

2. RECURSOS HIDRICOS



2. RECURSOS HÍDRICOS

ESTE INFORME sobre los recursos hídricos pretende contribuir a una visión global del agua en Chile con las limitaciones propias de un trabajo que debió ser restringido en profundidad y cobertura por consideraciones de plazo. De este modo, incorpora aspectos relevantes visualizados desde el punto de vista del estado de los recursos, de la presión ejercida sobre los mismos, de ciertos componentes del sistema institucional, y de las perspectivas en cuanto a la oferta y la demanda por agua, y de la gestión.

2.1 ESTADO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

2.1.1. Disponibilidad de agua

Chile, al igual que otros países, posee una oferta estable de agua en términos generales. A pesar de las sequías y las inundaciones, el elemento central de planificación hídrica es el módulo pluviométrico, es decir, un valor medio de aportaciones de las precipitaciones. Es muy difícil que la oferta supere la media en dos o tres veces su valor, no obstante que ese hecho se haya verificado, dado que al año siguiente, lo más probable es que la oferta, o vuelva a su rango normal, o esté por bajo ese mismo valor.

En Chile la disponibilidad promedio alcanzaba para el año 1992 a los 5.475 m³/hab/año, no obstante que de Santiago al norte, la disponibilidad es menor a 1.000 m³/hab/año, lo que se traduce en que, en esas zonas, la disponibilidad de agua es un

freno al proceso de desarrollo. A lo largo del país se observa una gran variabilidad en la distribución del recurso, tanto en términos espaciales como temporales y sectoriales, lo cual es más evidente en las regiones áridas y semiáridas. En este marco, un balance hídrico del país a nivel de regiones, desarrollado en 1987 por la Dirección General de Aguas (DGA), arroja las cifras que presenta el Cuadro 2.1; de ellas se desprende que la distribución del recurso es altamente variable en términos espaciales. Se puede observar, a modo de ejemplo, que la región que recibe el mayor aporte en precipitaciones supera en más de 60 veces a la que recibe el menor aporte.

En términos temporales, la variabilidad se manifiesta en base a los valores mensuales de precipitación que se obtienen para un conjunto de estaciones pluviométricas repartidas en el territorio nacional.

La distribución mensual de precipitaciones se ilustra en los gráficos de la figura 2.1 construidos sobre la base de la tabla 1.1 del anexo 1 de este subcapítulo.

En el mismo contexto, es posible realizar un análisis de la distribución espacial de las precipitaciones en Chile estableciendo una gráfica de la precipitación media anual para un conjunto de 24 estaciones con referencia a su latitud geográfica como la que se presenta en la Figura 2.2. Así, es posible observar nuevamente la gran variabilidad de las cantidades precipitadas a lo largo del país, y como se incrementan al moverse de norte a sur en el territorio nacional.

Cuadro 2.1

Balance Hídrico Nacional
(año promedio)

Fuente: Balance Hídrico
de Chile.
DGA.1987

REGIÓN	PRECIPITACIONES		ESCORRENTÍA		EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL				EVAPORACIÓN	
	m³/s	mm	m³/s	mm	SUPERFICIE NATURAL		SUPERFICIE REGADA (1)		DESDE LAGOS Y SALARES	
I(2)	157	93,6	11,9	7,09	136	81,1	3,64	2,17	4,73	2,82
II(3)	182	44,5	0,93	0,23	156	38,2	1,62	0,40	21,8	5,34
III(4)	205	82,4	1,88	0,76	194	78,0	3,31	1,33	5,17	2,08
IV(5)	281	222	22,2	17,5	237	187	21,6	17,1	1,67	1,32
V(6)	211	434	40,7	83,7	149	306	20,1	41,3		
RM(7)	335	650	103	200	186	361	30,5	59,2	1,01	1,96
VI(8)	508	898	205	32	281	497	15,4	27,2	3,04	5,37
VII(9)	1347	1377	767	784	536	548	38,4	39,2		
VIII	2467	1766	1638	1173	811	581	26,9	19,3		
IX	1451	2058	1041	1476	406	576			6,00	8,51
X	6319	2970	5155	2423	1124	528			44,9	21,1
XI	11763	3263	10134	2818	1537	427			64,6	18,0
XII	11748	2713	10124	2338	1604	370			24,7	5,71
Chile	36947	1522	29244	1204	7357	303			178	7,33

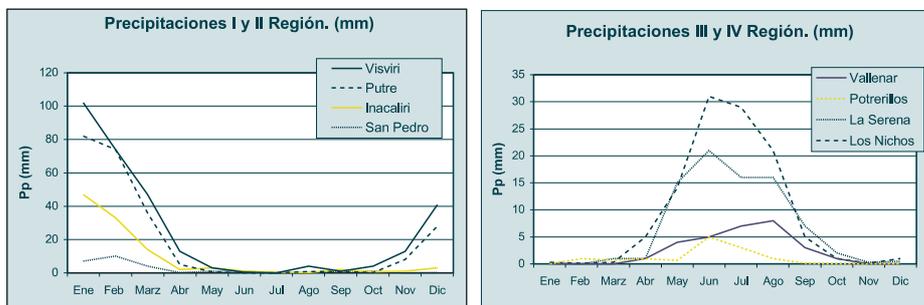
- (1) Considera solamente el aumento de evaporación que experimenta una superficie natural cuando se incorpora riego
- (2) No se incluyen consumos netos de uso doméstico, industriales y/o mineros estimados en 0,65 m³/s.
- (3) No se incluyen consumos netos de uso doméstico, industriales y/o mineros estimados en 2,07 m³/s.
- (4) No se incluyen consumos netos de uso doméstico, industriales y/o mineros estimados en 0,50 m³/s.
- (5) No se incluyen consumos netos de uso doméstico, industriales y/o mineros estimados en 1,14 m³/s.
- (6) No se incluyen consumos netos de uso doméstico, industriales y/o mineros estimados en 0,60 m³/s, ni trasvases netos a otras cuencas de 0,8 m³/s.
- (7) No se incluyen consumos netos de uso doméstico, industriales y/o mineros estimados en 3,00 m³/s, ni aportes netos desde otras cuencas de 4,7 m³/s.
- (8) No se incluyen aportes netos a otras cuencas de 1,3 m³/s.
- (9) No se incluyen aportes netos a otras cuencas de 4,7 m³/s.

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

Figura 2.1

Distribución mensual
de las precipitaciones
a lo largo del
territorio

Fuente: tabla 1.1
del anexo 1



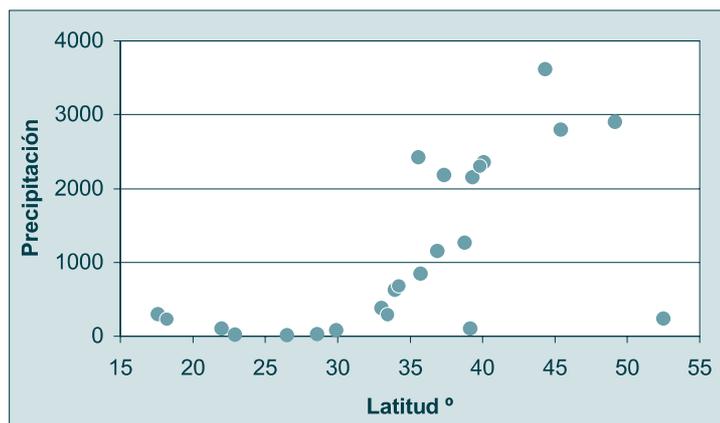
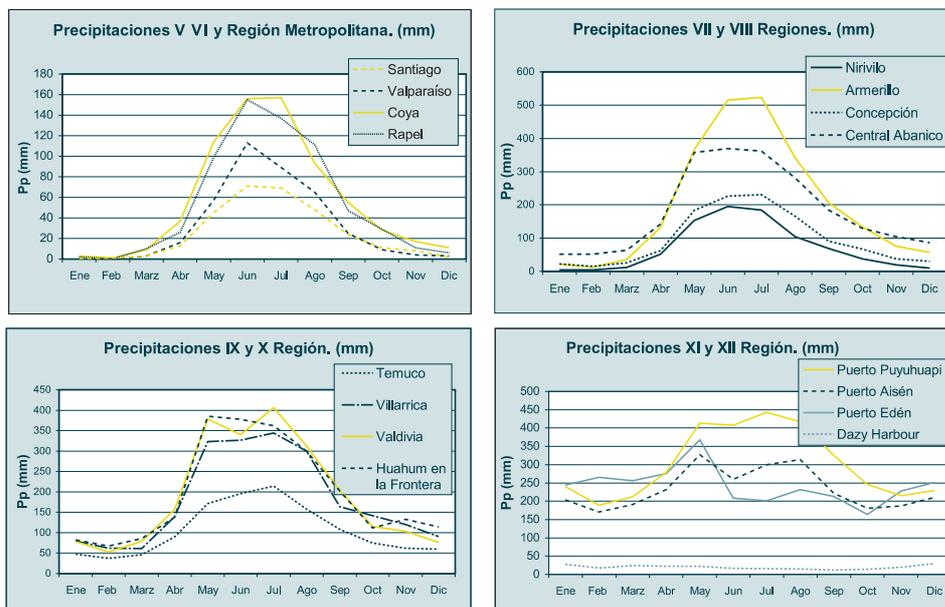


Figura 2.2

Distribución espacial de las precipitaciones en función de la latitud

Fuente: Balance Hídrico de Chile. DGA.1987

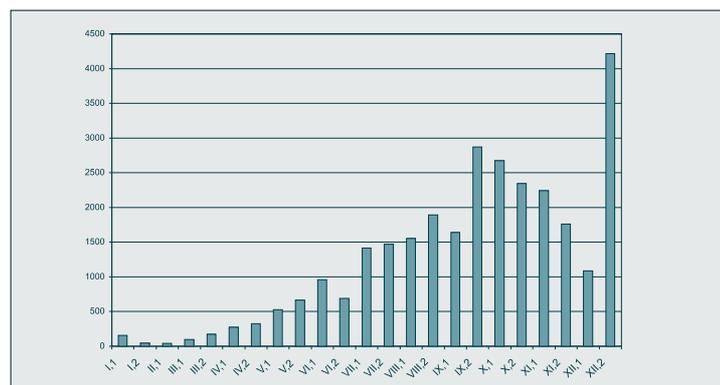


Figura 2.3

Precipitaciones medias de los principales ecosistemas dulceacuícolas (mm/año)

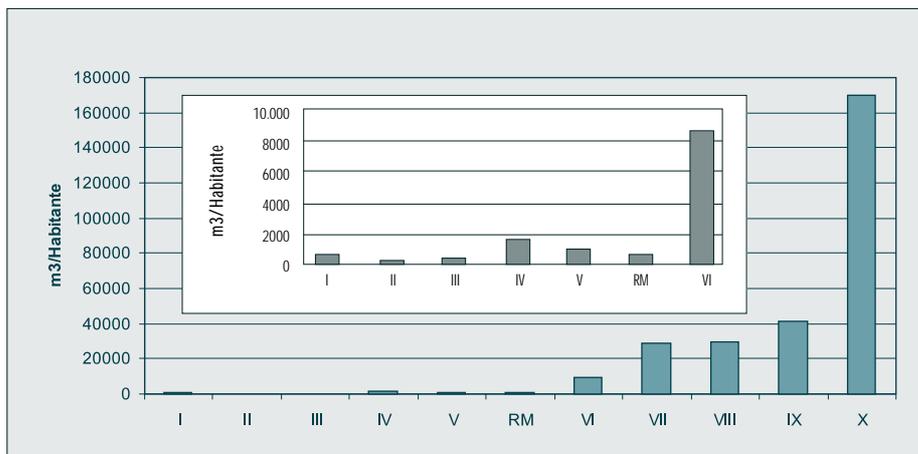
Fuente: tabla 1.2 del anexo 1

Otra forma de analizar la variabilidad de las precipitaciones es estudiar los principales ecosistemas dulceacuícolas, es decir, las principales cuencas o conjuntos de cuencas para

cada región del país que se presentan en la tabla 1.2 del anexo 1. A partir de esta tabla se construyó la gráfica de la figura 2.3. En ella, el eje de las abscisas representa con números

Figura 2.4

Disponibilidad de agua por habitante I a X región



Fuente: Dirección General de Aguas, 1999

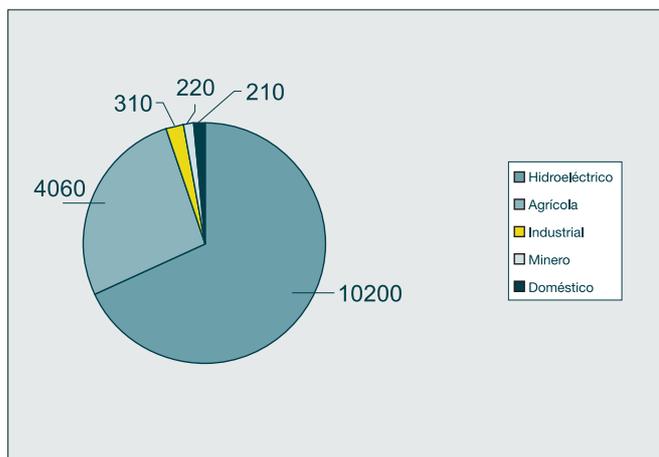


Figura 2.5

Consumo de agua por habitante (litros/habitante/día)

Fuente: Dirección General de Aguas, 1992

romanos las regiones del país y, con números arábigos, el ecosistema seleccionado para cada región, cuya definición puede constatarse en la tabla N° 1.2 del anexo 1.1.

Con respecto a la disponibilidad de agua por habitante, es manifiesta la diferencia que existe entre las regiones de Santiago al norte, y las que se ubican de Santiago al sur, donde las diferencias en la disponibilidad de agua per cápita, superan las 800 veces, como lo muestran el cuadro 2.2 y la Figura 2.4.

2.1.2. Usos del agua

Los volúmenes correspondientes a los diversos tipos de aprovechamiento del agua en Chile son los más altos de América Latina, con un valor promedio para 1992, según la Dirección General de Aguas, de 15.000 l/hab/día. Se desglosan en 10.200 para uso hidroeléctrico, 4.060 para agricultura, 310 para uso industrial, 220 para uso minero

Cuadro N° 2.2

Disponibilidad de agua por habitante regiones I a X.

REGIÓN	DISPONIBILIDAD (m³/ HABITANTE)
I	750
II	250
III	300
IV	1.600
V	1.000
RM	600
VI	9.000
VII	29.000
VIII	29.500
IX	41.000
X	169.500

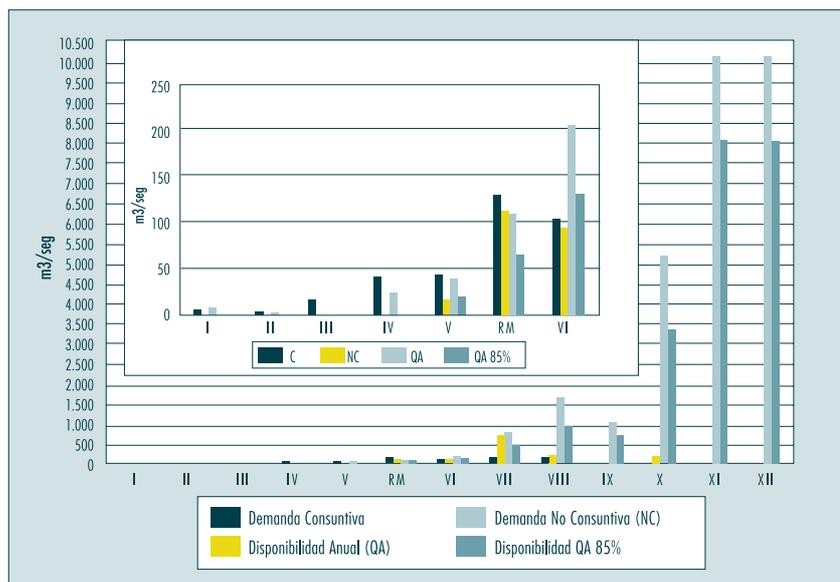
Fuente: Dirección General de Aguas, 1999.

y 210 para uso doméstico. Asimismo, cabe señalar que la distribución de la demanda hídrica es variable a lo largo del año, dependiendo el con-

Figura 2.6

Disponibilidad y demanda de agua a nivel regional. 1993

Fuente: Dirección General de Aguas, 1999



2

REGIÓN	EMPRESA	VOLUMEN SEGÚN FUENTES	
		SUBTERRÁNEA (L/S)	SUPERFICIAL (L/S)
I	ESSAT	1.238	-
II	ESSAN	30	1.410
III	EMSSAT	668	-
IV	ESSCO	793	692
V	ESVAL	3.535	2.860
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	EMSSA	3	342
XII	ESMAG	-	636
R.M.	EMOS	7.223	21.319
SUBTOT. EMPRESAS CORFO		20.318	33.696
X	AGUAS DÉCIMA	-	850
R.M.	LO CASTILLO	1.660	1.700
R.M.	MANQUEHUE	181	-
R.M.	LOS DOMINICOS	-	350
R.M.	MUNIC. MAIPÚ	1.640	-
R.M.	SERVICOMUNAL	269	-
R.M.	COSSBO	100	-
SUBTOT. OTRAS EMPRESAS		3.750	2.900
TOTAL URBANO		24.068	36.596

Cuadro 2.3

Consumo de agua potable urbana según fuentes, por empresa

Fuente: Revista Vertiente, Capítulo Chileno de la Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo (1997, N° 2).

Cuadro 2.4

Consumo de agua potable rural según fuentes, por región, 1995

Fuente: Revista Vertiente, Capítulo Chileno de la Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo (1997, N°2).

REGIÓN	VOLUMEN SEGÚN FUENTES	
	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
R.M.	55	4
TOTAL	410	127

sumo de la estación, del lugar y del uso al que será destinado el recurso. La Figura 2.5 ilustra con relación a la usos del agua en el país.

Relación oferta-demanda

De la Región Metropolitana al norte, se advierte que las demandas superan al caudal disponible. Los caudales que llegan al mar son prácticamente nulos, hecho que se verifica hasta la hoya hidrográfica del Río Rapel.

Por otra parte, desde la Región Metropolitana al sur, las demandas son en general satisfechas por la oferta, situación que se hace más favorable en las regiones con alta pluviometría, como es el caso de las regiones IX, X y XI.

La Figura 2.6 establece las disponibilidades y las demandas de agua para cada Región del país, con datos estimados al año 1993. En esta figura se presentan las demandas consuntivas y no consuntivas, y las disponibilidades de agua expresadas con un nivel de garantía del 50 y 85 por ciento, lo cual denota que la situación de Santiago al norte se enmarca en lo que se puede calificar como problema hídrico, es decir las demandas superan a las ofertas.

Fuentes de agua potable

Otro aspecto importante de analizar es el de las fuentes de agua que utilizan las empresas sanitarias

del país. El Cuadro 2.3 ilustra al respecto, según regiones y empresas. Así, se observa que la extracción de aguas subterráneas para agua potable urbana representa un porcentaje significativo de las extracciones totales, casi 40 por ciento en 1995.

Por otra parte, se realizó el mismo análisis para el ámbito rural donde es posible observar que, para el año 1995, los recursos subterráneos constituían la fuente principal de abastecimiento de agua potable rural del país. Véase el Cuadro 2.4.

2.13. Calidad del agua

Efluentes y contaminación

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. Cabe mencionar que 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)

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)

En este contexto, un aspecto importante del proceso de deterioro de la calidad de las aguas,

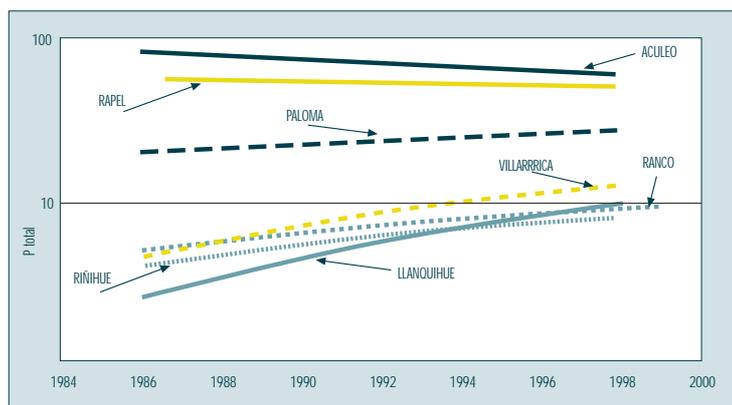


Figura 2.7
Evolución del Fósforo total, en los principales lagos del país.

Salazar y Soto, 1999

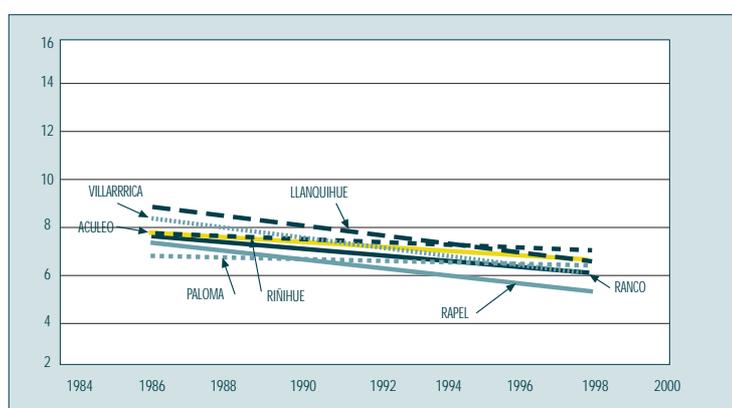


Figura 2.8
Evolución del Oxígeno disuelto, en los principales lagos del país.

Salazar y Soto, 1999

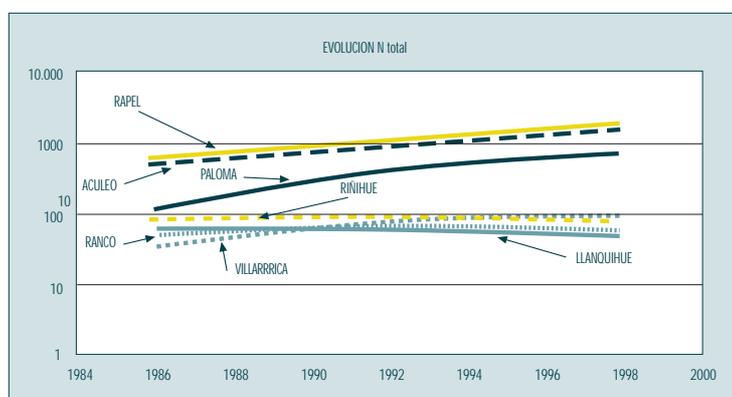


Figura 2.9
Evolución del Nitrógeno total, en los principales lagos del país

Salazar y Soto, 1999

está determinado por la descarga de efluentes diversos en los cuerpos continentales de agua, principalmente lagos naturales y artificiales. Así, las Figuras 2.7 a 2.9 muestran, respectivamente, la evolución de la cantidad de fósforo total, de oxígeno disuelto y de nitrógeno total en los principales lagos del país. Según datos de la DGA, la descarga de contaminantes en los cuerpos de agua, en general, ha sido creciente. (DGA, 1998)

Adicionalmente, se puede señalar que, en 1990, de un total de 395 servicios de agua potable, entre las regiones I y XII, se detectaron sustancias contaminantes en el agua subterránea de 102 localidades. De ellas, 45 presentaron compuestos nitrogenados (nitrato, nitrato). Asimismo, se encontró un total de 37 localidades que mostraron presencia de hierro, en la mayoría de los casos en conjunto con manganeso. Por último, 17 localidades presentaron sustancias diversas, por lo general sólidos disueltos, cloruro y magnesio, de todo lo cual da cuenta el Cuadro 2.5.

Cuadro N° 2.5

Sustancias contaminantes en captaciones subterráneas para agua potable. 1990.

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

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
R.M.	7 / 9 / 3	Nitritos / Sólidos disueltos, SO ₄ , Mg / Fe, Mn.
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

Cuadro 2.6

Estimación de materia orgánica en ríos del país

Fuente: Perfil Ambiental de Chile 1994, CONAMA.

REGIÓN	POBLACIÓN URBANA	COBERTURA	POBLACIÓN SERVIDA	DBO ₅ (ton/año)
II Región				
Río Loa	100.533	67%	67.601	1.332
III Región				
Río Copiapó	104.912	85%	88.663	1.747
Río Salado	10.086	32%	3.227	63
Río Huasco	46.104	87%	39.877	786
IV Región				
Río Elqui	8.046	80%	6.437	127
Río Limari	61.848	92%	56.911	1.121
Río Choapa	28.302	74%	20.992	414
V Región				
Río La Ligua	27.639	69%	19.116	377
Río Aconcagua	285.897	79%	226.502	4.463
Est. Marga Marga	177.955	83%	147.219	2.900
Est. Casablanca	9.801	71%	6.949	137
VI Región				
Río Rapel	407.609	78%	316.164	6.229
Est. Nihahue	1.677	48%	800	16
VII Región				
Río Mataquito	125.681	88%	110.201	2.171
Río Maule	326.688	89%	289.306	5.698
Río Lanco	2.254	19%	437	9
VIII Región				
Río Itata	218.853	78%	171.160	3.372
Río Andalién	3.203	8%	256	5
Río Biobío	558.936	74%	413.249	8.142
Río Lebu	53.083	44%	23.161	456
Río Paicaví	16.714	45%	7.493	148
IX Región				
Río Imperial	303.504	79%	240.854	4.744
Río Toltén	56.208	52%	28.964	571
X Región				
Río Calle Calle	153.919	2%	28.938	570
Río Bueno	175.601	85%	149.405	2.943
Río Maullín	27.890	83%	23.126	455
XI Región				
Río Aisén	49.463	71%	35.137	692
Total sin R.M.	3.339.815	76%	2.521.688	49.678
R. Metropolitana				
Río Maipo (EMOS)	4.986.782	95%	4.072.341	80.225
E.de Agua Potable	4.986.782	95%	4.734.076	93.261

Por otra parte, Nora Cabrera, en un trabajo citado en el Perfil Ambiental de Chile (CONAMA, 1994), estableció, para 1992, la descarga de materia orgánica en 28 ríos y esteros del país, correspondientes a 10 regiones y al área metropolitana (no incluyó las regiones I y XII), estimándola a partir de la población servida por diversas empresas sanitarias. El Cuadro 2.6, para cada río o estero, entrega la población urbana total, la población servida por las sanitarias y la descarga de materia orgánica en términos de demanda biológica de oxígeno (DBO).

Contaminación esperada en regiones

Dos estudios exploratorios fueron realizados para la DGA, en 1989 y 1991, que concluyen en un

diagnóstico, básicamente de carácter cualitativo, sobre el nivel y tipo de contaminación esperada por cuenca o segmentos de cuenca, para todo el país.

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 con 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

Región /Cuenca	Grado de contaminación		Tipo de contaminación	
	Actual	Potencial	Actual	Potencial
I Región, cuenca Río San José antes B.T. Azapa	Nula a escasa	Nula a escasa	-	-
I Región, cuenca entre la Pampa del Tamarugal y quebrada de Cahutza	Nula a escasa	Baja	-	Bacteriológica
II Región, cuenca del Río Loa Río Loa después junta San Salvador	Media	Alta	Química y Bacteriológica	Química y Bacteriológica
III Región, cuenca entre Río Copalé y quebrada Paipote	Baja	Media	Bacteriológica	Bacteriológica y Química
III Región, cuenca entre Río Huasco y Río Carmen en Ramadilla	Baja	Media	Química y Bacteriológica	Química y Bacteriológica
IV Región, cuenca entre Río Limarí y Río Cogotí en entrada emb. Cogotí	Alta	Alta	Bacteriológica y Química	Bacteriológica, Química y Física
IV Región, Cuenca del Río Choapa y estero La Canela	Nula a escasa	Nula a escasa	-	-
V Región, cuenca entre Río Aconcagua y Río Aconcagua en Chacabuco	Media	Alta	-	-
V Región, cuenca entre Río Maipo y Estero Amapón en La Moneda	Mala	Mala	Bacteriológica y Química	Bacteriológica y Química
VI Región, cuenca entre Río Mapocho y est. Ahuél en Quilicura	Mala	Mala	Bacteriológica	Bacteriológica y Química
VII Región, cuenca entre Río Mataquito y est. Upeo en Upeo	Mala	Mala	Bacteriológica	Bacteriológica
VII Región, cuenca costera entre Río Mataquito y Río Maule - Río Putagán en Hielos Buena	Buena	Buena	-	-
VIII Región, cuenca entre Río Itata y Río Itata en Nueva Alda	Regular	Regular	Bacteriológica	Bacteriológica
VIII Región, cuenca entre Río Bio-Bío y Río Malleco en Collipulli	Regular	Regular	Bacteriológica	Bacteriológica
IX Región, cuenca entre Río Imperial y Río Cholchol en Cholchol	Buena	Buena	-	-
IX Región, cuenca entre Río Toltén y Río Donguil en Goñea	Buena	Buena	-	-
X Región, cuenca entre Río Valdivia y Río San Pedro en desagüe lago Ríñivue	Regular	Regular	Bacteriológica	Bacteriológica
X Región, cuenca entre Río Bueno y Río Pilmaiquén en San Pablo	Regular	Regular	Bacteriológica	Bacteriológica
XI Región, cuenca Entre Río Aysén y Río Blanco después junta Río Riesco	Buena	Buena	-	-
XI Región, cuenca entre Río Baker y Río Baker bajo junta Río Colonia	Buena	Buena	-	-
XII Región, cuenca Entre Río Semano y Río Semano antes junta con Orty	Buena	Buena	-	-
XII Región, islas entre límite regional canal Ancho y Estrecho de la Concepción e islas entre Estrecho de la Concepción Canal Sarmiento y Estrecho de Magallanes	Buena	Buena	-	-

Cuadro 2.7

Evaluación del grado y tipo de contaminación en regiones

Fuente: Dirección General de aguas, 1989 y 1991

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.

Los resultados, que se resumen en el Cuadro 2.7, representan una primera aproximación a la identificación de las amenazas de contaminación del agua, actual y potencial, a lo largo del territorio nacional.

Se observa que, para el caso de la cuenca del Río San José, destacan dos factores como principal causa de contaminación, a saber, el riego y la actividad minera. En Pampa del Tamarugal-Quebrada Cahuisa existen 5 fuentes de contaminantes, 3 de ellas se corresponden con las descargas de aguas servidas de los alcantarillados de Huaica, Pica y Pozo Almonte. Por otro lado, existen 2 plantas mineras cuyas descargas son vertidas a estanques de relave desde donde se evaporan e infiltran, aunque estos procesos no influirían notablemente en la calidad de las aguas. Otro factor a considerar es el hecho del alto grado de salinidad y la presencia de arsénico en el agua cuya acumulación se origina en procesos naturales.

En Río Loa-San Salvador existen 8 fuentes de contaminación; entre las más importantes están las descargas de aguas servidas del alcantarillado de Calama y el tranque de relave del mineral de Chuquicamata. La descarga de aguas servidas alcanza un volumen de 134 l/s lo que da lugar a problemas de contaminación química, física y bacteriológica afectando superficies importantes de riego; a la fecha del estudio, no existía tratamiento alguno de las descargas. Otro aspecto importante de ser considerado es la agricultura que, con sus prácticas, incorpora al suelo y al agua residuos químicos de pesticidas y fertilizantes.

Con respecto al segmento Río Copiapó-Quebrada de Paipote se destaca que la calidad de las aguas del río Copiapó se ve afectada por las descargas de aguas servidas que dan lugar a contaminación bacteriológica, problema que se acentúa cuando los caudales del río son bajos. Por otro lado, la calidad química de las aguas se ve afectada por escurrimientos de productos químicos utilizados por la agricultura local.

En Río Huasco-Río Carmen el impacto de las descargas depende del lugar donde se realizan; por ejemplo, la contaminación por las descargas en Huasco Bajo es de 10 l/s, que no son despreciables en

magnitud pero, como son realizadas cerca de la desembocadura, el impacto ocurre en el medio marino. Por otro lado, las descargas de Vallenar y Freirina alcanzan a 58 y 4,8 l/s. respectivamente, dando lugar a contaminación bacteriológica aguas abajo.

La actividad agrícola por su parte, aporta a las aguas productos químicos como pesticidas y abonos mientras, en el sector minero, destacan múltiples compañías mineras que dan origen a una diversidad de efluentes con potencial contaminante.

Las fuentes principales de contaminación en el segmento Río Limarí-Río Cogotí corresponden a las descargas de aguas servidas de los alcantarillados de Combarbalá y Ovalle, con un flujo de 6,8 l/s. Hay que destacar el hecho que, a la fecha del estudio, las aguas servidas de Combarbalá estaban siendo tratadas por lo que su efecto sobre el medio se supone mínimo. Por el contrario, las aguas servidas de Ovalle no reciben tratamiento dando lugar a la consiguiente alteración química, física y bacteriológica de los ríos de esta zona.

Por otro lado, existen alrededor de 16 plantas mineras de pequeño tamaño cuya contaminación no es significativa, puesto que sus residuos son depositados en tranques de relave. Al igual que en otras cuencas, la agricultura incorpora productos químicos utilizados en sus procesos productivos.

En Río Aconcagua-Chacabucito existen 51 fuentes de contaminación que corresponden a plantas mineras, plantas industriales, áreas de riego y sistemas de alcantarillados. Entre las industrias que generan contaminación destacan 6 plantas mineras, alguna de ellas de gran envergadura, 6 mataderos, 2 fábricas de cecinas, 3 industrias de conservas, 1 curtiembre, 1 fundición, y 2 industrias embotelladoras. Otro aspecto importante son las descargas de aguas servidas que, en esta cuenca, por la cantidad de población asociada, es bastante considerable.

Las principales fuentes de contaminación de cuencas en Río Maipo-Estero Arrayán en la Montosa son la descarga de aguas servidas, de riles de las industrias de la celulosa y textil, de las diversas actividades asociadas a la minería, y las de las industrias química, electrometalúrgica y de la curtiembre.

Las principales fuentes de contaminación de cuencas en Río Rapel-Estero Alhué en Quilamuta son los criaderos de cerdo, la industria de jugos, las agroindustrias en diversos rubros, la industria vitivinícola, la gran minería del cobre y la descarga de aguas servidas. En el caso de Río Mataquito-Estero

Upeo, son las descargas de aguas servidas y las descargas industriales. En el caso del segmento Río Itata-Nueva Aldea la principal fuente de contaminantes es la representada por las descargas de aguas servidas.

En las cuencas Río Bío Bío-Río Malleco en Collipulli, las principales fuentes de contaminación son las descargas de aguas servidas, los derrames e infiltración de pesticidas y otros compuestos utilizados en la agricultura, la industria cecinera, la industria de la celulosa, las agroindustrias, la industria textil, las refinerías de petróleo y la industria de la construcción.

En Río Imperial-Río Cholchol las principales fuentes de contaminantes son las descargas de aguas servidas, el escurrimiento e infiltración de productos químicos usados en la agricultura, la industria de cosméticos y detergentes, los mataderos, la industria cecinera y la industria de muebles y útiles para el hogar.

En Río Valdivia-Río San Pedro los efluentes contaminantes provienen de fuentes domésticas, de la industria de la celulosa y de la madera, de las agroindustrias y las industrias cárnicas y de cecinas. En el caso de Río Bueno-Río Pilmaiquén, son las descargas de aguas servidas, la gran industria de alimentos, las fábricas de cecinas, la industria de la curtiembre, los mataderos, la industria química y la industria de los lácteos y derivados.

Finalmente, en las cuencas de las regiones XI y XII, si bien existen algunas amenazas como las de ciertas actividades mineras y petroleras, y de la industria petroquímica, además del problema de las aguas servidas, estas amenazas son menores que en otras cuencas del país.

Calidad del agua en los lagos

Los estudios financiados por el Fondo de Investigación Pesquera (FIP) (véase Tabla 2 del Anexo 2), más los aportes de otros fondos estatales, han demostrado que el nivel trófico de estos lagos está aumentando a niveles acelerados. Diversos cuerpos de agua, entre los que se cuentan los lagos Villarrica, Calafquén, Riñihue y Llanquihue, presentan ya estados mesotróficos. Las actividades económicas que aportan nutrientes a estos lagos presentan graves externalidades negativas entre las que se puede destacar la degradación del hábitat con la consecuente pérdida de diversidad biológica, la imposibilidad de seguir siendo usados como fuentes superficiales de agua potable, pérdida de la belleza escénica y disminución del turismo (Brown, A. 1998).

Sin embargo, con respecto a los métodos de determinación del estado trófico de los lagos, un estudio desarrollado para Chile (Rojas, 1999) señala que la aplicabilidad de los sistemas de clasificación es función de la metodología utilizada, las cuales van desde modelos cualitativos hasta modelos cuantitativos, que incorporan aspectos estadísticos. Así por ejemplo, está la clasificación de Vollenweider, la clasificación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la clasificación propuesta por Dobson, la clasificación propuesta por Parra, etc., y en general se puede decir que no todas son coincidentes en sus resultados.

La Tabla 3 del Anexo 2 identifica los lagos con estudios de capacidad de carga y balance de fósforo y de nitrógeno realizados entre 1993 y 1997 en el sur de Chile.

Descargas de efluentes

Antecedentes muy generales indicaban que en Chile, al año 1998, según el Marco General Normativo del Departamento de Descontaminación, Planes y Normas de la CONAMA (CONAMA, 1998), sólo el 9,3 por ciento de las aguas servidas de origen doméstico eran sometidas a tratamiento. Las zonas más afectadas son las Bahías de Valparaíso y Concepción y, entre otros, los ríos Maipo y Maule. Asimismo, el 65% de las aguas de origen industrial es vertido al alcantarillado (a fines de 1999 se encontraba en su fase final un catastro de industrias con sistema de tratamiento de las aguas de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS). El resto es vertido a aguas superficiales y al litoral. De este modo, las zonas más afectadas son la Bahía de Valparaíso y Concepción, y los ríos Maipo, Aconcagua, Maule, Andalién y Bío-Bío, en situaciones que, a la fecha, han comenzado a mejorar, debido en parte, a la entrada en vigencia de algunos de los instrumentos de gestión ambiental establecidos en la Ley de Bases del Medio Ambiente, como son el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (que ha sensibilizado a los titulares de aquellos proyectos que fueron evaluados ambientalmente en la necesidad de tratar las aguas residuales resultantes de sus operaciones); el procedimiento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión; y los procedimientos para Establecer Planes de Prevención y de Descontaminación.

El Cuadro 2.8 entrega una visión sobre las descargas de residuos industriales líquidos (RILES) en términos del número de industrias autorizadas, según destino de las descargas, por región.

Cuadro 2.8

RILES: Descargas en regiones según destino al 30/12/1999 (número de industrias autorizadas)

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios, 1999.

REGIÓN	DESTINO DE DESCARGA						
	ALCANTARILLADO	CANAL	ESTERO	INFILTRACIÓN	MAR	RIEGO	RÍO
II	2	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	1	1	0	0	0	0	0
V	5	1	2	1	0	4	3
VI	1	2	3	0	0	3	1
VII	4	3	1	0	0	0	3
VIII	6	1	1	0	0	0	6
IX	1	0	1	0	1	0	2
X	9	3	1	2	1	2	6
XI	0	0	0	0	0	0	0
XII	1	0	0	0	0	0	0
R. M.	92	10	3	6	0	11	10

2.14. Caudales ecológicos

Según la Dirección General de Aguas (1999), se conoce como caudal ecológico al caudal mínimo de agua que se requiere conservar en el cauce natural de forma de asegurar la supervivencia de los diversos componentes y funciones de los ecosistemas acuáticos.

Si bien en los últimos años se ha planteado la necesidad de conservar caudales ecológicos, han surgido problemas importantes en la aplicación práctica de este concepto. En Chile se ha argumentado que, al no existir una recopilación sistemática de antecedentes, por ahora sólo es factible la utilización de metodologías con base hidrológica y no metodologías más completas para su determinación como las que actualmente son comunes en Estados Unidos y Europa. En estos países se comenzó por destinar, para la preservación de los ecosistemas dulceacuícolas, un caudal que fluctúa alrededor del 10 por ciento del caudal medio original del río. No obstante esta fórmula se dificulta en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas, los caudales presentan una alta variabilidad de nivel anual e interanual.

En Chile, según lo informa la Dirección General de Aguas, se estaría intentando asegurar caudales ecológicos por la vía de reservar el 10 por ciento de los caudales en el proceso de constitución de nuevos derechos de aprovechamiento pero sólo en el caso de los cauces de la IX Región al sur. Para la VIII Región se considera una fracción menor que 10 por ciento como reserva de caudal ecológico para el caso de ríos donde los derechos de aprovechamiento aún no han sido totalmente asignados,

o cuando se trata de derechos no consuntivos. En tanto, en la zona central, este criterio se aplica sólo para los cursos inferiores de los principales ríos. De la VIII Región al norte, los derechos de agua ya concedidos no dan lugar a asegurar un caudal mínimo por razones ecológicas; los usuarios del agua muy bien podrían secar los cauces si utilizaran a plenitud sus derechos. Se trata de derechos de aprovechamiento concedidos cuando aún no se tomaban en cuenta consideraciones ecológicas.

La determinación de caudales ecológicos, adicionalmente a lo ya expresado, presenta el problema de que su evaluación resulta sumamente compleja, particularmente si se tiene en cuenta que la biota acuática presenta distintos requerimientos en sus diferentes etapas de desarrollo. Aun más, en determinados períodos del año coexisten sólo algunos estados de vida y, en otros, todos ellos se hallan presentes, manifestándose interacciones que no son conocidas en su totalidad.

Por otra parte, es previsible que los conflictos por consideraciones de conservación ecológica se acentúen en el mediano y largo plazo cuando los beneficiarios de derechos de aprovechamiento, como consecuencia de una mayor demanda por el recurso hídrico producto del crecimiento económico y demográfico, pretendan la utilización plena de sus derechos. Se ha planteado que, para el caso de ciertos cauces, el volumen de agua que representan los derechos concedidos excedería los caudales disponibles. En todo caso, este es un tema que requiere un estudio más cuidadoso.



Figura 2.10

Relación entre usos consuntivos y no consuntivos del agua (estimación a 1999)

Dirección de Aguas, 1999

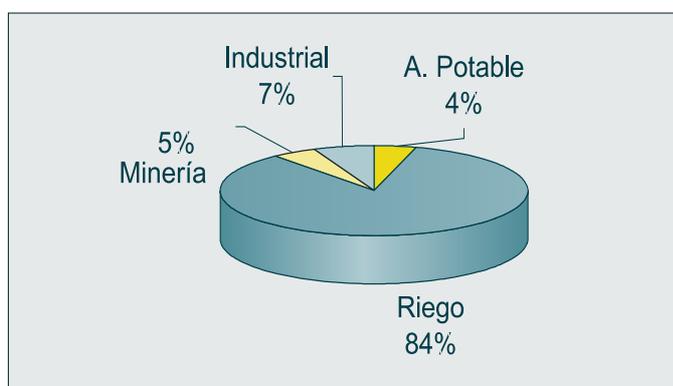


Figura 2.11

Usos consuntivos del agua (estimación 1999)

Dirección de Aguas, 1999

2.2. PRESIÓN GENERADA POR LOS USOS DEL AGUA

El uso del agua en el país alcanza a un valor aproximado a los 2.000 m³/s de caudal continuo, de los cuales el 67,8 por ciento corresponde a usos hidroeléctricos, es decir a usos no consuntivos, y el 32,2 por ciento corresponde a usos consuntivos. El gráfico de la Figura 2.10 ilustra la relación entre usos consuntivos y no consuntivos.

2.2.1 Usos consuntivos

Entre los usos consuntivos, el riego representa el 84,5 por ciento a nivel nacional con un caudal medio de 546 m³/s aplicado al riego de unos 2 millones de hectáreas. El uso doméstico equivale al 4,4 por ciento de los usos consuntivos, con unos 35 m³/s, y es utilizado para abastecer al 98 por ciento de la población urbana y, aproximadamente, al 80 por ciento de la población rural concentrada. Los usos mineros e industriales representan el 11 por ciento del uso consuntivo total. La Figura 2.11 ilustra esta distribución. Por otro lado, la mayor parte de los usos no consuntivos, que

representan el 68 por ciento de los destinos del agua, corresponden a energía.

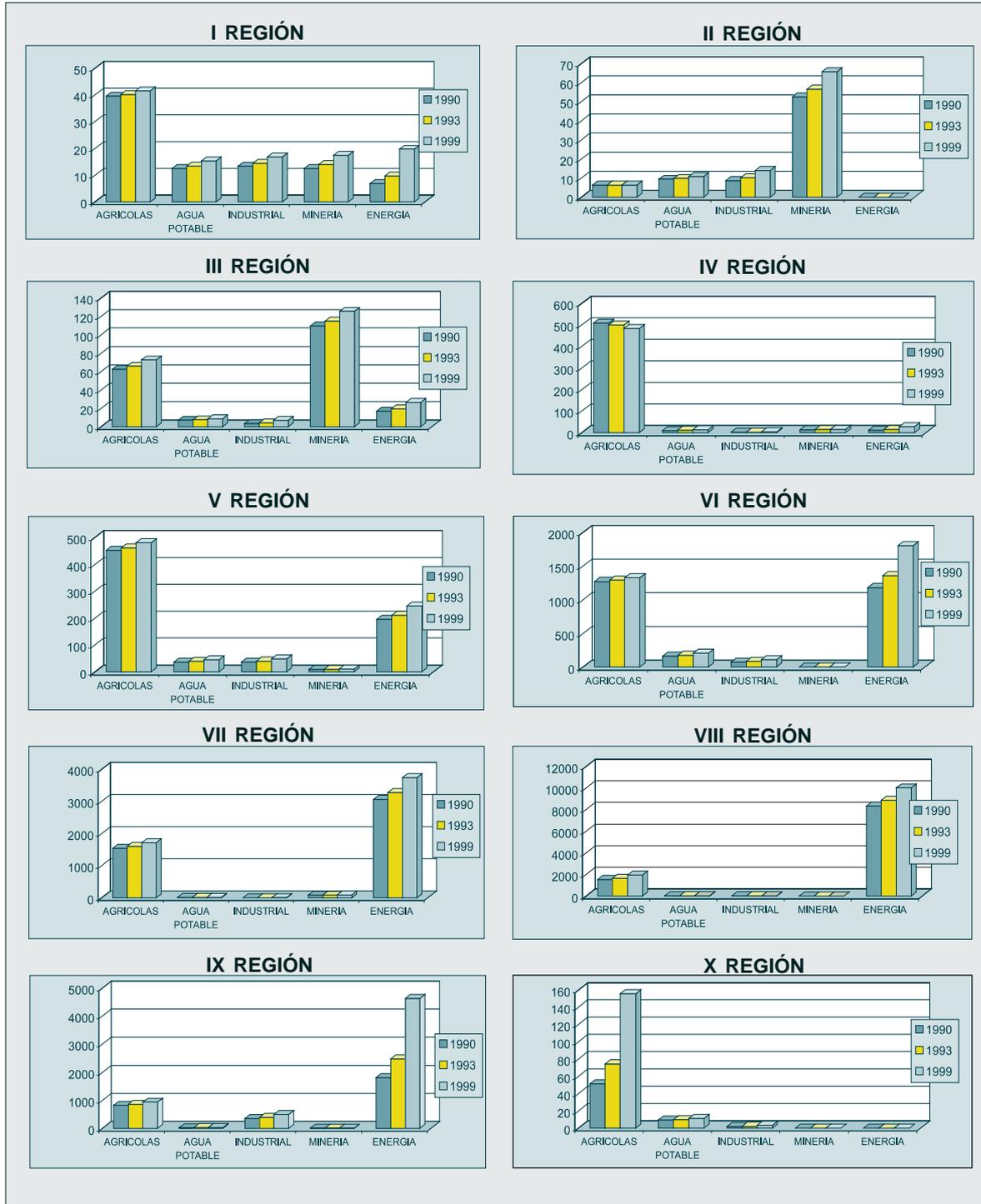
La demanda por agua ha crecido significativamente como producto del incremento de la población, del crecimiento económico y del mejoramiento de la calidad de vida. Las gráficas de la Figura 2.12 muestran la evolución del consumo de agua por sectores productivos para cada región del país en los años 1990, 1993 y 1999, estimada sobre la base de proyecciones de la DGA. Es importante advertir que la proyección de la demanda por agua para generación de energía no considera los cambios a que podría dar lugar la entrada del gas natural como nueva fuente para la generación. La Figura 2.13 corresponde a la evolución del consumo sectorial para el país.

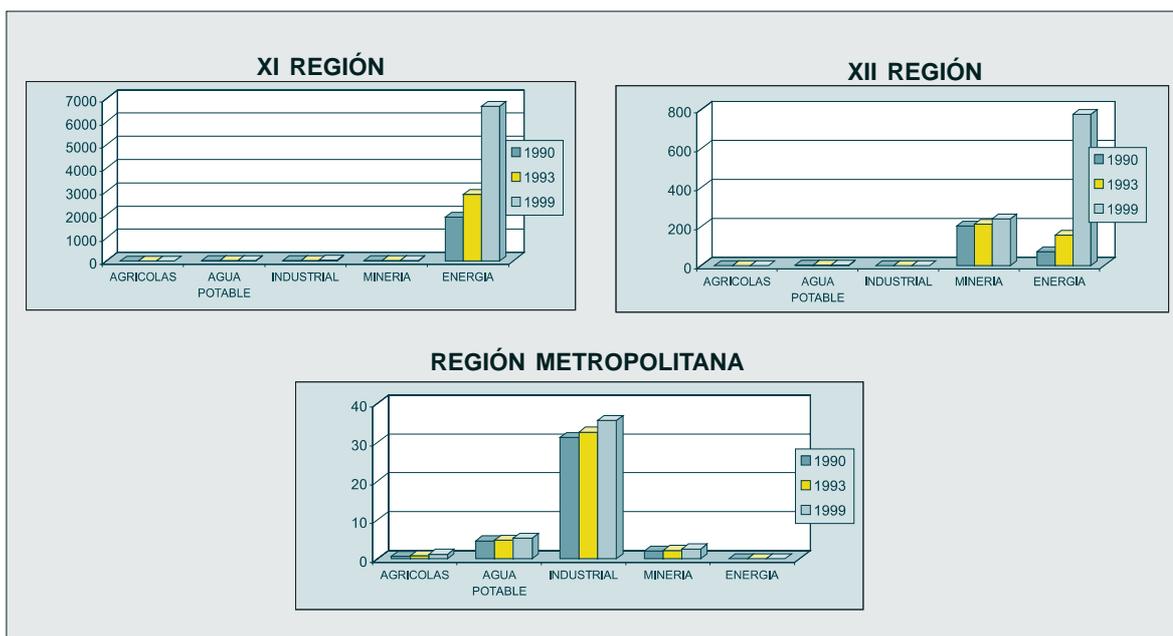
El uso consuntivo del agua, en los distintos sectores productivos, es variable según el tipo de ecosistema de que se trate, dado que en algunas regiones del país es la minería la demandante casi absoluta de agua, en tanto que en otras lo es el riego. Esta situación se ve reflejada en la gráfica de la Figura 2.14.

Figura 2.12

Evolución consumo sectorial de agua por regiones. 1990-1999*
(en m3/seg)

Fuente: Tabla 1.3 anexo 1





Las demandas proyectadas para el sector energético se estimaron sin ponderar la entrada del gas natural como alternativa para la generación termoeléctrica.

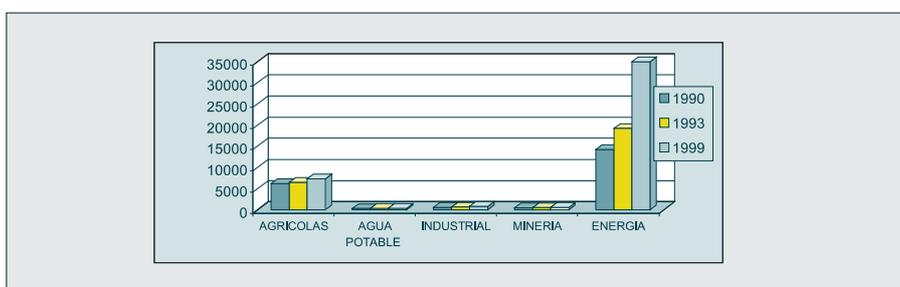


Figura 2.13

Consumo de agua por sectores, total país, años 1990,1993,1999

Fuente:

Tabla 1.3 anexo1

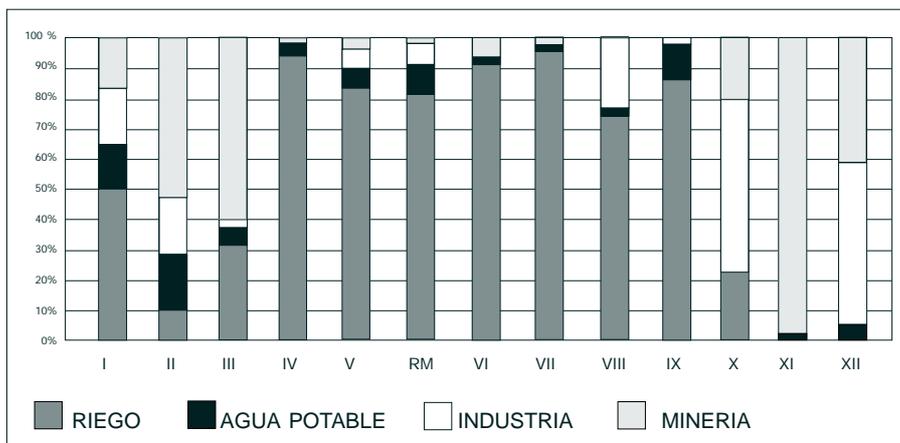
Como se aprecia en la Figura 2.14, el riego es el destino consuntivo del agua más importante entre las regiones IV y IX. En las zonas extremas, las regiones II, III, XI y XII, la minería adquiere especial relevancia como consumidora de agua.

El consumo de agua por los distintos sectores productivos ha experimentado un crecimiento importante, del orden del 100 por ciento, entre los años 1990 y 1999, lo cual habla por sí solo del nivel de presión a que ha estado sometido el recurso (véase el Cuadro 2.9). De igual forma, no cabe duda que el desarrollo socioeconómico que se

prevé para Chile se traducirá en aún mayores demandas por agua, para los distintos usos y en las diferentes regiones del país, lo que sólo podrá ser compensado por mejoramientos en la gestión y uso del recurso, y por la aplicación de instrumentos orientados a mejorar la asignación del recurso entre sus diferentes usos; por otra parte, las consideraciones ambientales en torno al uso y conservación del recurso introducirán una restricción adicional al sistema. De este modo, resulta difícil predecir cuál será la evolución del consumo de agua por sectores. La perspectiva ambiental

Figura 2.14

Distribución del agua en regiones según usos consuntivos. 1999.



Fuente: Tabla 1.4 del anexo 1

influirá de manera determinante, en el corto plazo, en el modo de gestión de los recursos naturales, particularmente de los recursos hídricos.

En función de lo expuesto en el párrafo anterior, es interesante realizar un análisis somero acerca del nivel de presión que se ejerce sobre el agua, en los distintos sectores productivos. Así por ejemplo, y según lo planteado por Brown (1997), si se considera una proyección de la población total del país para el año 2010, de 16,7 millones de habitantes, se obtiene una necesidad anual de agua de 1.524 millones de m³ que equivalen a un caudal continuo de 48,3 m³/s. Este valor no es significativo frente a la disponibilidad actual y futura de agua a nivel de país. Sin embargo, en el ámbito local, la situación puede tornarse crítica.

En relación a la industria, se han realizado algunas estimaciones que indican que, en la actualidad, en Chile se usan cerca de 30 m³/s (caudal medio anual) en usos industriales y mineros, lo que implica un caudal de captación del orden de 67 m³/hab/año. En Estados Unidos y en términos comparativos, los requerimientos para estos fines son de 153 m³/hab/año (Brown, 1997). Las expectativas son, en consecuencia, de un fuerte crecimiento de la demanda por agua por el sector industrial.

Según Figueroa, citado por Brown (1997), existen unos 2,5 millones de hectáreas económicamente regables hasta la IX Región. De esta cifra sólo 1,2 millones de hectáreas cuentan con riego permanente, mientras que 600 mil hectáreas tendrían riego eventual. La habilitación de algunos embalses, canales de regadío y otras obras destinadas a favorecer el riego, han per-

mitido aumentar estas superficies e incorporar otras que no contaban con esta posibilidad. No obstante, aunque se ha construido una gran cantidad de obras, éstas todavía no son suficientes para cubrir las demandas del sector agrícola por agua para riego.

No existen estadísticas adecuadas que permitan relacionar población (su proporción) con el tipo de uso que se hace de los recursos hídricos. En este marco, se puede afirmar que el sector riego ha tenido en la última década un crecimiento que ha revertido la tendencia histórica de los años 70 y los años 80, asegurando una mayor disponibilidad de agua para la agricultura, incorporando nuevas hectáreas a la producción y permitiendo una mayor generación y calidad del empleo agrícola. El Cuadro 2.10 presenta la inversión histórica de la Dirección de Obras Hidráulicas (originalmente Dirección de Riego) para el sector riego. La Figura 2.15, por otra parte presenta las gráficas de dicha evolución para las décadas del 70, 80 y 90, respectivamente, donde se observa que sólo en la década del 90 la inversión en riego ha experimentado crecimiento.

No obstante la inversión en obras de riego así como el riego propiamente tal, pueden dar origen a impactos ambientales negativos de significación; constituyen una presión sobre la calidad y disponibilidad del agua como también una presión sobre otros recursos naturales, principalmente el suelo. Efectivamente, el riego, además de ser uno de los usos que demanda una gran cantidad de agua, produce aumentos en las concentraciones de sales en las capas superficiales del suelo e incorpora una serie de elementos químicos al ciclo hidrológico, derivado de la incorporación masiva de fertilizantes

Cuadro 2.9

Crecimiento esperado del consumo por sectores. 1990 y 1999
Fuente: Elaboración propia, a partir de información proporcionada por la DGA.

SECTOR	CONSUMO (en m ³)		% DE CRECIMIENTO
	1990	1999	
AGRÍCOLA	6189,8	7336,8	18,5
AGUA POTABLE	329,2	409,5	24,4
INDUSTRIAL	565,4	818,6	44,8
MINERÍA	518,4	605,8	16,9
ENERGÍA*	14267,4	34970,0	145,1
TOTAL	21870,3	44140,7	101,8

(*) Las demandas correspondientes al sector energético se calcularon sin considerar la entrada del gas natural.

y pesticidas, tanto a las aguas superficiales como a las aguas subterráneas. Prácticas no adecuadas de riego producen, además de salinización, encharcamiento y erosión, mientras que las obras de riego dan lugar a alteraciones geomorfológicas significativas.

Otro punto importante, relacionado con la presión que se ejerce sobre el agua, lo constituye la degradación de la calidad del recurso hídrico. Hasta recientemente, lo determinante en la planificación, asignación y gestión de los recursos hídricos era la disponibilidad y demanda cuantitativa del recurso. Ahora, junto con la consideración de una demanda ecológica por agua, pesan los aspectos cualitativos; estos factores tendrán un peso creciente en las decisiones futuras relativas al recurso.

No cabe duda que la actividad minera es una de las más importantes en el desarrollo económico y social del país; sin embargo, las técnicas de

extracción y procesamiento de los minerales generan una gran cantidad de residuos cuyo tratamiento y/o disposición es un problema no menor.

2.2.2. Usos no consuntivos

Como se establece más arriba, la generación de electricidad constituye el principal uso no consuntivo del agua y a él se referirá esta sección.

Chile tiene hoy día un parque generador de 3917 MW de potencia instalada, del que 3080 MW corresponden a centrales hidroeléctricas (cerca de un 80 por ciento), en lo que es el sistema interconectado central, que abarca desde Taltal por el norte, hasta la Isla Grande de Chiloé por el Sur. En el sistema interconectado del Norte Grande, la generación de energía eléctrica se hace principalmente a través de centrales térmicas que queman combustibles fósiles. Por otro lado, en Chiloé Continental y hacia el sur, no existe un

Cuadro 2.10

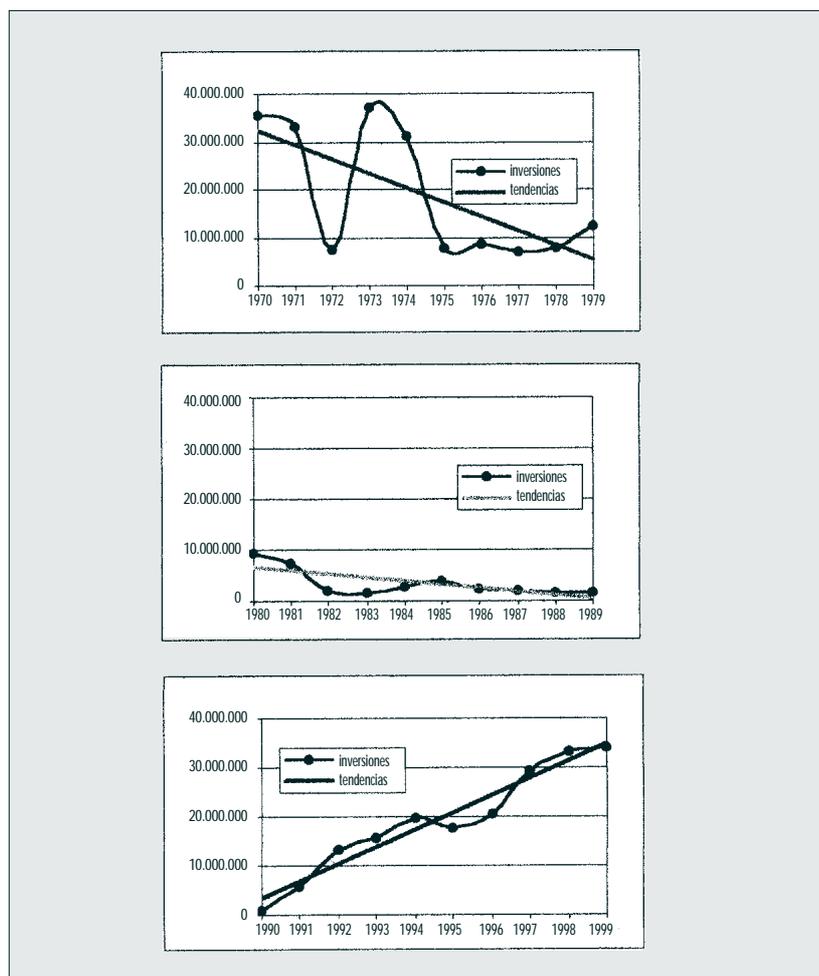
Inversión Histórica Dirección de Obras Hidráulicas, Sector Riego (Miles de \$ de 1998)

Fuente: Dirección de Obras Hidráulicas, 1999.

Año	Inversión	Año	Inversión	Año	Inversión
1970	35.416.910	1980	9.370.602	1990	958.079
1971	32.970.499	1981	7.460.028	1991	5.624.364
1972	7.499.172	1982	1.884.562	1992	13.100.960
1973	37.050.494	1983	1.713.108	1993	15.588.922
1974	31.061.350	1984	2.643.580	1994	19.446.578
1975	7.631.093	1985	3.720.670	1995	17.543.204
1976	8.662.376	1986	2.459.787	1996	20.490.924
1977	6.923.277	1987	1.950.612	1997	29.075.466
1978	7.889.528	1988	1.547.176	1998	33.029.222
1979	12.378.196	1989	1.419.509	1999	33.829.572

Figura 2.15

Evolución de la Inversión del MOP en obras de riego. Décadas 1970-1980, 1980-1990 y 1990-1999 (miles de pesos de 1998)



Fuente: Dirección de obras hidráulicas. 1999

sistema interconectado y los abastecimientos locales se alimentan a través de generaciones también locales, en algunos casos por medio de pequeñas centrales hidroeléctricas. En el Cuadro 2.11 se presenta un listado de las principales centrales hidroeléctricas del país con su gasto anual y potencia instalada.

Dos hechos relevantes ocurridos en el pasado próximo deben tenerse en cuenta hoy día para efectuar proyecciones sobre la forma en que el país buscará satisfacer sus demandas de energía eléctrica en el futuro: el primero, es el representado por la ocurrencia de sequías que pusieron en jaque al parque generador con su capacidad de generación relativamente copada y vulnerable frente a la ocurrencia del fenómeno; el segundo, ha sido el desarrollo de proyectos de importación de gas natural que viabilizan la posibilidad de centrales termoeléctricas en el futuro inmediato usando un combustible de menor costo y menos contaminante que otros combustibles fósiles.

El sector hidroeléctrico es el más importante usuario de agua en términos de caudales aprovechados. En muchos de los casos, el uso del agua se hace por medio de centrales de pasada sin regulación, por lo que los caudales disponibles en el río, aguas abajo de la planta generadora, no sufren grandes alteraciones y quedan disponibles para otros usos (véase el Cuadro 2.11 citado).

2.3. MARCO JURÍDICO INSTITUCIONAL

2.3.1. Sistemas de información hidrometeorológica

Una primera respuesta de la sociedad orientada a la gestión del recurso con miras a minimizar conflictos y racionalizar su utilización es la relacionada con la ampliación del conocimiento sobre el comportamiento de los sistemas hidrológicos a través de la captura de datos hidrometeorológicos. El conoci-

miento del ciclo hidrológico demanda información climatológica (precipitación, evaporación, temperatura, etc.), fluviométrica (secciones de aforo, altura del nivel de agua, caudal, etc.), y de calidad de aguas (oxígeno disuelto, demandas bioquímicas de oxígeno, nitrógeno presente en el agua, etc.).

La captura de la información es realizada principalmente por la Dirección General de Aguas, organismo dependiente del Ministerio de Obras Públicas, y la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), dependiente del Ministerio de Defensa,

organismos que poseen las redes más importantes del país en términos de tipos de instrumentos y de cobertura geográfica.

Existen otras instituciones del Estado que recogen información relacionada con los recursos hídricos como es el caso del Servicio Meteorológico de la Armada y varios organismos dependientes del Ministerio de Agricultura como el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Hay otros

2

NOMBRE CENTRAL	PROPIETARIO	AÑO PUESTA EN SERVICIO	TIPO CENTRAL	Nº UNID.	GASTO EN GENERACIÓN (m³/s)	POTENCIA Kw TOTAL
Alfalfa	GENER S.A.	1991	Pasada	2	30	160.000
Maitenes	GENER S.A.	1923-89	Pasada	5	11,3	30.800
Queltehues	GENER S.A.	1928	Pasada	3	28,1	41.070
Volcán	GENER S.A.	1944	Pasada	1	9,1	13.000
Colbún	COLBÚN S.A.	1985	Embalse	2	280	400.000
Machicura	COLBÚN S.A.	1985	Embalse	2	280	90.000
San Ignacio	COLBÚN S.A.	1996	Pasada	1	194	37.000
Rucúe	COLBÚN S.A.	1998	Pasada	2	65	170.000
Los Molles	ENDESA	1952	Pasada	2	1,9	16.000
Rapel	ENDESA	1968	Embalse	5	535,1	350.000
Sauzal	ENDESA	1948	Pasada	3	73,5	76.800
Sauzalito	ENDESA	1959	Pasada	1	45	9.500
Cipreses	ENDESA	1955	Embalse	3	36,4	101.400
Isla	ENDESA	1963-64	Pasada	2	84	68.000
Antuco	ENDESA	1981	Embalse	2	190	300.000
El Toro	ENDESA	1973	Embalse	4	97,3	400.000
Abanico	ENDESA	1948-59	Pasada	6	106,8	136.000
Canutillar	ENDESA	1990	Embalse	2	75,5	145.000
Pangue	PANGUE S.A.	1996	Embalse	2	500	467.000
Pehuenche	PEHUENCHE S.A.	1991	Embalse	2	300	500.000
Curillingue	PEHUENCHE S.A.	1993	Pasada	1	84	85.000
Loma Alta	PEHUENCHE S.A.	1997	Pasada	1	84	38.000
Pilmaiquén	PILMAIQUÉN S.A.	1944-59	Pasada	5	150	39.000
Pullinque	PILMAIQUÉ N S.A.	1962	Pasada	3	120	48.600
Aconcagua	ACONCAGUA S.A.	1993-94	Pasada	2	20,2	72.900
Florida	S.C. del MAIPO	1909-93	Pasada	5	30	28.000
Los Quilos	H.G. VIEJA y M.VALP.	1943-89	Pasada	3	22	39.300
Capullo	E.E. CAPULLO	1995	Pasada	1	8	10.700
S. Andes	GEN. S. ANDES	1909	Pasada	4	20	1.104
Carbomet	CARBOMET	1944-86	Pasada	4		10.896

Cuadro 2.11

Principales centrales hidroeléctricas.

Fuente: Dirección General de Aguas, 1999

organismos y empresas privadas que recolectan información puntual, principalmente pluviométrica, aunque sus objetivos son específicos al accionar de cada institución. Las redes para la captura de datos varían en el número, calidad, tecnología y tipo de las estaciones que manejan.

Hay variaciones en la década que han significado mejoras en las tecnologías aplicadas así como en la habilidad del personal dedicado a la captura de datos. La disminución de estaciones que se observa para algunas categorías de instrumentos y de estaciones se ha visto compensada, precisamente por dichas mejoras.

La DGA, siendo el organismo encargado por ley de evaluar cuantitativa y cualitativamente el recurso hídrico, posee una red más extensa y más amplias en los servicios que ofrece. El nivel de calidad y automatización que ha alcanzado le ha

permitido mejorar significativamente el nivel de la información básica que está capturando, lo que hace una gran diferencia respecto a las capacidades de la institución a comienzos de la década. Gran número de sus estaciones cuentan con registro automático y se contempla implementar estaciones digitales de soporte automático. En todo caso, ya comenzó a ser utilizado el sistema de estaciones de captura de datos y su transmisión automática, por medio de señales satelitales, a una estación receptora. La DGA cuenta con 40 estaciones de este tipo en el país, esperándose contar con 50 estaciones en el año 2000 y 70 estaciones en los años siguientes.

No obstante, aún persisten algunas deficiencias en el número de estaciones. El Cuadro 2.12, y la Figura 2.16 que de él se deriva, ilustran respecto a la dotación actual de estaciones pluviométricas, por región, en comparación con el mínimo requerido para alcanzar un nivel aceptable de información hidrológica. En la Figura 2.17 se puede

Cuadro 2.12

Estaciones pluviométricas: existentes y mínimo requerido por región. 1996

Fuente: Dirección General de Aguas

REGION	ESTACIONES ACTUALES	NUMERO MINIMO DE ESTACIONES REQUERIDAS
I	33	40
II	32	35
III	36	38
IV	40	42
V	20	23
VI	10	13
VII	33	38
VIII	44	59
IX	36	43
X	20	34
XI	26	32
XII	22	34
R.M.	22	25

Figura 2.16

Estaciones pluviométricas: existentes y mínimo requerido por región. 1996

Fuente: Dirección General de Aguas

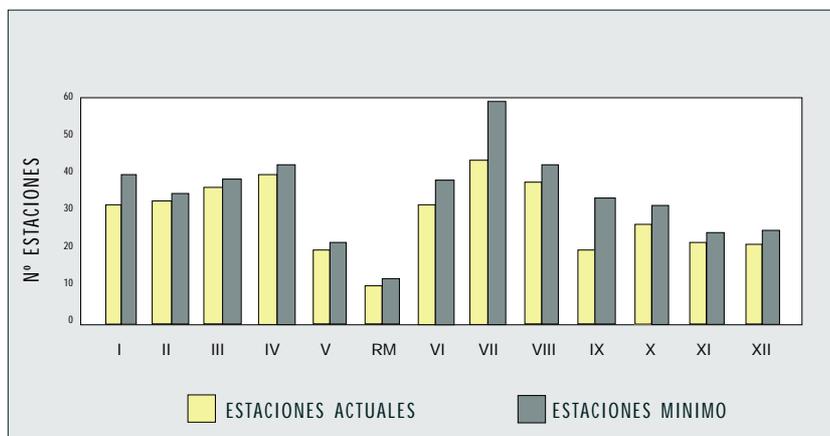


Figura 2.17

Evolución del número de estaciones fluviométricas. 1910 - 1990.

Fuente: Dirección General de Aguas



2

Cuadro 2.13

Estaciones de control de calidad del agua. Red Nacional Mínima de Control de Lagos

Fuente: Dirección general de Aguas, 1999

REGIÓN	LAGO O EMBALSE	FECHA DE ENTRADA A LA RED	Nº DE ESTACIONES
IV	Embalse La Paloma	1987	3 estaciones
R.M.	Laguna Aculeo	1987	2 estaciones
VI	Embalse Rapel	1987	3 estaciones
VIII	Laguna San Pedro	1985	3 estaciones
VIII	Lago Lanalhue	1985	4 estaciones
IX	Lago Calafquén	1985	3 estaciones
IX	Lago Villarrica	1987	4 estaciones
X	Lago Panguipulli	1995	3 estaciones
X	Lago Rihue	1988	3 estaciones
X	Lago Ranco	1988	3 estaciones
X	Lago Llanquihue	1988	3 estaciones

observar cómo evolucionó el número de estaciones fluviométricas, que comenzaron a ser instaladas recién a partir de la segunda década del siglo XX, hasta completar las 374 unidades existentes hoy día.

La DGA ha instaurado un sistema de medición de la calidad de aguas para un conjunto de lagos y embalses, a partir del año 1985, integrado por un número variable de puntos de monitoreo. En el Cuadro 2.13 se identifican los cuerpos de aguas continentales que operan bajo la Red Nacional Mínima de Control de Lagos, y en el Cuadro 2.14 se especifican las variables que están siendo monitoreadas.

Finalmente, corresponde destacar que la DGA ha formulado un programa de modernización de la red hidrométrica nacional que se plantea la obtención de datos en tiempo real, la mejora en la calidad y continuidad de los datos hidrométricos, la optimización de los procedimientos de tratamiento de dicha información, una mayor agilidad

en la obtención y procesamiento de la información, mejorando la accesibilidad a ella, y la generación de economías presupuestarias en el funcionamiento de las estaciones de control (estaciones de medición).

Las tablas 1.5 a 1.8 del anexo 1 ofrecen alguna información adicional sobre la red hidrometeorológica nacional.

2.3.2. Servicios de saneamiento

La población atendida por servicios de alcantarillado alcanza a una cobertura promedio del 91,6 por ciento de la población urbana. Para 1998, según la Superintendencia de Servicios Sanitarios, la cobertura de los servicios de alcantarillado en el ámbito regional variaba del 78,5 por ciento en la VI Región –única región por debajo del 80 por ciento de cobertura– al 97,5 por ciento en la I Región, seguida muy de cerca por la Región Metropolitana donde los servicios cubrían el 97,4 por ciento de la población urbana.

Cuadro 2.14

Parámetros controlados por la Red Nacional Mínima de Control de Lagos

PARÁMETROS MEDIDOS EN TERRENO	Temperatura PH Conductividad Oxígeno disuelto Transparencia Turbiedad Temperatura ambiental Humedad relativa Presión atmosférica Velocidad del viento Estado del tiempo
PARÁMETROS MEDIDOS EN LABORATORIO AMBIENTAL D.G.A.	N/NO3 N/NO2 N/NH3 P/PO4 SiO2 DQO
PARÁMETROS MEDIDOS EN LABORATORIO DE UNIVERSIDADES	N Kjerdahl P total Clorofila a Coliformes fecales (Calafquén-Panguipulli) Coliformes totales (Calafquén-Panguipulli)

Fuente:
Dirección General de Aguas,
1999

REGIÓN	POB. URBANA	POB. SERVIDA	% COBERTURA
I	354.557	345.866	97,5
II	418.701	398.378	95,1
III	225.871	197.892	87,6
IV	429.235	385.648	89,8
V	1.360.273	1.171.568	86,1
VI	527.843	414.354	78,5
VII	564.786	519.430	92,0
VIII	1.470.228	1.215.676	82,7
IX	533.575	461.110	86,4
X	630.316	518.118	82,2
XI	67.360	57.516	85,4
XII	141.091	136.733	96,9
R.M.	5.896.412	5.744.117	97,4

Cuadro 2.15

Cobertura del servicio de alcantarillado urbano.
1998

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios, 1998.

En el Cuadro 2.15 se ilustra respecto a la relación entre la población servida y la población urbana total, por regiones, mientras el Cuadro 2.16 y la Figura 2.18 muestran cómo ha evolucionado,

a nivel nacional, la proporción de la población servida. El Cuadro 2.16 muestra, además, cómo ha evolucionado la tasa de crecimiento anual de cobertura de los servicios de alcantarillado; se observa

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
	86,2	84,7	86,4	87,9	89,4	90,4	91	91,6
Variación Respecto 1991		-1,7	0,2	2,0	3,7	4,9	5,6	6,3

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios, 1999.

Cuadro 2.16

Evolución de la cobertura de alcantarillado en la década (%).

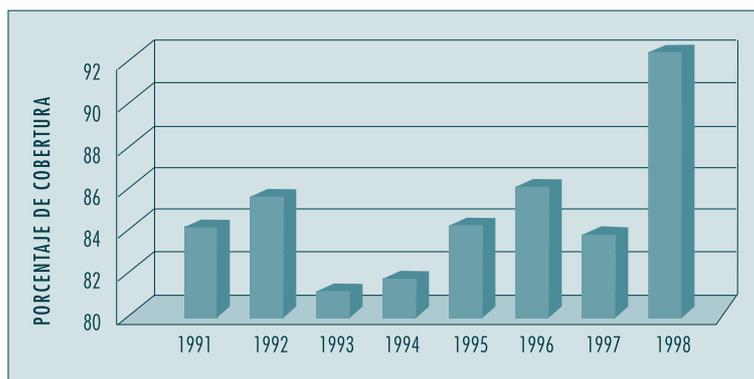


Figura 2.18

Evolución de la cobertura de alcantarillado en la década.

Fuente: Tabla 1.11 del anexo 1

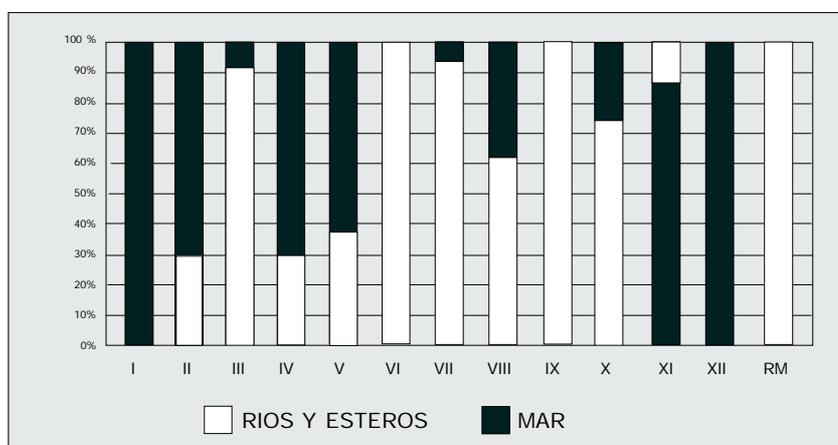


Figura 2.19

Destino de descarga de los alcantarillados por regiones (%).

Fuente: Elaboración propia a partir de información entregada por el Instituto de Ingenieros de Chile (1990).

una tendencia creciente de dicha tasa llegando, a fines de 1998, a superar en más de 6,3 por ciento la proporción observada a inicios de la década.

Según datos del Instituto de Ingenieros de Chile, para el año 1990, la descarga en alcantarillados en las distintas regiones del país no era uniforme en el punto de destino ya que algunas zonas drenan mayoritariamente en el mar mien-

tras otras lo hacen en ríos y esteros, como lo muestra la Figura 2.19.

La misma fuente estimaba que, a 1990, la población servida por sistemas que descargaban en ríos y esteros llegaba a poco más de 6,6 millones de habitantes, y a 1,7 millones la población servida por sistemas que descargaban al mar. La tabla 1.9 del anexo 1 ilustra respecto a esta distribución en el ámbito regional.

En el Cuadro 2.17 se presenta el número de sistemas de tratamiento de aguas servidas en operación a nivel regional, así como el número de emisarios tanto submarinos como costeros. Los sistemas de tratamiento varían en sus componentes de caso a caso y pueden incluir plantas de tratamiento, lagunas de estabilización, lagunas aireadas, fosas sépticas, zanjas de oxidación, lodos activados y hasta un centro experimental de aguas servidas. La Figura 2.20, por otra parte, representa la evolución del número de plantas de tratamiento en el período 1990-1998, la tabla 1.10 del anexo 1 ilustra respecto al número de nuevas plantas de tratamiento (que sirven a más de 1000 habitantes) que entraron en servicio por año entre 1990 y 1998.

2.3.3. Investigación y desarrollo

En relación a las actuaciones de investigación y desarrollo llevadas a cabo en el país, las hay numerosas y en diversos ámbitos, desde la ingeniería civil, la ingeniería forestal y la agronomía, hasta la hidrobiología y los estudios ambientales. Desgraciadamente, no existe una sistematización de los trabajos desarrollados lo cual determina que no se cuente con grandes líneas referenciales acerca de las investigaciones ejecutadas. Así mismo, esta situación se reproduce desde proyectos de gran envergadura, hasta investigaciones puntuales, como suelen ser las tesis de pregrado.

Cuadro 2.17

Sistemas de tratamiento de aguas servidas y emisarios en operación (al 30.12.99)

REGION	SISTEMAS DE TRATAMIENTO (1)	EMISARIOS (2)
I	3	3
II	1	1
III	6	0
IV	10	3
V	11	4
VI	18	0
VII	5	0
VIII	8	3
IX	7	0
X	9	0
XI	4	0
R.M.	12	0
	94	14

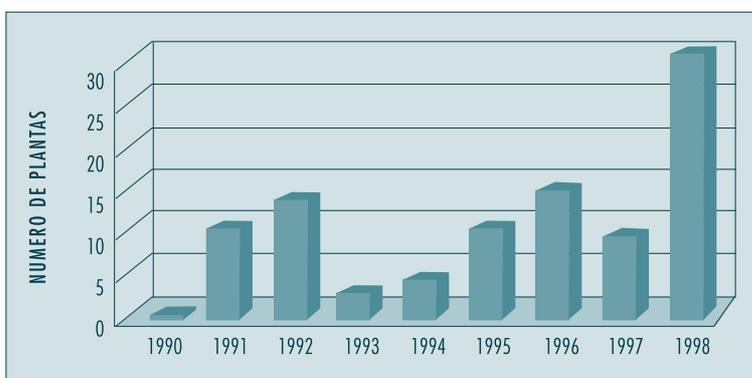
Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios, 1999.

(1) Los sistemas de tratamiento incluyen plantas de tratamiento, lagunas de estabilización, lagunas aireadas, fosas sépticas, zanjas de oxidación, lodos activados y centro experimental de aguas servidas.

(2) Los emisarios incluyen emisarios submarinos y emisarios costeros

Figura 2.20

Evolución del número de plantas de tratamiento de aguas servidas. 1990 - 1998.



Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios, 1999.

En función de lo anterior, habiéndose detectado este problema ya hace algunos años, existe preocupación en el ámbito de las instituciones vinculadas con los recursos hídricos por intentar sistematizar la información diseminada, por lo menos en lo que respecta a la última década. Es así como el Comité Nacional para el Programa Hidrológico Internacional de UNESCO, CONAPHI-Chile, está desarrollando un trabajo que pretende, por una parte, sistematizar información sobre investigación y, por otra, identificar a los grupos de investigadores más importantes del país en distintas áreas. Este trabajo sólo se ha iniciado en el año 1999.

En el Anexo 2 se entrega una apretada presentación de los estudios realizados en diversos ámbitos institucionales y académicos nacionales.

Una forma de aproximarse al amplio abanico de investigaciones que se llevan a cabo en el país es a través de las actas de congresos científicos ligados a estas materias dado que las principales instituciones e investigadores acuden a éstos con el fin de presentar y discutir sus trabajos. En el Anexo 2 se extraen antecedentes relevantes de las actas del XIV Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica, que se realizó en Santiago de Chile en Octubre de 1999, donde los estudios presentados se clasificaron en las siguientes áreas temáticas: hidrología subterránea y superficial, análisis de sistemas ambientales, obras hidráulicas, e hidráulica fluvial y marítima.

Otro agente importante en la promoción de investigaciones relativas al recurso hídrico es el Programa Hidrológico Internacional (PHI), básicamente a través de las jornadas que realiza el Comité Chileno. Así, se pueden destacar los trabajos presentados en las VI Jornadas de Trabajo correspondientes al año 1999. Los trabajos presentados fueron agrupados en cuatro grandes áreas: evaluación y monitoreo de recursos hídricos, agua y medio ambiente, aspectos legales y económicos de la gestión de los recursos hídricos, y educación y recursos hídricos.

En el país existen variados centros de investigación y grupos de trabajo que, constantemente, están desarrollando investigaciones ligadas a los recursos hídricos. Por ejemplo, el Centro EULA-Chile, dependiente de la Universidad de Concepción, ha desempeñado un rol destacado en la investigación en temas relativos a los recursos hídricos. Otros grupos de estudio que mantienen investigadores en algunas de las especialidades asociadas al tema de los recursos hídricos son los de las universidades de Chile, de Talca, Católica de Chile y Austral de Chile.

El organismo público que ha desarrollado más estudios e investigaciones en el plano de los recursos hídricos ha sido la DGA, sin perjuicio de proyectos de inversión de importancia que han permitido la realización de investigaciones específicas, como ha sido el caso de las centrales hidroeléctricas, o de proyectos de investigación encargados por otros organismos del Estado. Asimismo, la principal fuente de financiamiento de investigación científica, el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, sólo en el año 1999 incorporó como área de financiamiento a la disciplina de hidrología, lo que demuestra que históricamente no ha existido una política de investigación sobre recursos hídricos.

Aparte de los organismos citados, existen otras instancias de nivel público que realizan tareas de investigación y desarrollo, como es por ejemplo, la Subsecretaría de Pesca. En este contexto, la unidad encargada de medio ambiente de la Subsecretaría ha establecido, dentro de su ámbito de acción sectorial, lineamientos de acción en cinco áreas orientados a disminuir, prevenir y/o remediar efectos indeseables y atentatorios para la conservación de los recursos naturales: procesos eutrofizantes de los cuerpos de aguas continentales de la IX a la XI Región; efecto ambiental de la acuicultura, la pesca deportiva y sus siembras de repoblamiento; introducción y transporte transzonal de especies hidrobiológicas; y establecimiento de parques y reservas marinas. De forma coherente con lo anterior, se han establecido objetivos de investigación los que, en calidad de proyectos, han sido propuestos al FIP y al Banco Integrado de Proyectos.

Por último en el campo de la hidrogeología, cabe destacar que, durante los últimos años, el Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN) ha fortalecido su línea de trabajo con el fin de incrementar el conocimiento de los factores que rigen o condicionan la presencia del agua subterránea en determinados ambientes geológicos, sus características en términos de los volúmenes almacenados, propiedades fisicoquímicas de las aguas, rendimiento de las obras de captación, comportamiento frente a las extracciones, vulnerabilidad a la contaminación.

2.3.4 Contexto jurídico institucional

Marco institucional

El marco jurídico relevante para la gestión de los recursos hídricos está definido básicamente por el Código de Aguas, vigente desde 1981, y por un

conjunto de otros textos legales entre los que se destacan la ley sobre vertidos, la ley de fomento al riego, el conjunto de instrumentos asociados al sector energía, etc. La dimensión ambiental se incorpora explícitamente a partir de la promulgación de la Ley de Bases del Medio Ambiente en 1994. Los roles de los órganos del Estado y las obligaciones y derechos de los individuos se desprenden de ese conjunto de textos legales.

Las siguientes son algunas de las premisas básicas que se derivan del código de aguas y que son determinantes de la forma como se manejan los recursos hídricos del país:

- a) El agua es un bien nacional de uso público, es decir, su dominio pertenece a la nación toda.
- b) Por otra parte, el marco legal establece que es posible conceder derechos de aprovechamiento de agua a los particulares; el titular de un derecho de aprovechamiento puede usar, gozar y disponer de él y, así como con cualquier otro bien susceptible de apropiación privada, tiene protección jurídica similar, es decir, desde el punto de vista legal, el derecho de aprovechamiento de agua es un derecho real.
- c) Además, dicho derecho de aprovechamiento es un bien principal, es decir, no es accesorio a la tierra o industria para los cuales pudiese haber estado destinado. En consecuencia, se puede transferir o transar libremente, situación que enfatiza la dimensión económica del recurso hídrico y que responde, consecuentemente, a su condición de bien escaso en la mayor parte del territorio.
- d) El Estado desempeña un rol subsidiario en el sentido que no realiza aquellas tareas que puede desarrollar el sector privado. En este ámbito, el Estado orienta su acción a las tareas normativas y reguladoras, cumple una función de promoción de la equidad social, y también de fomento y desarrollo en aquellas áreas que los privados no pueden asumir.

Las siguientes son las características principales de la institucionalidad estatal vigente, en cuanto a la gestión de los recursos hídricos, que se desprenden del marco regulatorio general y sectorial:

- a) Concentración en una sola institución de las funciones de medición, investigación y de administración de recursos hídricos que competen al Estado. Ello tiene la enorme ventaja de orientar la evaluación de los recursos hídricos hacia las necesidades más urgentes de la toma de decisiones, por parte de la autoridad y de los usuarios.

- b) Independencia de las tareas de regulación, tanto en lo que respecta al recurso hídrico como desde un punto de vista ambiental. Esta función se ejerce de forma independiente de los organismos de Gobierno que atienden a un sector usuario específico.
- c) La clara separación institucional de las distintas funciones que desarrolla el Estado.

Sin embargo, una de las limitaciones más importantes que es posible identificar a nivel institucional, es la ausencia de instancias de coordinación intersectorial, de carácter público y privada, exceptuando el tema ambiental donde la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) juega un rol fundamental de coordinación y articulación de las instituciones, para dar cumplimiento a la legislación ambiental vigente.

Institucionalidad Estatal.

En Chile existen distintas instituciones ligadas a la gestión y uso del recurso hídrico. Así, cabe destacar el papel que desempeñan, entre otras, instituciones como la Dirección General de Aguas (DGA) y la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), ambos organismos dependientes del Ministerio de Obras Públicas; la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y el Servicio Agrícola y Ganadero, SAG, ambos dependientes del Ministerio de Agricultura; 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; la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS, y la Comisión Nacional de Riego, CNR.

Las funciones que posee la Dirección General de Aguas, DGA, las confiere el Código de Aguas, D.F.L. N° 1122 de 1981, y entre éstas destacan:

- Planificar el desarrollo del recurso en las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento.
- Investigar y medir el recurso agua y mantener y operar el Servicio Hidrométrico Nacional y el Banco Nacional de Aguas.
- Ejercer la policía y vigilancia de las aguas en los cauces naturales de uso público, impidiendo que éstos se intervengan sin la autorización correspondiente.
- Ocuparse de la constitución de derechos de aprovechamiento de aguas.

- Supervigilar el funcionamiento de las juntas de vigilancia y organizaciones de usuarios de acuerdo con lo dispuesto en el Código de Aguas. La Dirección de Obras Hidráulicas, DOH, por su parte, posee como principales funciones las de:
- Estudiar, proyectar, construir, reparar y explotar las obras de riego que se realicen con fondos fiscales.
- Supervisar las obras de saneamiento y recuperación de terrenos que se ejecuten con fondos fiscales.
- Estudiar, proyectar, construir y reparar el abovedamiento de los canales de regadío que corren por los sectores urbanos de las poblaciones.
- Proponer la condonación total o parcial de las deudas por saneamiento o recuperación de terrenos indígenas, la que deberá concederse por decreto supremo fundado.
- Desarrollar para las ciudades y centros poblados, planes maestros de sistemas de evacuación y drenajes de aguas lluvias, teniendo presente la situación de las cuencas hidrográficas y tomando las acciones necesarias para evitar la erosión y deforestación.
- Incentivar en los agricultores y campesinos la realización de proyectos de riego y drenaje intraprediales, que optimicen la utilización de recursos hídricos y suelos, para que postulen a subsidios hasta de un 75 por ciento del costo total del proyecto.

Así mismo, la Corporación Nacional Forestal, CONAF, presenta una propuesta de Política institucional para la ordenación de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos. Dicha propuesta, centra sus lineamientos generales en el objetivo de velar por la conservación y protección del recurso hídrico, teniendo en cuenta que en el manejo integral de cuencas, la relación suelo-agua-vegetación, constituye un elemento fundamental en el accionar de todo ecosistema. En este marco, la Corporación tiene como una de sus misiones centrales “garantizar a la sociedad el uso sostenible de los ecosistemas forestales”, contribuyendo al incremento y uso de tales recursos, y a la conservación y protección de los mismos.

Algunos estudios que realiza la Corporación en torno al agua, versan sobre flujos hídricos y de caudales, monitoreo hidrológico-forestal automatizado de cuencas experimentales, y calibración y validación de modelos hidrológicos de simulación.

El papel del SAG, Servicio Agrícola y Ganadero, en cuanto a su vinculación con el recurso

hídrico, tiene relación con la fiscalización de la ejecución de obras. Además, realiza monitoreos de calidad de aguas, lo cual tiene relación con el valor que posee el agua como insumo, para la agricultura y la ganadería. Asimismo, el Servicio actualmente postula una política de reutilización de las aguas residuales en la agricultura, en el marco de ciertos cultivos en que es posible llevar a cabo esta estrategia.

Algunos estudios que lleva a cabo el Servicio, están ligados a la detección de metales pesados en las aguas, evaluaciones del incremento de la salinidad e implicancias de la actividad minera en la agricultura.

La DIRECTEMAR es responsable de velar y promover los intereses marítimos de Chile, y entre otros roles, cumple el de la evaluación del impacto ambiental, la observación del ambiente litoral, y la educación y difusión de medidas para la protección del medio ambiente acuático, además está ejecutando el Plan Nacional de Investigación, Vigilancia y Control de la Contaminación Acuática, cuyos objetivos específicos son evaluar en forma permanente el estado y la calidad del medio ambiente acuático; apoyar el desarrollo de instrumentos jurídicos nacionales que, basados en la normativa ambiental vigente, permitan la realización de una efectiva labor de fiscalización y de protección de los cuerpos y cursos de agua continentales; elaborar estrategias adecuadas de difusión y formación de la conciencia ciudadana respecto de la preservación del medio ambiente acuático.

Por otra parte, existe el POAL, Programa de Observación del Medio Ambiente Litoral, el cual posee por objetivo determinar los niveles de concentración de los principales agentes contaminantes presentes en el agua, en los organismos y en los sedimentos de 25 cuerpos de agua distribuidos a lo largo del territorio nacional.

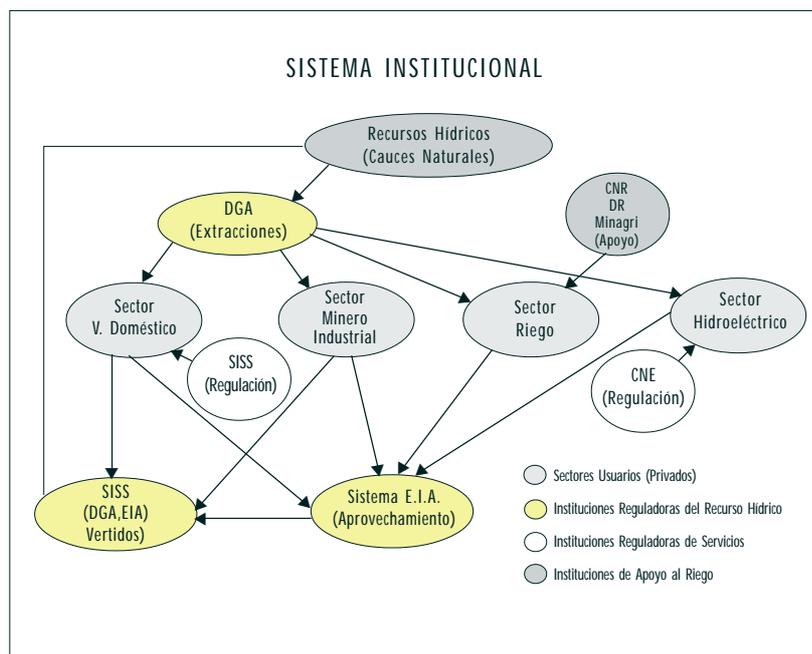
El Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, posee como funciones, entre otras, planear, preparar, ejecutar y controlar los trabajos hidrográficos que se realizan en las zonas de jurisdicción nacional, mantener actualizado un Plan Hidrográfico que considere las necesidades nacionales, mantener un archivo de datos oceanográficos, controlar la investigación científica marina que se realice en aguas jurisdiccionales.

La Dirección Meteorológica de Chile, se ocupa de capturar y procesar información meteorológica

Figura 2.21

El sistema institucional para la gestión del agua *

Fuente: Dirección General de Aguas, 1999.



* La presente es una visión limitada del sistema por lo que omite ciertas funciones y entidades, entre éstas, la CONAMA y la DIRECTEMAR que cumplen roles importantes en la gestión del agua.

ca, con el fin de apoyar a la aeronáutica; monitorear corrientes marinas, ligadas por ejemplo al fenómeno del Niño y la Niña; monitorear los regímenes de precipitación, y entregar cuadros sinópticos y pronósticos climáticos a nivel de todo el país.

Por otra parte, la Superintendencia de Servicios Sanitarios posee como misión garantizar a la población abastecida de los servicios ligados al agua, y a aquella que desea ser abastecida por empresas concesionarias de servicios de agua potable y saneamiento, que el suministro del recurso, así como la cantidad, la calidad y el precio corresponden al ofrecido, de tal forma que éste sea justo y sea posible de sostener en el largo plazo. Además debe velar porque el agua, una vez utilizada, sea tratada para ser devuelta a la naturaleza de forma compatible con un desarrollo sustentable en el largo plazo.

Otra institución vinculada fuertemente a la gestión y aprovechamiento del recurso hídrico es la Comisión Nacional de Riego; para esta institución, el recurso hídrico es el elemento base de su accionar, definido en su misión, a saber, coordinar la formulación y la materialización de la política nacional de riego para el óptimo aprovechamiento de los recursos hídricos del país, con énfasis en el riego y el drenaje.

En este marco, dos de los objetivos de la Comisión Nacional de Riego, dicen relación con la mejora de la eficiencia del riego a través de proyectos de desarrollo y transformación productiva, así como con la evaluación del potencial de inversiones en obras de regadío para las distintas cuencas hidrográficas del país.

En la Figura 2.20 se grafica el esquema institucional relacionado con el recurso hídrico.

Rol del sector público

El marco que definen las políticas económicas y de gestión de los recursos naturales, explícitas e implícitas, así como la institucionalidad vigente, particularmente con relación con la gestión y aprovechamiento de los recursos hídricos, determinan el rol del Estado nacional que se manifiesta en las siguientes funciones:

- a) Investigar y medir los recursos hídricos y generar las bases de datos que permitan la gestión informada del agua.
- b) Regular el uso del recurso hídrico, evitando el menoscabo de los derechos de terceros y su sobreexplotación. Para ese propósito debe analizar la concesión de los nuevos derechos de aprovechamiento y el otorgamiento de variadas

autorizaciones (vertidos, construcción de obras, cambios en los puntos de extracción de las aguas, etc.).

- c) Regular los servicios asociados a los recursos hídricos, (agua potable, hidroelectricidad), y promover las condiciones para su desarrollo económicamente eficiente. Considerando el carácter de monopolio natural de los servicios sanitarios y del abastecimiento eléctrico, el rol estatal se orienta en estos casos principalmente a garantizar la calidad de los servicios y a definir su tarifa.
- d) Conservar y proteger los recursos hídricos, mediante el sistema de evaluación de impacto ambiental y la normativa relativa al tema.
- e) Apoyar la satisfacción de los requerimientos básicos de los sectores más pobres de la población, para lo cual se ha implementado el subsidio directo al consumo de esos grupos.
- f) Promover, gestionar y, en la medida que existen beneficios sociales, apoyar el financiamiento de obras de riego y de las grandes obras hidráulicas que, debido a su complejidad, no existe posibilidad de que sean asumidas por los privados.

En este contexto, es importante destacar que la distribución de los recursos hídricos, de acuerdo a los derechos de cada cual, al igual que la conservación de las obras de aprovechamiento, es responsabilidad del sector privado a través de las organizaciones de usuarios, básicamente, las juntas de vigilancia, las asociaciones de canalistas, las comunidades de aguas y otras formas de organización.

Medio ambiente y calidad del agua

El cuerpo legal que actualmente está regulando, desde el punto de vista ambiental, toda actividad en Chile es la Ley 19.300, o Ley Marco del Medio Ambiente, promulgada en 1994. La Ley 19.300 crea un conjunto de instrumentos para la protección, prevención y control del medio ambiente, entre los cuales los más destacados son las normas ambientales, los planes de descontaminación y prevención, y el sistema de evaluación de impactos ambientales.

No obstante, a la fecha, todavía no se cuenta con las normas de calidad del agua primarias y secundarias, aun cuando ya existen algunas relacionadas con la emisión de residuos industriales líquidos y el proceso de la norma de calidad ambiental para proteger los cuerpos de agua

continentales registra avance importantes y, a fines de 1999, ya se había iniciado el proceso de norma de calidad ambiental para aguas marinas.

Se ha planteado, por otra parte, que el hecho de haber comenzado por normar las emisiones antes que la calidad en los cauces y cuerpos superficiales podría, eventualmente, producir ciertas dificultades para establecer los límites de los tratamientos requeridos.

Un instrumento preventivo de gran importancia presente en esta ley, es el mencionado Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental cuya puesta en vigencia ha sido un gran avance en la protección del recurso, sea previniendo, mitigando, restaurando y/o compensando los impactos provocados por los proyectos de inversión. El Cuadro 2.18 muestra la evolución de los estudios y declaraciones de impacto ambiental ingresados al sistema de evaluación de impactos ambientales bajo la responsabilidad de la CONAMA y que han debido ser revisados por la DGA desde 1992, ilustrando respecto a la importancia que estos instrumentos han ido adquiriendo en las decisiones de inversión en el país

En este marco, la ley establece que los organismos competentes del Estado desarrollarán programas de medición y control de la calidad ambiental del agua y otros recursos, para efectos de velar por un medio ambiente libre de contaminación.

Por otra parte, la ley establece que, en cuanto al proceso normativo de emisiones, las entidades

Cuadro 2.18

Estudios y Declaraciones de Impacto Ambiental ingresados al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y sometidos a la DGA. 1992-1998

AÑO	DIA	EIA
1992	2	0
1993	4	0
1994	11	0
1995	35	0
1996	48	0
1997	46	137
1998	39	359

Fuente: Dirección General de Aguas, 1999.

DIA: declaración de impacto ambiental

EIA: Estudio de impacto ambiental

gubernamentales ligadas al tema, entre las cuales está la DGA, deberán fijar 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 puedan constituir un riesgo para la vida o salud de la población, o la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza, y ello con el objetivo de colaborar en el proceso de determinación de las normas primarias y secundarias de calidad ambiental.

Un aspecto importante de destacar, es el deterioro que presentan algunos cuerpos y cursos de agua, en términos de la diversidad biológica y/o el valor escénico y turístico asociado. Esto ha tenido sus causas en el hecho que la sustentabilidad ambiental asociada al recurso, no se ha abordado cabalmente, aun cuando la asignación de los derechos de agua siempre se ha efectuado considerando su capacidad de renovación, excepto en aquellos derechos asignados sin ningún criterio ambiental en el pasado.

La norma de emisión de residuos líquidos descargados en aguas superficiales cuyo trámite se encuentra en una fase final establece que será la Dirección General de Aguas quien defina la capacidad de dilución del cuerpo receptor de los residuos líquidos, como también deberá definir su calidad natural o basal, en atención a no ser más restrictivo que la calidad natural de dicho cuerpo.

En lo que se refiere a las herramientas normativas en la gestión ambiental de los recursos hídricos, las necesidades básicas están constituidas por la generación de normas de calidad para aguas continentales (superficiales y subterráneas) y para aguas marinas, y normas de emisión para residuos líquidos. Las normas primarias de calidad ambiental, y que son en sí, un objetivo específico de la política ambiental a alcanzar, 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. El decreto supremo que establece las normas debe señalar el ámbito territorial de su aplicación. La cobertura de la norma podrá abarcar la totalidad del territorio de la República si es que así queda establecido o una parte de él.

Las Normas Primarias y Secundarias de Calidad Ambiental deben representar un acuerdo social respecto de la calidad de los medios que estén determinando. En otras palabras, las normas deben indicar el nivel de contaminantes ambientales que la sociedad está dispuesta a aceptar en el medio de que se trate. Por otra parte, las normas de emisión, que son los instrumentos que permiten la consecución de los objetivos de la política ambiental, son aquellas que establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante medida en el efluente de la fuente emisora.

Las normas se establecen mediante decreto supremo que señala su ámbito territorial de aplicación. En este sentido, a la fecha, ya está vigente la "Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a Descargas de Residuos Industriales Líquidos a Sistemas de Alcantarillado" (D.S 609 del 20.07.98) y se encuentra para toma de razón por parte de la Contraloría General de la República la "Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Superficiales". También se encuentra en la etapa de consulta a la comunidad el "Anteproyecto de Norma de Calidad Primaria para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales" y pronto se comenzará a trabajar en Normas primarias y secundarias de Calidad para Aguas Marinas y Aguas Subterráneas.

El objetivo de la "Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a Descargas de Residuos Industriales Líquidos a Sistemas de Alcantarillado", es regular las cantidades máximas de contaminantes que las industrias pueden descargar a las redes de alcantarillado y con ello propender a la recuperación de las aguas terrestres superficiales y marinas. Las industrias nuevas deben cumplir con los requisitos a partir de la entrada en vigencia de la norma. En tanto, las industrias existentes que depositan sus residuos líquidos en redes de alcantarillado que cuentan con planta de tratamiento de aguas servidas así como aquellas que

descargan en alcantarillas tratamiento previo deben atenerse a los plazos máximos que se establecen en la norma revisada que fuera sancionada por el Consejo Directivo de la CONAMA el 3 de septiembre de 1999.

En relación a la "Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Superficiales", pronta a promulgarse y que afectará a las medianas y grandes industrias, su objetivo será prevenir la contaminación de los cuerpos de aguas superficiales, continentales, insulares y marinos, mediante el control de los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores, y establecerá la cantidad máxima de contaminante permitida para los residuos líquidos, descargados por los establecimientos emisores a los cuerpos de aguas superficiales. Las industrias nuevas deberán cumplir con los requisitos a partir de la entrada en vigencia de la norma. En tanto, las industrias existentes que depositan sus residuos líquidos en las aguas superficiales tendrán un plazo de cinco años para cumplir con la norma.

Los desafíos que se asocian a la entrada en vigencia de las normas de emisión y, en el futuro, a las normas de calidad, son los siguientes:

- Establecer un sistema de fiscalización integrada para así poder ajustar las deficiencias de personal en los servicios fiscalizadores y, por otra parte, será necesario mejorar sustancialmente el manejo de los datos que serán generados a través de los autocontroles que se imponen a través de las propias normas de emisión.
- Hacer efectivos los principios de "gradualidad", "eficiencia" y "el que contamina paga", entre otros, todos establecidos en la Ley de Bases del Medio Ambiente.
- Lograr grandes acuerdos nacionales entre Estado, Comunidad y Sectores Productivos, sobre el "cómo queremos que sea la calidad de nuestros recursos hídricos"; teniendo presente que ello significará internalizar y hacerse cargo de los costos, por parte de todos los involucrados.
- Incorporar en los procesos productivos, tecnologías menos contaminantes y mejores equipos de control, situación que significará un aumento de los costos, lo que inexorablemente puede ser traspasado parcial o totalmente a los usuarios. Esta situación puede ejemplificarse por el hecho de que los costos por descontaminar las aguas servidas de la Región Metropolitana, significarán un incremento en los pagos que los usuarios deberán hacer por derecho de alcantarillado, que variará entre un 20 y un 50 por ciento en un lapso de cinco años.
- Una mayor preocupación de los sectores productivos, con el fin de mantener precios competitivos, de mejorar (creatividad) y evitar fallas (eficiencia) en las distintas etapas de las líneas de producción. Esto se traducirá en una mayor capacitación de los entes productivos, como también en los mecanismos internos de control.
- Entrega de nuevas herramientas legales a los fiscalizadores, para así cumplir cabalmente con sus funciones, además de la incorporación de nuevos elementos y equipos de control, con la consiguiente capacitación para su adecuado uso.
- Conformación de un nuevo mercado para aquellas empresas que prestan servicios de seguimiento y control de parámetros ambientales (las que son autorizadas por un Servicio con competencias fiscalizadoras, y que además, se encargará de controlar a estas Empresas), ya sea a petición de los servicios fiscalizadores o del sector productivo.
- Mayores requerimientos humanos y presupuestarios por parte de los Servicios Fiscalizadores, debido a las nuevas funciones, situación que puede traducirse en recursos nuevos, o en una reestructuración y/o en un uso más eficiente de lo que a la fecha se tiene.
- Que el sector productivo asuma el autocontrol, ya sea a través de equipos propios y/o empresas externas debidamente certificadas por la autoridad fiscalizadora para ello.
- Que en un lapso de cinco años a contar de la promulgación de la norma de descarga a las aguas superficiales, todas las medianas y grandes empresas deberán estarla cumpliendo.

Lo anterior significará que a lo menos un 70 por ciento de las descargas estarán ajustadas a la norma. Sin embargo, aún quedará un sector que no estará sujeto a regulación y corresponde al sector productivo artesanal y pequeño, para lo cual será necesario implementar otros mecanismos, debido a la poca información que sobre ese sector se posee, las dificultades prácticas que tiene para incorporar nuevas tecnologías, las dificultades para autoevaluarse y por último, las dificultades propias de los servicios fiscalizadores para poder controlar estos sectores.

Deficiencias del sistema institucional y propuestas

En relación con el marco jurídico-institucional, cabe mencionar que, en los últimos años, ha habido un amplio debate en relación a la necesidad de revisar las normas regulatorias vigentes. Así, la estructura institucional actual que regula la gestión del agua en Chile, posee aspectos que no permiten un uso eficiente del recurso, aunque se ha mostrado eficiente para el fomento de la inversión en proyectos productivos demandantes de agua.

El problema estriba en que se están produciendo situaciones de conflicto y un ineficiente aprovechamiento del agua, dado por ejemplo, porque la actual legislación permite que se constituyan derechos de aguas por caudales bastante mayores a los que realmente son requeridos. Asimismo, los particulares pueden conservar estos derechos como parte de su patrimonio, sin utilizarlos y sin realizar ningún pago por su tenencia.

Se debaten todavía en el congreso iniciativas legislativas orientadas a modificar el actual Código de Aguas, para corregir vacíos que distorsionan el proceso de constitución de los derechos de aprovechamiento originales y que permiten su acumulación en algunos peticionarios con fines especulativos. Del mismo modo, se están revisando algunas disposiciones que obligan a conceder derechos de aprovechamiento al particular, aun cuando ello afecte al interés público.

La iniciativa se orienta a establecer la obligación de justificar la cantidad de agua que se solicita, de tal forma que exista concordancia entre los caudales solicitados y los fines invocados por el propio peticionario, cosa que sería regulada por un reglamento; no se trata, en todo caso, que el solicitante deba justificar el destino que desea darle al agua.

Lo anterior se basa en la premisa fundamental de que es necesario velar por que el traspaso a un ente privado del derecho de aprovechamiento de un bien nacional de uso público, como lo es el agua, se realice con la razonable convicción de que ello no va a significar la imposibilidad de dar abastecimiento de agua potable a la población, o que no va a transformarse en un factor restrictivo del desarrollo regional por no existir otras fuentes alternativas, o que no va a quedar amenazada la conservación del propio recurso.

Se apunta además a complementar las atribuciones actuales de la Dirección General de Aguas, con relación a la planificación del recurso hídrico en las fuentes naturales, incluyendo la posibilidad

de limitar o denegar una solicitud de derecho de aprovechamiento, cuando existen las razones fundadas ya indicadas.

En relación con el tema ambiental cabe señalar que su institucionalidad se ha puesto en marcha muy recientemente y aún presenta áreas que están siendo implementadas.

Otro elemento considerado en la iniciativa modificatoria del Código de Aguas es la consideración de una patente a los derechos de agua constituidos y cuyos dueños no los utilizan. El valor de la patente se establecería con relación al perjuicio que significa, para la sociedad, la no utilización de esos recursos hídricos. Se considera que, de existir esta patente, se activará el mercado de derechos de aprovechamiento por el interés que despertará la posibilidad de venderlos, en aquellas personas u organizaciones que detentan derechos para los cuales no han definido un destino.

En materia ambiental, la proposición de modificación al Código de Aguas prácticamente reproduce los artículos 41 y 42 de la Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Ley 19.300), complementándolos en el sentido de precisar, en el caso del agua, cuál es el organismo encargado por ley de regular el uso del recurso natural (Dirección General de Aguas) y la instancia de su aplicación (constitución de nuevos derechos de aprovechamiento). De ese modo, sólo se busca dar una mayor coherencia al Código de Aguas, en lo relativo al proceso de constitución de nuevos derechos.

2.4. PERSPECTIVAS

2.4.1. Variabilidad climática

Los cambios climáticos, que comenzaron a ser anunciados con preocupación por sectores ambientalistas y del ámbito académico-científico en las últimas décadas del siglo XX, han provocado alarma por los impactos ambientales a que podrían dar lugar. Los recursos hídricos también serían afectados, particularmente su disponibilidad para diferentes usos en el largo plazo. Chile sería particularmente sensible frente a un cambio global toda vez que gran parte del país está ubicado en una zona de transición climática.

Se ha observado en el país, específicamente en el norte chico y zona central, donde existen series históricas de más de cien años de precipitaciones promedio, una disminución sostenida del agua caída que comienza a principios del siglo XX según

se ilustra en la Figura 2.21 que representa los casos de La Serena y de Santiago para el período 1897-1996. Asimismo, se prevé que, de producirse tal cambio global de clima, consecuencia de la acumulación de gases de efecto invernadero en la alta atmósfera, las ofertas de agua se verían afectadas principalmente en la zona que va desde Santiago a Copiapó (DGA, 1999), hecho que agudizaría los conflictos hídricos y demandaría, con aún mayor fuerza, una adecuada gestión del agua.

Otro efecto esperable de un cambio climático global es el aumento en la temperatura del aire dando lugar al ascenso de la línea de nieve y a su derretimiento más acelerado lo que, a su vez, provocaría el aumento de los caudales en el período invierno-primavera y su disminución en el período verano-otoño. De ello da cuenta la simulación hecha por la Dirección General de Aguas, que se muestra en la Figura 2.23 aunque, como se desprende de la gráfica, los volúmenes de aportación anual no serían significativamente distintos.

Estas alteraciones serían más importantes en las cuencas donde existe una mayor presión por el recurso hídrico, aunque no hay una certeza científica en relación a la magnitud y ritmo de los eventuales cambios.

2.4.2. Demanda futura por agua

La demanda futura por agua será, básicamente, función del crecimiento económico del país, del crecimiento de la población y de la intensificación

de los usos. Sin cambios en los patrones de uso y consumo, puede esperarse un incremento considerable de la demanda. El conjunto de gráficas que se incorporan en la Figura 2.24, ilustran sobre el consumo sectorial observado en 1993 y su proyección al 2015, por regiones. Es fácil concluir que, si no se dan cambios significativos en los estilos de gestión de recursos hídricos y de las cuencas hidrográficas, asegurando la sustentabilidad del recurso, se evolucionará a situaciones de crisis importantes.

2.4.3. Tendencias y perspectivas

Asociado a lo expuesto gráficamente en el punto anterior, a nivel mundial, la preocupación por el agua y su gestión es un aspecto que inquieta crecientemente a la comunidad internacional. La UNESCO, a través de su División de Ciencias del Agua, está desarrollando los talleres World Water Vision (Visión mundial del agua) que tienen por objetivo analizar los escenarios futuros de acuerdo con las tendencias actuales en el uso del agua, y sus proyecciones para un escenario de crisis y para un escenario sustentable. En mayo de 1999, aprovechando la realización de las VI Jornadas de Trabajo del Comité Chileno para el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO y I Reunión de Trabajo de los Comités de América Latina y el Caribe, que se llevaron a cabo en Santiago de Chile, se desarrolló un taller World Water Vision.

El taller arrojó algunos resultados de relevancia desde la perspectiva de América Latina y el Caribe.

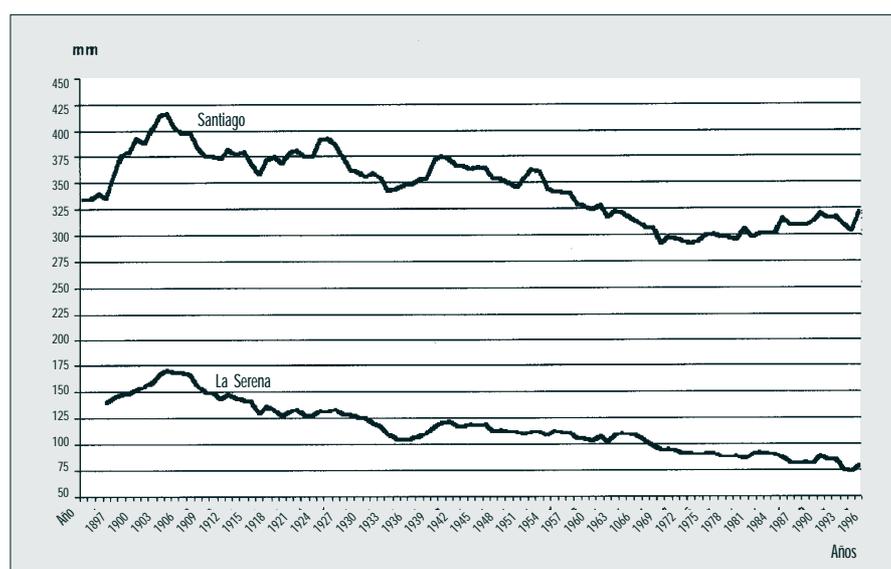


Figura 2.22

Precipitación en La Serena y Santiago (promedios móviles). 1897-1996.

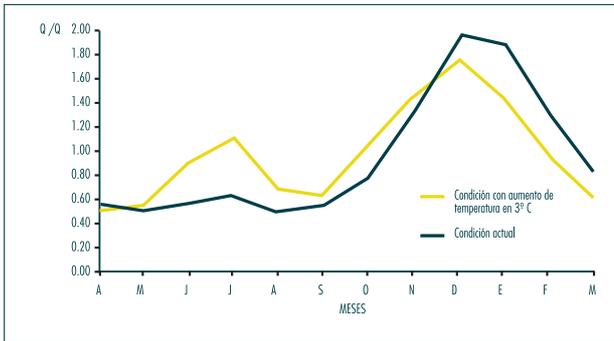


Figura 2.23

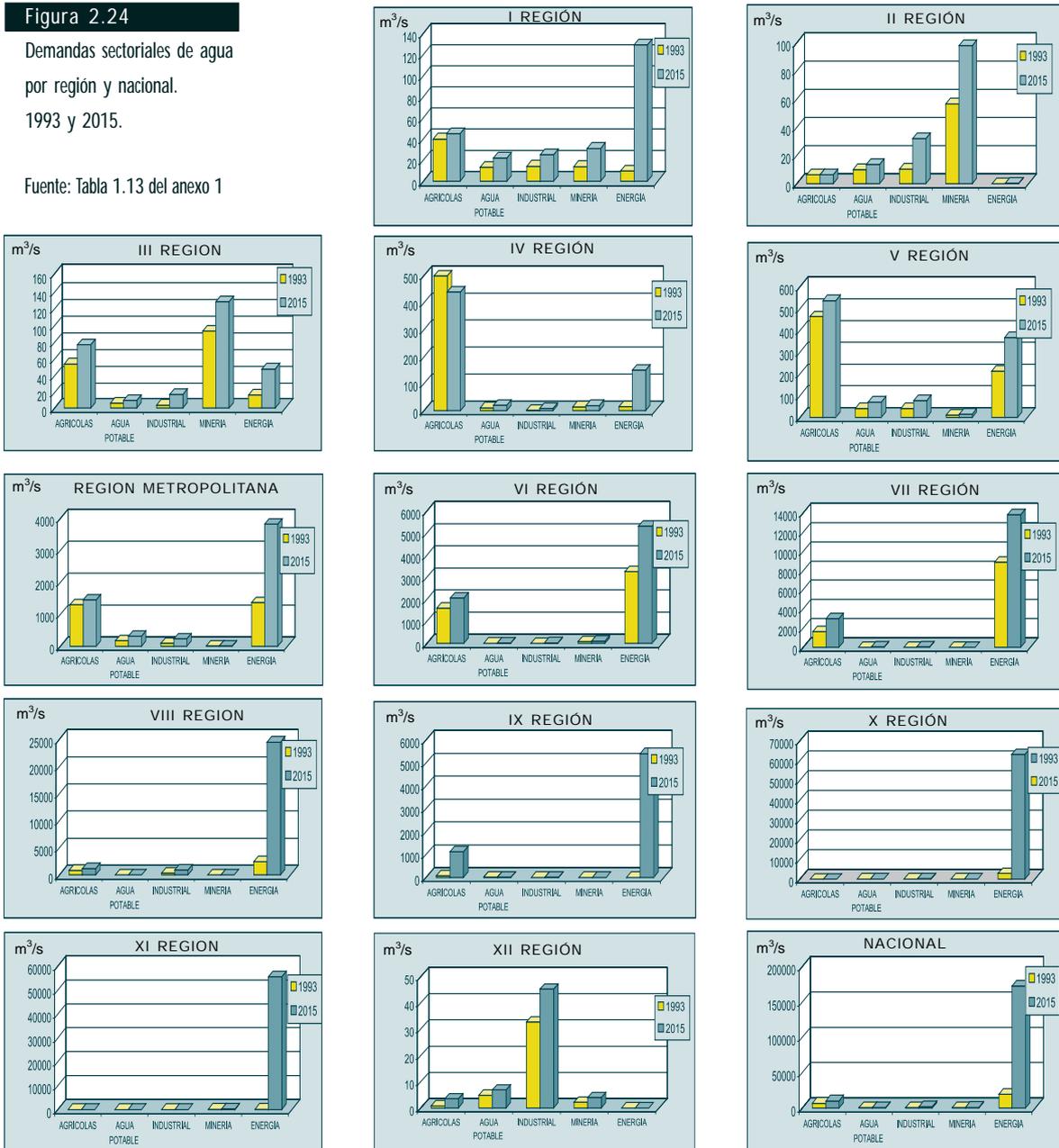
Efectos del calentamiento global sobre el régimen hidrológico medio del río Maipo (supone incremento de 3°C) (ex figura 2.28)

Fuente: Dirección General de Aguas, 1999.

Figura 2.24

Demandas sectoriales de agua por región y nacional. 1993 y 2015.

Fuente: Tabla 1.13 del anexo 1



Así por ejemplo, y en cuanto a la gestión del recurso hídrico, las tendencias permiten verificar un avance en la integración público-privada, para el manejo de externalidades, así como, también, dificultades importantes para constituir autoridades de cuenca en el ámbito de grandes unidades hidrográficas. Mientras tanto, un posible escenario de crisis lo constituye una eventual carencia de visión integrada y participativa, con las consecuencias entrópicas que posee un proceso de estas características. Por otro lado, un escenario sustentable estaría dado por una gestión con participación de usuarios y otros actores de la sociedad civil, en los diferentes niveles físicos de integración Agua-Suelo-Vegetación, y una descentralización de la gestión a nivel regional, provincial y local.

La tendencia actual conduce al uso indiscriminado de los recursos naturales, a un aumento de la impermeabilidad de los suelos, y a un deterioro de la calidad y cantidad del recurso. En tanto, un escenario de crisis supone niveles importantes de extinción de flora y fauna; conflictos por el agua, desertificación y un desarrollo urbano inadecuado e insostenible. En cambio, un escenario sustentable conlleva una modificación de modelos de desarrollo, la modificación de los procesos industriales con tecnologías más amigables, alianzas para la protección del recurso y el llevar a cabo un ordenamiento territorial considerando a la cuenca como la unidad de gestión.

Por otro lado, al examinar el tema de la disponibilidad-oferta de recursos hídricos, se puede plantear, entre otros temas, que la tendencia actual determinará que el calentamiento global no modificará significativamente el régimen de precipitaciones, escorrentías y recursos subterráneos; hay un aumento del conflicto hídrico y de la competencia entre usuarios, Estados y naciones; además de una modificación evidente de la disponibilidad del agua por la acción del hombre sobre el medio. Un eventual escenario de crisis estaría dado por cambios climáticos globales que producen cambios significativos en las temperaturas, en el régimen y en el volumen de las precipitaciones y el derretimiento de las nieves; alteración de la disponibilidad de agua dulce y una intensificación de los problemas y conflictos ambientales, ligados a la desecación de humedales, el agotamiento de los recursos subterráneos y la contaminación de ríos y lagos. Un escenario sustentable en cambio, supone un resguardo del recurso para una gestión integral, la conservación de caudales mínimos, el aumento de la disponibilidad por acceso a nuevas fuentes como el agua de mar, el reciclaje de aguas servidas o la mayor oferta y aplicación de tecnologías que redu-

cen el uso del agua; asimismo, se asocia a este escenario el control de la oferta excesiva, es decir inundaciones, y la protección de las zonas ribereñas de Inundación, previo conocimiento y evaluación científica y técnica del fenómeno.

Desde el punto de vista de la demanda hídrica, algunos aspectos dignos de destacar señalan que de mantenerse la tendencia actual, las demandas crecerán a tasas similares a las de expansión de las diferentes actividades que utilizan el recurso. En un escenario de crisis se vislumbra que las demandas domésticas y antrópicas crecen al doble de su valor actual, mientras la contaminación hídrica se cuadruplica y, en definitiva, el agua pasa a ser el factor limitante del desarrollo. Un escenario sustentable, por otra parte, supone un uso eficiente del recurso en los diferentes sectores y un abordaje a la gestión del recurso sustentado en un enfoque de cuenca, así como cambios en los patrones de consumo vía la educación y concientización de la población, particularmente de los grupos de actores relevantes.

En términos generales, en lo que se refiere al tema del monitoreo de variables hidrológicas y ambientales, se advierte que de seguir la tendencia actual, la situación de las redes de control presentará un desarrollo igual o peor al actual en relación a la cobertura; un sistema de monitoreo ambiental, no obstante su importancia, no es suficiente. Pesa, también, la existencia de fenómenos adversos asociados a ciclos de sequías e inundaciones, difíciles de predecir. En tanto, en un eventual escenario de crisis se observaría una disminución variable en el control de variables hidrometeorológicas y ambientales, y la falta de financiamiento permanente para la operación y mantenimiento de las redes. Un escenario de sustentabilidad, en cambio, estaría dado por la introducción de nuevos sistemas de control, una optimización-densificación de las redes de control, la implementación de técnicas y métodos de predicción para el óptimo aprovechamiento del recurso, la utilización de modelos en la planificación y toma de decisiones, y el incorporar una gestión integral del recurso en base a la unidad cuenca hidrográfica.

En cuanto al tema del monitoreo y seguimiento del uso del recurso, de persistir la actual tendencia, el escenario sería uno donde el seguimiento tendría limitados alcances y donde no se iría más allá de satisfacer algunos intereses de corto plazo. Un escenario de crisis el sistema de seguimiento se limitaría a generar información sobre demandas por el recurso imprecisa, poco confiable y difícil de validar, discontinua e insatisfactoria desde el punto de vista de la toma de decisiones, en un contexto

donde los distintos sectores presionan por aumentar sus demandas, sin fundamentos sólidos, afectando a usuarios más eficientes. Finalmente, un escenario sustentable se caracterizaría por la existencia de programas de monitoreo que entreguen información confiable y representativa, y por la disponibilidad de información actualizada de demandas y de proyecciones confiables de mediano-largo plazo.

Todos los planteamientos anteriores son asimilables al caso chileno por lo que deberían ser considerados adecuadamente al momento de trazar estrategias y realizar proyecciones.

2.4.4. El desafío de la gestión

Gestión integrada de recursos hídricos

Un aspecto que, recurrentemente, es citado como una carencia de la gestión actual de los recursos hídricos en Chile es la inexistencia de una política nacional de cuencas hidrográficas que permita abordar sistémicamente la problemática del recurso hídrico, sin abandonar aquellos aspectos específicos y analíticos que permiten la resolución concreta de problemas técnicos de todo tipo. Ello porque las soluciones técnicas, por sí mismas, no han sido capaces de solucionar las actuales demandas y, lo que es más grave, porque tienen aún menos posibilidades de hacerlo en un escenario futuro de crisis.

El concepto de Gestión o Manejo de cuencas es un concepto relativamente moderno. Se puede definir como «el proceso de formular y aplicar en una cuenca hidrográfica un conjunto integrado de acciones tendentes a orientar su sistema social, económico y natural para lograr unos objetivos específicos» (Hufschmidt, 1986, citado por López et al 1995).

El tema de la gestión de cuencas hidrográficas ha sido abordado extensamente en la literatura por lo que sus alcances y contenidos no serán tratados en este contexto.

Instrumentos para la gestión integrada

Considerando la extensión de las debilidades del sistema institucional para la gestión del agua y la urgencia de avanzar en la solución de los problemas que se han identificado, resulta conveniente y necesario diferenciar entre dos niveles de acción: a) Acciones de corto plazo que no requieren de una modificación del marco jurídico-institucional vigente y b) Acciones de mediano y largo

plazo que suponen modificaciones significativas de dicho marco.

Entre las acciones del primer nivel, el corto plazo, la DGA está promoviendo la formulación de Planes Directores para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en cuyo contexto se busca coordinar las funciones normativas y fiscalizadoras del sector público, con sus funciones como promotor del desarrollo sectorial e inversionista, así como emitir las señales adecuadas para que el sector privado internalice los efectos y externalidades que se derivan del uso de los recursos hídricos, particularmente en áreas críticas, y es conveniente y necesario considerar el desarrollo de iniciativas multipropósito.

Dentro de esta visión global, el Plan Director para la Gestión de los Recursos Hídricos se constituye en un instrumento de planificación indicativa que, considerando los efectos agregados y las diversas intervenciones individuales, las demandas futuras y los conflictos potenciales entre los diferentes demandantes, debe contribuir a orientar y coordinar las decisiones públicas y privadas con el fin último de garantizar las funciones económica, ambiental y social de un bien escaso como es el agua.

Entre las acciones a desarrollar en el mediano plazo se ha propuesto la creación de Corporaciones Administradoras de Cuencas como una alternativa descentralizada, participativa y autónoma desde el punto de vista financiero, para la adecuada gestión de las externalidades a que dan lugar las diferentes actividades que se desarrollan en el ámbito de las cuencas hidrográficas y para el desarrollo de iniciativas de interés común. Estos entes, en la perspectiva de la DGA, la principal promotora de esta iniciativa, no reemplazarían la estructura institucional vigente pero se constituirían en una expresión concreta de los procesos de regionalización y de democratización de las decisiones, y en un instrumento para el desarrollo local y regional.

Será necesario incentivar a los actores locales para que estén dispuestos a transformar su realidad física, social y económica, en un plano democrático, representativo y equitativo, todo lo cual permitirá otorgarle sustentabilidad ambiental al proceso de gestión de los recursos hídricos.

Finalmente, es preciso señalar el importante papel del Estado en un esquema de este tipo, básicamente como un regulador del mercado del

recurso hídrico en aras de la conservación de los capitales financieros, biogenéticos y geofísicos. El dejar que las leyes de mercado actúen sólo por su cuenta, puede producir efectos desastrosos; sin embargo, una correcta conducción del impulso dinamizador que lleva consigo el mercado y las fuerzas creadoras que lo sustentan, puede determinar que el objetivo de desarrollo sustentable no sólo sea alcanzable, sino también perdurable en tiempo y espacio.

Síntesis

Se destaca, a continuación, un conjunto de aspectos relevantes para la gestión, determinantes de los desafíos que el país deberá enfrentar en un horizonte de corto-mediano plazo.

En primer lugar, es necesario enfatizar que la situación actual de las redes para la obtención de información básica, es notoriamente más eficiente que la situación que se observaba en el pasado, con un cambio que ha sido sustancial a partir de la década del 90. Así por ejemplo, la capacitación de los operadores de estaciones de todo tipo, la incorporación de estaciones automáticas y de alta confiabilidad en la obtención de datos, la disposición de un banco nacional de aguas que permite la obtención de información confiable y centralizada, etc., son aspectos que hablan por sí solos del nivel que posee la gestión del recurso hídrico en Chile, en comparación con otros países de América Latina.

Un segundo aspecto importante de destacar es el constituido por la incorporación explícita de la dimensión ambiental a la gestión del agua lo que puede ser atribuido, básicamente, a la política ambiental que comienza a delinearse al inicio de la década de los noventa y que culmina con la promulgación de la Ley de Bases del Medio Ambiente y las normativas y actuaciones que de ésta se derivan. Las instancias asociadas a la CONAMA obligan y/o favorecen la convergencia de los diversos organismos que desempeñan algún rol en la gestión del agua como, entre otras entidades, la DGA, la DOH, la DIRECTEMAR, la SISS y la propia CONAMA, lo que permite establecer enfoques interinstitucionales de trabajo.

Un tercer aspecto relevante, se establece en el marco de actuación sanitaria del Estado, lo cual ha permitido un excelente nivel de cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado. De igual forma se observa el gran potencial, en el corto plazo, para la expansión de servicios de tratamiento de aguas servidas como lo demuestran las cifras entregadas en este mismo documento.

Otro aspecto fundamental que se debe destacar, el cuarto en este listado, es el cúmulo de investigaciones y de grupos de trabajo que se han establecido en el país en torno al agua; de este modo, a pesar de que aún no se alcanzan niveles satisfactorios en cantidad y orientación de la investigación básica y aplicada, el país presenta líneas de trabajo en diversos ámbitos como lo son la hidráulica, la hidrología de superficie, la limnología, la meteorología, etc. Todo lo anterior permite percibir que, de mantenerse la actual política de investigación, incorporando a ella rectificaciones que permitan la obtención de marcos sinérgicos de trabajo, la investigación se debería convertir en un elemento que entregue mayores fortalezas que las que ya aporta a la acción del Estado.

Un quinto aspecto, fundamental al evaluar la situación actual del recurso, tiene que ver con los variados procesos de contaminación de los cuerpos de agua continentales y costeros que son motivo de preocupación creciente en el ámbito de las instituciones del Estado y organismos de investigación. Cabe reiterar aquí lo ya expuesto antes en este informe en cuanto a la importancia, para la gestión adecuada de los recursos hídricos, de la investigación y de las redes de monitoreamiento de la calidad de aguas.

Como sexto elemento que se debe mencionar está el problema de una demanda creciente por agua frente a una oferta fija o, por lo menos, bastante inelástica. La proyección de la demanda por agua, para sus distintos usos en los próximos 15 años, demuestra que las situaciones de desbalance observadas se van a agudizar en el futuro, particularmente al norte de la Región Metropolitana. Esta situación plantea un desafío de proporciones respecto al cual no se han delineado estrategias de largo alcance que comprometan a todos los sectores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arreguín-Cortés, F. (1994). *Efficient use of water in cities and industry*. En *Efficient water use*. UNESCO-ROSTLAC. Uruguay, pp.63-91.
- Brown, A. (1998). *Lineamientos de la investigación en medio ambiente*. Documento de trabajo interno. Departamento de Pesquería, Unidad Ambiental, Subsecretaría de Pesca, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Valparaíso, Chile.
- Brown, E. (1997). *Disponibilidad de recursos hídricos en Chile en una perspectiva de largo plazo*. En: *Sustentabilidad ambiental del crecimiento económico chileno*. Programa de Desarrollo Sustentable, Centro de Análisis de Políticas Públicas, Universidad de Chile, Santiago, Chile. pp. 191-213.
- Cabrera, N. (1994). *Estado de las Aguas Continentales y Marinas de Chile*. En *Perfil ambiental de Chile*. Comisión Nacional del Medio Ambiente, pp.173-195.
- Celedón, E. (1997). *El derecho a la sed*. En *Revista Vertiente*. N° 2, pp. 30-35.
- De Miguel, C. (1998). *Los recursos hídricos en el desarrollo sustentable en Chile*. Centro de Análisis de Políticas Públicas, Universidad de Chile, Chile.
- Dirección General de Aguas. (1987). **Balance Hídrico de Chile**. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile.
- Dirección General de Aguas. (1989). *Contaminación de aguas naturales, inventario de contaminación, regiones I a la V*. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile.
- Dirección General de Aguas. (1991). *Contaminación de aguas naturales, inventario de contaminación, regiones Metropolitana a la XII*. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile.
- Dirección General de Aguas. (1999). *Política nacional de recursos hídricos*. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile.
- Dirección General de Aguas. (1999). *Balance de la labor desarrollada durante 1998 y planes para 1999*. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile.
- Dirección General de Aguas. (1999). *Organización y funciones MOP* Ministerio de Obras Públicas. <http://www.mop.cl/organización/funciones.htm>
- Fernández-Jáuregui, C. (1999). *El agua como fuente de conflictos: Repaso de los focos de conflictos en el mundo*. Agua y Desarrollo, Revista CIDOB D'Afers Internacionals. N° 45-46, pp. 179-194.
- Garduño, H. (1994). **Efficient water use: a multi-dimensional approach**. En *Efficient water use*. UNESCO-ROSTLAC. Uruguay, pp.17-39.
- Instituto de Ingenieros de Chile. (1990). *Situación actual de la contaminación por aguas servidas domésticas*. Contaminación en Chile. Instituto de Ingenieros de Chile. Santiago, Chile.
- Instituto Nacional de Estadísticas. (1998). *Estadísticas del medio ambiente 1990-1997*. Instituto Nacional de Estadísticas. Santiago, Chile.
- IUFRO. (1998). *El manejo sustentable de los recursos forestales, desafío del siglo XXI*, Primer Congreso Latinoamericano IUFRO. Corporación Nacional Forestal, Valdivia, Chile.
- López, F. et al. 1995. *El papel del bosque en la gestión de cuencas hidrográficas*. En: *Revista Chile Forestal* N° 232, Documento técnico N° 93. Santiago, Chile.
- Ministerio de Medio Ambiente. (1998). *Libro blanco del agua en España*. Centro de estudios de experimentación de Obras Públicas. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España.
- Parra, O. 1996. *El Río Biobío*. Universidad de Concepción, Chile, pp. 83.
- Parra, O. *Significado ambiental de los canales de riego sobre la fauna de peces de sistemas fluviales*. EULA-Universidad de Concepción, Chile, pp.14.
- Peña, H. (1997). *Discurso Sr. Humberto Peña Torrealba*. IV

- Convención Nacional de Usuarios del Agua. Arica, Chile.
- Peña, H. et al. 1990. El Problema de la contaminación de las aguas subterráneas en Chile. Revista de la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica, Vol. 5. Nº 3, pp. 25-42.
- Pizarro, R. (1997). Plan de desarrollo forestal ambiental IV región de Coquimbo. Ministerio de Agricultura, Chile.
- Pizarro, R. (1999). Análisis de la gestión del agua en zonas áridas y semiáridas: una propuesta de actuación. En: Revista CIDOB D'Afers Internacionals, Agua y Desarrollo, Barcelona, España, Nº 45-46, pp. 11-33.
- Postel, S. (1994). Implications for public policy. En Efficient water use. UNESCO-ROSTLAC. Uruguay, pp.121-139.
- Rojas, R. (1999). Aplicación de Wast5 a la parametrización del estado trófico del lago Lanalhue. Tesis de título de Ingeniería Civil en Geografía, Facultad de Ingeniería, Universidad de Santiago, Chile. pp 233.
- Salazar, C. y Soto, M. (1999). Caracterización y monitoreo de sistemas lacustres en Chile. En VI Jornadas del CONAPHI-CHILE. Santiago, Chile.
- Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica, (1999). Memorias del XIV Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica, Agua y medio ambiente. Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica, Universidad de Chile.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios. (1999). Informe anual de coberturas de servicios sanitarios al 31 de diciembre de 1998. Superintendencia de servicios sanitarios. Santiago, Chile.
- Tohá, J. (1999). Discurso inaugural del Ministro de Obras Públicas Sr. Jaime Tohá González. Seminario sobre política nacional de recursos hídricos. Sede FAO, Santiago, Chile.
- UNESCO. 1999. Messages to initiate consultation for the world water vision. World commission on water for the 21st century. World water vision project. París, Francia, pp. 34.
- UNESCO. 1999. Conferencia internacional, Recursos Hídricos de América Latina en el umbral del siglo XXI. VI Jornadas del Comité para el Programa Hidrológico Internacional (PHI). Santiago, Chile.
- UNESCO-ROSTLAC (1986). **Agua, vida y desarrollo.** UNESCO-ROSTLAC. Montevideo, Uruguay.
- Valdovinos, C. et al. Clasificación de la calidad del agua de cinco sistemas lacustres de Chile central sometidos a distintos grados de intervención humana. EULA-Universidad de Concepción, Chile, pp. 21.

Anexo 1: Cuadros Estadísticos

Tabla 1.1

Distribución de las
Precipitaciones
Mensuales a lo largo
del país (mm)

Región	Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
I	Visviri	102,0	74,0	47,0	13,0	3,0	0,4	0,0	4,0	1,0	4,0	13,0	41	302,4
	Putre	82,0	74,0	36,0	5,0	0,6	0,0	0,1	0,9	0,8	0,2	8,0	28	235,6
II	Inacaliri	47,0	33,0	14,0	2,0	3,0	1,0	0,4	0,3	2,0	0,7	1,0	3	107,4
	San Pedro	7,0	10,0	4,0	0,3	1,0	1,0	0,0	0,1	1,0	1,0	0,0	0,2	25,6
III	Vallenar	0,0	0,0	0,0	1,0	4,0	5,0	7,0	8,0	3,0	1,0	0,0	0,0	29,0
	Potrerillos	0,0	1,0	0,7	0,9	0,7	5,0	3,0	1,0	0,1	0,0	0,0	0,0	12,4
IV	La Serena	0,1	0,0	1,0	1,0	15,0	21,0	16,0	16,0	7,0	2,0	0,3	0,5	79,9
	Los Nichos	0,3	0,1	0,3	5,0	14,0	31,0	29,0	21,0	5,0	1,0	0,1	1,0	107,8
V y RM	Santiago	0,6	1,0	3,0	13,0	45,0	71,0	69,0	48,0	24,0	11,0	8,0	2,0	295,6
	Valparaíso	1,0	0,0	3,0	16,0	57,0	113,0	89,0	65,0	25,0	9,0	4,0	3,0	385,0
VI	Coya	3,0	1,0	9,0	37,0	114,0	156,0	157,0	93,0	55,0	28,0	17,0	11,0	681,0
	Rapel	2,0	0,4	10,0	26,0	99,0	155,0	137,0	111,0	47,0	29,0	11,0	6,0	633,4
VII	Nirivilo	4,4	4,1	12,3	52,1	153,0	194,5	184,7	104,3	68,5	37,9	19,9	9,9	845,6
	Armerillo	22,0	13,0	36,0	132,0	366,0	515,0	523,0	341,0	207,0	134,0	75,0	57,0	2.421,0
VIII	Concepción	23,0	15,0	26,0	62,0	183,0	226,0	231,0	166,0	91,0	67,0	38,0	30,0	1.158,0
	Ctral.Abanico	52,0	52,0	64,0	142,0	358,0	369,0	362,0	281,0	184,0	129,0	104,0	86,0	2.183,0
IX	Temuco	48,0	37,0	46,0	90,0	171,0	196,0	214,0	158,0	108,0	75,0	62,0	60,0	1.265,0
	Villarica	80,0	62,0	61,0	139,0	323,0	327,0	344,0	300,0	164,0	142,0	120,0	91,0	2.153,0
X	Valdivia	78,0	53,0	79,0	157,0	379,0	340,0	406,0	312,0	204,0	115,0	103,0	76,0	2.302,0
	Huahum frnt.	82,0	67,0	86,0	138,0	385,0	378,0	362,0	300,0	202,0	112,0	133,0	114,0	2.359,0
XI	Puyuhuapi	240,0	189,0	212,0	278,0	413,0	408,0	443,0	417,0	325,0	246,0	215,0	229,0	3.615,0
	Puerto Aisén	204,0	170,0	191,0	232,0	327,0	260,0	300,0	314,0	222,0	181,0	187,0	210,0	2.798,0
XII	Puerto Edén	244,0	265,0	256,0	276,0	368,0	209,0	201,0	232,0	213,0	164,0	228,0	251,0	2.907,0
	Oazy Harb.	28,0	18,0	24,0	22,0	22,0	17,0	16,0	15,0	12,0	14,0	20,0	30,0	238,0

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

Tabla 1.2

Principales
ecosistemas
dulceacuícolas

Fuente: Balance
Hídrico de Chile, DGA
1987.

Región	Cuenca	Superficie (km ²)	Precipitación media	
			m ³ /s	mm/año
I	Río San José antes B.T. Azapa	3.070	5,8	156,0
	Entre Pampa del Tamarugal y Quebrada de Cahuisa	18.005	27,3	47,9
II	Río Loa – Río Loa Después Juntar San Salvador	33.865	42,6	39,6
III	Entre Río Copiapo y Quebrada Paipote	18.800	56,1	94,1
	Entre Río Huasco y Río Carmen Enramadilla	9.857	54,8	175,0
IV	Entre Río Limarí y Río Cogotí en entrada emb. Cogotí	11.760	102,0	274,0
	Entre Río Choapa y Estero la Canela	7.600	78,6	326,0
V	Entre Río Aconcagua y Río Aconcagua en Chacabuquito	7.575	127,0	529,0
	Entre Río Maipo y Estero Arrayán en la Montosa	15.157	319,0	663,0
VI	Entre Río Rapel y Est. Alhue en Quilamuta	13.710	417,0	960,0
	Costera entre Río Rapel y límite regional, y costera entre límite regional y Río Mataquito	4.130	90,5	691,0
VII	Entre Río Mataquito y Est. Upeo en Upeo	6.312	283,0	1.413,0
	Costera entre Río Mataquito y Río Maule – Río Putagan en Yervas Buenas	20.865	973,0	1.471,0
VIII	Entre Río Itata y Río Itata en Nueva Aldea	11.385	568,0	1.550,0
	Entre Río Bio Bio y Río Malleco en Collpilli	27.782	1.486,0	1.891,0
IX	Entre Río Imperial y Río Cholchol en Cholchol	12.085	628,0	1.638,0
	Entre Río Tolten y Río Donguil en Gorbea	8.040	732,0	2.870,0
X	Entre Río Valdivia y Río San Pedro en desagüe lago Riñique	11.320	960,0	2.674,0
	Entre Río Bueno y Río Pilmaiquen en San Pablo	15.297	1.137,0	2.344,0
XI	Entre Río Aysén y Río Blanco después juntar Río Riesco	11.427	813,0	2.244,0
	Entre Río Baker y Río Baker Bajo junta Río Colonia	26.726	1.491,0	1.759,0
XII	Entre Río Serrano y Río Serrano antes junta con Grey	8.511	293,0	1.086,0
	Islas entre límite regional Canal Ancho y Estrecho de la Concepción e islas entre estrecho de la Concepción Canal Sarmiento y Estrecho de Magallanes	21.663	2.895,0	4.214,0

2

Tabla 1.3

Consumos sectoriales
por región (m³/s)

I Región			
SECTOR	1990	1993	1999
AGRÍCOLA	39,5	40,1	41,5
AGUA POTABLE	12,6	13,4	15,4
INDUSTRIAL	13,4	14,4	16,8
MINERÍA	12,6	14,0	17,4
ENERGÍA	6,8	9,7	19,7

II Región			
SECTOR	1990	1993	1999
AGRÍCOLA	6,4	6,4	6,4
AGUA POTABLE	9,5	9,9	10,8
INDUSTRIAL	8,8	10,3	14,0
MINERÍA	52,5	56,6	65,7
ENERGÍA	0,0	0,0	0,0

III Región			
SECTOR	1990	1993	1999
AGRÍCOLA	62,7	65,9	72,8
AGUA POTABLE	7,3	7,7	8,6
INDUSTRIAL	3,7	4,6	6,9
MINERÍA	109,8	114,8	125,5
ENERGÍA	16,8	19,5	26,3

IV Región			
SECTOR	1990	1993	1999
AGRÍCOLA	508,0	499,2	481,9
AGUA POTABLE	9,7	10,5	12,4
INDUSTRIAL	1,5	1,8	2,7
MINERÍA	13,2	13,8	15,0
ENERGÍA	10,5	14,4	27,3

V Región			
SECTOR	1990	1993	1999
AGRÍCOLA	508,0	499,2	481,9
AGUA POTABLE	9,7	10,5	12,4
INDUSTRIAL	1,5	1,8	2,7
MINERÍA	13,2	13,8	15,0
ENERGÍA	10,5	14,4	27,3

Región Metropolitana			
SECTOR	1990	1993	1999
AGRÍCOLA	1273,3	1292,7	1332,3
AGUA POTABLE	166,1	178,6	206,7
INDUSTRIAL	76,3	86,7	112,0
MINERÍA	3,8	3,9	4,2
ENERGÍA	1183,1	1362,1	1805,6

VI Región			
SECTOR	1990	1993	1999
AGRÍCOLA	1542,9	1599,0	1717,2
AGUA POTABLE	15,6	16,8	19,7
INDUSTRIAL	6,7	8,2	12,2
MINERÍA	83,9	86,5	92,0
ENERGÍA	3059,9	3270,7	3736,9

VII Región			
SECTOR	1990	1993	1999
AGRÍCOLA	1527,3	1654,9	1942,9
AGUA POTABLE	15,9	17,0	19,5
INDUSTRIAL	19,9	22,8	29,9
MINERÍA	0,0	0,0	0,0
ENERGÍA	8338,6	8860,0	10002,7

VIII Región			
SECTOR	1990	1993	1999
AGRÍCOLA	819,2	855,7	933,6
AGUA POTABLE	26,5	28,8	34,0
INDUSTRIAL	349,1	392,5	496,1
MINERÍA	13,0	13,2	13,7
ENERGÍA	1808,0	2472,1	4621,6

IX Región			
SECTOR	1990	1993	1999
AGRÍCOLA	51,3	74,2	155,3
AGUA POTABLE	9,0	9,6	10,9
INDUSTRIAL	1,6	2,0	3,0
MINERÍA	0	0	0
ENERGÍA	0	0	0

X Región			
SECTOR	1990	1993	1999
AGRÍCOLA	0	0	0
AGUA POTABLE	14,1	15,2	17,7
INDUSTRIAL	17,8	22,3	34,9
MINERÍA	17,2	18,0	19,6
ENERGÍA	1876,2	2860,5	6649,0

XI Región			
SECTOR	1990	1993	1999
AGRÍCOLA	0	0	0
AGUA POTABLE	2,5	2,5	2,5
INDUSTRIAL	0,4	0,5	0,6
MINERÍA	201,8	213,4	238,5
ENERGÍA	70,1	156,1	774,7

XII Región			
SECTOR	1990	1993	1999
AGRÍCOLA	0,7	0,8	1,2
AGUA POTABLE	4,6	4,8	5,3
INDUSTRIAL	31,3	32,7	35,7
MINERÍA	2,0	2,2	2,6
ENERGÍA	0	0	0

Nacional			
SECTOR	1990	1993	1999
AGRÍCOLA	6189,8	6550,7	7336,8
AGUA POTABLE	329,2	354,0	409,5
INDUSTRIAL	565,4	639,6	818,6
MINERÍA	518,4	546,0	605,8
ENERGÍA	14267,4	19236,6	34970,0

Fuente: Dirección General de Aguas.

Los valores de los años 1990 y 1999 fueron extrapolados e interpolados, respectivamente, suponiendo tasas de decremento e incremento constantes a partir de los datos de la DGA estimados para 1993 y 2015. Las demandas proyectadas para el sector energético se estimaron sin ponderar la entrada del gas natural como alternativa para la generación termoelectrica.

Tabla 1.4

Distribución del uso consuntivo en el ámbito nivel regional.

Fuente: Dirección General de Aguas, 1999.

REGIÓN	Uso consuntivo (%)			
	Riego	Agua Potable	Industria	Minería
I	49	16	18	17
II	11	18	19	52
III	34	4	2	60
IV	95	2	1	2
V	84	6	6	4
RM	82	10	6	2
VI	92	2	1	5
VII	98	2	2	0
VIII	75	2	23	0
IX	85	13	2	0
X	0	24	56	20
XI	0	2	1	97
XII	1	4	54	41

2

Tipo de Estación	Número de estaciones	
	1989	1999
Pluviométrica	179	140
Termopluviométrica	32	36
Sinópticas	11	6
Aeronáuticas	4	3
Sinópticas/ Aeronáuticas	35	32
Climatológicas	22	*15
Agrometeorológicas	6	54
TOTAL	289	271

Tabla 1.5

Estaciones de medición de la Dirección Meteorológica de Chile. 1989 y 1999.

Fuente: Dirección Meteorológica de Chile, 1999.

* Incluye 3 estaciones automáticas.

Tabla 1.6

Estaciones pluviométricas de la DGA, por región. 1990 y 1999.

Fuente: Elaboración propia, a partir de información proporcionada por la DGA, 1999.

TIPO DE ESTACIÓN	Con Limnómetro		Con Limnógrafo		Con Data-logger*		Con Plataforma Colectora de Datos Via Satelital		Con Control de Sedimentos	
	31/12/90	27/08/99	31/12/90	27/08/99	31/12/90	27/08/99	31/12/90	27/08/99	31/12/90	27/08/99
REGIÓN										
I	26	33	24	28	-	1	-	1	-	1
II	20	33	15	19	-	1	-	-	3	3
III	25	28	25	25	-	-	-	2	3	3
IV	39	46	33	35	-	24	-	3	7	8
V	20	21	14	14	-	7	-	3	6	6
VI	10	10	9	9	-	8	-	3	2	1
VII	32	34	32	27	-	19	-	11	5	5
VIII	36	43	22	37	-	4	-	2	9	10
IX	31	35	24	28	-	24	-	2	9	9
X	16	21	10	15	-	21	-	-	-	1
XI	20	29	18	27	-	15	-	-	-	-
XII	21	21	20	19	-	21	-	2	3	7
R.M.	19	20	19	19	-	11	-	2	6	6

* Data-logger: instrumento electrónico que acumula datos en forma digital. La información que almacena depende del o de los sensores que se conecten al instrumento. En la primera fase sólo se han conectado sensores de presión, lo que lo transforma en un limnógrafo digital o registrador de alturas de nivel de aguas.

Tabla 1.7

Estaciones meteorológicas DFA, por región. 1990 y 1999.

Fuente: Elaboración propia, a partir de información proporcionada por la DGA, 1999.

TIPO EST.	Meteorológica 1er. Orden		Termopluvio-evaporimétrica		Pluvio-evaporimétrica		Pluviográfica		Pluviométrica		Nivométrica		Nivométrica con DCP**		Ruta de Nieve	
	31/12/90	27/08/99	31/12/90	27/08/99	31/12/90	27/08/99	31/12/90	27/08/99	31/12/90	27/08/99	31/12/90	27/08/99	31/12/90	27/08/99	31/12/90	27/08/99
I	4	6	5	5	1	1	1	1	29	30	-	-	-	-	-	-
II	5	4	17	11	3	-	2	-	9	18	-	-	-	-	-	-
III	3	8	3	3	1	-	1	-	11	13	2	3	-	-	-	-
IV	4	4	10	10	-	-	3	3	30	32	7	6	2	3	4	4
V	2	2	4	4	-	-	2	2	25	35	1	1	-	1	1	1
VI	2	2	-	-	4	4	2	3	9	9	3	3	-	1	1	1
VII	5	5	2	2	4	4	2	3	14	29	2	1	-	1	2	2
VIII	1	1	5	5	5	5	1	1	20	32	1	1	-	-	6	6
IX	2	2	10	12	-	-	3	3	23	30	-	-	-	-	-	-
X	1	2	-	1	6	10	-	6	1	20	-	-	-	-	-	-
XI	-	7	-	4	-	6	-	-	12	8	-	-	-	-	-	-
XII*	3	4	1	14	-	-	-	-	16	12	-	-	-	-	1	1
R.M.	5	5	4	4	-	-	3	3	23	23	4	3	-	1	7	4

* 2 estaciones del tipo termopluviométricas c/DCP al 27/08/99 incorporadas recientemente.

** Con DCP: con plataforma colectora de datos via satelital

Tabla 1.8

Estaciones de calidad de aguas DGA, por región. 1990 y 1999.

Fuente: Elaboración propia, a partir de información proporcionada por la D.G.A.

TIPO DE ESTACIÓN	Calidad de Agua		Calidad de Agua c/Sonda Solomat*		Agua-Calc**		Pozos c/C.A.***		Pozos	
	31/12/90	27/08/99	31/12/90	27/08/99	31/12/90	27/08/99	31/12/90	27/08/99	31/12/90	27/08/99
I	-	-	-	35	-	2	85	82	-	1
II	18	-	-	20	-	2	8	15	-	1
III	15	-	-	17	-	2	83	81	16	10
IV	39	-	-	48	-	3	123	122	-	10
V	24	-	-	32	-	1	103	127	-	7
VI	4	1	-	-	-	1	80	72	1	5
VII	18	-	-	22	-	2	-	-	-	5
VIII	20	38	-	19	-	3	-	5	-	5
IX	22	-	-	21	-	2	-	-	-	-
X	-	-	-	25	-	2	-	-	-	5
XI	20	-	-	20	-	2	-	-	-	-
XII	20	-	-	25	-	2	-	-	-	-
R.M.	25	-	-	25	-	1	94	94	15	15

* Sonda Solomat: instrumento electrónico de última generación que sirve para medir en terreno diversos parámetros de calidad de agua, entre ellos Ph, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, etc.

** Agua Calc: instrumento electrónico que conectado con molinetes tradicionales, permite almacenar y calcular en forma digital las mediciones de caudal o aforos.

***c/C.A. : Con calidad de agua

Tabla 1.9

Población servida según destino descargas del sistema de alcantarillado. 1990.

Fuente: Instituto de Ingenieros de Chile.

Región	Población servida según destino descargas	
	Rios y Esteros	Mar
I	4.212	271.260
II	73.157	179.632
III	1.664.492	15.832
IV	73.932	177.464
V	356.531	5.858.888
VI	249.328	0
VII	321.119	14.388
VIII	428.892	251.926
IX	261.448	0
X	194.577	65.768
XI	25.826	3.786
XII	0	129.411
R.M.	4.483.520	0
Total	6.639.034	1.695.355

Tabla 1.10

Nuevas plantas de tratamiento de aguas servidas y año entrada 1990-1998. (Número plantas que sirven más de 1000 habitantes)

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios, 1999.

Año entrada	Plantas (n°)
1990	0
1991	10
1992	13
1993	2
1994	3
1995	10
1996	14
1997	8
1998	30

2

Tabla 1.11

Presupuesto Inversión DGA. (Miles \$ año 1999)

Fuente: Dirección General de Aguas, 1999.

Año	Presupuesto
1990	811.517
1991	909.936
1992	1.088.060
1993	1.359.497
1994	1.977.257
1995	2.168.852
1996	2.506.830
1997	2.676.691
1998	2.569.352
1999	1.486.416

Tabla 1.12

Demandas sectoriales de agua por región y nacional. 1993 y 2015. (m3/s)

I Región		
SECTOR	1993	2015
AGRÍCOLA	40,1	45,3
AGUA POTABLE	13,4	22,1
INDUSTRIAL	14,4	25,2
MINERÍA	14,0	31,3
ENERGÍA	9,7	129,4

III Región		
SECTOR	1993	2015
AGRÍCOLA	65,9	94,8
AGUA POTABLE	7,7	11,7
INDUSTRIAL	4,6	20,7
MINERÍA	114,8	159,0
ENERGÍA	19,5	58,5

V Región		
SECTOR	1993	2015
AGRÍCOLA	461,9	535,8
AGUA POTABLE	39,5	70,7
INDUSTRIAL	40,4	76,8
MINERÍA	9,6	14,5
ENERGÍA	211,4	367,1

II Región		
SECTOR	1993	2015
AGRÍCOLA	6,4	6,4
AGUA POTABLE	9,9	13,6
INDUSTRIAL	10,3	32,0
MINERÍA	56,6	97,9
ENERGÍA	0,0	0,4

IV Región		
SECTOR	1993	2015
AGRÍCOLA	499,2	438,7
AGUA POTABLE	10,5	19,4
INDUSTRIAL	1,8	7,7
MINERÍA	13,8	18,6
ENERGÍA	14,4	150,0

Región Metropolitana		
SECTOR	1993	2015
AGRÍCOLA	1292,7	1444,0
AGUA POTABLE	178,6	304,7
INDUSTRIAL	86,7	222,0
MINERÍA	3,9	5,1
ENERGÍA	1362,1	3828,2

VI Región		
SECTOR	1993	2015
AGRICOLA	1599,0	2076,9
AGUA POTABLE	16,8	29,7
INDUSTRIAL	8,2	35,5
MINERÍA	86,5	108,1
ENERGÍA	3270,7	5331,3

VIII Región		
SECTOR	1993	2015
AGRICOLA	855,7	1177,7
AGUA POTABLE	28,8	52,9
INDUSTRIAL	392,5	926,8
MINERÍA	13,2	15,1
ENERGÍA	2472,1	24512,8

X Región		
SECTOR	1993	2015
AGRICOLA	0,0	0,0
AGUA POTABLE	15,2	26,3
INDUSTRIAL	22,3	115,6
MINERÍA	18,0	24,7
ENERGÍA	2860,5	63040,1

XII Región		
SECTOR	1993	2015
AGRICOLA	0,8	3,4
AGUA POTABLE	4,8	6,8
INDUSTRIAL	32,7	45,3
MINERÍA	2,2	3,9
ENERGÍA	0,0	0,0

VII Región		
SECTOR	1993	2015
AGRICOLA	1654,9	2980,4
AGUA POTABLE	17,0	28,1
INDUSTRIAL	22,8	62,1
MINERÍA	0,0	0,0
ENERGÍA	8860,0	13823,1

IX Región		
SECTOR	1993	2015
AGRICOLA	74,2	1113,2
AGUA POTABLE	9,6	15,3
INDUSTRIAL	2,0	9,5
MINERÍA	0,0	0,0
ENERGÍA	0,0	5395,2

XI Región		
SECTOR	1993	2015
AGRICOLA	0,0	7,2
AGUA POTABLE	2,5	2,4
INDUSTRIAL	0,5	1,0
MINERÍA	213,4	321,0
ENERGÍA	156,1	55502,2

Nacional		
SECTOR	1993	2015
AGRICOLA	6550,7	9925,4
AGUA POTABLE	354	603,6
INDUSTRIAL	639,6	1580,4
MINERÍA	546	799,2
ENERGÍA	19236,6	172138

Fuente: Dirección General de Aguas, 1999.

Anexo 2: Investigación en Recursos Hídricos realizada en Chile

Este anexo ofrece una rápida síntesis sobre la investigación que se realiza en Chile con relación a los recursos hídricos.

De un análisis de las actas del XIV Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica, que se realizó en Santiago de Chile en octubre de 1999, se puede extraer el conjunto de estudios relevantes que se especifica a continuación.

En el área de la Hidrología Subterránea existen múltiples investigaciones, entre las cuales se pueden mencionar: "Atenuación natural de contaminantes en aguas subterráneas", de C. Espinoza; "Análisis comparativo del flujo unidimensional y bidimensional en un medio poroso no saturado", de C. Espinoza y P. Herrera (Investigadores de la Universidad de Chile); "Evaluación de cinco funciones de relaciones hídricas", de C. Bonilla; "Análisis experimental y modelación numérica de la lixiviación ácida de aglomerados de relave", de P. Rodríguez y J. Muñoz (Académicos de la Pontificia Universidad Católica de Chile).

Por otro lado, en el área de la Hidrología Superficial, algunos de los estudios realizados son: "Incorporación de la incertidumbre en la determinación del riesgo hidrológico de falla de obras hidráulicas", de F. Harambour y X. Vargas; "Pronóstico de las precipitaciones invernales sobre la cordillera de la zona centro-sur de Chile", de J. Vergara; "Uso de redes neuronales para la simulación de caudales en cuencas pluviales", de X. Vargas y P. Anguita (Académicos de la Universidad de Chile); "Lluvias de diseño de sistemas de aguas lluvias en Chile", de C. Stappung; y "Períodos de retorno de diseño de sistemas de aguas lluvias en Chile", de C. Stappung. (Investigadores de la Dirección de Obras Hidráulicas, del Ministerio de Obras Públicas); "Propuesta de un modelo matemático para la generación de leyes regionales precipitación-escorrentía", de R. Pizarro e I. López (Académicos de la Universidad de Talca, Chile y Universidad Politécnica de Madrid, España, respectivamente).

En el área de Análisis de Sistemas Ambientales se pueden destacar "Simulación Monte Carlo y ecuaciones estocásticas en la modelación de la calidad de agua", de A. López; "Simulación de calidad de aguas del lago Villarrica", de J. Vargas y C. Pérez; "Estimación del coeficiente de reaireación y dispersión longitudinal", de O. Link, J. Vargas y C. Alarcón. (Académicos de la Universidad de Concepción).

En tanto, en las áreas de Obras Hidráulicas, como Hidráulica Fluvial y Marítima, algunos de los estudios realizados son: "Análisis hidrodinámico de la desembocadura del río Mataquito mediante el modelo Mike-21", de F. Collado y J. Hernández; "Ca-

racterización mecánica fluvial del río Mapocho rural", de L. Estellé (Investigador del Instituto Nacional de Hidráulica); "Metodología para el análisis de riesgo en estructuras hidráulicas", de J. Arumí. (Académico de la Universidad de Concepción); y "Estimación del caudal útil de extracción de bocatomas de cauces de régimen pluvial", de L. Stowhas y J. Hormaechea (Académicos de la Universidad Técnica Federico Santa María).

Otro agente importante que promueve la presentación de investigaciones relativas al agua, es el Programa Hidrológico Internacional (PHI), a través de las jornadas que realiza el Comité Chileno. Así, se pueden destacar los trabajos presentados en las VI Jornadas de Trabajo correspondientes al año 1999. Los trabajos presentados fueron agrupados en cuatro grandes áreas, a saber, Evaluación y monitoreo de recursos hídricos; Agua y medio ambiente; Gestión de los recursos hídricos: Aspectos legales y económicos, y Educación y recursos hídricos.

En el área de Evaluación y monitoreo de los recursos hídricos, se pueden destacar, entre otras, las siguientes investigaciones: "Clasificación hidrogeoquímica de las aguas fluviales y subterráneas de la cuenca hidrográfica del Río Claro, del cuadrángulo Yumbel, VIII Región del Bío Bío, Chile", de L. González y A. Silva. (Universidad de Concepción); "Macroinvertebrados Bentónicos como indicadores de Calidad de Agua", de R. Figueroa, E. Araya, O. Parra y C. Valdovinos. (EULA y Universidad de Concepción); "Calidad de aguas en tres microcuencas de la IX Región de Chile", de M. Diez. (Universidad de la Frontera); "Monitoreo y cuantificación de los procesos hídricos en una cuenca andina de la IX Región de Chile", de A. Iroumé, A. Huber, C. Salazar y A. Arriagada. (Universidad Austral y DGA); "Indicadores biológicos de ecosistemas marinos en los programas de monitoreo ambiental", de E. Soto y G. Leighton (Universidad de Valparaíso); "Caracterización multielemental y simultánea del material particulado suspendido en columnas de agua de ríos con la técnica PIXE", de M. Sobarzo, X. Molina e I. Vila. (Universidad de Chile); e "Intercepción de lluvias por cubierta de bosques y su efecto en los caudales de crecida", de A. Iroumé, A. Huber, C. Salazar y A. Arriagada (Universidad Austral y DGA).

Del mismo modo, en el área Agua y Medio Ambiente, se pueden destacar los siguientes artículos: "Consecuencias de las plantaciones forestales sobre la disponibilidad del recurso hídrico en suelos rojos arcillosos de la zona de Collipulli, IX Región, Chile", de A. Huber y R. Trecaman (Universidad Austral de Chile); "Evaluación cuantitativa de la erosión hídrica superficial en los suelos desnudos de la precordillera

andina y valle Central de la VII Región”, de R. Pizarro y H. Cuitiño (Universidad de Talca); “Recuperación de aguas servidas mediante el tratamiento Suelo-Acuífero”, de E. Brown, M. Pía Mena, C. Espinoza y G. Castillo (Universidad de Chile); “Metodología incremental para la asignación de caudales mínimos aconsejables, IFIM”, de C. Espinoza, X. Vargas y M. Pardo (Universidad de Chile y DGA); “Contaminación de los recursos hídricos en la zona Central de Chile”, de J. Cancino, C. Bonilla y G. Donoso (Pontificia Universidad Católica de Chile); y “Tramas tróficas y su importancia en estudios hidrológicos integrales. Aplicación al río Polcura”, de M. López, A. Vargas y G. Lobos (Universidad de Chile).

Por otro lado, en el área de Gestión de los Recursos Hídricos, Aspectos legales y económicos, se pueden destacar los siguientes títulos: “Bases para el análisis del Mercado y Derechos de Aprovechamiento de Aguas en la Cuenca del río Maipo”, de M. Alicera, E. Brown y J. Doña (Universidad de Chile); “Mercado de Derechos de Aprovechamiento de Aguas y Producción de Agua Potable para Santiago”, de A. Grilli (Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias S.A.); “Cuentas Ambientales del Recurso Agua: Una Aplicación Piloto”, de A. Zúñiga (Pontificia Universidad Católica de Chile); y “Conservación de la Biodiversidad Acuática por el Servicio Nacional de Pesca”, de D. Garland, B. Ramírez y C. Orrego (Servicio Nacional de Pesca).

En tanto, en la línea de Educación y Recursos Hídricos, entre los principales estudios llevados a cabo destacan: “Inicio de la Asignatura de Hidrología en el Aula Virtual”, de O. Link, J. Vargas y V. Cerón (Universidad de Concepción); y “Educación en Internet, Implementación Básica de un Sitio”, de M. Contreras y X. Vargas (Universidad de Chile).

Por otra parte, en el ámbito nacional existen variados centros de investigación y grupos de trabajo, que constantemente están desarrollando investigaciones ligadas a los recursos hídricos. Así y a modo de ejemplo, el Centro EULA-Chile, dependiente de la Universidad de Concepción, ha realizado una serie de estudios relacionados principalmente con la VIII Región del país, entre los cuales destacan “El Río Bío Bío”, en el cual se describe la importancia que juega dicho río en el desarrollo económico y social de la Región; “Significado ambiental de los canales de riego sobre la fauna de peces de sistemas fluviales”, en el que se describen los efectos ecológicos de la construcción y operación de canales de riego y se formulan propuestas tendientes a disminuir los impactos negativos; “Biodiversidad fitoplanctónica en el sistema de lagos Araucanos

en el sur de Chile”, en el cual identifica los principales factores que influyen en el desarrollo de las comunidades fitoplanctónicas de este sistema de lagos; “Clasificación de la calidad del agua de cinco sistemas lacustres de Chile central sometidos a distintos grados de intervención humana”, en el cual se realiza una evaluación cuantitativa del grado de contaminación de los cuerpos de agua; “Diagnóstico de la calidad del agua del río Damas, aplicación del modelo de calidad de agua QUAL2E, uso del suelo y producción hídrica”; y “Una aproximación para la evaluación de la contaminación difusa en el río Damas, X Región, Chile”.

Otros grupos de estudio que deben destacarse son los conformados por investigadores de la U. de Chile en materias referidas a agricultura y cambio climático, climatología y física de nubes, y caudales ecológicos. En la Universidad de Talca destacan estudios en hidrología de superficie, hidrología forestal y regadíos. En la Universidad Católica de Chile, destacan grupos de investigadores ligados a la hidráulica fluvial y la hidrología estadística y estocástica. En la Universidad Austral de Chile, se posee una importante experiencia en limnología, constituyendo un centro de investigación de primer nivel en el país en estas materias.

La tabla 1 y la figura 1, ambas insertas en este anexo, muestran cómo han ido evolucionando algunos indicadores indirectos del peso relativo de la investigación aplicada en Chile bajo el alero de la Dirección General de Aguas (DGA). La tabla 1 indica el número de publicaciones por año, entre 1960 y 1999, ligadas a proyectos de investigación aplicada que ha llevado a cabo la DGA.

Si se acepta el supuesto de que el presupuesto de inversión del servicio –que incluye la inversión en la red hidrometeorológica de la DGA– es un indicador razonable del gasto en investigación y desarrollo, se podría concluir que el esfuerzo en estas partidas ha crecido sostenidamente entre 1990 y 1997 para disminuir levemente en 1998 y drásticamente en 1999 según se puede observar en el gráfico de la figura 1. Hasta 1997, el presupuesto de inversión ha permitido la implementación de gran cantidad de estaciones, con tecnologías cada vez mejores, para la recolección de datos estadísticos además de hacer más eficiente la gestión de los recursos humanos de la institución cuya dotación es, prácticamente, la misma para todo el período.

La unidad encargada de medio ambiente de la Subsecretaría de Pesca define cinco áreas de investigación para la disminución, prevención y/o remediación de efectos indeseables y atentatorios

para la conservación de los recursos naturales: procesos eutrofizantes de los cuerpos de aguas continentales de la IX a la XI Región, efecto ambiental de la acuicultura, pesca deportiva y siembras de repoblamiento, introducción y transporte transzonal de especies hidrobiológicas, y establecimiento de parques y reservas marinas. Proyectos coherentes con la definición anterior han sido sometidos al Fondo de Investigación Pesquera (FIP) y al Banco Integrado de Proyectos (BIP).

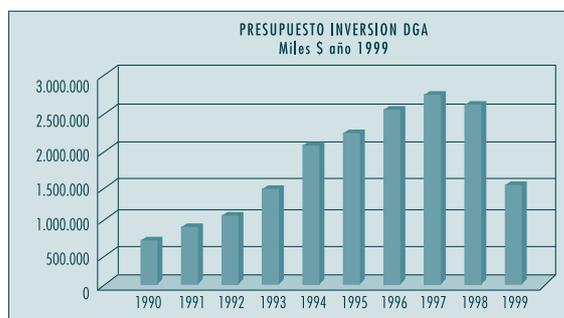
La tabla 2 identifica algunos de los proyectos de investigación en acuicultura de importancia que han sido realizados entre 1994 y 1997 con financiamiento del FIP. La tabla 3 presenta un listado de los lagos araucanos y norpatagónicos estudiados entre 1993 y 1997 con relación a capacidad de carga y balance de fósforo y nitrógeno.

Por último, cabe destacar que durante los últimos años, el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) ha fortalecido su línea de trabajo en el campo de la hidrogeología, con el fin de incrementar el conocimiento de los factores que rigen o condicionan la presencia del agua subterránea en determinados ambientes geológicos, sus ca-

Figura 1

Presupuesto de inversión D.G.A. 1990-1999.

Fuente: Tabla 1.11 anexo 1



Todos estos trabajos cuentan con mapas temáticos que describen las potencialidades hidrogeológicas tanto de las unidades de relleno sedimentario como de las rocas, incluyendo una acabada representación de las características fisicoquímicas de las aguas que conforman las diferentes cuencas y/o subcuencas en estudio, información que sin duda resulta determinante en el establecimiento de oportunas y necesarias políticas de gestión del recurso hídrico subterráneo.

Interesa destacar que este Servicio en la última década ha conformado un activo cuerpo de profesionales, geólogos y geofísicos, con dedicación exclusiva a las investigaciones hidrogeológicas. Un porcentaje importante de los estudios ya realizados se sitúan en zonas áridas de nuestro país, por tanto se enmarcan muy bien en el ámbito de estudios e investigaciones que se realizarán en el Centro. Por lo demás Sernageomin cuenta con un Laboratorio Químico, con tecnología de punta, en el cual se ejecutan todos los análisis fisicoquímicos requeridos. Además se cuenta con sedes regionales a lo largo de todo Chile que facilitan el desarrollo de los trabajos de campo al contar con choferes y camionetas todo terreno. Por último, Sernageomin posee instrumentación geofísica destinada a caracterizar y/o ayudar al conocimiento de algunos parámetros hidrogeológicos básicos, junto a la determinación de la morfología del basamento impermeable de las cuencas en estudio. Estos elementos, entendemos estarían disponibles para ser utilizados durante nuestras actividades en eventuales proyectos del Centro. Todo ello sin desatender la disponibilidad de procedimientos computacionales para la producción cartográfica de mapas temáticos.

Tabla 1

Investigación y Desarrollo – Publicaciones 1960-1999

Fuente: Dirección General de Aguas, 1999.

Periodo	Publicaciones
1960-1969	2
1970-1979	68
1980-1989	43
1990-1999	166

racterísticas en términos de los volúmenes almacenados, propiedades fisicoquímicas de las aguas, rendimiento de las obras de captación, comportamiento frente a las extracciones, vulnerabilidad a la contaminación. Los primeros trabajos hidrogeológicos fueron la Hoja Rancagua (Hauser, 1990) y la Hoja Talca (Hauser, 1995). Durante los últimos cinco años se han ejecutado y finalizado varios trabajos, tales como: "Hidrogeología de la Cuenca Laguna del Negro Francisco" (Iriarte et al., 1998), "Mapa Geoambiental preliminar del área de Puerto Montt. Recursos Hidrogeológicos" (SERNAGEOMIN, 1998), "Hidrogeología del valle del río Copiapó segmento Embalse Lautaro-Piedra Colgada" (Aguirre, et al., 1999) e "Hidrogeología de la Cuenca del Salar de Maricunga" (Iriarte, 1999).-

Tabla 2

Proyectos de investigación en acuicultura financiados por el Fondo de Investigación Pesquera. 1994-1997.

Fuente: Subsecretaría de Pesca, 1998.

Nombre del proyecto	Año
● Evaluación de los sistemas de tratamiento de agua en cultivos de ambiente controlado	1994
● Evaluación del efecto de mitigación del aporte de nutrientes al medio al desarrollar policultivos de especies salmonídeas, moluscos y algas	1994
● Evaluación de impacto ambiental del fósforo proveniente de los alimentos utilizados en salmonicultura	1994
● Evaluación de filtros para tratamiento de efluentes de pisciculturas	1994
● Normas para el diseño y manejo de una unidad de cuarentena	1995
● Evaluación de salmonídeos de vida libre existentes en las aguas interiores de las regiones X y XI	1995
● Caracterización de la reproducción de salmonídeos y de los principales impactos ecosistémicos en cuatro cuencas hidrológicas del sur	1997

2

Tabla 3

Lagos araucanos y nortapatagónicos estudiados en cuanto a capacidad de carga y balance de fósforo y nitrógeno. 1993-1997

Fuente: Subsecretaría de Pesca, 1998.

CUERPO DE AGUA	AÑO
Lago Rupanco	1993
Lago Rinihue	1996
Lago Natri	1996
Lago Huillinco	1996
Lago Tarahuin	1996
Lago Tepuhueico	1996
Lago Cucao	1997
Lago Riesco	1997
Lago Los Palos	1997
Laguna Escondida	1997
Lago Calafquén	1997
Laguna San Antonio	1997
Lago Chapo	1997
Lago Popetán	1997
Lago Yelcho	1997

