

# **EL ESTADO DE LAS AGUAS TERRESTRES EN CHILE: CURSOS Y AGUAS SUBTERRÁNEAS**

**AUTOR**

**JUAN PABLO ORREGO S.**

**DICIEMBRE DE 2002**

**SANTIAGO, CHILE**



Huelén 95 Piso3, Providencia CP 6640339, Santiago, Chile;  
T: (56 2) 2640682, F: (56 2)2642514; [www.terram.cl](http://www.terram.cl), [info@terram.cl](mailto:info@terram.cl)



**INDICE**

Introducción .....	5
1. Balance Hídrico Nacional .....	7
1.1 Aguas Superficiales .....	7
1.1.1 Régimen Hidrológico y Variación Estacional .....	8
1.1.2 Sequías .....	9
1.1.3 Variabilidad Climática .....	9
1.2 Aguas Subterráneas .....	10
2. Usos del Agua en Chile .....	12
3. La Calidad de las Aguas en Chile .....	15
3.1 El Concepto de Calidad de las Aguas .....	16
3.2 La Normativa .....	16
3.3 La Institucionalidad .....	23
4. Caracterización de la Calidad Natural de las Aguas de Chile .....	23
4.1 Aguas Superficiales .....	23
4.2 Aguas Subterráneas .....	24
5. La Contaminación de las Aguas en Chile .....	25
5.1 Contaminación de las Aguas Superficiales .....	25
5.1.1 Contaminación de las Aguas Superficiales por Aguas Servidas Domésticas y por Residuos Industriales Líquidos Vertidos a los Sistemas de Alcantarillado .....	26
5.1.2 Contaminación de las Aguas Superficiales con Residuos Industriales Líquidos .....	33
5.2 Contaminación de las Aguas Subterráneas .....	35
5.3 Contaminación Difusa .....	37
6. Inventario de Contaminación Actual y Potencial por Regiones y por Cuencas .....	40
I <sup>a</sup> Región: .....	41
II <sup>a</sup> Región: .....	42
III <sup>a</sup> Región: .....	44
IV <sup>a</sup> Región: .....	46
V <sup>a</sup> Región: .....	48
Región Metropolitana: .....	51
VI <sup>a</sup> Región, .....	54
VII <sup>a</sup> Región: .....	55
VIII <sup>a</sup> Región: .....	56
IX <sup>a</sup> Región: .....	60
X <sup>a</sup> Región: .....	62
XI <sup>a</sup> Región: .....	64
XII <sup>a</sup> Región: .....	64
7. Conclusiones .....	65



## INTRODUCCIÓN

Chile es disparejo en términos de la disponibilidad de recursos hídricos. Gran parte de su territorio – desde la Región Metropolitana hasta la Primera Región, en el extremo norte - es árido. A lo largo de décadas, el país, en su proceso de desarrollo, ha tenido que desplegar grandes esfuerzos para llevar el agua a cada casa, ciudad e industria.

Hoy, la gestión sustentable de los recursos hídricos nacionales es un tema cada día más candente. En efecto en Chile, como en el resto del mundo, la percepción es que no hemos sabido cuidar el vital recurso ni administrarlo con verdadera sabiduría, tanto desde el punto de vista de la equidad de su distribución, como de su conservación ecológica. A pesar de la abundancia de agua en la zona austral del territorio chileno, queda claro que a lo largo de todo el país ha aumentado la competencia entre los diversos usos de las aguas o, debiéramos decir, entre los diferentes usuarios y, por lo tanto, han aumentado los conflictos.

Por otro lado, con la contaminación hemos ‘destruido’ volúmenes importantísimos de agua en el pasado. Esto sigue sucediendo hoy, y a un ritmo creciente a medida que aumenta la población, la concentración urbana y la industrialización. En este sentido, en nuestro país es particularmente gravitante nuestra dependencia económica de procesos industriales primarios, tales como los del cobre y la celulosa, altamente intensivos en el uso de agua y de la energía, y altamente contaminantes.<sup>1</sup> La agroindustria es otra de las actividades productivas con gran responsabilidad en la contaminación de las aguas, con productos químicos extremadamente peligrosos que pueden tener graves efectos sobre la salud humana y la biota acuática en general, aún en cantidades muy reducidas. Muchos de estos agroquímicos simplemente no debieran ser utilizados, porque una vez que ingresan al ciclo hidrológico, se difunden a grandes distancias, son muy difíciles de detectar y, por su presencia a nivel prácticamente molecular, no es posible filtrarlos o neutralizarlos una vez en el medio.

Lo dicho adquiere particular relevancia cuando las proyecciones gubernamentales para el sector hídrico calculan que *“en los próximos 50 años se sextuplicará la generación hidroeléctrica, y se duplicarán las demandas domésticas, industriales y mineras.”*<sup>2</sup>

Conocer nuestros recursos hídricos y los graves problemas que los afectan, representan hoy un desafío y una tarea ineludibles.

Juan Pablo Orrego

<sup>1</sup> La industria de la celulosa ha contribuido además a la destrucción de los bosques nativos, ecosistemas claves para la regulación de parte importante del ciclo hidrológico.

<sup>2</sup> “Efectos Ambientales derivados del uso de recursos hídricos en Chile”, H. Peña en Perfil Ambiental de Chile, 1994.



## 1. BALANCE HÍDRICO NACIONAL

### 1.1 Aguas Superficiales

Entre los años 1981 y 1987 la Dirección General de Aguas (DGA) estudió en detalle el balance hídrico del país comprendiendo el período entre los años 1951-1980.<sup>3</sup>

En dicho estudio se analizó la información sobre precipitación, caudales, temperatura y evaporación, en base a los resultados entregados por un total de 1.500 estaciones de monitoreo. El estudio consistió en la cuantificación espacial de las componentes del balance, según la expresión:

$$Q = P - E$$

Donde:

Q : Escorrentía efluente de la cuenca

P : Precipitación media a nivel de la cuenca

E : Flujos que retornan a la atmósfera por la evapotranspiración de las plantas, evaporación de superficies desprovistas de agua y otros.

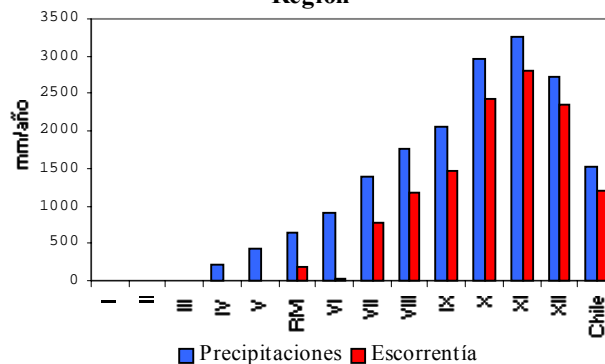
Los resultados del balance realizado por la DGA determinaron que las precipitaciones totales promedio nacional del período analizado alcanzaron los 36.950 m<sup>3</sup>/s o 1.522 mm/año, la escorrentía total promedio nacional, una cantidad de 29.411 m<sup>3</sup>/s o 1.211 mm/año y la evaporación una cantidad de 7.539 m<sup>3</sup>/s o 311 mm/año.

El balance refleja la heterogeneidad espacial de los recursos hídricos en el país. Por esta razón, aunque la escorrentía a nivel nacional resulta sustancialmente

mayor a la media mundial y similar a la media de Sudamérica, las regiones del norte del país presentan tasas de mínimas que no alcanzan al 10% del promedio mundial.

Entre las regiones XI<sup>a</sup> y XII<sup>a</sup> la DGA estimó un caudal total de 20.000 m<sup>3</sup>/s; desde la III<sup>a</sup> a la X<sup>a</sup> regiones, uno de 9.000m<sup>3</sup>/s y entre la I<sup>a</sup> y la II<sup>a</sup>, uno de 21 m<sup>3</sup>/s.

**Gráfico 1: Precipitación y Escorrentía por Región**



Fuente: Balance Hídrico de Chile 1987, Dirección General de Aguas, MOP.

La distribución del factor Q y del P observados a nivel regional muestra un mínimo en la II<sup>a</sup> Región, con valores de 0,9 m<sup>3</sup>/s y 44.5 mm/año respectivamente; y tendencias crecientes a partir de esa latitud tanto hacia el norte como hacia el sur del país. En la XI<sup>a</sup> Región se obtiene el máximo con 10.130 m<sup>3</sup>/s de escorrentía y 3.260 mm/año de precipitación respectivamente. Se observa que a lo largo del país el rango de variación de la escorrentía es aún mayor que el de la precipitación. Esto se debe a que la primera representa una fracción muy pequeña de la precipitación en las zonas áridas y semiáridas del país, ya que la mayor parte queda en el suelo y vuelve a la atmósfera. Esta situación no se presenta en zonas húmedas donde ambos factores tienden a ser más similares. Los caudales específicos de escorrentía pasan de 0,5 l/s/km<sup>2</sup> en la cordillera de Copiapó a 145 l/s/km<sup>2</sup> en Puerto Montt.

**Cuadro 1: Balance Hídrico de Chile (en régimen natural)**

	Precipitación		Escorrentía		Evaporación	
	m <sup>3</sup> /s	mm/año	m <sup>3</sup> /s	mm/año	m <sup>3</sup> /s	mm/año
Región I y II	340	58,8	21	3,6	319	55,3
Región XI y XII	23.490	2.363	20.260	2.555	3.230	408
Chile (Continental Sudamericano)	36.950	1.522	29.411	1.211	7.539	311
Sudamericana	888x10 <sup>3</sup>	1.564	351x10 <sup>3</sup>	618	537x10 <sup>3</sup>	946
Mundial (Fase Terrestre)	3.522x10 <sup>3</sup>	746	1.256x10 <sup>3</sup>	266	2.266x10 <sup>3</sup>	480

Fuente: DGA. 1987. Balance hídrico de Chile. Dirección General de Aguas, Santiago.

<sup>3</sup> DGA, 1987, citado en "Recursos Hídricos", H. Peña, MOP/DGA, SDT N°3, 1993

El informe de la DGA destaca que en las tres primeras regiones del norte de Chile la evaporación desde salares y lagos es muy importante, comparable en cantidad a la escorrentía, e incluso superior a ésta. También es notable la magnitud de los consumos derivados de la actividad humana en estas regiones – agrícolas, domésticos, mineros e industriales – en relación a la escorrentía, porque normalmente sólo una fracción de los recursos hídricos resulta técnica y económicamente aprovechable debido a su alta variabilidad temporal y espacial.

### 1.1.1 Régimen Hidrológico y Variación Estacional

La variación de los caudales que presentan los ríos chilenos a lo largo del año se explica por los siguientes factores:

- El régimen de precipitaciones: estival al norte de los 26° de latitud e invernal al sur de esa latitud.
- La precipitación nival y su importancia en relación a las precipitaciones totales de las cuencas.
- La regulación natural que ejercen las cuencas sobre los ríos a través de los recursos hídricos almacenados en acuíferos, lagos y glaciares.

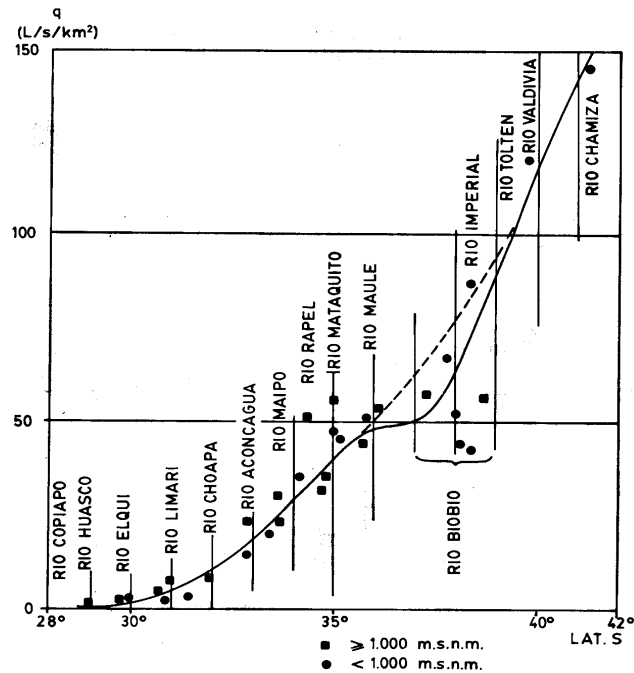
La influencia de las nieves en la escorrentía de las cuencas depende de la altitud de su línea al terminar el período invernal, y del relieve de la cuenca misma. El componente nival en los caudales de los ríos chilenos es muy importante dado que la precipitación que se registra en las partes altas de las cuencas es mucho mayor que la de los valles, alcanzando valores hasta cinco veces superiores.

En relación al papel del almacenamiento de las aguas subterráneas, la DGA señala que la escorrentía de ese origen, que presenta una distribución constante durante el año, es sumamente relevante en las zonas áridas y semi-áridas del país, en especial en años de baja pluviosidad, períodos durante los cuales los flujos corresponden al lento vaciamiento de los recursos almacenados en los acuíferos.

Los factores señalados se combinan a lo largo del país, e incluso, a lo largo del recorrido de un mismo río de manera compleja, dando origen a cuencas de régimen pluvial, pluvio-nival, nival y en algunos casos a regímenes de carácter nivo-glacial.

La DGA describe las siguientes situaciones hidrológicas a lo largo del país:

Figura 1: Variación del Caudal en Función de la Latitud



Fuente: Basado en Benítez A. y F. Vidal. 1984. Estudio de las Zonas Nevadas de Chile entre los Paralelos 28 y 42° Lat. S. Jornadas de Hidrología de Nieves y Hielos en América del Sur. Programa Hidrológico Internacional, Santiago.

#### a) Zona Norte Grande (18° a 27° LS)

El régimen hidrológico en la zona altiplánica se caracteriza por grandes crecidas en los meses de Enero-Marzo, debido al 'invierno altiplánico' y a un caudal base generado por el aporte de vertientes que se mantienen constantes durante el año.

#### b) Zona Norte Chico – Central – Sur (27° a 42° LS)

En esta zona las cuencas con respaldo andino pasan de un régimen nival en el Norte Chico, que se explica por la altura de las montañas y la escasez de precipitaciones en las cuencas medias, a uno mixto pluvio-nival en la zona central y, al sur de la cuenca del río Biobío, a un régimen hidrológico pluvial. En el área nival los mayores caudales se dan durante el deshielo que comienza en septiembre y culmina en noviembre o diciembre, dependiendo de la elevación de la cuenca y de la magnitud de la acumulación nival; los mínimos ocurren en otoño-invierno. En las cuencas pluvio-nivales, los máximos caudales se dan dos veces al año: en el



*peak* de las lluvias (junio-julio) y en el *peak* del deshielo (octubre-noviembre); los mínimos ocurren a finales del verano o en otoño.

En algunos sectores, los caudales son influenciados por los glaciares y los lagos. La influencia de los primeros es importante en la cuenca andina que va desde el Aconcagua al Rapel, donde se concentra una superficie de unos 800 km<sup>2</sup> de hielo, cuyo derretimiento aumenta significativamente la escorrentía de los meses de verano, de tal modo que en períodos de sequía la DGA estima que en ríos como el Maipo más de un 60% de sus aguas tienen ese origen. En la X<sup>a</sup> Región los lagos tienen una influencia significativa en la regulación de los ríos, disminuyendo los caudales de invierno y aumentando los de primavera y verano.

#### c) Zona Austral:

Según la DGA, debido a la compleja orografía y a la ausencia de estacionalidad en el régimen de precipitaciones, en esta zona la distribución de los caudales durante el año responde más bien a situaciones locales que a tendencias bien definidas regionalmente, aún cuando, en general, se observan ríos de régimen pluvial y pluvio-nival. Se destaca, además, la importante presencia e influencia de grandes campos de hielo y lagos que contribuyen a regímenes de caudales hídricos regulares, con pocas fluctuaciones y máximos de verano.

### 1.1.2 Sequías

Para muchos usos de los recursos hídricos, más que el análisis de las condiciones medias, interesa el estudio de los períodos de sequía cuando la disponibilidad de agua es inferior a la demanda. El concepto de 'sequía' utilizado por la DGA comprende el fenómeno natural de disminución de disponibilidad, así como las demandas ejercidas por el desarrollo, que pueden llevar al agotamiento del recurso.

Las sequías se caracterizan por su duración (dimensión temporal), extensión (dimensión espacial: zona afectada), intensidad (efectos medidos en forma más bien subjetiva) y magnitud (disminución medida del recurso). Se distinguen sequías meteorológicas, por ausencia de precipitaciones; agrícolas, por falta de agua en las raíces de las plantas, e hidrológicas, por déficit en los caudales de los ríos.

En Chile las sequías son recurrentes ya que se considera que gran parte de su territorio se encuentra ubicado en una zona de transición climática, con una alta variabilidad interanual de las precipitaciones.

Dependiendo de la latitud, tanto glaciares y lagos, así como las cuencas mismas -que aportan aguas subterráneas-, contribuyen a morigerar los períodos de sequía.

*“Otro aspecto esencial para la comprensión de las sequías hidrológicas en Chile, es la importancia que tiene sobre los caudales el uso sucesivo de los recursos hídricos a lo largo del recorrido de los ríos. Como resultado de esta forma de manejo, los recursos de los tramos medios e inferiores dependen de los sobrantes que se generan en los primeros sectores. Esto significa que durante los períodos de sequía, el uso intenso y más eficiente de aguas-arriba reduce drásticamente los sobrantes, generándose situaciones de aguda escasez en los sectores aguas-abajo. En consecuencia, las sequías hidrológicas presentan una elevada heterogeneidad espacial a nivel de la cuenca, mostrando, en cada cauce, un comportamiento marcadamente diferente.”<sup>4</sup>*

### 1.1.3 Variabilidad Climática

Existe consenso respecto a que Chile es particularmente sensible a los cambios del sistema climático global, puesto que se estima que gran parte de la extensión latitudinal del país se ubica en una zona de transición climática.

Las mediciones realizadas a lo largo de casi cien años muestran una disminución sostenida de las aguas caídas en el norte chico y en la zona central de Chile. Las predicciones de la DGA, en este sentido indican que, de acentuarse el cambio climático relacionado con el calentamiento global, la oferta de agua se verá afectada en la misma zona del país que hoy sufre problemas de escasez y sequía, es decir, desde la Región Metropolitana hasta Copiapó.

Otro efecto del calentamiento global es el ascenso de la línea de las nieves en la cordillera y un derretimiento más acelerado de las mismas, lo que provoca el

<sup>4</sup> “Recursos Hídricos”, Peña, MOP/DGA, S.D.T. N°3, 1993.

aumento de los caudales en el período invierno-primavera, y su disminución en el período verano-otoño.

Estas alteraciones pueden incrementar los conflictos de aguas en general, en las zonas afectadas, y en particular, en las cuencas donde existe mayor demanda y competencia por los recursos hídricos.

## 1.2 Aguas Subterráneas

Existen distintos tipos de reservorios de aguas subterráneas, o acuíferos, y éstos varían enormemente en términos de su tamaño.

Los acuíferos pueden ser:

- a) confinados, es decir, encerrados entre capas de rocas o de algún otro sedimento sólido, que no permiten que el agua escape hacia la superficie situación que, a la vez, los protege de la percolación o infiltración desde la superficie de aguas contaminadas;
- b) semi-confinados, con alguna medida de ingreso y salida de agua; o
- c) libres, también llamados saturados, cuyas aguas circulan bajo tierra siguiendo el ciclo hidrológico superficial y que pueden alcanzar niveles sub-superficiales, es decir próximos a la superficie de la tierra y que, por lo tanto, pueden ser fácilmente contaminados desde la superficie.

Para extraer agua de los acuíferos confinados y semi-confinados es necesario perforar la roca, muchas veces a profundidades considerables; en el caso de los acuíferos libres las perforaciones son a través de sedimentos blandos y a mucho menores profundidades.

En cuanto a las aguas subterráneas, en el territorio nacional continental, el Mapa Hidrogeológico de Chile (DGA, 1986) distingue tres 'provincias' hidrogeológicas: 1) altiplánica, 2) andina vertiente pacífico y 3) cuencas costeras.

1) En la Provincia altiplánica cabe destacar la importancia de los acuíferos en los sectores bajos de las cuencas, dónde tienen una elevada productividad y calidad de agua aceptable, mientras no estén expuestos a la influencia de salares. Estos recursos hídricos subterráneos son fundamentales para responder a las

demandas domésticas y mineras de las zonas costeras aledañas a esta 'provincia' altiplánica.

- 2) La Provincia Andina vertiente pacífico ha sido dividida en cinco sub Provincias:
  - a) Sub Provincia Norte Grande, donde destacan los acuíferos adyacentes a los escasos cauces superficiales; el extenso y abundante sistema de la Pampa del Tamarugal; y los acuíferos del Desierto de Atacama. Los acuíferos de esta sub Provincia presentan limitaciones de su uso por su calidad química natural y/o por recargas muy reducidas.
  - b) Sub Provincia Valles Transversales: por lo general son acuíferos libres, adyacentes a los cauces de los ríos, alimentados directamente por la infiltración de los cursos de agua superficiales. Presentan productividad bastante elevada ( $>10 \text{ m}^3/\text{h/m}$ ).
  - c) Sub Provincia Central-Sur ( $33^\circ$  a  $42^\circ$  LS): en esta zona se trata, en general, de acuíferos libres que no están restringidos a las cajas de los ríos, y que se recargan de distintas fuentes, tales como ríos y lluvias. La productividad de los pozos es, en general, muy elevada ( $>10 \text{ m}^3/\text{h/m}$ ). También se presentan algunos acuíferos confinados.
  - d) Sub Provincia Zona de los Canales: ( $42^\circ$  a  $56^\circ$  LS): al sur de Puerto Montt, es la zona más pobre en aguas subterráneas debido a sus características geológicas.
  - e) Sub Provincia Pampa Magallánica: Acuíferos de productividad limitada. En torno al estrecho de Magallanes y Tierra el Fuego se han explotado acuíferos en profundidades de 300 a 400 metros.

3) La Provincia Cuencas Costeras incluye las cuencas de la vertiente Pacífico sin respaldo andino, con nacientes en la Cordillera de la Costa. En general se trata de acuíferos libres, de pequeña extensión, con espesores inferiores a 100 metros. Los pozos instalados presentan productividad mediana o baja. En los acuíferos que son utilizados para abastecer poblaciones costeras se han detectado, con frecuencia, problemas de intrusión salina.

*“La importancia del agua subterránea en relación a los recursos hídricos totales es muy variable a lo largo del*

país. En general ella representa una componente secundaria en las zonas de alta pluviosidad, mientras que, por el contrario, en las zonas áridas y semi-áridas puede ser una fracción muy significativa del escurrimiento total. Este es el caso de los valles del Norte Chico, del Norte Grande, en los cuales la interacción de los flujos superficiales y subterráneos es especialmente relevante.”<sup>5</sup>

En su informe de 1993, la DGA reconoce que a la fecha no existen antecedentes completos y actualizados de la explotación de los recursos subterráneos en el país, pero en su opinión los datos disponibles muestran una sub-explotación del agua subterránea y que solamente algunos sectores del norte tenían una situación preocupante en términos de la sobre explotación de los acuíferos: el valle de Azapa, la Pampa del Tamarugal, el valle del río Copiapó, la cuenca de Chacabuco-Polpaico y algunos acuíferos costeros.

Sin embargo, un estudio realizado para el Capítulo Chileno de la Asociación Latinoamericana de Hidrología

**Cuadro 2: Consumo de agua potable urbana, según fuentes,**

Región	Empresa	Volúmen según fuente	
		Subterránea (l/s)	Superficial (l/s)
I	ESSAT	1,238	-
II	ESSAN	30	1,41
III	EMSSAT	668	-
IV	ESSCO	793	692
V	ESVAL	3,535	2860
VI	ESSEL	1,218	798
VII	ESSAM	2,315	203
VIII	ESSBIO	1,471	3,353
IX	ESSAR	817	892
X	ESSAL	1,007	1,191
XI	EMSSAT	3	342
XII	ESMAG	-	636
RM	EMOS	7,223	21,319
<b>SUBTOT. EMPRESAS CORFO</b>		<b>20,318</b>	<b>33,696</b>
X	AGUAS DECIMA	-	850
RM	LO CASTILLO	1,66	1,7
RM	MANQUEHUE	181	-
RM	LOS DOMINICOS	-	350
RM	MUNIC. MAIPÚ	1,64	-
RM	SERVICOMUNAL	269	-
RM	COSSBO	100	-
<b>SUBTOT. OTRAS EMPRESAS</b>		<b>3750</b>	<b>2900</b>
<b>TOTAL URBANO</b>		<b>24,068</b>	<b>36,596</b>

Fuente: Revista Vertiente, Capítulo Chileno de la Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo (1997, N°2). Citado en Informe País, CONAMA, 1999.

**Cuadro 3: Consumo de agua potable rural según fuentes, por región, 1995.**

Región	Volúmen según fuente	
	Subterránea (l/s)	Superficial (l/s)
I	1	5
II	-	1
III	3	2
IV	53	7
V	44	10
VI	67	14
VII	92	12
VIII	46	23
IX	21	19
X	28	21
XI	1	7
XII	-	1
RM	55	4
<b>TOTAL</b>	<b>410</b>	<b>127</b>

Fuente: Revista Vertiente, Capítulo Chileno de la Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo (1997, N°2). Citado en Informe País, CONAMA, 1999.

Subterránea para el Desarrollo<sup>6</sup> muestra que en las I<sup>a</sup> y III<sup>a</sup> regiones toda el agua potable distribuida por la sanitarias ESSAT (1,238 l/s) y EMSSAT (668 l/s), respectivamente, son de origen subterráneo. Incluso en regiones tales como la IV<sup>a</sup>, V<sup>a</sup>, VI<sup>a</sup> y VII<sup>a</sup> los volúmenes de agua subterráneas utilizadas para satisfacer las demandas de agua potable superan en forma significativa los volúmenes de aguas superficiales utilizadas para el mismo propósito. En el año 1995, la extracción de aguas subterráneas para agua potable urbana representó casi el 40% de las extracciones totales para este propósito. En el ámbito rural, también en el año 1995, los recursos subterráneos constituían la fuente principal de abastecimiento de agua potable. Dado el crecimiento de la población, estas cifras indican que las demandas aumentarán paulatina pero significativamente con el tiempo, aumentando la presión sobre los acuíferos respectivos.

De acuerdo a información reciente de la DGA<sup>7</sup>, en Chile, entre los años '94 y '95, el promedio de extracciones nuevas de aguas subterráneas para la Región de

<sup>5</sup> “Recursos Hídricos”, H. Peña, MOP/DGA, S.D.T: N°3, 1993

<sup>6</sup> Revista Vertiente N°2, 1997, citada en Informe País, CONAMA, PNUMA, U. De Chile, Centro de Análisis de Políticas Públicas, 1999

<sup>7</sup> Diario La Nación, Edición Especial de la DGA, 21/03/2002

Valparaíso sumaba un caudal de 1 m<sup>3</sup>/s, mientras que entre 1999 y el 2000, la cifra subió a 10 m<sup>3</sup>/s. Según el director de aguas, Humberto Peña, esto indica que en un año, sólo en esta región, se incorporó la infraestructura para extraer aguas subterráneas equivalente a lo que antes se hacía en diez años. En base a estos antecedentes, la DGA está en el proceso de desarrollo de políticas y promulgación de normas que permitan un uso sustentable del recurso.

Según las declaraciones de Humberto Peña en la publicación citada, la DGA impulsará tres mecanismos para optimizar el uso del recurso y responder a la mayor cantidad posible de las demandas de derechos de aguas subterráneas ya registradas (de acuerdo al actual Código de Aguas, mientras exista disponibilidad del recurso, los derechos deben ser otorgados gratuita y definitivamente a quien los solicite,).

Estos mecanismos e instrumentos son:

- a) Promover la conformación de organizaciones de usuarios de aguas subterráneas para medir cuidadosamente los caudales que se extraigan, administrar eficiente y sustentablemente el recurso común.
- b) Optimizar los acuíferos a través del aumento artificial del nivel de las napas. En muchos países, en períodos de poco uso de las aguas superficiales, éstas se derivan hacia los pozos en vez de acumularlas en embalses. Esto conlleva el riesgo de contaminar los acuíferos pero, según la DGA, el agua subterránea tiene una gran ventaja para cierto tipo de explotaciones, ya que la fuente se ubica en el mismo predio donde se utilizará. Se trata de agua sin sedimentos, cuyo abastecimiento es más estable, y que está disponible en el momento y caudal que el usuario requiere. Según la DGA, todo esto indicaría que la recarga artificial de acuíferos es altamente conveniente.
- c) El tercer instrumento que propone la DGA es aprovechar la legislación reciente para aumentar la cantidad de beneficiados por aguas subterráneas, haciendo posible legalmente que la persona a quien le sobre agua subterránea pueda transferir sus derechos a otra, a quien le falte. La idea de la DGA es que, dentro del mismo acuífero exista

la compraventa de derechos de agua. Otra forma ideada por la DGA para constituir nuevos derechos de agua sin afectar el abastecimiento de los usuarios es otorgar derechos provisorios, por ejemplo, por un período de cinco años mínimo. Si transcurrido este lapso, la DGA comprueba que no hubo efectos negativos para los demás usuarios, el derecho se transforma en definitivo. Para Peña, esta sería una manera prudente de ver en la práctica cómo reacciona el acuífero en relación a las extracciones que se realizan.

## 2. USOS DEL AGUA EN CHILE

La DGA distingue los usos del agua entre aquellos que captan el agua desde el cauce, que pueden ser consuntivos y no-consuntivos, y aquellos que se realizan directamente en el río (*in situ*).

Los principales usos consuntivos son: doméstico, agrícola, minero e industrial. Los no-consuntivos están constituidos en forma casi exclusiva por la generación hidroeléctrica.

*“El aprovechamiento de recursos hídricos en el río (in situ) no tiene un reconocimiento legal explícito en nuestro país. En la práctica, ellos corresponden al aprovechamiento del río para fines recreacionales, de navegación, escénicos, ambientales, y muy especialmente como receptor de efluentes contaminados de origen doméstico, industrial o minero.”*<sup>8</sup>

Una fracción significativa de los usos consuntivos retorna al cauce, ya sea en forma puntual o difusa; por lo tanto, la diferencia con el uso no-consuntivo es que no implica un compromiso legal por parte del usuario de devolver un caudal al río.

La DGA distingue entre demandas netas, que corresponden a lo efectivamente consumido y que es evaporado o incorporado al producto, y las demandas brutas, que corresponden al caudal total captado en el río. La diferencia entre ambas constituye el caudal que retorna al sistema hidrológico. Para los usos

<sup>8</sup> “Efectos Ambientales Derivados del Uso de Recursos Hídricos en Chile”, H. Peña en “Perfil Ambiental de Chile”, CONAMA, 1994

doméstico y agrícola los caudales de retorno pueden ser del orden del 70%. Los usos industrial y minero presentan una diversidad de situaciones. Según la DGA, en ambos sectores se observa un creciente desarrollo tecnológico orientado a mejorar la eficiencia y reducir los caudales devueltos al cauce.

*“Es importante advertir que la reutilización sucesiva del agua que retorna al cauce a lo largo del río mejora sustancialmente la eficiencia de aprovechamiento de los recursos a nivel de la cuenca. De este modo es posible que exista una elevada eficiencia del sistema junto a una gran ineficiencia de los usuarios considerados en forma individual.”<sup>9</sup>*

De acuerdo a evaluaciones recientes realizadas por la DGA, 1999, la cantidad de agua utilizada en el país alcanza aproximadamente a un flujo continuo de 2.000 m<sup>3</sup>/s. De esta cantidad, el 67.8% corresponde a usos hidroeléctricos, o no-consuntivos, y el 32.2% a usos consuntivos. Prácticamente el total de usos no-consuntivos corresponde a la generación de energía hidroeléctrica.

Los usos consuntivos representan en el país un flujo continuo de alrededor de 650 m<sup>3</sup>/s desglosados de la siguiente forma:

- a) El riego equivale al 84.5% de los usos consuntivos, con un caudal medio continuo de 546 m<sup>3</sup>/s utilizados para regar dos millones de hectáreas.
- b) Los usos domésticos equivalen al 4.4%, con un caudal continuo de unos 35m<sup>3</sup>/s.
- c) Los usos industriales equivalen al 7%, con un caudal continuo de 45.5 m<sup>3</sup>/s.
- d) Los usos mineros equivalen al 5%, con un caudal continuo de 32.5 m<sup>3</sup>/s.

Estos promedios nacionales presentan variaciones regionales significativas relacionadas con la extensión latitudinal del país que resulta en una diversidad de climas que van, de norte a sur, desde extremadamente seco a extremadamente lluvioso, lo que a su vez resulta en una diversidad de ecosistemas y de recursos naturales y, por lo tanto, en una distribución regional heterogénea de las actividades productivas y del uso del agua.

Es así que el uso consuntivo del agua en los distintos sectores productivos es variable a lo largo del país. En algunas regiones del país la mayor demanda de agua la ejerce la minería (I<sup>a</sup>, III<sup>a</sup>), en tanto que en otras lo hace el riego (I<sup>a</sup>; IV<sup>a</sup>; VI<sup>a</sup>). En las regiones centro-sur del país (V<sup>a</sup> a IX<sup>a</sup>), así como en las australes (XI<sup>a</sup> y XII<sup>a</sup>) la generación de energía hidroeléctrica representa la mayor demanda de agua.

A nivel nacional la generación de energía también representa, por lejos, el mayor uso de agua y el sector con el mayor crecimiento esperado (145%)<sup>10</sup>, en términos de consumo de agua, entre 1990 y 1999 (a modo de referencia, en el mismo período, el crecimiento esperado del consumo de agua del sector agrícola era de 18,5%, el de agua potable de 24,4%, el industrial de 44,8% y el de la minería de 16,9%)<sup>11</sup>.

Según datos de la DGA (1999), en términos de volúmenes, los usos hidroeléctricos consumen 10.200 litros/habitante/día. Esto equivale aproximadamente a 48 veces el consumo doméstico, 46 veces el minero, 32 veces el industrial y 2.5 veces el agrícola. Dadas estas cifras, es importante considerar que a pesar que la generación de energía hidroeléctrica representa un uso no-consuntivo de las aguas, esto no significa que éste no tenga impactos sobre el recurso, sobre otros usos y/o sobre la disponibilidad para otros sectores productivos. La generación hidroeléctrica tiene impactos cualitativos sobre las aguas al alterar, por partida doble, los flujos naturales de los ríos en el proceso de regulación de caudales: primero, al disminuir el caudal del río para la acumulación de aguas en el embalse y, luego, cuando se libera un importante caudal para la generación de energía. Esta regulación, o des-regulación de los caudales de los ríos, así como de los niveles de los embalses de multiuso, en los períodos estivales o de sequía, compite con otros usos tales como riego, recreación y mantenimiento ecosistémico. Además, al ser almacenadas en grandes embalses, la calidad de las aguas de los ríos puede sufrir graves alteraciones que podrían limitar sus usos posteriores.

<sup>9</sup> H. Peña en “Perfil Ambiental de Chile”, CONAMA, 1994

<sup>10</sup> “Informe País; Estado del Medio Ambiente -1999”, CONAMA, 1999, pg. 93

<sup>11</sup> “Informe País”, CONAMA, 1999

En Chile, la magnitud de los volúmenes involucrados en los diversos usos de las aguas, detallados más arriba en términos de caudales continuos, representa tasas elevadas de consumo en comparación con otros países con niveles semejantes de desarrollo e, incluso, con países desarrollados. Según el Informe País 1999 de la U. De Chile, los volúmenes correspondientes a los diversos tipos de aprovechamiento del agua son los más altos de América Latina, con un valor promedio, según la DGA, de 15.000 l/hab/día. Estos se desglosan en 10.200 para uso hidroeléctrico, 4.060 para agricultura, 310 para uso industrial, 220 para uso minero y 210 para uso doméstico.

Al mismo tiempo, la disponibilidad de agua por persona, desde la Región Metropolitana al norte, es muy pequeña ya que en general es inferior a 1.000 m<sup>3</sup>/hab/año e inclusive, desde la II<sup>a</sup> a III<sup>a</sup> regiones, alcanza cantidades menores a 500 m<sup>3</sup>/hab/año, umbrales considerados como altamente restrictivos para el desarrollo económico de los países.<sup>12</sup>

De hecho, desde la Región Metropolitana al norte, las demandas superan el caudal disponible y sólo han podido ser satisfechas con excedentes – no consumidos – aguas arriba en una cuenca, que son reutilizados reiteradamente aguas abajo a lo largo de los valles. La intensidad de uso de los recursos hídricos en esta misma zona tiene como consecuencia que, durante períodos de extrema sequía,

los sobrantes que llegan al océano son prácticamente nulos en todos los ríos chilenos, desde el extremo norte del país hasta el río Rapel.

La relación demanda / disponibilidad se presenta substancialmente más favorable entre las VI y IX regiones, y de la X Región al sur, la disponibilidad supera ampliamente las demandas.

Según la DGA, en el futuro, este escenario sumamente restrictivo se acentuará debido a los nuevos requerimientos. De acuerdo a una proyección de las demandas hasta el año 2017, los usos doméstico, minero e industrial se duplicarán. Se estima que el uso agrícola del agua puede crecer en aproximadamente un 20%, como resultado de las inversiones orientadas a mejorar la seguridad de abastecimiento de unas 500 mil hectáreas y de la incorporación al riego de otras 500 mil. Con la entrada del gas natural al mercado energético chileno, en 1995, la proyección de los usos hidroeléctricos resulta incierta. A modo de referencia, los análisis anteriores indicaban que, para el año 2017, probablemente los caudales aumentarían diez veces en comparación con los utilizados en la actualidad en generación hidroeléctrica. La DGA estima hoy que, debido a la llegada del gas natural, esta predicción se aplazaría para después del año 2030.

Respecto a los usos del agua y del futuro de la demanda del recurso, Humberto Peña, Director de la DGA, resume así la situación:

*“[En Chile] los recursos hídricos son decisivos para el desarrollo industrial, en especial por el peso de aquellas industrias*

**Cuadro 4: Uso de Agua para Fines Domésticos por Región**

Región	Población (10 <sup>3</sup> hab)	Cobertura (%)	Consumo (bruto)		Dotación (bruta) (1/hab/día)
			10 <sup>6</sup> x m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> / s	
I	331	98	35,5	1,13	294
II	350	99	35,9	1,14	281
III	161	98	23,2	0,74	395
IV	223	98	28,0	0,89	237
V	1.160	96	144,2	4,57	341
RM	5.295	99	586,9	18,6	304
VI	376	97	41,9	1,33	305
VII	437	97	49,2	1,56	308
VIII	1.199	97	108,3	3,43	247
IX	451	98	33,5	1,06	203
X	53	97	44,0	1,4	237
XI	52	98	7,6	0,24	393
XII	139	99	18,7	0,59	369
<b>Subtotal</b>	<b>10.784</b>	<b>98</b>	<b>1.156,9</b>	<b>36,6</b>	<b>294</b>
Rural Conc.	692	79	26,5	0,84	105
<b>Total</b>	<b>11.476</b>	<b>97</b>	<b>1.183,4</b>	<b>37,5</b>	<b>293</b>

Nota: Los totales no incluyen población rural no concentrada, estimada en 1.484.000 habitantes.

Fuente: Basado en MOP-CORFO, 1992, y en información proporcionada por la SISS, 1991

<sup>12</sup> El Banco Mundial y la Organización de las Naciones Unidas consideran que una disponibilidad natural *per cápita* de menos de 1.000 m<sup>3</sup>/año indica una gran escasez de agua, mientras que menos de 2.000 m<sup>3</sup>/año indica un nivel peligrosamente bajo en años de escasa precipitación.

intensivas en (uso de) agua, como las relacionadas con los alimentos, celulosa, y papel, entre otros. Por otra parte, sectores como el minero, por ejemplo, se localizan frecuentemente en zonas áridas, de modo que el agua se convierte en una condicionante decisiva para la materialización de los proyectos. En el caso del norte de Chile, se estima que cada litro por segundo permite la realización de inversiones en nuevos desarrollos mineros por el monto medio de un millón de dólares, y la obtención de dichos recursos hídricos ha tenido en ocasiones, un costo que alcanza hasta el diez por ciento de las inversiones.

Ahora bien, el sector turismo, muy importante en algunas zonas por su dinamismo y por su generación de empleos, está muy ligado a los recursos hídricos, ya sea para el desarrollo de las infraestructuras como para la definición de la oferta turística.

A partir del año 1985 se inició un proceso acelerado e ininterrumpido de crecimiento en el país, lo que ha significado un importante aumento de la demanda [de agua]. Estas nuevas demandas se han abastecido mediante un mejoramiento en las eficiencias de aprovechamiento, la transacción de derechos de agua que estaban subutilizados y el desarrollo de recursos de agua subterráneas. Por ejemplo, el incremento de las solicitudes para la explotación de las aguas subterráneas en la zona de Santiago Norte, donde dicha fuente es el único recurso disponible, alcanza a cinco veces los niveles del año 85, y ha permitido abastecer gran parte de los nuevos requerimientos asociados al desarrollo urbano e inmobiliario, al desarrollo de una agricultura intensiva orientada a la exportación y a las necesidades derivadas en el desarrollo minero exportador e industrial.

En el futuro, los nuevos requerimientos desde Santiago hacia norte deberán abastecerse intensificando los mejoramientos de eficiencia, la búsqueda de recursos de aguas subterráneas en áreas no exploradas, e inclusive, en algunos lugares, mediante la desalinización de agua de mar o de fuentes salobres, como ya está ocurriendo. En otras palabras, el agua tenderá a ser más escasa y, en consecuencia, más cara.

Al sur de Santiago, la situación es claramente más favorable, aún cuando se debe reconocer que el

aprovechamiento productivo del agua comienza a ser competitivo con los requerimientos ambientales de los ecosistemas asociados, los cuales muchas veces son de alto valor por su contribución a la biodiversidad o con los recursos escénicos y turísticos.”<sup>13</sup>

### 3. LA CALIDAD DE LAS AGUAS EN CHILE

La creciente crisis hídrica de nuestro planeta, tanto en términos de escasez del recurso como de su degradación, le está dando un fuerte impulso, en todo el mundo, a la evaluación del estado de las aguas. En Chile esta nueva conciencia respecto al valor, vulnerabilidad y fragilidad de los recursos hídricos nacionales ha gatillado, sin duda muy tardíamente, tanto este proceso de evaluación como de elaboración y promulgación de normas referentes a su calidad.

“La información sobre calidad de aguas en el país se ha generado históricamente con distintos objetivos y mediante la acción de diversas instituciones y empresas. Para su análisis conviene distinguir entre mediciones sistemáticas y datos esporádicos, asociados a estudios y proyectos específicos. Lamentablemente, gran cantidad de información obtenida para fines específicos se encuentra dispersa y resulta en general de muy difícil acceso e interpretación.”<sup>14</sup>

Esta situación descrita en 1993 por Peña y Salazar de la DGA sigue vigente hoy. El investigador que pretende conocer el estado de las aguas del país encuentra hoy esta misma dispersión de documentos y oficinas de distintos servicios públicos que, de una u otra manera, se relacionan con los recursos hídricos. Además, muchas veces la información no está actualizada y menos aún sistematizada.

Tal como lo consigna el “Informe País 1999”, de la U. De Chile, sólo a partir de 1968 se inician monitoreos rutinarios en algunos ríos del país, destinados a conocer la calidad del recurso, principalmente para su uso en riego: “... en un comienzo la operación de esta red fue irregular, ya sea por el número de estaciones, como por el número de parámetros medidos (DGA, 1998).

<sup>13</sup> Diario La Nación Edición Especial, 21/03/2002

<sup>14</sup> “Calidad de las Aguas”, Peña, Salazar, MOP/DGA, S.D.T. N°2, 1993

*En 1982, se desarrolla el estudio “Análisis crítico de la red de calidad de aguas”, cuyo objetivo final fue el de diseñar una red para la generación de información general. A partir de este estudio se establecen claramente los puntos de muestreo, frecuencia y parámetros que serán estudiados (DGA, 1998).”<sup>15</sup>*

De acuerdo a los informes de la DGA, este servicio público actualmente opera, en conjunto con la red hidrométrica nacional, una red de monitoreo de calidad de aguas superficiales constituida por 287 estaciones distribuidas por todo el país. Esta red fue diseñada en 1984 y *“está orientada básicamente a la caracterización general de las aguas y no al monitoreo de situaciones de contaminación específicas.”<sup>16</sup>*

La DGA ha desarrollado un programa de estudio de lagos a partir de 1982 sobre la base del cual se ha puesto en operación una Red Nacional Mínima de Control de Lagos, que involucra el estudio de diez lagos y embalses. Aspectos físicos, químicos y biológicos.

Respecto a las aguas subterráneas, a la fecha no existe una red regular de medición de calidad a lo largo del país y sólo se puede recurrir a estudios de caracterización de los acuíferos desarrollados para fines específicos por empresas o instancias académicas, a nivel de cuencas o de carácter local.

### 3.1 El Concepto de Calidad de las Aguas

*“El agua normalmente transporta sustancias en solución que presentan su propio ciclo en la naturaleza. Ellas son incorporadas mediante procesos tales como la disolución de minerales contenidos en las rocas, el intercambio iónico, procesos de concentración por evaporación y otros. Por esta razón el contenido de sólidos en solución del agua de escorrentía depende de factores geológicos, biológicos, hidrológicos y climatológicos, los cuales se combinan en forma compleja.”<sup>17</sup>*

La constitución química y física de las aguas, lo que llamamos su calidad, presenta una gran variabilidad en la naturaleza. No existe una sola calidad óptima de agua dulce, por ejemplo. Existe una infinita gama de calidades de agua dulce, dependiendo de los factores aludidos en la cita anterior. En términos ecológicos,

esta variabilidad de calidades es fundamental para el desarrollo de diversas comunidades acuáticas en distintos entornos, y es por esto que la calidad de las aguas se evalúa de diferentes maneras, ya sea por sus características químicas y físicas, o por la diversidad de la comunidad biótica que sustenta, o por medio de ciertos indicadores biológicos, pero, en general, la calidad se evalúa en relación al uso que se le quiera dar al recurso.

La contaminación hídrica puede ser definida como la alteración de la calidad del agua que la transforma en una sustancia peligrosa, dañina o letal para los organismos vivos. Esta alteración puede ser natural o artificial. La primera ocurre cuando los minerales – sales – naturalmente disueltos en el agua, por diversos motivos, se concentran y exceden ciertos umbrales que la hacen no-apta para cumplir su función vital en la fisiología de los organismos, desde los microscópicos, a plantas y animales. La contaminación artificial es provocada por el ser humano al usar las aguas en forma directa o como receptora de desechos de actividades domésticas, agrícolas e industriales. El vertido de aguas servidas domésticas o de residuos líquidos industriales a los cuerpos de agua degradan la calidad del recurso al concentrar en éste elementos tales como gérmenes patógenos o materia orgánica, o al cargarlo de productos tóxicos.

### 3.2 La Normativa

Actualmente, el cuerpo legal que regula el efecto de las actividades productivas sobre el medio ambiente, es la Ley N° 19.300 “Sobre Bases Generales del Medio Ambiente”, publicada en marzo de 1994. Esta ley crea un conjunto de instrumentos para la protección, prevención y control del medio ambiente, tales como las normas ambientales, planes de descontaminación y prevención, y el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

Respecto a los recursos hídricos, aún están en trámite las normas de calidad para la protección de las aguas

<sup>15</sup> “Informe País”, CONAMA, 1999

<sup>16</sup> “Calidad de las Aguas”, Peña, Salazar, MOP/DGA, SDT N°2, 1993

<sup>17</sup> idem



continentales superficiales<sup>18</sup> cuya propuesta se presenta más abajo.

Respecto de las aguas marinas, información reciente emanada desde CONAMA indica que el proyecto de decreto que establece las normas de calidad de las aguas marinas, está listo en este servicio público para ser presentado al Consejo de Ministros y de ahí pasará a la Contraloría, donde se supone que sería tramitado rápidamente, ya que el decreto estaría muy afinado.

Respecto a las aguas subterráneas, también está muy avanzado un proyecto de decreto que establecería normas de emisiones a los acuíferos, así como para su protección. Según fuentes de CONAMA se ha considerado que no tiene sentido establecer una norma de calidad de las aguas subterráneas, equivalente a la norma de calidad de las aguas superficiales en trámite, porque si un acuífero no cumple la norma establecida sería prácticamente imposible restaurar su calidad e identificar las causas, tanto naturales como artificiales, de contaminación, y sus fuentes. La CONAMA y la DGA estarían optando por un sistema de prevención y protección de los acuíferos, de acuerdo a un *Manual para Cálculo de Vulnerabilidad de Acuíferos* que estaría desarrollando la DGA, a través del cuál se regularían, en forma estricta, las actividades contaminantes sobre las zonas de mayor riesgo de infiltración sobre los acuíferos.

Respecto a los cursos de agua, llama la atención que se hayan promulgado normas de emisión de contaminantes a aguas marinas y continentales superficiales, así como a sistemas de alcantarillado, antes de normar la calidad de las aguas en sus cauces y cuerpos superficiales naturales. Esto podría producir problemas, posteriormente, en relación a la calidad de las emisiones que ya han sido autorizadas sin referencia a la calidad que se debe mantener en los cauces o cuerpos de agua receptores de la contaminación. De este modo, una vez autorizadas las normas de calidad de las aguas superficiales, las normas de emisión ya autorizadas podrían resultar demasiado permisivas o demasiado restrictivas, dependiendo del caso.

*“Las normas primarias de calidad ambiental... son aquellas que establecen los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones,*

*vibraciones, ruidos, o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o salud de la población, definiendo los niveles que originan situaciones de emergencia. Ellas tienen aplicación en todo el territorio de la República. A su vez, las normas secundarias de calidad ambiental, son aquellas que establecen los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza.”*<sup>19</sup> El decreto supremo que establece las normas debe señalar el ámbito territorial de su aplicación.

La ley establece que las entidades gubernamentales pertinentes, entre las cuales figura en forma prominente la DGA, deberán fijar los valores que permitirán determinar las normas primarias y secundarias de calidad ambiental.

Es así como el Gobierno de Chile, a través de la Secretaría General de Presidencia y de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, está desde el año 1998 en el proceso de establecer normas primarias y secundarias de calidad ambiental de las aguas continentales superficiales. Estas normas *“tienen por objetivo general proteger, mantener y recuperar la calidad de las aguas continentales superficiales de manera de salvaguardar la salud de las personas, el aprovechamiento del recurso, la protección y conservación de las comunidades acuáticas y de los ecosistemas lacustres, maximizando los beneficios sociales, económicos y medioambientales.”*<sup>20</sup>

<sup>18</sup> Funcionarios de la CONAMA han comunicado informalmente que la propuesta de Normas de Calidad para la Protección de Aguas Continentales Superficiales ha sido retirada de la Contraloría Gral. de la República por la SEGPRES, y que solamente las Normas Primarias serían reingresadas a Contraloría para la toma de razón. Las Normas Secundarias serían publicadas como Instructivo Presidencial, porque según la Contraloría, lo que ha sido presentado corresponde más a un reglamento para establecer normas que a una Norma propiamente tal. La Norma Secundaria será regional, e incluso específica a cada río. Actualmente, a través de un proceso participativo, se está definiendo, por secciones, las ‘calidades objetivo’ de los ríos en relación a las cuales se definirá la Norma de Calidad Secundaria de las aguas.

<sup>19</sup> “Informe País”, CONAMA, 1999

<sup>20</sup> Decreto N° 87/01 del 10 de Octubre del 2001 (fecha ingreso a Contraloría), República de Chile, Ministerio SEGPRES

El decreto propuesto por la Secretaría General de la Presidencia, para establecer “*las normas primarias de calidad ambiental de las aguas continentales superficiales en el territorio de la República, aptas para la recreación con contacto directo y para el riego de frutas y hortalizas que se desarrollan a ras de suelo y que habitualmente se consumen sin proceso de cocción*”, fija los rangos de 29 parámetros (cuadro 5), agrupados en seis categorías:

- 1) Indicadores físicos y químicos;
- 2) Inorgánicos;
- 3) Orgánicos;
- 4) Orgánicos plaguicidas;
- 5) Metales; e
- 6) Indicadores microbiológicos.

Las normas secundarias de calidad ambiental “*para las aguas aptas para la protección y conservación de las comunidades acuáticas y los usos prioritarios, es decir, captación de agua para potabilizarla, riego irrestricto, riego restringido, bebida para animales, acuicultura y pesca deportiva y recreativa*”, fija los rangos de 61 parámetros (cuadro 6) para cuatro clases de calidad de agua: Clase de Excepción (de extraordinaria pureza y escasez, patrimonio ambiental de la República), y Clases 1 (muy buena), 2 (buena), y 3 (regular), aptas para usos de calidad decreciente.

Los 61 parámetros para la norma secundaria están agrupados en siete categorías:

- 1) Indicadores Físicos y Químicos;
- 2) Inorgánicos;
- 3) Orgánicos;
- 4) Orgánicos Plaguicidas;
- 5) Metales Esenciales (disuelto);
- 6) Metales No Esenciales (disuelto); y
- 7) Indicadores Microbiológicos.

La definición de *Calidad Natural* que se presenta en el decreto demuestra las dificultades que entraña tratar de establecer lo que es la calidad del agua: “*Es la unidad o concentración de un compuesto o elemento en el cuerpo y/o curso de agua continental superficial, que corresponde a la situación original del agua sin intervención antrópica más las situaciones permanentes, irreversibles o inmodificables de origen antrópico. Esta calidad será de conocimiento público y será determinada por la Dirección General de Aguas y/o por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante*”.

**Cuadro 5: Normas Primarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales**

Grupo de Compuestos o Elementos	Valor	Unidad
<b>Indicadores Físicos y Químicos</b>		
Color	100	escala Pt-Co
pH (1)	6,0-8,5	Unidad
Transparencia (disco Secchi) (2)	1,20	m
<b>Inorgánicos</b>		
Cianuro	0,2	mg/L
<b>Orgánicos</b>		
Aceites y grasas emulsificadas	10	mg/L
Bifenilos y policlorados (PCBs)	0,04	µg/L
Índice de fenol	0,05	mg/L
Diclorometano	0,02	mg/L
Hidrocarburos	0,05	mg/L
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	0,2	µg/L
Tetracloruro de carbono	0,002	mg/L
<b>Orgánicos Plaguicidas</b>		
Ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4-D)	0,1	mg/L
Aldrín (3)	0,03	µg/L
Atrazina	0,06	mg/L
Carbofurano	1,7	µg/L
Clordano	0,3	µg/L
Clorotalonil (3)	0,2	µg/L
Cyanazina	0,5	µg/L
Dieldrín (3)	0,7	µg/L
Heptaclor (3)	0,1	µg/L
Lindano (3)	4	µg/L
Simazina	0,05	mg/L
Trifluralina	0,1	µg/L
<b>Metales</b>		
Arsénico	0,05	mg/L
Cadmio	0,01	mg/L
Cromo hexavalente	50	µg/L
Mercurio	1	µg/L
Plomo	0,05	mg/L
<b>Indicadores Microbiológicos</b>		
Coliformes Feclaes (NMP)	1000	coliformes fecales / 100 ml.

(1): El pH está expresado en términos de concentración mínima y máxima

(2): Expresado en términos de valor mínimo

(3): Con prohibición de uso agrícola establecido por el Servicio Agrícola Ganadero.

Fuente: Decreto N° 87/01, Establece Normas de Calidad para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales, Stgo., 2001. Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, República de Chile

**Cuadro 6: Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales**

Grupo de Compuestos o Elementos	Unidad	Clase de Excepción	Clase 1	Clase 2	Clase 3
<b>Indicadores Físicos y Químicos</b>					
Cobductividad eléctrica	μS/cm	<600	750	1.500	2.250
DBO5	mg/L	<2	5	10	20
Color aparente	Pt-Co	<16	20	100	>100
Oxígeno disuelto (1)	mg/L	>7,5	7,5	5,5	5
pH (2)	Unidad	6,5-8,5	6,5-8,6	6,5-8,7	6,5-8,8
RAS (3)	-	<2,4	3	6	9
Sólidos dicueltos	mg/L	<400	500	1.000	1.500
Sólidos suspendidos	mg/L	<24	30	50	80
Temperatura	ΔT°C	<,5	1,5	1,5	3
<b>Inorgánicos</b>					
Amonio	mg/L	<,5	1	1,5	2,5
Cianuro	μg/L	<4	5	10	50
Cloruro	mg/L	<80	100	150	200
Fluoruro	Mg/L	<0,8	1	1,5	2
Nitrito	mg/L	<0,05	0,06	>0,06	>0,06
Sulfato	mg/L	<120	150	500	1000
Sulfuro	mg/L	<0,04	0,05	0,05	0,05
<b>Orgánicos</b>					
Aceites y grasas	mg/L	<4	5	5	10
Bifenilos policlorados (PCBs)	μg/L	*	0,04	0,045	>0,045
Detergentes (SAAM) (5)	mg/L	<0,16	0,2	0,5	0,5
Índice de fenol	μg/L	<1,6	2	2	10
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	μg/L	<0,16	0,2	1	1
Hidrocarburos	mg/L	<0,04	0,05	0,2	1,0
Tetracloroetano	mg/L	*	0,26	0,26	>0,26
Tolueno	mg/L	*	0,3	0,3	>0,3
<b>Orgánicos Plaguicidas</b>					
Ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4-D)	μg/L	*	4	4	100
Aldicarb (6)	μg/L	*	1	11	11
Aldrín (3)	μg/L	*	0,004	0,004	0,7
Atrazina + N-dealkyl metabolitos	μg/L	*	1	1	1
Captán	μg/L	*	3	10	10
Carbofurano	μg/L	*	1,65	45	45
Clordano (6)	μg/L	*	0,006	0,006	7
Clorotalonil	μg/L	*	0,2	6	6
Cyanazina	μg/L	*	0,5	0,5	10
Demetón	μg/L	*	0,1	0,1	0,1
DDT (6)	μg/L	*	0,001	0,001	30
Diclofop-metil	μg/L	*	0,2	0,2	9
Dieldrín (6)	μg/L	*	0,5	0,5	0,5
Dimetoato	μg/L	*	6,2	6,2	6,2
Heptaclor (6)	μg/L	*	0,01	0,01	3
Lindano	μg/L	*	4	4	4
Paratión	μg/L	*	35	35	35
Pentaclorofenol (7)	μg/L	*	0,5	0,5	0,7
Simazina	mg/L	*	0,005	0,1	0,01
Trifluralina	μg/L	*	0,1	45	45

Cuadro 6 continúa en la página siguiente:

## Continuación del Cuadro 6: Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales

Metales Esenciales (disuelto)					
Boro	mg/L	<0,4	0,5	0,75	0,75
Cobre (8)	µg/L	<7,2	9	200	1000
Cromo total	µg/L	<8	10	100	100
Hierro	mg/L	<0,8	1	5	5
Manganeso	mg/L	<0,04	0,05	0,2	0,2
Molibdeno	mg/L	<0,008	0,01	0,15	0,5
Níquel (8)	µg/L	<42	52	200	200
Selenio	µg/L	<4	5	20	50
Zinc (8)	mg/L	<0,096	0,12	1	5
Metales no Esenciales (disuelto)					
Aluminio	mg/L	<0,07	0,09	0,1	5
Arsénico	mg/L	<0,04	0,05	0,1	0,1
Cadmio (8)	µg/L	<1,8	2	10	10
Estaño	µg/L	<4	5	25	50
Mercurio	µg/L	<0,04	0,05	0,05	1
Plomo (8)	mg/L	<0,002	0,0025	0,2	5
Indicadores Microbiológicos					
Coliformes Feclaes (NMP)	gérmenes / 100 ml	<10	1.000	2.000	5.000
Coliformes Feclaes (NMP)	gérmenes / 100 ml	<200	2.000	5.000	10.000

\*: La determinación de estos compuestos o elementos deberá estar bajo el límite de detección del instrumental analítico más sensible.

(1): Expresado en términos de valor mínimo.

(2): Expresado en términos de valor máximo y mínimo.

(3): Razón de adsorción de sodio (RAS). Relación utilizada para expresar la actividad relativa de los iones sodio en las reacciones de intercambio con el suelo. Cuantitativamente como miliequivalentes:

$$RAS = Na / [(Ca + Mg) / 2]^{1/2}$$

en que, Na, Ca y Mg son respectivamente las concentraciones, en miliequivalentes por litro, de iones sodio, calcio y magnesio.

(4): Diferencia de temperatura entre la zona monitoreada y la temperatura natural del agua.

(5): Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)

(6): Con prohibición de uso agrícola establecida por el Servicio Agrícola Ganadero.

(8): Las concentraciones de estos compuestos o elementos para las clases de excepción y la clase 1, son calculados para una dureza de 100 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Para otras durezas, la concentración máxima del compuesto o elemento, para la clase 1, expresada en microgramos por litro, se determinará de acuerdo a las fórmulas siguientes. Para la clase Excepción el cálculo se obtendrá a partir del 80% del valor obtenido en la clase 1.

Fuente: Decreto N° 87/01, Establece Normas de Calidad para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales, Stgo., 2001.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, República de Chile

En primer lugar, llama la atención que no se intente definir una fórmula estándar de agua pura, un patrón absoluto de calidad. Esto no es fácil, tal vez ni siquiera deseable, dada la variabilidad natural de las calidades de las aguas en la naturaleza pero, teóricamente, el agua de un manantial con características de Clase de Excepción se podría analizar mediante el instrumental analítico más sensible, transformando la fórmula resultante en el estándar. Sin duda, esto crearía problemas ya que sólo un porcentaje mínimo de las aguas del territorio serían idénticas al estándar, haciéndolo muy difícil de alcanzar.

En segundo lugar, también es interesante que tratándose justamente de la definición de calidad *natural* de las aguas, se diga “que corresponde a la situación original del agua sin intervención antrópica” para agregar a renglón seguido “más las situaciones permanentes, irreversibles o inmodificables de origen antrópico.” Es decir, los legisladores se ven en la necesidad de asumir que prácticamente no existen cursos de agua que no tengan intervención antrópica. En efecto, hasta un curso o cuerpo de agua en la alta cordillera, o en alguna localidad remota, puede estar recibiendo material particulado o elementos químicos de origen humano transportados por el aire.

Por estos mismos motivos en el decreto se define una *calidad objetivo*: “Es la meta de calidad para el recurso que se desea mantener o alcanzar en un determinado período. La calidad objetivo corresponde a una de las clases de calidad a que hacen mención los artículos 6° y 8° del presente decreto, o a alguno de los estados tróficos para la protección de los cuerpos lacustres señalados en el artículo 13°. La calidad objetivo será determinada sobre la base de los usos prioritarios actuales, potenciales o futuros, la existencia de comunidades acuáticas, la calidad existente al iniciarse el proceso de implementación de la calidad objetivo y el nivel de trofia que se desee conservar o recuperar para el caso de los cuerpos lacustres. Asimismo, en dicho proceso se considerará la calidad natural del recurso y criterios sitio-específicos como la sensibilidad de las especies a las condiciones del medio natural en que habitan, las características físicas y químicas particulares del lugar que alteran la biodisponibilidad, la toxicidad y/o la existencia de recursos hídricos con características únicas, escasas y representativas.”

Queda claro que la calidad del agua es un concepto dinámico y que la calidad concreta, en las aguas, depende de un elevado número de factores ambientales que actualmente incluyen la intervención antrópica en forma predominante.

Para determinar la aptitud de un agua para un cierto uso, es necesario evaluar la presencia de elementos que pueden encontrarse presentes en cantidades muy reducidas, llamados micro-elementos. En Chile es necesario monitorear rigurosamente el arsénico, el boro y algunos metales pesados, tales como el cobre, el molibdeno, el manganeso y el fierro. Tal como lo aclara la DGA en su informe de 1999, los metales pesados “son fijados en una alta proporción por los sedimentos que arrastran las aguas, así es que los análisis desarrollados filtrando las muestras de sedimentos resultan muy distintos a los obtenidos extrayendo los minerales transportados en el material particulado. La conveniencia de adoptar una u otra forma de determinación ha sido motivo de polémica entre los especialistas y no existe en la actualidad un procedimiento único.”<sup>21</sup>

Aún más difícil es la detección y monitoreo de la contaminación difusa, es decir de elementos y compuestos químicos extremadamente tóxicos o peligrosos utilizados, sobre todo, en la agricultura. Pero también están presentes en otras industrias pudiendo tener graves efectos sobre la biota, aún cuando, en cantidades muy reducidas, estén presentes naturalmente en el ambiente o en las aguas. Muchas veces, estos productos alcanzan los cursos en forma indirecta, es decir, por escurrimiento y filtración desde los suelos donde han sido depositados. Otras, los compuestos se producen en las aguas mismas por la interacción de elementos químicos que actúan como precursores, que son vertidos desde fuentes puntuales de contaminación. El control de estas sustancias secundarias es extremadamente difícil porque nadie los vierte ni produce en forma puntual. Además, detectarlos exige la utilización de instrumentos de alta tecnología, tales como los detectores de captura de electrones o espectro-cromatógrafos de alta sensibilidad, y laboratorios de primera línea donde se analicen los datos obtenidos.

<sup>21</sup> Calidad de la Aguas, Peña y Salazar, MOP/DGA, S.D.T. N°2, 1993

Con relación a esto, la propuesta de decreto de norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales lista 19 orgánicos plaguicidas y dos orgánicos que, por lo menos en la Clase de Excepción, deben estar “*bajo el límite de detección del instrumental analítico más sensible*”. Los rangos de estos compuestos permitidos para las otras tres clases pueden ser cuestionados hoy o en el futuro ante la constatación de que, aún en esos rangos, tienen efectos deletéreos para la salud humana, tal como ha sucedido en el pasado con este tipo de compuestos químicos. Llama la atención, en este sentido, que varios de los orgánicos plaguicidas cuya presencia es permitida en muy pequeñas cantidades por la norma para las clases de calidad de aguas 1, 2 y 3, han sido prohibidos para su uso agrícola por el Servicio Agrícola Ganadero. Las tres clases, sin embargo, permiten la potabilización de estas aguas.

El Gobierno de Chile ha publicado en el Diario Oficial del 7 de Marzo de 2001 el Decreto N° 90 del 30 de Mayo del 2000, que “***Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.***” Tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores. Según el decreto, cumpliendo estas normas “*se logra mejorar sustancialmente la calidad ambiental de las aguas, de manera que éstas mantengan o alcancen la condición de ambientes libres de contaminación, de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República.*”

La norma establece la concentración máxima de contaminantes permitida para residuos líquidos descargados por las fuentes emisoras a cuatro categorías de cuerpos de agua:

- a) cuerpos de aguas fluviales; 35 parámetros
- b) cuerpos de aguas fluviales considerando la capacidad de dilución del receptor; 35 parámetros
- c) cuerpos de agua lacustres; 31 parámetros
- d) cuerpos de agua marinos dentro de la zona de protección litoral; 29 parámetros

- e) cuerpos de agua marinos fuera de la zona de protección litoral; 25 parámetros

El Decreto n° 609/98 (Publicado D.O. 20/07/98) que establece la “***Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Industriales Líquidos a Sistemas de Alcantarillado***”, aplicable a todo el territorio nacional, “*tiene por objetivo mejorar la calidad ambiental de las aguas servidas crudas que los servicios públicos de disposición de éstas, vierten a los cuerpos de agua terrestres o marítimos mediante el control de los contaminantes líquidos de origen industrial, que se descargan en el alcantarillado. Con lo anterior se logra que los servicios públicos de disposición de aguas servidas dispongan aguas residuales con un bajo nivel de contaminación, protegiendo así los cuerpos de agua receptores.*”

La norma también pretende proteger los sistemas mismos de alcantarillado y, sobre todo, las plantas de tratamiento de aguas servidas. Algunos residuos industriales líquidos podrían “*producir interferencias con los sistemas de tratamiento de aguas servidas, o dar lugar a la corrosión, incrustación, u obstrucción de las redes de alcantarillado o a la formación de gases tóxicos o explosivos en las mismas, u otros fenómenos similares.*” La norma también pretende evitar que elementos contaminantes puedan ser liberados al medio ambiente urbano por accidentes del sistema de alcantarillado.

La norma establece límites máximos permitidos para descargas de efluentes que se efectúen a redes de alcantarillado que no cuenten con plantas de tratamiento de aguas servidas y límites máximos permitidos para descargas de efluentes que se efectúan a redes de alcantarillado que cuenten con plantas de tratamiento de aguas servidas (25 parámetros). También establece los límites máximos de emisión de elementos contaminantes específicos de diversas actividades productivas, por rubros. La norma establece los sistemas de control, las condiciones para la extracción de muestras, los criterios de cumplimiento o incumplimiento de la norma y los métodos de análisis de las muestras, así como las responsabilidades de fiscalización de instancias públicas tales como la Superintendencia de Intendencia de Servicios Sanitarios (SISS), Servicios de salud y Municipalidades.

### 3.3 La Institucionalidad

Las instituciones responsables de la gestión y uso de las aguas en Chile son.

La Dirección General de Aguas, y sus dependencias, y la Dirección de Obras Hidráulicas, ambas dependientes del Ministerio de Obras Públicas

La Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).

La Comisión Nacional de Riego (CNR).

La Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).

La Corporación Nacional Forestal (CONAF) y el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), ambas agencias dependientes del Ministerio de Agricultura.

El Instituto Nacional de Desarrollo Agropecuario (INDAP).

La Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante (DIRECTEMAR) y

el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), ambos dependientes de la Armada de Chile.

La Dirección Meteorológica de Chile (DMC), dependiente de la Fuerza Aérea de Chile.

El Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN), en el campo de la hidrogeología.

En relación a la investigación, desarrollo e información respecto de los recursos hídricos, cabe mencionar las siguientes instituciones:

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

El Comité Nacional para el Programa Hidrológico Internacional de UNESCO, CONAPHI, Chile.

El Centro EULA-Chile, de la Universidad de Concepción.

Grupos de estudio de las Universidades de Chile, de Talca, Católica de Chile y Austral de Chile.

Especialistas de la CEPAL y otros centros de estudio independientes.

## 4. CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD NATURAL DE LAS AGUAS DE CHILE

### 4.1 Aguas Superficiales

Tal como ya se ha dicho, la calidad de las aguas naturales superficiales presenta una gran variabilidad a lo largo del territorio nacional. Una de las características fundamentales de nuestras aguas es

que son marcadamente salinas en las zonas áridas del norte del país, situación que se atenúa hacia las regiones australes, más húmedas.

Según información de la DGA las aguas del Norte Grande, en general, se caracterizan por su alto contenido salino, que es medido en términos de conductividad y que fluctúa en la zona entre  $umhos\ cm^{-1}$  y  $2.000\ umhos\ cm^{-1}$ , y que en ocasiones supera esta extrema concentración salina. Las cuencas con aguas más salinas son las de los ríos Lluta, Camarones y Loa. Las de los ríos San José, Quebrada de Tarapacá y otras cuencas altiplánicas registran concentraciones menores.

*“En el Norte Grande frecuentemente los ríos muestran un notable deterioro de la calidad de sus aguas a lo largo de su recorrido, fenómeno que tiene causas naturales y antropogénicas. Entre las causas naturales se tiene la disolución de sales contenidas en formaciones geológicas que son interceptadas por el cauce, el aporte de aguas de inferior calidad y la existencia en los cursos medios e inferiores de áreas con niveles freáticos próximos a la superficie, lo que produce una concentración de las sales por evaporación desde el suelo húmedo. También desempeñan un papel significativo en el fenómeno las labores agrícolas, debido a la evaporación que ellas implican y a los procesos de lixiviación de las sales contenidas en los suelos”<sup>22</sup>*

Según la DGA algunos ríos constituyen casos excepcionales: el río Lluta con aguas extraordinariamente ácidas ( $pH < 3$ ), debido a afluentes asociados a actividad volcánica y a elevadas concentraciones de sales, especialmente compuestos de boro; las nacientes del río Salado Chico, cuenca del Loa con aportes de los geysers del Tatio, con conductividades superiores a  $10.000\ umhos\ cm^{-1}$ ; el río Loa, salinizado por causas naturales y antrópicas, estas últimas, tales como la influencia de actividades agrícolas y la extracción de las aguas de buena calidad de los afluentes para uso doméstico, impiden la dilución de la salinidad.

<sup>22</sup> “Calidad de las Aguas”, Peña y Salazar, MOP/DGA, S.D.T. N°2, 1993

Según la DGA, en el Norte Chico el contenido salino es menor, aunque en los cursos inferiores de los ríos suele aumentar, al punto de imponer restricciones al uso de sus aguas, tal como sucede en los ríos Copiapó, Huasco, Elqui y Limarí.

En general, tanto en el Norte Grande como en el Chico, el contenido de sales aumenta en los cursos medios e inferiores de los valles.

En la zona central la calidad del agua en relación a la salinidad mejora notablemente y desde la VIIIª Región al sur las abundantes precipitaciones permiten una excelente calidad de las aguas superficiales. El río Maipo presenta una situación anómala, con altas concentraciones de sulfatos, calcio y manganeso y altas conductividades, atribuidas por la DGA a características geológicas de la alta cordillera que atraviesa el río, con formaciones marinas y rocas ígneas producto de volcanismo reciente. Otra vez, contrariamente a la tendencia general, la salinidad del río Maipo disminuye aguas abajo.

La calidad de las aguas de los ríos tiene variaciones:

- temporales: que pueden ser de corto plazo y se asocian a crecidas del tipo altiplánico que implican un aumento de la salinidad al comienzo del fenómeno y una disminución posterior, o
- estacionales: implican el incremento de la salinidad de las aguas durante los períodos de caudales bajos, cuando las aguas subterráneas sustentan la escorrentía, y su disminución durante el período de crecidas, sean estas de origen pluvial o nival. Las variaciones estacionales son menos significativas en la medida que las calidades de escorrentía superficial y subterránea se asemejen.

Estudios realizados por diversas instancias han constatado los altos contenidos de arsénico (As) en las aguas del Norte Grande, según la DGA, asociado al volcanismo cuaternario altiplánico. Ejemplos de esto son algunos afluentes a las quebradas de Camarones, Camiña, Tarapacá y Aroma, y a los ríos Isluga y Loa. En esta zona, para potabilizar el agua, ha sido

necesario realizar inversiones elevadas para abatir este microelemento. En el Norte Chico, se detecta arsénico pero en concentraciones consideradas aceptables. Existen especialistas, como Andrei Tchernitchin, Presidente de la Comisión de Medio Ambiente del Colegio Médico, quien ha advertido públicamente que las normas chilenas respecto al arsénico son demasiado permisivas.

El río Loa, las quebradas de Camarones, Tarapacá y Aroma y los ríos Isluga y Collacagua también tienen un alto contenido de boro que, según la DGA, tiene su origen en la actividad volcánica y en depósitos evaporíticos. En el Norte Chico este microelemento se encuentra presente en las aguas en menores concentraciones pero igualmente en cantidades que limitan su uso. De Santiago al sur el problema tiende a desaparecer.

Respecto a los metales pesados, se ha detectado cobre en la mayoría de los ríos de la zona central – Elqui, Aconcagua, Maipo y Rapel -. A pesar de que las cuencas de todos estos ríos están expuestas a faenas de extracción de este metal, según la DGA, no hay claridad si estas concentraciones responden a una condición natural o a un efecto de la minería. También se encuentra hierro en las aguas de los ríos de la zona central, con una distribución espacial relativamente similar a la del cobre, pero con concentraciones significativas en regiones australes, tales como la IXª Región.

## 4.2 Aguas Subterráneas

Tal como ya se dijo, no se han realizado estudios sistemáticos para evaluar la calidad de las aguas subterráneas a lo largo del país. Sólo se cuenta con investigaciones locales, realizadas por motivos específicos, y que han considerado sólo algunos parámetros de calidad.

Las características químicas de las aguas subterráneas dependen de las condiciones de recarga del acuífero, así como de los procesos físicos y químicos que se desarrollen en él dependiendo de su entorno.

La DGA estima que en general, en Chile, las aguas superficiales y las subterráneas interactúan en forma importante, de modo que la calidad del agua subterránea



sigue de cerca las tendencias de las aguas superficiales que la recargan, aún cuando generalmente el agua subterránea tiene niveles de sólidos disueltos superiores, debido a su confinamiento. Cuando ambas son semejantes en calidad, el efecto de regulación que ejercen las aguas subterráneas atenúa la fluctuación estacional y de corto plazo de la calidad de las aguas superficiales.

Esta interacción entre las aguas subterráneas y superficiales implica que el contenido de sales de las primeras aumenta en forma importante hacia el norte y mantiene valores muy bajos al sur de Santiago. El contenido de arsénico y boro también muestra una distribución semejante al de las aguas superficiales.

Los acuíferos del Norte Grande presentan una gran variabilidad en términos de la calidad de las aguas, que es determinada por la geología de la zona y de varios otros procesos químicos y físicos, incluyendo sus niveles de confinamiento o de recarga.

La DGA menciona como preocupación que las aguas subterráneas se usen como fuente de abastecimiento para uso doméstico: naturalmente contienen fierro y manganeso, los que se distribuyen en forma heterogénea a lo largo del país, alcanzando concentraciones muy superiores (16 veces, en el caso del fierro, y 50 veces, en el del manganeso) a los niveles máximos aceptados por la norma chilena.

## 5. LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS EN CHILE

En relación con la contaminación hídrica, los documentos técnicos distinguen tres elementos: la fuente contaminante, el cauce o cuerpo receptor y el impacto que tiene sobre los usos potenciales de las aguas.

Las fuentes contaminantes se clasifican en:

- a) Localizadas: aguas servidas de origen doméstico;
- b) Residuos industriales y mineros; y
- c) Difusas o no-puntuales: pesticidas y fertilizantes.

El cuerpo receptor puede ser un cauce superficial (ríos, esteros, canales de regadío), un lago o embalse, o un

acuífero. El cuerpo receptor *“puede actuar de múltiples formas sobre la carga contaminante, entre ellas se puede señalar que produce un retardo en el impacto, diluye la concentración y transforma el contaminante a través de procesos físicos, químicos y biológicos”*<sup>23</sup>, *“tales como la auto-purificación, atenuación, y bioacumulación, entre otros.”*<sup>24</sup>

La DGA destaca la situación del océano como cuerpo receptor, ya que recibe, sin considerar el aporte de los ríos, *“aproximadamente un 25% de los residuos domésticos, prácticamente el 100% de los residuos industriales líquidos (RIL) de la industria pesquera y otras descargas industriales de ciudades del norte del país, de Valparaíso y Viña del mar y de la zona de Concepción.”*<sup>25</sup>

Nora Cabrera, en su informe de 1994, agrega que *“las aguas marinas son afectadas directamente por la descarga de aguas residuales domésticas e industriales, y las derivadas de actividades agrícolas o forestales (descargas no puntuales), que llegan directamente al mar sin tratamiento adecuado en las principales ciudades costeras, o en forma indirecta a través de las hoyas hidrográficas que reciben a su paso el mismo tipo de descargas.”*

Por otro lado, “El Informe País” 1999 indica que, según informes de la DGA de 1998, la descarga de contaminantes ha sido creciente en los principales lagos del país. La evolución de la cantidad de fósforo total, nitrógeno total y de oxígeno disuelto en sus aguas muestran que muchos de estos lagos están en proceso de eutroficación.

### 5.1 Contaminación de las Aguas Superficiales

Debido a su configuración geográfica, Chile se caracteriza por el tamaño reducido de las cuencas hidrográficas, así como por el corto recorrido y pronunciada pendiente de los ríos. El sistema de valles transversales implica, además, que los sistemas

<sup>23</sup> “Calidad de las aguas”, Peña y Salazar, MOP/DGA, S.D.T. N°2, 1993

<sup>24</sup> “Estado de las Aguas Continentales y Marinas de Chile”, Nora Cabrera, en “Perfil Ambiental de Chile”, CONAMA, 1994

<sup>25</sup> “Calidad de las Aguas”, Peña y Salazar, MOP/DGA SDT N°2, 1993

hidrográficos se encuentren relativamente aislados unos de otros. Estas características hacen que los problemas de contaminación sean más puntuales y específicos a las regiones o zonas del país y en directa relación con las diferentes actividades productivas que se desarrollan en éstas.

En el sur de Chile, estas características, sumadas a los importantes caudales de los ríos australes, favorecen la auto-purificación de los cursos de agua y la dilución de los contaminantes. Por otro lado, de Santiago al norte, la escasa disponibilidad de recursos hídricos y la magnitud de las extracciones que se realizan para diversos usos hacen que los problemas de contaminación sean más graves, la capacidad de dilución de contaminantes muy baja y, por lo tanto, *“se tenga una situación de alta vulnerabilidad frente a los procesos de contaminación.”*<sup>26</sup>

### **5.1.1 Contaminación de las Aguas Superficiales por Aguas Servidas Domésticas y por Residuos Industriales Líquidos Vertidos a los Sistemas de Alcantarillado**

Las aguas servidas domésticas constituyen una fuente de contaminación de las aguas debido a su potencialmente elevado contenido de sólidos en suspensión, materia orgánica, microorganismos patógenos (virus, bacterias y helmintos) y nutrientes (compuestos ricos en nitrógeno y fósforo).

Las cantidades de aguas servidas aumentan en directa proporción con la densidad poblacional. En el país la población se concentra en forma mayoritaria en algunas cuencas. De norte a sur: Copiapo, Elqui, Aconcagua, Maipo/Mapocho, Rapel, Maule, Biobío, Valdivia, Toltén, Bueno, etc. con la consecuencia que estos son los ríos más contaminados con aguas servidas, y lo mismo se aplica a los bordes costeros donde estos ríos desembocan.

En el informe “Estado de las Aguas Continentales y Marinas de Chile”, publicado por CONAMA en 1994, Nora Cabrera plantea que *“para evaluar el estado del medio acuático es necesario abordar la situación en forma global e integrada, analizando los distintos factores que pueden influir en el deterioro de su calidad, diferentes vías de transporte de descargas (como lanzamientos directos o indirectos), y procedencias de*

*sistemas distintos (como aire, tierra y mar).”* La investigadora de la SISS constató que las descargas de origen doméstico y las de origen industrial, minero y agrícola, son las que más contribuyen a deteriorar la calidad del medio acuático en el país, tanto en la costa como en ríos y cuerpos de agua. Sin embargo, el estudio no abordó la contaminación con pesticidas, los problemas de erosión y la contaminación asociada a las faenas de extracción y refinamiento de petróleo.

Respecto al procedimiento de evaluación, se identificaron y cuantificaron los orígenes de las principales fuentes de desechos. Cabrera explica que la localización se realizó geográficamente. Las unidades básicas para su caracterización fueron el número de habitantes, la dotación de alcantarillado y el nivel de producción de las industrias involucradas. En 1993, la SISS también realizó un “Catastro Nacional de Descargas de Residuos Industriales Líquidos.”

La evaluación realizada por Nora Cabrera permitió hacer una estimación, para 1992, de la descarga de materia orgánica en 28 ríos y esteros, correspondientes a diez regiones del país más la Región Metropolitana (no incluyó las regiones Iª y XIIª). *“La zona costera de Chile recibe descargas de aguas servidas domésticas en forma directa e indirecta a través de 27 hoyas hidrográficas. Las zonas más afectadas por descargas de origen doméstico son la Bahía de Valparaíso, el río Maipo, con las descargas del Área Metropolitana de Santiago, y la Bahía de Concepción. El total descargado en el país alcanza a 672,4 millones de m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica asociada de 166,9 millones ton/año.”*

La SISS estimó la carga contaminante DBO<sub>5</sub> (ver recuadro 1) en función de parámetros y factores de emisión indicados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la que propuso una metodología para evaluar los desechos de las fuentes de contaminación. La SISS utilizó esta metodología asumiendo que ésta se refería a establecimientos industriales con tecnologías y eficiencias diferentes a las nuestras pero que, a la fecha, permitía *“disponer de un elemento de juicio para una aproximación a la definición de órdenes de magnitud y prioridades en contaminación ambiental.”*<sup>27</sup>

<sup>26</sup> “Calidad de las Aguas”, Peña y Salazar, MOP/DGA, SDT N°2, 1993

<sup>27</sup> Nora Cabrera, en “Perfil Ambiental de Chile”, CONAMA, 1994

Estudios recientes de la SISS, realizados de acuerdo a las nuevas normas y parámetros, así como métodos de evaluación y medición, establecidos en Chile, han determinado que, a diciembre del 2001, el total de aguas servidas descargadas a 36 hoyas hidrográficas del país, asciende aproximadamente a 16.923 l/s, lo que equivale a 533.896.922 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> total de 99.454 ton/año.

A la misma fecha, la SISS estima que el caudal de aguas servidas vertidas en todo el país directamente al mar, alcanza a 4.302 l/s, lo que equivale a 135.688.536 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 27.015 ton/año.

La cantidad total de aguas servidas descargadas en el territorio nacional, por lo tanto, alcanza a 21.231 l/s, lo que equivale a 669.585.458 m<sup>3</sup>/año con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> total de 126.469 ton/año.

**Cuadro 7: Carga orgánica descargada al mar por regiones (diciembre 2001)**

Región	Caudal AS-Dic 2001 (m <sup>3</sup> /años)	Carga DBO <sub>5</sub> (ton/año)
I	18.445.562	5.386
II	14.076.364	754
III	1.222.159	417
IV	16.069.539	4.476
V	45.348.943	7.829
VI	0	0
VII	1.433.193	400
VIII	22.258.321	3.049
IX	0	0
X	9.360.853	2.678
XI	69.848	27
XII	7.403.754	1.999
<b>Total</b>	<b>135.688.536</b>	<b>27.015</b>

Fuente: Informe de Gestión del Sector Sanitario, SISS, 2001. Informe

Anual de Coberturas de Servicios Sanitarios al 31/12/01, SISS, 2002

**Cuadro 8: Cuencas Hidrográficas y sus descargas de aguas servidas domésticas**

Río o cuerpo de agua	Población Total Dic. 2001	Población AS Dic. 2001	Caudal AS Dic. 2001	Carga Orgánica descargada a curso en un año (ton DBO <sub>5</sub> )
Río Loa	135.720	125.405	4.519.615	158
Río El Salado	9.946	8.925	330.376	83
Río Copiapó	137.682	130.456	6.589.428	386
Río Huasco	52.468	50.528	2.076.094	133
Río Elqui	15.987	13.143	547.881	66
Río Limarí	122.266		3.738.529	291
Río Choapa	41.855	37.449	1.216.345	72
Río Petorca	2.873	1.345	46.049	2
Río La Ligua	33.148	31.150	1.109.185	72
Estero Salado Estero	665	665		0
Puchuncaví	3.066	2.664	88.588	10
Río Aconcagua Estero	328.951	294.099	14.597.997	1.656
Casablanca	20.066	16.856	805.332	21
Río Maipo Estero	6.386.534	6.263.717	381.122.350	78.875
Batuco	68.044	57.944	2.957.881	109
Río Rapel Estero	470.498	401.950	8.257.810	907
Nilahue	18.878	16.490	925.553	64
Río Mataquito	175.004	161.947	6.955.337	359
Río Maule	390.039	371.400	17.393.072	3.375
Río Loanco	2.730	1.521	49.553	0
Río Cobquecura	8.785	6.861	274.613	5
Río Itata	279.738		9.500.582	700
Río Andalién	3.707	2.929	106.203	16
Río Bio Bio	719.551	651.876	30.975.132	5.971
Río Lebu	75.204	47.673	1.415.977	201
Río Carampangue	15.087	13.382	517.684	104
Río Paicaví	18.359	13.788	503.310	8
Lago Lanahue	2.299	1.261	2	0
Río Imperial	392.393	363.139	16.270.798	2.943
Río Toltén	74.892	62.141	2.751.846	393
Río Calle Calle	183.676	164.506	7.037.277	858
Río Bueno	189.664	179.215	7.330.727	1.409
Río Maullín	49.706	39.560	1.630.075	33
Río Aysén	57.943	55.199	2.056.188	167
Río Baker	2.832	2.542	87.476	3
Lago General Carrera	3.694	1.928	112.057	4
<b>Total</b>	<b>10.493.950</b>	<b>9.593.654</b>	<b>533.896.922</b>	<b>99.454</b>

Fuente: Informe de Gestión del Sector Sanitario, SISS, 2001. Informe Anual de Coberturas de Servicios Sanitarios al 31/12/01, SISS, 2002

## **Recuadro 1**

### **Demanda química de oxígeno (DQO)**

La demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno consumido por las materias contenidas en el agua, que se oxidan en condiciones determinadas.

El DQO es una medida de contaminación, basada en una estimación de las materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen, orgánico o mineral. A través de la estimación de la DQO se determina la cantidad de oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica contenida en una muestra de agua residual, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo

Las aguas no contaminadas tienen valores de DQO de 1 a 5 ppm, o algo superiores. Las aguas residuales domésticas suelen contener entre 250 y 600 ppm, y en las residuales industriales la concentración varía dependiendo del proceso industrial involucrado.

### **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

La demanda bioquímica de oxígeno es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos para la degradación bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aerobios, en un período de tiempo dado y a una temperatura específica. Se expresa en unidades de mg/litro de oxígeno disuelto. Con la DBO se estima el grado de contaminación de un medio. Mide indirectamente la biodegradación de un sustrato o la cantidad de carga orgánica en un medio.

Existen diversas variantes de la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno, entre ellas las que se refieren al período de incubación. La más frecuente es la determinación de DBO a los cinco días (DBO<sub>5</sub>) y a 20° celsius.

Las aguas subterráneas suelen contener menos de 1 ppm de carga orgánica DBO<sub>5</sub>; contenidos superiores son indicativos de contaminación. En las aguas residuales domésticas la carga orgánica DBO<sub>5</sub> se sitúa entre 100 y 350 ppm, y en las industriales depende del proceso industrial involucrado, pudiendo alcanzar varios miles de ppm.

La relación entre los valores de DBO y DQO es indicativo de la biodegradabilidad de la materia contaminante. En aguas residuales un valor de la relación DBO/DQO menor de 0,2 se interpreta como un vertido de tipo inorgánico, y orgánico si es mayor de 0,6.

DBO<sub>5</sub>. Demanda bioquímica de oxígeno (en mg/l). Es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer biológicamente la materia orgánica carbonácea. Se determina en laboratorio a una temperatura de 20° C y en 5 días.

### **Carbono orgánico total (COT)**

Este parámetro, como su propio nombre indica, es la medida del contenido total en carbono de los compuestos orgánicos presentes en las aguas.

Se refiere tanto a compuestos orgánicos fijos como volátiles, naturales o sintéticos. Es la expresión más correcta del contenido orgánico total.

Interrelación entre estos parámetros

La presencia de carbono orgánico que no responda a las pruebas de DQO o DBO hace que éstas no sean una determinación adecuada para estimar el contenido total en materia orgánica. El carbono orgánico total es una expresión mucho más conveniente para este fin.

Entre el COT, la DQO y la DBO pueden establecerse relaciones empíricas repetibles de forma independiente tanto para una determinada matriz como para un mismo vertido, o un mismo punto de tratamiento de un proceso, etc. Estas relaciones empíricas establecidas entre dichos parámetros no deben hacerse extensibles fuera del marco de estudio.

En cualquier caso, una de estas determinaciones no supe a las otras.

## **Recuadro 2**                      **Sistemas de Tratamiento de Aguas Servidas**

(Basado en información de la SISS y en un documento del Ingeniero Jacobo Homsí A.)

Para tratar las aguas servidas existen tratamientos, biológicos, fisicoquímicos y otros, tales como los emisarios submarinos. Éstos últimos descargan aguas servidas al mar, sin tratamiento, confiándole la reducción o neutralización de la contaminación a las capacidades de dilución y autopurificación de los océanos.

Los tratamientos biológicos de aguas residuales o servidas tienen por objetivo remover la mayor cantidad posible de materia orgánica oxidable de estas aguas. Los tratamientos consisten básicamente en aclimatar una flora bacteriana (biomasa) en lagunas artificiales hasta donde se conducen y acumulan las aguas servidas. El tratamiento consiste en estimular los procesos biológicos naturales, proveyendo condiciones ambientales que los aceleren, lo que permite degradar más rápidamente la materia orgánica, transformándola en materia inorgánica inerte. Las bacterias utilizan la materia orgánica contenida en las aguas residuales como alimento (sustrato), convirtiéndola en gases (CO<sub>2</sub>) que escapan a la atmósfera, y en tejido celular de las bacterias que es posible eliminar por sedimentación. El proceso biológico puede ser aeróbico (utilizando bacterias aeróbicas), anaeróbico (utilizando bacterias anaeróbicas), o facultativo (bacterias que se desenvuelven tanto en ambientes anaeróbicos como aeróbicos). Existen también procesos anóxicos en que las bacterias utilizan compuestos que contienen oxígeno (p. e. nitrato), como fuente de éste elemento, para la respiración. Las componentes unitarias comunes en tratamientos de tipo biológico son, el tratamiento biológico preliminar, la desinfección, y luego, el tratamiento y disposición de los lodos.

**Lagunas de Estabilización:** constituyen un sistema de tratamiento biológico “pasivo”, en el sentido que no involucra mecanización pero requiere de grandes terrenos para el proceso de tratamiento de las aguas residuales. En Chile, varias localidades menores cuentan con este tipo de plantas, con un amplio espectro de configuraciones, dependiendo de las componentes unitarias involucradas. Las más aplicadas son las Facultativas en Serie y/o Paralelo, y las Anaeróbicas-Facultativas. Las lagunas de estabilización anaeróbicas funcionan en dos etapas: primero, la fermentación, generada por bacterias del tipo facultativo, y la segunda, generada por bacterias estrictamente anaeróbicas.

**Lodos Activados:** en este sistema, que involucra mecanización en algunas de sus etapas, la biomasa se mantiene en agitación, por un período, en un estanque de aeración, desde donde pasa posteriormente a la sedimentación. La biomasa sedimentada es devuelta parcialmente al tratamiento biológico, para mantener una población adecuada y una parte se purga del sistema como lodo en exceso. Algunas de las variantes del proceso de lodos activados son: Aeración Extendida (Prolongada); Zanja de Oxidación (una de las variantes más comunes de la Aeración Extendida); Reactor Discontinuo Secuencial; y Lagunas Aeradas a Mezcla Completa.

Las principales ventajas de sistemas de tratamiento por lodos activados en sus distintas versiones son: flexibilidad de operación; eficiencia de remoción de carga orgánica sustancialmente más alta que la que se alcanza en otros procesos, (filtración biológica, biodiscos, etc.), logrando valores superiores a un 90 %; minimización de olores; y ausencia de insectos. Entre las desventajas se destaca, fundamentalmente, la necesidad de un control permanente, tanto operativo como de análisis de laboratorio; los altos costos de operación, por la forma mecanizada de obtener oxígeno; bajo abatimiento bacteriológico por lo que se requiere de una desinfección final al efluente.

**Lagunas aeradas:** son lagunas de estabilización a las que se les ha incorporado elementos mecanizados para la transferencia de oxígeno, lo que permite obtener un mayor rendimiento en la remoción de carga orgánica. Estas lagunas, en las que se provee oxígeno en forma artificial, surgieron como respuesta a la incapacidad de las lagunas facultativas de absorber la carga orgánica afluente.

Las ventajas de este sistema son que se trata de un proceso simple y confiable, con baja producción de lodos con buen grado de estabilización. Las desventajas son que requiere de mayores superficies de terreno que las alternativas con lodos activados, y que requiere gran cantidad de energía y de desinfección posterior del efluente, o de su tratamiento posterior en lagunas facultativas.

NOTA: Es importante subrayar que los procesos biológicos sólo se hacen cargo de la materia orgánica con carga DBO. Este tipo de tratamiento no elimina organismos patógenos, tales como los coliformes fecales, para lo que es necesario desinfectar las aguas, utilizando agentes químicos como el cloro. Tal como se dice en el texto del documento, los virus entéricos, y otros, son persistentes en el agua y resistentes a la cloración. En las actuales plantas de tratamiento de aguas servidas no existen sistemas para eliminar los virus. Del mismo modo, es importante tener presente que con los tratamientos biológicos y la desinfección no se reducen ni eliminan los sólidos disueltos, los metales pesados, ni la contaminación difusa con productos químicos utilizados en la agricultura y en otras industrias.

Estas cifras parecen indicar que la cantidad total de descargas de aguas servidas en el país a, diciembre de 2001, es prácticamente la misma que la estimada en 1993. Según la SISS, esto no es efectivo, sino que se trata de una coincidencia, dado que la cifra alcanzada en 1993 era sólo una aproximación en base a la metodología de la OMS. Lo que si es importante notar, es que la carga orgánica asociada a las descargas actuales de aguas servidas es menor a la estimada, con la metodología de la OMS, en 1994. Esto es atribuido al efecto de las plantas de tratamiento. Aún así, la carga orgánica (DBO<sup>5</sup>) contaminante evacuada actualmente a todas las cuencas del país y al borde costero - 127.000 toneladas al año - es considerable y constituye un serio problema ambiental que es necesario solucionar. Según las proyecciones de la SISS y de las empresas sanitarias, para el año 2010, esta situación será significativamente mitigada por medio de las plantas de tratamiento en construcción a lo largo del país. Sin embargo, cabe hacer notar que estas estimaciones no incluyen los riles ni la contaminación difusa. Como se ha dicho, con las nuevas normas la calidad de los riles vertidos a los sistemas de alcantarillado y de aguas superficiales debiera mejorar en forma significativa. La actual carencia de antecedentes respecto a la contaminación no-puntual, así como de propuestas para su neutralización, es sumamente alarmante.

En su informe de 1999<sup>28</sup>, la DGA constataba que junto a elevados índices de cobertura de abastecimiento de agua potable y de servicio de alcantarillado, se tenía un déficit generalizado de plantas de tratamiento y que, por lo tanto, existían descargas de grandes caudales de aguas servidas no tratadas en puntos precisos de los sistemas hidrográficos o del litoral “*constituyéndose, sin lugar a dudas, en la principal fuente contaminante de las aguas en nuestro país.*”

Es interesante, y de alguna manera paradójico, que una alta cobertura de agua potable y de alcantarillado implique un grave problema de contaminación de las aguas superficiales, lo que obliga, en el mejor de los casos, a millonarias inversiones en plantas de tratamiento. En efecto, en muchos países como Chile, hasta hace muy poco, el sistema de disposición de los desechos domiciliarios urbanos consistía en mezclarlos con agua potable y enviarlos, otra vez, a través de sistemas de alcantarillado a los cauces y cuerpos de agua cuando éstos existían. Tratándose

de pequeños poblados y de grandes ríos, las capacidades de asimilación y dilución de los ecosistemas fluviales eran suficientes para neutralizar la contaminación. Sin embargo, es evidente que tratándose de grandes ciudades, este sistema es inviable e insustentable, considerando, además, que muchas industrias en muchas ciudades del mundo vierten sus residuos líquidos a los sistemas de alcantarillado y que esta mezcla, finalmente, alcanza las aguas superficiales.

Llama la atención que se opte solamente por hacer inversiones enormes en plantas de tratamiento, lo que hoy se ha transformado en un negocio privado altamente rentable, en vez de buscar soluciones de fondo que vayan a la raíz del problema. Lograr que las aguas tratadas en las plantas tengan una alta calidad final, similar a la calidad natural de las aguas con las que se mezclaron originalmente los residuos, es una tarea tan difícil como costosa. Al menos respecto de las aguas servidas domiciliarias, se deberían buscar soluciones locales, a nivel domiciliario y municipal, utilizando tecnologías que hoy están disponibles, para neutralizar *in situ* los desechos, tales como los biodigestores (que además generan gas combustible), y sistemas que los deshidraten a alta temperatura en vez de mezclarlos con agua potable para luego verterlos, a través de alcantarillados, a las plantas de tratamiento y de ahí a los cauces y cuerpos de agua. A lo largo de un sólo curso de agua este ciclo de descarga y tratamiento puede repetirse varias veces. El material seco, en cambio, puede ser tratado con métodos biológicos, transformándolo en materia orgánica limpia que puede ser devuelta como fertilizante a la tierra. En relación a los residuos industriales, Chile ha dado el primer paso al normar la calidad de residuos líquidos industriales vertidos a las aguas superficiales y marinas y a los sistemas de alcantarillado. En el corto plazo, la meta debiera ser que las industrias neutralicen *in situ* sus residuos en vez de verterlos a las aguas y, en el largo plazo, que las industrias investiguen exhaustivamente los métodos y procesos que permitan realizar una producción limpia, implementándolos gradualmente. Para estos efectos, hasta febrero de 2002, la SISS ha suscrito siete acuerdos de producción limpia con diversos sectores productivos y se están gestionando

<sup>28</sup> “Política Nacional de Recursos Hídricos”, MOP/DGA, 1999

otros tres.<sup>29</sup> Estos son, sin duda, pasos en la dirección correcta.

Hoy, Chile ostenta un nivel de cobertura de agua potable muy elevado. A diciembre del 2001, según el "Informe de Gestión del Sector Sanitario 2001" de la SISS, la cobertura urbana de agua potable alcanza un 99,7%, (cuadro 9) con el conjunto de empresas sanitarias prestando servicios de distribución a una población estimada de 13,54 millones de habitantes de un total de 13,58 millones que se estima residen en los centros urbanos. Estos índices de cobertura son parejos a lo largo del país.

Con respecto al acceso a redes de alcantarillado, la SISS estima que al 2001 la cobertura alcanzó un 93,8%, (cuadro 9) lo que equivale a una población de 12,74 millones de habitantes. Esto significa que hoy, sólo un 6,2% de los inmuebles residenciales que se localizan en los centros urbanos del país no tienen unión domiciliaria a alcantarillado. Contrario a lo que ocurre con el abastecimiento de agua potable, los índices de cobertura de alcantarillado muestran grandes

diferencias entre empresas, fluctuando entre un 99,9% de MAIPÚ hasta un 20,7% de COOPAGUA en la Vª Región. Sin embargo, según la información de la SISS y de las Sanitarias, el promedio nacional de cobertura de alcantarillado alcanza un 93,8%.

Tal como se ha mencionado, el problema de la contaminación hídrica con aguas servidas se debe a que, en el pasado, éstas últimas han terminado en los cauces y cuerpos de agua en forma masiva, sin ningún tratamiento. Actualmente, y desde hace varios años, el país realiza grandes inversiones público-privadas para incrementar significativamente los índices de cobertura de tratamiento de las aguas servidas a lo largo de todo el país.

Según antecedentes de la CONAMA<sup>30</sup>, en 1998 sólo el 9,3% de las aguas servidas de origen doméstico del país eran sometidas a tratamiento, siendo las zonas más afectadas las bahías de Valparaíso y Concepción y, entre otros, los ríos Maipo y Maule. Asimismo, se estimaba que el 65% de las aguas servidas de origen industrial era vertido al alcantarillado, y el 35% restante

era vertido a aguas superficiales y al litoral, afectando mayormente a las bahías anteriores, y los ríos Maipo, Aconcagua, Maule, Andalién y Biobío.

Actualmente, se supone que la situación respecto a los riles está en un significativo proceso de cambio, en relación a la calidad de estas emisiones, debido a la aplicación de las nuevas normas (Decretos N° 609/98 y N°90/2000) a

**Cuadro 9: Coberturas de Agua Potable y Alcantarillado**

Región	Empresa	Población Urbana Estimada	Agua Potable		Alcantarillado	
			Pob. Abastecida habitantes	Cobertura %	Pob. saneada habitantes	Cobertura %
I	ESSAT	402.366	401.963	99,9	393.039	97,7
II	ESSAN	446.716	446.479	99,9	434.060	97,2
III	EMSSAT	236.962	234.731	99,1	219.971	92,8
IV	ESSCO	510.890	510.158	99,9	481.269	94,2
V	ESVAL	1.402.117	1.387.772	99,0	1.256.826	89,6
V	COOPAGUA	3.294	3.294	100,0	680	20,7
RM	AGUAS ANDINAS	5.387.565	5.387.565	100,0	5.275.601	97,9
RM	AGUAS CORDILLERA	398.883	398.883	100,0	391.130	98,1
RM	AGUA LOS DOMINICOS	13.400	13.390	99,9	12.885	96,2
RM	AGUA MANQUEHUE	16.452	16.452	100,0	15.516	94,3
RM	SERVICOMUNAL	68.044	66.744	98,1	57.944	85,2
RM	SMAPA MAIPU	570.964	570.964	100,0	570.330	99,9
VI	ESSEL	522.022	517.687	99,2	418.462	80,2
VII	ESSAM	603.945	601.235	99,6	565.001	93,6
VIII	ESSBIO	1.564.726	1.554.179	99,3	1.358.948	86,8
IX	ESSAR	568.263	567.821	99,9	511.742	90,1
X	ESSAL	520.531	520.527	100,0	453.456	87,1
X	AGUAS DECIMA	125.562	125.562	100,0	113.949	90,8
XI	EMSSAT	67.926	67.881	99,9	61.640	90,7
XII	ESMAG	145.742	145.685	99,9	144.113	98,9
<b>Totales</b>		<b>13.576.370</b>	<b>13.538.945</b>	<b>99,7</b>	<b>12.736.562</b>	<b>93,8</b>

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios, información anual proporcionada por las empresas del sector.

<sup>29</sup> Informe de Gestión del Sector Sanitario, SISS, 2001

<sup>30</sup> Marco General Normativo del Departamento de Descontaminación, Planes y Normas, CONAMA, 1998

través de las cuales, por primera vez, se ha caracterizado, tanto la calidad-objetivo de las aguas servidas, como la calidad de las emisiones de las industrias a las aguas superficiales y marinas y a los sistemas de alcantarillado. Aún no se tienen antecedentes actualizados sobre la efectividad de los cambios cualitativos de los riles, dado que se trata de un proceso iniciado recién en 1998, y que dio plazos de uno y dos años a los establecimientos industriales existentes para cumplir con la norma, dependiendo de si anteriormente hacían sus descargas a plantas de tratamiento o no. La fiscalización de la calidad de las emisiones a los sistemas de alcantarillado corresponde a las empresas sanitarias, quienes tienen que informar a la SISS de los resultados de sus mediciones y controles.

En relación a la cobertura de tratamiento de aguas servidas, la SISS, considerando los programas de inversiones de cada una de las empresas sanitarias para los próximos años y el índice de cobertura de

tratamiento de aguas servidas en términos de población, que corresponde a una estimación del porcentaje de la población urbana cuyas aguas servidas recolectadas recibe algún tipo de tratamiento<sup>31</sup>, estima que la cobertura actual de tratamiento de aguas servidas, promedio nacional se aproxima al 40% y que a fines del 2002 éste será de 44,4%, de 83,6% para el año 2005 y de 98,7% para el año 2010 (cuadro 10).

Nora Cabrera, de la SISS, en su informe publicado en el "Perfil Ambiental de Chile", 1994, de CONAMA, informaba que "en la Región Metropolitana de Santiago, por ejemplo, los principales cauces receptores de aguas servidas son el Zanjón de la Aguada y el Río Mapocho, que reciben en forma directa más de un 60% y 35% respectivamente del total de las aguas servidas de Santiago. El volumen de aguas servidas descargado diariamente en el país se estimó en 1,8 millones de m<sup>3</sup> durante 1992, siendo gran parte de este volumen utilizado en riego de hortalizas que se consumen crudas." A esa fecha, esta situación había llevado a

que la Región Metropolitana de Santiago sufriera los más altos índices de enfermedades infecciosas del país. Posteriormente, intensas campañas públicas y la prohibición de regar hortalizas de consumo crudo con aguas servidas emanadas del Ministerio de Salud, permitieron en 1992, por primera vez, disminuir las tasas de morbilidad de fiebre tifoidea y paratifoidea en la Región Metropolitana de Santiago, llegando a ser más bajas que el promedio nacional.

**Cuadro 10: Cobertura de Tratamiento de Aguas Servidas**

Región	Empresa	Población Urbana Estimada	%	% Cobertura referidas a población			
				Dic. 2001	Proyecciones a diciembre		
					2002	2005	2010
I	ESSAT	402.366	100	96,3	96,0	98,7	99,3
II	ESSAN	446.716	100	61,1	100,0	100,0	100,0
III	EMSSAT	236.962	100	72,0	75,5	83,1	94,4
IV	ESSCO	510.890	100	93,5	95,6	97,4	98,0
V	ESVAL	1.402.117	100	61,9	83,4	93,2	97,7
V	COOPAGUA	3.294	100	20,7	25,0	35,0	98,0
RM	AGUAS ANDINAS	5.387.565	100	22,4	23,2	73,0	99,5
RM	AGUAS CORDILLERA	398.883	100	0,0	0,0	20,0	100,0
RM	AGUA LOS DOMINICOS	13.400	100	0,0	0,0	34,0	100,0
RM	AGUA MANQUEHUE	16.452	100	39,8	42,9	43,4	100,0
RM	SERVICOMUNAL	68.044	100	85,2	85,2	88,3	95,7
RM	SMAPA MAIPU	570.964	100	99,9	100,0	100,0	100,0
VI	ESSEL	522.022	100	78,6	84,4	92,1	97,4
VII	ESSAM	603.945	100	23,8	23,8	99,9	100,0
VIII	ESSBIO	1.564.726	100	32,5	35,9	95,3	100,0
IX	ESSAR	568.263	100	9,0	13,0	81,4	91,3
X	ESSAL	520.531	100	7,4	14,9	94,8	98,0
X	AGUAS DECIMA	125.562	100	90,8	91,3	93,9	98,5
XI	EMSSAT	67.926	100	70,3	70,9	72,6	73,5
XII	ESMAG	145.742	100	10,6	10,6	100,0	100,0
<b>Totales</b>		<b>13.576.370</b>	<b>100</b>	<b>39,4</b>	<b>44,4</b>	<b>83,6</b>	<b>98,7</b>

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios, información anual proporcionada por las empresas del sector.

<sup>31</sup> Existen tratamientos biológicos, fisicoquímicos y otros, como es el caso de los emisarios submarinos (tipo de disposición); SISS, 2001



Actualmente la SISS estima que aproximadamente 6.386.000 personas habitan la cuenca del Río Maipo, de los cuales un 98% cuenta con servicio de alcantarillado y, de este porcentaje, 29% cuenta con tratamiento de aguas servidas. Por lo tanto, actualmente un 71% de la población todavía descarga sus aguas servidas sin tratamiento en la cuenca, con un caudal estimado de 381 millones de m<sup>3</sup>/año, y una carga contaminante de 78.000 toneladas DBO<sub>5</sub>/año.

### 5.1.2 Contaminación de las Aguas Superficiales con Residuos Industriales Líquidos (riles)

La actividad industrial moderna se caracteriza por generar una cantidad de residuos líquidos que contienen una amplia gama de compuestos químicos según el tipo de industria y proceso de producción. Entre los elementos, compuestos y efectos contaminantes producidos por la industria se destacan: la materia orgánica (DBO), sólidos en suspensión, cambios significativos del pH, cambios de temperatura - sobre todo calor -, aceites, grasas, metales pesados, y compuestos químicos orgánicos e inorgánicos.

Existe particular alarma a nivel mundial por la producción y descarga al medio ambiente de sustancias orgánicas persistentes, que son compuestos sintéticos altamente tóxicos que, tal como su nombre lo indica, son persistentes, es decir, no son biodegradables, permaneciendo por mucho tiempo químicamente activos en el medio ambiente y diseminándose, por lo tanto, a largas distancias. Estos compuestos industriales se acumulan y concentran en los organismos a niveles cada vez más peligrosos en la medida que ascienden en la cadena trófica.

*“En Chile las descargas industriales más relevantes en el deterioro de la calidad del medio acuático provienen de la minería del cobre, fábricas de celulosa y papel y las industrias pesqueras. Los aportes más significativos de carga orgánica producto de los residuos industriales líquidos los entregan las cuencas de los ríos Maipo, Aconcagua, Andalién y Biobío, sin considerar sus caudales de dilución. Las áreas marinas más afectadas respecto a carga orgánica son las*

*bahías de Valparaíso y Concepción. Problemas de contaminación producidos por efluentes de industrias mineras ocurren principalmente en ciertas áreas del norte del país, donde grandes cantidades de relaves y residuos son depositados en el mar, produciendo embancamientos y el deterioro de la flora y fauna.”<sup>32</sup>*

Según la DGA (1993), los rubros industriales más importantes desde el punto de vista de la contaminación hídrica en Chile son:

- industria alimenticia y agroindustria
- industria de la madera, papel y celulosa
- industria metalúrgica y metalmecánica
- industria química
- industria del cuero
- industria textil

La industria pesquera, que es altamente contaminante, generalmente vierte sus residuos directamente al mar y, por lo tanto, no afecta la calidad de las aguas superficiales terrestres.

En 1993, la DGA afirmaba que la heterogénea distribución regional de industria en Chile concentraba los problemas de contaminación por riles en tres zonas principales: la Región Metropolitana (cuencas de los ríos Maipo y Mapocho); la VIIIª Región (cuenca del río Biobío); y Valparaíso / Viña del Mar (cuenca de los ríos Aconcagua y Marga-Marga). Respecto a la contaminación de las aguas superficiales por efluentes industriales, la DGA concluía escuetamente que: *“En el resto del país, los efluentes industriales descargados a los cauces no presentan un impacto comparable al observado en estas tres áreas. En general ellos consisten en residuos provenientes de agroindustrias, industrias alimenticias (mataderos), curtiembres, aserraderos y otras.”<sup>33</sup>*

*“La Región Metropolitana constituye sin lugar a dudas la zona más afectada al concentrar más del 50% de la industria nacional. Es así como en estudios efectuados*

<sup>32</sup> Nora Cabrera, en “Perfil Ambiental”, CONAMA, 1994

<sup>33</sup> Sin duda que esta conclusión de la DGA en 1993 sigue vigente en términos generales, pero la veloz y creciente industrialización del país desde la fecha de los informes citados, ha tenido como consecuencia que otras cuencas mayores, tales como las de los Ríos Rapel, Maule, Imperial, Valdivia y Bueno, y otras subcuencas, estén hoy siendo afectadas en forma importante por descargas de Riles de diversas industrias.

recientemente en esta área se consideraron las descargas de más de 300 industrias<sup>34</sup> (SERPLAC, 1989). Otros informes han estimado que del orden del 75% de los establecimientos industriales vierten directamente al alcantarillado y que el resto de las descargas se conducen hacia el Zanjón de la Aguada (19% del caudal), los canales de regadío (32%) y los ríos Mapocho (14%) y Maipo (33%) con un total de 3.08 m<sup>3</sup>/s (Alzérreca, 1981).<sup>35</sup>

La actividad industrial de la Región Metropolitana es la más diversa del país, destacándose las industrias alimenticia, papeleras, metalmeccánica, química y textil. “Estos establecimientos generan elementos con alto contenido de sólidos en suspensión, carga orgánica (DBO), aniones (cloruros y sulfatos), metales alcalinos y alcalinotérreos (sodio, calcio y magnesio), derivados orgánicos (fenoles, hidrocarburos y detergentes) y metales pesados (SERPLAC, 1989). En especial los metales pesados han sido motivo de preocupación por su carácter tóxico y su eventual transmisión al hombre a través de los alimentos, considerando que las aguas servidas se utilizan para el riego y la bebida de animales (Schalsa, 1991). Entre estos metales se destaca la alta concentración de cadmio, cromo, cobre, mercurio y níquel.”<sup>36</sup>

La DGA, a través de sus evaluaciones respecto a la contaminación industrial de las cuencas consideradas como las más afectadas a la fecha (1989), constató lo siguiente:

El río Aconcagua está afectado, tanto por una alta intensidad de aprovechamiento de sus aguas para diversos usos, como por la magnitud y variedad de los vertidos de aguas residuales a su cauce. El catastro efectuado por la DGA ese año identificó 49 descargas, predominando las de la industria alimenticia (49%) y aguas servidas (29%). El resto eran vertidos mineros (12%) y otras industrias (10%). Se señala que a principios de los años 70 un estudio realizado (Vallejos, 1971) estimó que la contaminación orgánica producida por la industria ya era equivalente a una población de 90.000 habitantes. Un claro indicador del impacto de esta situación de merma y contaminación de las aguas del río Aconcagua es su estado biótico. La percepción empírica generalizada en la zona es que el Aconcagua es hoy un río ‘muerto’ en términos de su biodiversidad.

El estero Marga-Marga recibe descargas de industrias

situadas en el área de Valparaíso-Viña del Mar, en particular industrias alimenticias, curtiembres, metalúrgicas, químicas y textiles. De acuerdo al informe de Nora Cabrera (1974), citado por la DGA en su informe de 1993, se estimaron las descargas industriales en la cuenca del Marga-Marga en 100 l/s, con una carga contaminante, según Cabrera (1974), equivalente a una población de aproximadamente 40.000 habitantes.

La DGA, en su informe de 1993, da cuenta que en la cuenca del río Biobío existen descargas de industrias de celulosa, papel, alimenticia, madereras, químicas, textiles, curtiembre, metalmeccánica y petrolera. Por su magnitud la DGA destaca los vertidos provenientes de las cinco grandes industrias de celulosa y papel ubicadas en las riberas del Biobío y sus afluentes las que, en plena producción, representan un caudal del orden de cinco m<sup>3</sup>/s. Los contaminantes específicos de esta última industria “dependen del tipo de proceso utilizado (Kraft, sulfito, pulpage mecánico) pero, en general, consisten en sólidos en suspensión y materia orgánica. También se ha informado acerca de la presencia de mercurio en las aguas del río Biobío; metal utilizado en el proceso productivo (SERPLAC, 1980).”<sup>37</sup>

Un informe de Fundación Terram<sup>38</sup>, realizado por Consuelo Espinosa, indica que en la etapa de blanqueo de la pasta de celulosa se producen compuestos organoclorados, o halógenos orgánicos absorbibles – dioxinas, cloroformo, y compuestos clorofenólicos-, agrupados bajo la sigla AOX, considerados contaminantes peligrosos, por sus efectos cancerígenos. Las dioxinas son poco biodegradables, insolubles en el agua, sino liposolubles, es decir se acumulan en los tejidos grasos de animales y personas. El cloroformo es una sustancia muy volátil causante

<sup>34</sup> Actualmente se estima que existen 1.850 industrias en la Región Metropolitana que se desglosan de la siguiente forma: 162 establecimientos industriales mayores, 925 actividades industriales simples (Pymes), de las cuales 127 no generan riles, y 630 actividades económicas.

<sup>35</sup> “Calidad de las Aguas”, Peña y Salazar, MOP/DGA, SDT N°2, 1993

<sup>36</sup> idem.

<sup>37</sup> idem.

<sup>38</sup> “Evaluación de los Impactos de la Producción de Celulosa”, Consuelo Espinosa, Fundación Terram, APP N°4, 2001

de enfermedades hepáticas y también considerado cancerígeno. Según Espinosa, estudios realizados en EUA y Canadá indicarían que se liberan 0,3 kg de cloroformo por cada tonelada de pasta blanqueada producida. Entre los clorofenólicos se incluyen los clorofenoles, clorocatecoles y cloroguaicoles, que también son liposolubles y todos ellos muy peligrosos, por ser altamente tóxicos y difíciles de degradar y detectar.

*“Estimaciones sobre los riles de la industria chilena de la celulosa apuntan a un deterioro cada vez mayor de los cuerpos receptores ante el incremento del nivel de producción. (...) en 1985 los riles de la industria de celulosa chilena registraron niveles de 13 y 16 mil toneladas de DBO<sub>5</sub> y SST respectivamente, mientras que la emisión de AOX superó las 1.200 toneladas. En el 2000, estos niveles habrían superado los 37 y 30 mil toneladas para el caso del DBO<sub>5</sub> y SST, respectivamente, y más de 3,7 mil toneladas para el caso de los AOX.”<sup>39</sup>*

La SISS estimó los RILES de la industria del papel en Chile de acuerdo al Catastro de 1992, calificando la carga orgánica emitida por tres plantas de celulosa como con un nivel de contaminación entre medio-alto a alto, y de una cuarta, como de nivel medio. En el catastro de 1998 la SISS estableció que las cuatro plantas productoras de pulpa estudiadas presentaban un nivel de contaminación medio-alto, evidenciándose, por lo tanto un deterioro de la calidad de los efluentes de esta industria.

La SISS, en su informe de gestión 2001 informó que este año ingresaron a la SISS 45 nuevos proyectos de sistemas de tratamiento de riles, para obtener su autorización según la Ley 3133, mediante decreto supremo (DS) MOP. Adicionalmente, la SISS recibió 32 solicitudes para modificar sistemas de tratamiento de riles que ya disponían de autorización por DS MOP. La Región Metropolitana concentra el mayor número de proyectos nuevos sometidos a revisión, catorce de un total de 45, así como de proyectos que requieren modificación, quince de un total de 32. Después de la RM, las regiones V<sup>a</sup>, VIII<sup>a</sup>, X<sup>a</sup> y XII<sup>a</sup> concentran los mayores números de proyectos de ambos tipos. En relación a los proyectos que se sometieron a la Ley 3.133 y que obtuvieron la autorización del sistema de tratamiento de riles propuesto, de acuerdo al tipo de

cuerpo receptor a utilizar para la descarga, 21 descargan a sistemas de alcantarillado, siete a cursos de agua, uno al mar, trece a canales de riego, y uno a pozos de infiltración. Una vez más, la RM concentra la mayor cantidad de nuevos proyectos de tratamientos de riles con catorce de un total de 43; la siguen las regiones VI<sup>a</sup>, X<sup>a</sup>, y XII<sup>a</sup>. Del total nacional de nuevos proyectos autorizados, 21 de ellos (49% de total), descarga a sistemas de alcantarillado.

Al 31 de diciembre de 2001, la SISS había autorizado 304 sistemas de tratamientos de riles, cuyo listado se puede consultar en la página electrónica de este servicio público: [www.siss.cl](http://www.siss.cl)

La SISS registra en su Informe de Gestión 2001 que a nivel nacional, del total de sistemas de tratamiento de riles autorizados a diciembre 2001, el 51% descarga a redes de recolección de aguas servidas, el 28% a cursos de agua superficiales, el 19% al suelo, el 1% tiene tratamiento por terceros, y un 0,7% corresponde a otros tipos de descargas.

La fiscalización de los establecimientos industriales que descargan a cuerpos superficiales o infiltran al suelo la realiza directamente la SISS. En el año 2001 se llevaron a cabo 71 fiscalizaciones. Respecto a los riles que descargan a sistemas de alcantarillado, la fiscalización se efectúa principalmente a través de las empresas sanitarias mediante el “Procedimiento de Control y Fiscalización de Riles (PROCOF), aprobado por Resolución SISS N°2192/01.

## 5.2 Contaminación de las Aguas Subterráneas

*“El problema de la contaminación de las aguas subterráneas tiene características que lo diferencian claramente de los procesos de contaminación de las aguas superficiales. Algunas de sus peculiaridades son: la dificultad de detección, el retardo que se presenta entre la acción de la fuente contaminante y su impacto, la permanencia prolongada del efecto, la reacción retardada frente a las medidas correctivas que se pudieran adoptar, la naturaleza de los procesos físico-químicos e hidrodinámicos involucrados. Debido a estas características, el énfasis necesariamente debe estar*

<sup>39</sup> idem

*puesto en la prevención, ya que una vez producido el deterioro resulta una situación prácticamente irreversible o extraordinariamente costosa.*<sup>40</sup>

La contaminación de acuíferos depende, en primer lugar, de que existan fuentes contaminantes en zonas donde puedan afectarlos. Los acuíferos más vulnerables son los no-confinados (o libres) y poco profundos, que no se encuentran aislados en profundidad al interior de estratos protectivos. Según la DGA, en Chile la mayoría de los acuíferos explotados son libres, o semi-confinados. En el Valle Central, próximos a la cordillera de los Andes, los acuíferos son profundos y, por lo tanto, menos vulnerables. A medida que descienden hacia la costa se aproximan a la superficie y se hacen más vulnerables.

Como se ha dicho, en Chile, dadas las características geográficas y geológicas, la interacción entre aguas superficiales y subterráneas es, en general, muy activa, lo que facilita los trasposos de contaminación desde las primeras hacia las segundas.

Tal como se dijo en relación al tema normativo, la percepción generalizada es que no es pertinente desarrollar normas de calidad de las aguas de los acuíferos, considerando su variabilidad, así como la irreversibilidad de los procesos de deterioro de la calidad de las aguas subterráneas. Por esto las estrategias destinadas a la protección de estas fuentes de agua se basan en la prevención, en otras palabras, en controlar las actividades que se desarrollan en la superficie, en particular en zonas de mayor vulnerabilidad de los acuíferos, y en mejorar la calidad de las aguas superficiales para evitar la contaminación de las aguas subterráneas.

Para estos efectos es necesario conocer a cabalidad los acuíferos a lo largo del país, y en base a ellos desarrollar planes que los protejan imponiendo limitaciones a las actividades industriales factibles de desarrollar en la superficie. La contaminación de los acuíferos se produce por infiltración en pozos con residuos industriales y por percolación desde tranques de relave, lagunas de estabilización y rellenos sanitarios. En Chile, muchas veces, la minería se desarrolla en la cordillera, en las cabeceras de las cuencas. Los acopios de elementos tóxicos, los tranques de relaves, los vertidos y efluentes de esta

actividad, pueden afectar en forma negativa las aguas superficiales y subterráneas aguas abajo de las cuencas hasta las zonas costeras.

Al abordar la contaminación localizada de tipo industrial la DGA afirma que *“En general, en el país no existe información acerca de la ocurrencia de contaminación de este tipo, aunque no se puede descartar la posibilidad de que esté presente en la actualidad, en especial en las zonas industriales.”*<sup>41</sup>

*“Los procesos que se desarrollan en el suelo y que contribuyen a la protección de los acuíferos son: la intercepción y eliminación de microorganismos patógenos, la biodegradación de compuestos orgánicos naturales y sintéticos y la atenuación mediante precipitación, sorción e intercambio de cationes, de metales pesados y otras sustancias químicas inorgánicas (carbonatos, sulfuros, hidróxidos.)”*<sup>42</sup>

En el norte de Chile, se ha detectado un incremento sostenido de la concentración de sales en las aguas subterráneas, atribuido a la masiva incorporación de suelos al riego en los valles transversales desde los años 60. Las condiciones naturales de las aguas, así como climáticas, concentran las sales en los embalses y luego en los suelos mismos. Por lixiviación e infiltración éstas sales alcanzan los acuíferos.

Según la DGA, los compuestos que suelen restringir, en forma más generalizada, el uso de los acuíferos son los nitratos, debido a la alta movilidad y estabilidad que estos muestran una vez presentes en las aguas subterráneas. Las fuentes más comunes de nitratos son las aguas servidas domésticas y los fertilizantes utilizados en la agricultura. Otros contaminantes inorgánicos que suelen detectarse en las aguas subterráneas son cloruros, hierro, manganeso, sodio y sulfato.

En la Región Metropolitana se ha detectado contaminación por nitratos en las aguas subterráneas de Maipú, Renca, La Cisterna, San Miguel, Buin y

---

<sup>40</sup> "Calidad de las Aguas", Peña y Salazar, MOP/DGA, SDT N°2, 1993

<sup>41</sup> idem

<sup>42</sup> idem

Paine, asociada al manejo de aguas servidas y de residuos sólidos. De acuerdo a los registros de la DGA en los valles al norte de Santiago (Azapa, Copiapó, Limarí, Aconcagua), frecuentemente se detectan nitratos en las aguas subterráneas, aunque en concentraciones menores.

Una evaluación de las sustancias contaminantes en captaciones subterráneas para agua potable, realizada por la SISS en 1990, (cuadro 11) citada en el Informe País de la CONAMA, 1999, estableció que de un total de 395 servicios de agua potable, entre las regiones Iª y XIIª, se detectaron sustancias contaminantes en el agua subterránea de 102 localidades. En 45 localidades se detectaron compuestos nitrogenados (nitrato, nitrito). En 37 localidades se detectó hierro, en la mayoría de los casos en conjunto con manganeso. En otras 17 localidades se encontraron sustancias diversas, sólidos disueltos, cloruro, magnesio y otros.

### 5.3 Contaminación Difusa

La contaminación difusa por lixiviación de sales del suelo, con fertilizantes y pesticidas, tal como ya se ha comentado, resulta significativamente más difícil de detectar y de controlar. Los plaguicidas, en particular, representan una amplia gama de compuestos orgánicos sintéticos, algunos de ellos altamente tóxicos y persistentes que según la DGA “muestran un

comportamiento variable” en las aguas subterráneas.

“En Chile, resulta extraordinariamente relevante la contaminación difusa provocada por el riego con aguas servidas, el cual cubre superficies agrícolas que sólo en la Región Metropolitana afectan directamente a unas 40.000 há. Además, el uso de pesticidas y fertilizantes se ha incrementado sustancialmente, como resultado de los esfuerzos por aumentar la productividad agrícola, de tal modo que se han alcanzado tasas de aplicación promedio comparables a las utilizadas en países más desarrollados. Esto hace suponer que se presentarán problemas de contaminación de este origen similares a las experimentadas por ellos.” Sin embargo, la DGA, en 1993, informaba que “Hasta el presente, no se ha informado de situaciones de contaminación de aguas subterráneas por pesticidas.”<sup>43</sup>

Como se ha dicho, la contaminación difusa en la más difícil de detectar, evaluar y controlar, algo alarmante considerando que muchas veces se trata de los compuestos químicos sintéticos más peligrosos y tóxicos conocidos, algunos de ellos de largo efecto residual. Esta forma de contaminación resulta de la escorrentía no-controlada que arrastra los pesticidas de los suelos agrícolas tratados, hacia los cauces y cuerpos de agua superficiales. En Chile se usan grandes cantidades de estos productos en las faenas agrícolas y forestales. Según información del Servicio Agrícola Ganadero, el año 2001 los agricultores chilenos importaron 18.752 toneladas de agro-químicos, más del doble de lo utilizado en 1990. Treinta y siete principios activos presentes en diversos agroquímicos utilizados en Chile figuran en el “Registro Internacional de Químicos Potencialmente Tóxicos” del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), como pesticidas prohibidos o severamente restringidos.

La página electrónica de la Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas RAP-Chile, da a conocer que a nivel internacional numerosas organizaciones hoy trabajan por lograr un convenio internacional vinculante que permita eliminar, a nivel mundial, doce sustancias tóxicas (entre las que se cuentan plaguicidas clorados, productos químicos industriales, y precursores de

**Cuadro 11: Sustancias contaminantes en captaciones subterráneas para agua potable, 1990.**

Región	Localidades con problemas (N°)	Sustancia contaminante problema
I	1	Sólidos disueltos
III	4/1	Sólidos disueltos, Cl, Mg / Nitrógeno amoniacal
IV	4/4/3	Nitrato, nitrito / Hierro / Sólidos disueltos, Cl, Mg
V	1/2	Nitrato/ Fe
RM	7/9/3	Nitritos / Sólidos disueltos, SO <sub>4</sub> , Mg, Hg
VI	8/7/1	Nitrito / Fe, Mn / Hg
VII	15/6	Nitrito / Fe, Mn
VIII	7/8	Nitrito / Fe
IX	4/1	Fe, Mn / Nitrato
X	1/3	Nitrito / Fe, Mn

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios citada por la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica, 1999

<sup>43</sup> idem

dioxinas y furanos) Trabajan para incorporar a este convenio un principio precautorio, es decir, que se prohíba y se controlen a la brevedad las fuentes que usan estos productos químicos, sin esperar que se recabe aún más información científica sobre sus efectos en la salud humana y el medio ambiente. Tal como informa RAP-Chile, los compuestos clorados cuestionados pueden mantenerse en el ambiente durante decenios y tienen la capacidad de acumularse en los tejidos vivos ocasionando alteraciones en el sistema reproductivo de las personas expuestas y de sus descendientes, así como provocar cáncer, perturbaciones en el sistema inmunitario, desórdenes en el sistema nervioso central y periférico, y otros. Se supone, además, que existen diversos desórdenes, sobre todo del sistema nervioso y otras patologías, que pueden estar siendo provocadas por estos productos químicos pero cuya interrelación aún no ha sido detectada.

El seminario internacional «Control ciudadano para la fiscalización y reducción del uso de plaguicidas en América Latina», que se realizó en Santiago de Chile entre los días 25 y 27 de mayo de 1999, culminó con críticas a los gobiernos por las políticas de subsidios que favorecen del uso de plaguicidas y la falta de voluntad política manifestada para vigilar y

hacer cumplir la legislación en torno a las normas que regulan su uso (Cuadro 3). La situación en que se encuentra América Latina en relación al uso de plaguicidas fue analizada por expertos de trece países de América Latina y Estados Unidos. En el caso de Chile, representantes del sector salud, ambientalistas y campesinos, expusieron la situación en la aplicación de agrotóxicos desde la IIIª a la Xª regiones. La reunión, culminó con una declaración de las 77 organizaciones participantes, que manifestaron la posición de la sociedad civil de América Latina respecto del uso de agroquímicos en la región.

Otra forma de contaminación difusa son los fertilizantes, o abonos, que se aplican directamente al suelo "*donde se produce el proceso de lixiviación, en que un pequeño porcentaje es absorbido por la planta pero la mayor parte se infiltra en el terreno. En este caso, la contaminación se produce finalmente en las aguas subterráneas y su efecto acumulativo se verá en el largo plazo.*"<sup>44</sup> En su informe de 1994, Nora Cabrera también destaca la contaminación difusa de las aguas con sales en base a cobre, arsénico y otros, utilizadas por el sector silvoagrícola como preservantes o 'impregnantes' de la madera.

### Recuadro 3

“Que el incremento acelerado del uso de plaguicidas en la región, las políticas de subsidio a favor del uso de estos insumos peligrosos y la falta de voluntad política de los gobiernos por vigilar y hacer cumplir las normas que regulan el uso de plaguicidas, está generando altas tasas de intoxicación en el mundo (tres millones por año) y muertes de 25 personas por hora.

Demandamos a nuestros gobiernos lo siguiente:

- 1.- Implementar una política agrícola y ambiental dirigida a la reducción y sustitución del uso de plaguicidas químicos mediante: la promoción de técnicas agroecológicas para el manejo de la sanidad vegetal; la prohibición de los plaguicidas prohibidos en otros países y/o que no han sido registrados en el país donde se produce el ingrediente activo; y la eliminación de los subsidios (incluidos excepciones arancelarias) a los agrotóxicos. Por el contrario se debe estimular legal y financieramente a los insumos biológicos.
- 2.- Participar activamente en las negociaciones para lograr un Convenio Internacional para la Eliminación de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) en nuestros países, que incluyen plaguicidas organoclorados, productos químicos industriales y las fuentes de producción de dioxinas y furanos, por sus altos riesgos en la salud y el ambiente.
- 3.- Diseñar programas nacionales para la pronta eliminación del bromuro de metilo, que favorezcan la participación de organismos no gubernamentales para aplicar métodos agroecológicos como alternativa a este contaminante destructor de la capa de ozono.
- 4.- Rechazar el uso de los productos químicos en la erradicación de los cultivos ilícitos, porque representan un peligro para la salud de las etnias y comunidades expuestas, los ecosistemas frágiles de la amazonía, y socialmente no han resuelto los problemas de las regiones involucradas.
- 5.- Reconocer los derechos de la población al libre acceso a la información, creando centros nacionales de información y documentación sobre contaminantes y agrotóxicos.
- 6.- Demandar y propiciar una legislación que asegure la Evaluación de Impacto Ambiental de los plaguicidas previo a su registro y comercialización.
- 7.- Establecer mecanismos institucionales que garanticen una participación efectiva de organizaciones sociales y organismos no gubernamentales dedicados a la protección de la salud y ambiente en las Comisiones Nacionales para la regulación de plaguicidas, con voz y voto, y asegurar la fiscalización gubernamental y ciudadana de las normas vigentes de plaguicidas.
- 8.- Adoptar la «Declaración Latinoamericana sobre Organismos Transgénicos» de Quito y acrecentar los esfuerzos por lograr una moratoria en la investigación y liberación de organismos transgénicos por los peligros que representan para la salud y los ecosistemas. Además de que su uso incrementa el empleo de plaguicidas.
- 9.- Rechazar la posición adoptada por los representantes de los gobiernos de Chile, Argentina y Uruguay en las negociaciones del Protocolo de Bioseguridad, de unirse al llamado grupo de Miami porque permite la expansión de los cultivos transgénicos favoreciendo así a unas cuantas transnacionales. Realizar una consulta amplia y plural sobre el tema para definir una política preventiva que proteja la biodiversidad y la salud de la población.
- 10.- Ratificar y cumplir los convenios de la Organización Internacional de Trabajo que aseguran la protección de los derechos de los trabajadores agrícolas, mujeres, niños y pueblos indígenas.
- 11.- Frente a los Tratados de libre comercio en la región de las Américas es necesario promover el comercio alternativo ambientalmente amigable y socialmente justo. De igual manera, exigir transparencia y participación ciudadana para evitar que las normas nacionales de plaguicidas sean debilitadas a través del proceso de armonización. Por el contrario este proceso debe conducir la reducción de uso de plaguicidas.
- 12.- Demandar a nuestros gobiernos políticas agrícolas que promuevan el desarrollo de la agricultura sostenible y la expansión de tecnologías agroecológicas en cada uno de los países de la región.

Organizaciones firmantes:

Alianza para una mejor Calidad de Vida/Red de Acción en Plaguicidas de Chile, Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas de América Latina (RAPAL), Coordinadora Latinoamericana de Organizaciones del Campo (CLOC)

## 6. INVENTARIO DE CONTAMINACIÓN ACTUAL Y POTENCIAL POR REGIONES Y POR CUENCAS

En 1989 y 1991, por encargo del Ministerio de Obras Públicas y, más específicamente, de la Dirección General de Aguas, ingenieros consultores realizaron dos estudios a través de los cuales se hizo un diagnóstico preliminar y cualitativo de la intensidad y tipos de contaminación hídrica, actual y potencial, según cuenca o segmentos de cuenca a lo largo de todo el país. El Informe País 1999 de CONAMA, que basa su informe respecto a la contaminación de los recursos hídricos en estos dos estudios, resume así la metodología empleada:

*“La metodología utilizada para determinar el grado de contaminación de cada cuenca consideró los antecedentes físicos y de emisiones con que se contaba para cada unidad hidrográfica sobre la base de estudios previos, así como las observaciones de los expertos que realizaron el estudio en sus visitas en terreno. Además, se verificaron hipótesis y supuestos a través de entrevistas con personas conocedoras de la situación local en relación al tema en estudio. Por otro lado, la evaluación se realizó tomando en cuenta la relación existente entre las fuentes de contaminación y los afectados por ésta; para ello, se consideró la ubicación de la fuente contaminante, el tipo de contaminante que genera y el recurso que afecta, asociando todo ello con la ubicación relativa de los afectados con respecto a cada fuente de contaminación.”<sup>45</sup>*

A pesar que estos dos informes son relativamente

antiguos, y que se trata de evaluaciones de tipo cualitativo, los dos “Inventarios de Contaminación” realizados para la DGA en 1989<sup>46</sup> y 1991<sup>47</sup>, todavía permiten hacer una suerte de mapa o radiografía del estado de las aguas en Chile, que puede ser sumamente útil para el que investigue sobre los recursos hídricos nacionales.

Sorprende que, además de que no existe ningún estudio actualizado que cubra todo el país, muchas de las situaciones registradas en los dos Inventarios siguen plenamente vigentes hoy. Respecto a las aguas servidas domésticas y mezcladas con riles, la información de los Inventarios se ha conjugado y actualizado con información reciente de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), disponible en el “Informe de Gestión del Sector Sanitario, 2001”, y en el “Informe Anual de Coberturas de Servicios Sanitarios - Al 31 de diciembre de 2001”, (SISS, 2002) del mismo servicio público. Respecto a situaciones específicas en ciertos ríos, en el “Inventario” que sigue también se hace referencia a estudios de otros investigadores o centros académicos.

De acuerdo a los dos “Inventarios de Contaminación” y la información de la SISS, y de otras fuentes mencionadas, los principales problemas de contaminación hídrica detectados por cuencas y subcuencas a lo largo del país, de Norte a Sur, son los siguientes:

---

<sup>44</sup> Nora Cabrera, en “Perfil Ambiental”, CONAMA, 1994

<sup>45</sup> “Informe País”, CONAMA, 1999

<sup>46</sup> “Contaminación de Aguas Naturales – Inventario de Contaminación – Etapa I, MOP/DGA, Febrero 1989, Alamos y Peralta, Ingenieros Consultores Ltda.

<sup>47</sup> “Contaminación de Aguas Naturales - Inventario de Contaminación”; Regiones Metropolitana a XII, MOP/DGA; bf Ingenieros Civiles, 1991



**Iª Región:**

En las cuencas Altiplánicas el Inventario no detecta actividades humanas que pudieran ser consideradas fuentes de contaminación de las aguas, pero constata altos niveles de arsénico y boro, incorporados a ellas por procesos naturales. En la cuenca del Río Lluta, el Inventario registra dos posibles fuentes de contaminación hídrica. Una corresponde al área regada del valle (4.300 hás a la fecha) que, a través de derrames y escurrimiento, contaminan las aguas superficiales con productos químicos utilizados en la agricultura (pesticidas, herbicidas y fertilizantes). No se tienen mayores antecedentes cuantitativos u otros respecto a esta contaminación difusa. La segunda fuente es la planta procesadora de metales Promel-Pukará, que utiliza el proceso de cianurización para tratar los metales, entre otros. No se tienen antecedentes de los procesos que evitan esta contaminación en los lugares de descarga. De acuerdo al Inventario, se está afectando el área de riego, la que tendría mayores restricciones por la contaminación natural de las aguas que por las fuentes nombradas.

En cuenca del río San José, las fuentes de contaminación de las aguas son el riego y la actividad minera. Respecto a la contaminación con los productos químicos agrícolas, debido a la falta de antecedentes, los consultores de la DGA optaron por no considerarlos en su diagnóstico sobre la contaminación de esta cuenca. La segunda fuente de contaminación es la planta procesadora de metales Promel-Arica, que descarga sus residuos mineros a una laguna natural y, según el estudio, como no afecta las aguas del Río

Azapa, no interferiría con las captaciones de los posibles afectados aguas abajo. No se tienen antecedentes sobre la situación de la laguna mencionada.

En la cuenca entre la Pampa del Tamarugal y la Quebrada de Cahuisa, existen cinco fuentes de contaminación, tres de ellas descargas de aguas servidas de los alcantarillados de Huaica, Pica y Pozo Almonte. A la fecha del Inventario, el alcantarillado de la Huaica descargaba las aguas servidas sin tratamiento a una fosa séptica. Pica y Pozo Almonte descargaban sus aguas servidas a lagunas de estabilización y luego a la pampa, desde donde se evaporan e infiltran. Mediciones realizadas a la fecha indicaban que no se estaba contaminado en forma significativa el acuífero. Dos plantas mineras vierten descargas a tranques de relave desde donde se evaporan e infiltran, sin afectar significativamente el acuífero, según el Inventario. Se constata un alto grado de salinidad natural de las aguas subterráneas. En las captaciones subterráneas para el agua potable de Huara, La Huaica, Pica, Matilla, La Tirana y Pozo Almonte se detecta la presencia de Arsénico, contaminación de origen natural, sobre la que el estudio no elabora. Se hace notar la cercanía entre la descarga de aguas servidas de La Huaica y el recinto de agua potable de Canchones. Lo que conllevaría el riesgo de contaminación bacteriológica del acuífero.

En la Iª Región, las ciudades de Arica e Iquique

descargan sus aguas servidas al mar a través de sendos emisarios. Arica descarga un caudal de 254 l/s e Iquique de 330 l/s, lo que equivale a 18.445.562 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 5.386 ton/año. En esta región, el actual nivel de cobertura de tratamiento de aguas servidas referidas a población (402.366 habitantes) alcanza, a diciembre de 2001, a 96,3%. La proyección de cobertura de la empresa sanitaria regional, ESSAT S.A., es de 96% al año 2002, 98,7% al 2005 y 99,3% al 2010.

Cabe hacer notar que estos altos niveles de cobertura de tratamiento de aguas servidas tienen que ver con el hecho que las aguas servidas de la mayor parte de la población, que se concentra en las ciudades de la región, están siendo descargadas al mar a través de emisarios.

## IIª Región:

En la cuenca del Río Loa, se detectaron ocho fuentes de contaminación; entre las más importantes las descargas de aguas servidas del alcantarillado de Calama y el tranque de relave de CODELCO Chuquicamata. La descarga de aguas servidas de Calama, alcanzaba a 134 l/s afectando, con contaminación química, física y bacteriológica, importantes superficies de agricultura de riego; a la fecha del Inventario no existía tratamiento alguno de las descargas. De acuerdo a información actual de la SISS, hoy las descargas, que alcanzan a 143 l/s, son tratadas en una planta de lodos activados y las aguas tratadas, con una carga orgánica DBO5 de 158 ton/año, son vendidas a agricultores, por lo tanto, ya no hay descargas directas de aguas servidas al Río Loa.

La agricultura, sin embargo, contamina suelos y aguas con fertilizantes y pesticidas, e incrementa la salinidad de las aguas a través de los procesos de lavado de los suelos. En algunas zonas de la cuenca se detecta presencia de boro y arsénico en las aguas. Tanto desde el tranque de relaves Talabre de Chuquicamata, como de otras tres industrias que descargan riles con reactivos químicos a pozos absorbentes, se producen infiltraciones que contaminan el acuífero, pero no se cuenta con mayor información al respecto.

Cabe hacer notar que recientemente en el Loa han ocurrido graves episodios de contaminación relacionados con las faenas mineras. Este es un caso ilustrativo sobre el tema de las responsabilidades públicas y privadas, del manejo de la información, de los conflictos entre usuarios y de las sanciones por daño ambiental ocasionado por empresas públicas o privadas.

Tal como relata el investigador de CEPAL, Ingo Gentes en un reciente trabajo<sup>48</sup>, en noviembre de 1996, trece mil litros de ácido sulfúrico se escurrieron desde un embalse de lixiviación de la mina El Abra, perteneciente a la empresa estatal CODELCO, alcanzando las aguas del Río Loa. La empresa recién dio aviso a las autoridades once días después del hecho. *“No obstante el factor contaminante del ácido sulfúrico, otras instancias llevaron finalmente a CODELCO al pago voluntario de una suma insignificante.”*<sup>49</sup> En marzo de 1997 se detectó nuevamente contaminación en 80 Km del Río Loa. CODELCO e instancias oficiales la

atribuyeron a causas naturales, pero institutos independientes de investigación establecieron que era probable que se tratara de contaminación provocada por faenas mineras. En particular se constató la contaminación con xantato, un producto químico utilizado en la lixiviación del cobre. Instancias oficiales retiraron estos informes de la investigación y, finalmente, el informe oficial concluyó que la contaminación se debía a causas naturales.

*“El día 14 de mayo de 1997, la derivación de varios miles de litros de material químico... causó la muerte masiva de peces a la altura del tranque Sloman Las empresas mineras de la cercanía (Chuquicamata, El Abra, Enaex, Soquimich) negaron cualquier responsabilidad en los hechos... Al final, el caso no trajo consecuencias legales ni materiales mayores para las empresas mineras”.*<sup>50</sup> En noviembre de 1997 se abrieron las compuertas del tranque Sloman y miles de litros de aguas contaminadas con relaves se escurrieron hacia áreas de cultivo, a la altura de Quillagua. Recién entonces se descubrió que la autorización entregada a CODELCO para el uso del tranque era ilegal. La Oficina Regional de Emergencia (OREMI) exigió el cierre del tranque y la limpieza de los sedimentos, algo que no se hizo efectivo.

En enero de 1998, debido a la escasez de agua para el riego, vecinos de Quillagua abrieron las compuertas del tranque Sloman, produciéndose un derrame de relaves, al Río Loa, de grandes proporciones, con contenido de plomo, arsénico, magnesio, mercurio, cobre y hierro sulfúrico. *“Esta vez lo ocurrido tuvo un trasfondo socio jurídico: algunos vecinos de Quillagua (alrededor de 200 personas) habían vendido sus derechos de aprovechamiento del agua a la empresa SOQUIMICH y, debido a la creciente escasez de usos del recurso, tomaron esta medida de urgencia. El Estado optó en este caso por volver a comprar los derechos de aprovechamiento de la SOQUIMICH, a través de la DGA. Por medio del expediente de agregar*

<sup>48</sup> “Entre ‘propiedad ambiental’ y Nueva Acción Social”, Ingo Gentes, trabajo presentado en las V Jornadas de Derechos de Agua, Universidad Católica, Noviembre, 2002

<sup>49</sup> idem

<sup>50</sup> idem

*agua potable del tranque Chonchi (500 litros diarios por tres días consecutivos) se mezclaron los sedimentos de relaves: ni la limpieza ni el cierre del tranque se efectuaron”.<sup>51</sup> Gentes concluye que “En definitiva, los casos de contaminación descritos no originaron ningún tipo de consecuencias políticas ni económicas. El río Loa y sus habitantes no tuvieron quién los defendiera exitosamente. Lo que quedó fue el indulto a los responsables y el discurso político oficial que culpó a las causas naturales.”*

En las cuencas costeras entre el río Loa y la Quebrada de Caracoles existen cuatro plantas mineras, sobre las que se tiene muy poca información, y dos industrias que descargan residuos en sistemas de infiltración, sin contar con mayores antecedentes.

El Inventario da cuenta que en la cuenca de la Quebrada de Caracoles existe una planta de tratamiento de arsénico para purificar el agua potable de Tocopilla, Antofagasta y Mejillones. Esta planta descarga un caudal continuo de 60 l/s de efluente con altísima concentración de arsénico directamente en el Salar del Carmen, desde donde éste se evapora e infiltra. En esta misma cuenca se encuentran dos plantas mineras menores y una de gran envergadura, Mantos Blancos, que contaminan las aguas. Las tres depositan residuos, sobre los que no se tienen mayores antecedentes, en tranques de relaves desde donde éstos se evaporan e infiltran. El tranque de relaves de Mantos Blancos produce un excedente de aguas residuales que son

re-utilizadas por Minera San Ignacio, cuyos excedentes de quince l/s son también descargados en el Salar del Carmen.

No se ha evaluado el impacto de estas masivas descargas – 75 l/s - de efluentes residuales extremadamente peligrosos en el ecosistema del Salar del Carmen, así como el riesgo de conformación de un acuífero altamente contaminado. A la fecha del estudio no se contaba con sistema alguno de medición del grado de contaminación de las aguas subterráneas que estas descargas pueden estar produciendo.

En la Cuenca de la Quebrada La Negra, y entre ésta y la Quebrada Pan de Azúcar el Inventario registra nueve fuentes de contaminación industrial cuyos residuos, en general, son descargados a pozos absorbentes o fosas, y sobre los que se tiene muy pocos antecedentes, a pesar que en el caso de la planta minera Sierra Overa de Brass los procesos de cianurización podrían estar afectando las aguas subterráneas. Al respecto, llama la atención la siguiente declaración de los consultores de la DGA: “*El resto de las plantas [mineras] están a orillas del mar o muy cerca de éste y no deberían influir en forma importante en algún recurso.*”

---

<sup>51</sup> idem

En la IIª Región las ciudades de Tocopilla, Mejillones, Antofagasta y Tal-Tal, descargan aguas servidas al mar a través de emisarios. Antofagasta descarga un caudal de 390 l/s, y las otras tres ciudades, en su conjunto, un caudal de 56 l/s, lo que equivale a 14.076.364 m<sup>3</sup>/s. Esto representa un aporte de carga orgánica DBO<sub>5</sub> al mar de 754 ton/año

El nivel de cobertura de tratamiento de aguas servidas referidas a población de la región (446.716 habitantes), a diciembre del 2001, alcanza a 61,1%. La proyección de cobertura de la empresa sanitaria regional ESSAN S.A., es de alcanzar un 100% a diciembre del año 2002.

Tal como en la Iª Región, estos altos niveles de cobertura de tratamiento de aguas servidas están relacionados con el hecho que las aguas servidas de la mayor parte de la población, concentrada en las ciudades, están siendo descargadas al mar a través de emisarios.

### IIIª Región:

En la cuenca del río Salado el Inventario detectó 50 fuentes de contaminación. Se destacaban las aguas servidas de Diego de Almagro (10 l/s) y El Salado (1,6 l/s), a la fecha, descargadas directamente al río Salado sin tratamiento. De acuerdo a la información actual de la SISS, estas descargas hoy serían de 8,2 l/s y 2,2 l/s respectivamente, y ambas son tratadas en lagunas de estabilización para ser luego vertidas al río Salado con una carga orgánica DBO5 de 83 ton/año. A estas descargas se agregan las de los alcantarillados de El Salvador y Potrerillos, propiedad de Codelco-Chile, sobre las que no se tiene antecedentes. La localidad de Inca de Oro descarga a pozos negros.

A lo anterior se suman las descargas de plantas mineras, destacándose por su magnitud los relaves de El Salvador que, a la fecha, eran descargados al río Salado. La planta Osvaldo Martínez de ENAMI también descarga al río Salado. El resto son plantas mineras pequeñas que también descargan al Río Salado o a tranques de relaves. Estas plantas utilizan distintos métodos de recuperación de minerales, tales como lixiviación, cianuración o amalgamación, que producen compuestos químicos altamente peligrosos, incluyendo mercurio.

Los afectados por la contaminación son los sistemas de agua potable de El Salvador, Potrerillos, Diego de Almagro, El Salado, Inca de Oro y Chañaral.

En el Inventario, sin embargo, se concluye que no existe una directa relación entre las fuentes contaminantes y los afectados, ya que los sistemas de agua potable de las localidades mencionadas han tenido que hacerse obligadamente evitando utilizar las aguas superficiales y subterráneas contaminadas. Los consultores concluyen que debido a la contaminación, lo que ha sucedido aquí es que los más importantes recursos hídricos existentes, en particular el Río Salado, simplemente han sido inutilizados y no se han podido, ni se pueden aprovechar.

Cabe mencionar que para los procesos industriales de las minas El Salvador y Potrerillos se extrae agua salobre del Salar de Pedernales. Codelco-Chile, División Salvador, no informa respecto a esta situación. Para el Inventario no se pudo medir la calidad de las aguas subterráneas

debido a que los pozos que existen pertenecen a Codelco-Chile, y su información es reservada.

En la cuenca entre el Río Copiapó el Inventario contabilizó 83 fuentes de contaminación de las aguas, destacándose las descargas de aguas servidas con algún nivel de tratamiento de los alcantarillados de Copiapó (117.255 habitantes), Tierra Amarilla y Los Loros. Según la SISS, actualmente las descargas de aguas servidas de Copiapó alcanzan a 197 l/s y las de Tierra Amarilla a 11,7 l/s. Ambas son tratadas en lagunas aereadas, para ser luego vertidas al Río Copiapó con una carga orgánica DBO5 de 386 ton/año.

El riego, que en 1989 alcanzaba a 10.900 hás., contamina las aguas con el derrame y escurrimiento de diversos productos químicos utilizados en la agricultura. El sistema de alcantarillado de Copiapó también recibe las descargas de varias industrias ubicadas dentro de la ciudad. Estos residuos son tratados en las lagunas de estabilización de la ciudad de Copiapó. En la cuenca, las descargas de las plantas mineras son realizadas en tranques de relaves desde donde se produce evaporación e infiltración. Se supone que esta no alcanza ningún acuífero. Los afectados serían los sistemas de agua potable de Tierra Amarilla, Copiapó, y las captaciones subterráneas para abastecer las localidades de Caldera y Chañaral y el área de riego del Río Copiapó. Sin embargo, no se ha detectado contaminación de estas aguas. El área de riego entre Copiapó y Piedra Colgada es afectada por las descargas de las lagunas de estabilización del alcantarillado de Copiapó, con un caudal de 200 l/s (a la fecha del Inventario) afectando significativamente las aguas para riego con contaminación bacteriológica. El Inventario concluye que la Fundición de Paipote no contamina las aguas.

En la cuenca del Río Huasco, el Inventario contabilizó 42 fuentes de contaminación de las aguas continentales y marinas. A la fecha del Inventario, Vallenar y Freirina descargaban 58 l/s y 4,8 l/s de aguas servidas al Río Huasco luego de ser tratadas en lagunas de estabilización, generando contaminación bacteriológica de las aguas de riego. Hoy, según la SISS, ambas ciudades descargan 63 l/s y 3 l/s, respectivamente, Vallenar a lagunas aereadas y Freirina a lagunas de

estabilización, aguas residuales que son luego descargadas al Río Huasco, con una carga orgánica  $\text{DBO}_5$  de 133 ton/año.

Sorprende la siguiente declaración de los consultores: *“Las descargas de Huasco Bajo que alcanzan a 10 l/s no son despreciables por su magnitud, pero, por producirse casi en la desembocadura del Río Huasco en el mar se pueden despreciar.”* No se tienen antecedentes sobre las actuales descargas de aguas servidas de Huasco Bajo

El área de riego del río Huasco, a la fecha del Inventario, 13.800 háts bajo canal, contamina las aguas por derrame y escurrimiento de productos químicos, abonos y pesticidas utilizados en la agricultura. No existen mayores antecedentes respecto a esta contaminación difusa y el Inventario sólo supone que existe y que afectaría a los usuarios ubicados aguas debajo de las descargas de derrames de riego. Por último, existen numerosas plantas mineras, entre las que se destacan las más grandes Cía. Minera Santa Margarita de Astillas y la planta regional de ENAMI.

Todas descargan residuos a tranques de relaves desde donde el agua se evapora o infiltra. No se tienen antecedentes respecto a la contaminación de los acuíferos.

En la cuenca costera entre el río Huasco y la IVª Región existen siete fuentes de contaminación que corresponden a plantas mineras entre las que se destaca la planta minera Domeyko de la Cía. Minera Río Huasco que deposita sus residuos en tranques de relave desde donde las aguas se evaporan e infiltran, según el estudio, sin producir problemas. Las otras seis plantas no se consideran en el análisis por la menor magnitud de sus descargas.

En la cuenca del Río Los Choros existen diez plantas mineras de pequeña magnitud que descargan a tranques de relaves. Se presume potencial de contaminación de acuíferos. En particular, debido a la magnitud de su operación, las aguas residuales de la planta Chingoles, de la Cía. Minera Hartley, podrían estar contaminando las aguas subterráneas, pero no se tienen antecedentes al respecto.

El total de aguas servidas domésticas descargadas a las cuencas de la IIIª Región, con diversos grados y tipos de tratamiento, alcanza a 285,3 l/s, con una carga orgánica  $\text{DBO}_5$  de 602 ton/año.

En la IIIª Región, Chañaral y Huasco descargan aguas servidas directamente al borde costero sin tratamiento, con un caudal de 22,5 l/s. Caldera descarga aguas servidas al borde costero, previo tratamiento en lagunas de estabilización, con un caudal de 16 l/s, lo que en su conjunto equivale a 1.222.159 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica  $\text{DBO}_5$  total de 417 ton/año.

En la IIIª Región, el nivel de cobertura de tratamiento de aguas servidas referidas a población (236.962 habitantes), a Diciembre de 2001, alcanza a 72%. La proyección de la empresa sanitaria regional EMSSAT S.A. es de alcanzar un nivel de cobertura de 75,5% a diciembre de 2002, de 83,1% al 2005 y de 94,4% al 2010. En esta región también existen importantes descargas al mar que mejoran los niveles de cobertura de tratamiento de aguas servidas.

#### IVª Región:

En la cuenca entre el Río Los Choros y el Río Elqui el Inventario registra cuatro plantas mineras de pequeña magnitud cuyas descargas no son consideradas como de riesgo de contaminación.

En la cuenca del Río Elqui, el Inventario detectó 87 fuentes de contaminación de tres tipos: descargas de aguas servidas, plantas mineras y derrames de aguas de riego.

Vicuña descargaba 10 l/s de aguas servidas al Río Elqui, luego de ser tratadas en la planta. Las Delicias, que a la fecha estaba en mal estado, descargando una contaminación mayor a la de diseño y que afectaba con su contaminación bacteriológica el área de riego bajo el canal del Valle del Elqui, que alcanzaba a 23.200 há. Hoy, Vicuña descarga 15,7 l/s a lagunas aereadas y Paihuano descarga 0,9 l/s a lodos activados. Las aguas residuales de las dos localidades son descargadas al Río Elqui, con una carga orgánica  $DBO_5$  de 65 ton/año. En la misma cuenca, la localidad de Peralillo descarga 0,75 l/s de aguas servidas tratadas en lodos activados al Río Claro, con una carga orgánica  $DBO_5$  de 1 ton/año.

El riego, produce contaminación de las aguas por derrame y escurrimiento de abonos, pesticidas, funguicidas, herbicidas, y otros productos. Esta grave contaminación difusa, a la fecha, no ha sido estudiada, por lo que no es posible evaluarla. Las diversas plantas mineras existentes en el valle descargan a tranques de relave desde donde las aguas residuales se evaporan e infiltran. Mediciones realizadas indicarían que no se están contaminando los acuíferos. La planta de relaves de la planta El Indio, de la compañía del mismo nombre, descarga residuos que contienen cianuro a un tranque de relaves ubicado junto al Río Malo. Por infiltración, estas aguas alcanzan este río en pequeñas cantidades. Mediciones de la calidad de las aguas del Río malo, sin embargo, no detectan la presencia de este elemento. Los potenciales afectados por esta contaminación son los sistemas de agua potable de Andacollo, La Serena, Vicuña, Paihuano y Peralillo, que se abastecen de aguas superficiales y subterráneas del Río Elqui, y la agricultura del valle.

En las cuencas costeras entre el Río Elqui y el Río Limarí, se registraron cinco posibles fuentes de contaminación de recursos hídricos que podrían afectar

las captaciones de agua potable de la ciudad de Coquimbo y del balneario de Tongoy. Estas son cuatro plantas mineras de pequeño tamaño que descargan a tranques de relaves que no contaminan los recursos hídricos existentes. Respecto de las descargas de la planta Tambillos de Cominor Ltda., de mayor envergadura, no se tienen antecedentes. Las aguas de Coquimbo provienen de captaciones del Río Elqui, así es que su calidad depende de lo que pase en su cuenca, riesgos que fueron expuestos más arriba. En el caso de Tongoy, sus aguas son captadas superficialmente en la quebrada del mismo nombre. Mediciones de la calidad de ambas aguas no han indicado presencia de contaminantes.

En la cuenca del Río Limarí existen 20 fuentes de contaminación. Tres muy importantes son las descargas de aguas servidas de los sistemas de alcantarillado de Combarbalá, Andacollo y Ovalle. Las aguas servidas de Combarbalá y Andacollo alcanzan a 7,2 l/s y 6,5 l/s respectivamente, y son tratadas en lagunas de aireación. Las aguas residuales de Combarbalá son vertidas al Río Combarbalá con una carga orgánica  $DBO_5$  de 20 ton/año. Andacollo vierte sus aguas tratadas al Río Seco, con una carga orgánica  $DBO_5$  de 14 ton/año. A la fecha del Inventario, las aguas servidas de Ovalle eran descargadas sin tratamiento al Río Limarí. Actualmente, las descargas de Ovalle alcanzan a 89 l/s y son tratadas en lagunas de estabilización, para luego ser vertidas al mismo río con una carga orgánica  $DBO_5$  de 225 ton/año, alterando la calidad física, química y bacteriológica del río. Estas descargas, de acuerdo al Inventario y a su fecha, afectaban una reducida superficie de riego. Las aguas servidas de Chañaral Alto, El Palqui y Monte Patria, tratadas en lodos activados, en el primer caso, y en lagunas aereadas en los otros dos, alcanzan a 10,9 l/s que son descargados al Embalse La Paloma, con una carga orgánica de 23 ton/año. La localidad de Sotaqui descarga 1,5 l/s de aguas servidas tratadas en lodos activados al Río Grande, con una carga orgánica  $DBO_5$  de 2 ton/año. Punitaqui descarga 3,2 l/s de aguas servidas tratadas en lagunas de estabilización al Río Limarí, con una carga orgánica  $DBO_5$  de 7 ton/año.

El área de riego del Valle del Limarí (59.000 há a la fecha del Inventario) contamina las aguas del Río Limarí

por derrames y escurrimiento de los productos químicos utilizados en la agricultura. Esta contaminación difusa no ha sido estudiada, por lo que los informes sólo la nombran en forma cualitativa y no cuantitativa. Las 16 plantas mineras presentes en el área son consideradas pequeñas, sus descargas se realizan a tranques de relave desde dónde éstas se evaporan e infiltran. No se tienen mayores antecedentes. La mayor faena minera es la planta Los Mantos de Cía. Minera Tamaya, pero el estudio no registra antecedentes al respecto. Los afectados por contaminación hídrica en esta zona podrían ser los sistemas de agua potable de Chañaral Alto, Combarbalá, El Palqui, Monte Patria, Ovalle, Punitaqui, Sotaqui y Huamalata. El Inventario concluye que, dados los antecedentes mencionados, la cuenca tiene problemas de contaminación pero que, debido a la ubicación de las descargas y su magnitud, ésta no afecta la calidad de las aguas captadas por los posibles afectados.

En las cuencas costeras entre el Río Limarí y el Río Choapa se encuentran seis plantas mineras menores que descargan a tranques de decantación o de relaves desde donde se evaporan e infiltran. El Inventario no detecta afectados.

En la cuenca del Río Choapa, el Inventario detectó 27 fuentes de contaminación correspondiendo a las descargas de aguas servidas de los alcantarillados de Salamanca e Illapel, a productos químicos utilizados en la agricultura (a la fecha, 22.700 has regadas bajo canal) y a plantas mineras.

Actualmente, Salamanca descarga 14,4 l/s de aguas servidas tratadas en lagunas aereadas al Río Choapa,

con una carga orgánica  $DBO_5$  de 32 ton/año. Illapel descarga 22,6 l/s de aguas servidas tratadas en lagunas aereadas al Río Illapel, con una carga orgánica  $DBO_5$  de 38 ton/año.

A pesar de la existencia de todas las fuentes de contaminación mencionadas la evaluación de la DGA, a la fecha del Inventario, encontró contaminación química y bacteriológica nula a escasa de las aguas de la cuenca del Río Choapa, relacionada con los puntos de descarga de las fuentes nombradas. Esto llama la atención dadas las fuentes de contaminación mencionadas, en particular la intensa agricultura y ganadería que se desarrolla en el valle del Choapa, así como la presencia de faenas mineras mayores (Pelambres), asociadas a importantes tranques de relave. Una vez más, se constata que el problema es que se tienen escasos antecedentes sobre la contaminación difusa y la provocada por las faenas mineras.

En la cuenca costera entre el Río Choapa y el Río Quilimarí se encuentra la planta minera Las Canaletas, sobre la que no se tiene antecedentes. El sistema de agua potable de Los Vilos podría ser afectado, pero el Inventario no detectó contaminación de las aguas por la fuente mencionada.

En la cuenca del Río Quilimarí la única fuente de contaminación es el agua de riego que aporta productos químicos utilizados en la agricultura y produce un aumento de la salinidad de las aguas del río por el lavado de suelos. Afecta a regantes aguas abajo.

El total de aguas servidas domésticas descargadas a las cuencas de la IVª Región, con diversos grados y tipos de tratamiento, alcanza a 174,4 l/s, lo que equivale a 5.502.755 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica  $DBO_5$  de 429 ton/año.

En la IVª Región las ciudades de La Serena, Coquimbo y Los Vilos, descargan aguas servidas al mar a través de emisarios. La Serena descarga un caudal de 250 l/s, Coquimbo de 232 l/s y Los Vilos de 18 l/s, lo que equivale en su conjunto a 16.069.539 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica  $DBO_5$  de 4.476 ton/año.

En la IVª Región, el nivel de cobertura de tratamiento de aguas servidas referidas a población (510.890 habitantes), a diciembre 2001, alcanza a 93,5%. La proyección de la empresa sanitaria regional ESSCO S.A. es de alcanzar un nivel de cobertura de 95,6% a diciembre de 2002, de 97,4% al 2005, y de 98% al 2010. En esta región, las principales ciudades descargan sus aguas servidas al mar, a través de emisarios, lo que mejora significativamente los niveles de cobertura de tratamiento de aguas servidas.

## Vª Región:

En la cuenca del río Petorca, el Inventario detecta dos fuentes de contaminación de las aguas superficiales. La primera es la planta minera El Bronce que descarga a un tranque de relaves. No se ha determinado si hay infiltración de contaminación al acuífero. La segunda fuente es el área de riego del valle que aporta contaminación química y salina, por los mismos motivos que en los casos anteriores. La salinidad aumenta a medida que el río desciende, afectando en forma creciente a los agricultores aguas abajo del río hacia la desembocadura. No se ha detectado contaminación en las captaciones de agua potable de Chincolco y Petorca.

En la cuenca del Río Ligua se detectaron siete fuentes de contaminación. La dos primeras son el sistema de alcantarillado de Cabildo, que descarga 13 l/s de aguas servidas al Río Ligua, previo tratamiento en lagunas de estabilización, con una carga orgánica  $DBO_5$  de 47 ton/año, y el sistema de La Ligua que a la fecha del estudio descargaba 20 l/s de aguas servidas sin tratamiento al Río La Ligua y que hoy descarga 22,2 l/s, al mismo río, previo tratamiento con lodos activados, con una carga orgánica  $DBO_5$  de 25 ton/año. Según el Inventario, esta contaminación se diluye, haciéndose indetectable por las estaciones de medición. Se hace notar que durante el verano el caudal del río disminuye significativamente, afectando su capacidad de dilución y autpurificación.

La segunda fuente de contaminación es el área de riego que aporta productos químicos agrícolas, y salinidad, al río, por el lavado de los suelos. La contaminación difusa no ha sido estudiada, ni cuantificada. Por último, existen en la zona cuatro plantas mineras. Según el Inventario, sólo la Planta Cabildo de la Sociedad minera Las Cenizas afecta la calidad del Río Ligua. Un estudio detectó contaminación con nitratos provenientes de tranques de relaves de esta planta ubicados junto al río. De las otras tres plantas mineras no se tienen antecedentes, salvo que depositan sus aguas residuales en tranques de relaves, desde donde ese evaporan e infiltran. Potencialmente afectados son los sistemas de agua potable de Cabildo, La Ligua, Valle Hermoso y Placilla. Según ESVAL, no se detecta contaminación en estas captaciones. El área de riego aguas abajo es afectada por la contaminación y las sales aportadas por el agua de riego de aguas arriba. No se ha determinado si el acuífero está siendo contaminado.

En la cuenca del Río Aconcagua, se detectaron 51 fuentes de contaminación: plantas mineras, industriales, áreas de riego y considerables descargas de aguas servidas. Entre las industrias que generan contaminación destacan seis plantas mineras, algunas de gran envergadura, seis mataderos, dos fábricas de cecinas, tres industrias de conservas, una curtiembre, una fundición, y dos industrias embotelladoras.

Respecto a la contaminación del Río Aconcagua, en un seminario organizado por ESVAL, el gerente de la sanitaria expresó que “*Hoy día el Río [Aconcagua] cuenta con un grado de contaminación altísimo, estamos hablando de sobre 14.000 coliformes por cada diez mililitros, en la desembocadura*”<sup>52</sup>, agregó que con las plantas que entrarán en operación este año 2002, esta situación mejorará en forma drástica y que los niveles de contaminación con coliformes van a quedar, a lo largo de todo el río, bajo los 100 col. por cada 100 ml, muy por debajo de la norma chilena, que es de 1000 col. por cada 100 ml. El Director regional de CONAMA, en el mismo Seminario, dio a conocer los resultados de un estudio realizado en 1996, que evaluó la contaminación del Río Aconcagua con riles y aguas servidas domésticas, concluyendo que efectivamente la principal fuente de contaminación son las aguas servidas, pero que también se detectó cobre, manganeso y molibdeno, problema derivado de las actividades mineras en la parte alta de la cuenca. A la fecha no se tiene información sobre la contaminación difusa de las aguas del Río Aconcagua.

De acuerdo a información reciente de la SISS, los caudales totales de aguas servidas, con diversos grados y tipos de tratamiento, descargadas en la cuenca del Río Aconcagua alcanzan a 463 l/s, lo que equivale a 14.597.997 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica  $DBO_5$  total de 1.656 ton/año.

<sup>52</sup> “Visión y Proyecciones de la Gestión Integrada de Cuenca”, ESVAL, 27/03/2002



Por muchos motivos la situación del río Aconcagua nos presenta otro caso dramáticamente ilustrativo, así es que vale la pena examinarlo con mayor detalle, destacando las principales fuentes de contaminación y los problemas especiales que se dan en distintos sectores de su cuenca.

En el sector alto del Río Aconcagua, es decir, desde su nacimiento hasta la ciudad de los Andes, destaca la planta minera de Codelco-Chile División Andina, que descarga sus residuos en tranques de relaves, desde donde las aguas residuales (aprox. 173 l/s) son descargadas al Río Blanco, tributario del Aconcagua. La empresa controla la calidad de estos efluentes y la información es reservada. En este sector están las captaciones de agua potable de Saladillo y de Río Blanco.

Entre Los Andes y la junta con el Río Putaendo, el Inventario destaca las descargas de aguas servidas de los sistemas de alcantarillado de las ciudades de Los Andes y San Felipe que, a la fecha del Inventario, incluían los riles de un gran número de diversas industrias, que eran vertidas sin tratamiento alguno al Río Aconcagua.

Actualmente, Los Andes y San Felipe, descargan 195 l/s de aguas servidas tratadas en lodos activados al Río Aconcagua con una carga orgánica  $DBO_5$  de 214 ton/año.

En este sector del río se realizan importantes extracciones para el abastecimiento de agua potable de Los Andes, San Felipe, Calle Larga, Curimón, Santa María, Rinconada, San Esteban y Tierras Blancas. Todas estas ciudades y localidades son abastecidas con recursos superficiales y subterráneos captados en el mismo sector. Dados los antecedentes anteriores respecto a las numerosas fuentes de contaminación presentes en el sector, el alto riesgo de contaminación de estas captaciones para agua potable es evidente. En este mismo sector destaca también el hecho que el Matadero Municipal de San Esteban y la fábrica de cecinas de Chenaca e Hijos descargan al acuífero por medio de sistemas particulares de infiltración. Los mataderos de Rinconada y Santa María descargan a los esteros Pocuro y Quilpué, respectivamente.

Aguas abajo, el Río Aconcagua recibe la descarga del Río Putaendo que, a la fecha, aportaba las aguas

servidas y riles del alcantarillado del pueblo del mismo nombre, así como las descargas de aguas residuales de la planta minera Bellavista. El Matadero Municipal descarga sus residuos al acuífero. Actualmente Putaendo descarga 7,65 l/s de aguas servidas tratadas en lagunas de estabilización al río del mismo nombre, con una carga orgánica  $DBO_5$  de 10 ton/año. El sistema de agua potable de Putaendo cuenta con captaciones superficiales y subterráneas en el valle del río del mismo nombre.

Aguas abajo, hasta La Calera, se constata una situación similar a la anterior que afecta al estero y al pueblo de Catemu con descargas de aguas servidas y riles de una planta minera sobre la que no se tiene antecedentes. El Matadero Municipal descarga a pozos absorbentes. La Fundición de Chagres produce contaminación física del río Aconcagua, al calentar las aguas. No se tienen mayores antecedentes al respecto.

Aguas abajo, el Río Aconcagua recibe las descargas del estero Los Loros que a su vez recibe las del alcantarillado de Llay Llay, incluyendo las descargas del Matadero Municipal. Actualmente Llay-Llay descarga 20 l/s de aguas servidas tratadas en laguna aereada al estero Los Loros, con una carga orgánica  $DBO_5$  de 23 ton/año. Aguas abajo existen descargas de riles de diversas industrias y del alcantarillado de Hijuelas.

En el sector de Nogales se encuentran las descargas del alcantarillado de Nogales y de las plantas mineras Veta de Agua y El Cobre, que descargan a tranques de relaves desde donde las aguas residuales son descargadas al Estero El Cobre, donde se infiltran. En este sector se encuentran los sistemas de agua potable de El Melón y Nogales que se abastecen de aguas subterráneas.

En el sector ubicado entre la Calera y la desembocadura se encuentran los sistemas de alcantarillado de Quillota, La Cruz, La Calera, Artificio y Cón-Cón. A la fecha del Inventario, los alcantarillados de San Pedro y de Limache descargaban a los esteros de los mismos nombres, respectivamente. Actualmente, las aguas servidas de Nogales, Hijuela, Artificio, La Calera, La Cruz, Quillota y Limache, en su conjunto alcanzan a 219 l/s las que, luego de ser tratadas en lagunas de estabilización, son finalmente descargadas al Río Aconcagua, con una carga orgánica  $DBO_5$  de 1.321 ton/año.

En este sector siete industrias importantes descargan al Río Aconcagua efluentes con altas cargas de materia orgánica (DBO) y otros elementos sobre los que no se tienen mayores antecedentes. Las aguas servidas de La Calera y Quillota incluyen los riles de diversas industrias.

Según el estudio, los potenciales afectados por la contaminación de este tramo final del Río Aconcagua son los sistemas de agua potable de siete localidades ubicadas en la misma cuenca, cuatro localidades más en otras cuencas y el área regada de la cuenca.

Finalmente, la importante área de riego del Valle del Aconcagua que, a la fecha, alcanzaba a 70.800 hás, contamina las aguas del Río Aconcagua con el arrastre de sales y de productos químicos utilizados en la agricultura. No se cuenta con antecedentes cuantitativos sobre esta contaminación difusa.

La cuenca del Estero Marga-Marga está conformada por el estero del mismo nombre, el estero Quilpue y el estero Las Palmas. El Inventario constató contaminación por aguas servidas, productos químicos agrícolas e industriales. En su fecha de ejecución detectó altos niveles de contaminación en el estero Quilpue, con muy altos índices de coliformes fecales, altos valores DBO<sub>5</sub> y DQO, grasas, aceites, exceso de fósforo (como fosfato) y nitrógeno. Se detectó inicio de proceso de eutroficación. A pesar que no se descubrieron metales pesados, dadas las descargas industriales que recibe el estero, el Inventario presume su presencia, así como de otros compuestos químicos que tampoco han sido medidos apropiadamente. En el borde costero, en torno a la desembocadura del Aconcagua, y de las descargas de aguas servidas de Viña del Mar, se ha detectado presencia de cobre, cadmio y plomo. Los esteros Viña del Mar y Reñaca se encuentran afectados por descargas de aguas servidas, así como los esteros Las Cenizas, tributario del estero El Sauce que desemboca en Laguna Verde.

Los efluentes de Casablanca, con un 60% de tratamiento en esa fecha, se vertían al estero del mismo nombre que desemboca en el mar, en Tunquén. Actualmente Casablanca descarga 17,5 l/s de aguas servidas tratadas en laguna aerada en el estero del mismo nombre, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 14 ton/año. Los poblados rurales descargan a pozos absorbentes, y los poblados costeros, evacúan sus aguas residuales al mar, sin previo tratamiento.

Las cantidades totales de aguas servidas, con diversos grados y tipos de tratamiento, descargadas a las cuencas de la Vª Región alcanzan a 528 l/s, lo que equivale a 16.647.151 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> total de 1.762 ton/año.

En la Vª Región, las ciudades de Concón, Valparaíso, Algarrobo y Cartagena descargan aguas servidas al mar a través de emisarios. Valparaíso descarga un caudal de 1.189 l/s, Concón de 60 l/s, Cartagena de 18 l/s y Algarrobo de 17 l/s, con un caudal total de 1.284 l/s. San Antonio, Papudo, Quintero y El Tabo descargan directo al borde costero, sin tratamiento, un caudal de 145,6 l/s. El total de aguas servidas descargadas al mar es de 45.348.943 m<sup>3</sup>/año. La carga orgánica total que va al mar a través de los emisarios o en forma directa alcanza a 7.829 ton/año.

En la Vª Región, el nivel de cobertura de tratamiento de aguas servidas referidas a población, a Diciembre 2001, alcanza a 61,9% en el caso de ESVAL S.A., que cubre a 1.402.117 habitantes. Esta empresa proyecta un nivel de cobertura de 83,4% al 2002, de 93,2% al 2005 y de 97,7% al 2010. En el caso de COOPAGUA, que cubre a 3.294 habitantes (Sto. Domingo) el nivel de cobertura a diciembre de 2001 es de 20,7%, con una proyección a diciembre 2002 de 25%, de 35% al 2005, y de 98% al 2010.

Por otro lado, la aplicación de las normas DS N° 609/98 y DS N°90/2000, que regulan las descargas de riles a los sistemas de alcantarillado y a aguas marinas y continentales superficiales, respectivamente, debiera contribuir a mejorar significativamente esta situación.

En esta importante cuenca, así como en todas las cuencas del país, la contaminación difusa, o no puntual, con productos químicos y fertilizantes utilizados en la agricultura, a pesar de presentar uno de los más serios peligros para la salud de la población y la calidad ecosistémica, sigue siendo la fuente de contaminación menos estudiada, sobre la que se tienen menos antecedentes, y la menos regulada.

## Región Metropolitana:

La cuenca del Río Maipo presenta características especiales. Se trata de una extensa área formada por los ríos Maipo y Mapocho y tributarios menores, tales como los esteros Lampa, Angostura, Puangue, y Arrayán, entre otros. Las principales fuentes de contaminación son:

- a) las considerables descargas de aguas servidas de la principal concentración urbana del país, situación que ha mejorado significativamente desde la realización del Inventario de la DGA (1989, 1991); y
- b) los riles de industrias de papel y textiles, de diversas actividades mineras, y de las industrias química, electrometalúrgica y de curtiembre; descargan sus riles a pozos absorbentes particulares, infiltrándose a los acuíferos.

En la Subcuenca Río Maipo Alto, el Inventario constata efluentes mineros en el Río Volcán y la descarga de aguas servidas de San José de Maipo. Existen numerosas extracciones para riego y algunas para generación hidroeléctrica. Las aguas del Río Maipo en este sector presentan niveles sobre la norma de boro y alta salinidad.

En el Inventario se hace notar que San José de Maipo, descarga sus aguas servidas, previo tratamiento en lodos activados, en las aguas del Río Maipo, antes de que éstas sean tratadas en las plantas de Vizcachas y Vizcachitas. Estas descargas tratadas son en gran medida diluidas antes de llegar a las plantas. Sin embargo, se destaca la probable presencia de virus entéricos, rotavirus y virus hepatitis A, en las descargas mencionadas, que son persistentes en el medio acuático y tienen gran resistencia a los tratamientos, incluyendo la cloración. A la fecha las plantas de agua potable no cuentan con sistemas de eliminación de virus.

La Subcuenca Río Maipo Medio recibe descargas industriales importantes y las aguas servidas domésticas de Puente Alto, La Pintana, Buín y Paine. Actualmente, estas aguas servidas son derivadas a un colector interceptor que finalmente las entrega, en la comuna de Maipú, a la planta de tratamiento El

Trebal, que inició su operación el año 2002. Esta planta significa una inversión de US\$ 150 millones, con una capacidad de 4,4 m<sup>3</sup>/s. Para el año 2010, cuando el colector receptor esté terminado, y la planta funcione a toda su capacidad, la población saneada alcanzará a 1.600.000 habitantes (24% de la población total de Santiago). Las comunas saneadas serán: Puente Alto, La Pintana, El Bosque, San Bernardo, Maipú, Cerrillos y, parcialmente, La Florida y Estación Central.

La principal fuente de contaminación de esta subcuenca a la fecha del Inventario, era la Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones (CMPC) con descargas de 500 l/s de aguas residuales con trazas de hierro, aluminio, sodio, silicio y titanio, papel y detergentes entre otros elementos contaminantes. En esta sección de la cuenca las aguas del Río Maipo son utilizadas para generación hidroeléctrica, agua potable y riego.

La calidad de las aguas de riego depende de las descargas que se hacen en cada sector. Los canales San Carlos y Eyzaguirre captan aguas arriba de la descarga de la CMPC y, a la fecha del Inventario, regaban 20.000 hás. El Canal Ochagavía capta las aguas corriente abajo de las descargas mencionadas y, a la misma data, regaba 11.500 hás. A su vez, por vertido y escurrimiento, estas aguas de riego contaminan los cursos de agua con productos químicos y fertilizantes utilizados en la agricultura. No se tienen mayores antecedentes sobre esta contaminación difusa que aumenta aguas abajo en la cuenca.

La Subcuenca Mapocho Alto recibe descargas industriales y aguas servidas del Arrayán, Barnechea y Farellones. A la fecha del Inventario, las descargas de aguas servidas se veían reflejadas en el alto contenido de coliformes fecales de las aguas del Río Mapocho en este tramo, situación que actualmente sigue vigente, pero que se encuentra en vías de saneamiento con la construcción de importantes colectores interceptores que derivarían las aguas servidas a la Planta Los Nogales para su tratamiento. Según las SISS<sup>53</sup> en esta subcuenca, la empresa

<sup>53</sup> Informe Anual de Coberturas de Servicios Sanitarios al 31 de Diciembre 2001, SISS, 2002

responsable, Aguas Andinas S.A., cuenta, a diciembre del 2001, con un nivel de cobertura de tratamiento de aguas servidas referidas a población, de un 22,4%, siendo sus proyecciones para el 2002, 2005 y 2010 de 23,2%, 73%, y 99,5%, respectivamente. La Planta los Nogales representa una inversión de US\$ 200 millones; tendría una capacidad de 6 m<sup>3</sup>/s. El inicio de operación está programado para el año 2009. La población saneada alcanzará a 1.800.000 habitantes, lo que equivale al 28% de la población total de Santiago. Las Comunas saneadas serán: Las Condes, Vitacura, Recoleta, Quilicura, Conchalí, Independencia, Cerro Navia, Quinta Normal, y al norte de la calle San Pablo en Pudahuel y Lo Prado.

En esta subcuenca las descargas industriales corresponden a los efluentes de los tranques de relaves de la mina La Disputada que son evacuados al Río San Francisco antes de su confluencia con el Río Plomo. A la fecha del Inventario el caudal efluente fluctuaba entre 180 y 633 l/s con elementos tales como cobre, hierro, manganeso, sodio, zinc, cobalto y plata. Según un estudio de la Intendencia Metropolitana citado en el Inventario, las faenas mineras de la Disputada de Las Condes serían responsables, en gran medida, de la carga de metales pesados del Mapocho. Además, los afluentes de la parte alta del río presentan altas concentraciones de cobre en forma natural. Esta situación en su conjunto presenta un riesgo de contaminación dado que aguas abajo se encuentran las tomas de Aguas Cordillera que abastece de agua potable a la población de la Comuna de Las Condes. El Cobre representa un problema para las aguas de riego en este tramo. Seis canales que, a la fecha del Inventario, regaban más de 1.000 hás tienen sus tomas en este tramo.

Subcuenca Mapocho Bajo. En esta zona se encuentra la mayor concentración industrial y urbana del país. El Inventario, a la fecha, registró 300 industrias, y más de cuatro millones de habitantes que evacuaban un caudal de aguas servidas del orden de 9 m<sup>3</sup>/s, equivalente a 284 millones de m<sup>3</sup>/año.

Tal como ya se dijo en la sección 5.1.1, estimaciones recientes de SISS indican que actualmente en la cuenca del Río Maipo, lo que incluye las descargas al Río Mapocho, 6.386.000 personas evacuan un caudal de aguas servidas de 381 millones de m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 78.000 ton/año.

También es pertinente volver a mencionar aquí que actualmente se estima que existen 1.850 industrias en la Región Metropolitana que se desglosan de la siguiente forma: 162 establecimientos industriales mayores, 925 actividades industriales simples (Pymes), de las cuales 127 no generan riles, y 630 actividades económicas (ver Nota 32).

La subcuenca Mapocho Bajo se divide en dos áreas: la que descarga directamente al Río Mapocho, lo que representa cerca de 30% de las descargas totales de la zona, y el área que descarga al Zanjón de la Aguada, que corresponde al 70% restante. A la fecha del Inventario los efluentes de muchas de las industrias presentaban altos valores de metales pesados: (arsénico, calcio, cobre, plomo, manganeso, hierro, molibdeno, cadmio, cromo, zinc, níquel, cianuro). La mayoría de las industrias no tenían sistemas de tratamiento; a lo más se realizaban tratamientos primarios que no eliminan sustancias disueltas. Esta situación debería estar controlada con la implementación de las nuevas normas DS N° 609/98 y DS N° 90/2000 que regulan la emisión de riles a los sistemas de alcantarillado, y a aguas marinas y continentales superficiales, respectivamente, sin embargo, no queda claro el destino de los residuos (lodos) de las plantas de tratamiento de las industrias,

La cantidad de aguas servidas vertidas sin tratamiento al Zanjón de la Aguada, a la fecha del Inventario de la DGA, 1991, habían transformado este cauce en un curso de aguas servidas a tajo abierto, con altísimos niveles de concentración de microorganismos patógenos. Altos índices de enfermedades gastrointestinales, bacterianas y virales: en la Región Metropolitana, eran la prueba más contundente de la gravedad del problema.

Esta situación ha cambiando en forma significativa con la construcción de un colector interceptor, al que sólo

le falta un último tramo, que aún no ha entrado en operación en la Comuna de Maipú. Esto significa que actualmente, en la mayor parte de su extensión, el Zanjón no recibe descargas directas de aguas servidas. Sin embargo, en su último tramo, éste recibe el total de las aguas servidas recolectadas y las entrega finalmente al Río Mapocho directamente, sin tratamiento. Aguas Andinas está construyendo la Planta La Farfana, con una inversión de US\$315 millones y con una capacidad de 8,8 m<sup>3</sup>/s, que se supone entraría en operación el año 2004. La población saneada alcanzará a 3.100.000 habitantes (48% de la población total de Santiago). Las comunas saneadas por esta planta serán: La Reina, Peñalolén, Ñuñoa, Providencia, Santiago, San Joaquín, La Granja, San Miguel, La Cisterna, San Ramón, Lo Espejo, Macul, Pedro Aguirre Cerda y, parcialmente, La Florida y Estación Central.

Del Zanjón de la Aguada nacen canales que riegan áreas importantes del sector de Maipú. La calidad de las aguas

del Zanjón de la Aguada, por lo tanto, sigue teniendo directa relación con la calidad de las hortalizas y otros productos agrícolas que se producen en esta zona.

Por lo anterior, en este tramo del Río Mapocho el principal problema detectado es el de la calidad bacteriológica que afecta importantes áreas de riego y áreas recreacionales.

En los sectores de Maipú y Rinconada, San Miguel y Renca Norte las aguas subterráneas presentan altos niveles de nitratos, lo que podría deberse a infiltraciones de aguas servidas, por el riego que se realiza con estas aguas. El agua de los pozos también presenta altos niveles de dureza.

Subcuenca Maipo Bajo. En esta zona el Río Maipo recibe las descargas de aguas servidas de Melipilla y las descargas de varias industrias. El uso del agua en este tramo es para agua potable y recreación. La calidad bacteriológica es considerada regular.

A modo de resumen: las subcuencas Río Maipo Alto y Medio se encuentran saneadas, en gran medida, en lo que respecta a las aguas servidas. En la subcuenca del Mapocho subsiste una situación de contaminación grave con aguas servidas, pero que está en vías de saneamiento en el corto plazo. Actualmente, hasta que no opere la Planta la Farfana, la situación del Río Mapocho Bajo se ve gravemente agravada por la descarga de aguas servidas sin tratamiento del Zanjón de la Aguada en Maipú.

En toda la cuenca del Río Maipo Mapocho persiste el problema de la contaminación difusa de las aguas con fertilizantes y productos químicos utilizados en la agricultura y no se tiene claridad respecto a la situación de los riles vertidos a los sistemas de alcantarillado. La fiscalización de esto último corresponde a las empresas sanitarias.

Las cantidades de aguas servidas, con diversos grados y tipos de tratamiento, descargadas en las cuencas de la Región Metropolitana alcanzan a 12.178,8 l/s, lo que equivale a 381.122.350 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> total de 78.984 ton/año.

En términos de niveles de cobertura de tratamiento de aguas servidas referidas a población (6.445.308 a Diciembre 2001), la situación actual en la Región Metropolitana es compleja ya que Aguas Andinas actualmente recoge el 100% de las aguas servidas de Aguas Cordillera S.A. y de Aguas Los Dominicos S.A., y gran parte de las aguas servidas de Aguas Manquehue S.A.. De este modo, Aguas Andinas se está haciendo cargo de las aguas servidas de 5.816.300 habitantes, es decir, aproximadamente 90% de la población de Santiago. El nivel de cobertura de tratamiento de aguas servidas referidas a población de Aguas Andinas a diciembre 2001 es de 22,4%, con una proyección de cobertura de 23,2 a diciembre 2002, de 73% al año 2005, y de 99,5% al año 2010. En relación al porcentaje de aguas servidas del que se está haciendo cargo actualmente Aguas Manquehue S.A., su nivel de cobertura de tratamiento de aguas servidas es, a diciembre 2001, de 39,8, con una proyección de cobertura de 42,9 a diciembre 2002, de 43,4 al 2005 y de 100% al año 2010.

SERVICOMUNAL S.A. que cubre Colina y Lampa tiene un nivel de cobertura referidas a población (68.044 habitantes), a Diciembre 2001, de 85,2%, con proyección de cobertura similar a diciembre de 2002, y de 88,3% al año 2005 y de 95,7 al 2010. Finalmente, SMAPA MAIPÚ, que cubre Maipú y parte de Estación Central tiene un nivel de cobertura de tratamiento de aguas servidas referidas a población (570.964 habitantes), a diciembre 2001, de 99,9%, con una proyección de cobertura de 100% desde diciembre de 2002.

## VIª Región:

En la cuenca del Río Rapel, se ha producido un acelerado proceso de desarrollo industrial, evolucionando de una fase productiva netamente agrícola a una de agroindustria, crianza y faenamiento. Esto ha significado un importante aumento de la contaminación hídrica. Las principales fuentes de contaminación de las aguas son las diversas agroindustrias, la industria de jugos, la industria vitivinícola, los criaderos de cerdos y de aves, la minería del cobre y la descarga de aguas servidas.

Las diversas agroindustrias mencionadas, en su conjunto, vierten residuos que pueden contener sílice, importantes cantidades de materia orgánica (DBO), residuos con altos contenidos de pesticidas, celulosa, ácidos y detergentes. Los criaderos de cerdos producen efluentes con altos contenidos de DBO y de materia orgánica, así como flora bacteriana. Los mataderos de aves y cerdos vierten efluentes con alta carga de DBO y residuos sólidos (desechos de animales).

En la cuenca del Río Rapel se encuentra el mineral El Teniente de CODELCO-Chile cuyas faenas generan grandes volúmenes de residuos industriales líquidos (sulfatos, molibdeno, cobre, manganeso, etc.) que son conducidos mediante canalizaciones al tranque de relaves de Carén. Existen derrames al estero Coya, en el que la DGA ha detectado altas concentraciones de cobre, hierro y arsénico. Según la DGA, las aguas del Cachapoal no presentarían mayores problemas.

A la fecha del Inventario las aguas servidas de Rancagua, Machalí y Graneros se descargaban al estero La Cadena del que nacen dos importantes canales de riego que, a la fecha del Inventario, regaban cerca de 1.000 hás. Actualmente, Rancagua descarga un caudal de aguas servidas de 27 l/s al estero La Cadena, previo tratamiento en lodos activados, con una carga orgánica  $DBO_5$  de 30 ton/año.

El Río Cachapoal recibe las aguas servidas de Doñihue, Peumo y Las Cabras, del que nacen seis canales de riego que, a la fecha del Inventario, regaban cerca de 20.000 hás. Actualmente, estas

tres localidades en su conjunto descargan un caudal de 23,7 l/s al Río Cachapoal, previo tratamiento en lagunas aeradas, con una carga orgánica  $DBO_5$  de 99 ton/año.

El Río Tinguiririca recibe descargas de aguas servidas de Pichidegua y Nancagua. Pichidegua descarga 5 l/s de aguas servidas tratadas en lagunas de estabilización y Nancagua descarga 8 l/s tratadas en laguna aerada, equivalentes en su conjunto a una carga orgánica  $DBO_5$  de 47 ton/año. San Fernando y Rengo descargan caudales de 81 l/s y 42,5 l/s de aguas servidas tratadas en laguna aerada y lagunas de estabilización, respectivamente, a los esteros Antivero y Malombo, con una carga orgánica  $DBO_5$  total de 457 ton/año.

El estero Chimbarongo recibe las descargas de Chimbarongo, con un caudal de aguas servidas tratadas en laguna aerada de 11 l/s, con una carga orgánica  $DBO_5$  de 35 ton/año. En este tramo, que también recibe las descargas de Santa Cruz, nacen cuatro canales de riego.

Todo lo anterior representa un serio riesgo sanitario para la población, relacionado con el uso de aguas con altos contenidos de coliformes en el riego y con las actividades recreacionales que implican contacto directo con estas aguas contaminadas. En el sector, a la fecha del Inventario, las captaciones de agua potable en general no presentaban mayores problemas, salvo una captación de aguas superficiales de la ciudad de Rancagua, ubicada en el Río Cachapoal, con altos niveles de coliformes fecales y una captación de aguas subterráneas de la misma ciudad que presentaba exceso de elementos químicos no especificados.

Cabe mencionar que todos los efluentes generados en la cuenca del Río Rapel tienen como destino receptor final el Lago Rapel, centro recreacional, lo que representa un alto riesgo sanitario.

La cantidad total de aguas servidas domésticas descargadas en la cuenca del Río Rapel, con diversos grados y tipos de tratamiento, incluyendo las descargas de otras localidades menores no mencionadas arriba, alcanzan a 262 l/s, lo que equivale a 8.257.810 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 907 ton/año.

Las cantidades totales de aguas servidas descargadas a las cuencas de la VIª Región, con diversos grados y tipos de tratamiento, alcanzan a 291,3 l/s, lo que equivale a 9.183.363 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> total de 971 ton/año.

En la VIª Región, el nivel de cobertura de tratamiento de aguas servidas referidas a población (522.022 habitantes), a Diciembre 2001, alcanza a 78,6%. La proyección de cobertura de la empresa sanitaria regional, ESSEL S.A., es de 84,4% a Diciembre 2002, 92,1% al 2005 y de 97,4% al 2010.

### VIIª Región:

En la cuenca del Río Mataquito las fuentes de contaminación de las aguas son las aguas servidas y las descargas industriales.

A la fecha del Inventario las descargas de aguas servidas sin tratamiento de Curicó y Molina tenían como cursos receptores a los ríos Guaiquillo y Lontué, y el canal San Antonio Norte, a las que se sumaban descargas industriales, de las que no se tienen mayores antecedentes, y las de un matadero. Todos estos cursos de agua presentaban un alto riesgo sanitario para la población, debido a las actividades recreacionales en contacto directo con aguas de alta contaminación bacteriológica. Debido a la ubicación de las bocatomas de los canales de regadío, esta contaminación no afectaba mayormente el riego.

Actualmente, Curicó descarga un caudal de aguas servidas, previo tratamiento en lodos activados, de 164 l/s, al Río Mataquito, con una carga orgánica de 62 ton/año. Molina descarga, al mismo curso, un caudal de aguas servidas, sin tratamiento, de 21 l/s, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 133 ton/año. Otras seis localidades – Licantén, Curepto, Romeral, Lontué, Rauco y Los Queñes - aportan al mismo Río Mataquito, un caudal de aguas servidas sin tratamiento de 23,25 l/s, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 152 ton/año.

En la cuenca el Río Maule existen grandes centros urbanos, Talca (177.429 hab.), Linares, Parral,

Cauquenes y se concentra una gran cantidad de industrias: mataderos, fábricas de cecinas, vitivinícolas, curtiembres y estaciones de servicio. Esto implica descargas importantes de aguas servidas, así como de riles con altos niveles DBO, DQO, de grasas, hidrocarburos y sólidos en suspensión.

Las descargas de aguas servidas de Talca, Linares, San Clemente, Pelarco y San Rafael, mezcladas en los sistemas de alcantarillado con los riles de las industrias, a la fecha de Inventario de la DGA, conformaban un cuadro de contaminación bacteriológica y química grave, afectando las aguas de ríos (Cauquenes, Tutuyén, Putagán, Loncomilla, Claro) y esteros (Parral, El Apestado, Piduco), y los centros recreacionales asociados, así como las aguas de los canales de regadío. Incluso, en algunos sectores de los ríos y esteros que cruzan algunas de las ciudades o localidades mencionadas, y desde donde nacen canales de regadío, se detectaron, además de altísimos niveles de coliformes fecales, agentes infecciosos tales como Salmonella, Paratyphi B, Anatum y Agona. El Estero Apestado, en algunas zonas, incluso presentaba ausencia de oxígeno disuelto, síntoma de hipereutroficación. Debido a estas altas cargas de contaminantes, el Río Maule, en su paso por Constitución, en su desembocadura, todavía presentaba altos niveles de contaminación. La ciudad de Constitución y Celulosa Constitución descargan hasta hoy sus aguas residuales directamente, sin tratamiento, al Océano Pacífico.

Actualmente, en la VIIª Región, el nivel de cobertura de tratamiento de aguas servidas referidas a población (603.945 habitantes) es de 23,8%. A través de importantes inversiones, ESSAM S.A., la empresa sanitaria regional, pretende solucionar estos graves problemas de contaminación con aguas servidas domésticas, con una proyección de cobertura, a diciembre del 2002, igual a la del 2001, y de 99,9% para el año 2005. A este proceso de saneamiento debería contribuir significativamente la aplicación de las normas DS N° 90/2000 y DS N°609/98 que regulan la emisión de riles a aguas marinas y continentales superficiales, y a los sistemas de alcantarillado, respectivamente.

Sin embargo, la realidad es que actualmente, Talca, Linares, Parral y San Javier siguen descargando en la cuenca del Maule, un caudal de aguas servidas sin tratamiento de 460 l/s, lo que equivale a 14.549.541 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 2.911 ton/año. Otras localidades menores – Cauquenes, Chanco, Pelarco, Villa Alegre, Retiro y Yervas Buenas, también descargan aguas servidas sin tratamiento en la cuenca, con un caudal conjunto de 29 l/s, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 436 ton/año.

Es importante hacer notar que a pesar que todas estas descargas finalmente alcanzan el Río Maule, muchas de ellas se hacen a esteros, e incluso a canales de riego, afectándolos de forma significativa, así como las actividades asociadas a estos cursos de agua naturales o artificiales.

De este modo, el total de aguas servidas descargadas en la cuenca del Río Maule, en su mayor parte sin tratamiento, alcanza a 551,5 l/s, lo que equivale a 17.393.072 de m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica total de 3.375 ton/año.

El total de aguas servidas descargadas en las cuencas de la VIIª Región alcanza a 773,1 l/s, lo que equivale a 24.397.962 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> total de 3.736 ton/año.

En la VIIª Región, la ciudad de Constitución descarga directo al borde costero un caudal de aguas servidas sin tratamiento de 40 l/s, lo que equivale a 1.281.583 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 395 ton/año. Las localidades de Curanipe y Pelluhue también descargan directo al mar, previo tratamiento en lodos activados, en el primer caso, y en lagunas de estabilización, en el segundo, con un caudal de 4,8 l/s. El total de carga orgánica DBO<sub>5</sub> descargada al mar en la VIIª Región, alcanza a 400 ton/año.

### VIIIª Región:

En la cuenca del Río Itata, la principal fuente de contaminación de las aguas son las descargas de aguas servidas de Chillán y San Carlos que aportan cantidades importantes de materia orgánica. En las mediciones realizadas por la DGA, a la fecha del estudio no se encontraron parámetros físico-químicos que excedieran las normas para los distintos usos que se le dan a las aguas. A la fecha del Inventario no se tenían mayores antecedentes respecto a la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, como tampoco de posibles afectados por la contaminación.

Información reciente de la SISS indica que Chillán descarga un caudal de aguas servidas, previo tratamiento en lodos activados, de 214 l/s (6.740.671 m<sup>3</sup>/año), con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 249 ton/año, al estero Las Toscas y de ahí al Río Chillán. San Carlos descarga un caudal de aguas servidas sin tratamiento de 39 l/s (1.226.955 m<sup>3</sup>/año), al Río Ñuble, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 245 ton/año.

El total de aguas servidas descargadas en la cuenca del Río Itata, a través de diversos ríos y esteros menores, con distintos tipos y grados de tratamiento, alcanza a 301 l/s, lo que equivale a 9.500.582 m<sup>3</sup>/año, con un aporte de carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 700 ton/año.

La cuenca del Río Biobío es una de las más extensas del país en la que se desarrollan diversas actividades productivas, que utilizan y afectan las aguas de diversas maneras. Las principales fuentes de contaminación de hídrica son las aguas servidas, los derrames e infiltración de pesticidas y otros productos químicos utilizados en la agricultura, la industria cecinera, la industria de la celulosa, las agroindustrias, la industria textil, las refinerías de petróleo, la industria de la construcción y los embalses hidroeléctricos.



En el Alto Biobío existen problemas de contaminación física y química de las aguas del Río Biobío causada por el lavado de suelos en lugares de intensa explotación forestal. El principal efecto de esta contaminación es el aumento de la turbiedad del agua, lo que degrada su calidad, afectando la vida acuática. También en este sector, Lonquimay y Santa Bárbara descargan un caudal de aguas servidas sin tratamiento de 10 l/s, al río Biobío, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 61 ton/año.

Aguas abajo, Mulchén y Negrete descargan un caudal de aguas servidas sin tratamiento de 21 l/s, al Río Bureo, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 133 ton/año. Renaico descarga un caudal de aguas servidas sin tratamiento de 5,2 l/s, al río del mismo nombre, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 33 ton/año. Nacimiento y Angol descargan un caudal de aguas servidas sin tratamiento de 80 l/s, al Río Vergara, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 505 ton/año. Collipulli descarga un caudal de aguas servidas sin tratamiento de 14 l/s, al Río Malleco, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 43 ton/año. Los Sauces y Ercilla, descargan aguas servidas, previo tratamiento en lagunas de estabilización, con un caudal total de 6,3 l/s, a los Ríos Rehue y Huequén, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 19 ton/año. Tanto Renaico como los últimos cuatro poblados nombrados están en la IXª Región, pero todos los ríos a los que descargan son afluentes del Río Biobío.

En este sector existen diversas descargas de fábricas de cecinas, sobre las que se carece de información. En este sector se produce una importante descarga que impacta en la calidad de los Ríos Vergara y Biobío: esta es la Industria Forestal Inforsa S.A., ubicada frente a Nacimiento, en la ribera del Río Vergara, 2 km. antes de su confluencia con el Río Biobío. Esta industria fabrica papel de diario por medio de pulpaje químico al bisulfito de sodio y pulpaje mecánico de madera de pino insigne. Los contaminantes más importantes de los efluentes de estos procesos son las fibras de celulosa y de madera, el licor de desecho (lignosulfatos, carbohidratos, resinas, ácidos sacáridos, hemicelulosa, ácidos orgánicos, aldehídos y alcoholes), y contaminantes físicos como pH, temperatura, color y olor. Según la DGA, los efluentes de INFORSA son responsables de la alta DQO (demanda química de oxígeno) detectada en el Río Vergara. A la fecha del estudio el Río Vergara presentaba condiciones críticas

de carga microbiológica (coliformes fecales) debido a las descargas de aguas servidas de Nacimiento. También se detectaron altos niveles de amoníaco. La captación de agua potable de Nacimiento, de ESSBIO, se encuentra sobre el río Vergara.

Aguas abajo se tienen las aguas servidas domésticas e industriales de la ciudad de Los Ángeles, con un caudal de 163 l/s que son descargadas sin tratamiento a los esteros Quilque y Paillihue, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 1.028 ton/año. Una importante descarga en este sector es la planta IANSA sobre el estero Quilque, con un fuerte impacto sobre sus aguas por el alto contenido de materia orgánica y sólidos disueltos, que disminuyen significativamente el oxígeno disuelto, indicador de eutrofización.

En esta subcuenca se tiene también la descarga del agua servida de la fábrica de Celulosa Laja de la CMPC S.A., ubicada al sur de Laja. Esta planta utiliza el proceso de pulpaje Kraft. Los contaminantes más importantes que se producen en este proceso son: fibras de celulosa y madera, clorolignina, hidrocarburos terpénicos, mercaptanos, ácidos resínicos, mercurio y sales inorgánicas. Un estudio realizado constató grandes cantidades de mercurio que alcanzaban el Río Biobío provenientes de esta planta.

Aguas abajo, en la subcuenca Río Laja Bajo (hasta junta Río Rucúe) se detecta la contaminación química de las aguas que produce la silvoagricultura, debido a la utilización de productos químicos y a la erosión y lavado de suelos que la acompaña. En subcuenca Laja Bajo (entre Río Rucúe y Río Biobío) se encuentra la descarga directa de aguas servidas de Yumbel, con un caudal de 12 l/s, al Río Claro, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 77 ton/año, y los efectos de las actividades silvoagropecuarias descritas.

En la subcuenca Biobío Bajo (entre Río Claro y desembocadura) se presentan los problemas más graves de contaminación del Río Biobío, ya que en este tramo se concentran las mayores ciudades de la región, tales como Concepción, Chiguayante y San Pedro que descargan un caudal de aguas servidas sin tratamiento de 619 l/s, al Río Biobío, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 3.906 ton/año. En este mismo tramo, las localidades de San Rosendo, Santa Juana y Hualqui descargan un caudal de aguas servidas, previo tratamiento en lodos

activados en los primeros dos casos, y en lagunas de estabilización, en el último, de 20 l/s, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 74 ton/año.

En este tramo, todas las ciudades y localidades nombradas tienen, a la vez, sus captaciones de agua potable en el mismo río.

También en este sector se encuentran numerosas industrias de envergadura que descargan sus riles al Río Biobío, tales como CMPC del Biobío, Pizarreño, Petrox, la Industria de Tejidos Caupolicán, entre otras. Aguas abajo de estas industrias se encuentra Concepción que, como se dijo, tiene una de sus captaciones de agua potable sobre el mismo río, lugar en el que las aguas presentaban problemas de contaminación bacteriológica y química. En mediciones realizadas en la red de agua potable de Concepción se ha detectado la presencia de mercurio, con valores sobre la norma NCh 409. San Pedro se encuentra en la misma situación ya que también tiene su captación de agua potable sobre el mismo Río Biobío. En San Pedro se encuentra además la CMPC-San Pedro, que también descarga sus desechos al río.

Finalmente, en Talcahuano, en la desembocadura del Río Biobío, se encuentra la mayor concentración industrial de la cuenca. Aquí el Inventario de la DGA constata un alto nivel de deterioro de las aguas costeras y del aire, debido al alto número de industrias que evacuan sus residuos y gases, sin tratamiento previo. Se han detectado altos niveles de cadmio en moluscos bivalvos extraídos de la inmediaciones de la desembocadura del Biobío. En este último tramo del río Biobío, las actividades recreacionales que implican contacto directo con las aguas presentan un alto riesgo sanitario para la población.

Las cantidades totales de aguas servidas domésticas descargadas a la cuenca del Río Biobío, en su mayor parte sin tratamiento, alcanzan a 982 l/s, equivalente a 30.975.132 de m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> total de 5.971 ton/año.

En la cuenca del Río Carampangue, las aguas servidas de Arauco, con un caudal de 16,4 l/s, son

descargadas, previo tratamiento en lodos activados, al río Carampangue, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 104 ton/año.

En la cuenca del Río Lebu el Inventario registra las aguas servidas de Curanilahue, con un caudal de 22.4 l/s, que son descargadas al río del mismo nombre, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 59 ton/año, y las aguas servidas de Lebu, con un caudal de 22.5 l/s que son descargadas sin tratamiento al río del mismo nombre, con una carga orgánica de 142 ton/año. A la fecha del Inventario, dos fuentes de captación de agua potable de Lebu presentaban contaminación con coliformes y turbiedad, desconociéndose la causa. En la cuenca costera, el pueblo de Cañete descarga aguas servidas sin tratamiento sobre el estero Caillín, con un caudal de 16 l/s y un aporte de carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 8 ton/año.

Actualmente, en la VIIIª Región, las ciudades de Talcahuano, Coronel, Penco-Lirquén, Lota y Tomé, descargan aguas servidas al mar a través de emisarios. Talcahuano descarga un caudal de 469 l/s, Coronel, de 107 l/s, Penco-Lirquén, de 51 l/s, Lota, de 41 l/s, y Tomé, de 36 l/s. El total alcanza a 704 l/s, lo que equivale a 22.201.344 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> total de 3.038 ton/año.

El total de aguas servidas descargadas, a través de diversos ríos y esteros y con diversos grados y tipos de tratamiento, en todas las cuencas de la VIIIª Región, alcanza a 1.372,4 l/s, lo que equivale a 43.293.501 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> total de 7.005 ton/año.

En la VIIIª Región, el nivel actual de cobertura de tratamiento de aguas servidas referidas a población (1.564.726 habitantes) alcanza a 32,5%. La empresa sanitaria regional, ESSBIO S.A., tiene una proyección de cobertura de 35,9% a diciembre del año 2002, y de 95,3% y 100% a los años 2005 y 2010 respectivamente.

Tratándose de una cuenca tan importante como la del Río Biobío y que, por causas circunstanciales, ha sido estudiada en mayor profundidad que otras cuencas del

país, es pertinente dar cuenta de las conclusiones de estudios más recientes sobre la contaminación de las aguas del Río Biobío realizados por la Universidad de Concepción.

El proyecto Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile, de la Universidad de Concepción, en un informe de evaluación del estado ambiental del río Biobío publicado en 1992, estableció que el río recibía descargas de aguas servidas de 17 concentraciones urbanas (aprox. 1 m<sup>3</sup>/s) y los efluentes industriales de quince industrias diversas (un flujo aproximado de 11.5 m<sup>3</sup>/s; de los cuales 7 m<sup>3</sup>/s no recibía ningún tipo de tratamiento.)<sup>54</sup>

Desde el año 1995, el Proyecto EULA, se encuentra realizando un “Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua del Sistema Río Biobío”<sup>55</sup>, para el cuál utiliza 33 parámetros, entre los que se incluyen el pH, la temperatura, la conductividad (medida de la salinidad), la DQO (demanda química de oxígeno), la DBO<sub>5</sub> (demanda biológica de oxígeno; medida de la presencia de materia orgánica en el agua), el color, así como la presencia de sólidos, de gérmenes patógenos, de metales pesados, y de elementos y compuestos químicos.

La gran cantidad de parámetros que ha sido necesario monitorear en el Biobío se debe a la intensidad de los múltiples usos de las aguas de este río que hacen los diversos sectores productivos presentes en la cuenca, que ya han sido mencionados. Midiendo estos parámetros en un total de 24 estaciones, y cotejándolos con criterios y estándares internacionales, el EULA clasificó los cursos de agua de la cuenca en cinco clases relacionadas, justamente, con los usos que permiten y que no permiten las calidades de las aguas de cada uno de ellos. La peor calidad (Clase E), detectada en un tramo entre el río Tavoleo y Laja, y entre Chiguayante y la desembocadura del Biobío en el Golfo de Arauco, no permite ningún uso, es decir, no es apta para ser potabilizada, para la conservación del medio ambiente natural, para la pesca, la recreación, el riego, ni para la industria.

Es interesante subrayar los motivos por los cuales el EULA recurrió a criterios y estándares de Lombardía, Italia, para su clasificación de clases de calidad: “No se utilizó como referencia exclusiva la normativa chilena

*porque la existente mostraba debilidades, particularmente en los siguientes aspectos: a) Faltan criterios bien definidos para el agua superficial destinada a abastecimiento humano; y b) El número de parámetros que considera es insuficiente para clasificar adecuadamente las aguas superficiales con criterios de multiuso.”*

En relación a la calidad de las aguas del Biobío, en el informe del “Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua de Sistema Río Biobío”– Fase II, 1995-1997, el EULA concluye que “*en general el patrón de calidad no se ha modificado con relación a la situación detectada en 1993, no obstante evidenciar leves cambios positivos en el sector medio del curso principal y en los afluentes Taboleo y Rarínco.*” Para los investigadores del EULA esta conclusión es relevante porque el río se encuentra en una situación de peor escenario, dado que durante el período se han instalado dos nuevos proyectos industriales importantes; se ha puesto en marcha una central hidroeléctrica; se dio un año hidrológico extremadamente seco; y un incremento de 24% en la producción industrial que utiliza aguas del río Biobío y de 8% en la de agua potable. Para el EULA, el que toda esta actividad, el aumento de extracciones y de descargas, no hayan redundado en un significativo empeoramiento de la calidad de las aguas del río Biobío “*se explica por la inversión de US\$29 millones realizada en sistemas que mejoran la calidad de las descargas que se efectúan al río y en la modernización de los procesos productivos*”.<sup>56</sup>

Sin embargo, la conclusión final del EULA (1995-1997) es que “*La calidad del agua del curso principal del río Biobío se ve afectada fundamentalmente por la presencia de aluminio, fenoles totales, coliformes fecales, coliformes totales, amonio, P-total, N-total, DQO, color, DBO<sub>5</sub>, sólidos suspendidos, hidrocarburos totales, cobre, manganeso y hierro. Atendido esto,*

<sup>54</sup> “Aplicación del Modelo EULA en Chile en la Cuenca del Río Biobío”, 1992

<sup>55</sup> “Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua del Sistema Río Biobío”, Centro EULA Chile, U. De Concepción, Fase II 1995 – 1997, 1998

<sup>56</sup> Sistema Río Biobío, Fase II, 1995-1997, EULA, U. de Concepción, 1998

*resulta conveniente focalizar en ellos el monitoreo y análisis de sus efectos sobre el ecosistema fluvial.”<sup>57</sup>*

No puede dejar de llamar la atención que el “Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua del Sistema Río Biobío” lo esté desarrollando un equipo conformado por el EULA y nueve empresas: CMPC Celulosa; Cia. Siderúrgica Huachipato; ESSBIO; Gacel Calzados; IANSA; Inforsa; Papeles BIO BIO; Pangué S.A.; y Petrox S.A..

En otras palabras, algunas de las empresas que más notoriamente contaminan y degradan las aguas del Río Biobío y su cuenca hidrográfica, son las que evalúan su calidad y estado. De algún modo esto parece lógico y deseable, es decir, que estas empresas, que usufructúan de los recursos naturales de la cuenca, particularmente de las aguas, inviertan parte de sus utilidades en constatar, detectar y monitorear la contaminación y la degradación que sus procesos productivos están provocando, con la intención de mejorar y revertir la desmejorada situación de la cuenca del río Biobío. En este contexto, es de esperarse que los nuevos resultados de este programa del EULA que “*confirman la visión optimista del futuro del río Biobío, que evidenciáramos con la presentación del primer informe en 1995*”<sup>58</sup> no sean cuentas alegres, sesgadas por obvios intereses creados. En particular si se considera la actual construcción de una segunda central hidroeléctrica en el Alto Biobío, Ralco, siete veces más grande que Pangué, cuyo embalse inundaría 3.500 hectáreas, con impactos muy significativos en la calidad de las aguas del río, sus capacidades auto depuradoras y la cadena trófica del ecosistema fluvial en el tramo de 70 kilómetros intervenido y aguas abajo de las dos represas. No cabe duda que sólo la construcción de este mega proyecto ya ha tenido un impacto de dimensiones incalculables sobre la cuenca, y que el eventual llenado del embalse Ralco y operación de la central multiplicaría este impacto por un factor actualmente imponderable.

### **IXª Región:**

En la cuenca del Río Imperial, las principales fuentes de contaminación son las descargas de aguas servidas, el escurrimiento e infiltración de productos químicos usados en la agricultura y silvicultura, la industria de

cosméticos y detergentes, los mataderos, la industria cecinera y la industria de muebles y útiles para el hogar.

Las actividades industriales producen residuos químicos que son descargados directamente a los cursos de agua y, en algunos casos, como la fábrica de colchones Rosen, descargan sus residuos en forma subterránea. Según la DGA, la información respecto a la composición y magnitud de los riles en esta zona es prácticamente nula. Los mataderos y frigoríficos descargan importantes cantidades de sólidos (sangre, vísceras y trozos animales).

La silvicultura utiliza productos químicos para la fertilización y desinfección de las plantaciones en sus sucesivas etapas. Como se ha planteado reiteradamente, no se dispone de antecedentes sobre esta contaminación difusa o no-puntual, que permitan cuantificar el impacto de estas sustancias sobre las aguas superficiales, y aún menos sobre las aguas subterráneas.

En la subcuenca Río Lumaco, las localidades de Victoria y Traiguén descargan un caudal de aguas servidas de 50,2 l/s, previo tratamiento en lagunas aereadas, en el primer caso, y en lodos activados en el segundo. Sus residuos van a dar al Río Traiguén, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 104 ton/año. En este río existen captaciones de agua potable. En la subcuenca Río Chol-Chol, Nueva Imperial descarga un caudal de aguas servidas de 16 l/s, sin tratamiento, al río del mismo nombre, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 101 ton/año. Galvarino descarga un caudal de aguas servidas, previo tratamiento en lagunas de estabilización, de 32.6 l/s, en el Río Quillén, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 7 ton/año. En esta misma subcuenca existen industrias de mediano tamaño elaboradoras de madera, y cecineras sobre cuyas descargas no se tienen mayores antecedentes.

La subcuenca Río Cautín Alto es la que presenta mayores problemas de contaminación debido a la presencia de Temuco, el mayor centro urbano, industrial y comercial de la región. La DGA, en el Inventario de

<sup>57</sup> idem

<sup>58</sup> Sistema Río Biobío, Fase II, 1995-1997, EULA, U. de Concepción, 1998

1991, lamenta que a la fecha no se disponía de antecedentes respecto a los riles, de modo que no se pudieron estimar las concentraciones de elementos contaminantes en ríos y aguas subterráneas de la zona. Por lo tanto, respecto a esta fuente de contaminación, sólo se pueden hacer estimaciones en base al catastro de industrias presentes en el área y a los procesos productivos involucrados.

En esta subcuenca, Temuco, Padre de las Casas y Lautaro descargan un caudal de aguas servidas, sin tratamiento, de 407,1 l/s (12.842.462 m<sup>3</sup>/año), sobre el Río Cautín, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 2.569 ton/año. El Río Cautín, en la zona de mayor contaminación (Padre de las Casas) es utilizado para actividades recreacionales y para pesca. Curacautín descarga un caudal de aguas servidas de 10,5 l/s, sin tratamiento, sobre el Río Loncopira, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 66 ton/año.

Aguas abajo, Vilcún descarga un caudal de aguas servidas, sin tratamiento, de 4 l/s, sobre el Río Vilcún, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 1 ton/año. Carahue descarga un caudal de aguas servidas, sin tratamiento, de 9,7 l/s, sobre el Río Imperial, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 61 ton/año. En este tramo, también existen faenadoras de cerdos y cecineras, sobre cuyas descargas no se tiene información.

Las descargas totales de aguas servidas, a través de diversos ríos y esteros, y con diversos grados y tipos de tratamiento, a la cuenca del Río Imperial, alcanzan a 515,9 l/s, lo que equivale a 16.270.798 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> total de 2.943 ton/año.

En la cuenca del Río Toltén varios pueblos descargan aguas servidas a los ríos de la cuenca: Villarrica descarga un caudal de aguas servidas, previo tratamiento en lagunas de estabilización, de 32,7 l/s, sobre el Río Trancura, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 155 ton/año. Freire, Pitrufquén y Nueva Toltén descargan un caudal de aguas servidas, sin tratamiento, de 22,7 l/s, al Río Toltén, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 143 ton/año. Gorbea descarga un

caudal de aguas servidas, sin tratamiento, de 5,6 l/s, al Río Donguil, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 35 ton/año. Cunco descarga un caudal de aguas servidas, sin tratamiento, de 7,5 l/s, al Río Allipén, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 47 ton/año. Todos estos cursos receptores de importantes cantidades de aguas servidas sin tratamiento presentan contaminación bacteriológica grave.

Pucón descarga un caudal de aguas servidas, previo tratamiento en lodos activados, de 18,7 l/s, al Río Trancura, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 12 ton/año.

Las industrias de la zona son mataderos, fábricas de cecinas, de calzados y de muebles. No se dispone de antecedentes sobre la composición y magnitud de los efluentes de estas industrias. Según los análisis de la red de calidad de aguas de la DGA, el Río Donguil en Gorbea presenta altos valores de boro, desconociéndose su origen.

Las descargas totales de aguas servidas, a través de diversos ríos y esteros, y con diversos grados y tipos de tratamiento, a la cuenca del Río Toltén, alcanzan a 87,3 l/s, lo que equivale a 2.751.846 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> total de 393 ton/año.

Las descargas totales de aguas servidas en las cuencas de la IX<sup>a</sup> Región alcanzan a 603,2 l/s, lo que equivale a 19.022.644 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> total de 3.336 ton/año.

La grave situación de contaminación con aguas servidas en la IX<sup>a</sup> Región, corresponde a uno de los niveles actuales más bajos de cobertura de tratamiento de aguas servidas referidas a población (568.263 habitantes) del país, que al 2001 alcanzaba a 9%, con proyecciones de la empresa sanitaria ESSAR S.A. de alcanzar, a diciembre del 2002, el 13%, y el 81,4% para el año 2005.

## Xª Región:

En la cuenca del Río Valdivia, el Inventario, registró 42 fuentes de contaminación potencial o real de las aguas, correspondientes a descargas de aguas servidas e importantes descargas industriales.

A la fecha del Inventario, en esta cuenca pocos poblados contaban con sistemas de alcantarillado, estos eran: Panguipulli, Lanco, San José de la Mariquina, Máfil, Los Lagos, Paillaco, Corral y la ciudad de Valdivia. Sin embargo, a la fecha del Inventario, estos sistemas descargaban directamente sus aguas a los cursos de agua de la cuenca sin tratamiento previo. Actualmente, Panguipulli descarga un caudal de aguas servidas, previo tratamiento en lodos activados, de 9,2 l/s al lago Panguipulli, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 4 ton/año. Valdivia descarga un caudal de aguas servidas, previo tratamiento en lodos activados, de 167,5 l/s (5.282.913 m<sup>3</sup>/año), al Río Valdivia, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 645 ton/año.

En la cuenca existen numerosas industrias de diversos rubros, tales como la CMPC, MASISA, Dos Álamos, Procesadoras de Carne del Sur, fábricas de cecinas, de lácteos, mueblerías, y otras que descargan sus residuos a ríos de la zona. A la fecha del Inventario se desconocían con exactitud los volúmenes y composición de estos efluentes.

La gran mayoría de las industrias se concentran en la ciudad de Valdivia. Sus descargas, sumadas a las de los sistemas de alcantarillado, a la fecha del Inventario, habían producido una situación crítica de mala calidad de las aguas, por los altos contenidos de bacterias, amonio, fosfatos y nitratos y elementos químicos peligrosos. En los mariscos extraídos en las inmediaciones de la desembocadura del Río Valdivia se han detectado virus de hepatitis A y metales pesados bioacumulados, entre otros contaminantes. Los principales elementos químicos contaminantes identificados a la fecha del Inventario en el Río Valdivia son: hidrocarburos alifáticos y aromáticos, hidrocarburos polinucleares aromáticos, hidrocarburos aromáticos y alifáticos halogenados, pesticidas organoclorados, bifenilos policlorinados, esteroides de plátanos, mercurio, aluminio, plomo, zinc, arsénico, cobre, níquel, cadmio, nitritos y fosfatos.

Vale la pena transcribir dos párrafos del “Inventario de Contaminación”, realizado para la DGA en 1991 por BF Ingenieros Civiles. Estos comentarios los hacen los autores en referencia a la aguda contaminación en el Río Valdivia, a la altura de la ciudad del mismo nombre, y en su desembocadura, pero se aplican igualmente a otras zonas similares, tales como la desembocadura del Río Biobío, del Aconcagua, o el litoral central, y otras, a lo largo y ancho del país.

*“El gran problema de la contaminación química del agua, consiste en que estos productos se van acumulando a través de su paso por la cadena trófica. Es así que, por ejemplo, por cada unidad de DDT que encontramos en el fango del río, ésta se multiplica por diez en algas, por cien en crustáceos, en peces por mil y en peces predadores alcanza un factor de concentración de diez mil veces. Los piures (ascidias), concentran DDT hasta un factor de un millón de veces. Este factor de multiplicación en la capacidad de concentración descrito para el DDT también ocurre para metales y afines, como el caso del plomo que en las ostras llega a unas cinco mil veces.”*

*“La contaminación física está caracterizada por diversas sustancias solubles, tales como fibras, espuma de celulosa, partículas insolubles en suspensión, sedimentos, detergentes, y emulsiones de grasas minerales. También alteran la composición de las aguas, los lubricantes mecánicos arrojados por las embarcaciones e industrias que descargan estos desechos directamente al río o a través de la red de alcantarillado público. Los elementos mencionados... alteran características tales como la turbidez, tensión superficial, temperatura, densidad óptica (O.D.), ph, conductividad y demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Estos parámetros inciden determinadamente sobre la vida acuícola vegetal y animal.*

La contaminación hídrica detectada en la zona de Valdivia constituye un serio riesgo sanitario para la población, dado que las aguas son utilizadas para agua potable, riego, lavado, actividades recreacionales, etc. Tal como lo plantea el Inventario, de hecho, estos niveles de contaminación física, química y bacteriológica no solamente afectan gravemente la salud de las personas, sino que también degradan en forma significativa los ecosistemas acuáticos, incluyendo los bordes costeros.

Actualmente, las descargas totales de aguas servidas, a través de diversos ríos y esteros, y con diversos grados y tipos de tratamiento, a la cuenca del Río Calle-Calle alcanzan a 223,2 l/s, lo que equivale a 7.037.277 m<sup>3</sup>/s, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 858 ton/año.

En la cuenca del Río Bueno el Inventario registra 28 fuentes de contaminación que corresponden a las descargas de aguas servidas domésticas e industriales, con la situación más crítica alrededor de la ciudad de Osorno, en los ríos Damas y Rahue. En esta cuenca se desarrollan importantes actividades pecuarias, agrícolas y silvícolas. En la región se procesa el 70% de la producción nacional de leche y se concentra el 33% de la masa ganadera del país, contando con modernos mataderos frigoríficos para el procesamiento de productos cárneos.

La mayoría de las descargas de aguas servidas domésticas de Osorno se hacen sobre el Río Rahue y Damas. Osorno actualmente descarga un caudal de aguas servidas a estos cursos receptores, sin tratamiento, de 170,5 l/s (5.384.814 m<sup>3</sup>/año), con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 1.800 ton/año. Del mismo modo, diversas industrias (Nestlé, cecinas, mataderos, curtiembres, Indus Lever) descargan efluentes con alto contenido de cargas orgánicas y materias grasas y productos químicos al mismo río. En el Río Damas se tiene una situación similar, con descargas de aguas

servidas domésticas e industriales (Soprole, Cecinas Eco) a su cauce, que han provocado una situación crítica, que se acentúa en los meses de verano por los bajos caudales de este río de régimen exclusivamente pluvial.

En la misma cuenca, la ciudad de Río Bueno descarga un caudal de aguas servidas, sin tratamiento, de 14,2 l/s, al río Bueno, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 89 ton/año. La Unión descarga un caudal de aguas servidas, sin tratamiento, de 26,9 l/s, al Río Llolellhue, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 170 ton/año. San Pablo descarga un caudal de aguas servidas, sin tratamiento, de 2,9 l/s, al estero Tramalhue, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 19 ton/año, y Purranque descarga un caudal de aguas servidas, previo tratamiento en lodos activados, de 10,7 l/s, al estero Pichi Llay-Llay, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 10 ton/año.

En la cuenca del Río Maullín, la ciudades de Puerto Varas y Llanquihue descargan un caudal de aguas servidas, previo tratamiento en lodos activados, de 39,7 l/s, al Lago Llanquihue, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 19 ton/año.

En la Xª Región, la ciudad de Puerto Montt descarga un caudal de aguas servidas de 190 l/s (5.980.836 m<sup>3</sup>/año) al mar a través de un emisario, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 1.735 ton/año. Las ciudades y localidades de Maullín, Achao, Ancud, Calbuco, Castro, Chaitén y Dalcahue, descargan directamente al mar (borde costero) un caudal de aguas servidas, sin tratamiento, de 86,3 l/s, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 852 ton/año. Las localidades de Chonchi y Quellón, descargan al mar (borde costero), un caudal de aguas servidas, previo tratamiento en lagunas de estabilización, de 20 l/s, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 92 ton/año.

En la Xª Región, las descargas totales de aguas servidas al mar, por emisario o en forma directa, con y sin tratamiento, alcanzan a 296,3 l/s, lo que equivale a 9.360.854 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 2.678 ton/año.

Las cantidad total de aguas servidas descargadas, a través de diversos ríos y esteros y con diversos grados y tipos de tratamiento, a todas la cuencas de la Xª Región, alcanza a 507,4 l/s, lo que equivale a 15.998.079 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> total de 2.300 ton/año.

En la Xª Región se da una situación similar a la de la IXª, de importantes descargas de aguas servidas sin tratamiento a los cursos, con la consiguiente contaminación bacteriológica de las aguas. Esta situación corresponde a una baja cobertura actual de tratamiento de aguas servidas en la mayor parte de la región. A diciembre del 2001, la cobertura de tratamiento de aguas servidas referidas a población de la empresa ESSAL S.A., que cubre a una población de 520.531 habitantes (80,5% de la población), alcanzaba sólo a un 7,4%. Esta empresa proyecta una cobertura de 15% para diciembre del 2002 y de 94,8% para el año 2005. La empresa Aguas Décima S.A, que cubre a una población de 125.562 habitantes (19,5% de la población), a diciembre del 2001 tenía una cobertura de 90,8%, con una proyección de cobertura para diciembre del 2002 de 91,3% y de 94% para el año 2005.

### XIª Región:

En la cuenca del Río Aisén, la ciudad de Puerto Aisén descarga un caudal de aguas servidas, sin tratamiento, de 18,2 l/s, al río del mismo nombre, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 115 ton/año. La ciudad de Coihaique descarga un caudal de aguas servidas, previo tratamiento en lodos activados, de 47 l/s, al Río Simpson, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 52 ton/año. Los rebases del tranque de relaves de la minera El Toqui (productora de Zinc) descargan al Río Toqui.

La localidad de Cochrane descarga un caudal de aguas servidas, previo tratamiento en lodos activados, de 2,8 l/s al Río Baker, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 3 ton/año.

La localidad de Chile-Chico descarga un caudal de aguas servidas, previo tratamiento en lodos activados, de 3,6 l/s, al Lago General Carrera, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 4 ton/año. La localidad de Balmaceda y Puerto Ibáñez descargan a fosas sépticas y pozos negros.

Puerto Cisnes descarga al mar un caudal de aguas servidas, previo tratamiento en lodos activados, de 2,2 l/s (69.848 m<sup>3</sup>/año), con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 27 ton/año.

La cantidad total de aguas servidas descargadas a las cuencas de la XIª Región alcanza a 71,6 l/s, lo que equivale a 2.255.721 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 174 ton/año.

### XIIª Región:

En la cuenca costera entre la Laguna Blanca y el Estrecho de Magallanes, la ciudad de Punta Arenas es atravesada por los Ríos De La Mano y De Las Minas, y por los esteros Bitsch y Llau-Llau. Parte de las aguas servidas de Punta Arenas descargan sobre estos ríos y el estero Bitsch, alterando la calidad de las aguas de estos cauces en su último sector antes de su desembocadura en el mar.

Actualmente Punta Arenas y Porvenir descargan directamente al mar (borde costero) un caudal de aguas servidas sin tratamiento, de 211,5 l/s, equivalente a

6.677.322 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 1.784 ton/año. Puerto Natales descarga un caudal de aguas servidas al mar (borde costero), previo tratamiento en lodos activados, de 23 l/s, lo que equivale a 726.431 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 214 ton/año.

Por lo tanto, la cantidad total de aguas servidas descargadas al mar en la XIIª Región alcanza a 234,5 l/s, lo que equivale a 7.403.753 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 1.998 ton/año.

A diciembre de 2001, la cobertura de tratamiento de aguas servidas referidas a población (145.742 habitantes) en la XIIª Región alcanza sólo a 10,6%. La proyección de la empresa sanitaria regional ESMAG S.A. es de alcanzar una cobertura de 100% al año 2005.

Vale la pena reproducir textual del "Inventario de La Contaminación" el siguiente epítafio sobre el Estrecho de Magallanes:

*"Además de las descargas de aguas servidas, existen algunas descargas industriales sobre el estero Bitsch y sobre el Río De Las Minas, de las que no es posible entregar antecedentes pues se carece de ellos. La mayoría de las descargas de aguas residuales domésticas e industriales son evacuadas al Estrecho de Magallanes sin tratamiento, las que pasan a enriquecer la dieta de los pocos moluscos y cetáceos que aún quedan, y que han podido sobrevivir a la depredación humana y a la contaminación con hidrocarburos."*

En las cuencas de Tierra del Fuego se constata que en el Río de Oro, los pirquineros utilizan mercurio para amalgamar el oro extraído. A pesar que ellos intentan evitar la pérdida del mercurio, por el elevado costo de esta materia prima, constantemente deben reponer su stock de este metal pesado tóxico, lo que indica que importantes cantidades están contaminando las aguas. No se tienen mayores antecedentes cuantitativos sobre esta contaminación.

En Tierra del Fuego existen numerosas estancias ovinas. Las casas descargan a fosas sépticas o



pozos absorbentes. La ciudad de Porvenir descarga sus aguas servidas a Bahía Porvenir, la que presenta un alto nivel de contaminación.

En las cuencas de las XIª y XIIª regiones, por lo tanto, se detectan las fuentes reales y potenciales de contaminación de las aguas descritas más arriba (aguas servidas domésticas mezcladas con contaminantes derivados de actividades mineras y petroleras y de la industria petroquímica), pero, debido a la extensión de los territorios, a la pristinidad de los ecosistemas, a la baja densidad poblacional y, sobre todo, a la abundancia de aguas puras, se considera que el impacto hasta ahora ha sido significativamente menor que en las cuencas del resto del país.

En relación a las descargas totales de aguas servidas domésticas a todas las cuencas de Chile, es pertinente terminar este Inventario actualizado repitiendo las cifras totales ya mencionadas, así como el total de aguas servidas descargadas al borde costero y mar:

La cantidad total de aguas servidas descargadas, a través de diversos esteros y ríos, y con distintos grados y tipos de tratamientos, en las cuencas hidrográficas de todo Chile, alcanza a 16.923 l/s, lo que equivale a 533.896.922 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> total de 99.454 ton/año.

La cantidad total de aguas servidas domésticas descargadas al mar a través de emisarios, o en forma directa al borde costero, con o sin tratamiento, alcanza a 4.302 l/s, lo que equivale a 135.688.536 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> de 27.015 ton/año.

La cantidad total de aguas servidas descargadas en todo el territorio nacional, por lo tanto, alcanza a 21.231 l/s, lo que equivale a 669.585.458 m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> total de 126.469 ton/año.

## 7. CONCLUSIONES

Chile es un país disperejo en términos de la disponibilidad de recursos hídricos. Gran parte de su territorio es árido. La gestión sustentable de los recursos hídricos nacionales es un tema cada día más candente en la medida que a lo largo de todo el país ha aumentado la competencia entre usos y usuarios, y crece, junto con la población y el desarrollo, la demanda para todos los usos.

En el pasado, el país ha 'destruido' volúmenes importantísimos de agua por la contaminación, algo que sigue sucediendo hoy a un ritmo creciente a medida que aumenta la población, la urbanización y la industrialización, y que el país no reacciona con la urgencia y diligencia necesarias en realizar las reformas legales e institucionales, así como sociales e incluso culturales, que podrían iniciar un proceso conducente a lograr soluciones de fondo del problema. Un país como Chile, vulnerable a las sequías y que en la mayor parte de su territorio está experimentando una creciente escasez de agua, no puede permitirse seguir inutilizando enormes cantidades del vital recurso por contaminación.

Por lo tanto, conocer nuestros recursos hídricos y los graves problemas que los afectan, es hoy un desafío y una tarea ineludibles. Sin embargo, el investigador que pretende informarse sobre el estado de las aguas en el país se encuentra con serias dificultades.

La información se encuentra dispersa en las diversas dependencias de los servicios públicos, centros académicos y de estudio que tienen que ver con la gestión de las aguas, o con la investigación del recurso. Mucha información no está sistematizada.

Los estudios accesibles en los servicios públicos suelen ser demasiado generales y cualitativos, mientras que los académicos suelen ser demasiado específicos, especializados y cuantitativos.

No existe hoy una instancia que centralice información actualizada sobre el estado de las aguas del país. La DGA, y otras dependencias del MOP, han realizado importantes esfuerzos en este sentido, pero es evidente que al tratarse de un recurso que puede ser el factor limitante clave, tanto de las actividades productivas del

país como de la calidad de vida de su población, se deberían destinar recursos mucho más importantes para su investigación, protección y conservación. A nivel nacional no se percibe que el estado, cuantitativo y cualitativo, de las aguas nacionales, sea un tema de alta prioridad en el sistema, que haya que enfrentar hoy con urgencia. Curiosamente, en los foros internacionales sobre desarrollo, tales como la “Cumbre de Desarrollo Sustentable” realizada este año 2002 en Sudáfrica, el agua se ha instalado como uno de los temas fundamentales y de cuya gestión depende, en gran medida, el desarrollo sustentable de la humanidad.

En nuestro país se detecta una actitud defensiva de todas las partes involucradas respecto al acceso a la información sobre calidad de las aguas y contaminación hídrica. El sector privado maneja la información como reservada y confidencial, y nada obliga a los establecimientos industriales y mineros a transparentar voluntariamente información sobre la contaminación que pudiesen estar generando. Llama la atención que CODELCO, en este sentido, funciona como un privado, al manejar con particular reserva la información sobre los impactos ambientales de sus faenas mineras. Los servicios públicos pertinentes, pese a la buena voluntad de muchos funcionarios, se muestran cautelosos a la hora de entregar información sobre el tema y, en general, ‘se ponen el parche antes de la herida’, con un discurso sumamente positivo respecto a todo lo que se ha hecho y se está haciendo en relación a la contaminación hídrica, pero evitando asumir la responsabilidad por los graves pasivos ambientales que existen en el país en este ámbito, que a estas alturas llegan a ser verdaderas ‘áreas grises’ que no se quieren enfrentar.

El primer gran problema es la contaminación hídrica provocada por las faenas mineras. Se constata que el histórico liderazgo y peso económico de la minería en el país, ha llevado a que se institucionalice y legalice una política sumamente liberal respecto de la regulación de este sector. Esto incluye una suerte de ‘laissez faire’ respecto de los impactos ambientales de las faenas mineras.

Recorriendo el Inventario de la Contaminación de la DGA se constata que no se tienen antecedentes claros, y existe muy poca investigación, sobre la

contaminación hídrica causada por los numerosos tranques de relaves diseminados por toda la zona norte y centro del país, así como otras faenas mineras. Esto sorprende y alarma, dado que estas faenas y tranques están contaminando las aguas superficiales y subterráneas con elementos químicos que constituyen un serio riesgo de salud pública e incluso, a través de emisarios o minero-ductos, los bordes costeros y las aguas marinas. Una y otra vez, en forma recurrente, el Inventario declara que se desconocen las magnitudes de las descargas de las faenas mineras, así como su composición química. Esto sucede en particular respecto a las faenas que el Inventario estima menores y que son, por lo tanto, descartadas como fuentes de contaminación, sin considerar posibles infiltraciones de aguas residuales a acuíferos u otros impactos sobre el entorno. También llama la atención que se permita descargar, sin ninguna regulación o restricción, importantes cantidades de efluentes mineros sin tratamiento directamente a salares, como es el caso notorio del Salar del Carmen, en la Quebrada de Caracoles, en la IIª Región.

En el Inventario, sólo se registra una faena minera como fuente de contaminación cuando se estima que afecta a seres humanos y sus asentamientos o actividades actuales. Es decir, no se consideran los impactos ecosistémicos en el mediano y largo plazo de las fuentes de contaminación registradas, y no se consideran fuentes de contaminación las faenas que pueden estar inhabilitando extensas zonas para su futura ocupación.

Esto es particularmente grave en relación a la contaminación de los acuíferos. Una de las frases más recurrentes en el Inventario, al recorrer las fuentes potenciales y reales de contaminación desde el norte hacia el sur del país, es que no se tienen antecedentes sobre la contaminación de los acuíferos que pueden estar causando tales o cuales tranques de relaves o otras faenas mineras. Dada la geografía del país, la contaminación de un acuífero en la precordillera de los Andes puede significar el afloramiento posterior de aguas contaminadas en bofedales, en vertientes y humedales costeros, y bajo el nivel del mar, con impactos sobre la flora, fauna y población humana. Tal como ya se ha dicho, la contaminación química se bioacumula en su paso por la cadena trófica.

El segundo gran problema respecto a la contaminación de las aguas en Chile es la contaminación difusa, o no puntual, con productos químicos, fertilizantes y hormonas utilizados en la agroindustria e industria forestal. Una vez más, esto sorprende y causa particular alarma por varios motivos. En primer lugar, tal como su nombre lo indica, se trata de una fuente de contaminación sustancialmente más difícil de controlar que la localizada, puesto que no emana de ninguna fuente puntual, sino se produce por derrame o escurrimiento. En segundo lugar, esta fuente de contaminación se está produciendo en forma masiva a lo largo de todo el país, dado que la agricultura es quizá la única actividad productiva que, con diversas intensidades, se desarrolla a lo largo de todo del país. (En el centro y sur del país, a los productos utilizados en la agricultura se suman los utilizados en la silvicultura.) En tercer lugar, en muchos casos se trata de productos químicos orgánicos persistentes, bioacumulables y extremadamente peligrosos para la salud humana. La carencia de antecedentes respecto a esta fuente de contaminación es tal que en el Inventario simplemente se asume su existencia dadas las actividades agrícolas que se desarrollan en cada cuenca, pero no se dispone de datos respecto a los productos utilizados, a las cantidades involucradas, a sus efectos sobre la salud humana, a su bioacumulación en la cadena trófica, etc.

Esta ignorancia es aún más sorprendente dado que en los países desarrollados se estima que en el mediano plazo y largo plazo, de todas las fuentes, la contaminación difusa de las aguas presenta uno de los mayores riesgos para la salud humana. En estos países se han establecido relaciones directas entre la contaminación con pesticidas y patologías tales como diversos tipos de cáncer, alteraciones severas del sistema nervioso y del comportamiento, daños al sistema reproductivo masculino y femenino, alteraciones del desarrollo fetal, alergias, dolores de cabeza, náuseas, ceguera, daños a distintos órganos y otras.<sup>59</sup>

La opinión de los expertos internacionales es que la contaminación difusa sólo puede ser controlada en su fuente, es decir, simplemente no se deben usar los productos químicos que se ha demostrado son extremadamente tóxicos y persistentes en el medio ambiente, así como se debe limitar estrictamente el uso de fertilizantes que contaminan las aguas y suelos con

nitratos, fósforo y otros compuestos que tienen efectos ambientales y sanitarios negativos. El no uso de estos productos obliga a practicar una agricultura alternativa a la industrial, un proceso que está en pleno desarrollo en Europa, Canadá, Estados Unidos, y Australia, pero que en Chile, a nivel nacional, ni siquiera es incipiente.

En relación a la contaminación con aguas servidas y con los riles de las industrias, tanto el sector público como el privado realizan hoy grandes esfuerzos para neutralizar estas fuentes de contaminación con la construcción de plantas de tratamiento y de emisarios submarinos. Sin embargo, basta constatar la cantidad total de aguas servidas descargadas a las cuencas, borde costero y al mar - 21.297 litros por segundo, equivalente a 671.641.647 m<sup>3</sup> al año, con una carga orgánica DBO<sub>5</sub> total de 126.482 toneladas al año – para darse cuenta que el problema es grave. Las plantas de tratamiento más modernas (aereadas y lodos activados) sólo reducen la carga de materia orgánica de las aguas residuales y la cloración reduce la carga de gérmenes patógenos, pero estos tratamientos no se hacen cargo de los sólidos disueltos, de los metales pesados y de la contaminación difusa.

La aplicación de las normas de emisión de riles a las aguas marinas y continentales superficiales, así como a los alcantarillados, debería contribuir significativamente a neutralizar esta fuente de contaminación. El tema de fondo aquí es el control de las emisiones y la fiscalización. Esta responsabilidad recae en forma conjunta en los establecimientos industriales, en las empresas sanitarias, en la SISS y en otras instancias gubernamentales, que deben operar con extrema coordinación y transparencia, algo que no es precisamente una tradición en Chile. Por el contrario, lo que se observa es una suerte de dicotomía o conflicto crónico entre el sector público y el privado, con altos y bajos, que surge en particular del tema financiero y de fijación de tarifas, pero que irradia a otros ámbitos y dificulta la coordinación entre ambos sectores y la transparencia. Para el control de la contaminación esta barrera debe ser superada. Obviamente, es fundamental que las leyes sean aplicadas con total rigurosidad, así como las sanciones que correspondan ante su violación.

<sup>59</sup> "Pesticides and Health", Monica Moore en "Fatal Harvest", Island Press, 2002

Respecto a la transparencia, CODELCO y otros establecimientos con participación estatal debieran dar el ejemplo. El país necesita que todas las industrias, particularmente las del sector minero, den información regular y actualizada en forma absolutamente transparente sobre las magnitudes y composición de sus efluentes. La única forma de solucionar un problema es conociéndolo a cabalidad y enfrentándolo. En Chile, la política de áreas grises, o tabúes, de sectores intocables o del avestruzismo en el tema de la contaminación, está teniendo graves consecuencias para la población y la calidad ecosistémica a lo largo del territorio nacional, con alarmantes proyecciones futuras.

Por último, es necesario subrayar que la mayoría de las formas de disposición e incluso de tratamiento de aguas residuales y efluentes que se están aplicando en Chile, son soluciones parche que, por lo mismo, conllevan la generación de efectos o impactos secundarios negativos. Los emisarios submarinos son una solución temporal, y esto siempre y cuando no contengan riles contaminantes que puedan aportar al mar y borde costero productos químicos y metales pesados que se bioacumulan en la flora y fauna acuática. Con los emisarios se está confiando en las capacidades de autopurificación y dilución del océano

Pacífico, tal como antes se confió en estas mismas capacidades de los ríos. Sin embargo, en la medida que la población aumente y las ciudades crezcan y que, por lo tanto, las descargas de aguas servidas sin tratamiento al mar sólo pueden aumentar indefinidamente, un país que cuelga sobre el océano está corriendo el riesgo de continuar sumido en, e incluso tragándose, sus propios desechos.

Del mismo modo, no existe claridad, incluso hay algo de desconcierto, respecto al destino de las enormes cantidades de lodos que producen las plantas de tratamiento de aguas servidas. Cuando entren en operación las grandes plantas que se están construyendo para recibir las descargas de los distintos sectores de Santiago, las cantidades de lodos que se producirán serán enormes. Menos claridad aún se tiene sobre el destino de los lodos contaminados que comenzarán a acopiar en cantidades significativas los establecimientos industriales que deben tratar sus riles para cumplir con las nuevas normas de emisión.

Por lo tanto, en una perspectiva de largo plazo y de desarrollo sustentable, existe la necesidad urgente de impulsar la investigación para el desarrollo de tecnologías creativas, a nivel local, que permitan evitar o neutralizar la contaminación en sus fuentes.

**BIBLIOGRAFÍA** (por orden de aparición de citas):

1. Perfil Ambiental de Chile, CONAMA, 1994
2. Efectos Ambientales derivados del uso de recursos hídricos en Chile, H. Peña, en Perfil Ambiental de Chile, 1994.
3. Recursos Hídricos, H. Peña, C. Salazar, T. Cuevas, MOP/DGA, SDT N°3, 1993
4. Revista Vertiente N°2, en Informe País, CONAMA, CAPP, U. De Chile, 1994
5. Diario La Nación, Edición Especial de la DGA, 21/03/2002
6. Informe País 1999, CONAMA, CAPP, U. De Chile, 1994
7. Calidad de las Aguas, H. Peña, C. Salazar, T. Cuevas, 1987
8. Decreto N° 87/01 del 10 de octubre del 2001, República de Chile, Secretaría General de la Presidencia
9. Estado de las Aguas Continentales y Marinas, Nora Cabrera, en Perfil Ambiental de Chile, 1994
10. Política Nacional de Recursos Hídricos, MOP/DGA, 1999
11. Informe de Gestión del Sector Sanitario, SISS, 2001
12. Marco General Normativo del Depto.- de Descontaminación, Planes y Normas, CONAMA, 1996
13. Informe Anual de Coberturas de Servicios Sanitarios – Al 31 de Diciembre de 2001, SISS, 2002
14. Evaluación de los Impactos de la Producción de Celulosa, Consuelo Espinosa, Fundación Terram, APP N°4, 2001
15. Contaminación de Aguas Naturales – Inventario de Contaminación – Etapa I, MOP/DGA, Febrero 1989, Alamos y Peralta, Ingenieros Consultores, Ltda..
16. Contaminación de Aguas Naturales – Inventario de Contaminación, Regiones Metropolitana a XII, MOP/DGA – bf ingenieros civiles, 1991
17. Entre 'propiedad ambiental' y Nueva Acción Social, Ingo Gentes, trabajo presentado en las V Jornadas de Derecho de Aguas, U- Católica, 2002
18. Visión y Proyecciones de la Gestión Integrada de Cuencas, ESVAL, 27/03/2002
19. Programa de Monitoreo de la Calidad de las Aguas del Sistema Río Biobío, Centro EULA Chile, Fase II 1995-1997, U. De Concepción, 1998
20. Aplicación del Modelo EULA en Chile en la Cuenca del Río Biobío, 1992