



Recursos Hídricos Chile 2010



FUNDACIÓN
FEMSA



ADVERTENCIA

El Centro del Agua para América Latina y el Caribe, autoriza la reproducción sin alteraciones del material contenido en este artículo solicitando autorización por escrito, siempre y cuando sea sin fines de lucro y citando la fuente.

La información que aparece en el presente documento, es responsabilidad de sus autores y no constituyen la expresión de ningún tipo de opinión de parte de el Centro del Agua para América Latina y el Caribe con respecto a la situación del país o de sus autoridades.

TÍTULO

Recursos Hídricos – Chile 2010

AUTOR

Jorge Nuñez Cobo
Guido Soto Alvarez
Chile

EDITORES

Fernando Peralta
Marcelo Olivares
Ximena Vargas
Ernesto Pastén Zapata
Cruz Delia Frías Llamas

CONTACTO

Para cualquier sugerencia o comentario favor de comunicarse al teléfono: (52) 81 8358.2000 ext. 5561 o a través del correo electrónico: info@centrodelagua.org

IMAGEN DE PORTADA

“Parque Conquillio”, Paul Maidstone , 2005.



Centro del Agua

para América Latina y el Caribe

El Centro del Agua para América Latina y el Caribe, una iniciativa del Tecnológico de Monterrey, Fundación FEMSA y el Banco Interamericano de Desarrollo, tiene como misión crear una plataforma que contribuya al manejo sostenible del agua en los países de América Latina y el Caribe, a través del mejoramiento de su gestión y uso. Así como a la reducción del impacto ambiental en los ecosistemas regionales a través de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, consultoría y programas de educación curricular y continua.

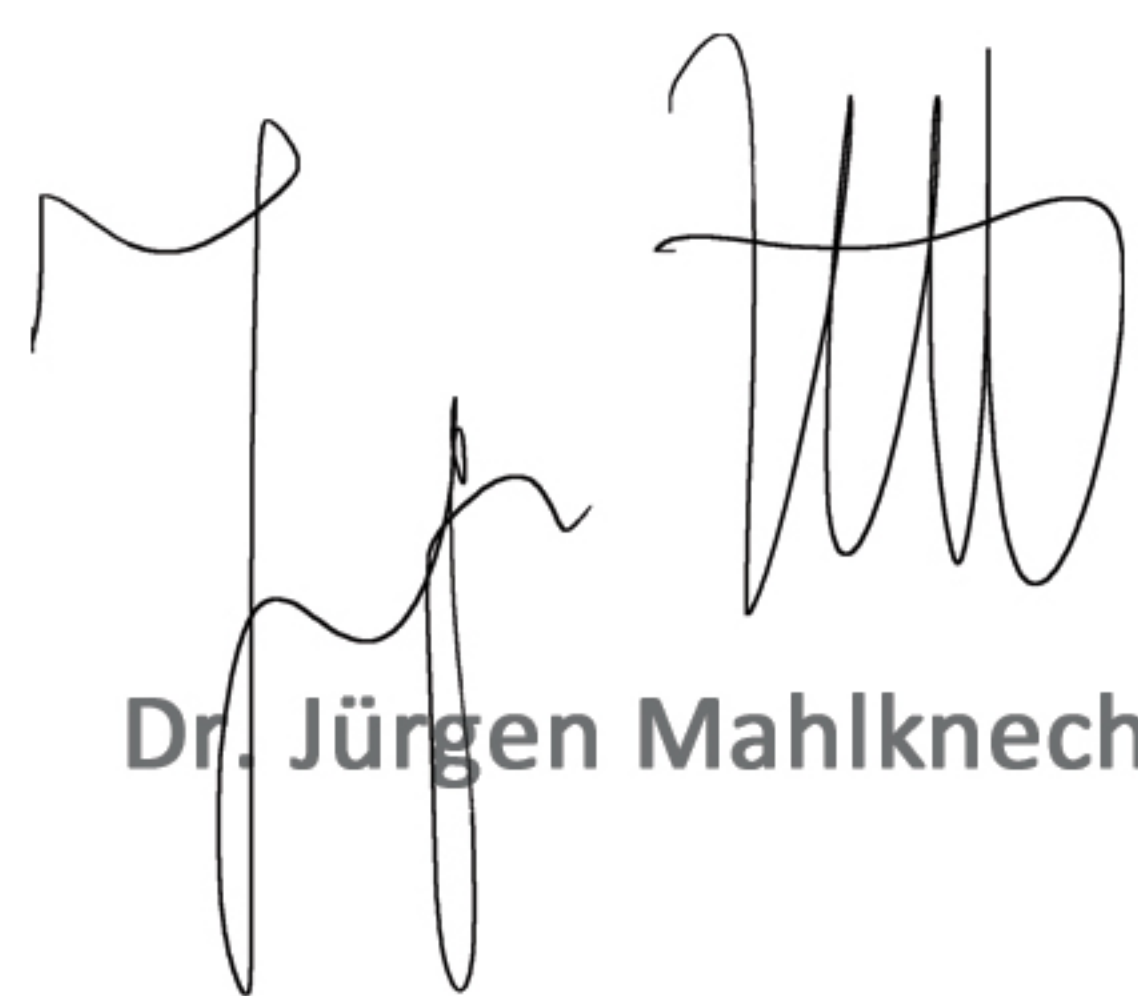
Por ello, convocó a principios de 2010 a un grupo de expertos de diferentes países de América Latina y el Caribe para realizar un diagnóstico sobre la situación hídrica en la región. Se realizó una búsqueda exhaustiva por académicos y consultores que dominaran el tema, así mismo, un grupo que se dedicó a revisar los documentos a nivel editorial.

La reflexión se enfocó en seis temas. Cada experto fue asignado a un país latinoamericano con la intención de integrar un documento que identificara los principales datos de relevancia hídrica del país, incluyendo una descripción general y un directorio de los actores principales del sector.

Los seis temas son:

- Aguas superficiales
- Aguas subterráneas
- Calidad del agua y salud
- Usos del agua
- Gestión
- Inversiones

Al final del ejercicio se tendrá un compendio de información homologada de América Latina y el Caribe que esperamos sea una contribución importante para difundir el conocimiento sobre el sector agua de nuestros países.



Dr. Jürgen Mahlkecht



Jürgen Mahlkecht, PhD
Director
Centro del Agua para América
Latina y el Caribe
Tecnológico de Monterrey
www.centrodelagua.org

Índice

Recursos Hídricos Chile	2
Resumen	2
1. Introducción.....	3
1.1 Aspectos geográficos y demográficos	3
1.2 Indicadores económicos	4
1.3 Grado de marginación.....	4
1.4 Actividades económicas.....	4
1.5 Huella hídrica	4
2. Descripción general.....	5
2.1 Clima.....	5
2.2 Precipitación.....	5
2.3 Cuencas	6
2.4 Corrientes principales:	8
2.5 Acuíferos.....	8
2.6 Distribución geográfica de las actividades (Población, agricultura, industria, ganadería, etc.)	11
3. Aguas superficiales	11
3.1 Hidrografía	11
3.2 Infraestructura hidráulica.....	13
3.3 Monitoreo.....	13
3.4 Volúmenes utilizados de aguas superficiales	13
4. Aguas subterráneas	14
4.1 Nivel de explotación	14
4.2 Volúmenes utilizados	14
4.3 Disponibilidad	14
4.4 Monitoreo.....	15
5. Calidad del agua y salud	15
5.1 Red de monitoreo superficial y subterránea	15
5.2 Resultados de monitoreo	15
5.3 Problemáticas principales	17
5.4 Normas	17
5.5 Enfermedades hídricas.....	18
6. Usos del agua	18
6.1 Urbano	19
6.1.1. Forma de gestión: Pública (Federal, estatal, municipal, Privada, Mixta).....	19
6.1.2 Cobertura de servicios: Agua, Drenaje y Saneamiento	19
6.1.3 Eficiencia física.....	19
6.1.4 Eficiencia comercial	19
6.1.5 Nivel de micromedición	20
6.1.6 Tarifas: Doméstica, Industrial, comercial, etc.....	20
6.1.7 Tratamiento de las aguas residuales	21
6.2 Industrial.....	21
6.2.1 Principales giros industriales	21
6.2.2 Principales contaminantes.....	21

6.2.3 Generación y tratamiento de aguas residuales	22
6.3 Agrícola	22
6.3.1 Zonas hidroagrícolas	22
6.3.2 Superficie cultivada.....	23
6.3.3 Cultivos predominantes	23
6.3.4 Sistemas de riego predominantes (Infraestructura hidroagrícola).....	24
6.3.5 Eficiencias de riego.....	26
6.3.8 Tarifas y legislación.....	26
6.4 Ecosistemas.....	26
6.4.1 Nivel de degradación de los suelos y vegetación	26
6.4.2 Implementación de caudales ecológicos.....	26
6.4.3 Pago por servicios ambientales	27
6.5 Otros usos	27
6.5.1 Generación de energía eléctrica	27
6.5.2 Acuicultura.....	28
6.5.3 Minería.....	28
7. Gestión	30
7.1 Marco legal y jurídico (Instituciones, leyes, normas, reglamentos)	30
7.2 Participación de Organizaciones No Gubernamentales	31
7.3 Planes de desarrollo y Programas Nacionales	31
8. Inversiones	31
8.1 Nivel de inversiones en el sector (agua, drenaje y saneamiento), comparación con otros sectores.....	31
8.2 Fuentes de financiamiento	32
8.3 Planes de inversión.....	32
9. Directorio de Actores Principales del Sector	32
10. Referencias Bibliográficas	34

Recursos Hídricos Chile

Resumen

Se presenta un resumen del estado actual de los recursos hídricos en Chile. Se citan algunos de los estudios más importantes relacionados con el conocimiento de la gestión del agua en el país. La gestión actual de los recursos hídricos en Chile, no se asocia sólo a la gran diversidad geográfica y climática del territorio nacional, sino también, al surgimiento, a partir de la década de los 80', de una secuencia de cuerpos legales que han incorporado un gran dinamismo en el desarrollo del país ligado al uso del agua. Las tendencias globales, regionales y climáticas, así como los cambios políticos e ideológicos ofrecen nuevas oportunidades de cambio y adaptación en la gestión futura de los recursos hídricos de Chile.

1. Introducción

1. 1 Aspectos geográficos y demográficos

La República de Chile se sitúa en el margen suroccidental de América del Sur, entre los 17° 30' y 56° 30' de latitud sur. Su ubicación geográfica en el contexto latinoamericano se presenta en la Figura 1. Sus territorios comprenden parte del continente americano, Oceanía y la Antártica. La superficie en conjunto es de 2.006.096,3 Km², sin contar el mar territorial y las 200 millas de mar patrimonial o Zona Económica Exclusiva. Limita al norte con Perú, al este con Bolivia y Argentina, al sur con el Polo Sur (Territorio Chileno Antártico) y al oeste con el Océano Pacífico, el cual baña sus costas en una extensión de más de 8.000 Km (INE, 2007a). Considerando sólo su parte americana, es el país más largo y angosto del mundo (Errázuriz et al, 2000). Posee una población estimada al 2010 de 17.094.270 habitantes, con una proyección de 19.587.121 para el año 2030 (INE, s/f).



Figura 1. Ubicación geográfica de Chile en América del Sur.

Fuente: www.vivenciandina.com

1.2 Indicadores económicos

El PIB ha variado en las últimas dos décadas, siendo en promedio de 6,5% para el periodo 1990-2000 y se proyecta de un 3,7% promedio para el periodo 2001-2010 (FMI, 2009). Este crecimiento, unido a otros factores, permitió al país ubicarse en una posición de liderazgo en la América Latina, avalado por una serie de indicadores, como crecimiento de la productividad, competitividad, índices de entorno macroeconómico e instituciones públicas (BID, 2001); evolución del Índice de Desarrollo Humano, que ha sido considerado alto (>0.8) desde 1995 (PNUD, 2009); Indicadores sociales (CEPAL, 2009) así como otros relacionados con la fortaleza del país para hacer frente a los recurrentes desastres naturales que le afectan (Cardona, 2008). Todos estos antecedentes contribuyeron a que, además, en 2010, Chile ingresara a formar parte de la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD), siendo con México, los únicos representantes latinoamericanos frente a esta organización.

1.3 Grado de marginación

De acuerdo con MIDEPLAN (2007), la pobreza en Chile disminuyó desde un 38,6% en 1990 a un 13,7% en 2006, mientras que la indigencia lo hizo desde un 13 a un 3,2% en los mismos años. De hecho, Chile presentaba el 2007 el menor nivel de Pobreza de América Latina así como el más alto grado de avance en su reducción (CEPAL, 2009).

1.4 Actividades económicas

Las actividades económicas más representativas del país corresponden a la explotación de recursos naturales básicos, siendo la minería del cobre, las explotaciones forestales de madera aserrada y celulosa, pesca y agricultura las que generan el grueso del producto geográfico bruto nacional (INE, 2007a).

1.5 Huella hídrica

El concepto de huella hídrica está ingresando a las actividades públicas y privadas del país sólo a partir de los últimos 3 años. Destaca, por ejemplo, la incorporación de Fundación Chile - organización público/privada líder en innovación en el país- en junio de 2009 como participante del Water Footprint Network, siendo el primer socio de Chile y segundo de Sudamérica. El primer objetivo para Fundación Chile ha sido trabajar la metodología de medición más precisa, para determinar exactamente el consumo de agua de diferentes sectores productivos y así incentivar su uso más eficiente. En el sector privado, por su parte, destaca, por ejemplo, la alianza desarrollada por Viña Concha y Toro, una de las más importantes de Chile y el mundo, con Fundación Chile y Water Footprint Network, para que, a partir de 2010, inicie la medición de su Huella Hídrica Corporativa, primera iniciativa de la industria vitivinícola en el mundo (Concha y

Toro, 2010). Lamentablemente, aún no se dispone de estudios nacionales sobre la huella hídrica en Chile.

2. Descripción general

2.1 Clima

En el ámbito climático, la gran diversidad de climas de Chile se explica por la existencia de sus cuatro unidades de relieves, denominadas Cordillera de los Andes (al este), Cordillera de la Costa (al oeste), Depresión Intermedia y Planicies litorales, junto con la posición del país frente al Océano Pacífico, la corriente de Humboldt y el Anticiclón del Pacífico; además, todos ellos se combinan con la vasta extensión latitudinal del país. Así, la variedad climática norte-sur comienza con la aridez extrema de la zona desértica, hasta los climas lluviosos fríos del extremo sur, pasando por los climas templados cálidos de la Zona Central del país (Errázuriz et al, 2000; INE, 2007a).

2.2 Precipitación

El principal modulador del clima en el territorio continental chileno es la precipitación. Esta presenta una gran variabilidad espacial y temporal a lo largo del territorio, así como en el sentido este-oeste, tal como lo registra la Figura 2 que presenta la distribución espacial de las precipitaciones medias anuales e. función de la latitud.

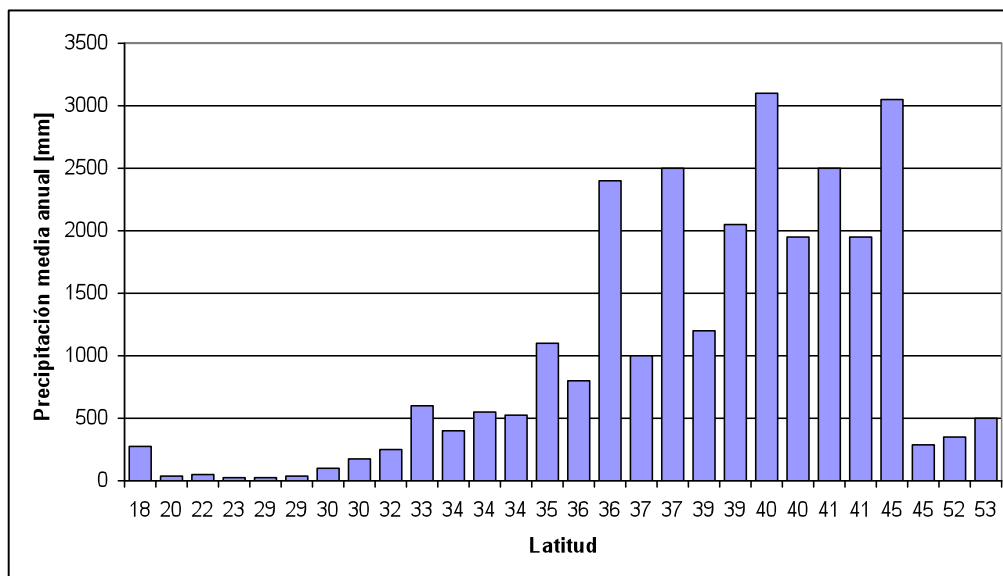


Figura 2. Distribución espacial de la precipitación media anual en Chile a lo largo de un gradiente latitudinal.

Fuente: Elaborado a partir de UChile (2008)

Así, en el norte las precipitaciones se concentran en los meses de verano, y la máxima mensual difícilmente supera los 100 mm. Siguiendo más al sur, en la zona centro norte de Chile, entre los 30 y 38° de latitud, se observa que la estación lluviosa corresponde a los meses de invierno, diferenciándose claramente de la época estival (UChile, 2008). El origen extra-tropical de las perturbaciones frontales asociadas con las lluvias de invierno y su refuerzo orográfico a barlovento del cordón andino, explican el aumento de la precipitación media anual de norte a sur y desde el mar hacia la cordillera de Los Andes (Rutllant, 2004). A modo de ejemplo, la Figura 3 presenta el efecto combinado de latitud y longitud en la distribución espacial de las precipitaciones, evidenciando el gran impacto que sobre la misma tiene la presencia de la Cordillera de los Andes. Este patrón espacial, así como su dinámica temporal, se asocia a la circulación general de la atmósfera en esta área, y puede ser perturbado por condiciones de anomalía negativa en la temperatura superficial del mar, asociadas a eventos del fenómeno ENSO (Rutllant, 2004; Escobar y Aceituno, 1998 y Quintana, 2000). En tanto, en la zona austral, si bien se aprecia una mayor pluviosidad en los meses de invierno, durante el verano también ocurren importantes eventos de precipitación. Por otro lado, aunque existen algunos estudios que dan cuenta de las posibles tendencias que podrían afectar la precipitación en Chile debido al cambio climático (CONAMA, 2006), estas tendencias no se han manifestado en todo el territorio nacional, al menos no en los últimos 30 años, y en los casos en que ha ocurrido, la dirección de esas tendencias se ha visto influenciada por la latitud, siendo negativas entre los paralelos 33 ° y 45 ° S., y positivas al norte del paralelo 33°S. y al sur del paralelo 45 ° S. con magnitudes que van entre -0,5 y 0,5 unidades estandarizadas de precipitación cada 10 años (Quintana y Aceituno, 2006; UChile, 2008).

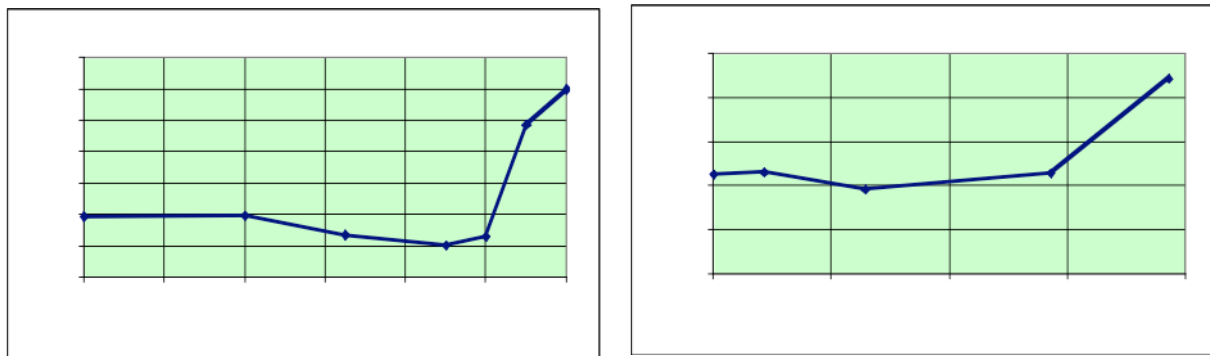


Figura 3. Efecto combinado de la distribución espacial de la precipitación media anual en función de la latitud y la distancia mar a cordillera.

2.3 Cuencas

Chile presenta, en su larga extensión, una gran variedad de sistemas hidrográficos, con un amplio rango de variación de las precipitaciones, regímenes y períodos de caudales máximos. Al respecto, Brown y Saldavia (2000) mencionan la existencia de tres grandes zonas hidrográficas en el país: El Sistema Hidrográfico Pacífico Seco, el Sistema Hidrográfico Chile Central y el Sistema Hidrográfico Pacífico Sur. En tanto, Errázuriz et al. (2000) utilizan una clasificación en cinco zonas hidrográficas, denominadas 1ª zona de Ríos de régimen esporádico en la zona árida de Chile; 2ª zona de Ríos en torrente de régimen mixto en la zona semiárida de Chile, 3ª zona de Ríos en

torrente de régimen mixto en la zona subhúmeda de Chile; 4ª zona de Ríos tranquilos con regulación lacustre en la zona húmeda de Chile y una 5ª zona de Ríos caudalosos trasandinos y campos de hielo en la Patagonia de Chile. Esta clasificación es similar a la indicada por Oyarzún et al. (2008) respecto a la zonas climáticas e hidrológicas homogéneas del territorio chileno. En cualquiera de los casos, se hace presente la gran variabilidad de los sistemas hidrográficos a lo largo del país, de norte a sur. Esto incluye una gran variabilidad de tamaños de cuencas, longitudes de cauces, así como caudales, desde aquellos menores a 1 m³/s en el extremo norte, a aquellos mayores a los 900 m³/s en la zona sur. Asimismo se encuentran cuencas arreicas o inactivas en el norte, otras de tipo endorreico en el altiplano y otras de tipo exorreicas que dominan el paisaje desde aproximadamente los 26,5º S hacia el límite sur de Chile. La extensa longitud del país, asociada a la presencia de la Cordillera de los Andes, contribuye a una gran variedad de climas, que en definitiva condicionan el escurrimiento superficial, lo que, sumado a las características orográficas del territorio, contribuye a la gran variedad hidrográfica de Chile. En la Figura 4 se presenta la distribución de los sistemas hidrográficos en el país.

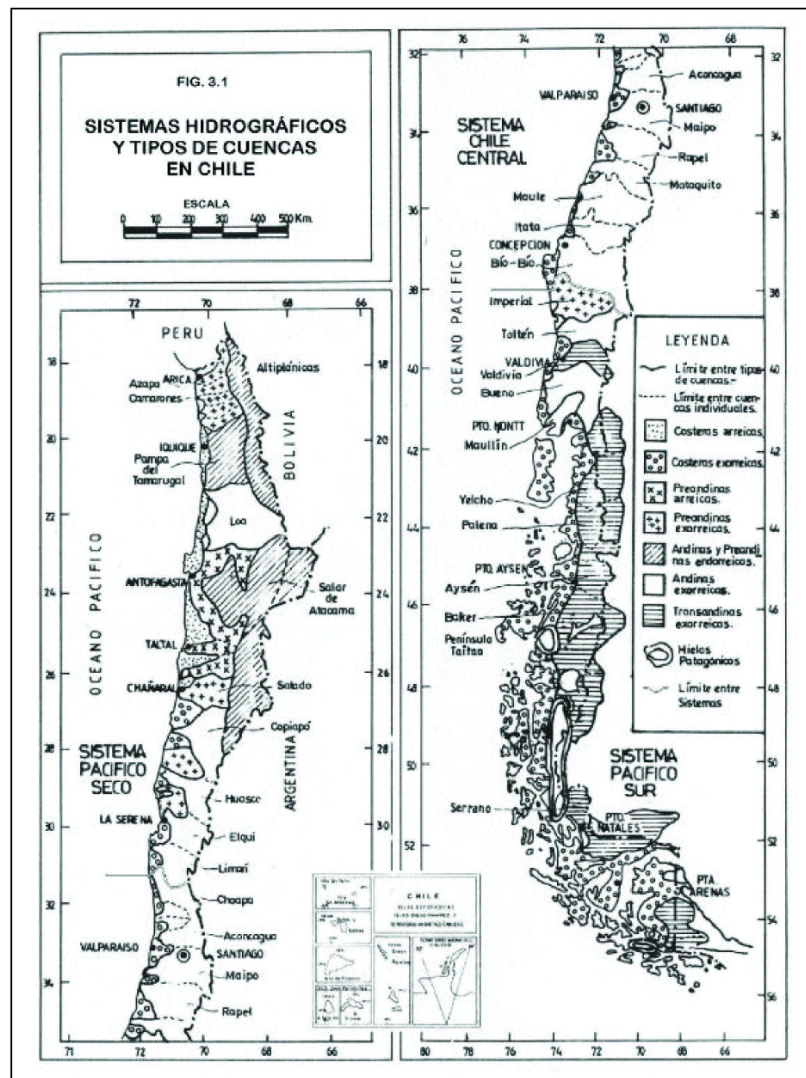


Figura 4. Sistemas hidrográficos de Chile. Fuente: Brown y Saldavia (2000)

2.4 Corrientes principales:

Chile posee, según DGA (2010a) 101 ríos principales. Por su importancia económica, o por la importancia demográfica del territorio por el cual los cauces principales circulan, se pueden mencionar los siguientes ríos, de norte a sur: Lluta, Loa, Elqui, Limarí, Choapa, Petorca, La Ligua, Aconcagua, Maipo, Rapel, Mataquito, Maule, Itata, Biobío, Imperial, Toltén, Valdivia y Bueno.

2.5 Acuíferos

El desarrollo de los sistemas acuíferos en el territorio chileno ha sido influido por importantes factores de origen geológico, fisiográfico, climático e hidrológico (DGA, 1986). Los factores geológico y fisiográfico, no mencionados en otras secciones de este documento, derivan del hecho de que el territorio Chileno presenta rasgos geológicos propios de su posición, al estar situado en una región geológica sometida a la subducción de diversas placas oceánicas desde el Paleozoico. Esa posición, entre otros, le otorga un predominio de rocas ígneas plutónicas y volcánicas de tipo calcoalcalino a intermedio, presencia de potentes series molásicas volcano-sedimentarias que afloran en depresiones intramontañas e importantes mineralizaciones metalíferas (Oyarzún, 1986 citado por Arumi y Oyarzún, 2000).

En términos fisiográficos, la mayor parte del territorio está organizado en fajas longitudinales, claramente definidas. Así, al Norte de la latitud 26°S y al Sur de 33°S existen dos cadenas montañosas, la Cordillera de la Costa al Oeste y la Cordillera de Los Andes, de mayor altitud, al Este. Entre ambas cordilleras se extienden sendos valles tectónicos o graben N-S, conocidos como Pampa y Valle Central (Longitudinal) respectivamente. En tanto que, sobre el extenso graben del sur (33°-41°S), conocido como Valle Central o Longitudinal, el depósito que constituye el relleno incluye una mayor participación de materiales de origen fluvio-glacial y lúmnico, así como horizontes del suelo formados por cenizas y otros materiales procedentes del volcanismo cuaternario. Además, ligado a la actividad volcánica se desarrollaron gruesos y extensos depósitos laháricos en forma de abanicos, así como depósitos de flujos piroclásticos (ignimbríticos) y de cenizas, lo que provoca en los suelos la existencia de horizontes de baja permeabilidad y, en consecuencia, la presencia de acuíferos colgados con niveles freáticos poco profundos (Arumi y Oyarzún, 2000).

De acuerdo con el DGA (1986), citado por Orrego (2002), en cuanto a las aguas subterráneas, en el territorio nacional continental, se distinguen tres “provincias” hidrogeológicas: 1) altiplánica, 2) andina vertiente Pacífico y 3) cuencas costeras. Todas estas son presentadas en la Figura 5a, la que incluye las distribución especial de las formaciones acuíferas en Chile 8 (Figura 5b).

- 1) En la Provincia altiplánica destaca la importancia de los acuíferos en los sectores bajos de las cuencas, dónde tienen una elevada productividad y calidad de agua aceptable, mientras no estén expuestos a la influencia de sales. Estos recursos hídricos subterráneos son fundamentales para responder a las demandas domésticas y mineras de las zonas costeras aledañas a esta “provincia” altiplánica.
- 2) La Provincia Andina vertiente pacífico, que ha sido dividida en cinco sub Provincias:



- a) Sub Provincia Norte Grande, donde destacan los acuíferos adyacentes a los escasos cauces superficiales; los cuales presentan limitaciones de su uso por su calidad química natural y/o por recargas muy reducidas.
 - b) Sub Provincia Valles Transversales: por lo general son acuíferos libres, adyacentes a los cauces de los ríos, alimentados directamente por la infiltración de los cursos de agua superficiales. Presentan productividad bastante elevada ($>10 \text{ m}^3/\text{h/m}$).
 - c) Sub Provincia Central-Sur (33° a 42° LS): con acuíferos libres que no están restringidos a las cajas de los ríos, y que se recargan de distintas fuentes, tales como ríos y lluvias.
 - d) Sub Provincia Zona de los Canales: (42° a 56° LS): es la zona más pobre en aguas subterráneas debido a sus características geológicas.
 - e) Sub Provincia Pampa Magallánica: Acuíferos de productividad limitada. En torno al estrecho de Magallanes y Tierra el Fuego se han explotado acuíferos en profundidades de 300 a 400 metros.
- 3) La Provincia Cuencas Costeras incluye las cuencas de la vertiente Pacífico sin respaldo andino, con nacientes en la Cordillera de la Costa. En general se trata de acuíferos libres, de pequeña extensión, con espesores inferiores a 100 metros. Los pozos instalados presentan productividad mediana o baja.

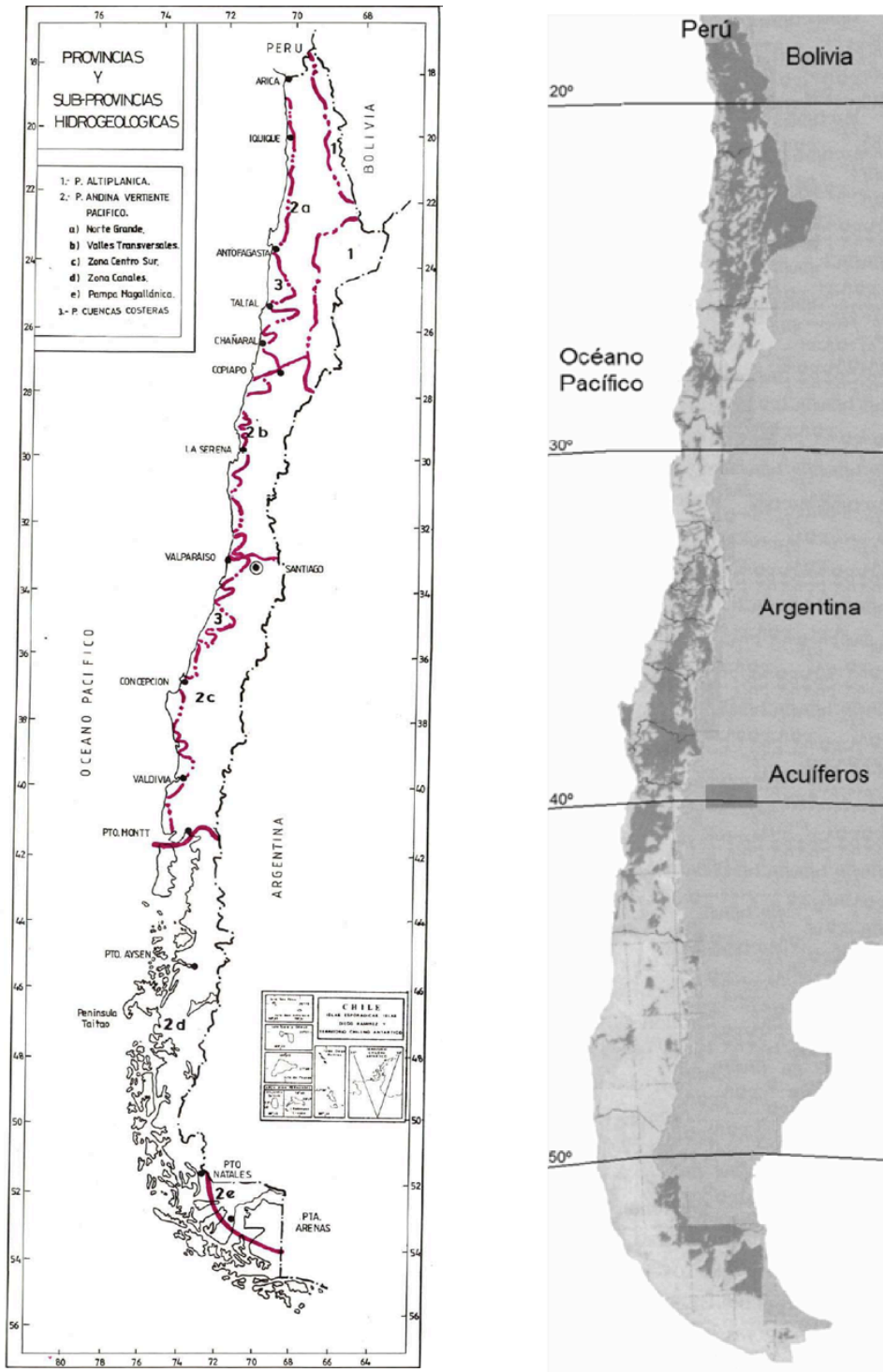


Figura 5. a) Mapa hidrogeológico de Chile y b) distribución de formaciones acuíferas.

Fuente: a) DGA (1986) y b) Oyarzún y Arumi (2006)

2.6 Distribución geográfica de las actividades (Población, agricultura, industria, ganadería, etc.)

La variabilidad climática e hidrográfica de Chile, ha impuesto su sello en la distribución espacial en el territorio, tanto de los asentamientos humanos como de las actividades económicas asociadas. Así, por ejemplo, el norte seco, hasta los 26° S se congrega no más del 5,9% de la población chilena en la que más del 90% de su población es urbana, derivado de la mínima actividad agrícola de dicho territorio, dada la escasez hídrica y la importancia de la actividad minera en la economía del norte de Chile. De hecho, más del 64% de los derechos consuntivos de agua para la minería en Chile, se ubican en esta zona del país. En la zona central de Chile, entre los paralelos 30° y 39° S aproximadamente, incluyendo las regiones administrativas, entre la Cuarta y Novena inclusive, se ubicaba en 2002, fecha del último Censo, el 83,5% de la población del país (INE, 2008). Esta zona se caracteriza, principalmente, por las actividades económicas asociadas a la agricultura, servicios e industria. De hecho, más del 80% del uso consuntivo del agua en esta zona del país se destina a la agricultura de riego (UChile, 2008). De hecho, sobre el 90% de la bonificación estatal para la inversión en obras de riego se ubica en esta zona del país. La zona húmeda en el extremo sur de Chile, en cambio, sólo congrega el 1,7% de la población. El agua tiene usos fundamentalmente ambientales y potenciales para generación hidroeléctrica.

3. Aguas superficiales

3.1 Hidrografía

La gran variabilidad espacial, estacional e interanual de las precipitaciones, en general, en función, principalmente, de la latitud, así como de la altitud y factores de relieve, han modulado de manera importante el desarrollo de los sistemas hidrográficos del país. Brown y Saldivia (2000) citando al Balance Hídrico de Chile (DGA, 1987) indican la existencia de más de 35 cuencas hidrográficas a lo largo del país, aunque DGA (2010a) indica un total de 101 cuencas. Las diferencias pueden deberse a la inclusión de subcuencas en la segunda clasificación. Es posible apreciar, de todas formas, un gran gradiente latitudinal en cuanto a la disponibilidad de recursos hídricos superficiales en el país. Así, se encuentran cuencas en la zona norte de Chile, con caudales medios en torno a 0,5 m³/s, si bien existen cauces con valores tan altos como 9,1 m³/s, registrados en cuencas altiplánicas (Brown y Saldivia, 2000). Estos se incrementan a cerca de 100 m³/s en el río Maipo, cuenca en la que se encuentra asentada la región metropolitana de Santiago, hasta llegar a cifras cercanas a 1133 m³/s en el río Baker, en el extremo sur del país (Brown y Saldivia, 2000). Este gradiente, asociado a la distribución de la población en el territorio nacional, deriva asimismo en gradientes latitudinales de disponibilidad de agua. Así, por ejemplo, en el extremo norte, la disponibilidad de agua alcanza valores entre 250 y 700 m³/hab/año; éste se incrementa a cerca de 9000 m³/ha/año en la zona central del país, en la Región de O'Higgins para alcanzar cifras sobre los 3000000 m³/hab/año en el extremo sur, en la Región de Coihaique (Brown y Saldivia, 2000).

Toda esta variabilidad se manifiesta en el balance hídrico a lo largo del país. En el Cuadro 1 se presentan algunas características hidrológicas de las principales cuencas del país (Brown y Saldivia, 2000).

Cuadro 1. Características hidrológicas de algunas de las principales cuencas de Chile.

Fuente: Brown y Saldivia (2000)

Sistema Hidrografico	Nombre	Región Administ.	Superficie			Precipitación		Escorrentia	
			[Km ²]	[m ³ /s]	[mm/año]	[m ³ /s]	[mm/año]		
Pacífico Seco	Cuencas altiplánicas	I	10.272	76,9	236	9,18	28,2		
	Lluta	I	3.447	19,7	180	1,44	13,2		
	San José	I	3.070	7,67	78,8	0	0		
	Camarones	I	4.767	14,1	93,3	0,59	3,90		
	Pampa del Tamarugal	I	18.005	27,3	47,8	0	0		
	Loa	II	33.865	42,6	39,7	0,59	0,55		
	Puna de Atacama	II	5.050	30,7	192	0	0		
	Salar de Atacama	II	14.767	33,1	70,7	0	0		
	Cuencas endorreicas**	II	68.877	38,3	17,5	0,04	0,02		
	Pan de Azúcar	III	6.765	4,32	20,1	0	0		
	Salado	III	7.575	4,73	19,7	0,01	0,04		
	Copiapo	III	18.800	56,1	94,1	0,12	0,20		
	Huasco	III	9.857	54,8	175	1,72	5,50		
	Elqui	IV	9.645	54,6	179	0,24	0,78		
	Limari	IV	11.760	102,0	274	7,50	20,1		
Otras		64.056	164,5	81,0	10,6	5,21			
TOTAL SISTEMA		290.578	731,5	79,4	32,0	3,48			
Chile Central	Choapa	IV	7.600	78,6	326	13,1	54,4		
	Petorca	V	1.964	15,8	254	0	0		
	Ligua	V	2.053	19,3	296	0	0		
	Aconcagua	V	7.575	127	529	30,8	128		
	Maipo	V-R.M.	15.157	319	664	100	207		
	Rapel	VI	13.710	417	959	174	400		
	Mataquito	VII	6.312	283	1.414	171	854		
	Maule	VII	20.865	973	1.471	569	860		
	Itata	VIII	11.385	560	1.551	361	1.000		
	Biobío	VIII	24.782	1.486	1.891	1.004	1.278		
	Otras****		22.594	682	952	358	500		
TOTAL SISTEMA		133.997	4.961	1.168	2.780	654			
Pacífico Sur	Imperial	IX	12.085	628	1.639	408	1.065		
	Toltén	IX	8.040	732	2.871	583	2.287		
	Valdivia	X	11.320	960	2.674	748	2.084		
	Buena Vista	X	15.297	1.137	2.344	879	1.812		
	Puelo	X	8.916	841	2.975	712	2.518		
	Yelcho	X	11.515	1.060	2.903	806	2.207		
	Palena	XI	15.135	1.238	2.580	1.023	2.132		
	Aisen	XI	11.427	813	2.244	650	1.794		
	Baker	XI	26.726	1.491	1.759	1.133	1.337		
	Tierra del Fuego	XII	27.316	1.411	1.629	1.105	1.276		
	Otras*****		228.274	22.662	3.131	9.557	2.702		
TOTAL SISTEMA		376.051	32.973	2.765	27.604	2.315			
TOTAL PAIS		800.626	38.665	1.523	80.416	1.198			

3.2 Infraestructura hidráulica

Uno de los factores que más fuertemente ha influido en el desarrollo de la infraestructura extra e intrapredial de riego en Chile desde la década de los 80 es la Ley de Fomento al Riego 18.450. Por ejemplo, entre 1990 y 2007, la Ley 18.450 financió más de 9.000 proyectos, apoyando a más de 200.000 beneficiarios, con una inversión total de más cerca de 792 millones de dólares e interviniendo una superficie de 1.714.000 ha (CNR, 2010). Estas cifras, sumadas a los 24 embalses de regulación, naturales y artificiales, con una capacidad total de 12.933 millones de metros cúbicos (DGA, 2010b) han sido el soporte para el nuevo paradigma del sector agropecuario chileno de constituir a Chile en una potencia agroalimentaria.

3.3 Monitoreo

Chile cuenta con una extensa red de monitoreo hidrometeorológico. La principal institución relacionada con el registro y administración de información meteorológica, pluviométrica y de calidad de agua en Chile es la Dirección General de Aguas. Registros de precipitación son también recopilados por la Dirección Meteorológica de Chile y en los últimos años, por redes de monitoreo asociadas a consorcios y centros de investigación e innovación agropecuaria. Destaca en este último caso, el Sistema Agroclimático FDF-INIA-MC que cuenta actualmente, con algo más de 200 estaciones meteorológicas a lo largo del país.

Sin considerar las estaciones meteorológicas en manos de privados, así como las estaciones de monitoreo de calidad de agua por otros servicios, el estado, a través de la Dirección General de Aguas, por ejemplo, dispone del siguiente sistema hidrométrico (Rojas y Atenas, 2009):

Estaciones Fluviométricas	→	426 estaciones
Estaciones Pluviométricas	→	330 estaciones
Estaciones Meteorológicas	→	190 estaciones
Rutas de nieve	→	23 estaciones
Aguas subterráneas (niveles)	→	570 estaciones
Estaciones de Calidad química	→	433 estaciones
Sedimentos	→	68 estaciones

3.4 Volúmenes utilizados de aguas superficiales

De acuerdo con UChile (2002), Chile presentaba un uso del agua equivalente a un caudal continuo de 2600 m³/s. Esto es, en términos de volumen anual, el uso del agua era de 81993,6 MM m³. Ya a fines de la década de los 90', DGA (1999) indicaba que, entre los usos consuntivos, el riego representaba el 84.5% a nivel nacional, con un caudal medio de 546 m³/s (17218,6 MM m³), utilizado en el abastecimiento de unas dos millones de hectáreas, que se localizan casi completamente de la IX Región al norte, de las cuales se estimaba que 1.3 millones de hectáreas

ttenían una seguridad de riego razonable. El uso doméstico equivalía al 4.4% de los usos consuntivos, con unos 35 m³/s (1103,7 MM m³), y era utilizado para dar abastecimiento al 98% de la población urbana y aproximadamente al 80% de la población rural (concentrada). Los usos mineros e industriales representaban el 11% del uso consuntivo total.

4. Aguas subterráneas

4.1 Nivel de explotación

Pese a su importancia, el conocimiento sobre las aguas subterráneas, en Chile, es bastante menor al disponible para otros componentes del ciclo hidrológico. Oyarzún y Arumí (2006) presentan algunos antecedentes al respecto, haciendo referencia a que, en el caso del uso de agua subterránea para consumo humano, más de un 40% del volumen total consumido en las zonas urbanas de Chile tiene dicho origen, y en el caso del agua potable rural, esta cantidad aumenta a un 76%. Más aún, si sólo se considera la zona del Valle Central de Chile, entre la Región Metropolitana y la VIII Región, más de un 83% del agua potable consumida en zonas rurales es obtenida mediante la explotación de los acuíferos allí existentes.

4.2 Volúmenes utilizados

La mayor parte de éstos sistemas de aguas subterráneas, particularmente aquellos ubicados de Santiago al norte, están siendo sujetos de una gran presión por su explotación, tal como lo recoge UChile (2008) al indicar cómo las solicitudes de derechos de aguas subterráneas se han incrementado desde 8929 L/s en el año 1990, a 77897 L/s en el 2008. Esto se suma además, a la preocupación que ha ido adquiriendo el tema de la contaminación y calidad de estas aguas y los efectos que puedan causar en la salud de la población.

4.3 Disponibilidad

Si bien en los últimos años se han realizado algunos estudios para determinar la disponibilidad del recurso subterráneo a fin de orientar a la Dirección General de Aguas en el otorgamiento de derechos sobre estos recursos, la mayor parte de estos estudios se basan en la modelación más que en campañas de terreno. De hecho, una de las principales referencias en todos estos estudios es el proyecto Mapa Hidrogeológico de Chile, escala 1:2.500.000 del año 1986 (DGA, 1986).

De acuerdo con Salazar (2003), las estimaciones de la utilización efectiva de aguas subterráneas al nivel nacional indican que alcanza a unos 88 m³/s; dentro de éste el 49% se utiliza para irrigación, el 35% para abastecimiento de agua potable y el 16% para fines industriales. Cabe señalar que para los acuíferos que se ubican desde la Región Metropolitana al norte, la recarga media estimada alcanza aproximadamente a 55 m³/s, en tanto que los derechos de agua autorizados alcanzan a 107 m³/s, con un uso efectivo del orden de 60 m³/s. Por su parte, la

demanda actual por nuevos derechos llega a 300 m³/s. El resto del país no tiene información detallada de su potencial de recarga, debido a la menor importancia de las aguas subterráneas como fuente de abastecimiento.

4.4 Monitoreo

Chile poseía, al 2005, una red de 70 estaciones de monitoreo de calidad del agua, administradas por la Dirección General de Aguas. La calidad del agua subterránea es un tema que está comenzando a ser estudiado. Oyarzún y Arumí (2006) indican que mayoritariamente el origen de la contaminación de esta agua, por ejemplo, con nitratos, en la región metropolitana, se debe más a la contaminación que proviene del riego y vertidos industriales que a contaminación difusa proveniente de la agricultura. Aunque los niveles de nitrato, así como otros agentes químicos y biológicos, en algunos estudios en la zona centro y centrosur de Chile han sobrepasado los valores umbrales según diversas normativas (Niessen et al, 2000; Valenzuela et al, 2009), al menos en el caso de los nitratos, Arumí et al (2006) indican que éstos no se traducen finalmente en un riesgo para la salud de la población rural en algunas áreas de la zona centro sur de Chile. Sin duda, ante las tendencias actuales, las aguas subterráneas serán objeto cada vez más de atención y evaluación en los próximos años.

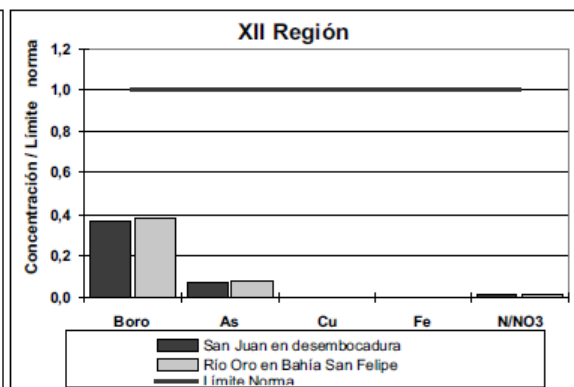
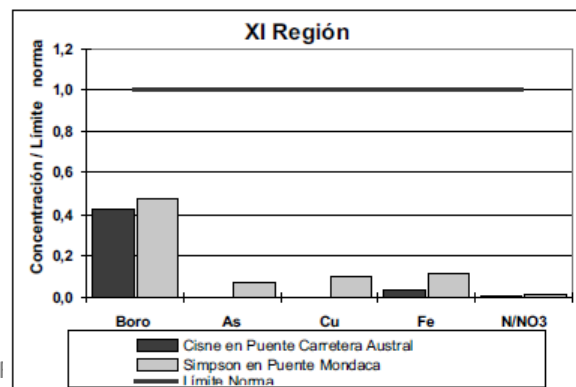
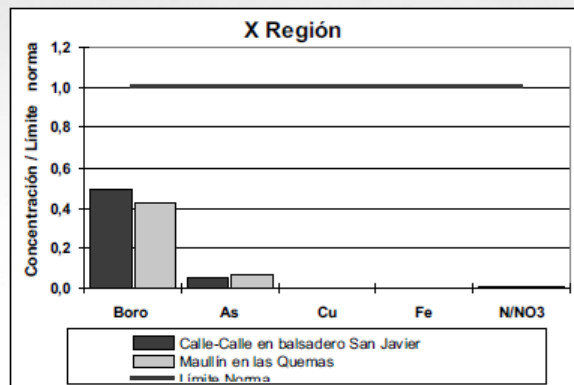
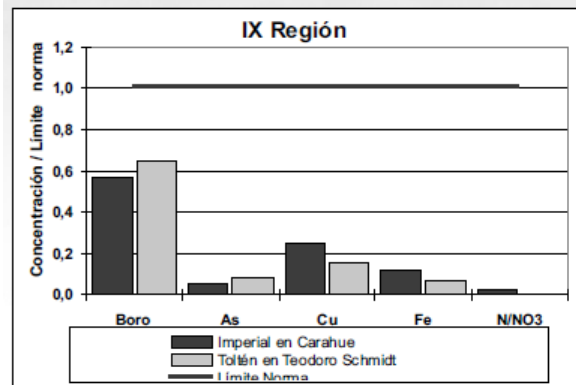
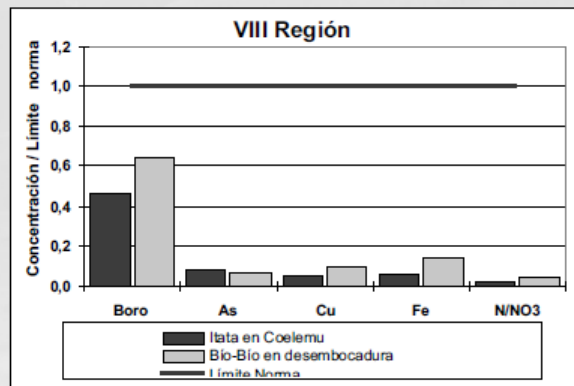
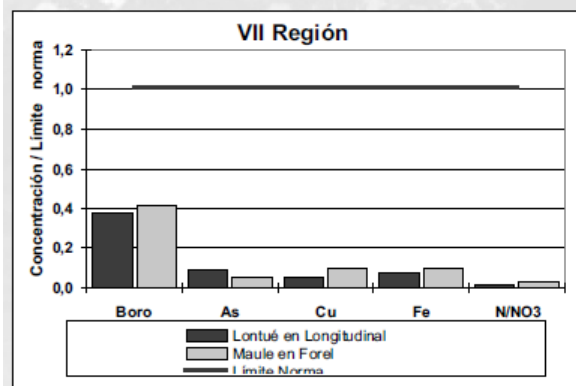
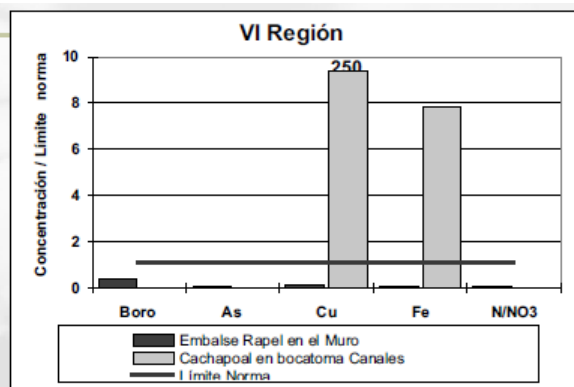
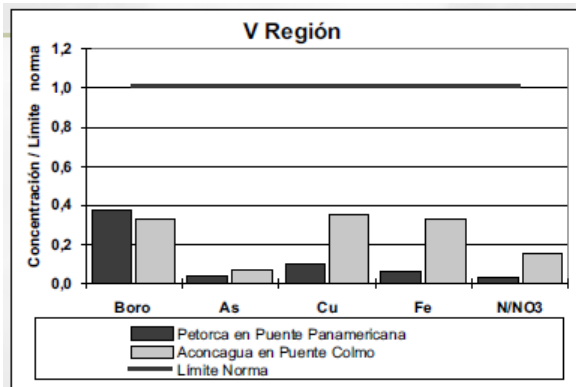
5. Calidad del agua y salud

5.1 Red de monitoreo superficial y subterránea

Chile, a través de la Dirección General de Aguas posee una extensa red de estaciones de monitoreo de calidad de agua. Según DGA (2005), para el 2005 había 415 estaciones de medición de calidad de agua superficial, 70 para calidad de agua subterránea y 60 estaciones para el monitoreo de lagos y embalses. A través del laboratorio ambiental de la institución, se evalúan 39 parámetros químicos, con cerca de 60 mil análisis anuales.

5.2 Resultados de monitoreo

De acuerdo con UChile (2008), la calidad de las aguas continentales en Chile ha presentado un deterioro en los últimos años y sigue siendo una problemática en la actualidad, aunque con una tendencia a mejoramiento de la calidad asociado a la inversión en plantas de tratamiento los últimos años. En 1996, según UChile (2005), la Dirección General de Aguas publica el Mapa Hidroquímico Nacional, en el cual se entregan los valores de calidad de aguas para una serie de cuencas y parámetros químicos medidos en ellas. A modo de ejemplo, en la Figura 5 se presentan algunos datos de contaminación de aguas superficiales en cuencas de algunas regiones de Chile. La figura muestra, para cada parámetro de calidad de aguas medido, las veces en que el límite permitido es superado por los valores encontrados en terreno.



De norte a sur se observa una disminución en las concentraciones de Boro, Arsénico, Cobre, Fierro y Nitratos). Asimismo, en algunas cuencas, una concentración de boro y arsénico sobre o muy por sobre la cantidad permitida según la norma de riego NCh 1333. Por otra parte, en la cuenca del río Cachapoal de la VI Región, se presentan valores de cobre y fierro que claramente superan la norma.

La contaminación de las aguas se genera, principalmente, de las aguas servidas, originadas de los usos domésticos, de los efluentes mineros y los residuos industriales líquidos, de la lixiviación de sales al suelo, y la incorporación de fertilizantes y pesticidas en las aguas superficiales y subterráneas, producto de las prácticas agrícolas. En el caso específico del agua potable, los niveles de cumplimiento de los parámetros propuestos por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), indican que entre los años 1997 y 2008, aunque la calidad se ha mantenido en muy buenos niveles, ha presentado algunas bajas, especialmente entre 2004 y 2008, aunque la tendencia general es que se trate únicamente de casos aislados y no guardan ninguna proporción con los problemas de sanidad pública ligada al abastecimiento y tratamiento de agua producidos en la década de los 80 que culminó con el brote de cólera iniciado en Perú en 1991 (Valenzuela y Jouravlev, 2007).”

5.3 Problemáticas principales

Los principales problemas que el país ha enfrentado en materia de calidad de sus recursos hídricos son: a) Contaminación por aguas servidas domésticas, aunque ésta ha disminuido gracias a la fuerte inversión en plantas de tratamiento, b) Contaminación por efluentes mineros y residuos industriales líquidos (riles) y c) Contaminación agrícola y difusa de las aguas subterráneas. Al respecto, uno de los últimos estudios tendientes a evaluar la calidad del agua en Chile (DGA-Cade Idepe, 2005), para un total de 33 de las principales cuencas del país, en el que los autores adaptan un índice de calidad de aguas superficiales (ICAS), basado en el Índice de Calidad de Agua (WQI) de Estados Unidos, encuentran que, al menos 8 tramos en estas 33 cuencas, presentaron una calidad de agua superficial calificada como regular, aunque también registran tramos en las cuencas con calidad excelente a muy buena. En tanto, Cancino et al (1996) encuentran que la calidad del agua subterránea en Chile también presenta problemas de deterioro.

5.4 Normas

Las dos principales normativas vigentes en el tema de calidad de aguas en Chile son la norma chilena para calidad de agua de riego (NCh 1333) y la norma para calidad de agua potable. Adicionalmente, el país se encuentra generando normas de calidad secundarias de aguas superficiales, las que tienen por objetivo la protección o conservación de los ecosistemas acuáticos en los ríos de Chile. Este proceso se enmarca dentro de los instrumentos de gestión establecidos en la Ley 19.300, Ley sobre Bases del Medio Ambiente (DGA, 2005).

5.5 Enfermedades hídricas

Chile ha avanzado significativamente en la reducción de la prevalencia de enfermedades hídricas en las últimas décadas, lo que podría estar asociado al incremento sostenido en la cobertura de los servicios sanitarios, así como en la reducción de la pobreza (Medina et al, 2003). Si bien aún se recuerda el impacto que causó el incremento en los casos de cólera y hepatitis A en el año 1998, aunque sólo se trató de hechos aislados, asociado fundamentalmente al consumo de alimentos regados con aguas contaminadas, la fuerte inversión en plantas de tratamiento de aguas servidas de los últimos años ha disminuido el riesgo de estos eventos. La prevalencia de los casos de hepatitis A, por ejemplo, ha sufrido cambios en el patrón etéreo de los casos, encontrándose entre 10 y 80 casos/100 mil hab. La distribución es a lo largo de todo el país y su presentación es en brotes comunitarios, ocurriendo principalmente en grupos socioeconómicos más bajos, que pudieran estar fuera del rango de cobertura del sistema de saneamiento.

6. Usos del agua

La Figura 6 presenta la distribución del uso del agua en Chile (UChile, 2008). De acuerdo con esto, los principales usos del agua en Chile son el riego, la industria, la minería y el agua potable. Estos usos, de tipo consuntivos, representaban el 89% del uso del agua en Chile al año 2006.

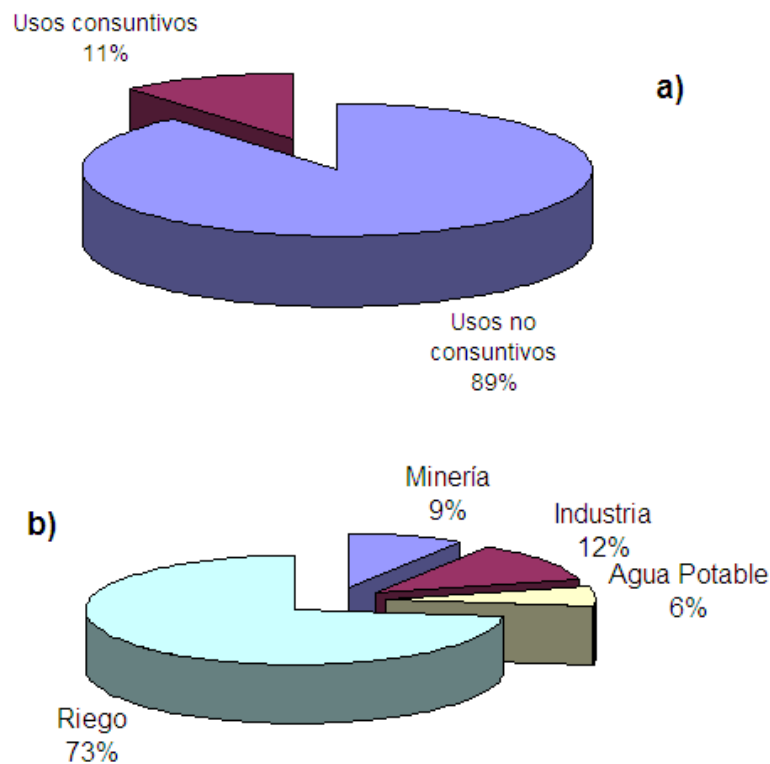


Figura 6. a) Relación entre los usos consuntivos y no consuntivos en Chile en 2006 y b) distribución del uso consuntivo del agua en Chile en 2006.

Fuente: UChile, 2008.

6.1 Urbano

6.1.1. Forma de gestión: Pública (Federal, estatal, municipal, Privada, Mixta)

De acuerdo con Fischer y Serra (2007), a fines del año 2004, el 95,5% de los clientes del sector sanitario, eran atendidos por empresas con gestión privada, correspondiendo el 4,5% restante a una empresa municipal. Un 70,7% de los clientes era abastecido por empresas sanitarias privadas, mientras que el 24,8% correspondía a concesionarios privados de la administración de empresas estatales. También es interesante resaltar que inversionistas extranjeros controlaban o administraban empresas sanitarias que abastecían a un 63,1% de los clientes. Esta condición se inició ya a partir de 1977 pero la consolidación del auge privatizador del sector sanitario se inició a fines de los '90.

6.1.2 Cobertura de servicios: Agua, Drenaje y Saneamiento

Los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento en Chile se caracterizan por sus altos niveles de cobertura y buena calidad, presentando algunos de los mejores indicadores de América Latina al respecto (Jouravlev, 2004). A diferencia de la mayoría de los demás países, el sector chileno de agua y saneamiento se distingue porque la mayoría de las empresas de abastecimiento urbano de agua son de propiedad privada o están operadas por actores privados. De hecho, de acuerdo con SISS (2009), la cobertura urbana de agua potable a nivel nacional se mantuvo respecto de 2008 en 99,8%, en tanto que la de alcantarillado aumentó de 95,3% a 95,6%. Por su parte, el índice de cobertura de tratamiento de aguas servidas, referido a población, al 31 de diciembre de 2009, es de 83,3% para el total de empresas, levemente superior al año anterior en que alcanzó un 82,7%.

6.1.3 Eficiencia física

El nivel de agua no facturada ("pérdidas de agua") de las empresas chilenas de agua alcanzó un promedio del 34% en 2006; un nivel inusualmente elevado para un sector tan moderno en tantos otros aspectos, como por ejemplo la cobertura alta y la autofinanciación de las empresas. El nivel de agua no facturada es, por ende, más alto que en Alemania, Francia o el Reino Unido. En realidad, los niveles de agua no facturada en Chile se elevaron del 29% en 1999 hasta el promedio actual del 34%. El ente regulador considera un 15% como un nivel eficiente.

6.1.4 Eficiencia comercial

El indicador principal para la medición de la rentabilidad es el ROA (Resultado operacional sobre activos). De acuerdo al ROA, resulta importante señalar que al igual que los años anteriores, la

mayoría de las empresas del sector exhiben rentabilidades operacionales positivas, alcanzando el sector una rentabilidad promedio de 8,6%, un 0,1% superior a la de 2008.

6.1.5 Nivel de micromedición

Según SISS (2009), a nivel de sector saneamiento, la edad del parque de medidores ha mejorado ostensiblemente en el tramo de medidores mayor a 10 años, disminuyendo desde un 35,4 % del parque en el periodo anterior a 27,8 % el 2009, todo ello originado por la preocupación de las empresas por cambiar los medidores más antiguos.

Por otra parte, como consecuencia de la incorporación de más de 100.000 nuevos clientes y el reemplazo de los medidores más antiguos por nuevos, el tramo de medidores con edad menor a cinco años aumentó en 1,3 % en relación al periodo anterior.

El porcentaje de operatividad del parque a nivel nacional se ha mantenido relativamente estable en el tiempo: 98,63 % el año 2008 y 98,69 % en el periodo 2009. Ello significa que, durante el último periodo, 1,31 % del parque presentó en algún mes del año alguna anomalía, detención o desperfecto, que impidió facturar en función de la lectura de este instrumento.

6.1.6 Tarifas: Doméstica, Industrial, comercial, etc.

Por la disponibilidad variable en las diferentes partes de Chile y la directriz de que el costo del recurso debe reflejar su valor verdadero, las tarifas varían a gran escala. En 2006, las tarifas en las áreas urbanas tenían una variación de entre US\$0,8 y US\$ 4,1 por metro cúbico. En las zonas rurales, las tarifas sólo cubren los costos de operación y mantenimiento. Según una encuesta realizada en 1998 por el Instituto Nacional de Estadística (Chile), la factura de agua y saneamiento representaba, en promedio, el 1,14% del ingreso familiar. La relación fluctuaba de 0,77% para el quintil superior (más adinerado) a 2,35% para el quintil inferior (más pobre). Sin embargo, el bajo valor en este último caso se relaciona con el efecto de la subvención estatal de la tarifa para este sector de la población.

De acuerdo con SISS (2009), la Superintendencia de Servicios Sanitarios debe proponer al Ministerio de Economía las tarifas máximas que cada empresa sanitaria puede cobrar a sus clientes, las cuales se fijan mediante decreto de este ministerio y su periodo de vigencia es de cinco años. La tarifa máxima que puede cobrar una empresa se calcula simulando una “empresa modelo”, que opera eficientemente en esa área geográfica y que se autofinancia. La compañía no puede cobrar una tarifa mayor a la establecida en el proceso tarifario. Los procesos de fijación se inician a más tardar 12 meses antes del término del periodo de vigencia de las fórmulas tarifarias en aplicación, fecha en la cual la Superintendencia deberá informar a través de una publicación en el Diario Oficial, que se encuentran a disposición del público y de los prestadores, las bases sobre las cuales se efectuará el estudio para determinar las fórmulas tarifarias del periodo siguiente. Sólo a manera muy genérica es posible indicar que la tarifa media del suministro de servicios sanitarios en Chile se encuentra cerca de US\$ 1.27/m³.

6.1.7 Tratamiento de las aguas residuales

A comienzos de la década de los 90 comenzó en Chile, en forma incipiente, el proceso de construcción de plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS). Desde el año 2000, con la publicación de la Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales, el proceso se aceleró significativamente. Al 2004, aproximadamente el 66% de la población descarga sus aguas servidas a sistemas que cuentan con tratamiento y se estima que para el 2010 esta cifra alcance cerca del 95%. Dicha norma de emisión estableció un plazo de 5 años para la construcción de los sistemas de tratamiento para las instalaciones existentes, plazo que vence en mayo de 2005, por lo que la cobertura debería seguir aumentando en el corto plazo.

6.2 Industrial

6.2.1 Principales giros industriales

En relación con el uso industrial su localización está fuertemente asociada a los mayores centros urbanos, en consecuencia las mayores demandas se generan en las regiones V, RM y VIII. La diversidad de industrias es bastante grande, pero fundamentalmente concentrada dentro de la zona central del país, donde destacan aquellas del tipo agroindustrial, alimentos, tejido e hilado, refinamiento de combustibles fósiles, papelería, industria química, minería, servicios financieros, textiles y plástico, emparadoras, bodegas frigorizadas y conserveras, entre muchas otras. El crecimiento de la producción física industrial entre el año 1990 y el 2000, por ejemplo, se incrementó en un poco más de 50%. De allí surgen las estimaciones de crecimiento que indican que la demanda de agua se duplica para este sector, en un período de aproximadamente 25 años; sin embargo, debe tenerse presente que el uso dentro de los usos consuntivos tiene un peso relativamente menor (del orden de 7%). En consecuencia existiendo un desarrollo dinámico su impacto en términos de los caudales involucrados no resulta altamente significativo, a escala nacional, aun cuando en sectores de mayor concentración de la actividad el impacto relativo puede ser mayor.

6.2.2 Principales contaminantes

En Chile, la contaminación de este recurso tiene su origen en las descargas directas de aguas servidas domésticas y residuos industriales líquidos a las masas de agua superficiales, terrestres o marítimas, sin previo tratamiento, y a las descargas difusas derivadas de actividades agrícolas o forestales, que llegan de forma indirecta a las masas o corrientes de agua superficiales y también a las subterráneas (SINIA, 2002). La fuerte inversión en plantas de tratamiento en los últimos años ha contribuido a reducir éstos efectos. En el caso de las aguas residuales industriales, la descarga de residuos líquidos a aguas superficiales y subterráneas está regulada a través de dos normas de emisión, que corresponden al DS90/1999 y al DS 46/2002, respectivamente. El

objetivo de esta normas es prevenir o corregir la contaminación de las aguas, estableciendo límites a la cantidad de contaminantes emitidos que pueden descargar a los cuerpos de agua las instalaciones industriales o fuentes emisoras en general (Amaya et al, 2007). Pese a ello, los autores previos detectan un alto porcentaje de superación de la norma de calidad de agua para una serie de parámetros originados en RILES obtenidos de registros de más de 700 empresas industriales en Chile. Parte de los mismos se presentan en el Cuadro 2, evidenciando la gran diversidad de contaminantes presentes en RILES de la industria en el país.

Cuadro 2. Algunos contaminantes presentes en Residuos Industriales Líquidos en algunas empresas de Chile. Fuente: Amaya et al (2007)

Aceites y grasas	AOX	Cianuro	Molibdeno
Acidos grasos	Arsénico	Cloratos	Plomo
Acidos resínicos	Benceno	Detergentes	Tolueno
Aluminio	Boro	Fluoruro	Tetracloroetano
Amoniaco	Cadmio	Hidrocarburos totales	Xileno

6.2.3 Generación y tratamiento de aguas residuales

La amplia cobertura de los sistemas de agua potable, asociada a una cobertura similar de los sistemas de alcantarillado, genera un importante volumen de aguas servidas. Estas, a Diciembre de 2008, eran tratadas mediante 257 Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas que cubrían a un 82,6% de la población a nivel nacional (SISS, 2008).

6.3 Agrícola

6.3.1 Zonas hidroagrícolas

Desde el punto de vista de la producción silvoagropecuaria, en Chile se identifican siete macrorregiones, que se caracterizan por cierta similitud de clima y geografía:

- Norte Grande: Hortofruticultura, Ganadería de camélidos
- Norte Chico: Hortofruticultura, Actividad pisquera y Ganadería caprina
- Centro: Hortofruticultura, Vitivinicultura y Cultivos anuales
- Centro Sur: Cultivos anuales, Vitivinicultura, Actividad forestal
- Sur Frontera: Cereales, Ganadería: crianza y engorda, Actividad forestal
- Sur: Zona de Los Lagos: Ganadería bovina y lechera y actividad forestal

- Extremo Sur: Ganadería ovina y bovina y actividad forestal

6.3.2 Superficie cultivada

Según ODEPA (2009), de los 75,6 millones de hectáreas de Chile continental, aproximadamente la mitad tiene uso silvoagropecuario. Esta superficie se divide del modo siguiente:

- 14,0 millones de hectáreas: praderas y forrajeras
- 19,8 millones de hectáreas: forestal
- 1,7 millones de hectáreas: cultivadas

6.3.3 Cultivos predominantes

Cultivos anuales

La siembra de cultivos anuales ha venido disminuyendo en Chile en las últimas décadas. Es así como las 671 mil hectáreas sembradas en la temporada 2008/09 representan una baja de 9% en relación a la siembra de diez años antes. Esta reducción no ha sido homogénea y ha tenido lugar principalmente en trigo, leguminosas, remolacha y papas. Las menores siembras han sido parcialmente compensadas con aumentos en el área de maíz y avena. Las siembras de cereales, con 552.127 hectáreas, correspondieron a un 82% de la superficie de cultivos anuales en la temporada 2008/09. Dentro de ellas, el cultivo de trigo significó algo más de la mitad, proporción similar a la que representa la producción nacional de este grano en el consumo de Chile. Con una importancia menor en el área sembrada, pero mayor en producción, las siembras de maíz también aportan cerca de 50% de las necesidades del país.

Frutales

La superficie plantada con frutales ha experimentado un constante aumento durante la década 1997-2007. La superficie total plantada aumentó de 213.518 hectáreas en el año 1997 a 310.286 hectáreas en el año 2007, con un crecimiento de 45,3% en la década, lo cual, para una industria que está alcanzando su madurez, demuestra una expansión de extraordinario dinamismo. Las exportaciones siguen captando alrededor de 75% de la producción frutícola nacional en la mayoría de las especies, llegando a consumidores cada vez más sofisticados y mercados muy exigentes. La industria frutícola chilena ha llegado a ser líder y ha mantenido ese liderazgo como mayor exportador de frutas frescas del hemisferio sur. Las especies frutícolas que han tenido un crecimiento más dinámico durante la década 1997-2007, están lideradas por arándanos, olivos, cerezos, paltos, clementinas y nogales. Además de la uva de mesa, han logrado aumentar su participación en la superficie frutícola total a nivel nacional algunas especies no tradicionales, como paltos, olivos, berries y otros.

Hortalizas

En el país se cultivan anualmente, tanto al aire libre como en invernaderos, una gran variedad de hortalizas, cuya superficie anual fluctúa alrededor de 100.000 hectáreas. Dicha producción es tanto para consumo en fresco como para la agroindustria (congelados, deshidratados, conservas

y jugos), para los mercados interno e internacional. Entre las especies cultivadas para el consumo fresco destaca la producción de lechuga, tomate, cebolla, zanahoria y zapallo, y entre las especies destinadas a la agroindustria sobresalen maíz, tomate, alcachofa, arveja, poroto verde, espárrago, pimiento y coliflor.

Vinos

Hay más de 14 mil productores de uva para vinificación y cerca de 150 viñas elaboradoras, que en el año 2009 llegaron a producir 10,1 millones de hectolitros de vino. Además, en Chile hay cerca de 10 mil hectáreas dedicadas a la producción de uva para pisco, obteniéndose alrededor de 45 millones de litros de este destilado, expresados en equivalente a pisco de 30°.

6.3.4 Sistemas de riego predominantes (Infraestructura hidroagrícola)

La infraestructura de riego, a través de los estudios de carácter catastral realizados en los últimos 15 años, indican que para el área comprendida entre la I y VIII Regiones alcanzan a cerca de 1 millón de hectáreas manejadas por cerca de 212 mil usuarios, considerando cerca de 12 mil canales, con unas 6.400 captaciones en los cauces naturales. La infraestructura considera 1.180 embalses de regulación de tamaño medio a menor y unos 60 embalses de tamaño mayor, que no superan, en promedio, los 700 millones de m³ de capacidad individual, sin considerar los grandes embalses artificiales de más de 1000 millones de m³ destinados, preferentemente a la generación hidroeléctrica (Salazar, 2001).

En el Cuadro 3 se presentan los principales sistemas de embalses en Chile y su capacidad de almacenamiento. En cuanto a los métodos de riego predominantes, el riego gravitacional, el mecánico mayor (aspersión, carrete o pivote) y el microriego (goteo, cinta, microjet y microaspersión) representaban hasta el 2007 un 72.2, 5.2 y 22.6% de la superficie regada, respectivamente (INE, 2007b).

Cuadro 3. Principales embalses y capacidad de almacenamiento

Nombre Embalse	Región	Cuenca	Capacidad	Promedio Histórico
Conchi	Antofagasta	Loa	22	18,4
Sta. Juana	Atacama	Huayco	166	126
Lautaro	Atacama	Copiapó	35	13
Puclaro	Coquimbo	Elqui	200	130
La Paloma	Coquimbo	Limarí	748	421
Cogotí	Coquimbo	Limari	150	81
Culimo	Coquimbo	Choapa	10	4,6
Corrales	Coquimbo	Illapel	50	38
La Laguna	Coquimbo	Elqui	40	24
Recoleta	Coquimbo	Limari	100	67
Peñuelas	Valparaíso	Peñuelas	95	30
Rapel	O'Higgins	Rapel	695	526
Colbún	Maule	Maule	1544	1218
Laguna Maule	Maule	Maule	1420	948
Bullileo	Maule	Maule	60	49
Digua	Maule	Maule	220	162
Tutuvén	Maule	Maule	15	10
Coihueco	Bío-Bío	Itata	29	14
Lago Laja	Bío-Bío	Bío-Bío	5582	3294
El Yeso	R.Metropolitana	Maipú	256	180
Rungue	R.Metropolitana	Maipo	2,2	1,4

Fuente: UChile (2008)

6.3.5 Eficiencias de riego

De acuerdo con Brown (2003) según cifras obtenidas del Censo Agropecuario 1997, la eficiencia global del riego en Chile era de un 38.9%, cuando en ese año el riego tecnificado representaba el 9% de la superficie regada nacional. Actualmente, con un 22% de la superficie regada mediante métodos de riego tecnificado, la eficiencia debiera haber aumentado en torno a un 46%.

6.3.8 Tarifas y legislación

En Chile, la legislación no contempla una tarificación en el uso del agua de riego. Sin embargo, las organizaciones de usuarios de agua, incorporan en su gestión el cobro a los usuarios de un monto proporcional a sus derechos de agua por concepto de gestión y administración del recurso hídrico, asociado a los gastos de operación, mantención y mejoramiento de la infraestructura de riego.

6.4 Ecosistemas

6.4.1 Nivel de degradación de los suelos y vegetación

Uno de los principales problemas que afectan al territorio chileno, particularmente en sus zonas áridas y semiáridas, que representan cerca del 54% del territorio nacional, es la desertificación. Tal como lo indicaba Avalos (2004), la significancia del proceso de desertificación en Chile radica en la gran superficie que abarca (47.3 millones de Ha, equivalente al 62.2% del territorio nacional, principalmente entre las regiones I y VIII y XI y XII), así como en el número de personas que afecta, cifra que alcanza los 1.5 millones de habitantes en condiciones de pobreza rural.

El segundo de los graves problemas de Chile lo constituye la erosión. Ya en 1976, según un estudio citado por Pizarro (1996), sobre un área equivalente al 46% del territorio nacional, al menos un 35% de esta superficie presentaba niveles de erosión grave y muy grave. Según Ellies (2000) incluso, la erosión afecta al 25% del territorio nacional y cerca del 60% de la tierra utilizable del país.

6.4.2 Implementación de caudales ecológicos

De acuerdo con Jammet y Rodríguez (2005), en Chile, la Dirección General de Aguas en Chile - DGA, a partir de 1998, al momento de otorgar nuevos derechos de agua comienza a considerar un caudal mínimo con el propósito de “preservar los ecosistemas y los valores paisajísticos”. Mientras, en las modificaciones recientemente aprobadas del Código de Agua de 1981, se estipula la mantención de un caudal ecológico mínimo para velar por “la preservación de la naturaleza y la protección del medio ambiente”. Por otra parte, la Corporación Nacional del Medio Ambiente, encargada del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, en 1998, define al

caudal ecológico como el “caudal mínimo que da cuenta de la conservación de la biodiversidad propia del curso en cuestión, adecuado para asegurar el cumplimiento de las funciones y servicios ecológicos del medio acuático (como lo son la mineralización, asimilación, entre otros).

En cuanto a los métodos que son empleados para determinar un caudal ecológico en Chile, la Dirección General de Aguas, según Jammet y Rodríguez (2000) recomienda fijarlo a través de métodos de tipo hidrológicos. Explícitamente declara que el caudal ecológico puede estimarse como el 10 % del caudal medio anual, siendo éste el criterio que ha sido comúnmente utilizado en Chile. Sin embargo, en estricto rigor, la legislación sólo refiere a un caudal mínimo con el propósito de “preservar los ecosistemas y los valores paisajísticos” (DGA, 1999). Mientras, en las modificaciones recientemente aprobadas del Código de Agua de 1981, se estipula la mantención de un caudal ecológico mínimo para velar por “la preservación de la

naturaleza y la protección del medio ambiente” (Oficio nro 5524, 2005). Finalmente, existe una serie de iniciativas, tendentes a considerar enfoques ambientales, basados en evaluación de componentes bióticos, sobre los de tipo hidrológico para una mejor definición del caudal ecológico, entre las que destaca aquella liderada por la Comisión Nacional del Medio Ambiente, actualmente, Ministerio del Ambiente (UChile, 2010).

6.4.3 Pago por servicios ambientales

No se conocen experiencias en Chile respecto al pago por servicios ambientales relacionados a los recursos hídricos. Recién en 2009, La Fundación para la Innovación Agraria (FIA) suscribió un convenio con la Oficina Regional para América del Sur de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN-SUR) y el Instituto Forestal (INFOR), para la ejecución durante el 2009 del programa denominado "Fortalecimiento de capacidades en Chile con miras al establecimiento de esquemas de pago por servicios ambientales" (FIA, 2009). De este modo, éste es un tema que está recién incorporándose en la agenda nacional.

6.5 Otros usos

6.5.1 Generación de energía eléctrica

La hidroelectricidad representaba a Diciembre de 2009, cerca del 47,4% de la Potencia Neta instalada en el Sistema Interconectado Central, que es el principal sistema de abastecimiento eléctrico en el país. Sin embargo, al considerar la totalidad de los sistemas de generación, transmisión y distribución eléctrico del país, esta cifra se reduce a un 35.7%. Si bien la importancia relativa es importante, da cuenta de una reducción del componente hidroeléctrico en la matriz energética nacional en los últimos años, a favor de los combustibles fósiles. Esto puede relacionar, entre otros factores, a lenta tramitación de los permisos medio ambientales por las hidroeléctricas, en comparación con otros proyectos de generación.

6.5.2 Acuicultura

Las excelentes condiciones naturales, tales como las condiciones naturales de calidad ambiental y temperatura de sus aguas, la geografía de su zona sur y austral con múltiples canales, islas y fiordos son las que han permitido en el gran desarrollo de la acuicultura de Chile (IVEX, 2007). Según los autores, el valor de las exportaciones del sector acuícola en 2006 totalizó exportaciones por US\$ 3682 millones, de los cuales un 60% correspondió al sector salmonídeos. En este último caso, la industria genera cerca del 5% de las exportaciones nacionales y sobre un 56% de los envíos de productos del mar. La zona sur y austral de Chile congrega más del 85% de los centros de producción de todas las especies, fundamentalmente el salmón cuyo centros de cultivos se ubican en el borde costero.

6.5.3 Minería

Las actividades mineras en Chile se concentran mayormente en el sector centro y norte del país, donde se ubican los territorios de mayor aridez. Por tanto, el recurso hídrico pasa a ser uno de los factores más limitantes para el desarrollo de este sector económico que, en muchos casos se enfrenta también a conflictos con otros sectores de la economía y de la sociedad en general, como la agricultura, agua potable, turismo, entre otros.

Respecto a la utilización de agua por el sector minero, de acuerdo con DGA (2008) a diciembre de 2006, el monto total de los derechos de agua registrados para el sector minero alcanzaban a 30,7 m³/s, de los cuales un 42% (13,0 m³/s) corresponden a derechos permanentes y eventuales de agua superficial y un 58% (17,7 m³/s) a derechos permanentes y provisionales de agua subterránea. Para la misma fecha, los derechos permanentes de aguas superficiales y subterráneas alcanzaban un monto estimado de 24,7 m³/s, representando un 80% de los derechos consuntivos totales. Por otro lado, las extracciones informadas por las empresas mineras para el período mencionado alcanzaron un promedio anual de 11,9 m³/s. Este monto no incluye agua de mar ni agua alumbrada dentro de las labores mineras.

Proyecciones de la demanda en la minería del cobre.

El Cuadro 4 muestra la estimación de la demanda de agua fresca por región administrativa, para la producción de cobre total proyectada del país.

Cuadro 4. Proyección demanda de agua para la producción total de cobre en Chile.

REGIÓN	PROYECCIÓN DEMANDA AGUA PARA LA PRODUCCIÓN TOTAL DE COBRE EN CHILE (Millones de m3)											
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
I	44,0	47,4	48,3	43,0	50,2	51,9	55,0	69,4	78,3	84,7	86,9	83,7
II	138,4	149,1	143,8	142,0	136,1	129,9	168,0	166,6	154,8	110,7	108,6	105,6
III	41,8	39,3	34,8	12,3	22,9	48,9	65,7	89,5	89,5	88,2	85,2	84,5
IV	18,6	33,8	41,9	44,1	43,9	43,3	42,5	42,4	42,4	42,2	41,8	41,8
V	28,2	30,8	35,8	38,2	37,6	34,4	55,5	84,3	87,9	100,7	110,5	104,6
VI	65,0	67,0	67,9	73,6	74,6	73,8	71,4	67,1	62,5	63,8	64,2	65,7
Metropolitana	24,4	22,0	22,0	23,5	37,7	40,6	43,5	43,2	43,2	41,0	41,0	41,0
Varios	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6
Total	373,8	402,8	408,0	390,1	416,2	436,0	514,9	576,1	572,2	545,2	551,9	540,6

Fuente: COCHILCO, 2009

A modo de comparación, en el año 2009, con una producción de cobre de 5,3 millones de toneladas, la demanda de agua fresca se estimó en 373,8 millones de m³, lo que equivale a 11,9 m³/s. Para el año 2020 se proyecta una producción de 7,5 millones de toneladas y se estima una demanda de agua fresca del orden de 540,6 millones de m³ equivalentes a 17,1 m³/s. Es así como la demanda de agua en el año 2020 se situaría en más de 116,8 millones de m³ que el consumo actual, lo que representaría un aumento de 44,6% respecto a la demanda de agua fresca del año 2009, con un aumento en la producción de cobre del orden de 41,5% para el mismo período.

7. Gestión

7.1 Marco legal y jurídico (Instituciones, leyes, normas, reglamentos)

En Chile, el principal cuerpo legal regulador de la gestión de los recursos hídricos es el Código de Aguas de 1981. Desde su entrada en vigencia, aún cuando legalmente las aguas son bienes nacionales de uso público, esto es, bienes cuyo dominio pertenece a la nación y su uso corresponde a todos los habitantes de la nación, se concede a los particulares derechos de aprovechamiento sobre las mismas. En la legislación dicho derecho es un bien jurídico definido, cuyo titular puede usar, gozar y disponer de él, como cualquier otro bien susceptible de apropiación privada y tiene una protección jurídica similar. Además, el derecho de aprovechamiento es un bien principal y ya no accesorio a la tierra o industria para los cuales hubiera estado destinada, de modo que se puede transferir libremente, mediante procesos de compraventa o arriendo. La institución del Estado encargada de aplicar el Código de Aguas es la Dirección General de Aguas (DGA) (Peña et al, 2004).

Estas características han hecho de la gestión del agua en Chile objeto de permanente y amplio análisis y debate (Dourojeani y Jouravlev, 1999; Dourojeani y Jouravlev, 2000; Donoso et al, 2004; Peña et al, 2004).

Las instituciones responsables de la gestión y uso de las aguas en Chile son (Salazar, 2001):

- La Dirección General de Aguas, y sus dependencias, y la Dirección de Obras Hidráulicas, ambas dependientes del Ministerio de Obras Públicas
- La Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).
- La Comisión Nacional de Riego (CNR).
- La Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).
- La Corporación Nacional Forestal (CONAF) y el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), ambas agencias dependientes del Ministerio de Agricultura.
- El Instituto Nacional de Desarrollo Agropecuario (INDAP).
- La Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante (DIRECTEMAR) y el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), ambos dependientes de la Armada de Chile.
- La Dirección Meteorológica de Chile (DMC), dependiente de la Fuerza Aérea de Chile.
- El Servicio Nacional de Geología y Minas

En tanto, el principal cuerpo legal regulador de la gestión de los recursos hídricos en Chile es el Código de Aguas de 1981. En este contexto, destaca la importancia de las organizaciones de usuarios de agua definidas por el Código de Aguas. Estas son las Juntas de Vigilancia, Asociación de Canalistas, Comunidades de Agua y Comunidades de Drenaje. Tal como lo indica el cuerpo legal, el objeto de la organización de usuarios es “tomar las aguas del canal matriz, repartirlas entre los titulares de derechos, construir, explotar conservar y mejorar las obras de captación, acueductos y otras que sean necesarias para su aprovechamiento. En el caso de cauces naturales podrán organizarse como juntas de vigilancia. “

7.2 Participación de Organizaciones No Gubernamentales

Las organizaciones ligadas a la gestión del agua en Chile, de origen privado y que están contempladas en el Código de Aguas son: Las Juntas de Vigilancia, Asociaciones de Canalistas, Comunidades de Agua y Comunidades de Drenaje. Otras organizaciones no gubernamentales, que han tenido un rol significativo en temas hídricos en el país son las Universidades, como la Universidad de Chile, Universidad Austral, Universidad de Concepción, Universidad de Talca, Pontificia Universidad Católica de Chile y Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, por nombrar algunas. También se destaca el rol que ha desarrollado en los últimos años el Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe y el programa ChileSustentable. Existen otras organizaciones relevantes, como el Comité Chileno del Programa Hidrológico Internacional, el capítulo chileno de la Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo (ALSHUD), la Confederación de Canalistas de Chile y la Federación Nacional de Agua Potable Rural, por citar algunas.

7.3 Planes de desarrollo y Programas Nacionales

MOP (2010) presenta un plan nacional de obras hidráulicas para el 2020. El programa previsto al año 2020 considera avanzar en 1.000 km de mejoramiento de canales existentes, de los 1.800 km faltantes, entre el 2010 y el 2020. De esta manera se esperan recuperar recursos hídricos suficientes para regar unas 136 mil nuevas hectáreas. Además, en embalses se tiene en carpeta la idea de incorporar 819 millones de metros cúbicos a la capacidad embalsada actual en 2010.

8. Inversiones

8.1 Nivel de inversiones en el sector (agua, drenaje y saneamiento), comparación con otros sectores

La Dirección de Obras Hidráulicas invierte anualmente cerca de 80 millones de dólares en obras (MOP, 2010). Por su parte, la Comisión Nacional de Riego invirtió, de manera creciente, entre 1990 y el 2006, cerca de 792 millones de dólares como bonificación a obras de riego a través de la Ley 18.450. En tanto, el sector sanitario, desde que el sector éste fue preparado para autofinanciarse, las inversiones aumentaron de manera evidente de un promedio anual de aproximadamente US\$ 100 millones entre 1965 y 1989 a un promedio anual de US\$ 242 millones entre 1990 y 1998, cuando se privatizó a la primera empresa. Según las cifras de la SISS, desde 1998 las inversiones anuales oscilaron entre US\$ 151 millones (1999) y US\$ 443 millones (2002). La inversión total en el año 2006 fue de US\$ 325 millones.

8.2 Fuentes de financiamiento

Las principales fuentes de financiamiento de grandes obras en Chile han empezado a realizar a través de la vía privada mediante licitaciones. Asimismo, las empresas sanitarias procuran su propio financiamiento de inversiones.

Se destaca de manera especial el impacto que ha tenido y seguirá teniendo la Ley de fomento a la inversión privada en obras de riego, en Chile, más conocida como Ley 18.450. De acuerdo con Congreso Nacional de Chile (2009), desde su creación, en 1986, hasta 2007, los recursos provenientes de la citada Ley permitieron bonificar entre 80000 y 100000 ha por año. La superficie tecnificada anual pasó de 46 ha en 1986 a 17886 en 2007; la superficie de nuevo riego llega en todo el periodo a 99243 ha; La superficie de proyectos de drenaje bonificados por la misma ley, para el período 1986 – 2007, llega a 32.208 hás.

8.3 Planes de inversión

De acuerdo con el periódico La Tercera (2009), las empresas sanitarias contemplaban una inversión para los próximos 10 años cercana a 1.072 millones de dólares, cifra que comprende un 20% en tratamiento de aguas servidas, 34% en alcantarillado y 45% en agua potable. Sin embargo, los efectos del terremoto de febrero de 2010 pueden haber alterado esta planificación debido al gran impacto que éste causó sobre los sistemas de agua potable y alcantarillado a lo largo del país.

Por otro lado, MOP (2010), antes del terremoto del 27 de Febrero que afectó al país, presentaba una propuesta de inversiones en obras hidráulicas mayores cercana a 2500 millones de dólares. Es probable que por causa del terremoto o cambio de prioridades asociado a una nueva coalición de gobierno, se produzca una alteración a estas cifras.

9. Directorio de Actores Principales del Sector

Dirección General de Aguas

Morandé #59, Piso 8, Santiago

Teléfonos (56-2) 4493810 / (56-2) 4493811,

Fax: (56-2) 4493816 / (56-2) 4493813

Dirección de Obras Hidráulicas

Morandé 59, Santiago

Teléfono: (56-2) 449 4000

Fax; (56-2) 441 0914

Comisión Nacional de Riego

Avda. Libertador Bernardo O'Higgins 1449 Piso 4 Santiago.

Fono : (56-2) 425 79 00

Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe (CAZALAC)

Av. Benavente 980, La Serena

Fono: (56-51) 204493

www.cazalac.org

Universidad de Chile

Departamento de Ingeniería Civil

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

Av. Blanco Encalada 2002, Santiago - Chile

Teléfono: (+56) 2 9784376

Fax: (+56) 2 6718788

Universidad de Concepción

Departamento de Recursos Hídricos

Fac. Ingeniería Agrícola

Avenida Vicente Méndez #595, Casilla 537, Chillán

Teléfono: (56-42) – 208797

Fax: (56-42) - 275303

Centro de Cambio Global

Pontificia Universidad Católica de Chile

Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile

Teléfono: (56-2) 354 15 49 / (56-2) 354 49 26

Confederación de Canalistas de Chile

Rafael Cañas nº 16 - piso 4 - oficina "g" –

Providencia - Santiago

Teléfono: (2) 264 0831

Fax: (2) 264 0073

Programa Chile Sustentable

Seminario 754, Santiago

Teléfono: (2) 2097028

Federación Nacional de Agua Potable Rural

Javier Becerra, Coordinador

www.fenapru.cl

Superintendencia de Servicios Sanitarios

Moneda 673 Piso 9, Santiago, Chile

Teléfono: Mesa Central (2) 3824000

Fax: (2) 3824003

Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO)

Agustinas 1161, 4º Piso

Santiago

Teléfono: (56-2) 382 8217

Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica

<http://www.sochid.cl/>

Comité chileno para el Programa Hidrológico Internacional

Manuel Montt 1164, Providencia Santiago,

Teléfono: (56 2) 2008971

10. Referencias Bibliográficas

- Amaya, J., Lacourly, N., Muñoz, J., y Wiertz, J. 2007. Desarrollo de metodología de muestreo para la aplicación del control directo a establecimientos industriales. SISS: 1593-28-LE07. Informe Final. Disponible en: http://www.siss.cl/articles-4733_recurso_1.pdf

- Arumi, L., Nuñez, J., Salgado, L. y Claret, M. 2006. Evaluación del riesgo de contaminación con nitrato de pozos de suministro de agua potable rural en Chile. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health* 20(6): 385-392
- Avalos, V. 2004. Validación de un protocolo de campo para la evaluación de indicadores biofísicos de la desertificación. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables.
- BID. 2001. Competitividad: El motor del crecimiento. Progreso Económico y Social en América Latina. Informe 2001. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Brown, E. 2003. Uso eficiente del recurso hídrico. Taller Nacional – Chile hacia un plan nacional de gestión integrada de los recursos hídricos. CEPAL Naciones Unidas, Santiago. 10 – 11 diciembre de 2003
- Brown, E. y Saldivia, J. 2000. Informe nacional sobre la gestión del agua en Chile. 100 pp.
- Cancino, J., Bonilla, C. y Donoso, G. 1996. Contaminación de los recursos hídricos en la zona central de Chile. VI Jornadas del CONAPHI-CHILE. 15 pp.
- Cardona, O. 2008. Medición de la gestión del riesgo en América Latina. *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, diciembre 2008, núm. 3, p.1-20
- CEPAL. 2009. Panorama social de América Latina 2009.
- COCHILCO. 2009. Gestión del recurso hídrico y la minería en Chile. Proyección consumo de agua en la minería del Cobre 2009-2020. Comisión Chilena del Cobre. 26 pp.
- CONAMA. 2006. Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI. Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias. Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. 63 pp
- Congreso Nacional de Chile. 2009. Historia de la Ley N° 20.40. Modifica la ley N° 18.450 sobre fomento a la inversión privada en obras de riego y drenaje. Disponible en: <http://www.bcn.cl/obtienearchivo?id=recursoslegales/10221.3/3898/1/HL20401.pdf>
- CNR. 2010. Ley N° 18.450 de Fomento a la Inversión Privada en Obras Menores de Riego y Drenaje en Chile. En línea: http://cursos.puc.cl/unimit_agl_014-1/almacen/1242517536_lgurovic_sec1_pos0.pdf
- ConchayToro. 2010. CONCHA Y TORO SE CONVIERTE EN LA PRIMERA VIÑA DEL MUNDO EN MEDIR SU HUELLA HÍDRICA. En línea: http://www.conchaytoro.com/desarrollo_sustentable/es/pdf/marca_de_agua_es.pdf
- D.G.A. 1986. Mapa hidrogeológico de Chile. Escala 1:2.500.000. Dirección General de Aguas, Chile.
- D.G.A. 1999. Política Nacional de Recursos Hídricos. Dirección General de Aguas, Chile.
- D.G.A. 2005. Informe de Gestión 2005. Dirección General de Aguas, Chile.
- D.G.A. 2010a. Página institucional, Chile, 05/06/2010 www.dga.cl, e-mail: info@dga.cl.
- D.G.A. 2010b. Información pluviométrica, fluviométrica, estado de embalses y aguas subterráneas. Boletín 384. Abril. División de Hidrología, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Chile. 32 pp.
- DGA-CADE-IDEPE. 2005. Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según objetivos de calidad.
- Donoso, G.; Jouravlev, A.; Peña, H. y Zegarra, E. 2004. Mercados (de derechos) de agua: experiencias y propuestas en América del Sur. Serie Recursos Naturales e Infraestructura. CEPAL, Santiago. 81 pp.

- Dourojeani, A. y Jouravlev, A. 2000. La regulación de los efectos externos de las transferencias de agua en Chile. *Debate Agrario* 31: 99-141
- Dourojeani, A. y Jouravlev, A. 1999. El Código de aguas en Chile. Entre la ideología y la realidad. *Debate Agrario* 29-30: 139-193.
- Errázuriz, A.M.; Cereceda, P.; González, J.; González, M.; Henríquez, M. y Rioseco, R. 1998. *Manual de Geografía de Chile*. Tercera Edición. Ed. Andrés Bello. Santiago, 435 pp
- Ellies, A. 2000. Soil erosion and its control in Chile - An overview. *ACTA GEOLOGICA HISPANICA*, v. 35 (2000), nº 3-4, p. 279-284
- Escobar, F. y Aceituno, P. 1998. Influencia del fenómeno ENSO sobre la precipitación nival en el sector andino de Chile central durante el invierno. *Bull. Inst. fr. études andines*, 27(3), 753-759.
- FIA. 2009. FIA suscribe convenio sobre Servicios Ambientales. Fundación para la Innovación Agraria. Ministerio de Agricultura. En línea: <http://www.fia.cl/Inicio/Noticias/tabid/121/ItemID/1199/View/Details/Default.aspx>
- Fisher, Serra. 2007. Efectos de la privatización de servicios públicos en Chile. Banco Interamericano de Desarrollo.
- FMI. 2009. Perspectivas de la economía mundial. Abril de 2009. Crisis y Recuperación. Estudios económicos y financieros. Fondo Monetario Internacional. 246 pp
- INE, s/f.
- INE. 2007a. División Político-Administrativa y Censal-2007. Instituto Nacional de Estadísticas, Chile. Santiago, 355 pp.
- INE, 2007b. VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal. Instituto Nacional de Estadísticas.
- IVEX. 2007. La acuicultura en Chile. Estudio sectorial. Instituto Valenciano de exportación. 39 pp.
- Jammet, G. y Rodríguez, A. 2005. Evaluación del instrumento caudal ecológico, panorama legal e institucional en Chile y Brasil.
- Jouravlev, A. 2004. Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI. Serie Recursos Naturales e Infraestructura 74. CEPAL, Santiago.
- La Tercera. 2009. Empresas sanitarias prevén inversiones por más de US\$1.000 millones en 10 años. En línea (http://latercera.com/contenido/745_169949_9.shtml).
- Medina, B., Olean, A., y Aguilera, X. 2003. Situación epidemiológica de hepatitis A en Chile. *Rev Chil Infect* 2003; 20 (4): 262-267
- MIDEPLAN. 2007. La situación de la pobreza en Chile 2006. SERIE ANALISIS DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE CARACTERIZACION SOCIOECONOMICA NACIONAL (CASEN 2006). Ministerio de Planificación, Chile.
- MOP. 2010. Chile 2020 Obras Públicas para el desarrollo. Ministerio de Obras Públicas, Chile.
- Nissen, J., Garay, M., Aguilera, A. 2000. Calidad de aguas subterráneas de la Décima Region de Chile. *Agro sur*, vol.28 (1):25-39
- ODEPA. 2009. Panorama de la Agricultura chilena 2009. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Chile.
- OFICIO NRO 5524. 2005. Modificaciones del Código de Aguas.
- http://www.dga.cl/secuencias/%FAltimo_ORD_Congreso_Modif_CA.pdf

- Oyarzún, R; Alvarez,,P; Arumí, J. y Rivera, D. 2008. Water use in the Chilean agriculture: current situation and areas for research development. En *Agricultural Water Management Research Trends* (Ed. Magnus L. Sørensen). Nova Publishers
- Oyarzún, R. y Arumí, J. 2006. Las aguas subterráneas en Chile. *Boletín geológico y minero*, ISSN 0366-0176, Vol. 117, Nº 1, 2006 , pags. 37-45
- Orrego, 2002. El estado de las aguas terrestres en Chile. *Cursos y aguas subterráneas*. Terram Publicaciones.
- Peña, H., Luraschi, M., y Valenzuela, S. 2004. Agua, desarrollo y políticas públicas: La experiencia de Chile. *REGA – Vol. 1, no. 2, p. 25-50*.
- PNUD. 2009. *Desarrollo Humano en Chile. La Manera de hacer las cosas*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 262 pp.
- Quintana, J. 2000. The Drought in Chile and La Niña. *Drought Network News*. Vol. 12, No. 2: 3-6
- Quintana, J. y Aceituno, P. 2006. Trends and interdecadal variability of rainfall in Chile. *Proceedings of 8 ICSHMO, Foz do Iguaçu, Brazil, April 24-28, 2006, INPE*, p. 371-372.
- Rojas, D. y Atenas, M. 2009. Taller técnico sobre compilación de Cuentas de Agua en América Latina. Santiago, Chile. 01- 04 Junio 2009. En línea: <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/workshops/chile2009/S6.2-S.ppt>
- Rutllant, J. 2004. Aspectos de la circulación atmosférica de gran escala asociada al ciclo ENOS 1997- 1999 y sus consecuencias en el régimen de precipitación en Chile central. En: Avaria, S., Carrasco, J., Rutllant, J., and Yáñez, E..(eds.). 2004. *El Niño-La Niña 1997-2000. Sus Efectos en Chile*. CONA, Chile, Valparaíso. pp. 61-76
- Salazar, C. 2003. Situación de los recursos hídricos en Chile. *Reporte de Investigación*. Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua.
- SINIA, 2002. *Recursos Hídricos*. Sistema Nacional del Medio Ambiente, Chile. En línea: <http://www.sinia.cl/1292/article-26359.html>
- SISS. 2009. *Informe de Gestión 2009*. Super Intendencia de Servicios Sanitarios. Gobierno de Chile.
- UChile. 2008. *Informe País. Estado del Medio Ambiente en Chile*. GeoChile. Instituto de Asuntos Públicos. Centro de Análisis de Políticas Públicas. Universidad de Chile. 505 pp
- Valenzuela, M., Lagos, B., Claret, M., Mondaca, M., Pérez, C., and Parra1, O. 2009. Fecal Contamination of Groundwater in a Small Rural Dryland Watershed in Central Chile. *Chilean J. Agric. Res.* 69(2): 235-243
- Valenzuela, S. y Jouravlev, A. 2007. *Servicios urbanos de agua potable y alcantarillado en Chile: factores determinantes del desempeño*. Serie Recursos Naturales e Infraestructura 123. CEPAL, Santiago.