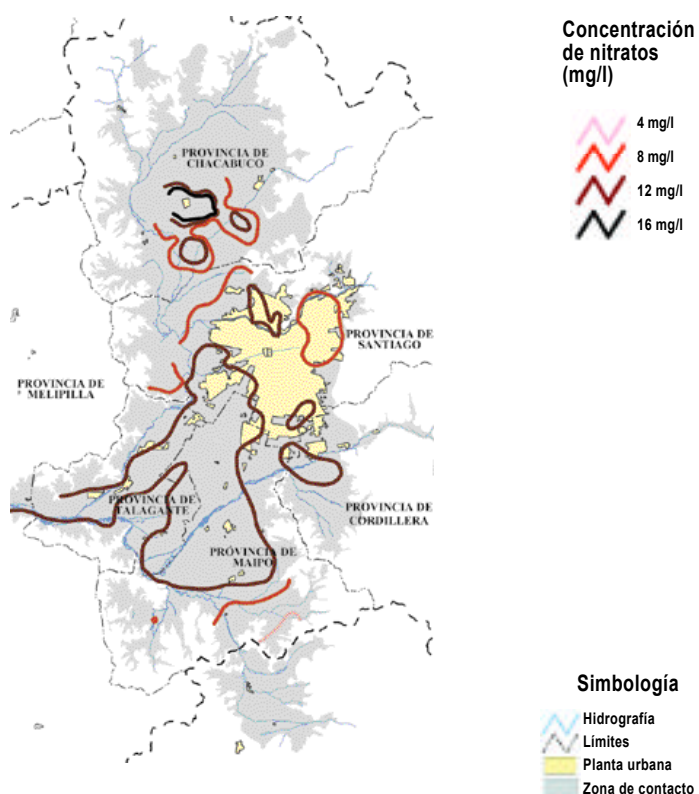
Nitratos

Según la norma chilena NCh 409/1 Of.84 «Requisitos para Agua Potable», el límite máximo para los nitratos es de 10 mg/l.

Las zonas de mayor concentración de nitratos son Maipú, Peñafiel y Talagante, probablemente relacionado con el permanente y antiguo uso de las aguas servidas para riego. En el sector de Santiago Norte y La Cisterna también se encuentran valores altos, probablemente causados por la localización de vertederos o rellenos sanitarios. Además, se ubican en esta área los principales cementerios de la región. Finalmente, la zona de Lampa y Batuco se localizan puntualmente valores altos de nitratos, atribuibles a interacciones locales con aguas superficiales contaminadas.

Coliformes: Se concluyó en 1999 a nivel global, en el espacio y en el tiempo, que no existe contaminación bacteriológica.

Nitratos en aguas subterráneas



«Análisis de la contaminación de aguas subterráneas en la Región Metropolitana, por aguas servidas»/1999/CONAMA.



GOBIERNO DE CHILE
CONAMA RM

Vulnerabilidad de los acuíferos

La mayor vulnerabilidad está en las zonas bajas del río Maipo (entre Talagante y El Monte) y del río Mapocho (entre Maipú y la confluencia con el río Maipo). La vulnerabilidad media alta se encuentra en: Santiago norte (entre Cerros de Renca y San Cristóbal), zona de Colina y zona Sur (entre Buin y Paine).

Vulnerabilidad de los acuíferos

La vulnerabilidad de los acuíferos es el grado de susceptibilidad de ser contaminado. Para determinar la vulnerabilidad de los acuíferos se han considerado tres variables: *Tipo de acuífero*, *Profundidad del nivel de agua* y *Permeabilidad del medio no saturado*.

Tipos de acuíferos

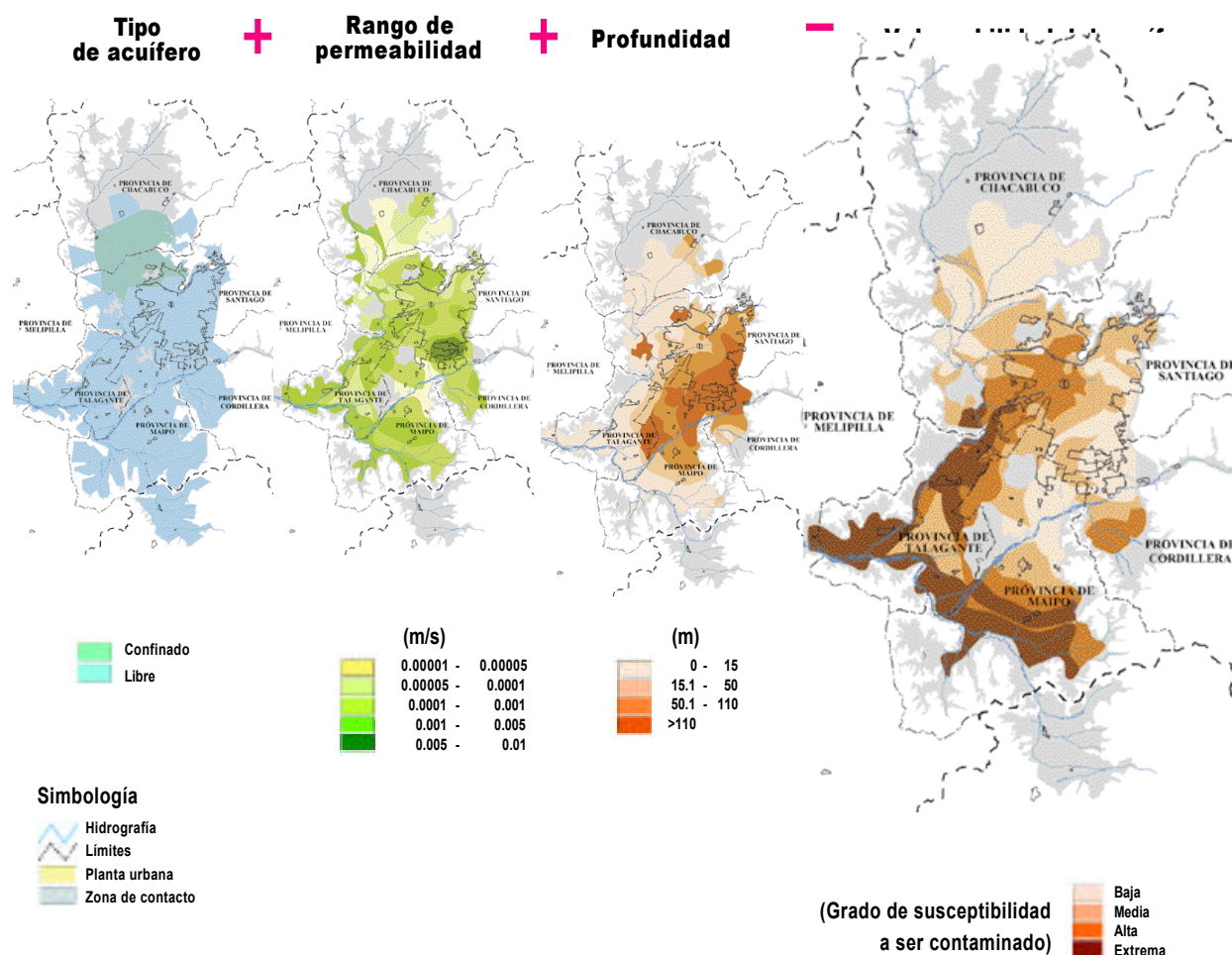
Acuífero confinado: presencia de estrato impermeable que impide el contacto inmediato de los elementos contaminantes sobre el agua subterránea.

Acuífero libre: las características del medio no saturado (mayor porcentaje de poros y compuestos de tipo granular) permite una fácil penetración de los agentes contaminantes por medio de la rápida percolación hacia zonas más profundas.

La mayor parte del territorio de la Región Metropolitana corresponde a acuíferos libres. Todo el interfluvio y alrededores del área de influencia de los ríos Maipo y Mapocho corresponden a sedimentos no consolidados.

La profundidad o nivel del agua subterránea es importante dado que muchos sectores contaminados corresponden a zonas con nivel freático cercano a la superficie. Tal es el caso de Maipú, Batuco, Peñaflo y Talagante. Algunas zonas, como Pudahuel y Maipú, han experimentado descenso en el nivel de agua.

La permeabilidad del medio sobre el nivel saturado es el grado de migración de un contaminante través del medio y se ha interpretado, por la presencia de nitratos, que la mayor permeabilidad se encuentra en Maipú, Cerrillos, Santiago Norte, Lampa.



«Análisis de la contaminación de aguas subterráneas en la Región Metropolitana, por aguas servidas»/1999/CONAMA.

Contaminación agrícola

La agricultura en la Región Metropolitana constituye una fuente de contaminación difusa (descargas múltiples de aporte individual, irregulares y muchas veces imperceptibles).

PROVINCIA	N-NO ₃	Azinfosmetil	Carbofurano	Captán
Maipo	24,6%	29,7%	41%	14,1%
Santiago	3,1%	3,9%	0,9%	6%
Chacabuco	24,9%	23,1%	18,7%	15,1%
Melipilla	31,2%	22,8%	33,3%	15,1%
Cordillera	5,9%	5,6%	0%	14,1%
Talagante	10,2%	14,8%	6%	35,8%

Paola Cofré/2000.

Contaminación difusa

Proceso de alteración de la composición natural de un cuerpo de aguas por consecuencia de la recepción de múltiples descargas que tienen como principales características 1) que son de distinto tipo y no actúan de manera continua ni periódica e individualmente y 2) por ser de baja magnitud su aporte individual, la contaminación de las aguas es casi siempre imperceptible.

Para las aguas subterráneas, la contaminación difusa se manifiesta como un aumento de concentración de formas solubles de nutrientes (básicamente, nitrógeno) y plaguicidas (básicamente, herbicidas hidrosolubles) y en la reducción del oxígeno disuelto.

Paola Cofré/2000.

Fuentes de contaminación

Nitratos y biocidas: los mayores aportes están en las provincias de Melipilla, Chacabuco y Maipo. La contaminación por nitratos es mayoritariamente una consecuencia del manejo ineficiente del riego y las prácticas inadecuadas de fertilización a partir de los volúmenes de biocidas aplicados, que son potencialmente arrastrados en profundidad. **Azinfosmetil y Carbofurano:** es posible distinguir a las provincias de Chacabuco, Maipo y Melipilla como aquellas que generan el mayor riego potencial de contaminación.

Captán: se distingue a la provincia de Talagante como aquella que generaría mayor impacto a las aguas subterráneas. Esto se debería en parte a que estas provincias presentan una mayor superficie destinada a la agricultura.

Bibliografía

- Manual de buenas prácticas agrícolas para evitar la contaminación difusa de aguas/CONAMA/2001.
- Análisis de la contaminación de aguas subterráneas en la Región Metropolitana por aguas servidas/ Ayala, Cabrera y Asociados/CONAMA/1999.
- Memoria "Análisis teórico de contaminantes del agua subterránea por fuentes difusas de origen agrícola en la Región Metropolitana"/Paola Cofré/Universidad de Chile/2000.
- Modelo de simulación hidrológico operacional cuencas de los ríos Maipo y Mapocho/Tomo II/ Ayala, Cabrera y Asociados/Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas/2000.
- Informe de gestión del sector sanitario/Superintendencia de Servicios Sanitarios/2000.
- Bases para el ordenamiento territorial ambientalmente sustentable de la Región Metropolitana de Santiago/Segunda etapa. Inventario ecológico y evaluación del territorio/1998.
- Ley de Bases del Medio Ambiente.
- Código de Aguas.