



República de Chile  
Gobierno Regional de Atacama  
División de Planificación y Desarrollo

**INFORME TÉCNICO**

**SISTEMA TERRITORIAL**

**CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

---

**REGIÓN DE ATACAMA**

**PLAN REGIONAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

## INDICE

<b>CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN GENERAL CUENCAS HIDROGRÁFICAS .....</b>	<b>6</b>
<b>1. ANTECEDENTES GENERALES.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1. HIDROGRAFÍA DE LA REGIÓN DE ATACAMA.....</b>	<b>9</b>
1.1.1 Aguas Superficiales.....	9
a) Características Principales Cuencas Región Atacama.....	11
i) Cuenca Río Copiapó .....	13
ii) Cuenca Río Huasco.....	15
iii) Cuencas Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico .....	17
b) Caracterización Hidrogeológica por Cuenca .....	20
1.1.2 Aguas Subterráneas.....	25
a) Característica de los Principales Acuíferos .....	26
i) Acuífero del Río Copiapó.....	26
ii) Acuífero del Río Huasco .....	27
iii) Acuífero Cuencas Altiplánicas.....	28
<b>CAPÍTULO 2. DISPONIBILIDAD Y USO DEL AGUA.....</b>	<b>31</b>
<b>2. DISPONIBILIDAD DE AGUA (BALANCE HÍDRICO) .....</b>	<b>32</b>
<b>2.1. DEMANDA DE AGUA A NIVEL NACIONAL .....</b>	<b>37</b>
2.1.1 Demanda de Agua a Nivel Regional.....	37
2.1.2 Brecha Hídrica Principales Cuencas.....	40
2.1.3 Demanda Agua Actual y Futura por Cuencas, según Usos.....	43
<b>CAPÍTULO 3. AGUA, MEDIOAMBIENTE Y BIODIVERSIDAD .....</b>	<b>51</b>
<b>3.1. CAUDALES ECOLÓGICOS .....</b>	<b>51</b>
<b>3.2. ZONAS DE ALTA SENSIBILIDAD HÍDRICA.....</b>	<b>53</b>
<b>3.3. ZONAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL .....</b>	<b>59</b>
3.3.1 Áreas de Protección Legal .....	59
a) Parques Nacionales .....	59
b) Autodestinaciones Bienes Nacionales.....	62
3.3.2 Áreas Prioritarias para la Conservación y Protección.....	63
a) Sitios Prioritarios para la Conservación de la Flora Nativa Regional.....	63
b) Humedales Altoandinos .....	65
c) Humedales Costeros.....	73
d) Sectores Dunarios.....	75
e) Fenómeno del Desierto Florido .....	75
<b>3.4 ÁREAS RESTRICCIÓN Y PROHIBICIÓN PARA EXTRACCIÓN AGUAS SUBTERRÁNEAS.....</b>	<b>76</b>
3.4.1 Áreas de Restricción y Prohibición para la Extracción de Aguas Subterráneas .....	76

<b>CAPÍTULO 4. SISTEMA ANTRÓPICO, SOCIEDAD E INFRAESTRUCTURA .....</b>	<b>81</b>
<b>4.1 AGUA POTABLE E INFRAESTRUCTURA .....</b>	<b>81</b>
4.1.1 El Abastecimiento de Agua Potable.....	81
a) Sistema de Producción de Agua Potable Áreas Urbanas.....	82
i) Sistema de Abastecimiento de Agua Potable (AP).....	84
ii) Sistema de Alcantarillado .....	86
iii) Sistema de Tratamiento de las Aguas Servidas .....	87
b) Cobertura de Agua Potable Rural.....	88
i) Sistema de Abastecimiento de Agua Potable Rural (APR) .....	88
ii) Oferta de Servicio para Captación, Aducción y Distribución .....	89
4.1.2 Escasez Hídrica: Efectos en la Producción y Abastecimiento Agua Potable Áreas Urbanas ....	90
a) Actual Situación de Producción y Abastecimiento de Agua Potable .....	93
b) Nuevas Demandas de Abastecimiento de Agua Potable en la Ciudad de Copiapó .....	93
<b>4.2 AGUA Y MINERÍA .....</b>	<b>95</b>
4.2.1 Demanda de agua estimada para la producción de concentrados de cobre, según regiones.....	98
4.2.2 Demanda de agua estimada para la producción de Cátodos de Cobre ((SX-EW).....	103
<b>4.3 DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS .....</b>	<b>105</b>
4.3.1 Derechos de Aprovechamientos según Tipo de Derechos .....	106
4.3.2 Derechos de Aprovechamiento según Fuente, Ejercicio Derecho y Uso del Agua .....	108

## INTRODUCCIÓN

La cuenca hidrográfica es una unidad territorial formada por un río (lago o laguna) con sus afluentes y por un área colectora de las aguas (el área de drenaje). En la cuenca están contenidos los recursos naturales básicos para múltiples actividades humanas, como el agua, el suelo, la vegetación, la fauna. Todos ellos mantienen una continua y particular interacción con los aprovechamientos y desarrollos productivos del hombre.

La cuenca, sea en forma independiente o interconectada con otras cuencas, es reconocida como la unidad territorial más adecuada para la gestión integrada de los recursos hídricos. Sin embargo, desde que las jurisdicciones político-administrativas (p. Ej., regiones, provincias, comunas) no coinciden con los límites territoriales de las cuencas, gran parte de las decisiones que afectan el ciclo hidrológico, el aprovechamiento del agua y a los habitantes de una cuenca, no considera las interrelaciones que ocurren en la totalidad de este sistema integrado, como tampoco el efecto que tiene el drenaje del agua de la cuenca en las franjas costeras y el mar<sup>1</sup>.

Ya en el año 1977 la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua recomendó que los países consideraran “como cuestión urgente e importante, el establecimiento y fortalecimiento de direcciones de cuencas fluviales, con miras a lograr una planificación y ordenación de esas cuencas más eficientes e integradas respecto de todos los usos del agua”<sup>2</sup>.

En el año 1992, en la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente se recalcó que la “gestión eficaz establece una relación entre el uso del suelo y el aprovechamiento del agua en la totalidad de una cuenca hidrológica o un acuífero” y que la “entidad geográfica más apropiada para la planificación y gestión de los recursos hídricos es la cuenca fluvial”<sup>3</sup>. En este mismo año, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo enfatizó que la “ordenación integrada de los recursos hídricos, incluida la integración de los aspectos relativos a las tierras y a las aguas, tendría que hacerse a nivel de cuenca o subcuenca de captación” y que la “compleja interconexión de los sistemas de agua dulce exige una ordenación global de dichos recursos (basado en la ordenación de las cuencas hidrográficas)”<sup>4</sup>.

Más recientemente, el año 2001, en la Conferencia Internacional sobre el Agua Dulce, se señala el rol estratégico que juegan las cuencas en cuanto a alcanzar en el largo plazo relaciones armónicas entre la naturaleza y los seres humanos, así como éstas son “marco de referencia indicado para la gestión de los recursos hídricos”, destacándose que tanto las cuencas hidrográficas y fluviales como los lagos y acuíferos deben ser el marco de referencia primario para la gestión de los recursos

<sup>1</sup> Gestión Del Agua A Nivel De Cuencas: Teoría Y Práctica Dourojeanni A., Jouravlev A., Chávez G. CEPAL. Div. Recursos Naturales e Infraestructura. Agosto 2002.

<sup>2</sup> Mar del Plata, Argentina, 14 al 25 de marzo de 1977.

<sup>3</sup> “El Desarrollo en la Perspectiva del Siglo XXI”. Dublin, Irlanda, 26 al 31 de Enero de 1992.

<sup>4</sup> (Río de Janeiro, 3 al 14 de junio de 1992),

hídricos, siendo preciso, por lo tanto, la creación de mecanismos institucionales y participativos a este nivel<sup>5</sup>.

Dentro de este contexto está el análisis y zonificación de los Sistemas de Cuencas Hidrográficas de la Región de Atacama, en el marco de la construcción del PLAN REGIONAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (PROT), siendo el análisis del componente cuencas clave en el proceso de planificación, el que busca orientar el uso y manejo integrado de los recursos naturales, permitiendo procesos de gestión ordenados, articulados e informados, conducentes a optimizar los impactos positivos de las intervenciones, desde el punto de vista social, económico y ambiental, todo ello en pos del bienestar presente y futuro de la comunidad regional.

En una primera fase interesa establecer las características físico-geográficas, socioeconómicas y ambientales que condicionan, favorecen, potencian y restringen la distribución las distintas actividades que se desarrollan en las distintas cuencas hidrográficas de la región. Lo anterior a fin de consensuar una propuesta de zonificación funcional de las cuencas regionales.

La zonificación propuesta considerará cuatro criterios básicos y necesarios para el ordenamiento territorial, siendo estos criterios el primer filtro a escala regional para zonificar los distintos usos según su aptitud física, a saber: Aptitud de Uso de Suelo, Áreas de Protección Ambiental por Normativas Legales (Áreas con Protección Oficial), Zonas de Ocupación (actual) del Territorio, y Aptitud Hídrica

La aptitud hídrica involucra a su vez reconocer al interior de la cuenca tres áreas que cumplen funciones hídricas diferenciadas, las cuales corresponden al área de recarga (o captación de aguas); el área de uso antrópico; y el área de impacto hídrico, correspondiendo estas últimas a los sectores de bajas pendientes cercanas al cauce de los cuerpos de agua como también las zonas costeras propias de las desembocaduras.

Para avanzar en la elaboración del presente diagnóstico –y que éste dé cuenta de la actual situación de las cuencas hidrográficas– es esencial contar, por una parte, con la valiosa información generada por los distintos servicios públicos con competencia en esta materia (p. Ej., Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Medio Ambiente, Sernageomin, entre otros), y por otra con la participación y visión de los diversos actores clave, tanto del ámbito público como privado y organizacional.

Ello nos permitirá aproximándonos a la realidad lo más fidedignamente, dando cuenta no solo de la actual situación y potencialidades que presentan las cuencas hidrográficas de la región, sino además precisar lo más asertivamente las actuales limitaciones y, especialmente, las amenazas que ponen el riesgo un desarrollo que asegure la compatibilidad y uso sustentable de los recursos hídricos por parte de los distintos usuarios del agua.

---

<sup>5</sup> "El Agua: Una de las Claves del Desarrollo Sostenible" (Bonn, Alemania, 3 al 7 de diciembre de 2001)



# CAPÍTULO 1.

## CARACTERIZACIÓN GENERAL CUENCAS HIDROGRÁFICAS

## 1. ANTECEDENTES GENERALES

A lo largo de toda su extensión nuestro país presenta una gran variedad de sistemas hidrográficos, con un gran rango de variación de las precipitaciones, regímenes y períodos de caudales máximos, lo que permite distinguir tres grandes sistemas hidrográficos, a saber: Sistema Hidrográfico Pacífico Seco, que en lo que concierne al territorio nacional está constituido por el Norte Grande y Norte Chico de Chile; Sistema Hidrográfico Chile Central, el que abarca desde la cuenca del río Choapa, IV Región, hasta la del Biobío, VIII Región, entre la divisoria de aguas en la Cordillera de Los Andes por el este y el Océano Pacífico por el oeste; y Sistema Hidrográfico Pacífico Sur, comprendido entre la cuenca del río Imperial (37° 30' S) y el extremo del continente en el Cabo de Hornos por el sur (56° 30' S), entre la divisoria de aguas por el este y el Océano Pacífico por el oeste, estando compuesto el resto del sistema por algunas provincias argentinas (Tabla N°1).

Tabla N°1  
Principales Cuencas del Sistema Hidrográfico Pacífico Seco.

Sistema Hidrográfico	Nombre	Región	Superficie	Precipitación		Escorrentía Superficial*	
			[Km2]	[m3/s]	[mm/]	[m3/s]	[mm/año]
Pacífico Seco	Cuencas alliplánicas	I	10.272	76,9	236	9,18	28,2
	Lluta		3.447	19,7	180	1,44	13,2
	San José		3.070	7,67	78,8	0	0
	Camarones		4.767	14,1	93,3	0,59	3,90
	Pampa del Tamarugal		18.005	27,3	47,8	0	0
	Loa	II	33.865	42,6	39,7	0,59	0,55
	Puna de Atacama Salar		5.050	30,7	192	0	0
	de Atacama Cuencas endorreicas**		14.767	33,1	70,7	0	0
		68.877	38,3	17,5	0,04	0,02	
	Pan de Azúcar	III	6.765	4,32	20,1	0	0
	Salado		7.575	4,73	19,7	0,01	0,04
	Copiapó		18.800	56,1	94,1	0,12	0,20
	Huasco		9.857	54,8	175	1,72	5,50
	Elqui	IV	9.645	54,6	179	0,24	0,78
	Limarí		11.760	102,0	274	7,50	20,1
	Otras ***		64.056	164,5	81,0	10,6	5,21
	<b>Total Sistema</b>		<b>290.578</b>	<b>731,5</b>	<b>79,4</b>	<b>32,0</b>	<b>3,48</b>

\* Corresponde a escorrentía sobrante, descontados consumos de riego fundamentalmente

\*\* Incluye las cuencas arreicas del desierto de Atacama

\*\*\* Incluye cuencas costeras, endorreicas, fronterizas y compartidas con el Perú

FUENTE: DGA, "Balance Hídrico de Chile", 1987

El Sistema Hidrográfico Pacífico Seco, al cual pertenece la Región de Atacama, se caracteriza por desarrollarse la zona más árida de Latinoamérica, caracterizada por sus desiertos marginales costeros. La hidrografía se caracteriza por un sistema de valles transversales (en dirección este - oeste) con ríos de corto recorrido y caudales poco abundantes, pero que por efecto de las lluvias convectivas que ocurren en el altiplano adquieren en algunos veranos un carácter aluvional. El clima predominante es el árido, en sus subtipos desértico y estepario. También existe clima frío en el altiplano, en sus subtipos gélido en las partes altas y seco de alta montaña en las pampas alliplánicas. Las temperaturas del aire son relativamente bajas en la franja costera, si se considera la latitud, desde unos 18,7 °C en Arica hasta 14,9 °C en La Serena. Las temperaturas son bastante

homogéneas producto del efecto regulador del océano. En la faja central las medias anuales también son bajas relativas a la latitud, debido a las grandes oscilaciones térmicas (hasta 30 °C en época invernal). Por último, en la altura, por sobre los 3000 msnm, las medias descienden a valores bajo 10 °C<sup>6</sup>.

Todo escurrimiento superficial está regulado por factores como las variaciones climáticas, las formas vegetacionales, las formas que adopta el relieve y el tipo de suelo de cada lugar. En el caso de Chile, dado la variedad climática imperante y la estructura de su relieve, se pueden identificar áreas arrecias, que no presentan cursos de agua superficiales, dado que el agua que proviene de las precipitaciones y la humedad se evapora o infiltra con facilidad, correspondiendo a aquella zona comprendida entre los ríos Loa y Copiapó (Desierto de Atacama); endorreicas, cuyos cursos de agua no alcanzan a llegar al mar, sea porque el tipo de cuenca está cerrado por cordones montañosos o porque el caudal de agua que transporta es muy escaso que desaparece dentro de la misma cuenca, correspondiendo esta zona a aquella comprendida entre el límite norte del país y el río Loa; y exorreicas, siendo aquellas zonas cuyo curso principal del río cuenta con un desagüe y desemboca en el mar, correspondiendo estas áreas a la mayoría del territorio nacional, desde el río Copiapó al sur.

La región de Atacama se extiende entre los 25.17 y los 29.30 de latitud sur y desde los 68.17 longitud oeste hacia el Pacífico. Alcanza una superficie de 75.176,2 Km<sup>2</sup> –lo que equivale aproximadamente al 10% del territorio nacional–, y una población de 290.561 habitantes al año 2012, según el último censo de población<sup>7</sup>. La región está conformada por las provincias de Chañaral, Copiapó y Huasco, y nueve comunas, siendo la ciudad de Copiapó la capital regional<sup>8</sup>.

La morfología de Atacama depende principalmente de los factores climáticos, geológicos y tectónicos. Especialmente el factor climático y tectónico muestra en la región un comportamiento poco común ya que ésta se encuentra en una zona sumamente árida con un clima desértico y semidesértico. La presencia del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur y la corriente fría de Humboldt, más la compleja topografía de la región, son las que determinan la baja tasa de precipitación, dando como resultado una región árida y con extensas superficies desprovistas de vegetación. Las escasas precipitaciones se concentran en los meses de invierno y su distribución depende en gran medida de la altitud y la distancia que se tiene de la costa, no superando por lo general los 100 mm/año. En el desierto de Atacama existe una gran amplitud térmica en los niveles cercanos a la superficie, con un fuerte contraste de temperatura entre las fases extremas del ciclo diario.

Desde el punto de vista geomorfológico, el territorio se presenta estrecho, con una depresión intermedia irregular, donde cordones montañosos bajan desde el macizo cordillerano andino hacia el

<sup>6</sup> "INFORME NACIONAL SOBRE LA GESTIÓN DEL AGUA EN CHILE" Brown Fernández J.E., Saldívar Medina E. Enero del 2000

<sup>7</sup> INE, Resultados Preliminares del XVIII Censo Nacional de Población 2012.

<sup>8</sup> Comunas de Chañaral, Diego de Almagro, Caldera, Copiapó, Tierra Amarilla, Vallenar, Alto del Carmen, Huasco y Freirina.



océano interrumpiendo el desarrollo normal de las pampas. La pendiente generada entre las altas cumbres y la depresión intermedia provoca la torrencialidad característica de esta zona. La altitud de la cordillera permite el desarrollo de ventisqueros que sirven de fuente de alimentación de los ríos, el que sumado a la presencia de lluvias invernales le otorgan a los ríos el *régimen nivo-pluvial*.

En cuanto a la hidrografía de la región, ésta se encuentra en una zona de transición entre la extrema aridez del desierto lo que produce un escurrimiento esporádico de los ríos y el exorreísmo que se mantiene hasta la región más austral de nuestro país. En ella se presentan dos áreas hidrográficas de acuerdo a la clasificación realizada por Niemeyer y Cereceda (1984). Al norte de la cuenca del río Salado se desarrollan *ríos de régimen esporádico*, asociados a la aridez dominante en la zona. Mientras que al sur de estas cuencas, comienzan a escurrir *ríos en torrente de régimen mixto* en la zona semiárida de Chile.

Dentro de la primera zona se encuentra la cuenca de Pan de Azúcar, una cuenca arreica, originada en épocas climáticas antiguas y que en la actualidad se activan ocasionalmente. En la segunda zona desde el río Salado hasta el límite sur, se caracteriza por presentar un clima desértico, pero en donde la aridez no es extrema como en la zona anterior.

## 1.1. HIDROGRAFÍA DE LA REGIÓN DE ATACAMA

Los sistemas hidrográficos de mayor importancia en la región de Atacama son cuatro, a saber, los ríos El Salado, Copiapó y Huasco y las Cuencas Altiplánicas. En el caso del río Copiapó, éste posee una hoya hidrográfica de 18.704,07 km<sup>2</sup> y una longitud de 162 km. Nace de la unión de los tributarios Jorquera, Pulido y Manflas. La presencia de terrazas fluviales y sectores de vega con abundante humedad permiten que el río Copiapó sea intensamente utilizado en faenas agrícolas. Por su parte, el río Huasco, ubicado en el sur de la región, tiene una hoya hidrográfica de 9.813,74 km<sup>2</sup>, la que nace de la unión de dos ríos El Tránsito y El Carmen, su régimen de alimentación es de tipo mixto.

En el caso de las cuencas altiplánicas, éstas se caracterizan por la presencia de grandes salares (Pedernales, Maricunga) así como por algunos cuerpos lacustres (las lagunas Verde, Santa Rosa y del Negro Francisco). También existe una red hídrica de cauces con escurrimientos permanentes como son los ríos La Ola, Astaburuaga, Lamas, Valle Ancho y Barros Negros (MOP, 2012).

### 1.1.1 Aguas Superficiales

El río Copiapó, nace de la unión de los tributarios Jorquera, Pulido y Manflas, presentando un caudal bastante constante, con un gasto medio mensual de 2,28 m<sup>3</sup>/s. Estos ríos son los únicos que aportan caudales superficiales, siendo el río Pulido el que realiza el mayor aporte, pese a que su hoya es aproximadamente la mitad que la del Jorquera. Ello se debe a la existencia de ventisqueros en las cabeceras de los ríos Los Helados y Montosa, dos de los afluentes del Pulido<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> "Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua Según Objetivos de Calidad. Cuenca del río Copiapó", (DGA, 2004),

La hoya hidrográfica del río Copiapó es de 18.704,07 km<sup>2</sup>, con una longitud de 162 km. La presencia de terrazas fluviales y sectores de vega con abundante humedad, permiten que el río Copiapó sea intensamente utilizado en faenas agrícolas (MOP, 2012)

Desde su nacimiento en la unión de los tributarios Jorquera, Pulido y río Manflas (28° latitud Sur), el río Copiapó a lo largo de sus 162 Km posee un curso general en sentido nor-poniente hasta su desembocadura en el mar (27° 17' latitud Sur). En sus primeros kilómetros hasta el sector de la localidad de Lautaro, su cauce presenta un escurrimiento de tipo recto y valle escarpado. Desde la localidad de Lautaro hasta el sector de Paipote el río sigue con escurrimiento recto, recorriendo sectores del valle central, con terrazas fluviales de mayor amplitud. El tramo final del río Copiapó (desde el sector de Paipote hasta la desembocadura), el cauce del río presenta en algunos sectores (Aguirre, Toledo, Valle Fértil y Angosturas), un escurrimiento recto – meándrico y de tipo anastomosado en el sector de Valle Fértil (DGA, 2004).

El régimen del río Copiapó es mixto, ya que se puede apreciar una superposición de distintos regímenes. En sus afluentes de cabecera se observan regímenes nivales y mixtos, mientras que en el cauce principal se observa uno nival, en su parte alta, para luego adoptar las características de uno mixto. Al analizar los regímenes de los ríos que conforman el Copiapó, se observa una notable independencia entre ellos. El río Manflas concurre a las Juntas con las aguas que colecta en el área sur de la cabecera hidrográfica, fluctuando su caudal entre 0,46 y 1,32 m<sup>3</sup>/s; por su parte el río Jorquera drena la parte septentrional del cabezal hidrográfico, presentando un gasto medio mensual fluctuante entre 1,07 y 1,64 m<sup>3</sup>/s; finalmente, el río Pulido es el que presenta el mayor caudal de los tres tributarios que conforman el río Copiapó, fluctuando su gasto medio mensual entre 0,97 y 2,75 m<sup>3</sup>/s.

El río Huasco se forma en Junta del Carmen, a 90 km de su desembocadura en el mar, por la confluencia de los ríos del Tránsito, que viene del NE, y del Carmen del SE. Se ubica hacia el sector sur de la región, posee una hoya hidrográfica de 9.813 km<sup>2</sup>, siendo su régimen de alimentación de tipo mixto. En este lugar aparece perfectamente conformado, no recibiendo aguas abajo ningún afluente importante. El caudal medio anual del Huasco es de 6,6 m<sup>3</sup>/s.

Respecto del río del Carmen, se tiene que la hoya de este río alcanza una superficie de 2.860 km<sup>2</sup>. En su límite norte se encuentra la sierra del Medio o Tatul, que disminuye paulatinamente de altura desde la frontera hasta la Junta del Carmen. Dos ríos principales y de escurrimiento permanente contribuyen a la formación del río del Carmen. Desde la cordillera baja el río Potrerillo, que confluye con el río Matancilla en la localidad de Potrerillo, para formar el río del Carmen propiamente tal. El desarrollo total del río del Carmen, desde el nacimiento del tributario más largo hasta Junta del Carmen, es de 145 km.

En cuanto a la hoya del río del Tránsito (o de Naturales), ésta se desarrolla al NE y comprende una superficie de 4.135 km<sup>2</sup>. La longitud de este río tomada desde el nacimiento de su subtributario

principal es de 108 km hasta la Junta del Carmen. Se forma de la confluencia de los ríos Conay y Chollay, en la Junta de Chollay, 45 km aguas arriba de la Junta del Carmen. A su vez el Conay provienen de la confluencia en plena cordillera andina, de los ríos Laguna Grande y Laguna Chica, que se generan en sendas lagunas homónimas.

Dada las características de los sistemas hidrográficos Río Copiapó y Río Huasco, el desarrollo de la vida en ambos valles se basa en la presencia de cursos de agua superficial y subterránea, que llegan al mar, y cuya principal fuente de alimentación la constituyen los deshielos de nieves cordilleranas caídas principalmente en períodos invernales. Importante es la presencia del desierto como forma geográfica que distingue a la región y se ubica en los sectores entre los valles.

En el caso del sistema hidrográfico correspondiente a las Cuencas Altiplánicas, en éstas existen grandes salares, como el de Pedernales, el de Maricunga y algunos cuerpos lacustres, como laguna Verde, laguna Santa Rosa y laguna del Negro Francisco. El aumento de las precipitaciones y la presencia de nieves en las altas cumbres permiten el desarrollo de cursos de agua, cuyo régimen de alimentación es pluvionival, lo que condiciona el escurrimiento de agua durante todo el año.

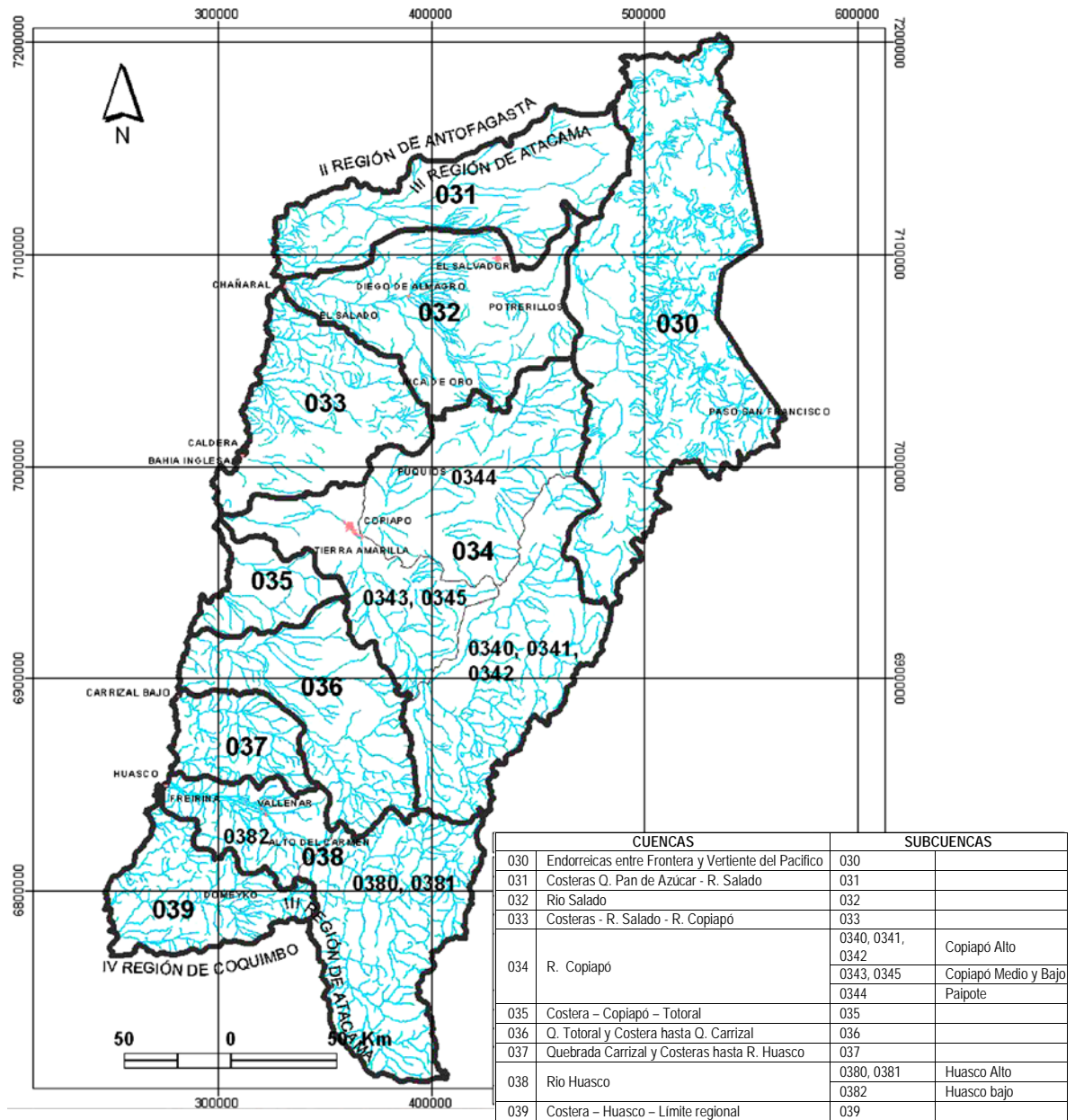
#### **a) Características Principales Cuencas Región Atacama**

De acuerdo a la clasificación de la Dirección General de Aguas (DGA), en la región de Atacama existen 10 grandes cuencas, las que a su vez se subdividen en 35 subcuencas y 110 sub-subcuencas. Las cuencas con mayor superficie respecto de la superficie regional son la Cuenca del Río Copiapó, con 18.704,07 km<sup>2</sup>, la Cuenca Endorreica entre Frontera y Vertiente del Pacífico, con 15.619,02 km<sup>2</sup>; y la Cuenca del Río Huasco, con 9.813,7 km<sup>2</sup>. (Fig. 1)

El régimen hidrológico de las cuencas de los ríos Copiapó y Huasco es nivo-pluvial, mientras que la cuenca Endorreica tiene un régimen nival. Respecto del caudal medio anual, el río Huasco presenta el mayor caudal, triplicando prácticamente el caudal medio anual del río Copiapó y siendo 10 veces superior al que presenta la Cuenca Endorreica. En el río Copiapó se puede apreciar una superposición de distintos regímenes. En sus afluentes de cabecera se observan regímenes nivales y mixtos, mientras que en el cauce principal se observa uno nival, en su parte alta, para luego adoptar las características de uno mixto. El régimen de caudales del río Huasco es pluvial para las probabilidades de excedencia sobre el 35% con valores máximos en los meses de junio y julio. Las probabilidades de excedencia inferiores (20% y 10%) presentan además máximos locales en los meses de agosto y diciembre, mostrando un régimen mixto con mayor influencia nival. Asimismo, el régimen de la cuenca, compuesta de años húmedos y secos, determina un régimen nivo-pluvial (Tabla N°2).

Los caudales bajos, asociados a altas probabilidades de ocurrencia (sobre 50%), presentan un comportamiento en que el caudal se compone del flujo base, con pequeños aumentos de los caudales medios mensuales en los meses lluviosos. No así los caudales altos, asociados a bajas

probabilidades de ocurrencia (bajo 50%), los que presentan máximos importantes en los meses de deshielo (noviembre-febrero), definiendo un marcado régimen nival (MOP, 2012).



FUENTE: Estimaciones de Demanda De Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. DGA, Año 2007.

Fig. 1. Cuencas y Subcuencas Región de Atacama

Tabla N°2  
Principales Cuencas de la Región de Atacama

Cuenca	Área Cuenca (Km2)	Régimen Hidrológico	Caudal Medio Anual	Tributarios	Principales Cuerpos de Agua
Río Copiapó	18.704,07	Nivo-pluvial	2,28 (medias años 1947-2010)	Ríos Pulido, Jorquera y Manflas (afluentes) y Qda. Paipote	Embalse Lautaro
Río Huasco	9.813,74	Nivo-pluvial	6,6 (medias años 1994-2010)	Río El Carmen y El Tránsito (afluentes)	Embalse Santa Juana
Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	15.619,02	Nival	0,63 (medias años 1995-2010)	Ríos Astaburuaga, La Ola, Lamas, Valle Ancho y Barros Negros	Salares Maricunga y Pedernales; Lagunas Verde, Santa Rosa y del Negro Francisco

Fuente: Ministerio Obras Públicas/Dirección General de Aguas Región de Atacama, 2011

i) Cuenca Río Copiapó

La Cuenca del río Copiapó se ubica entre los 27° y 29° latitud Sur, y entre los 69° y 71° longitud Oeste, en la Provincia de Copiapó. La cuenca limita al norte con la cuenca del río Salado, al sur con la cuenca del río Huasco, al oeste con el océano Pacífico y al oriente con la República Argentina; abarca un área de 18.704,05 km<sup>2</sup>, cubriendo parte importante de las comunas de Tierra Amarilla y Copiapó, y parte de la comuna de Caldera, específicamente en el sector de la desembocadura del río Copiapó (MOP, 2012).

Esta cuenca está conformada por 6 Subcuencas y por 27 Sub-subcuencas. Las subcuencas corresponden al Río Jorquera, Río Pulido, Río Manflas, Río Copiapó Medio, Quebrada Paipote y Río Copiapó Bajo. De éstas, la subcuenca Qda. Paipote es la que presenta la mayor superficie, con el 35,8% del total de la cuenca del Río Copiapó, siguiéndole en orden de importancia la cuenca del Río Jorquera, con el 22,3%. Las subcuencas de menor superficie son la subcuencas Río Copiapó Bajo y Río Manflas, con el 8,9 y 6,5%, respectivamente (Tabla N°3).

La cuenca del río Copiapó –que da el nombre al primer valle de norte a sur en la zona de los valles transversales–, está dividido en dos sectores perfectamente definidos, tanto por su orientación geográfica como por el origen de las aguas. El sector superior, comprendido entre el embalse Lautaro y la ciudad de Copiapó, se desarrolla en dirección Sur a Norte y se forma gracias a la unión de tres afluentes Manflas, Pulido y Jorquera).

En cuanto al relieve, éste es muy irregular y accidentado, predominando la alternancia de los valles en sentido transversal con interfluvios montañosos denominados serranías. Desde el punto de vista geomorfológico, existe una serie de elementos fisiográficos que se pueden identificar claramente,

siendo los grupos principales la Cordillera de los Andes, Valles Transversales, Cordillera de la Costa y Planicies Litorales.

**Tabla N°3**  
**Cuenca Río Copiapó, según Subcuencas y Sub-subcuencas**

CUENCA	Sub-Cuenca	Sub-Subcuencas	Área Km2
RÍO COPIAPÓ	Río Jorquera	Río Figueroa Bajo Junta Quebrada Monardes	803,68
		Río Figueroa entre Q. Monardes y Junta Río Turbio	924,25
		Río Turbio hasta bajo Estero Come Caballo	880,68
		Río Turbio Entre Estero Come Caballo y Río Figueroa	734,13
		Río Jorquera entre junta Río Turbio y Río Copiapó	823,41
	Río Pulido	Río Pulido hasta junta Río Ramadillas	611,93
		Río Ramadillas	366,85
		Río Pulido entre Río Ramadillas y Río Mantosa	470,61
		Río Mantosa	413,19
		Río Pulido entre Río Mantosa y Río Copiapó	171,44
	Río Manflas	Río Manflas Bajo Junta Quebrada Noriega	728,16
		Río Manflas Entre Quebrada Noriega y Río Copiapó	485,19
	R. Copiapó Medio	Río Copiapó Entre Junta Ríos Jorquera, Pulido y Manflas y Bajo Junta Q. Barrancas Blancas	876,76
		Río Copiapó Entre Quebrada Barrancas Blancas y Quebrada Carrizalillo	648,84
		Quebrada Carrizalillo Hasta Junta Quebrada Mollecito	493,02
		Quebrada Carrizalillo Entre Arriba Quebrada Mollecito y Río Copiapó	555,32
		Río Copiapó Entre Quebrada Carrizalillo y Quebrada Paipote	369,21
	Quebrada Paipote	Quebrada San Andrés	1476,42
		Quebrada Paipote en Junta Quebrada San Andrés	1493,90
		Quebrada Paipote Entre Quebrada San Andrés y Quebrada Martínez	1081,71
		Quebrada Martínez	1513,16
		Quebrada Paipote Entre Quebrada Martínez y Bajo Junta Quebrada Chulo	665,14
		Quebrada Paipote Entre Quebrada Chulo y Río Copiapó	459,00
	R. Copiapó Bajo	Río Copiapó Entre Quebrada Paipote y Bajo Junta Quebrada La Brea	726,97
		Río Copiapó Entre Quebrada La Brea y Quebrada Totoralillo	506,30
		Quebrada Totoralillo	174,91
		Río Copiapó Entre Quebrada Totoralillo y Desembocadura	249,87
	<b>Total Km2</b>		

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Dpto. de Hidrología y Unidad SIG del Dpto. de Estudios y Planificación. Año 2012

La Cordillera de los Andes se presenta con grandes alturas, destacando cerro Piuquenes (5.591msnm) en el sector alto de la subcuenca del río Manflas; cerro Cárdenas (4.280 msnm) sector alto de la subcuenca del río Jorquera y cerro Estancilla (3.556 msnm) perteneciente a la subcuenca del río Pulido. El sector precordillerano tiene alturas comprendidas entre 3.000 y 4.500 metros, caracterizado por la continuación hacia el Sur de la Cordillera de Domeyko que presenta un conjunto de serranías en sentido transversal. En los primeros kilómetros del río Copiapó, hasta el sector de la localidad de Lautaro, la precordillera Andina presenta alturas comprendidas entre los 2.500 por el

poniente a 2.700 msnm por el sector oriente, destacando el cerro Vizcacha con una altura de 2.744 msnm

Desde la localidad de Lautaro hasta el sector de Paipote, las elevaciones (cerros y lomajes) que se presentan en este sector del valle central, están comprendidas entre los 1.200 y 2.700 msnm por el oriente y entre los 900 y 2.300 msnm por el sector poniente. En el tramo final que recorre el río Copiapó (desde el sector de Paipote hasta la desembocadura, las alturas más significativas del relieve en esta zona, corresponden a las del cerro Chancoquín (1.020 msnm) y Tía Ramos (1.076msnm) en el sector norte del río Copiapó y los cerros Bramador (1.172 msnm), Pata de Gallina (732 msnm) y Totoralillo (397 msnm.) en el sector sur del cauce. Las terrazas laterales del valle en este tramo, específicamente desde el sector de San Pedro hasta San Camilo, son significativamente más extensas con amplitudes comprendidas entre 5 y 11 km. Las planicies litorales en la desembocadura del río Copiapó, son bastante extensas (DGA, 2004).

#### ii) Cuenca Río Huasco

La cuenca del río Huasco se extiende aproximadamente entre los paralelos 28°30' y los 29°40' de latitud sur, con una extensión de 9.813,75 km<sup>2</sup> y se forma en Junta del Carmen, a 90 km. de su desembocadura en el mar, por la confluencia de los ríos El Tránsito, que viene del nor-este, y El Carmen que a su vez viene del sur-este. Respecto a la hoya del río El Tránsito, éste comprende una superficie de 4.135 km<sup>2</sup>, con una longitud, desde el nacimiento del subtributario principal de 108 km., hasta la Junta del Carmen. Se forma de la confluencia de los ríos Conay y Chollay, en la Junta de Chollay, 45 km. aguas arriba de la Junta del Carmen. A su vez el Conay proviene de la confluencia en plena cordillera andina de los ríos Laguna Grande y Laguna Chica, que se generan en sendas lagunas homónimas. La hoya del río El Carmen tiene una superficie de 2.860 km<sup>2</sup> y a su formación contribuyen dos ríos principales y de escurrimiento permanente como son el río Potrerillo y el Matancilla.

La Cuenca del Río Huasco está conformada por 3 Subcuencas y por 20 Sub-subcuencas. Las subcuencas corresponden al Río El Tránsito, Río del Carmen y Río Huasco. De éstas, la subcuenca Del Tránsito es la que presenta la mayor superficie, abarcando el 41,9% del total de la cuenca del Río Huasco, siguiéndole en orden de importancia la cuenca del Río del Carmen, con el 31%, y finalmente la subcuenca del Río Huasco, con el 27,1% (Tabla N°4).

En general el relieve se caracteriza por la alternancia sucesiva de cordones montañosos y valles de sentido transversal. La Cordillera de la Costa es discontinua, producto de la presencia de éstos cordones transversales, y en menor medida por la erosión marina, dando cabida a planicies costeras amplias en la zona de Chañaral. El valle del Huasco puede dividirse morfológicamente en dos sectores: desde su nacimiento, el río Huasco posee una longitud de 88 km hasta que desemboca en el mar, al norte de la ciudad del mismo nombre. En el sector del nacimiento de este curso y la desembocadura de la quebrada El Jilguero, a 5 Km al oriente de Vallenar, el río escurre por un típico cajón cordillerano, en un lecho relativamente estrecho, confinado por altos cerros de roca

fundamental mezoica. Las quebradas laterales interrumpen con sus conos de deyección el curso del río, desviándolo a uno y otro lado. En su curso inferior, desde El Jilguero hasta la desembocadura en el mar, con longitud de 55 km, la caja del río se ensancha y el valle se presenta acompañado de extensas terrazas fluviales cuaternarias. Próximo a su desembocadura, al norte de la localidad de Huasco, la caja del río alcanza a más de 2 Km de ancho (DGA, 2004).

Tabla N°4  
Cuenca Río Huasco, según Subcuencas y Sub-subcuencas

CUENCA	Sub-Cuenca	Sub-Subcuencas	Área Km2
RÍO HUASCO	Río El Tránsito	Río Laguna Grande	688,96
		Río Valeriano	913,92
		Río Conay (entre Río Valeriano y Río Chollay)	170,22
		Río Chollay	872,15
		Río Tránsito Entre Río Chollay y Quebrada Chanchoquin	553,15
		Quebrada Chanchoquin	562,21
		Río Tránsito Entre Quebrada Chanchoquin y Río Huasco	351,14
	Río Del Carmen	Río del Carmen bajo junta Río Sancarrón	758,68
		Río del Carmen entre Río Sancarrón y Río Potrerillo	439,07
		Río Potrerillo	636,80
		Río del Carmen Entre Río Potrerillo Bajo Junta Quebrada la Plata	443,55
		Río del Carmen Entre Quebrada La Plata y Pueblo San Félix	471,60
		Río del Carmen entre Pueblo San Félix y Río Huasco	292,19
	Río Huasco	Río Huasco Entre Río Tránsito y Del Carmen y Quebrada Camarones	257,10
		Quebrada Camarones	447,11
		Río Huasco Entre Quebrada Camarones y Bajo Junta Quebrada El Jilguero	301,25
		Río Huasco Entre Quebrada El Jilguero y Quebrada Maitencillo	335,87
		Quebrada Maitencillo	608,18
		Río Huasco Entre Quebrada Maitencillo y Bajo Quebrada Tórtolas	429,76
		Río Huasco Entre Quebrada Tórtolas y Desembocadura	280,84
	<b>Total</b>		

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Dpto. de Hidrología y Unidad SIG del Dpto. de Estudios y Planificación. Año 2012

Los principales tributarios –ríos del Tránsito y del Carmen–, también se presentan encajonados, rodeados por elevados cerros rocosos, de laderas escarpadas, aunque la caja misma del río del Tránsito es bastante ancha desde la localidad de Conay a la Junta del Carmen, y deja extensas playas ripiosas por donde el curso del río presenta múltiples meandros. Son característicos también en ellos los grandes conos de deyección de las quebradas laterales, que son aprovechados en cultivos (DGA, 2004).

En esta cuenca se ha construido el embalse Santa Juana, el que además de proveer del agua necesaria a todo el sector meridional, es la reserva hídrica de la cual se abastece la agricultura del valle que existe en este sector. Este embalse se ubica a unos 20 Km. al oriente de Vallenar y tiene



una capacidad útil de almacenamiento de 166 Hm<sup>3</sup> <sup>(10)</sup>. La disponibilidad de los recursos de la cuenca está fuertemente influenciada por la operación y efecto regulador del embalse Santa Juana. Bajo este embalse, las precipitaciones medias anuales presentan escasa variación, con valores que fluctúan entre los 43 mm/año registrado en la estación Freirina y los 53 mm/año en la estación pluviométrica Santa Juana. Aguas arriba del embalse Santa Juana, en las partes altas de las cuencas afluentes al río Huasco, la media se encuentra en los 158 mm/año, presentando una variación mucho mayor con la altura, que va desde los 53 mm/año en Santa Juana hasta los 200 mm/año en los sectores más elevados, sobre los 4.500 msnm. De esta última zona es de donde provienen los principales aportes a los escurrimientos superficiales que se registran durante todo el año (MOP, 2012).

Aguas abajo del embalse Santa Juana se ha estimado una recarga total para el valle de Huasco del orden de los 2,0 m<sup>3</sup>/s; sin embargo, el otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas se ha limitado a una oferta total del orden de los 380 L/s, debido a la fuerte conexión hidráulica que tiene el río con el acuífero. En este sentido, la cuenca del río Huasco podría ser potencialmente mejor explotada realizando una buena gestión de los recursos hídricos superficiales y subterráneos (MOP, 2012).

### *iii) Cuencas Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico*

Dentro de los recursos hídricos del Altiplano, se distinguen las cuencas cerradas de los salares de Pedernales y Maricunga. La cuenca del Salar de Pedernales es la cuenca cerrada más extensa de la Región de Atacama, conteniendo también el salar más grande de esta región. La geología de la cuenca es una mezcla de terrenos sedimentarios, de formaciones volcánicas y de rocas plutónicas. El salar es una costra de yeso y halita con pocas y pequeñas lagunas generalmente pegadas a las orillas. Las lagunas al noreste son profundos "ojos" en la costra de sal, siendo las demás superficiales (Tablas N°5 y N°6).

La cuenca de Pedernales es la fuente de abastecimiento en agua para la división Salvador de CODELCO-Chile. La empresa bombea aguas salobres de napas cercanas al salar y capta aguas diluidas en sectores altos de la cuenca. El salar se encuentra pegado al límite occidental de la cuenca. En su extremo noroeste, unos 200 metros solamente lo separan de la cuenca del Río Salado, el que escurre hacia el Pacífico que es su nivel de base. En la década de los '30, se perforó un túnel por el cual se vierte salmuera desde el salar a este río; por lo tanto, estrictamente hablando, la cuenca de Pedernales ya no es una cuenca cerrada desde hace 60 años. El caudal en esa salida fue medido en 51 L/s el 13 de noviembre de 1995.

La cuenca del salar de Maricunga es la segunda cuenca cerrada más grande de la región después de la cuenca del salar de Pedernales. La cuenca de Maricunga es de tipo endorreica y en su zona terminal contiene un salar tipo playa con numerosos cuerpos de agua salinos. La evaporación desde

---

<sup>10</sup> El Riego en Chile, Julio Sandoval Jeria, 2003.

las zonas húmedas y lagunas cierra el balance hidrológico de la cuenca. En cuanto a la cuenca del Río Salado, ésta constituye el límite entre la hidrografía endorreica y exorreica. Tiene una longitud de 175 km y una hoya hidrográfica de 8.000 km<sup>2</sup>. Su cauce se presenta, generalmente, casi seco, pero en los meses del invierno altiplánico (enero-febrero) su caudal aumenta.

**Tabla N° 5**  
Cuenca Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico, según Subcuencas y Sub-subcuencas

CUENCAS	Sub-Cuencas	Sub-subcuencas	Área (Km <sup>2</sup> )	
ENDORREICAS ENTRE FRONTERA Y VERTIENTE DEL PACIFICO	Cuencas al N del Salar de Pedernales	Salar de Gorbea	352,94	
		Salar de Azufrera	252,23	
		Salar de Agua Amarga	855,08	
		Salar de La Isla	871,64	
		Salar de Aguilar	642,69	
		Salar de Los Infieles	230,54	
		Salar de Las Parinas	385,30	
	Cuencas al NE del Salar de Pedernales	Salar León Muerto	347,68	
		Salar Grande	832,45	
		Lagunas Bravas	470,12	
	Salar de Pedernales	Rio de Juncalito	707,18	
		Salar Piedra Grande	656,94	
		Rio de La Ola	1131,32	
		Salar de Pedernales	2099,20	
	Cuencas al SE. cuenca Salar de Pedernales	Laguna Verde	680,60	
		Pampa de Barrancas Blancas	510,73	
		Laguna Escondida y Salar Wheelwright	677,94	
	Salar de Maricunga	Salar de Maricunga y cuencas del Norte y Este	933,44	
		Campo de Piedra Pómez y Rio Lamas	2071,34	
	Laguna del Negro Francisco	Rio Astaburuaga	273,19	
		Laguna del Negro Francisco y cuenca afluente	636,46	
	<b>Total Km<sup>2</sup></b>			<b>15619,02</b>

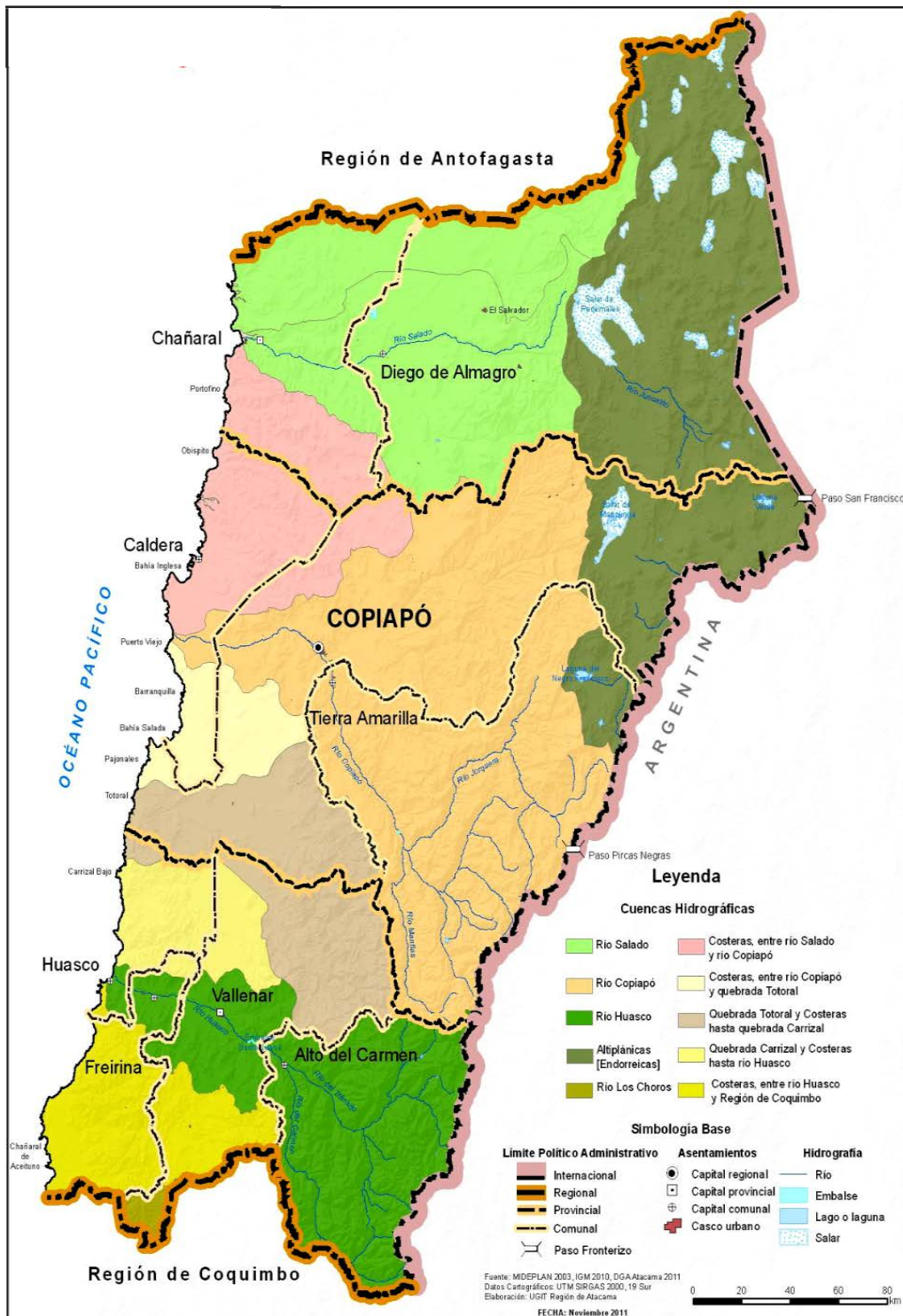
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Dpto. de Hidrología y Unidad SIG del Dpto. de Estudios y Planificación. Año 2012

**Tabla N°6**  
Características geomorfológicas de cuencas altiplánicas

Parámetro	Salar de Pedernales	Salar de Maricunga
Altura de Salar (m)	3370	3760
Superficie de la cuenca (km <sup>2</sup> )	3620	3045
Superficie del salar (km <sup>2</sup> )	335	145
Superficie de las lagunas (km <sup>2</sup> )	0,6	6
Precipitaciones (mm/año)	100 (salar) - 150	120 (salar) y 200
Evaporación potencial (mm/año)	1200 (salar)	1200 (salar)
Temperatura media: (°C)	4	4

Fuente: Plan Regional e Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021. MOP. Año 2012.

MAPA CON LAS PRINCIPALES CUENCAS DE LA REGIÓN DE ATACAMA



FUENTE: Plan Regional e Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021. MOP. Año 2012.

## b) Caracterización Hidrogeológica por Cuenca<sup>11</sup>

### i) *Cuencas Endorreicas de la Región Fronteriza (Salar de Pedernales N°030)*

Comprende el Salar de Pedernales y los depósitos sedimentarios al sur de éste y sobre el Llano del mismo nombre, hasta la quebrada La Ola, a una altura media comprendida entre 3.350 msnm, para el Salar, y 3.500 msnm para el Llano.

Los acuíferos presentes tienen espesores variables entre 35 m al sur del Salar y 50 m en el Llano de Pedernales, estando ambos formados principalmente por arenas de diversas graduaciones y algo de grava fina. La profundidad del nivel estático medio se encuentra a 1 m de profundidad en el borde sur del salar, aumentando en forma regular hasta 30 m en el Llano de Pedernales, a unos 4 Km de dicho borde sur. La productividad de estos pozos está identificada como muy elevada, es decir por sobre los 10m<sup>3</sup>/h/m, alcanzando en el Llano de Pedernales un caudal de entre los 22 y 62 m<sup>3</sup>/h/m. Respecto a la calidad de las aguas, no existe información cuantitativa de calidad del recurso, pero en informes existentes es definida como buena.

### ii) *Cuenca Costera Quebrada Pan de Azúcar y R. Salado (D. de Almagro - I. de Oro - La Finca) (Río Salado - Cuenca DGA N°032)*

Esta es una cuenca de carácter transicional desde el punto de visto hidrológico, ya que comienza el franco exorreísmo que continua hasta el sur de nuestro país. Por lo mismo, aun presenta escasos depósitos cuaternarios no consolidados, y es en torno a ellos en donde se encuentran los acuíferos.

Diego de Almagro se sitúa sobre la quebrada del río Salado a una altura de 790 msnm en la ciudad del mismo nombre. Inca de Oro, sobre la quebrada de la Angostura, tributaria de la primera, unos 40 Km al sur de Diego de Almagro y a 1700 msnm. La Finca a su vez, sobre la quebrada Chañaral, tributaria de la segunda, a unos 35 Km de la confluencia y a 1500 msnm. El Salada 30 Km aguas abajo de D. de Almagro sobre el río Salado.

Respecto a las formaciones acuíferas, en Diego de Almagro existe un estrato con predominio de arcillas que alcanza aproximadamente los 20 m, seguido de un estrato permeable que puede llegar a profundidades mayores a 80 m. En el Salado en tanto, el espesor total del relleno alcanza 68 m, formado por estratos de materiales gruesos y otros finos, todos con abundante arcilla, la que también se presenta en el estrato superior confinando el resto. En Inca de Oro y La Finca, ubicadas en la cuenca del río Salado, el relleno cuaternario tiene una profundidad media de 100 m, con predominancia de materia les gruesos como balones, ripio y arena hasta profundidades de aproximadamente 50 m, seguidos por estratos en que predominan arcillas compactadas, ripio cementado y limos.

En esta área los acuíferos son libres, con profundidades medias entre 55 y 75 m en Inca de Oro, y de alrededor de 27 m en La Finca. En Diego de Almagro en cambio, el acuífero es confinado, no

---

<sup>11</sup> Codificación Dirección General De Aguas (DGA). Los Datos Fueron Sacados Del Estudio Para El Mapa Hidrogeológico De Chile.

teniéndose información de niveles. En El Salado el nivel estático del acuífero confinado alcanza los 7 m de profundidad.

En cuanto a sus propiedades hidráulicas no se tiene información de transmisibilidades en la zona, y los caudales específicos, muy bajos, son en general menores a  $0,2\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ . La excepción la constituye El Salado, con un caudal específico de  $24,6\text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ .

El uso agua –proveniente de los sondajes de agua subterránea– predominantemente se destina al abastecimiento de agua potable. En cuanto a la calidad, el contenido de sólidos disueltos, en La Finca e Inca de Oro alcanza a los  $1500\text{ mg/l}$  aproximadamente, llegando en Diego de Almagro a un valor algo menor a  $80.000\text{ mg/l}$ , por efecto de la contaminación del río Salado. Lo mismo ocurre en El Salado donde llega a  $75.000\text{ mg/l}$ .

*iii) Quinta Santa María (Cuenca DGA N° 034)*

Se ubica a unos 55 Km al Noreste de la ciudad de Copiapó, por la Quebrada de Paipote a 2000 msnm, sobre el relleno fluvial del sector. El acuífero se constituye de relleno sedimentario, el espesor tiene un valor medio de 50 m, pudiendo alcanzar hasta los 90 m en algunos puntos. El estrato más permeable se ubica desde los 20 m aproximadamente, conformado por arenas, ripio, arcilla y gravilla. En cuanto a la profundidad del nivel estático, de cuyas eventuales variaciones no existe información, se ubica a una profundidad media de 3 m. El caudal específico en pozos de bombeo varía entre 8 y  $15\text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ . No existe información de calidad del agua, no obstante se tiene conocimiento que el agua subterránea se utiliza en minería.

*iv) Cuenca Río Copiapó (Cuenca DGA N° 034)*

El valle del río Copiapó se forma a 1.400 msnm de la confluencia de los ríos Jorquera, Manflas y Pulido, recibiendo en su curso medio los aportes de las Quebrada Paipote. Formado por depósitos principalmente aluviales y fluviales más recientes.

Respecto a las formaciones acuíferas, en el valle de Copiapó existen depósitos aluviales antiguos y depósitos recientes. Los depósitos del valle antiguo de este río están compuestos por una mezcla de bloques y rodados de distintos tamaños con una matriz de limo o cementada, por arcilla, arena y grava. El relleno actual, está formado por materiales mal graduados y seleccionados, con granulometría variable desde arcillas hasta grandes bloques, y con preponderancia de los materiales finos hacia el oeste. Existen además dunas de arena desde unos 20 Km aguas abajo de Copiapó hacia la costa.

El relleno reciente presenta acuíferos lenticulares que normalmente no sobrepasan los 10 m de espesor, con anchos no mayores a 50 m y se encontrarían situados dentro de los primeros 50-70 m de profundidad. Respecto a las profundidades del agua subterránea en el valle, éstas aumentan desde la costa hacia el interior. Partiendo de valores cercanos a 1 m en María Isabel, se llega a profundidades entre 35 y 45 m en el terreno de Paipote a Amolanas. Entre esos puntos, la

profundidad va aumentando, primero lentamente hasta San Pedro (2 m) y Toledo (16 m) y luego en forma brusca hasta Paipote (42 m).

Además, es necesario indicar que aparte de las variaciones estacionales de niveles, ligadas al caudal del río (ascenso desde febrero a junio y descenso posterior), se ha detectado un descenso generalizado de los niveles, especialmente desde 1960, debido a la disminución de precipitación en la zona hasta 1980 y a la masiva explotación al que son sometido los recursos de aguas subterráneas del valle. Los mayores descensos se han registrado entre la Quebrada de Cerrillos y la ciudad de Copiapó, que en promedio hasta 1980 habrían alcanzado 8 m.

Excepto en las cercanías de la costa, donde el caudal específico es de alrededor de  $3 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ , en el resto del valle el valor de dicho coeficiente es muy alto, con valores usualmente superiores a  $50 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ , pudiendo llegar a valores mayores que  $200 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  en quebrada Las Cruces. Respecto a las permeabilidades, debido a la heterogeneidad del relleno fluvial reciente, los valores de este parámetro son muy variables, con rangos entre  $10^{-3}$  y  $10^{-5}$  m/s.

En el valle de Copiapó las aguas subterráneas son destinadas principalmente al abastecimiento de agua potable a las localidades de Copiapó, Tierra Amarilla, Caldera y otras, y para usos de tipo agrícola. Además, la fundición de Paipote es abastecida también con aguas subterráneas. En todo el valle la calidad del agua, considerando como parámetro el total de sólidos disueltos, excede los  $500 \text{ mg/l}$ , aumentando hacia aguas abajo. A partir de un valor cercano a  $700 \text{ mg/l}$  en Amolanas, aumenta hasta unos  $1600 \text{ mg/l}$  en Copiapó, para llegar finalmente a valores muy elevados, tales como  $3300 \text{ mg/l}$  en San Pedro y  $5700 \text{ mg/l}$  en María Isabel.

v) *Total (Cuenca DGA N° 036)*

Total se localiza al Norte de la quebrada Carrizal, bordeando la quebrada del mismo nombre a una cota de alrededor de  $140 \text{ msnm}$  a  $15 \text{ Km}$  de la desembocadura, sobre los depósitos aluviales del fondo de la quebrada. En este sector el acuífero tiene un espesor entre  $30$  y  $40 \text{ m}$ , formado principalmente por arenas, algo de ripio y poca arcilla. Respecto de la profundidad del nivel estático, es un acuífero de napa libre, con una profundidad de unos  $2 \text{ m}$  y sin variaciones estacionales importantes. La transmisibilidad se ha estimado en  $300 \text{ m}^2/\text{día}$ . No hay información de gastos específicos medidos en pozos de bombeo. El agua subterránea extraída se usa sólo para abastecimiento de agua potable; respecto a su calidad, el total de sólidos disueltos alcanza cerca de  $1600 \text{ mg/l}$ .

vi) *Boquerón Chañar (Cuenca DGA N° 037)*

Corresponde a la planicie aluvial este-oeste entre la quebrada de Algarrobal ( $5 \text{ Km}$  al oeste de Estación Algarrobal) hasta Canto del Agua, en la Quebrada Carrizal. Se sitúa a una cota comprendida entre  $280$  y  $350 \text{ msnm}$ . En esta área, ubicada en la quebrada Algarrobal, el acuífero tiene un relleno de más de  $30 \text{ m}$  de espesor, con estratos de material fino hasta unos  $10 \text{ m}$  de profundidad seguidos de un estrato formado por bolones, arena, grava y poca arcilla, hasta unos  $30$

m. En este acuífero no confinado, los niveles estáticos se ubican a unos 25 m de profundidad. Respecto a su transmisibilidad, ésta es de unos 100 m<sup>2</sup>/día, con un gasto específico de alrededor de 2 m<sup>3</sup>/h/m. El uso predominante es de tipo doméstico, existiendo algunos sondajes de observación; el total de sólidos disueltos del agua subterránea es de unos 700 mg/l.

*vii) Cuenca Carrizal Bajo (Cuenca DGA N° 037)*

La localidad de Carrizal Bajo está ubicada en la Costa de Copiapó-Vallenar al costado izquierdo de la desembocadura de la Quebrada Carrizal. El relleno de acuífero – cuyo espesor no supera los 30 m– presenta en general sedimentos de granulometría fina, que en conjunto tienen una baja permeabilidad. Los niveles estáticos de las norias existentes indican unos 15 m de profundidad como máximo, pudiendo llegar incluso a nivel del terreno. Respecto a la transmisibilidad, no existe información, así como tampoco existe explotación del agua subterránea en el sector. Respecto a su calidad, el total de sólidos disueltos es mayor de 1500 mg/l, y alcanza incluso valores algo menores a 20.000 mg/l.

*viii) Cuenca Río Huasco (Cuenca DGA N° 038)*

El valle del río Huasco se forma a 670 msnm con la confluencia de los ríos del Carmen y El Tránsito recibiendo en sus cursos medio e inferior aportes de quebradas menores. Está formado por depósitos esencialmente fluviales. Este valle presenta, en casi toda su extensión, un acuífero formado por sedimentos fluviales del tipo de arena, ripio y bolones con una matriz fina de arcilla y limo. A partir de Freirina, hacia abajo, se produce una secuencia sedimentaria con carácter de acuífero confinado o semiconfinado, producto de la existencia de estratos intermedios de arcilla y fósiles que confinan a los estratos inferiores. La potencia del acuífero es variable presentando los menores espesores en la parte alta de la cuenca, los que fluctúan entre 25 y 50 m, aumentando aguas abajo hasta llegar a Vallenar donde la potencia del acuífero está comprendida entre los 20 y 200 m, presentando los mayores espesores en el centro del valle. Hacia la desembocadura del río, la potencia media es del orden 45 m, situación que se mantiene hasta Freirina, donde se desarrolla el acuífero freático superior, con una potencia media de 10 m, y uno confinado inferior a partir de los 30 m de profundidad, con una potencia media de 15 m.

Respecto de la profundidad del nivel estático, en la parte alta de la cuenca éste ya estaría entre 1 y 5 m en el valle del Carmen, y entre 5 y 7 m en el valle de El Tránsito. El nivel disminuye notablemente en sectores donde existen estrechamientos a lo largo del valle. En el sector del río Huasco Superior en nivel estático varía entre 2 y 11 m, aumentando hacia aguas abajo hasta llegar a Vallenar, donde alcanza hasta 20 m, aunque disminuye hacia el poniente donde llega casi a nivel de la superficie, situación que se mantiene hasta Freirina. A partir de este punto el nivel estático medio es de unos 2 m con algunos puntos de surgencia en el sector de Huasco Bajo. La profundidad del nivel estático está fuertemente ligada a los niveles de escurrimiento en el río, debido a que existe una muy buena conexión río-acuífero a lo largo de todo el valle.

En el sector del Huasco superior, la transmisibilidad media es del orden de 2000 m<sup>2</sup>/día. Alrededor de la ciudad de Vallenar la transmisibilidad fluctúa entre 1200 y 3000 m<sup>2</sup>/día y desde Vallenar a Freirina puede adoptar un valor medio de 1200 m<sup>2</sup>/día. Desde este lugar hasta Huasco Bajo ésta disminuye llegando hasta 600 m<sup>2</sup>/día como promedio. En cuanto a los caudales específicos, los mayores valores se presentan en el Valle del Carmen y entre Vallenar y Freirina, fluctuando entre 15 y 30 m<sup>3</sup>/h/m y 4 y 20 m<sup>3</sup>/h/m, respectivamente. En tanto que en el sector de El Tránsito el valor medio es de 6 m<sup>3</sup>/h/m y en el sector de Huasco Bajo éste fluctúa entre 1 y 7 m<sup>3</sup>/h/m.

El uso principal dado a los recursos de agua subterránea en el valle es el de riego con un nivel de explotación bastante bajo. La excepción la constituyen los sectores de Vallenar y Huasco, siendo el abastecimiento de agua potable el uso predominante en el primer sector y el uso Industrial en segundo sector, con niveles de explotación también bastante bajos.

En la parte alta de la cuenca la calidad del agua subterránea se supone buena, ya que los análisis de aguas superficiales dan contenidos totales de sólidos disueltos menores a 500 mg/l. En el sector intermedio la calidad es relativamente buena, presentando un contenido máximo de sólidos disueltos de 1230 mg/l en el área de Huasco Superior, y entre 540-760 mg/l desde allí hasta Freirina. Desde este último punto hasta el sector de Huasco Bajo presenta un valor medio del orden de 1000 mg/l.

*ix) Zona de Domeyko (Cuenca DGA N° 039)*

Esta zona comprende las localidades de Domeyko y Cachiyuyo, situadas a unos 50 Km al Sur de Vallenar siguiendo la Carretera Panamericana, a una cota media entre 685 y 700 msnm. También incluye el sector de la Mina El Morado a unos 20 Km al Oeste de Domeyko.

En las formaciones acuíferas se distinguen tres sectores distintos, ubicados en el valle central del área de Domeyko. El primero corresponde al relleno cuaternario de Domeyko donde se tiene un acuífero semiconfinado formado por bolones, ripio, arena y arcilla, con estratificaciones de materiales finos del tipo arcilla y arena de distinta permeabilidad, que confinan los estratos inferiores. Hacia el sureste, en el sector de la Quebrada de Cachiyuyo, aguas arriba de Domeyko, el acuífero es freático y está formado por ripio y arena en una matriz areno-limosa que ocupa toda la llanura aluvial.

En el primer sector la potencia media del acuífero es de 90 m, disminuyendo hacia el segundo hasta unos 45 m como valor medio. Hacia el oeste, a unos 20 Km de Domeyko (sector de la mina El Morado), se tiene un acuífero freático formado principalmente por bolones, ripio, arena y poca arcilla en los primeros 30 m, y arcilla, ripio y arena hacia abajo, con una potencia total de 110 m.

El nivel estático en el sector de Domeyko es de entre 20 y 43 m de profundidad, siendo mayor hacia el centro del valle. Durante la perforación se detectó un ascenso del nivel estático con el tiempo en algunos de los sondajes más profundos del sector. En el área de Cachiyuyo, el nivel estático es de



29 m, no mostrando variaciones importantes. La profundidad aumenta considerablemente hacia el oeste, hasta el sector de la Mina El Morado donde llega a ser de 97 m.

En cuanto a las propiedades hidráulicas, en el sector de Domeyko la transmisibilidad se ha estimado en 30 m<sup>2</sup>/día, en tanto que para Cachiyuyo en 50 m<sup>2</sup>/día. En torno a Domeyko el caudal específico resulta bastante bajo, siendo su valor medio 0.2 m<sup>3</sup>/h/m. En cambio, en el sector de la Mina El Morado el caudal específico medido resultó ser de 5.1 m<sup>3</sup>/h/m.

El uso principal que se da en los sectores de Domeyko y Cachiyuyo a los recursos de agua subterránea es doméstico, con un nivel de explotación bastante bajo. La calidad de estos recursos en general no es buena, presentando un total de sólidos disueltos de hasta 1600 mg/l. También existen muchos sondajes de observación. En el sector de la Mina El Morado el uso predominante es para la minería y presumiblemente doméstico. No se tiene información sobre la calidad de los recursos en este sector.

### 1.1.2 Aguas Subterráneas

La disponibilidad de las aguas subterráneas, está asociada a depósitos de sedimentos no consolidados, ya sea rellenos de carácter fluvial, lacustre, aluvial o aluvional, de acuerdo al proceso que lo haya generado. La porosidad propia de estos materiales asegura la recarga de agua a napas subterráneas que subyacen bajo estos suelos. También existe acumulación de agua subterránea en torno a los escurrimientos de quebradas intermitentes, las que filtran agua a través de los sedimentos depositados recientemente (MOP, 2012).

Se estima que Chile posee un importante volumen de recursos subterráneos y que la recarga media estimada alcanza aproximadamente 55m<sup>3</sup>/s desde la Región Metropolitana al norte<sup>12</sup>. La utilización efectiva de las aguas subterráneas fue estimada al año 2003 en 88m<sup>3</sup>/s, de los cuales 49% se utilizaba para la agricultura, 35% para abastecimiento poblacional y 16% para industria (Salazar, 2003). Las aguas subterráneas son particularmente importantes para los sectores minero y sanitario, ya que en el caso de la minería representan alrededor de 63% de los derechos de aprovechamiento de aguas al año 2006 (Proust Consultores, 2008), y el 46% de los usos por agua potable (SISS, 2010). También son importantes para el uso agrícola en las primeras cuatro regiones del norte del país, entre ellas la región de Atacama.

A partir de los años 90 la explotación de las aguas subterráneas comienza a ser significativa. Ello debido principalmente a que las aguas superficiales estaban comprometidas en una parte importante del país, produciéndose un fuerte incremento de las solicitudes de derechos y el uso del agua subterránea. En la actualidad, se notan algunos acuíferos o sectores de acuíferos sobre-explotados,

---

<sup>12</sup> Al sur de la VI Región no se tiene información detallada del potencial de recarga, debido a la menor importancia de las aguas subterráneas como fuente de abastecimiento. La Dirección General de Aguas ha establecido una aproximación de la recarga en alrededor de 160 m<sup>3</sup>/s entre las regiones VII y X (DGA, 2011). No se tiene información consolidada sobre el potencial de recarga al sur de la región X.

principalmente en la parte norte y central del país en los cuales se han generados conflictos importantes<sup>13</sup>.

El valle de Copiapó sería el único de la región de Atacama donde el uso de los recursos subterráneos es vital para su desarrollo, detectándose indicios de una sobreexplotación. En efecto, aunque no podría atribuirse exclusivamente a la sobreexplotación los descensos de los niveles de agua que existirían en el sector del valle entre Nantoco y Copiapó, el aumento de peticiones llegadas a la Dirección General de Aguas para alumbrar y explotar el recurso es un indicio de los problemas que a futuro pueden tener las aguas subterráneas de este valle.

De acuerdo a lo señalado, es fundamental iniciar controles sistemáticos de los niveles de aguas subterráneas y de los caudales extraídos mediante el bombeo desde pozos, para relacionarlos con situaciones históricas en las cuales las condiciones de recarga y descarga de la napa fueron diversas, y de ese modo poder efectuar proyecciones sobre su comportamiento futuro.

Junto con ello, la confección de mapas hidrogeológicos a una escala mínima 1:100.000 permitiría verter la información existente y con ello individualizar áreas más restringidas que potencialmente pudieran verse afectadas en mayor medida que otras con la sobreexplotación (MOP/DGA, 1986)

#### **a) Característica de los Principales Acuíferos**

Los principales acuíferos en Chile se concentran en la zona norte del país, específicamente en las regiones de Arica-Parinacota, Tarapacá y Antofagasta; en los valles transversales de las regiones de Atacama y Coquimbo, y en el Valle Central de las regiones de Valparaíso a Los Lagos. Según antecedentes de la DGA los acuíferos en Chile son más de un centenar (Fig. 2)

En el Norte Grande (regiones de Arica-Parinacota a Antofagasta) las formaciones acuíferas se ubican principalmente en la Pampa y en los valles costeros. La recarga está asociada a infiltraciones de aguas lluvias que caen en la parte alta de las cuencas durante el invierno Boliviano, por lo que una gran parte del almacenamiento existente en la Pampa y en la costa, corresponde a agua antigua que ha infiltrado desde las zonas de recarga. En el Norte Chico –regiones de Atacama y Coquimbo– se tiene que los principales acuíferos se sitúan en los valles fluviales, aunque también existen acuíferos costeros. La recarga se origina por las precipitaciones y las infiltraciones de escorrentía superficial, especialmente durante el derretimiento de nieves y el invierno Boliviano.

##### *i) Acuífero del Río Copiapó*

La caracterización hidrogeológica tiene como objetivo entender el funcionamiento general de los acuíferos, estableciendo conceptualmente criterios para la sectorización y estimación de parámetros relevantes relacionados con este funcionamiento.

---

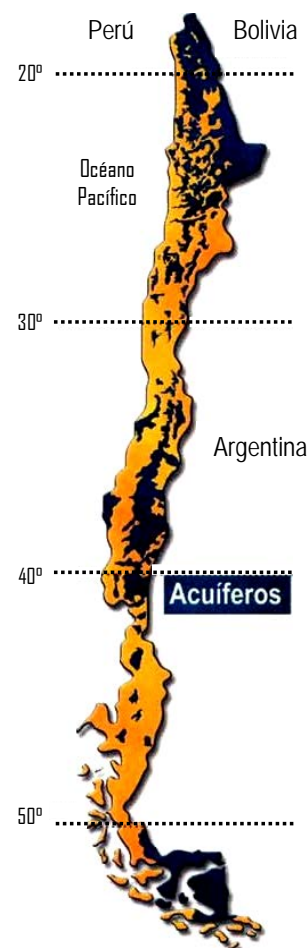
<sup>13</sup> CHILE Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos Banco Mundial Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible 31 de marzo de 2011

Las unidades geológicas del valle del río Copiapó poseen propiedades específicas, que determinan su comportamiento como elementos para experimentar recarga, almacenar y transmitir el agua subterránea. Se agrupan en depósitos no consolidados y basamento rocoso indiferenciado. Este último concepto engloba a todas las unidades rocosas que conforman los flancos y el basamento rocoso del valle del río Copiapó (MOP/DGA, 2012). (Tabla N°7).

En el caso de los depósitos no consolidados, éstos constituyen el relleno sedimentario del valle del río Copiapó y están conformados por secuencias mayoritariamente permeables a semipermeables con porosidad intergranular. Estos depósitos desarrollan potentes, continuos y extensos niveles estratificados, formando multiacuíferos (libres a semiconfinados), radicados muy especialmente, en depósitos granulares modernos: ripios, gravas, gravas arenosas y arenas fluviales a fluvioaluviales. Porosidades y permeabilidades menores se registran en depósitos macizos de flujos de barro y/o detritos y en secuencias fluviales a fluvioaluviales antiguas (MOP/DGA, 2012).

En el acuífero del valle de Copiapó, un 60,4% de los derechos se encuentran aprobados, lo que equivale a un caudal total de 17.754 L/s. De este caudal, 10.006 L/s se usan para riego, 3.047 L/s en minería y 1.560 para agua potable. En cuanto al tipo de derechos, 17.644 L/s corresponde a consuntivos, y 110 L/s a no consuntivos.

Distribución de formaciones acuíferas en Chile  
(Adaptado de Figueroa, 2004)



Fuentes: "Diagnóstico de fuentes de agua no convencionales en el regadío interregional". CNR, 2010

Fig. 2 Distribución de Formaciones Acuíferas en Chile

#### ii) Acuífero del Río Huasco

En la parte alta destaca la existencia de permeabilidad muy baja, debido a la existencia de rocas plutónicas e hipabisales del paleozoico formado por intrusivos graníticos y basamentos impermeables junto con rocas volcánicas, coladas y depósitos piroclásticos reolíticos, dacíticos, andesíticos y basálticos del período jurásico de muy baja permeabilidad. El escurrimiento es en sentido NNW, para luego virar en las cercanías de Alto del Carmen en sentido NWW, desde esta ciudad en adelante la permeabilidad se hace de media a alta al pasar de rocas sedimentarias-volcánicas, depósitos no consolidados o rellenos, encajonadas por intercalaciones de rocas sedimentarias, plutónicas e hipabisales. A partir de Vallenar existen recargas del río Huasco por afloramientos, los cuales continúan hasta su desembocadura (MOP/DGA, 2012).

Tabla N°7  
Características Principales Acuíferos Región de Atacama

Unidad Hidrogeológica	Volumen Geométrico (Hm3)	Tipo de Acuífero	Volumen de Agua Almacenada (Hm3)	Recarga (m3/s)	Profundidad Media Napa (m)	Gasto específico promedio (m3/h/m)
Acuífero Copiapó <sup>(1)</sup>	96.720	Libre	9.672	4,1	5 - 70	18
Acuífero Huasco <sup>(2)</sup>	11.560	Libre	578	2,7	2 - 20	12
Acuíferos Altiplánicos	S/I	Libre, Confinado y Semiconfinado <sup>(3)</sup>	S/I	2	0,1 - 113	90
	S/I	S/I	S/I	1,4	7,7 - 111 <sup>(4)</sup>	26
Acuíferos Cuencas Costeras <sup>(5)</sup>	286.160	Libre	34.300	0,2	1 - 48	9,3

(1) Análisis Integrado de Gestión en Cuenca del río Copiapó, 2010, DGA-DICTUC.

(2) Aguas abajo embalse Santa Juana, Fuente: Informe técnico DARH

(3) Cuenca salar de Pedernales, Fuente: Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II Y III, 2009, DGA- DICTUC.

(4) Cuenca Salar de Maricunga, Fuente: Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II Y III, 2009, DGA- DICTUC.

(5) Cuencas Costeras al Sur del Copiapó, Análisis y Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de los Acuíferos Costeros Ubicados entre los Ríos Salado y Huasco, III Región de Atacama, 2010, DGA.

S/I Sin información

FUENTE: Plan Regional e Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021. MOP. Año 2012.

### iii) Acuífero Cuencas Altiplánicas

Estas cuencas poseen una variedad de formaciones volcánicas, rocas plutónicas y terrenos sedimentarios. El salar es una costra de halita (NaCl) y yeso (CaSO<sub>4</sub> H<sub>2</sub>O) con pequeñas lagunas generalmente adyacentes a la orilla. Los principales aportes de aguas superficiales al salar están dados por 7 arroyos ubicados entre 4000 y 4500 msnm y que se infiltran aguas abajo, alimentando napas subterráneas. Al extremo suroeste del salar se localiza la laguna Santa Rosa. Esta laguna descarga hacia el sector norte del salar por un canal cuyo caudal se incrementa con los aportes subterráneos hasta alcanzar en promedio los 163 L/s, alimentando un complejo sistema lagunar (MOP, 2012).

La principal fuente de recarga de las cuencas altiplánicas son las precipitaciones que se producen en los conos volcánicos que las rodean y que están formados por rocas del Mioceno con una permeabilidad y almacenamiento asociados a su fracturamiento, por lo que se estima que poseen un potencial hidrogeológico bajo a nulo. Dichas áreas sólo constituyen una zona de transferencia del agua subterránea hacia las zonas más bajas de la cuenca, donde se presentan rellenos de depósitos aluviales actuales (Cuaternarios) y depósitos evaporíticos (salar), que corresponden a los sectores con mayor potencial hidrogeológico de estas cuencas. La principal forma de descarga de estas cuencas –sino la única– es la evaporación, por lo que la calidad de las aguas empeora, debido al aumento de la concentración de sales, a medida que se avanza desde la cabecera de las cuencas hacia las zonas bajas (MOP, 2012).

Para el sector del salar de Pedernales, la DGA cuenta con información más detallada, lo que permite tener un conocimiento mayor de la situación de los recursos hídricos presentes. En el caso de la empresa del cobre CODELCO División El Salvador, ésta extrae aproximadamente 650 L/s del Tranque La Ola, producto de aguas que se captan de los cauces superficiales río La Ola y río Juncalito, los cuales tienen una escorrentía media anual aproximada de 478 L/s y 417 L/s respectivamente (MOP, 2012).

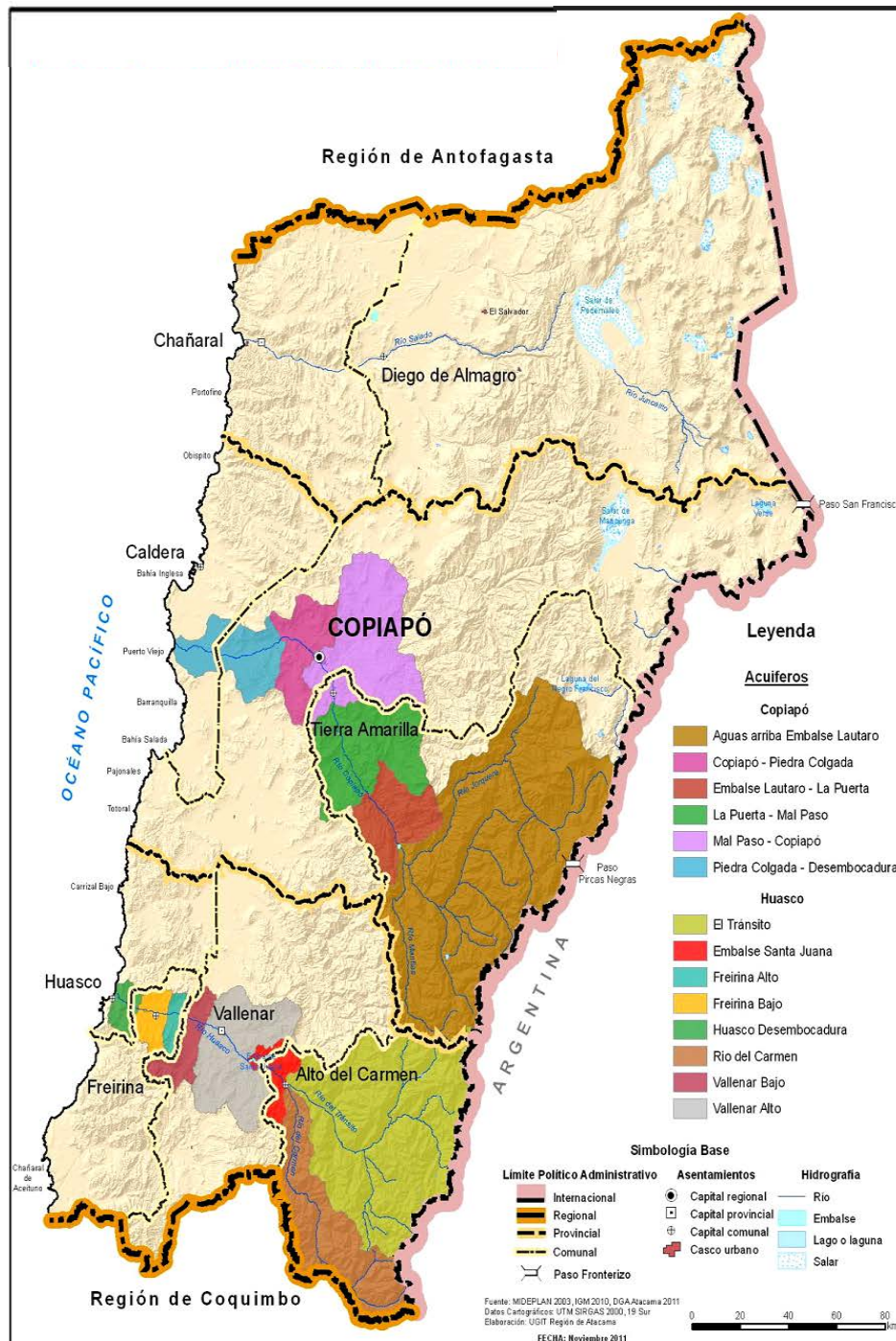
Debido a las extracciones, después del sector del tranque (donde debido a la morfología de la cuenca, las importantes escorrentías que se generan desde las cabeceras de la cuenca por el sur, fluyen en dirección norte hasta este estrechamiento que se extiende entre el Llano Leoncito y La Ola) el único flujo que existe es el subterráneo, que asciende aproximadamente a 200 L/s (calculado a partir de la geometría acuífera interpretada de la prospección geofísica realizada con Transiente Electromagnético), esto implica que prácticamente todo el recurso proveniente del sector sur, es utilizado para satisfacer la demanda de aguas superficiales cuyo acopio es el tranque, por lo tanto, los recursos disponibles serán solo los que se generan en el sector norte propiamente tal. Ahora, utilizando la metodología de los coeficientes de infiltración y escorrentía para calcular la recarga del sector norte, se tiene que esta es del orden de 13.150.512 m<sup>3</sup>/año. (Tabla N°8).

Tabla N°8  
Recargas de las Cuencas Altiplánicas. Región de Atacama

Nombre	m <sup>3</sup> /año	Nombre	m <sup>3</sup> /año
Salar de Gorbea	3.658.176	Quebrada Los Maranceles	662.256
Salar de Azufrera	2.554.416	Cerro Agua de Morales	662.256
Salar de Agua Amarga	4.005.072	La Laguna	2.869.776
Quebrada La Rosa	883.008	Salar de Piedra Parada	3.595.104
Cerro Blanco	2.869.776	Laguna de Las Parinas	883.008
Cerro El Encanche	1.072.224	Lagunas Bravas	3.216.672
Salar de La Isla	8.798.544	Laguna del Jilguero	946.080
Salar de Aguilar	6.401.808	Salar de Wheelwright	3.122.064
Salar de Los Infieles	2.144.448	Laguna Verde	11.289.888
Salar de Las Parinas	7.600.176	Piedra Pómez	7.537.104
Salar Grande	7.158.672	Salar de Maricunga	38.158.560
Laguna del Negro Francisco	11.037.600		

FUENTE: Elaboración propia a partir de información del MOP, 2012.

Mapa Red de Acuíferos en las Cuencas del Río Copiapó y del Río Huasco



FUENTE: Plan Regional e Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021. MOP. Año 2012.



# CAPÍTULO 2.

## DISPONIBILIDAD Y USO DEL AGUA

## 2. DISPONIBILIDAD DE AGUA (BALANCE HÍDRICO)

Chile cuenta con 1.251 ríos, los que se emplazan en las 101 cuencas principales existentes en el país. Además, existen más de 15.000 lagos y lagunas de todo tipo de formas y tamaños que constituyen un invaluable activo medio ambiental y turístico. En general, los recursos hídricos presentes en ellos contienen agua de buena calidad y son importantes reguladores de los flujos en las cuencas<sup>14</sup>. Es un país privilegiado en materia de recursos hídricos, ya que al considerar todo el territorio chileno, el volumen de agua procedente de las precipitaciones que escurre por los cauces es de 53.000 m<sup>3</sup>/hab/año, superando en ocho veces a la media mundial (6.600 m<sup>3</sup>/hab/año), y muy superior al valor de 2.000m<sup>3</sup>/persona/año considerado internacionalmente como umbral para el desarrollo sostenible en lo económico, social y ambiental.

Debido a la ubicación geográfica de Chile, y el sistema general de circulación de la atmósfera, nuestro territorio Continental está expuesto a diferentes patrones que gobiernan la ocurrencia de precipitaciones. Efectivamente, la zona norte (Arica-Parinacota, Tarapacá Antofagasta y Atacama), los aportes de precipitaciones están asociados al Invierno Boliviano, que se produce durante los meses de verano. Las precipitaciones se producen por sistemas frontales, provenientes del Atlántico que cruzan el continente, por lo que no son abundantes y debido al efecto orográfico se concentran principalmente en la zona andina. En el caso de la oferta de agua en la zona centro Norte (Atacama y Coquimbo), existe una influencia del Invierno Boliviano, pero también recibe aportes de sistemas frontales provenientes del Pacífico y que alcanzan a rodear el Anticiclón del Pacífico, especialmente durante los años en los que se producen eventos de El Niño. Respecto de la zona central (Valparaíso a Biobío Norte) recibe aportes de precipitaciones provenientes de sistemas frontales originados en el Océano Pacífico. (CNR, 2010)<sup>15</sup>

La existencia de estos marcados patrones que originan precipitaciones en Chile (Invierno Boliviano y Sistemas Frontales del Pacífico), producen que el régimen de precipitaciones tenga una marcada variabilidad Norte-Sur (Fig. 3), lo que se traduce también en los caudales (Fig. 4). (CNR, 2010)

Es así que al analizar la disponibilidad natural de agua por regiones se tiene que las regiones situadas al norte de la Metropolitana la disponibilidad media del agua son de 800 m<sup>3</sup>/habitante/año, cantidad muy por debajo de la media mundial y del mínimo recomendado para asegurar un desarrollo asegurar un desarrollo sostenible<sup>16</sup>. En el caso de la Región de Atacama, esta disponibilidad natural de aguas es de sólo 208 m<sup>3</sup>/hab/año, ocupando el segundo lugar, después de la región de Antofagasta, a nivel nacional de aquellas regiones con la menor disponibilidad de agua.

---

<sup>14</sup> Salazar, 2003.

<sup>15</sup> "Diagnóstico de fuentes de agua no convencionales en el regadío interregional". CNR, 2010

<sup>16</sup> Banco Mundial, 2011



Lo anterior evidencia que en las regiones del norte de Chile la demanda de agua supera con creces la disponibilidad de la misma, siendo esta situación especialmente grave en el caso de las regiones de Antofagasta y Atacama, ya que en éstas el déficit en la disponibilidad de agua, comparado con la demanda, es cercano al 100%.

En cambio, la relación extracción/disponibilidad de agua se presenta favorable entre las regiones Libertador

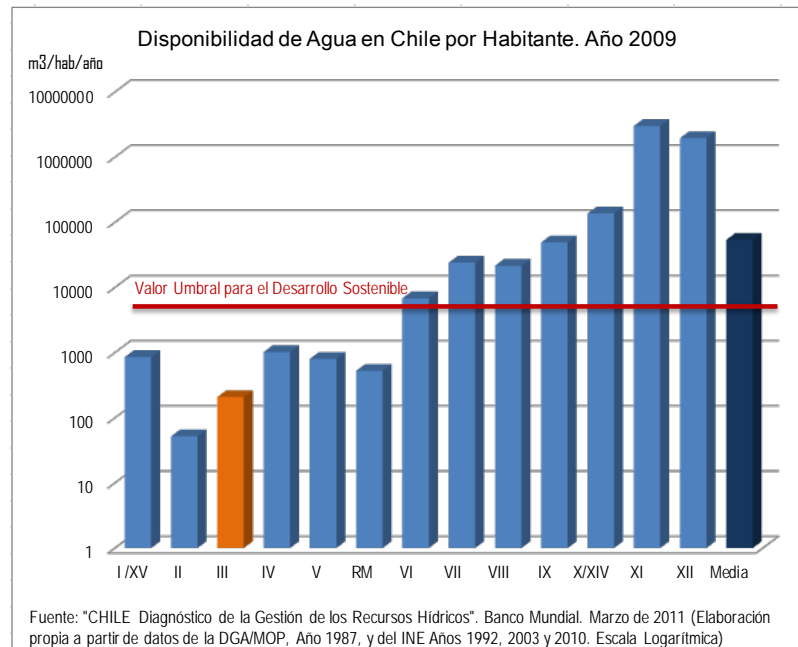
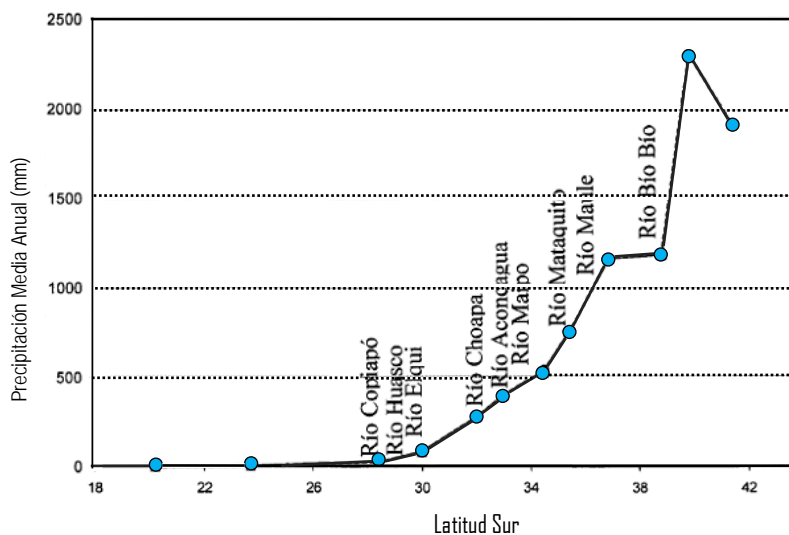


Fig. 3 Disponibilidad de Agua en Chile por Habitantes. Año 2009

B. O'Higgins y Araucanía, y de la región de Los Lagos al sur la disponibilidad de agua supera ampliamente el uso. En cambio, de la región Metropolitana hacia el norte existe una fuerte presión sobre los recursos hídricos, donde las extracciones superan el caudal disponible – lo que se explica principalmente por el uso de los caudales de retorno (aguas de percolación y derrames) a lo largo de los ríos (que permite hacer un uso más eficiente del recurso), y en algunos casos la sobreexplotación de los acuíferos (Ayala, 2010).

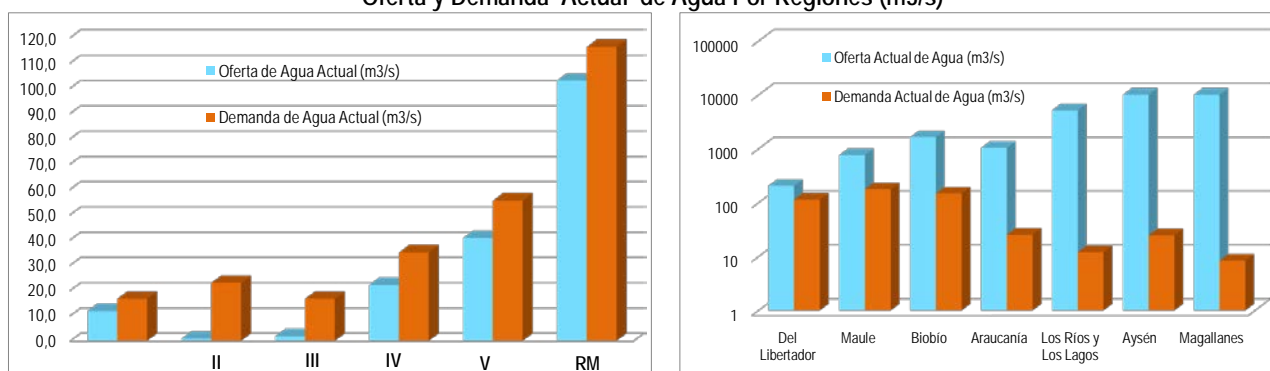


Fuente: Elaboración propia a partir del estudio "Diagnóstico de fuentes de agua no convencionales en el regadío interregional". CNR, 2010

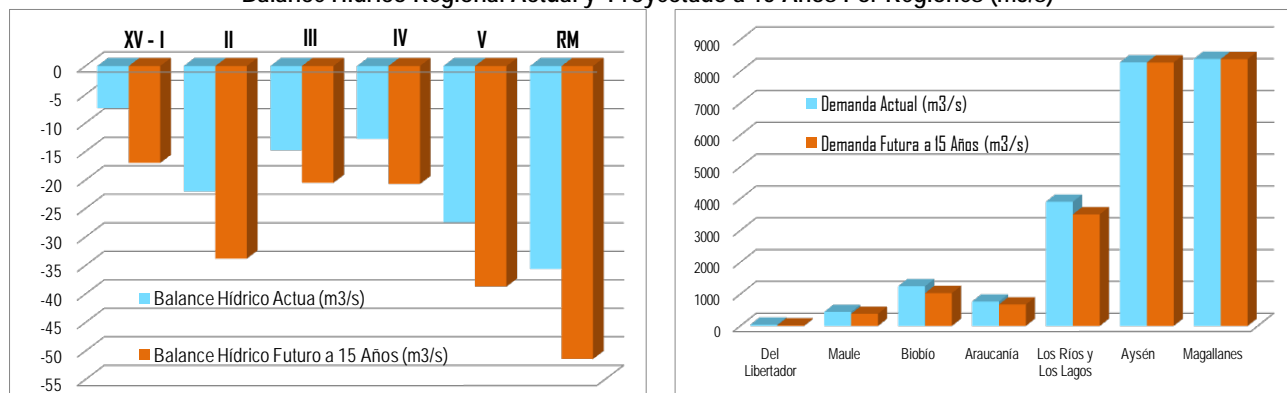
Fig. 4 Variación de la precipitación en Chile de acuerdo a la Latitud.

Al analizar la oferta y demanda de agua actual como la proyectada a 15 años (DGA, 2011), se observa que el déficit hídrico que afecta a las regiones del Norte Grande, Norte Chico, Valparaíso y Metropolitana no varía; por el contrario, se acentúa en todas ellas en un futuro de 15 años, siendo este déficit notoriamente mayor en las regiones de Arica-Parinacota y Tarapacá con un incremento del 129,7% respecto del déficit actual, mientras que en las regiones de Coquimbo y Antofagasta el déficit de agua se incrementa en un 61,7% y 53%, respectivamente, en relación al actual. En el caso de la región de Atacama, el déficit hídrico se incrementa en un 38,5% respecto del déficit actual, siendo la región que experimenta el menor incremento en el déficit de agua (Gráfico 1 y Gráfico 2; Tabla N°9).

**Gráfico 1**  
Oferta y Demanda Actual de Agua Por Regiones (m3/s)



**Gráfico 2**  
Balance Hídrico Regional Actual y Proyectado a 15 Años Por Regiones (m3/s)



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de la Dirección General de Aguas, 2011

Tabla N°9  
Balance Hídrico Regional Actual y Proyectado a 15 Años (m3/s)

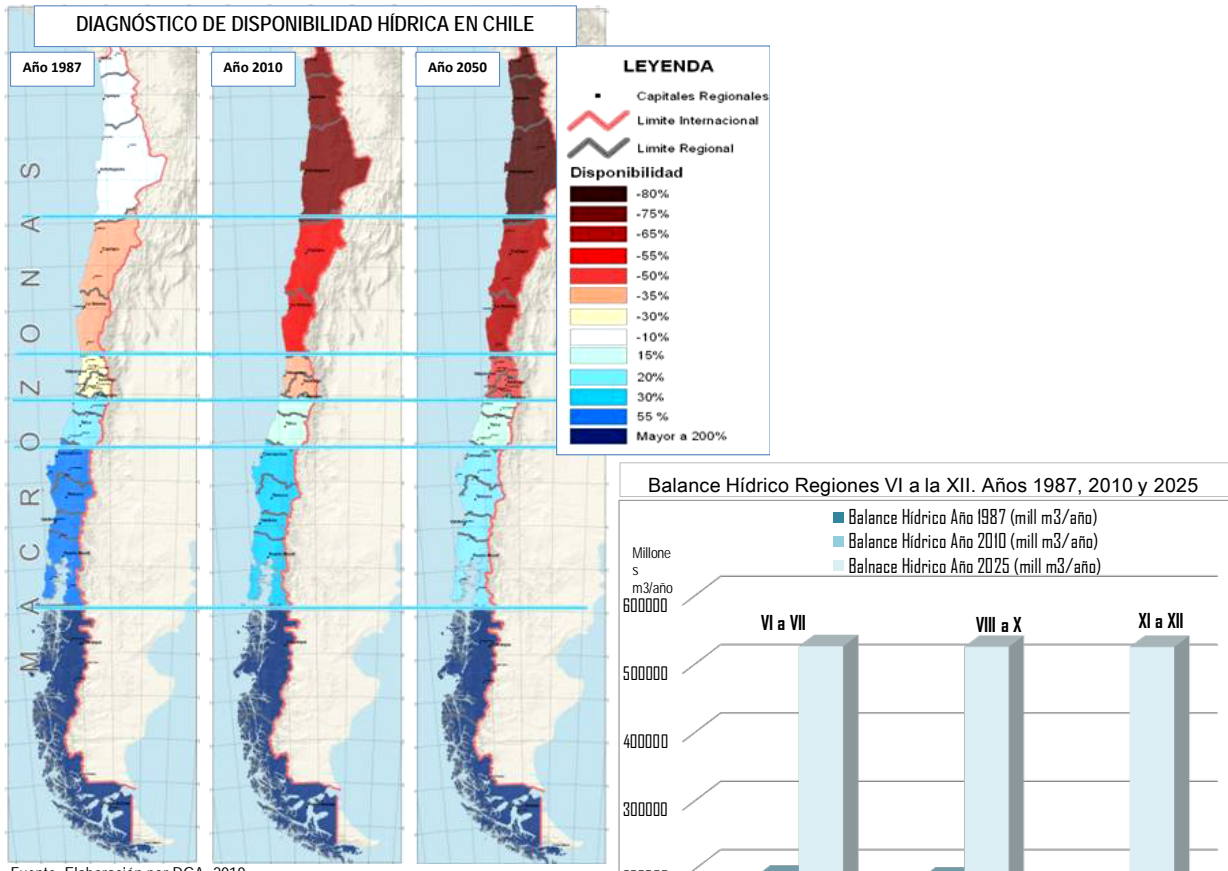
REGIONES	Demanda Actual	Oferta Actual	Balance Actual	Demanda 15 años	Oferta 15 años	Balance 15 años
Arica-Parinacota y Tarapacá	16,7	11,9	-7,4	26,3	11,9	-17
Antofagasta	23	0,9	-22,0	34,8	0,9	-33,8
<b>Atacama</b>	<b>16,7</b>	<b>1,9</b>	<b>-14,8</b>	<b>22,4</b>	<b>1,9</b>	<b>-20,5</b>
Coquimbo	35	22,2	-12,8	41,8	21,1	-20,7
Valparaíso	55,5	40,7	-27,4	64,2	36,6	-38,7
Metropolitana	116,3	103	-35,6	124,9	92,7	-51,4
Del Libertador	113,5	205	38,7	119,1	184,5	18,7
Maule	177,1	767	442,5	184,5	690,3	383,6
Biobío	148	1.638,00	1.249,10	246	1.474,20	1.033,30
Araucanía	25,5	1.041,00	767,3	38,3	936,9	675,4
Los Ríos y Los Lagos	12	5.155,00	3.905,80	17,9	4.639,50	3.508,10
Aysén	24,9	10.134,00	8.284,90	27	10.134,00	8.282,90
Magallanes	8,4	10.124,00	8.394,60	15,7	10.124,00	8.387,20
<b>Total País</b>	<b>772,6</b>	<b>29.244,60</b>	<b>22.962,70</b>	<b>962,8</b>	<b>28.348,50</b>	<b>22.107,10</b>

Fuente: MOP/DGA "Modernización del Mercado de Aguas en Chile, Contribución del Estado a la modernización del mercado del Agua, 2011.

La Dirección General de Aguas, DGA, definió tres escenarios para analizar la evolución que ha tenido y se proyecta para el déficit hídrico en el país: el primer escenario corresponde al año 1987, año en que se realizó el estudio de balance hídrico; el segundo escenario corresponde al año 2010, donde se supone que aún no hay cambio climático pero sí ha habido un aumento de demanda y de capacidad de regulación; y el tercer escenario se proyecta al año 2025, dado que es la fecha más alejada con proyección plausible de demanda. Para este último escenario se ha supuesto una variación de la disponibilidad hídrica (disminución en general) asociada al cambio climático según las proyecciones de estudio realizado por la Universidad de Chile para CONAMA (Banco Mundial, 2011).

En el escenario correspondiente al año 1987 ya se observaba un déficit hídrico importante en toda la Zona Norte y Centro Norte del país, que se agrava notoriamente para el escenario proyectado al año 2010, déficit de agua que se mantiene para el escenario correspondiente al año 2025, afectando toda la zona Norte Grande, Norte Chico, V Región y Metropolitana (Fig. 5).

Los escenarios proyectados sobre la disponibilidad natural de agua en el caso de la región de Atacama, sumado a las extracciones que se hacen sobre los recursos hídricos –la que supera con creces la oferta de agua– muestra que la disponibilidad agua será cada vez más crítica en la región. En parte importante esta presión sobre los recursos hídricos se explica por el fuerte aumento que ha experimentado en los últimos años la minería en la región, lo que ha implicado un aumento en el uso del agua, siendo este hecho particularmente crítico en aquellas cuencas relativamente pobres en agua (Fig. 6).



Fuente: Elaboración por DGA, 2010.

Fig. 5 Diagnóstico de la Disponibilidad Hídrica en Chile

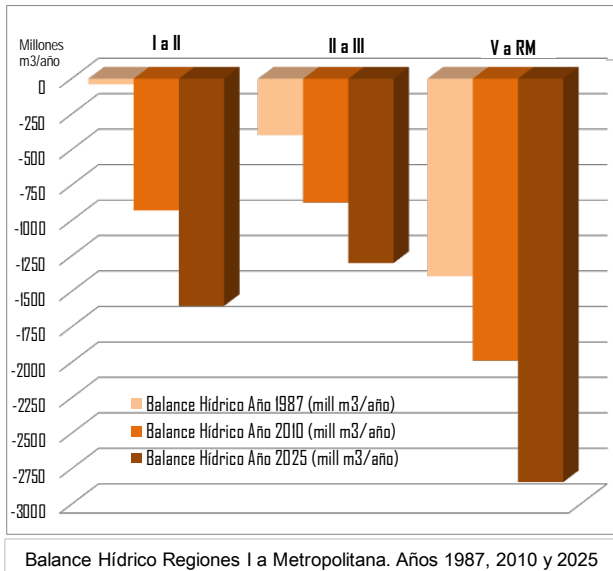


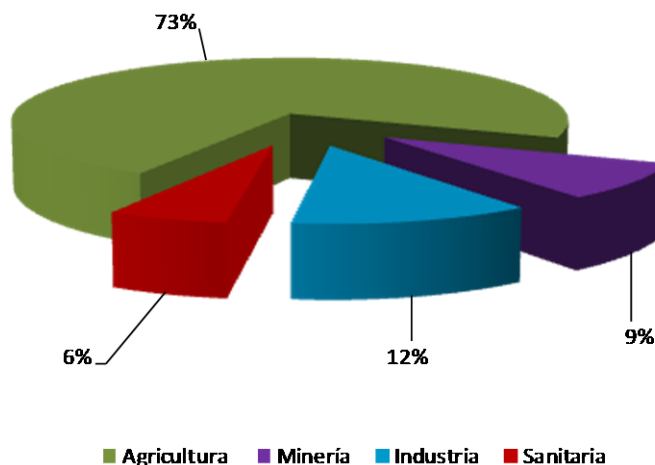
Fig. 6. Balance Hídrico Por Regiones

Elaboración propia a partir datos DGA Año 2010

## 2.1 DEMANDA DE AGUA A NIVEL NACIONAL

Dentro de los usos se tiene que están aquellos de carácter extractivos o consuntivos y los usos no extractivos o no-consuntivos<sup>17</sup>, correspondiendo estos últimos al 89% del total de usos, mientras que sólo el 11% son usos consuntivos.

Dentro de estos últimos, el riego representa el 73% de las extracciones a nivel nacional, utilizado para regar 1,1 millones de hectáreas, las que se localizan casi completamente entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos (INE, 2007). Luego están los usos industriales y mineros, los que representan el 12% y 9%, respectivamente. Finalmente está el uso y consumo doméstico, el que representa el 6% de las extracciones a nivel nacional y se utiliza para abastecer al 99,8% de la población urbana y rural concentrada (Ayala, 2010).



Fuente: "Estrategia Nacional de Recursos Hídricos". MOP/DGA, 2013

Fig. 7. Distribución de los Usos Consuntivos del Agua en Chile

En el caso de los usos no-consuntivos, se tiene que la hidroelectricidad efectúa la mayor demanda por este tipo de uso. La competencia por los distintos tipos de uso varía según región, especialmente si se trata de la macrozona norte y central, ya que desde la década del '70-'80 las aguas superficiales habían totalmente asignadas.

### 2.1.1 Demanda de Agua a Nivel Regional

En la región de Atacama, al considerar tanto los usos consuntivos como no consuntivos<sup>18</sup>, se tiene que el sector agropecuario, al igual que el promedio nacional, es el que realiza la mayor demanda de agua, con el 73,7%, siguiéndole a una distancia considerable el sector minero, con el 9,8%, y los sectores sanitario e industrial, con el 4,3 y 3,2%, respectivamente. En el caso del sector energía, éste demanda solo el 1,5% del agua, siendo usada principalmente por las centrales termoeléctricas para sus respectivos procesos de generación.

<sup>17</sup> *Usos Extractivos o Consuntivos* son aquellos que se extraen o consumen el agua de su lugar de origen (ríos, lagos y aguas subterráneas). Usos no Extractivos o No Consuntivos, son aquellos que ocurren en el ambiente natural de la fuente de agua sin extracción o consumo del recurso.

<sup>18</sup> Del total de derechos de aprovechamiento otorgados en Atacama al año 2012, se tiene que solo el 2,4% corresponden a derechos de tipo No Consuntivos, mientras que el 97,6% corresponden a derechos de tipo Consuntivos. Fuente: Información histórica recibida de Conservadores de Bienes Raíces en relación a derechos de aprovechamiento de tipo No Consuntivo

Tanto el sector forestal como el turismo realizan una demanda de agua por debajo del 0,1%, lo que en el caso forestal se explica por la escasa cobertura vegetal con que cuenta la región, dado que esta región corresponde a una zona perteneciente al semiárido. Respecto del turismo, éste se ha estimado en base a los caudales calculados a partir de las estadísticas de entrada de turistas extranjeros, del movimiento interno<sup>19</sup>.

Finalmente están los usos asociados a descargas de aguas contaminadas a cuerpos receptores, así como a los caudales ecológicos, alcanzando la demanda a 2,4 y 5,0%, respectivamente. Respecto al hecho de que un cauce actúe como receptor de contaminantes –lo que no constituye una demanda propiamente tal, ni menos una extracción de agua–, el “uso” del cauce por ese concepto es un aspecto que debe ser tomado en cuenta al momento de establecer balances hídricos en los cauces para determinar su disponibilidad efectiva. Es más, según una publicación de la DGA<sup>20</sup>, “el caudal disponible para dilución, informado mediante resolución, debe ser considerado en los balances hídricos futuros, necesarios para autorizar modificaciones de captación de derechos existente y otorgamiento de nuevos derechos de aguas”. En el caso de los caudales ecológicos, la DGA considera que debe mantenerse un caudal mínimo ambiental o ecológico para mantener el equilibrio hidroambiental del cauce en cuestión. Ello significa que, no obstante que el caudal ecológico no es una extracción del cauce, sí constituye un valor que debe ser descontado, actuando en consecuencia como una demanda “in situ” por lo que debe ser considerado de esa forma en el presente estudio de demandas (Ayala, 2007).

Llama la atención que la demanda de agua para la mantención de caudales ecológicos supere a aquella destinada al uso y consumo humano, representadas por el sector sanitario. Más adelante se especificará en cuáles cuencas este tipo de demanda adquiere importancia a nivel regional.

De acuerdo a las estimaciones de la demanda de agua actual y proyecciones futuras (año 2017)<sup>21</sup>, se tiene que la demanda futura a 10 años aumenta en 26,5% respecto de la demanda actual. Al analizar la demanda por sector se observa que el sector agropecuario sigue siendo el mayor demandante de agua, sin embargo, en términos relativos son los sectores minero, sanitario e industrial los que experimentan el mayor aumento en la demanda futura de agua a 10 años, siendo el sector minero el que experimenta el mayor incremento ya que la demanda de agua de este sector se incrementa en 10.5 puntos porcentuales respecto de la demanda actual, mientras el sector industrial y sanitario incrementan su demanda en 1.8 y 1.4 puntos porcentuales, respectivamente; por su parte el sector agropecuario disminuye su demanda de agua en 11.9 puntos porcentuales respecto de la demanda actual (Gráfico 3, Tabla N°10).

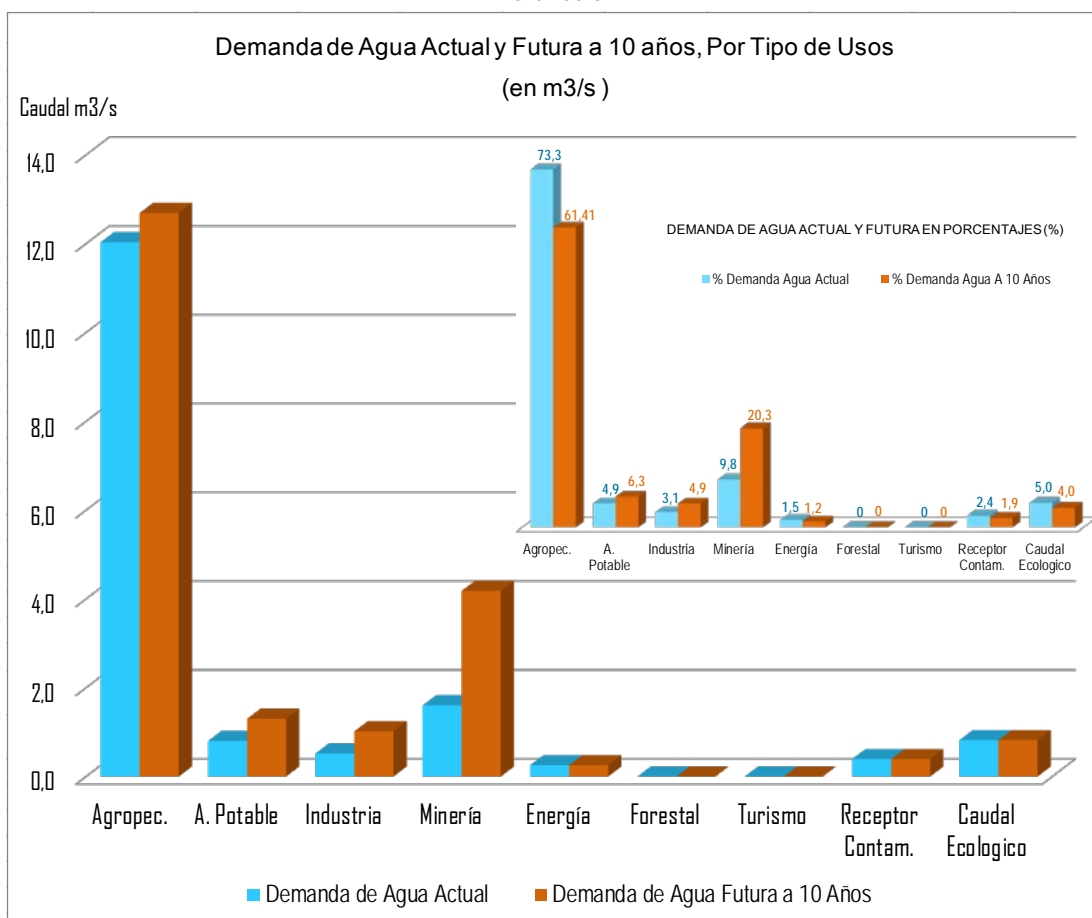
<sup>19</sup> “Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. Informe Final. Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. Ingenieros Consultores Santiago, Enero del 2007.

<sup>20</sup> Criterios para la determinación de caudales disponibles para la dilución en cuerpos receptores superficiales DGA-CPRH, S.D.T. N° 191, Octubre del 2004. En estudio “Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones...” Año 2007

<sup>21</sup> El estudio que realizó las estimaciones actuales y futuras fue realizado en año 2007, por lo tanto la demanda proyectada a 10 años está referida al 2017. “Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. Informe Final”. Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. Ingenieros Consultores Santiago, Enero del 2007.

Los sectores energía, forestal y turismo, mantienen prácticamente la misma demanda de agua proyectada a 10 años. Respecto a los usos asociados a descargas de aguas contaminadas a cuerpos receptores, así como a los caudales ecológicos, se observa que en ambos casos la demanda proyectada a 10 años disminuye, reduciéndose ésta, en el caso del uso del cauce por concepto de descarga de contaminantes, en 0.5 puntos porcentuales, y en el caso de los caudales ecológicos en 0.9 puntos porcentuales, respectivamente.

Gráfico 3



Fuente: Elaboración propia a partir del estudio "Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona Norte. Regiones I a IV. Informe Final. Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. Ingenieros Consultores Santiago, Enero del 2007.

El fuerte incremento en la demanda de agua que experimenta el sector minero se debe a que la economía regional se sustenta en la minería, lo que la define como una región sustancialmente minera, principalmente en la explotación cuprífera, siendo por tanto el sector que realiza el mayor aporte al PIB regional. El año 2005 fue la actividad que tuvo la mayor participación en el producto interno, alcanzando ésta al 39,5%, siguiéndole a distancia los sectores Servicios Financieros y Empresariales y Servicios Personales, con el 9,7% y 8,9%, respectivamente; más atrás los sectores de la Construcción, con el 6,8%, Comercio, Restaurantes y Hoteles, con el 6,6%, y Transporte y

Comunicaciones, con el 6,1%. El año 2011 el sector minero incrementa su participación en el PIB regional en 8.1 puntos porcentuales, aportando al PIB Regional el 47,6%.

**Tabla N°10**  
**Demanda de Agua Actual y Futura Proyecta a 10 años<sup>22</sup>**

Sectores	Demanda Actual		Demanda Futura a 10 Años	
	Caudal [m3/s]	%	Caudal [m3/s]	%
Agropecuario	12,033	73,7	12,691	61,41
A. Potable (*)	0,711	4,3	1,3	6,3
Industria	0,518	3,2	1,02	4,9
Minería	1,604	9,8	4,183	20,3
Energía	0,255	1,5	0,255	1,2
Forestal	0,001	0,006	0,001	0,005
Turismo	0,001	0,006	0,001	0,005
Receptor Contaminantes	0,392	2,4	0,392	1,9
Caudal Ecológico	0,82	5	0,82	4
<b>Total</b>	<b>16,335</b>	<b>100,0</b>	<b>20,663</b>	<b>100,0</b>

Fuente: "Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. Informe Final. Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. Ingenieros Consultores Santiago, Enero del 2007.

(\*) Es importante señalar que el MOP, al momento de realizar el "Plan de Infraestructura y Gestión del Recursos Hídricos al 2021", hizo algunos ajustes respecto a la demanda del sector sanitario, modificando los consumos proyectados en base a la estimación realizada por la empresa sanitaria bajo el escenario del fuerte crecimiento que está experimentando la región. Es así que se estima un crecimiento de la demanda que se duplica en 20 años, y que para los fines de estimar ese consumo al año 2020, se ha hecho una progresión lineal de tal incremento (consumo actual regional entorno a los 800 L/s).

## 2.1.2 Brecha Hídrica Principales Cuencas

De acuerdo a las estimaciones de demanda de agua y proyecciones futura, se infiere la brecha hídrica en un escenario proyectado a 10 años, donde toda la zona del Norte Grande, Norte Chico y la Región de Valparaíso y Metropolitana y presenta déficit hídrico, salvo algunas zonas específicas del altiplano de las regiones Arica-Parinacota y de Antofagasta, y parte del límite sur de la región de Coquimbo, presentando todas ellas una situación de riesgo hídrico (Tabla N°11, Fig. 8)

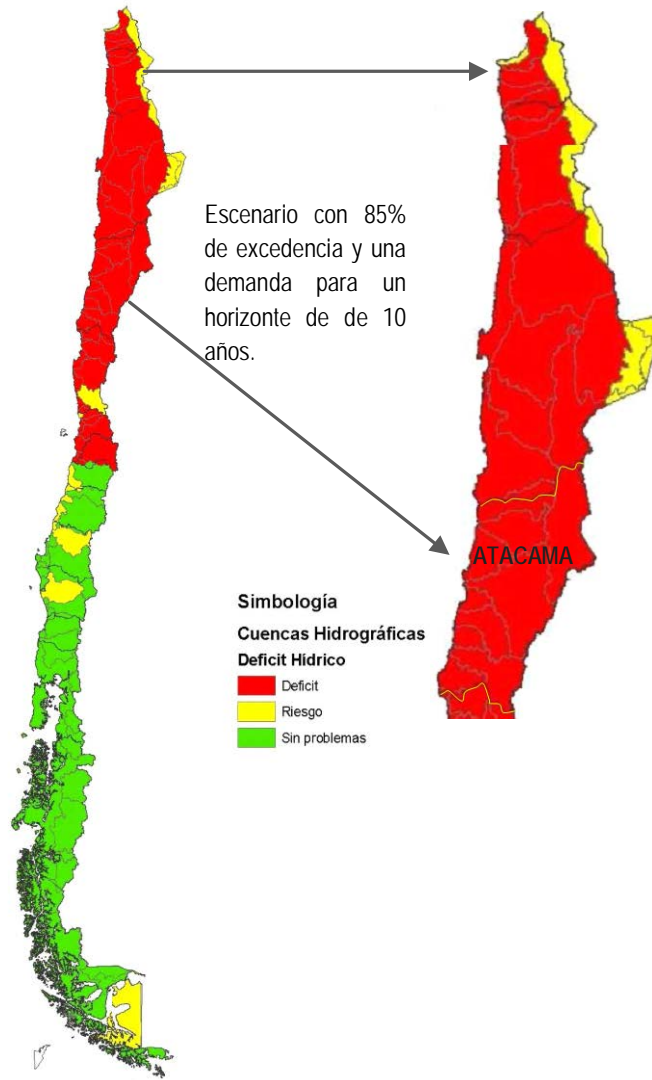
**Tabla N°11**  
**Brecha Hídrica Esperada a 10 Años**

Nombre Cuenca	Oferta 85%	Demanda actual	Demanda 10 años	Déficit Actual	Déficit a 10 años
	(m3 s-1)	(m3 s-1)	(m3 s-1)	(m3 s-1)	(m3 s-1)
Río Huasco	1,36	8,36	9,40	-6,99	-8,04
Río Copiapó	0,10	5,75	6,24	-5,65	-6,10
Costeras e Islas R. Salado-R. Copiapó	0,00	0,76	1,74	-0,76	-1,74
Río Salado	0,01	0,42	1,03	-0,41	-1,00

Fuente: "Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras". DGA, 2007

<sup>22</sup> Es importante señalar que el MOP, al momento de realizar el "Plan de Infraestructura y Gestión del Recursos Hídricos al 2021", hizo algunos ajustes respecto a la demanda del sector sanitario, modificando los consumos proyectados en base a la estimación realizada por la empresa sanitaria bajo el escenario del fuerte crecimiento que está experimentando la región. Es así que se estima un crecimiento de la demanda que se duplica en 20 años, y que para los fines de estimar ese consumo al año 2020, se ha hecho una progresión lineal de tal incremento (consumo actual regional entorno a los 800 L/s).

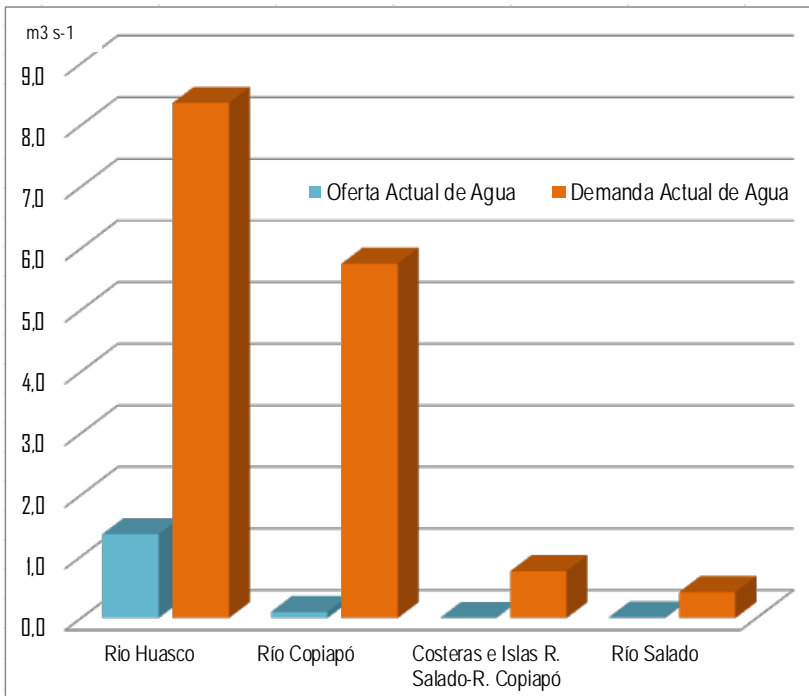




Fuentes: "Diagnóstico de fuentes de agua no convencionales en el regadío interregional". CNR, 2010  
 "Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras". DGA, 2007.

**Fig. 8. Déficit Hídrico por Cuencas Nivel País**

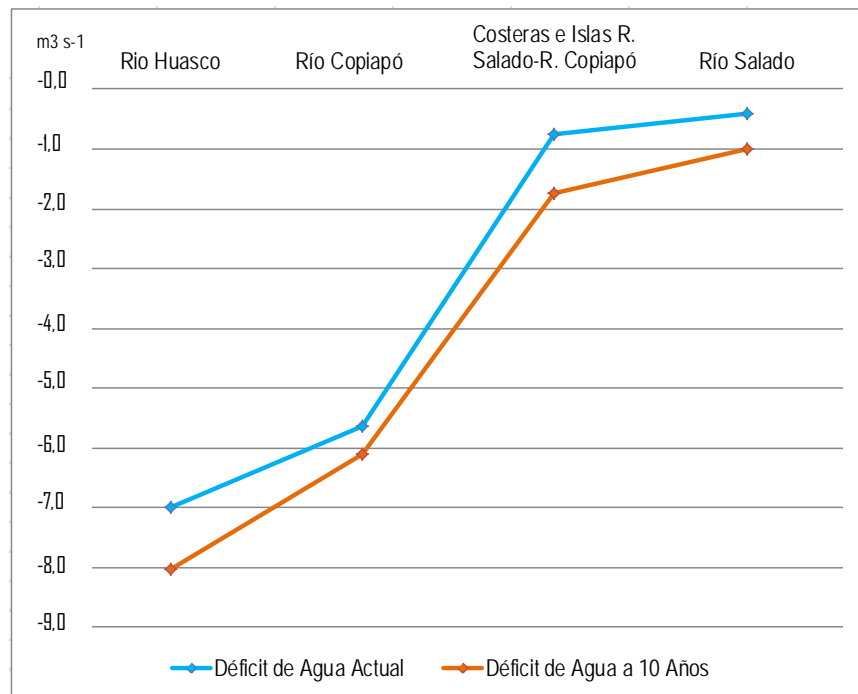
**Gráfico 4**  
Oferta y Demanda Actual de Agua en principales Cuencas de la Región de Atacama



El que la demanda por agua supere con creces a la oferta genera un déficit hídrico actual en todas las cuencas, brecha que se incrementa en un escenario de 10 años; ello debido fundamentalmente a que la oferta de agua se mantiene, mientras que la demanda crece (Gráfico 4).

FUENTE: Elaboración propia a partir del estudio "Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras". DGA, 2007

En todas las cuencas consideradas en el estudio de la DGA se observa que la demanda actual supera con creces a la oferta hídrica (85% de excedencia). En el caso de las cuencas del río Copiapó y Huasco, se observa que son las que reciben la mayor presión por agua, en términos de caudal, incrementándose dicha demanda en 10,44% en la cuenca del río Huasco y en 8,52 en la cuenca del río Copiapó, en un escenario de 10 años. (Fig. 9)



**Fig.9** Déficit de Agua Actual y Futura a 10 años en las principales Cuencas de la Región de Atacama

### 2.1.3 Demanda Agua Actual y Futura por Cuencas, según Usos

Durante el año 2006, la Dirección General de Aguas del MOP, a través de su Departamento de Estudios y Planificación, llamó a licitación para el desarrollo de los estudios "Actualización de la Situación del Uso Actual de los Recursos Hídricos, Zona 1 Norte, Regiones I a IV", estudio que considera de las regiones I a IV, aunque se incluye también la V Región Norte, cuencas de los ríos La Ligua y Petorca. El principal objetivo del estudio señalado es permitir a las autoridades y a los diversos actores involucrados en la administración y el aprovechamiento de los recursos hídricos disponer de información actualizada de la situación actual y futura de las demandas de estos recursos en el país, para diferentes usos, a nivel regional, de cuencas y subcuencas. Las demandas futuras han sido estimadas para horizontes de 10 y 25 años, identificando zonas críticas, ya sea por escasez del recurso o por uso intensivo del mismo<sup>23</sup>.

En el presente informe el análisis de la demanda de agua por cuencas se realizará considerando tanto el uso actual del agua por cuenca, según tipo de uso, como la demanda futura de 10 años, utilizándose como base el estudio "Actualización de la Situación del Uso Actual de los Recursos Hídricos..." (MOP, 2007), el cual realizó las estimaciones actuales y futuras durante el año 2006-2007, por lo tanto la demanda proyectada a 10 años está referida al 2006-2017.

Al analizar la demanda de agua actual por cuenca, se observa que dos de las diez cuencas de la región demandan el 87,8% del total de agua demandada a nivel regional, siendo la Cuenca del Río Huasco la que realiza la mayor demanda con el 52,6%, siguiéndole la Cuenca del Río Copiapó, con una demanda actual de agua del 35,2%. Luego están aquellas cuencas cuya demanda de agua oscila entre el 4,6 y 2,7% respecto del total, siendo éstas las cuencas Costera-Salado-Copiapó, Costera Huasco-Límite Regional y la Cuenca del Río Salado. Las restantes cuencas realizan una demanda de agua por debajo del 1% (Gráfico 5).

Según las proyecciones de la demanda de agua a 10 años, se tiene que siguen siendo las cuencas del Río Huasco y Río Copiapó las que efectúan la mayor demanda, concentrando el 79% del total de agua demandada a nivel regional. Sin embargo, esta demanda de agua experimenta un descenso en 8.8 puntos porcentuales, respecto de la actual demanda, siendo más significativa esta disminución en la Cuenca del Río Huasco, ya que ésta disminuye en 5.5 puntos porcentuales

---

<sup>23</sup> "Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. Informe Final. Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. Ingenieros Consultores Santiago, Enero del 2007. En la introducción de este estudio se señala que la información base más reciente sobre el tema data de hace más de 10 años, cuando se realizó un estudio equivalente ("Análisis Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos de Chile", SIT-26, DGA-IPLA, 1996), el que a pesar de su gran utilidad en algunos temas específicos, tuvo limitaciones importantes en otros, debido principalmente a las restricciones derivadas de la calidad y cantidad de la información disponible. Asimismo se indica que el desarrollo del estudio en comento tampoco estuvo exento de dichas restricciones y, por lo tanto, se considera relevante señalarlo explícitamente, de forma de que los usuarios de la información generada tengan también conciencia de ello y le den el uso apropiado, entendiéndola más bien como información de referencia que como valores absolutos utilizables para realizar balances o sacar conclusiones definitivas sobre la situación de alguna cuenca específica. El problema de caracterizar la demanda de recursos hídricos en una determinada zona, donde conviven diferentes usos es complejo, ya que no se dispone de información suficiente que permita cuantificar las necesidades de cada usuario con un buen grado de aproximación, sumado al hecho que el alcance del estudio es nacional, lo que implicó definir una metodología que permitiera obtener resultados comparables para cualquier cuenca o región.

respecto de la demanda actual, en cambio la Cuenca del Río Copiapó disminuye en 3.3 puntos porcentuales.

Luego están el resto de las cuencas cuya demanda de agua en conjunto representa el 21% respecto del total demandado, estando aquellas que presentan una demanda de agua por sobre el 2%, siendo éstas las cuencas Costera-Salado-Río Copiapó, Río Salado, Costera Huasco-Límite Regional y Costera- Oda. Pan de Azúcar-Río Salado, con el 7,4%, 5%, 4,2% y 2,4% respectivamente, experimentando las dos

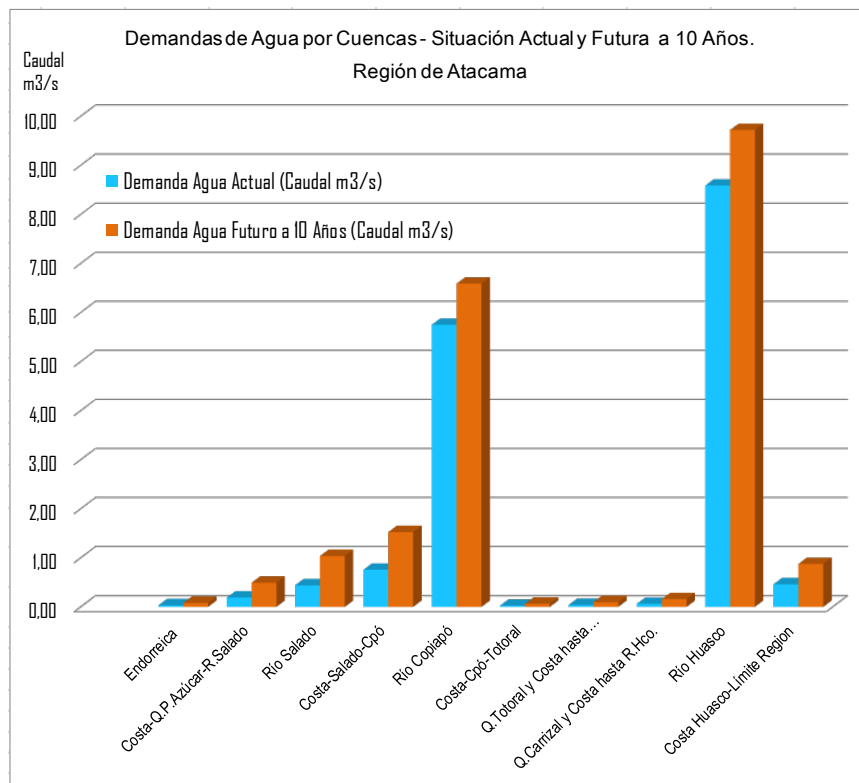
primeras un aumento relativamente significativo en la demanda de agua proyectada a 10 años, en 2.8 y 2.3 puntos porcentuales, respectivamente.

En el caso de las cuencas Costera Huasco-Límite Regional y Costera Oda. Pan de Azúcar-Río Salado, éstas incrementan su demanda de agua en 1.4 y 1.3 puntos porcentuales, respectivamente. El resto de las cuencas mantiene una baja demanda de agua, alcanzando ésta a solo el 2% respecto de la demanda total de agua proyectada a 10 años.

Para el análisis de la demanda de agua por cuenca según tipo de uso, se consideran para tal efecto los cuatro principales usos, a saber, agropecuario, minero, sanitario e industrial, ya que actualmente estas actividades demandan en conjunto el 91% del agua a nivel regional, aumentando esta demanda al 92,9% según las proyecciones a 10 años. En términos generales, el uso del agua según tipo de usos muestra diferencias entre las distintas cuencas de la región, tanto en el uso actual como a 10 años.

Efectivamente, en el caso del uso agropecuario se tiene que la Cuenca del Río Huasco es la que realiza la mayor demanda actual de agua a nivel regional, concentrando el 62,8% de la demanda actual y el 65,6% de la demanda proyectada a 10 años, siguiéndole a distancia la Cuenca del Río Copiapó, con una demanda actual del 36,6%, y del 33,8% a 10 años. Se observa así que en la

Gráfico 5



cuenca del Río Huasco la demanda de agua para uso agropecuario se incrementará en 2.8 puntos porcentuales, disminuyendo en este mismo porcentaje en el caso de la cuenca del Río Copiapó (Gráfico 6)

Al analizar el uso del agua por cuenca, para los sectores minero, sanitario e industrial, tanto actual como el proyectada a 10 años, se observa que la actividad minera tiene una presencia significativa en varias cuencas, a diferencia del sector sanitario –el que se concentra por razones obvias en aquellas cuencas con asentamientos humanos– y del industrial.

Efectivamente, la minería es la única actividad económica que tiene presencia en todas las cuencas de la región, siendo esta presencia significativa en cinco cuencas, ya que en éstas se efectúa el 81,2% del total de demanda de agua que realiza la minería actualmente, siendo en las cuencas del Río Salado y Río Copiapó donde se realiza la mayor demanda de agua para uso minero (43%). Este alto nivel de demanda de agua que realiza el sector minero se mantiene según las proyecciones a 10 años. (Gráfico 7).

En el caso de la demanda de agua para uso industrial, ésta se concentra principalmente en la cuenca Costera-Salado-Copiapó, demandándose el 97,1% del total de agua para este tipo de uso.

Respecto al uso agropecuario actual en la Cuenca del Río Copiapó, se tiene que el 57,9% de esta demanda se realiza en la Subcuenca Copiapó Alto (conformada por los ríos Jorquera, Pulido y Manflas), el 23,1% en la Subcuenca Copiapó Medio y Bajo, y solo el 19% en la Subcuenca de Paipote. Respecto a la demanda proyectada, ésta experimenta un descenso del 2,5% respecto del

Gráfico 6

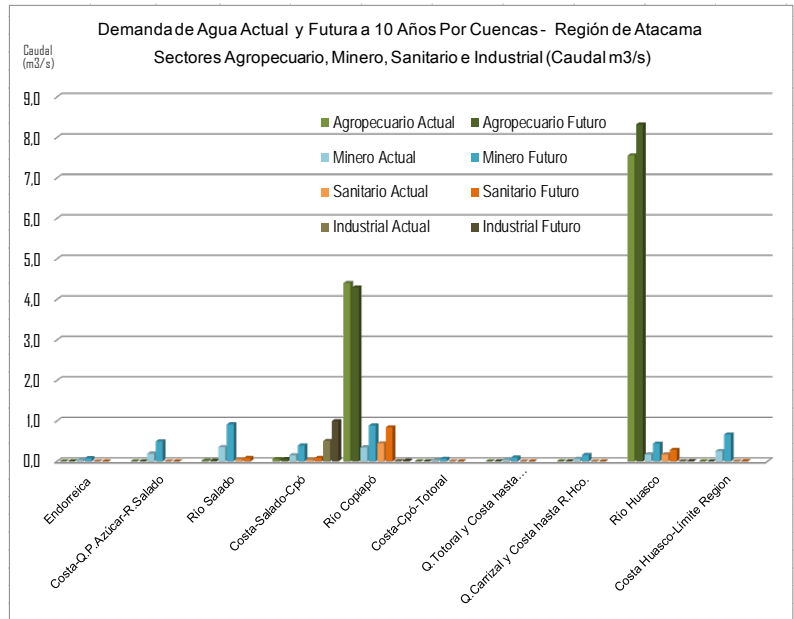
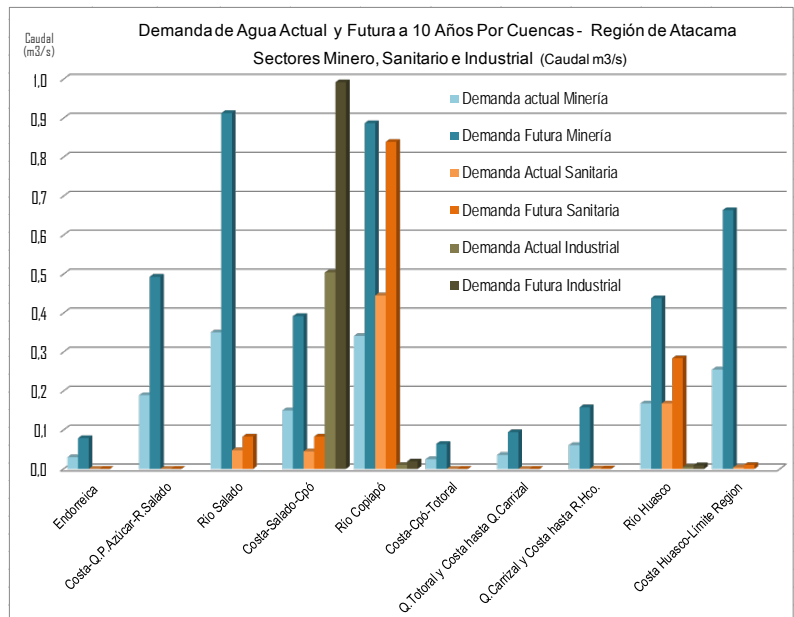


Gráfico 7



caudal actual, manteniéndose, en términos generales, la demanda por Subcuenca, salvo en el caso de la Subcuenca Copiapó Alto, ya que ésta experimenta una disminución en 1.1 puntos porcentuales, a diferencia de las otras dos Subcuencas, las que experimentan un leve aumento en la demanda de agua (Gráfico 8).

En la Cuenca del Río Huasco la demanda de agua para uso agropecuario también varía entre la Subcuenca Huasco Alto y Subcuenca Huasco Bajo, concentrándose mayoritariamente la demanda en esta última subcuenca, ya que en ella se concentra el 83,1% de la demanda actual de agua.

Respecto a las proyecciones futuras, se observa que se mantienen los porcentajes de demanda de agua según subcuenca, aumentando en 0.3 puntos porcentuales la demanda de agua en la subcuenca de Huasco Alto, mientras que en la del Huasco Bajo se produce una disminución del mismo orden.

En cuanto a la demanda de agua del sector minero según cuencas, se observa que en la Cuenca Río Copiapó –cuya demanda actual es del 21,2% del total de agua destinada a la minería–, la demanda de agua al interior de esta cuenca es bastante disímil, ya que solo la Subcuenca de Paipote demanda el 12,8% de del total de agua que demanda la minería en esta cuenca, mientras la Subcuenca Copiapó Medio y Bajo demanda el 7,1%, siendo el restante 1,3% utilizado por la minería emplazada en la Subcuenca Copiapó Alto (Gráfico 9).

Gráfico 8

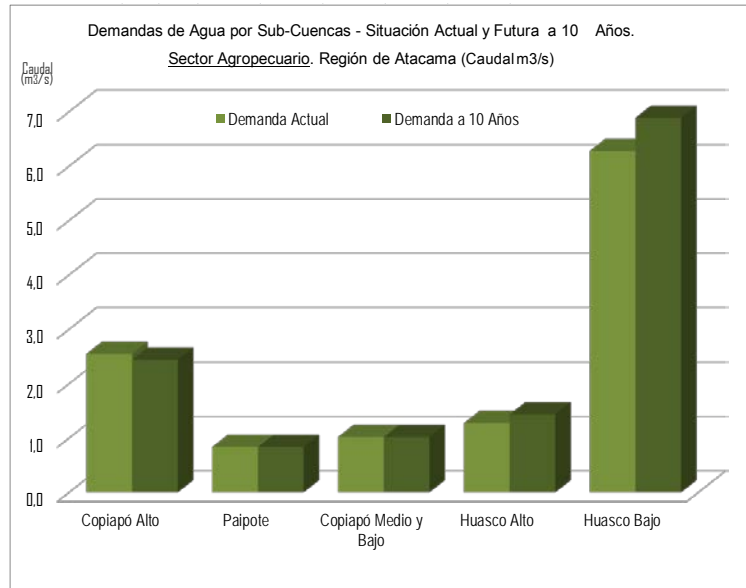
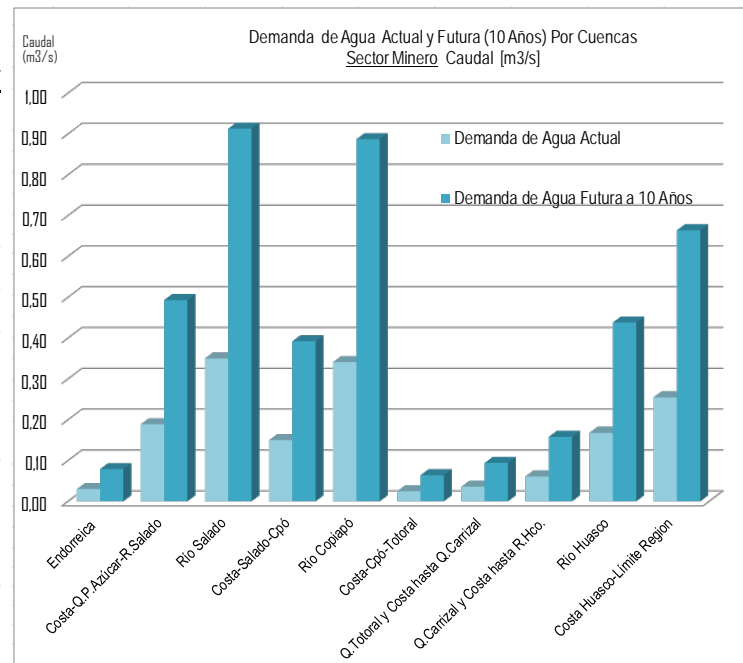


Gráfico 9



Según las proyecciones a 10 años dicha situación varía considerablemente al interior de la Cuenca Río Copiapó, ya que según estas proyecciones será la Subcuenca Copiapó Medio y Bajo la que

realice la mayor demanda de agua, alcanzando ésta al 12,8%, mientras la Subcuenca Paipote reducirá su demanda a solo el 7,2%. En el caso de la Subcuenca Copiapó Alto, prácticamente mantiene los mismos niveles de demanda (Gráfico 10).

Otra cuenca que realiza una alta demanda de agua para uso minero es la Cuenca Río Salado, con el 21,8%, y según las proyecciones a 10 años incrementará la demanda de agua en 0.563 m3/s, lo que significa un aumento de 161%.

Luego están, en orden de mayor demanda de agua actual y futura, la cuenca Costera Río Huasco-Límite Regional, con el 15,9%, la cuenca Costera Qda. P. Azúcar-Río Salado, con el 11,8%, y la cuenca Río Huasco, con el 10,5%.

En el caso del sector sanitario –cuya demanda de agua actual a nivel regional representa el 4,3%– su distribución se concentra prácticamente en aquellas dos cuencas donde se encuentra el mayor porcentaje de población regional, correspondiendo éstas a las cuencas del Río Copiapó y Río Huasco, las que demandan el 2,7% y 1%, respectivamente, del total de agua para uso sanitario (Gráfico 11).

En el caso de la Cuenca Río Salado y la Cuenca Costera Río Salado-Río Copiapó, éstas demandan el 0,3% y 0,25%, respectivamente. Luego están aquellas cuencas cuya demanda de agua para uso sanitario está por debajo del 0,1% (Cuenca Qda. Carrizal y Costera hasta R. Huasco y Cuenca Costera Río Huasco-Límite Regional).

Respecto del uso industrial se tiene que la demanda de agua actual a nivel regional es de 3,2%, incrementándose la demanda en 1.7 puntos porcentuales en un escenario de 10 años. Del total de esta demanda el 97,1% se concentra en la Cuenca Costera Río Salado-Río Copiapó,

Gráfico 10

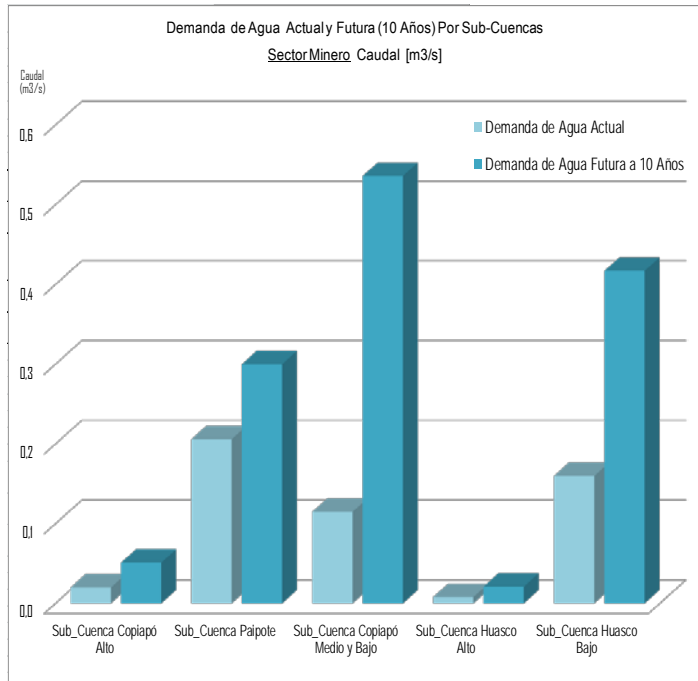
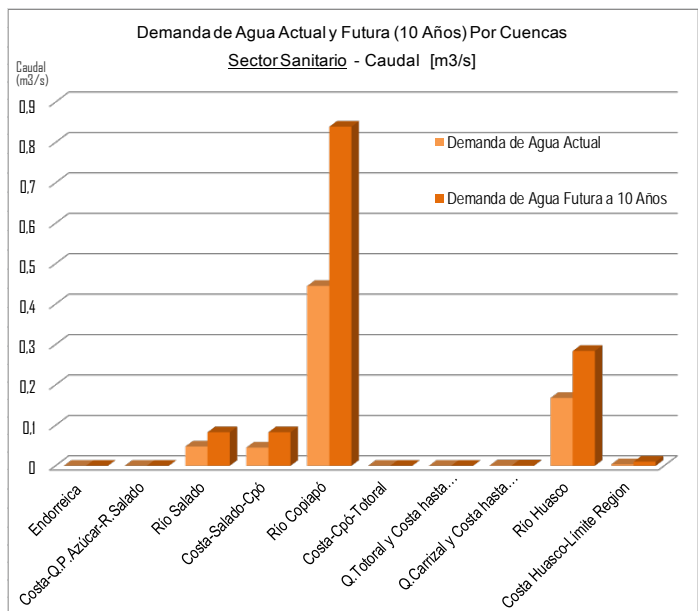


Gráfico 11



demandándose el resto en las cuencas de los ríos Copiapó y Huasco, con el 1,9 y 1%, respectivamente (Gráfico 12).

El resto de los usos (energía, caudal ecológico y caudales receptores de contaminantes), realizan una baja demanda de agua, siendo inexistente en varias cuencas la demanda de agua para este tipo de usos (Gráfico 13).

En el caso de la demanda de agua para energía, ésta se concentra en la Cuenca del Río Huasco, ya que en ella se demanda el 91% del agua para este tipo de uso, concentrándose la totalidad de esta demanda en la Subcuenca Huasco Bajo. El restante 9% demandado por la Cuenca del Río Salado. (Gráfico 13)

En relación a los caudales ecológicos se tiene que sólo en tres cuencas se ha establecido este tipo de caudal, correspondiendo éstas a las cuencas del Río Copiapó, Río Huasco y Cuenca Costera del Río Huasco – Límite Regional (Estación Carmen en San Félix). En la cuenca del Río Huasco se ha determinado el mayor caudal ecológico, alcanzando éste a los 0.340 m3/s, siguiéndole en orden de importancia la Cuenca del Río Copiapó, con un caudal ecológico de 0.28 m3/s, y finalmente la Cuenca Costera del Río Huasco-Límite Regional con un caudal ecológico de 0.2 m3/s. (Gráfico 14)

Gráfico 12

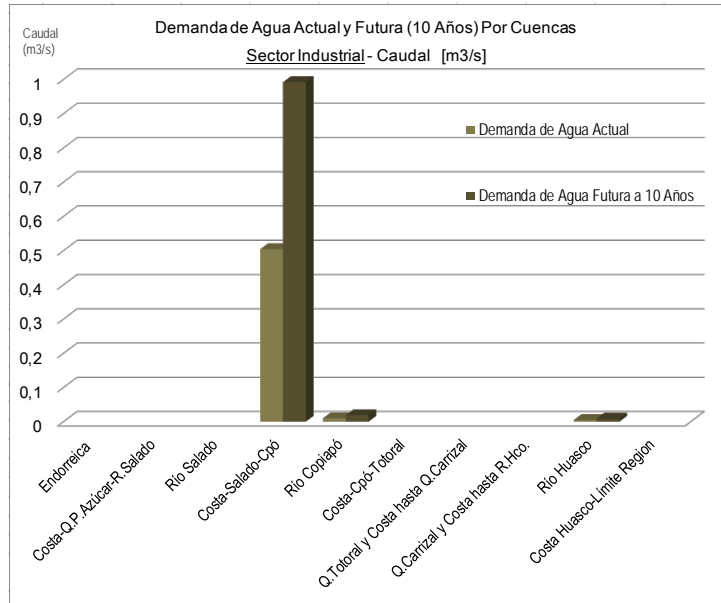
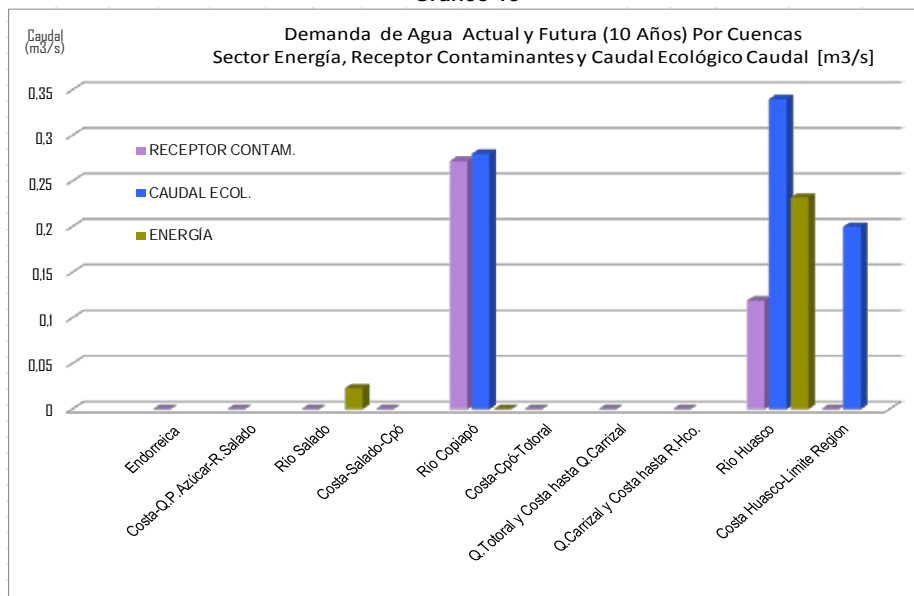


Gráfico 13



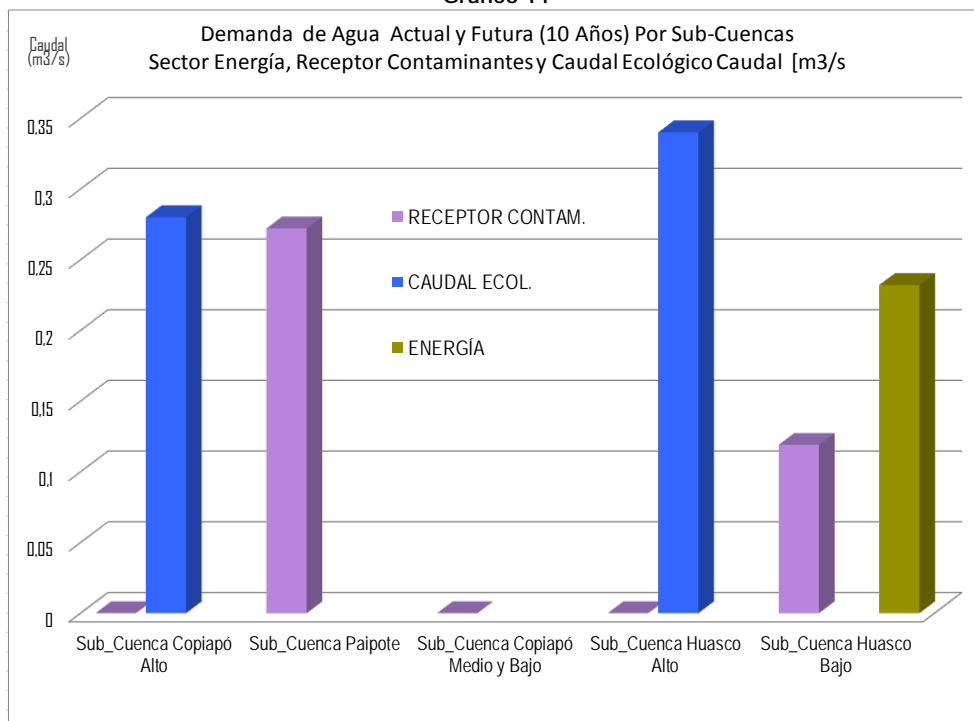


Respecto a los caudales receptores de contaminantes, se observa que este tipo de uso solo se registra en las cuencas del Río Copiapó y Huasco, alcanzando éste a los 0,272 m3/s en el caso de la cuenca del Copiapó, donde la totalidad de los mismos se dan en la Subcuenca Paipote, y a los 0,119 m3/s en la cuenca del río Huasco, registrándose la totalidad de estas descargas de contaminantes en la Subcuenca Huasco Bajo.

Al observar el uso del agua para energía según subcuencas, solo para las cuencas de los ríos Copiapó y Huasco, se tiene que la totalidad de la demanda corresponde a la Subcuenca Huasco Bajo, lo que se explica por la presencia de las termoeléctricas existentes en esta zona Central Termoeléctrica Huasco TG y Central Termoeléctrica Huasco Vapor, ambas de Endesa S.A., y la Central Termoeléctrica, de NORGENER S.A. Guacolda, realizando esta última empresa la mayor demanda de agua con el 65,5%, mientras que la Central Termoeléctrica Huasco TG realiza el 27,6% y Termoeléctrica Huasco Vapor solo el 6,9%

Respecto a los caudales ecológicos, se observa que este tipo de caudales se han establecido en la parte alta de ambas cuencas, específicamente en la Subcuencas Copiapó Alto (estaciones Río Jorquera en Vertedero, Río Pulido en Vertedero y Río Manflas en Vertedero) y en la Subcuenca Huasco Alto (Estación Tránsito en Angostura de Pinte).

Gráfico 14





# CAPÍTULO 3.

## AGUA, MEDIOAMBIENTE Y BIODIVERSIDAD

### 3. AGUA, MEDIOAMBIENTE Y BIODIVERSIDAD

#### 3.1. CAUDALES ECOLÓGICOS

Para efectos de establecer la disponibilidad efectiva de recursos hídricos en los cauces naturales, la DGA considera que debe mantenerse un caudal mínimo ambiental o ecológico para mantener el equilibrio hidroambiental del cauce en cuestión. Al respecto, la determinación de caudales ecológicos ha sido incorporada en las últimas modificaciones realizadas al Código de Aguas (art. 129°, bis, Ley 20.017/2005), los que se establecerán al momento de constituir los derechos de aprovechamiento de aguas, debiendo la Dirección General de Aguas velar por la preservación de la naturaleza y la protección del medio ambiente, estableciendo para ello “un caudal ecológico mínimo, el cual sólo afectará a los nuevos derechos que se constituyan, para lo cual deberá considerar también las condiciones naturales pertinentes para cada fuente superficial”. Es así que el caudal ecológico mínimo deberá formar parte de la resolución que otorga un derecho de aprovechamiento de aguas superficiales, para toda nueva solicitud relacionada a la adquisición y ejercicio de los derechos de aprovechamiento de aguas que resuelva la Dirección General de Aguas.

Para estos efectos, la DGA, mediante Resolución N°240 de 10/12/2009 se “Fija Criterios para el Cálculo del Caudal Ecológico al Constituir Derechos de Aprovechamiento de Aguas”, correspondiendo éstas a aguas superficiales. De acuerdo a lo publicado en el Diario Oficial de data 15 de diciembre de ese mismo año, se fijan criterios para la determinación de los caudales ecológicos a respetar para los nuevos derechos de aprovechamiento de aguas que se constituyan en los cauces de Chile, de acuerdo a lo siguiente:

- Cauce con derechos constituidos con caudal ecológico mínimo utilizando el criterio del diez por ciento (10%) del caudal medio anual,
- Cauce con derechos constituidos con caudal ecológico mínimo del menor cincuenta por ciento (50%) del caudal con noventa y cinco por ciento (95%) de probabilidad de excedencia,
- Cauce sin derechos constituidos o sin caudal ecológico mínimo definido.

El caudal ecológico determinado para las cuencas definidas en el estudio de la DGA, respecto de los usos del agua (DGA, 2007), no es una extracción directa del cauce, pero sí constituye un valor que debe ser descontado de la disponibilidad para efectos de asignación de derechos, actuando en consecuencia como una demanda *in situ*. Al respecto, en dicho estudio se señala como concepto (y también aplicación), que el caudal ecológico es una variable de referencia que depende sólo de condiciones propias de la cuenca o cauce en particular, y no depende de condiciones antrópicas exógenas al cauce que no sean las mismas que determinan su estado ambiental. En tales circunstancias no es posible esperar a futuro (a una escala humana temporal) cambios o transformaciones de las cuencas que signifiquen una modificación sustancial del caudal ecológico. El caudal ecológico que se determina para las cuencas de la región de Atacama, de acuerdo al

estudio de la DGA<sup>24</sup>, no corresponde a una extracción directa del cauce, sino que constituyen un valor que debe ser descontado de la disponibilidad de agua para efectos de asignación de derechos de aprovechamiento, correspondiendo por tanto a una demanda *in situ*. Es por ello que el estudio en comento consideró como estimación del caudal ecológico al caudal dado por el 10% del caudal medio anual de la serie de caudales observados<sup>25</sup>.

Los resultados generados a partir de esta metodología son complementados con aquellos que habían sido determinados por la DGA y recopilados en la etapa anterior del estudio. En el caso de las cuencas sin información fluviométrica o cuyas estaciones fluviométricas presentan un marcado efecto de las extracciones ubicadas aguas arriba, no se ha determinado caudales ecológicos de referencia, dado que los resultados presentarían gran distorsión.

Tal como se indica en el punto III.1.2.2 (Demanda de agua actual y futura...) los caudales ecológicos se establecieron sólo en tres cuencas de la región: Río Copiapó, Río Huasco y Costera del Río Huasco-Límite Regional. En el caso de las dos primeras el caudal ecológico se determinó específicamente en las Subcuencas Copiapó Alto y Huasco Alto, determinándose en esta última subcuenca el mayor caudal ecológico, alcanzando éste a los 0.340 m<sup>3</sup>/s, siguiéndole en orden de importancia la Cuenca del Río Copiapó, con un caudal ecológico de 0.28 m<sup>3</sup>/s, y finalmente la Cuenca Costera del Río Huasco-Límite Regional con un caudal ecológico de 0.2 m<sup>3</sup>/s. (Tabla N°12, Gráfico 15).

**Tabla N°12**  
**Caudal Ecológico**  
**Subcuencas Copiapó Alto y Huasco Alto y Cuenca Costera Huasco – Límite Regional**

Nombre Cuenca	Nombre	Cauce	Tramo	Q ec m <sup>3</sup> /s
Río Copiapó	Copiapó Alto	Estación Río Jorquera en Vertedero		0.07
		Estación Río Pulido en Vertedero		0.15
		Estación Río Manflas en Vertedero		0.06
		Total Subcuenca Copiapó Alto		0.28
Río Huasco	Huasco Alto	Estación Tránsito en Angostura de Pinte		0.34
Cuenca Costera Huasco-Límite Regional	Costera Huasco-Límite Regional	Estación Carmen en San Félix		0.20

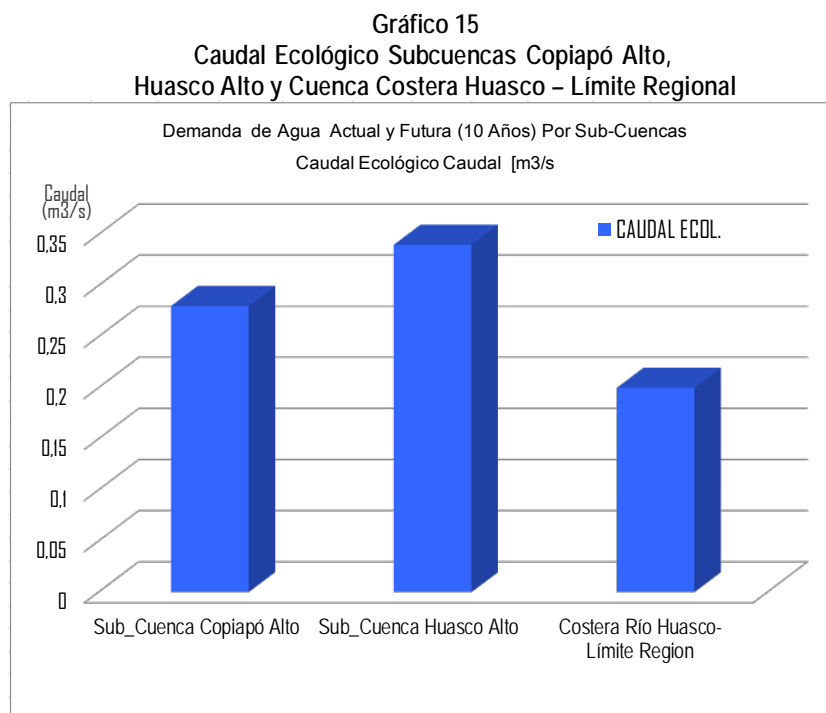
FUENTE: "Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. Informe Final. Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. Ingenieros Consultores Santiago, Enero del 2007.

Respecto a los caudales ecológicos, se observa que este tipo de caudales se han establecido en la parte alta de ambas cuencas, específicamente en la Subcuencas Copiapó Alto (estaciones Río Jorquera en Vertedero, Río Pulido en Vertedero y Río Manflas en Vertedero) y en la Subcuenca Huasco Alto (Estación Tránsito en Angostura de Pinte). La excepción está dada en el caso de la

<sup>24</sup> "Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. Informe Final. DGA. Enero del 2007.

<sup>25</sup> Los autores del estudio escogió este método entre aquellos propuestos por la DGA porque es el que mantiene una mayor uniformidad en los resultados, ya que es el único aplicable a todas las estaciones en estudio, debido a la naturaleza de las series estadísticas disponibles.

Cuenca Costera Río Huasco – Límite Regional, ya que la estación se localiza en una zona que está a una menor altitud respecto de las dos subcuencas anteriores.



FUENTE: Elaboración propia en base al estudio "Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones...". DGA, 2007.

### 3.2 ZONAS DE ALTA SENSIBILIDAD HÍDRICA

En el contexto general, la Región de Atacama pertenece al Sistema Hidrográfico Pacífico Seco, el que se caracteriza por desarrollarse en la zona más árida de Latinoamérica, caracterizada por sus desiertos marginales costeros y donde el clima predominante es el árido, en sus subtipos desértico y estepario.

Respecto de la zona altiplánica existe un clima frío, en sus subtipos gélido en las partes altas y seco de alta montaña en las pampas altiplánicas. Respecto a las temperaturas en aquellas zonas por sobre los 3000 msnm, las medias descienden a valores bajo los 10°C. En esta zona altiplánica se encuentran las cuencas endorreicas de la región, distinguiéndose dentro de los recursos hídricos las cuencas cerradas de los salares de Pedernales y Maricunga, y donde el primero de estos salares es la cuenca cerrada más extensa de la región, conteniendo también el salar más grande de esta región.

Las cuencas endorreicas poseen una alta sensibilidad hídrica, debiéndose tener presente que esta disponibilidad de agua mantiene un sinnúmero de ecosistemas naturales (p.ej., P.N. Nevado de Tres Cruces y el Sitio RAMSAR Complejo Lacustre Laguna del Negro Fco. y Laguna Sta. Rosa), así como también mantiene la demanda comprometida de derechos de aprovechamiento de aguas

subterráneas, debiéndose tener presente, además el intenso desarrollo minero actual y futuro en esta zona, especialmente en lo que se refiere a cobre, oro, plata, molibdeno y litio, y para cuyo procesamiento industrial así como servicios relacionados espacialmente, requieren grandes cantidades de agua.

Se debe tener presente que el agua proviene de los altiplanos y laderas de la alta cordillera de los Andes, cuyas precipitaciones están controladas a macroescala principalmente por el comportamiento del Monzón Sudamericano y la Oscilación del Sur (Fenómenos El Niño y La Niña). A mesoescala, las precipitaciones y las temperaturas presentan una alta dependencia de la conformación, altura, exposición e interconexión superficial o subterránea de los flujos que escurren desde las cuencas arreicas, endorreica o exorreica. La variabilidad interanual se manifiesta en la sucesión de series de años secos, que producen sequías y acentuadas competencias por el acceso al agua, interrumpidos por años húmedos y fríos, donde la abundancia de precipitaciones de verano, desencadena desastres naturales como inundaciones y aluviones que arrasan con los asentamientos poblados y las tierras de cultivo y que pueden ser acompañadas en el invierno por nevazones y devastadoras tormentas y ondas de frío (Romero, 2012).

Dentro de las áreas con limitación para la extracción de aguas subterráneas, de acuerdo a la información de la Dirección General de Aguas (DGA), están precisamente las Cuencas Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico, debido, por una parte, a la sensibilidad hídrica que poseen este tipo de cuencas la región, y por otra a los servicios ecosistémicos que cumplen éstas así como el mantener la demanda comprometida de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas. Es precisamente en estas zonas donde se proyectan grandes inversiones mineras que requieren de los recursos hídricos para sus diversas operaciones. Al respecto, la DGA señala que "sobre estas iniciativas es importante tener presente la fuente de abastecimiento proyectada a utilizar, la que actualmente en algunos casos presenta ya una condición desbalance hídrico complejo, como lo es la cuenca del río Copiapó, y por lo tanto, tal escenario podría constituirse como una restricción para el aprovechamiento del recurso" (MOP, 2012).

En la Tabla N°13, se puede apreciar cuatro grandes proyectos mineros, según cuenca y el consumo de agua proyectada, situándose en las cuencas altiplánicas aquel proyecto minero con la mayor estimación de demanda de agua (Cerro CASALE), siguiéndole en orden de importancia el proyecto Caserones, actualmente en ejecución, y que se sitúa en la cuenca del R. Copiapó.

En un estudio desarrollado por la U. de Chile el año 2012, el cual analiza las cuencas altiplánicas del Desierto de Atacama desde un enfoque ecológico-social de la variabilidad climática así como de las extracciones de agua y las demandas territoriales que se producen en estas cuencas, se abordan los grandes desafíos que enfrentan las cuencas altiplánicas del Desierto de Atacama, así como los importantes niveles de riesgo dado que, por una parte, se está frente a paisajes geoecológicos y socioecológicos muy variados, con una presencia generalizada de altas montañas y elevados niveles de incertidumbre climática e hídrica, y por otra la existencia de grandes inversiones de

capitales nacionales y extranjeros, especialmente en minería, y un profundo y creciente proceso de privatización de sus recursos naturales, incluida el agua<sup>26</sup>.

**Tabla N°13**  
**Grandes proyectos con requerimientos hídricos importantes o fuentes**  
**ubicadas en zonas de alta sensibilidad**

Nombre	Tipo	Cuenca	Consumo proyectado (L/s)	Vida Útil (Años)
Proyecto Caserones	Minería	Cuenca Río Copiapó	518	26
Optimización Proyecto Minero Cerro CASALE	Minería	Cuencas Altiplánicas	785	20
Reinicio y Expansión Proyecto LOBO MARTE	Minería	Cuencas Altiplánicas	70	13
Cerro Negro Norte	Minería	Cuenca Río Copiapó	54,3	20

Fuente: Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, 2011

Es en este contexto que el mencionado estudio analiza las estrategias de adaptación ante la variabilidad climática e irregularidad de la disposición de agua, que han seguido las grandes compañías mineras y las comunidades indígenas, en un contexto de privatización de los derechos de acceso al agua, concluyéndose con algunos pronósticos que exigen evaluaciones ambientales estratégicas (Romero et al., 2012).

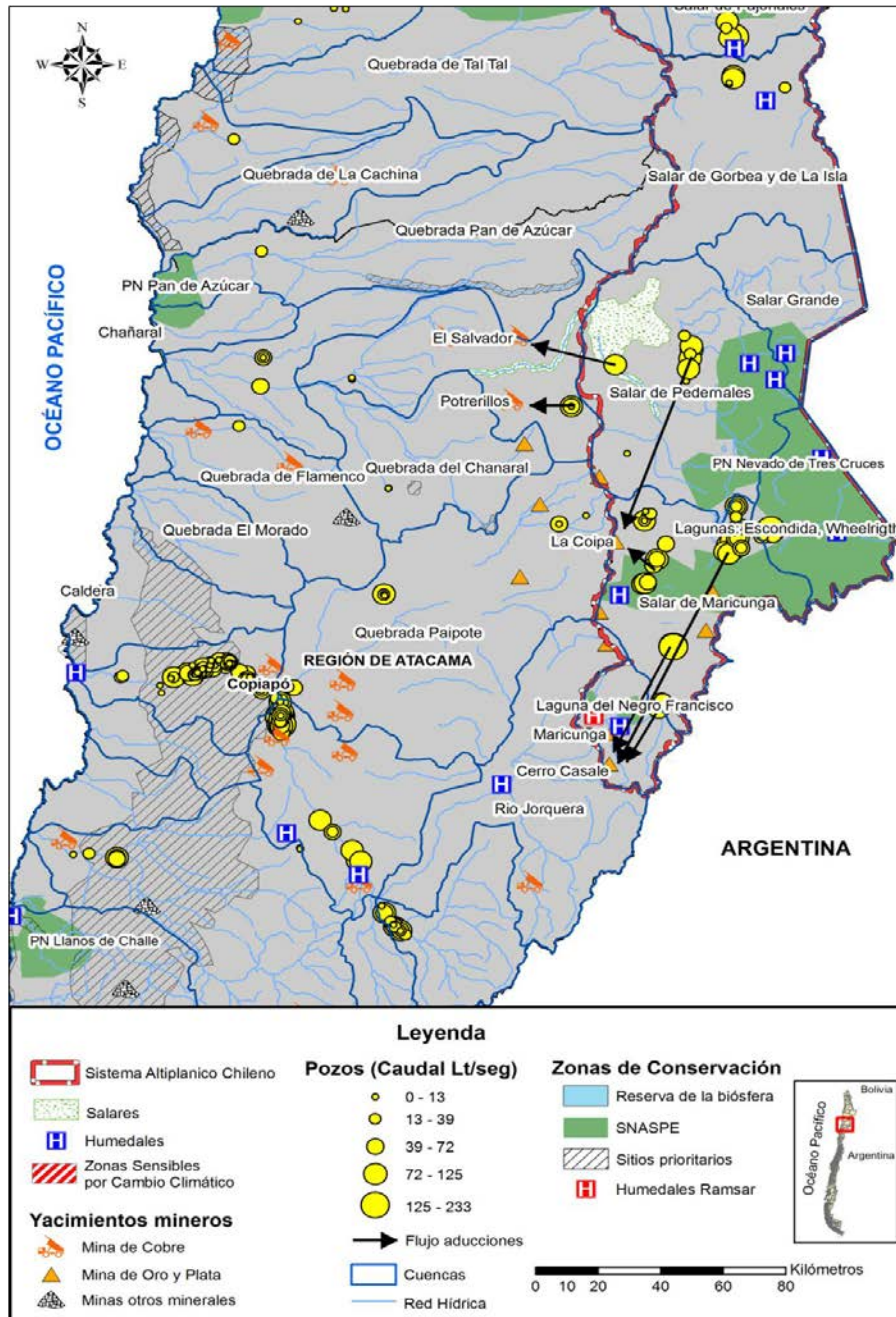
Parte del análisis del referido estudio (Romero et al, 2012) en relación a las extracciones de agua y sus impactos ambientales, se tiene que en la zona correspondiente a las cuencas altiplánicas de la región de Atacama se observan dos áreas en las cuales se concentran los pozos de extracción de agua subterránea: la primera de ellas situada en el Salar de Pedernales, cuyas aducciones son menores (630 L/s) para abastecer las minas de El Salvador (cobre) y La Coipa (oro); la segunda situada es la cuenca del Salar de Maricunga, sector más complejo dado que además de situarse el Parque Nacional Nevado de Tres Cruces, existen 48 pozos de extracción, los que alcanzan un caudal otorgado de 3.318 L/s, que abastecen a las faenas mineras de La Coipa, Maricunga y Cerro Casale (todos yacimiento de oro). (Fig.10)

Fuera de las Cuencas Altiplánicas, específicamente en la cuenca del río Copiapó se presenta una situación que ha generado el desecamiento absoluto del río Copiapó debido a la sobreexplotación de las aguas subterráneas, constatándose la existencia de 134 pozos asociados a un caudal otorgado de 4.719 L/s, las cuales están destinadas fundamentalmente a la pequeña y mediana minería del cobre así como a los cultivos de exportación (Romero et al., 2012).

Lo anterior implicó que los sectores que conforman la Cuenca del Río Copiapó, hayan sido decretados como zonas de restricción (sectores de Copiapó – Piedra Colgada y Piedra Colgada –

<sup>26</sup> "Enfoque Ecológico-Social de la Variabilidad Climática, Extracciones de Agua y Demandas Territoriales en las Cuencas del Desierto de Atacama". Dpto. de Geografía, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile, Santiago de Chile REVISTA GEONORTE, Edición Especial, V.4, N.4, p.261 – 287, 2012.

Desembocadura)<sup>27</sup> y de prohibición (Aguas Arriba del Embalse Lautaro)<sup>28</sup> para la extracción de aguas subterráneas.



FUENTE: Enfoque Ecológico-Social de la Variabilidad Climática, Extracciones de Agua y Demandas Territoriales en las Cuencas del Desierto de Atacama. Romero H., Méndez M., Smith P., Mendonça M. REVISTA GEONORTE, Edición Especial, V.4, N.4, p.261 – 287, 2012.

Fig.10. Caracterización ecológica-social de las cuencas de la Región de Atacama

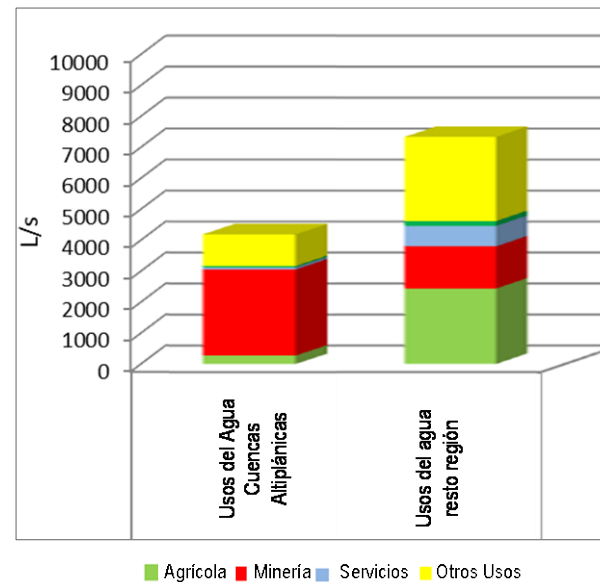
<sup>27</sup> Resolución DGA N° 162, de fecha 22 de Marzo 03 de 2001

<sup>28</sup> Resolución DGA N° 193, de fecha 27 de Mayo de 1993 y N°232, de fecha 07 de Junio de 1994.



La mayoría de las aducciones de agua en las Cuencas Altiplánicas son destinadas para el desarrollo de la actividad minera, situación que varía en el resto de la región ya que la predominancia no la tiene el sector minero sino el agrícola (Fig. 11). Este punto se desarrolla en mayor profundidad en el Capítulo 3, Acápito 3.1.3 (Demanda Agua Actual y Futura por Cuencas, según Usos).

Es importante relevar lo señalado por Romero (et al. 2012) en el sentido que es necesario considerar el carácter sistémico de la red hídrica, que si bien puede no conectarse superficialmente, se asume que existe la posibilidad de interconexión subterránea entre las cuencas cerradas del altiplano y las precordilleranas (Zuzuki y Aravena, 1984; Herrera et al, 2006), lo que incidiría en el desecamiento de la red que abastece a las zonas más bajas del sistema.

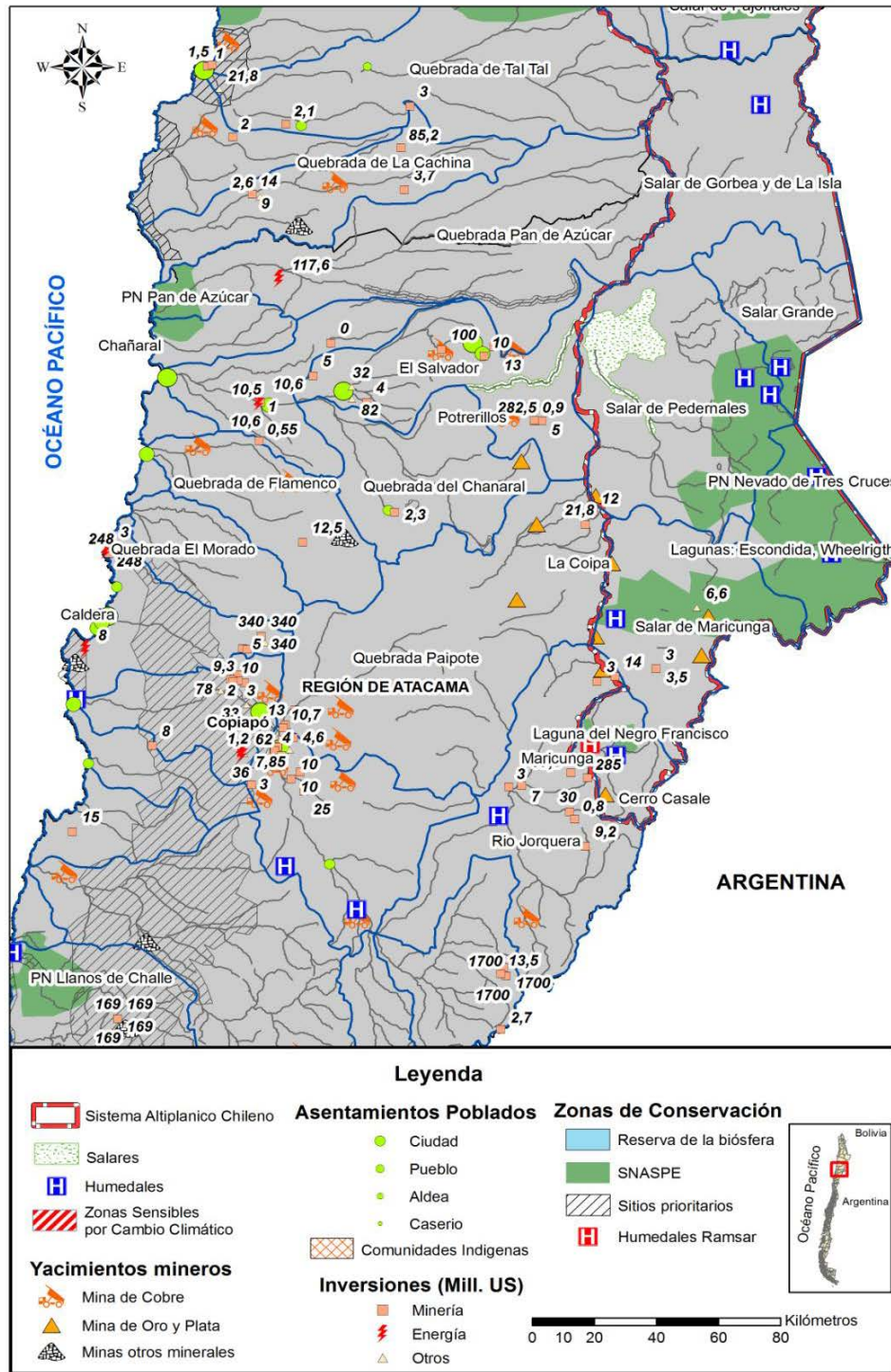


FUENTE: Romero et al, 2012

Fig. 11 Caudales Otorgados por Unidad Territorial y Actividad

Otro aspecto relevante del análisis del estudio en comento se refiere a las demandas territoriales por recursos hídricos en la zona de cuencas altiplánica de la región, las que se analizaron espacialmente, considerando para tal efecto los territorios reclamados por comunidades indígenas, las zonas asignadas para la conservación de la biodiversidad (Reserva de la Biósfera, zonas SNASPE, Sitios Prioritarios de Conservación, Humedales Ramsar) (CONAF, 2011) considerándose igualmente aquellas demandas sociales asociadas a la ubicación de los centros poblados según su jerarquía, determinada por el tamaño de la población residente en ellos (INE, 2002), y los proyectos de inversión económica que se localizan o pretender hacerlo en sus respectivos hinterlands (SEA, 2011) (Romero et al, 2012).

En este sentido, y respecto del área de estudio considerada, se observa que la región de Atacama presenta escasos proyectos en esta área en específico, los cuales se orientan a la minería del oro y los servicios asociados, con una inversión total de U\$365 millones, concentrándose éstos dos en las cuencas del Salar de Maricunga, la Laguna del Negro Francisco y en la sección superior del río Jorquera. Estos proyectos extraen agua subterránea de la cuenca superior del Salar de Maricunga (en el Parque Nacional Nevado de Tres Cruces), lo que ha traído como consecuencia el desecamiento de algunas vertientes que drenan hacia el salar principal, como por ejemplo el río La Cascada. Otros sectores neurálgicos de concentración de inversión en la región son la cuenca del río Salado (con U\$566 millones), asociados a los yacimientos de El Salvador y Potrerillos; la cuenca del Copiapó (U\$1.330 millones), asociado a la pequeña y mediana minería y la agricultura de exportación y la sección superior de la cuenca del Huasco (U\$5.116 millones), asociados al proyecto Pascua Lama (Romero et al, 2012).



FUENTE: Enfoque Ecológico-Social de la Variabilidad Climática, Extracciones de Agua y Demandas Territoriales en las Cuencas del Desierto de Atacama. Romero H., Méndez M., Smith P., Mendonça M. REVISTA GEONORTE, Edición Especial, V.4, N.4, p.261 – 287, 2012.

Fig. 12. Demandas Territoriales Región de Atacama

### 3.3 ZONAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

De acuerdo a los antecedentes sobre áreas protegidas se tiene que recién en la década del 80' la región de Atacama declara su primera área para la protección, correspondiendo ésta el Parque Nacional Pan de Azúcar (1985). En la siguiente década se comenzó a configurar un sistema de protección impulsado por importantes aportes desde el mundo de la investigación. En primer lugar, los resultados entregados por los Libros Rojos de flora y fauna de la CONAF (1988 y 1989); el estudio "La Vegetación Natural de Chile" (Gajardo, 1994), financiado por CONAF, y el posterior aporte del Libro Rojo de los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica en Chile (2008), que en conjunto conformaron los fundamentos científicos para la declaración de nuevas áreas de protección. Efectivamente, es en este periodo que se declaran los Parques Nacionales Llanos de Challe, nevado de Tres Cruces y la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt, siendo todas ellas gestionadas por la CONAF<sup>29</sup>.

En la década posterior se declaran nuevas área de protección gestionadas por otros organismos del Estado (GEF/CONAMA, Servicio Nacional de Pesca, Ministerio de Bienes Nacionales), destacando entre éstas el Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos Isla Grande de Atacama, la Reserva Marina Isla de Chañaral y la Autodestinación con fines de conservación Quebrada Los Leones. También en esta última década surgen esfuerzos privados de conservación, los que se formalizan el año 2006 con la declaración del Área Silvestre Protegida Huascoaltinos, el cual se da bajo un convenio de colaboración tripartito, donde concurren la comunidad agrícola Huascoaltinos, CODEFF y CONAMA.

#### 3.3.1 Áreas de Protección Legal<sup>30</sup>

En la Región de Atacama se identifican cuatro áreas de protección legal, las que pertenecen al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), de las cuales tres se encuentran en la categoría de Parque Nacional y una como Reserva Nacional, correspondiendo esta última a la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt situada en territorio marítimo.

A continuación se realiza una breve descripción de cada una de estas áreas, enfatizando los objetivos de conservación que motivaron su establecimiento.

##### a) Parques Nacionales

###### i) Parque Nacional Pan de Azúcar<sup>31</sup>

El Parque Nacional Pan de Azúcar fue creado mediante Decreto Supremo N°527, de fecha 07.10.1985, del Ministerio de Bienes Nacionales<sup>32</sup>, otorgándosele la categoría de "Lugar de interés

<sup>29</sup> Libro Rojo de la Flora Nativa de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama. Capítulo 11. 2008

<sup>30</sup> Si bien las áreas de protección no solamente consideran la Vegetación, se consideró pertinente incorporar este tema.

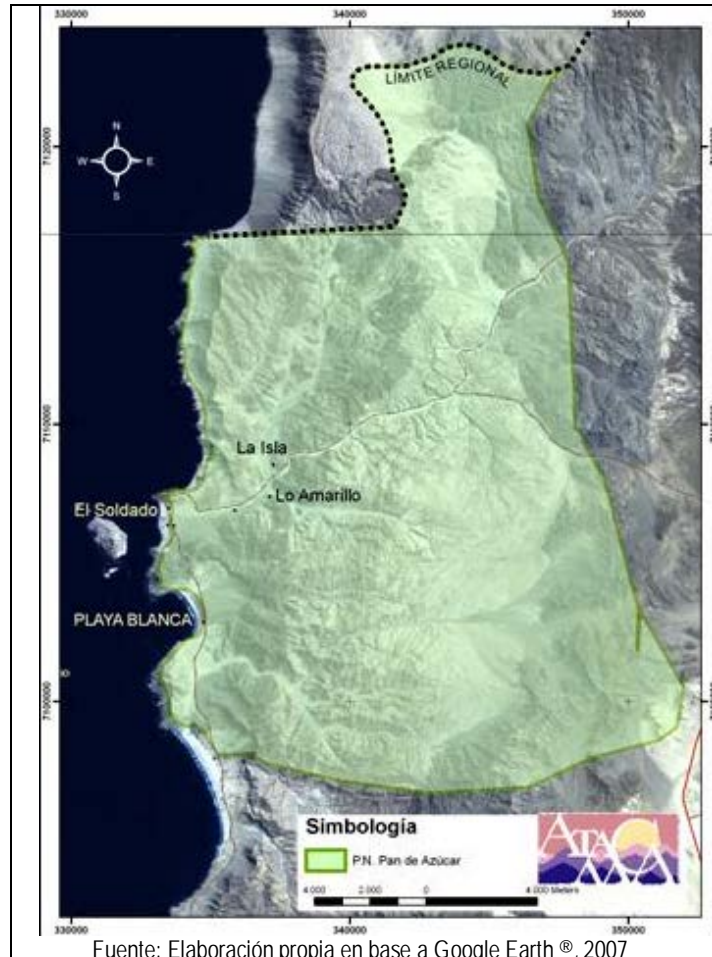
<sup>31</sup> Extraído del Plan de Manejo Parque Nacional Pan de Azúcar. Documento de Trabajo N° 373. 177pp. Ministerio de Agricultura. CONAF, Unidad De Gestión Patrimonio Silvestre Región De Atacama.

<sup>32</sup> Publicado en el Diario Oficial el 6 de Mayo de 1986.

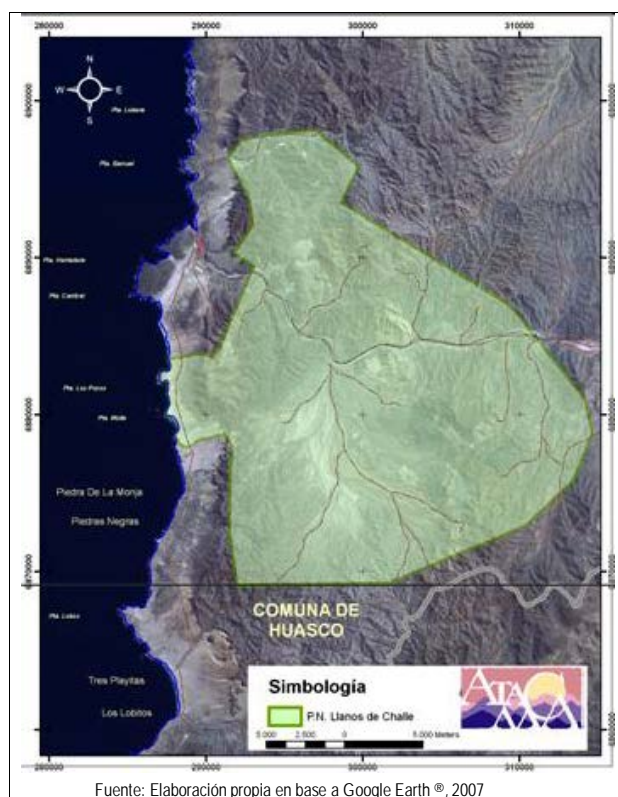
científico”, para los efectos mineros, según lo dispuesto en el artículo 17° de la Ley N° 18.248 Código de Minería, a objeto de controlar el desarrollo de la minería al interior del Parque Nacional. Los siguientes objetivos motivaron el establecimiento de este Parque Nacional:

- Mejorar la protección de la Región Ecológica denominada Región del Desierto y dentro de ésta las formaciones vegetacionales “Desierto Estepario de la Sierra de Vicuña Mackenna” y “Desierto Costero de Taltal”, cuya región ecológica se encontraba insuficientemente protegida y muy mal representada dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) y ambas formaciones sin representación.
- Preservar muestras representativas de ambientes desérticos y costeros que poseen variados recursos faunísticos, vegetacionales y geológicos, únicos en Chile.
- Proteger la diversidad y núcleos poblacionales de fauna que alberga, especialmente para aquellas especies que presentan problemas de conservación, entre los cuales se señalan en el área continental, vertebrados que necesitan protección tales como el guanaco, zorro chilla y el zorro culpeo, en el litoral; reptiles de dos géneros (*Tropidurus* y *Callopistes*); mamíferos marinos como el chungungo, lobos de un pelo, y gran cantidad de aves, entre las que destaca el Pingüino de Humboldt.
- La entrega de servicios a la sociedad, entre ellos los científicos o de investigación, educativos y recreativos (ecoturismo), basados en que los ambientes y las especies de flora y fauna poseen un gran valor, considerando su diversidad, estado de conservación y accesibilidad.
- El desarrollo de instalaciones y actividades recreativas y educativas relacionadas con el medio ambiente.

ii) Parque Nacional Llanos del Challe



Este Parque fue creado en el año 1994 dentro del SNASPE<sup>33</sup>. Se localiza en el sector costero de Región de Atacama, en la provincia y comuna de Huasco y fue creado para proteger la formación vegetal Desierto Costero del Huasco que se encuentra insertada dentro de la Sub-Región del Desierto Costero, correspondiendo a la Región Ecológica del Desierto. En el sector Llanos de Challe y Carrizal Bajo la vegetación presenta una alta diversidad y un buen estado de conservación, que la hace una buena muestra representativa necesario proteger con el fin de evitar la intervención antrópica. Por otra parte, el área es un hábitat importante para la población de guanacos (*Lama guanicoe*) del sector costero de la provincia del Huasco. Esta especie se encuentra categorizada en Peligro de Extinción para la región de Atacama, y como Vulnerable a la Extinción a nivel nacional, según, el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile, situación que hace necesario crear condiciones para la protección, investigación y manejo de esta especie. Debido a que las especies de flora y fauna nativas del área presentan una alta diversidad, estado de conservación y accesibilidad, se pueden desarrollar e incentivar la investigación científica y las actividades educativas, recreativas e interpretación ambiental.



Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth®, 2007

### iii) Parque Nacional Nevado Tres Cruces

El Parque Nacional Nevado de Tres Cruces fue creado legalmente a través del Decreto Supremo N°947/94, del Ministerio de Bienes Nacionales, publicado en el Diario oficial con fecha 08.11.1994, con la finalidad de proteger la Sub-Región del Altiplano y de la Puna, la que forma parte de la Región de la Estepa Alto-Andina. Esta sub-región, en los sectores de la Laguna Santa Rosa, Salar de Maricunga y la Laguna del Negro Francisco, presenta una alta diversidad y un buen estado de conservación, lo que la hace una muestra representativa que es necesario proteger<sup>34</sup>. Esta área protegida se encuentra ubicada en las comunas de Copiapó y Tierra Amarilla, en la provincia de Copiapó. Cuenta con una superficie de 59.082 ha y al igual que en los casos anteriores su administración está a cargo de Conaf. El parque comprende dos zonas ubicadas a alturas superiores a los 3.500 metros de altura. Dentro de los límites de la unidad se protegen efectivamente 16

<sup>33</sup> CONAF 1997. Plan de Manejo Parque Nacional Llanos de Challe. Documento de Trabajo N° 250. Mieres, G. (Ed.) Santiago. 129 pp

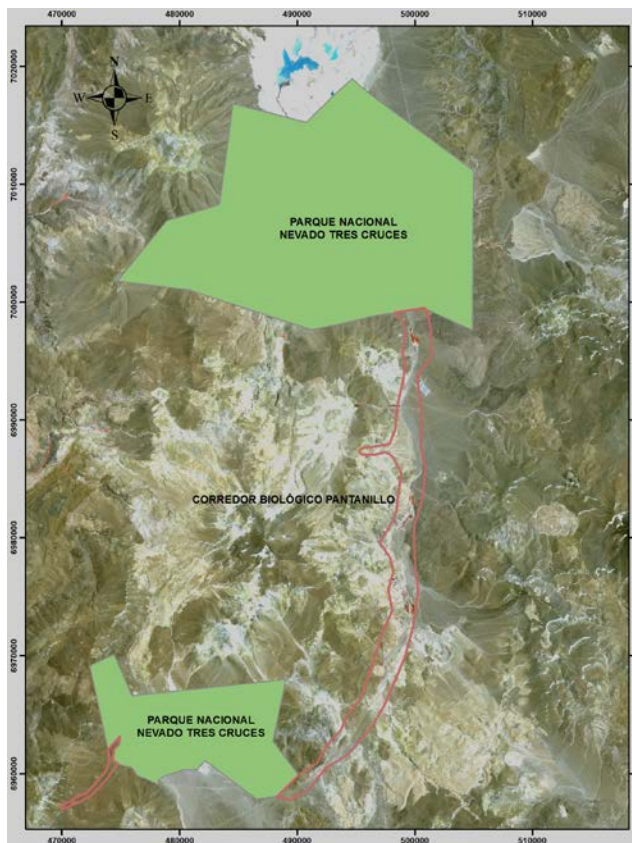
<sup>34</sup> CONAF. 1997. Plan de Manejo Parque Nacional Nevado Tres Cruces. Documento de Trabajo N° 255.126 pp.

especies de animales en peligro de extinción, y además es sitio de descanso de aves migratorias. Se protege el recurso hídrico existente en la unidad, cuya magnitud e importancia le confieren un carácter único para el área. Así mismo se busca preservar la belleza escénica del parque, posibilitando las actividades de ecoturismo, educación e interpretación ambiental.

Los ecosistemas insertos en la unidad se caracterizan por la fragilidad de su equilibrio ecológico y por tanto, son susceptibles a sufrir degradación, sobre todo de las actividades provenientes de las labores mineras que quedan sujetas al artículo 17 del Código de Minería; en caso de autorizarse la ejecución de labores mineras, deberá otorgarse un permiso firmado por el Presidente de la República.

Entre los objetivos de manejo del Parque se encuentran:

- Preservar el medio natural conformado por las formaciones vegetales: Estepa Desértica de los Salares Andinos y Desierto Alto - Andino del Ojos del Salado.
- Preservar en forma inalterada los ambientes en que se desarrollan las comunidades de fauna denominadas: Comunidad de los Salares y Comunidad de la Puna Desértica.
- Facilitar la investigación científica, la educación e interpretación ambiental, y la posibilidad de recreación al aire libre en forma primitiva.
- Permitir que fauna y flora completen sus ciclos biológicos sin ninguna perturbación.
- Permitir que los recursos hidrológicos e hidrogeológicos evolucionen y desarrollen sus ciclos naturales sin interferencia antrópica.



## b) Autodestinaciones Bienes Nacionales

De acuerdo con los Arts. 1, 19 y 56 del D.L. 1939/77 por el Ministerio de Bienes Nacionales, para fines de conservación ambiental, protección del patrimonio y/o planificación, gestión y manejo sustentable de sus recursos, poseen la Categoría de Áreas Protegidas.

En esta categoría se encuentran los inmuebles fiscales denominados "quebrada leones", "Isla Grande", "Punta Morro-Desembocadura Río Copiapó" y "Parque Paleontológico". Así mismo, la

entonces Comisión Nacional del Medio Ambiente (actualmente Ministerio de Medio Ambiente) solicitó al Ministerio de Bienes Nacionales la auto destinación de los inmuebles ubicados en sector Llanos de travesía y sector Pajaritos cuyo objeto de conservación es el fenómeno del *Desierto Florido*. (Tabla N°14).

Tabla N°14  
Auto destinaciones Bienes Nacionales

Área	Sector	Comuna	Decreto y Fecha	Objeto conservación
Continental	Quebrada Leones	Caldera	N°382/15.11.2006	Conservación Desierto Florido
Continental	Punta Morro	Caldera	N°383/15.11.2006	Biodiversidad completo terrestre AMCP
Continental	Formación B. Inglesa	Caldera	N°271/24.05.2007	Parque Temático Paleontológico
Insular Complemento AMCPU	Isla Grande	Caldera	N°384/15.11.2006	Conservación hábitat avifauna y mamíferos marinos
Insular	Isla P. de Azúcar	Chañaral	N°527/07.10.1985	Pingüino de Humboldt
Insular	Isla Chañaral de Aceituno	Freirina	N°04/03.01.1990	Reserva Nacional Pingüino de Humboldt

### 3.3.2 Áreas Prioritarias para la Conservación y Protección

#### a) Sitios Prioritarios para la Conservación de la Flora Nativa Regional<sup>35</sup>

El estudio sobre la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación, se determinaron 28 sitios con estas características, los que son complementarios al SNASPE, AMCP-MU y Reserva Natural Privada (RNP). El estudio alcanzó al 13% del territorio regional, protegiéndose al 96% de las especies con problemas de conservación en la región, conteniendo al 82,5% del total de especies nativas que habitan en la región de Atacama. Análisis adicionales muestran que hay consistencia entre gran parte de los Sitios Prioritarios y las zonas seleccionadas en forma independiente por un Análisis de Parsimonia de Endemismos, Flora endémica de Atacama, y parcialmente con la fauna de vertebrados terrestres (Squeo, Arancio & Gutierrez, 2008).

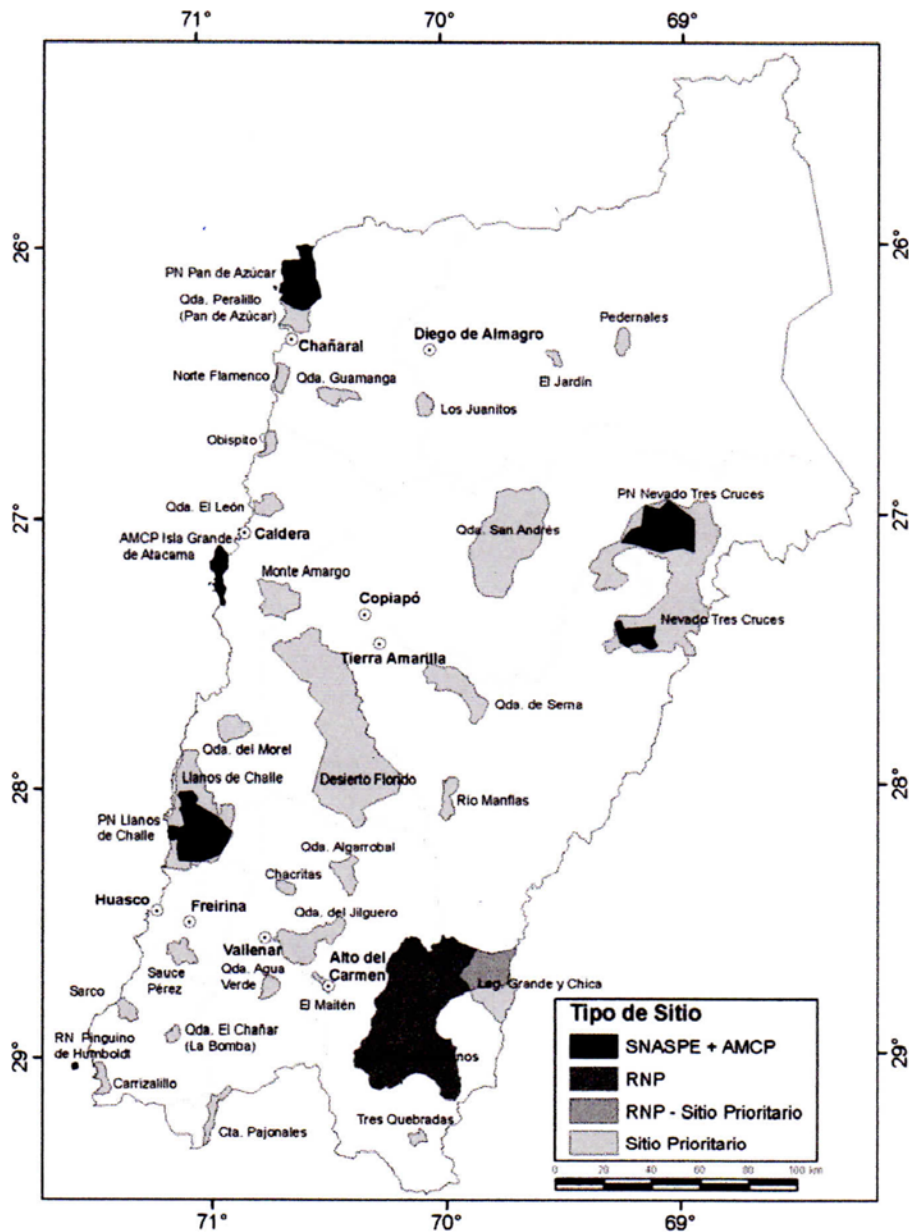
Los 28 *sitios prioritarios* propuestos en el Libro Rojo, sumados a las 6 áreas protegidas existentes (SANASPE, AMCP-MU y RNP), representan los territorios necesarios para proteger a las especies de plantas nativas amenazadas de extinción en la región de Atacama<sup>36</sup>. (Fig. 13).

Atacama tiene 980 especies de plantas vasculares nativas, de las cuales el 9,6% se encuentra en las categorías *En Peligro* (EP) o *Vulnerable* (VU). Este porcentaje de especies con problemas de conservación aumenta a cerca del 27% al incluirse las especies *Insuficientemente Conocidas*. Por otra parte, la flora de la región posee un 54,3% de endemismo a nivel país, correspondiendo a 532

<sup>35</sup> Libro Rojo de la Flora Nativa de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama. Capítulo 4. 2008

<sup>36</sup> De hecho, una vez concluido el estudio Libro Rojo, una parte del Sitio Prioritarios Quebrada El León fue oficialmente auto destinado por el Ministerio de Bienes Nacionales.

especies, dentro de las cuales el 13,7% presenta problemas de conservación (21 de ellas se encuentran *En Peligro* y 52 *Vulnerables*).



FUENTE: Libro Rojo de la Flora Nativa de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama. Squeo, F.; Arancio, G., Gutiérrez J. Año 2008.  
De acuerdo a lo señalado en el Libro Rojo, las áreas SNASPE y el Área Marina Costera Protegida corresponden a formas de protección públicas, mientras que las Reservas Nacionales Privadas (RNP) corresponden a una iniciativa privada.

Fig. 13. Zonas SNASPE, Área Marina Costera Protegida, Reserva Natural Privada y Sitios Prioritarios para la Conservación de las Especies de Flora Amenazada.



Al analizar la distribución de la vegetación en Chile se observa que en la Región de Atacama existe una barrera biogeográfica para la distribución de las plantas, esto se expresa en que más de la mitad de las especies de plantas nativas de la región tienen su límite latitudinal de distribución en ella. Los resultados muestran claramente que la condición de límite latitudinal de distribución está correlacionada con el estado de conservación. Dieciocho de las 26 especies nativas que se encuentran En Peligro poseen su límite latitudinal en la Región de Atacama. Si se consideran las especies endémicas de la región, este número sube a 24 especies.

El estado de conservación también es dependiente de la forma de vida. Dentro de la flora nativa el 38,5% de los árboles y el 31,1% de las cactáceas están en las categorías EP o VU, estando en estas categorías el 11% de los arbustos, el 7,9% de las hierbas perennes y el 5,2% de las hierbas anuales.

Respecto de la presencia de flora nativa a nivel provincial y comunal, se observa que la provincia de Huasco tiene una flora nativa compuesta por 737 especies, seguida en importancia por las provincias de Copiapó y Chañaral (669 y 467 especies, respectivamente). Las tres comunas con mayor número de especies de plantas nativas corresponden a Copiapó (536 especies), Vallenar (384 especies) y Alto del Carmen (378 especies); mientras que Diego de Almagro es la que presenta un menor número de especies nativas (248 especies).

En cuanto al estado de conservación en promedio, se clasificó en las categorías de conservación EP + VU + FP (Fuera de Peligro) al 68,5% de las especies nativas a nivel provincial, y al 75,8% al nivel comunal (se realiza una diferenciación del número de especies nativas presentes por provincia y por comuna), siendo la provincia de Huasco la que presenta la mayor proporción de especies con problemas de conservación (9,0%), en comparación a las provincias de Chañaral (8,0%) y Copiapó (8,1%). A nivel comunal, Chañaral es la comuna con mayor proporción de su flora en categorías EP + VU (11,1%), seguida de Freirina (9,3%) y Caldera (9,1%). En el otro extremo, Diego de Almagro sólo tiene el 3,6% de su flora con problemas de conservación.

#### **b) Humedales Altoandinos**

Los humedales corresponden a sistemas ecológicos de gran relevancia, no solo por la gran biodiversidad de flora y fauna que poseen, sino también por la reserva de agua dulce que representan para el ser humano. Los humedales altoandinos son ecosistemas que se encuentran estrechamente vinculados con el ciclo hidrológico, localizándose dentro de la región ecológica denominada *Puna Árida* que posee características únicas que la diferencian claramente de otras regiones ecológicas del Norte de Chile. Según Dinerstein et al (1995), esta región está considerada como una de las más frágiles del planeta y, por lo tanto, es de gran vulnerabilidad a la acción humana, siendo actualmente la principal amenaza para los sistemas de humedales la cada vez menor disponibilidad de agua por diversos usos de origen antrópico.

Una de las características más importantes de los humedales altoandinos es que son la principal fuente de recarga de los acuíferos subterráneos, los cuales proveen de agua a los asentamientos humanos y a las diversas actividades antrópicas, no olvidando que también sustentan actividades productivas como el turismo de intereses especiales, la ganadería camélida, la agricultura y la minería. Además el recurso hídrico permite el desarrollo la fauna, flora y vegetación.

Es dentro de este contexto que se desarrolló el proyecto sobre la caracterización de humedales altoandinos para una gestión sustentable de las actividades productivas del sector norte del país, estudio ejecutado por CIREN, con la participación del Ministerio del Medio Ambiente<sup>37</sup>. El objetivo central es implementar un sistema de información territorial de humedales altoandinos de las regiones del norte del país, entre ellas la región de Atacama, con la finalidad de apoyar la gestión de actividades productivas en el turismo de intereses especiales, la minería, la agricultura y la ganadería que se desarrollan en el área, así como entregar una herramienta de gestión para los servicios públicos (CIREN, 2013)<sup>38</sup>.

Para la región de Atacama se seleccionaron 27 humedales que están situados en el área de interés del proyecto, debiéndose precisar que estos humedales no cuentan con criterios de protección por parte de la DGA (como sí cuentan con criterios de protección los seleccionados para las regiones XV y I). Otro aspecto relevante que consideró el proyecto es el creciente interés para explotación minera en esta zona, determinándose que los muestreos se concentraran en las sub-cuencas del Salar de Maricunga y Laguna Negro Francisco debido a la escasez de información de dichos sectores.

En términos generales, el área correspondiente a la zona altoandina con presencia de humedales tiene una superficie aproximada de 1.410 km<sup>2</sup>, localizándose sobre la cota 3.500 msnm, en el sector norte desde la comuna de Diego de Almagro y Copiapó hasta el límite con la región de Antofagasta y Argentina, zona que corresponde a las altas cumbres de la región. Es un paisaje que se caracteriza por su relieve abrupto, siendo uno de los ambientes menos intervenidos de la región debido a su difícil acceso. La mayoría de los ambientes que allí se encuentran corresponden a salares y lagunas altoandinas con vegetación y fauna asociada. Su importancia hidrogeológica es alta, presentando una baja permeabilidad secundaria de la napa.

A continuación se entregará una breve descripción de los humedales altoandinos presentes en la región de Atacama.

---

<sup>37</sup> Financiado por INNOVA Chile de CORFO.

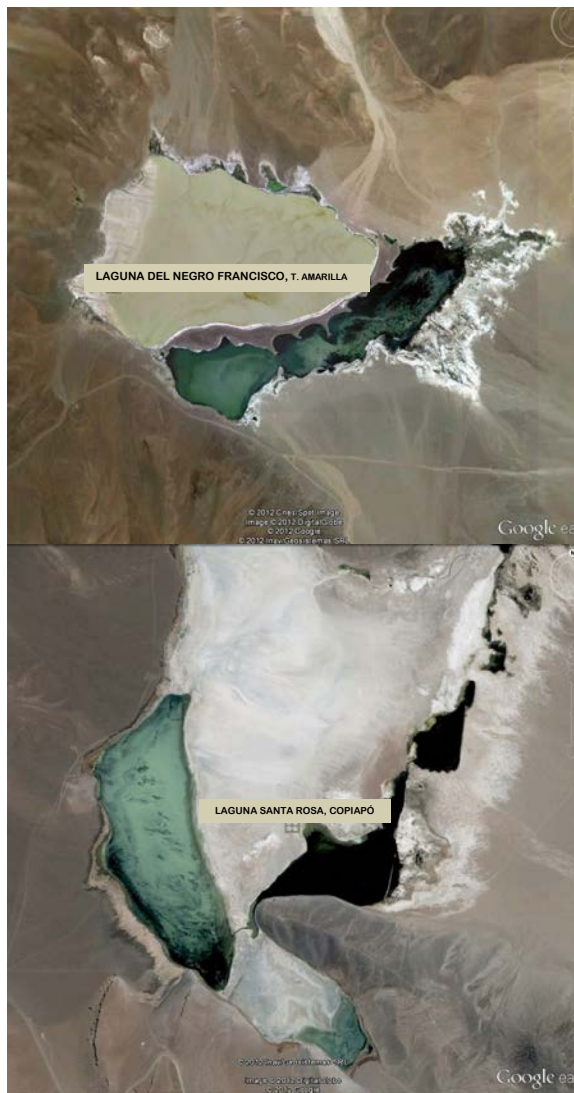
<sup>38</sup> "Caracterización de Humedales Altoandinos para una gestión sustentable de las actividades productivas del sector norte del país". Componente Biológico Humedales, III Región de Atacama. CIREN, Abril 2013.

i) Lagunas del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa. Sitio RAMSAR

Ambas conforman el Complejo Lacustre Lagunas del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa de Maricunga, y forman parte del Parque Nacional Nevados de Tres Cruces (área SNASPE), habiendo sido declarados en diciembre de año 1996 sitio Ramsar, siendo los únicos a nivel regional que cuentan con esta nominación. Se encuentran a una altitud de 4.100 metros y tiene una superficie de 15.425 hectáreas aproximadamente. Está localizado en las comunas de Copiapó y Tierra Amarilla, Provincia de Copiapó. Sus aguas salobres y sus bofedales proveen hábitat para una variada fauna andina. Es posible aquí observar vicuñas (*Vicugna vicugna*) y guanacos (*Lama guanicoe*).

La Laguna San Francisco está localizada en la comuna Tierra Amarilla, provincia de Copiapó, siendo propiedad fiscal administrada por CONAF, estando ubicada en el Parque Nacional Nevado Tres Cruces, a 4.000 msnm. Se encuentra rodeada de parajes y cumbres importantes como el volcán Copiapó, de 6.052 msnm, hacia el norte de la laguna. Este lago cordillerano posee t aguas color turquesa como verde (Sernatur/Conaf 2008). Por su parte, la Laguna Santa Rosa se emplaza en el sector suroeste del Salar de Maricunga, en la comuna de Copiapó, siendo también propiedad fiscal administrada por CONAF. En su ribera yace una gran formación de bofedales y flora típica de altura. En ella es posible encontrar manadas de guanacos, parinas, piuquenes. Debido a que está dentro de los límites del Parque Nacional Nevado Tres Cruces, existe un refugio, perteneciente a la CONAF. (Sernatur/Conaf 2008).

Según información actualizada (CIREN 2013), el borde Este de la Laguna de San Francisco (o sector de Laguna Salada) se observan sólo especies silvestres en el lugar, además en la laguna misma la presencia de flamencos. Esta parte del humedal presenta agua y sectores fangosos. La vegetación se presenta en cojines pero cubiertos por especies como *Ranunculus sp* y *Calandrinia compacta*. El borde Sur del humedal de la Laguna Negro Francisco, frente al mirador de laguna Salobre, constituye una franja ubicada entre la laguna y el camino que lleva al refugio Conaf El terreno se encuentra saturado, fangoso, con afloramiento de sales y zonas con presencia de



grandes piedras. Probablemente es usado para pastoreo de especies silvestres. Hacia la laguna se puede observar gran cantidad de aves, destacándose Taguas Cornudas y flamencos de las tres especies. Ambas especies nidifican en la laguna. Por último el sector del humedal ubicado al Este de Laguna Salobre se observa la presencia de vicuñas, evidenciándose la disminución de los niveles de la laguna, aunque el lugar se encuentra con pozas con agua, muy húmedo y con sectores fangosos, detentándose también la presencia de algas y vegetación en descomposición<sup>39</sup>.

### ii) Lagunas Huascoaltinas

Corresponde al sector de la Reserva Natural Privada (RNP) Huascoaltinos ubicada en la alta cordillera de la comuna de Alto del Carmen, a unos 80 Km. de Juntas de Valeriano, casi en el límite con Argentina, y con una superficie total de 2.197,3 Km<sup>2</sup>. Forman parte de esta reserva los *sitios prioritarios* de Laguna Grande y Laguna Chica, alcanzado ambos una superficie de 4.44,8 km<sup>2</sup>. Son un conjunto de cuerpos de agua, conectados por corredores biológicos (ríos y quebradas), muy alejados de la presencia humana.

Esta zona se caracteriza por paisajes poco intervenidos antropicamente, con atractivos naturales, principalmente los paisajes de alta cordillera. Dado que se está frente a un ambiente restrictivo y con una alta singularidad, pasa a ser un sector de alta importancia para fauna como la flora, apreciándose una alta concentración de especies endémicas y con problemas de conservación.



Laguna Grande Huasco Alto

De acuerdo al Libro Rojo, se identificaron 285 especies nativas, siendo endémicas de la región de Atacama 13 especies, encontrándose en categoría *Vulnerables* 16 especies y *En Peligro* 4. Respecto al recurso hídrico y su importancia radica en que este componente es la mantención del almacenamiento del recurso para la cuenca del río Huasco y sus aportantes. Los sectores lluviosos otorgan mantención a la cabecera cuenca. Al respecto, se debe tener presente que las lagunas poseen un alto potencial de ayuda en la mantención del recurso hídrico. La conservación de esta zona apunta a proteger las cabeceras de cuenca y acuíferos de importancia.

<sup>39</sup> Caracterización de Humedales Altoandinos para una gestión sustentable de las actividades productivas del sector norte del país". Componente Biológico Humedales, III Región de Atacama. CIREN, Abril 2013.

### iii) Salar de Maricunga

El Salar de Maricunga es uno de los salares de mayor dimensión de la región, junto al de Pedernales, encontrándose aledaño a sectores de importancia hidrogeológica alta. Tanto el Salar de Maricunga como la Laguna Santa Rosa conforman uno de los dos sectores que constituyen el Parque Nacional Nevado Tres Cruces (zona SNASPE), abarcando ambos una superficie de 46.944,50 hectáreas. Es un salar, que al igual que el salar de Pedernales se encuentra intervenidos antropicamente.



Salar de Maricunga. CIREN, 2013

### iv) Salar de Pedernales

El Salar de Pedernales es un humedal de la puna altioplánica, siendo el segundo mayor depósito salino en Chile, después del Salar de Atacama. Se sitúa a 124 km. al este de Diego de Almagro y a 35 km. de Potrerillos por la ruta c-173, enclavado en medio de las cordilleras de Domeyko y Claudio Gay, a 3.346 metros de altitud. Cuenta con una superficie de 53 Km<sup>2</sup>, de los cuales el 95,8% está en manos de Bienes Nacionales y del restante 4,2% no se tiene información.



Salar de Pedernales

En cuanto al tipo de propiedad y administración ésta es fiscal/privada. En los cerros circundantes es posible encontrar abundantes fósiles marinos. No existe actividad humana cercana, sin embargo en uno de sus costados se puede visitar la antigua mina de bórax, establecida por ingleses en 1914, hoy abandonada. Las lagunas que se forman en sus márgenes interiores se pueden apreciar en ocasiones flamencos, manteniéndose una población importante de éstos todo el año, todo ello enmarcado por la enorme extensión de sal y el perfil de la Cordillera de Claudio Gay.

En uno de sus extremos, bordeando el salar se encuentra un túnel de desagüe artificial, construido por Codelco Chile, para desviar aguas al río Salado, siendo éste el mejor lugar para apreciar la belleza y tamaño de este salar. Es uno de los salares altoandinos que se encuentra intervenidos antrópicamente. Respecto del paisaje, éste se caracteriza por su relieve abrupto, correspondiendo a uno de los ambientes menos intervenidos de la región debido a su difícil acceso. En relación con la fauna se pueden encontrar especies como flamencos y taguas, manteniendo una población

importante de flamencos todo el año. En cuanto a la vegetación, presenta sólo algunas gramíneas achaparradas por el viento y con bajas temperaturas.

v) Laguna El Jilguero y Laguna El Bayo y Salares de Aguilar, La Isla, Las Parinas, Infieles, Grande, Agua Amarga y Gorbea

Situados en la comuna de Diego de Almagro, provincia de Copiapó. El área se localiza sobre la cota 3.500 msnm, y corresponden a los salares y lagunas que se encuentran en el todo el sector cordillerano en el sector noreste de esta comuna. En general, son ambientes poco o nada intervenidos, de difícil acceso y que poseen una alta fragilidad. En relación a la fauna ésta corresponde a sectores donde se pueden encontrar flamencos, taguas y otras especies asociadas a ambientes salobres. La mayoría del área se encuentra en terrenos sobre el límite de la vegetación, por lo que la importancia de este componente se expresa en sectores con estepa y vegetación Altoandina.

En cuanto al tipo de propiedad y administración se tiene que los salares de Agua Amarga, De Aguilar, Gorbea, Infieles, La Isla, Parinas son fiscales; en cambio, el Salar Piedra Parada el tipo de propiedad es fiscal pero la administración es fiscal/privada.



Salar La Isla



Salar Infieles

vi) Corredor Biológico Pantanillo Ciénaga Redonda

El sector se encuentra localizado aproximadamente a 170 Km al NE de la ciudad de Copiapó, en la comuna de D. de Almagro. Este corredor biológico conecta a la Laguna del Negro Francisco y a la Laguna Santa Rosa del Parque Nacional Nevado Tres Cruces, permitiendo entre éstos el intercambio de fauna, principalmente aves acuáticas y terrestres y de mamíferos andinos.

Es importante destacar que las aguas subterráneas de este corredor alimentan con su caudal al Sitio RAMSAR Complejo lacustre Laguna Santa Rosa y Laguna del Negro Francisco. Además este sector forma parte del sitio prioritario del libro rojo denominado Nevado Tres Cruces. Son sectores de fácil acceso, donde la intervención antrópica es alta, principalmente debido a actividad minera asociada a la extracción de agua, exploración y explotación de oro.

Respecto al recurso agua, este sector es considerado de importancia hidrológica alta a media, presentando una permeabilidad primaria. Se reconoce la importancia de mantener los sistemas acuáticos superficiales de altura (lagunas, salares y ríos). El sector está constituido por quebradas y

afloramientos de aguas subterráneas, y cursos de agua entre los que se cuentan el río Villalobos y el río Astaburuaga, cuyas aguas originan un ambiente de vegas y bofedales entre las que destacan, las Vegas de Ciénaga Redonda, Vega de Barros Negros y Vega Pantanillo Ancho.

Es un sector con alta pluviosidad que ayudan en la mantención de la cabecera cuenca y las lagunas asociadas. Desde el punto de vista paisajístico posee un alto atractivo turístico, donde se concentran parajes de alto andinos, con sectores montañosos y quebradas de gran envergadura. Actualmente el Sendero de Chile en su Ruta Colla-Diaguita propone un paso uniendo ambos sectores del Parque Nacional.

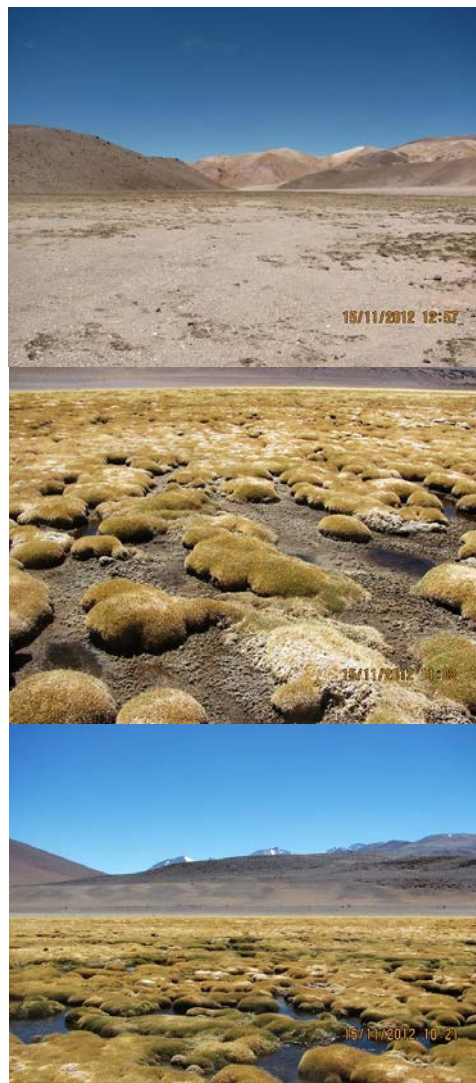
Es una zona que soporta una gran cantidad de aves acuáticas de gran importancia, principalmente en ambas lagunas. La vegetación dominante está representada por el grupo de las gramíneas, este grupo estuvo presente en todos los sitios principalmente con los géneros *Deyeuxia* y *stipa* por mencionar algunos. Esto obtiene relevancia si se analiza la dieta de los dos camélidos presentes en el área de estudio, vicuña (*Vicugna vicugna*) y guanaco (*Lama guanicoe*).

#### vii) Humedal Valle Ancho

De acuerdo a la información recopilada por CIREN, el análisis se realiza según sectores, ubicándose el primer sector en la ruta que une Laguna Santa Rosa con Laguna Negro Francisco y por él corre el río Astaburuaga. En algunos de las zonas se encuentran con abundante agua aunque en algunos de ellos se concentra materia orgánica vegetal en descomposición con presencia de algas.

En el sector 2 del humedal se encuentra con agua pero es evidente su retroceso ya que existen afloramientos salinos y sectores con agua se encuentran saturados de plantas acuáticas, algunas en proceso de descomposición.

En esta ruta se constatan las instalaciones pertenecientes a compañías mineras existentes en la zona. No se observan faenas propiamente tal. Entre ellas se encuentran, Escondida, Compañía Minera Maricunga (CMM), Marte y Proyecto Lobo Marte, observándose movimiento de áridos en la ruta. En el caso del sector 3 se evidencia el descenso en los niveles freáticos, y al igual que en el resto del humedal, debido a la presencia de abundante materia vegetal (acuáticas) en



Tres Imágenes del Corredor Pantanillo Ciénaga Redonda, desde la parte baja hacia la parte alta, donde presenta problemas de escasez hídrica dado que la intervención antrópica es alta, principalmente debido a actividad minera

descomposición en las zonas de saturación intermitente donde los niveles de agua se encuentran disminuidos. Sólo se observa fauna silvestre en el humedal.

En cuanto al sector 4, éste se encuentra en la misma ruta que los tres anteriores pero se observa menos agua que en ellos, advirtiéndose la presencia de aves pequeñas en el sector. Finalmente sector 5 del humedal Valle Ancho se desliza por una pendiente suave en dirección SE-NO en Quebrada Valle Ancho Norte y por el que bajan dos cursos laterales de agua. El centro del humedal sólo contiene algunas pozas con agua. En él predominan las gramíneas cespitosas con presencia aleatoria de densos cojines de *O. andina*. En este sector el humedal se encuentra deshidrado en los bordes y en sus cursos laterales e inferiores. En los bordes N y S dominan las gramíneas cespitosas.



SECTOR 1 Humedal Valle Ancho: Sectores con abundante agua, aunque en algunos sectores se concentra materia orgánica vegetal en descomposición con presencia de algas. CIREN, 2013.



SECTOR 2 Humedal Valle Ancho: Sectores con agua pero donde se evidencia su retroceso ya que existen afloramientos salinos y sectores con agua se encuentran saturados de plantas acuáticas, algunas en proceso de descomposición. CIREN, 2013



SECTOR 3 Humedal Valle Ancho: Sectores con evidente descenso de los niveles freáticos y, al igual que en los sectores 1 y 2, debido a la presencia de abundante materia vegetal (acuáticas) en descomposición. CIREN, 2013

#### viii) Humedal La Gallina

Se ubica al Oeste del Refugio de Conaf, en Laguna Negro Francisco, con orientación O-E. Según información actualizada (CIREN 2013), el sector no tiene uso ganadero, no observándose guaneras que indiquen presencia de macro-mamíferos, aunque descripciones de Conaf identifican el sector como de avistamiento de vicuñas y guanacos. Sólo se observan aves silvestres en el humedal y guano de aves. En el sector se aprecian zonas sin agua pero fangosas.

El humedal se muestra homogéneo en cuanto a vegetación y a coloración. Dominan los pastos duros en cojín de *Zameioscirpus atacamensis* y *Oxichloe andina*. La falta de agua en algunos puntos del humedal solo sería transitorio y parte de su ciclo natural.



### c) Humedales Costeros

#### i) Sector Punta Morro - Desembocadura Río Copiapó.

Esta zona se ubica en el litoral de la comuna de Copiapó y alcanza una superficie de 141,5 km<sup>2</sup>. Corresponde al sector de Punta Morro donde se encuentra el AMCP-MU en su porción terrestre, y asociada a ésta se encuentra la desembocadura del Río Copiapó. La existencia de una isla, humedales, playas arenosas y promontorios rocosos expuestos contienen una amplia gama de hábitat y especies de la flora y fauna. La zona se caracteriza por ser un área poco habitada sin presiones antrópicas importantes.



Respecto del agua, es una zona de alta relevancia por la presencia de un Área Marina Costera Protegida, además de la existencia del humedal costero Río Copiapó, lo que potencia la protección del recurso agua, el que sustenta gran parte del sistema costero de la zona.

El paisaje de la zona posee una alta diversidad de elementos paisajísticos, donde los componentes geomorfológicos incluyen sistemas de islas, (Isla Grande, la de mayor dimensión), promontorios rocosos, humedales, salinas costeras, costas rocosas expuestas, semi-expuestas y playas de arena. Posee sectores de playa, dunas y rocas que generan ambientes únicos para el desarrollo de flora y fauna, habitando una gran cantidad de aves acuáticas de gran importancia, principalmente en el sector del humedal y las Islas (Grande y Chata). En relación con la vegetación se aprecian especies típicas de sectores húmedos marinos. Debido a que es un sector con tantas variaciones geomorfológicas se diferencia una gran cantidad de hábitat donde se desarrollan diferentes ensamblajes ecosistémicos. Los suelos corresponden a típicos de climas áridos donde el horizonte A se encuentra poco desarrollado.

#### ii) Humedal Río Huasco

La desembocadura del Río Huasco se encuentra en el límite sur de la Sub-región del Desierto Costero, sector del Desierto Costero del Huasco, por lo que la flora y fauna del sector presentan especies típicas de los matorrales esteparios. El sector corresponde, desde el punto de vista biogeográfico, a una zona de transición, ya que para muchas especies representa su límite sur de distribución, en tanto que para otras corresponde a su límite norte. Este humedal constituye uno de los escasos humedales costeros del norte de Chile, conformando un sitio de importancia para avifauna a nivel regional y sectorial en términos de su abundancia y diversidad, representando un verdadero oasis de aves residentes y migratorias. En él se han registrado más de cien especies

entre las que se destacan taguas, garzas, gaviotas, patos y ocasionalmente flamencos y cisnes de cuello negro. En dicha zona, han encontrado su hábitat numerosas especies de aves acuáticas migratorias, que deben ser protegidas en virtud de lo dispuesto en el Convenio sobre la Conservación de las Especies Migratorias de la Fauna Salvaje y en La Convención Relativa a Zonas Húmedas de Importancia Internacional (Asoc. Gremial Turismo del Huasco, 2009; Sernatur Región Atacama, 2008). Al igual que el Humedal carrizal Bajo, es una zona de alta productividad marina y de reproducción y reclutamiento de invertebrados marinos. Diversidad de hábitats representativos del litoral del Norte de Chile. Pristinidad media – baja. Tiene una superficie de 2.178 (SINIA, 2009; DGA, 2004).

Imágenes Humedal Río Huasco



### iii) Humedal Carrizal

Situado en la zona costera de la comuna de Huasco, en la localidad de Carrizal Bajo, colindando con el sitio prioritario Llanos de Challe del Libro Rojo de Atacama. Es una zona de alto endemismo, riqueza y diversidad de especies en el humedal. La Laguna de Carrizal está bajo permanente presión antrópica, su belleza y valor ecológico se han visto disminuidos paulatinamente por el escaso cuidado de los visitantes, la presencia reciente de labores viales asociadas a la carretera costera y la ausencia de acción permanente sobre este activo ambiental que provee de un valor agregado a la playa de Carrizal que es intensamente visitada durante la temporada estival. El humedal Carrizal Bajo es de alta productividad marina y de reproducción y reclutamiento de invertebrados marinos. Diversidad de hábitats representativos del litoral del Norte de Chile. Pristinidad media – baja. Tiene una superficie de 2.178 (SINIA, 2009; DGA, 2004).

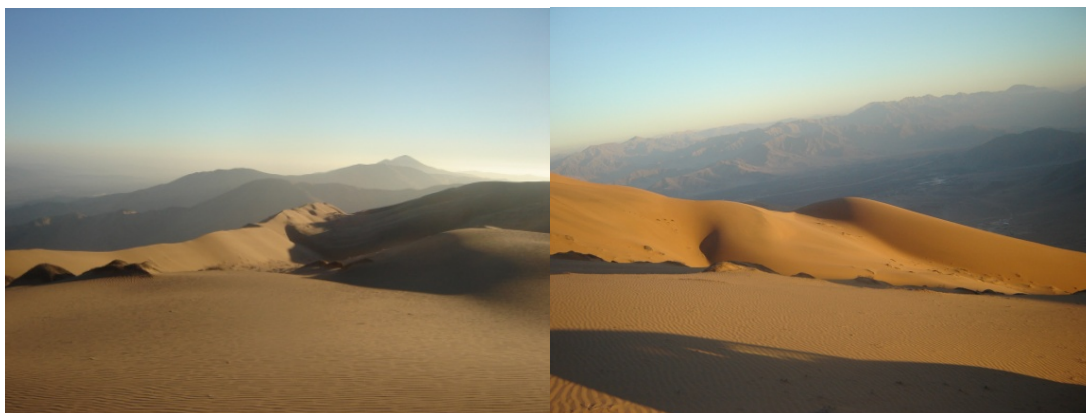


Humedal Carrizal Bajo

#### d) Sectores Dunarios

Corresponde a sectores donde se presentan campos dunarios activos o inactivos. Se utilizó como base para su zonificación aquellos sectores propuestos por el Plan Regulador Intercomunal Costero (instrumento de planificación vigente) y otros sectores que fueron detectados en terreno. Destacan las dunas del sector Aguada de Tongoy y Huasco Norte. Estos se consideran sectores de protección en el entendido que deben ser manejados y monitoreados principalmente para controlar su avance y conservar sus condiciones actuales. Las condiciones climáticas de borde costero determinan las dinámicas dunarias de borde costero. Muchas veces las dunas funcionan como cortinas de viento que regulan las masas de aire costero.

Los campos dunarios poseen características paisajísticas únicas, las que incluyen especies de vegetación que solo se desarrolla en estos sustratos. Atacama posee grandes campos dunarios de gran atractivo, destacan las dunas de Huasco y Aguada de Tongoy. Por su particularidad estos sistemas debido a concentran especies vegetacionales y de fauna que solo se desarrollan en este tipo de ambiente. La mayoría de los suelos dunares corresponden a estratos arenosos.



Dunas de Atacama. Fotos N. Matus. Agosto 2010

#### e) Fenómeno del Desierto Florido<sup>40</sup>

El fenómeno del “desierto florido” se produce en el Desierto de Atacama con especial intensidad en la zona costera de la región. Este fenómeno consiste en la emergencia de más de 200 especies de plantas en la estación primaveral, activadas por lluvias invernales superiores a 15 mm. Estas lluvias inusualmente altas, están a menudo asociadas al fenómeno El Niño - Oscilación del Sur (ENOS).

Las formas de vida dominantes en el desierto florido de la Región de Atacama son las plantas anuales, las geófitas y arbustos pequeños (Armesto et al. 1993). Las plantas anuales y las geófitas son usualmente la parte inconspicua de la flora del desierto, ocultas en el suelo como semillas y bulbos o creciendo apenas lo suficiente para producir unas pocas flores y semillas antes de morir. En algunos años, sin embargo, cuando se produce una adecuada combinación de temperatura,

<sup>40</sup> Texto extraído del Libro Rojo de la Flora Nativa de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama. Capítulo 15. El Desierto Florido en la Región de Atacama. J. Gutiérrez. 2008

cantidad y fecha de lluvia y luz, se estimula la amplia germinación y crecimiento rápido de estas plantas (Inouye 1991). Cuando esto sucede, las plantas anuales y las geófitas son, por un tiempo, las plantas más abundantes y vistosas del desierto, formando una alfombra viva de flores.

Mientras las anuales pueden crecer y florecer parte del año, sus propágulos están presentes todo el año formando los bancos de semillas. Debido a su permanente disponibilidad y a que las semillas son un paquete concentrado de calorías y proteínas, las semillas de las plantas anuales son la base de una cadena trófica



diversa. Las semillas son consumidas por hormigas, roedores y aves, los cuales a su vez, son consumidos por carnívoros terrestres y aves rapaces.

### 3.4 ÁREAS DE RESTRICCIÓN Y PROHIBICIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

#### 3.4.1 Áreas de Restricción y Prohibición para la Extracción de Aguas Subterráneas

La Dirección General de Aguas (DGA), de acuerdo a los Arts. 63 y 68 del Código de Aguas, está facultada para declarar zonas de prohibición y áreas de restricción para nuevas explotaciones de aguas subterráneas en un determinado sector hidrogeológico, con el objeto de proteger el acuífero y los derechos de terceros constituidos con anterioridad en la cuenca.

Entre las regiones de Arica-Parinacota y Del Libertador General Bernardo O'Higgins, se establecieron 69 acuíferos genéricos, los que abarcan un total de 259 sectores hidrogeológicos, de los cuales la DGA ha estudiado 238. De estos últimos, 106 han sido declaradas áreas de restricción y 6 zonas de prohibición, lo que da un total de 112 sectores de acuíferos restringidos. Se observa que en el caso de los sectores declarados con prohibición para nuevas explotaciones de aguas entre las regiones de Arica-Parinacota y del Libertador B. O'Higgins, la región de Atacama concentra el 67% del total de las áreas con prohibición, y en el caso de las áreas con restricción Atacama concentra el 8,5%. (Tabla N°15)

Tabla N°15  
N° de Sectores Declarados Área de Restricción o Prohibición  
entre las Regiones XV y VI

Región	Área de restricción	Zona de prohibición	Total
Tarapacá	3	-	4
Antofagasta	3	-	3
<b>Atacama</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>14</b>
Coquimbo	24	-	24
RM	24	-	24
Valparaíso	25	1	26
Valparaíso + RM	1	-	1
Lib. Gral Bdo. O'Higgins	17	-	17
Arica y Parinacota	-	1	1
<b>Total</b>	<b>106</b>	<b>6</b>	<b>112</b>

Fuente: Dpto. de Estudios y Planificación, DARH, DGA, 2010.

En lo específico, en Atacama se han declarado nueve sectores acuíferos como áreas de restricción y cuatro como zona de prohibición para nuevas explotaciones de aguas subterráneas<sup>41</sup>. Lo anterior dado los severos problemas de escasez hídrica que ha experimentado la región en los últimos años.

Una de las cuencas más afectadas es el acuífero Copiapó, habiéndose declarado tanto zonas de restricción como de prohibición. En el caso del acuífero Huasco, éste también ha sido afectado con la declaración de zonas de restricción, correspondiendo al sector El Tránsito-Vallenar Alto-Huasco Desembocadura. (Tabla N°16).

Tabla N°16  
Áreas de Restricción y Prohibición por Provincia de la Región de Atacama

Situación Administrativa	Provincia	Comuna	Acuífero	Sector Hidrogeológico	Resolución D.G.A.
Área de Restricción	Copiapó	Copiapó	Copiapó	Copiapó – Piedra Colgada	N° 162, de 22/03/2001
		Caldera		P. Colgada – Desembocadura	
	Huasco	A. del Carmen	Huasco	El Tránsito	N° 207, de 26/10/2009
				Río del Carmen	
				Vallenar Alto	
				Vallenar Bajo	
				Freirina Alto	
Freirina	Freirina Bajo				
Huasco	Huasco Desembocadura				
Área de Prohibición	Copiapó	T. Amarilla	Copiapó	Aguas Arriba del Embalse Lautaro	N° 193, de 27/05/1993 y N° 232, de 07/06/1994

Fuente: Dirección General de Aguas, Región de Atacama 2011

Respecto a la declaración de zonas de prohibición para nuevas explotaciones, éstas son declaradas por la DGA, mediante resolución fundada en la protección de acuífero, la cual se publicará en el

<sup>41</sup> Ello de acuerdo a las facultadas conferidas en los artículos 63° y siguientes y 300° letra c) del Código de Aguas y sus modificaciones vigentes (MOP, 2012).

Diario Oficial<sup>42</sup>. En el caso de las áreas de restricción, éstas son establecidas en aquellos sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común en los que existe el riesgo de grave disminución de un determinado acuífero, con el consiguiente perjuicio de derechos de terceros ya establecidos en él<sup>43</sup>.

A nivel de cuencas se tiene que en el caso de la Cuenca del Río Huasco, según información de la DGA (MOP, 2012), debido a la fuerte conexión hidráulica que tiene el río con el acuífero se ha limitado el otorgamiento de derechos a una oferta total del orden de los 380 L/s. Ello a pesar de que la recarga total estimada para el valle de Huasco aguas abajo del embalse Santa Juana del orden de los 2,0 m<sup>3</sup>/s.

Por otra parte, a fin de resolver las solicitudes pendientes en los sectores donde se decreta disponibilidad, la Dirección General de Aguas ha declarado áreas de restricción para nuevas extracciones de aprovechamiento de aguas subterráneas en los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común del acuífero del Huasco correspondiente a Huasco Desembocadura, Freirina Bajo, Freirina Alto, Vallenar Bajo, Vallenar Alto, El Tránsito y Río del Carmen, en la provincia de Huasco, Región de Atacama y parte de la provincia de Elqui, Región de Coquimbo. en la Cuenca del Río Huasco<sup>44</sup>, en los sectores que se señalan en la Tabla N°17.

**Tabla N°17**  
**Áreas de Restricción para Nuevas Extracciones de Aprovechamiento**

Sector	Demanda Comprometida	Demanda Total	Oferta	Disponibilidad
Huasco Desembocadura	3.311.280	3.311.280	819.936	0
Freirina Bajo	12.614	2.081.376	1.860.624	1.848.010
Freirina Alto	75.592	8.224.494	3.090.528	3.014.936
Vallenar Bajo	810.475	5.484.110	3.910.464	3.099.989
Vallenar Alto	9.164.875	16.920.986	5.171.904	0
Embalse Sta. Juana	151.136	151.136	693.792	542.656
El Tránsito	3.835.473	44.070.995	4.793.472	957.999
Río del Carmen	1.151.354	5.219.498	2.743.632	1.592.278
<b>Total</b>	<b>18.512.799</b>	<b>85.463.875</b>	<b>23.084.352</b>	<b>11.055.868</b>

Fuente: DGA, 2009

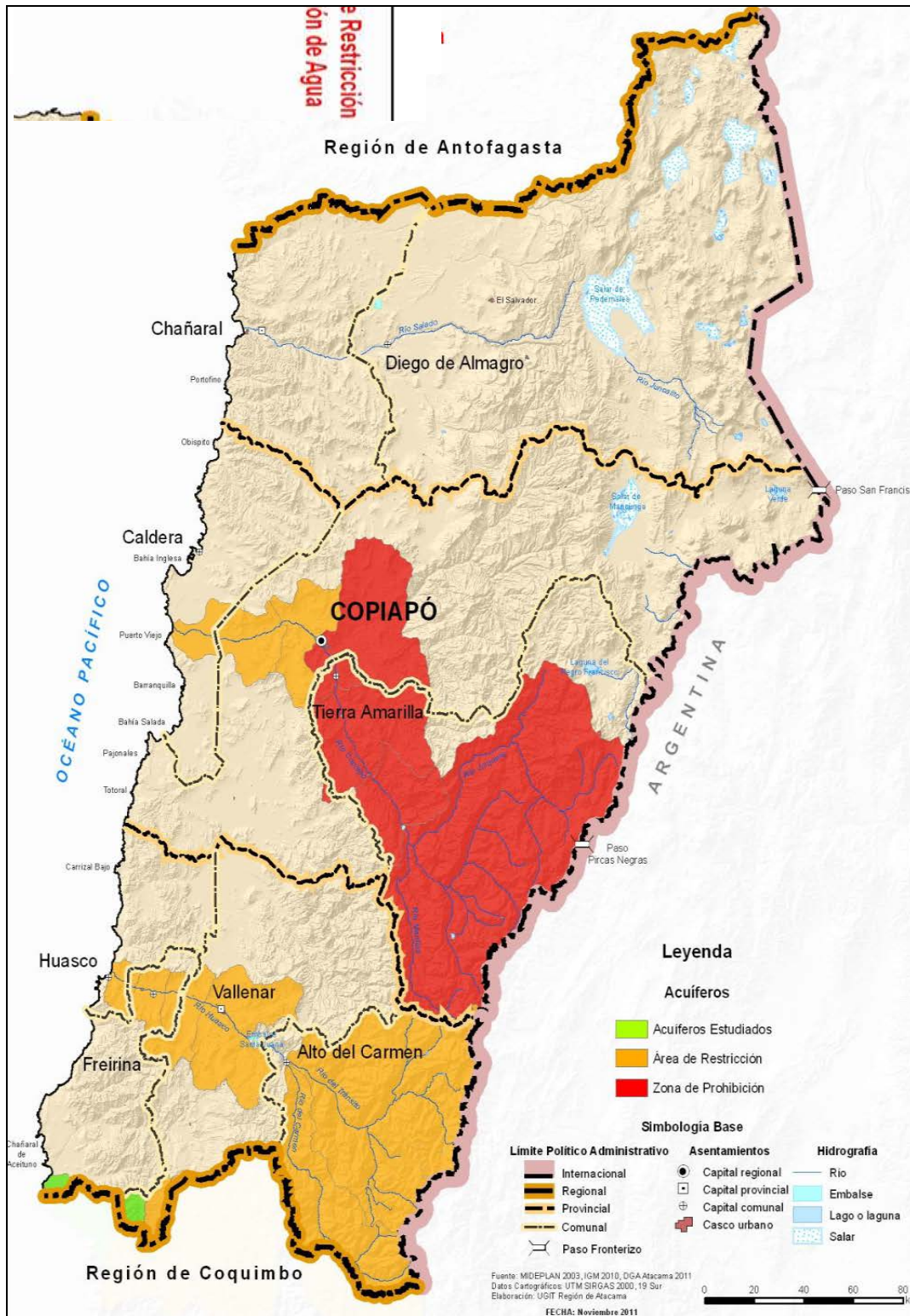
En el siguiente plano se visualizan tanto las zonas de restricción como de prohibición, estas últimas correspondientes al acuífero del río Copiapó, donde se observa que tres de los seis sectores que conforman este acuífero están declarados con prohibición para la extracción de aguas subterráneas, y otros dos con restricción.

<sup>42</sup> Artículo 63, Código de Aguas

<sup>43</sup> Artículo 64° del Código de Aguas. La declaración de área de restricción la efectuará la Dirección General de Aguas a petición de cualquier usuario del respectivo sector, sobre la base de los antecedentes históricos de explotación de sus obras de captación, que demuestren la conveniencia de restringir el acceso al sector (MOP, 2012).

<sup>44</sup> Mediante Resolución DGA N°207, de fecha 26 de octubre de 2009, la que se publicó en el Diario Oficial de fecha 15.12.2009.

Plano con las Áreas de Restricción y Prohibición en la Extracción de Aguas.





# CAPÍTULO 4.

## SISTEMA ANTRÓPICO SOCIEDAD E INFRAESTRUCTURA



## 4. SISTEMA ANTRÓPICO, SOCIEDAD E INFRAESTRUCTURA

### 4.1 AGUA POTABLE E INFRAESTRUCTURA

#### 4.1.1 El Abastecimiento de Agua Potable

Gran parte de las empresas sanitarias han sido traspasadas al sector privado mediante el sistema de concesiones. Al año 2005 el porcentaje de participación en el área urbana de las empresas privadas (u operadas por privados) correspondía al 95,4%, a los municipios el 4,5%, y solo el 0,1% estaban en manos de cooperativas 0,1% (SISS, 2011). En el caso de las áreas rurales, específicamente para aquellas poblaciones concentradas, el abastecimiento de agua potable se realiza mediante el sistema de Agua Potable Rural (APR), los cuales son administrados por diversos comités locales, así como también mediante otro tipo de organizaciones como las cooperativas.

El sector de servicios sanitarios se encuentra regulado por ley, correspondiéndole a la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) la fiscalización en el cumplimiento de las normas referidas a las condiciones de prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado (calidad de servicios, niveles mínimos de inversiones, precios, etc.), y el tratamiento de las aguas servidas así como la correcta aplicación de las tarifas correspondientes, el cumplimiento de los planes de inversión y el respeto a los derechos de los usuarios.

El proceso tarifario está fijado por ley y las variaciones dependen de variables tales como tasa de costo de capital, incorporación de nuevas tecnologías en la producción y tratamiento de las aguas, etc. El precio fijado tiene una duración de 5 años, rigiendo las tarifas actuales desde el 01 de marzo del año 2010 hasta el 28 de febrero del año 2015<sup>45</sup>.

La administración de las concesiones de servicios sanitarios puede implicar el desarrollo tanto de las funciones de tratamiento, producción y distribución de agua potable así como la recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas.

Respecto al proceso de *producción*, éste incluye los siguientes procesos captación, conducción, almacenamiento y tratamiento. En cuanto al proceso de *distribución*, éste corresponde al conjunto de tuberías y accesorios comprendidos entre la planta de tratamiento y las conexiones domiciliarias o grifos públicos. Consta de tubos de distribución, tanques repartidores, pasos de quebrada o río, conexiones domiciliarias con o sin medidores y puede tener sistema electromecánicos de impulsión.

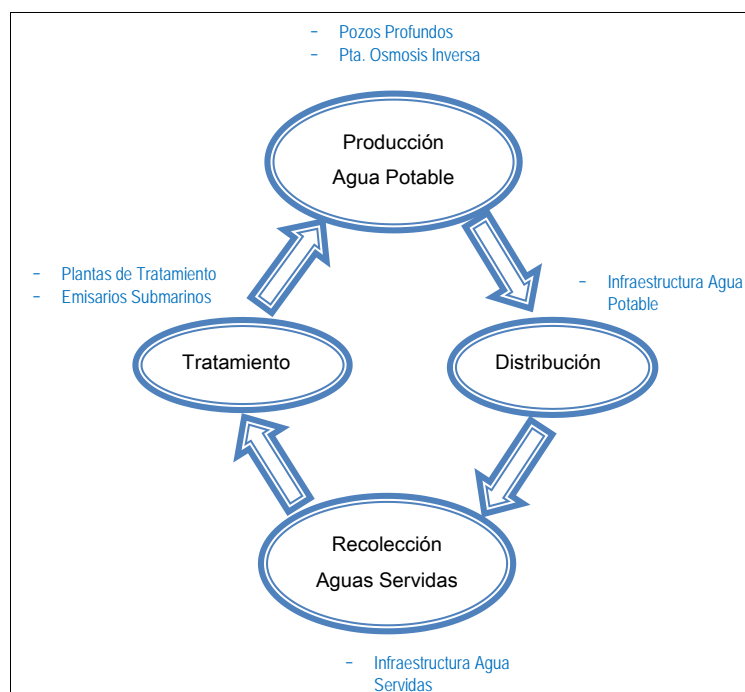
En la región de Atacama la empresa encargada de administrar las concesiones de servicios sanitarios es la empresa Aguas Chañar<sup>46</sup>, la que realiza cuatro operaciones sanitarias, las que

---

<sup>45</sup> <http://www.aguaschañar.cl>

<sup>46</sup> Nació bajo el nombre de "Aguas Norte Grande S.A." y posteriormente en Junta General Ordinaria de Accionistas de fecha 2 de marzo de 2004, reducida a escritura pública e inscrita en el Conservador de Bienes Raíces de Santiago a fojas 6.402 Nro. 4.963 del año 2004, se publicó en el D.O. de fecha 8 de marzo de 2004 bajo el nombre de Aguas Chañar S.A. Es una empresa de carácter monopólico ya que es la única autorizada a desarrollar y prestar servicios sanitarios dentro de la zona de concesión en la región de Atacama

interactúan entre sí. Estas son tratamiento, producción y distribución de agua potable y el tratamiento de aguas servidas (recolección, tratamiento y disposición). Actualmente en la región Aguas Chañar atiende alrededor de 80.500 clientes, beneficiando con ello a más de 267 mil habitantes en toda la Región de Atacama<sup>47</sup>. En la Fig. 14 se muestra el Sistema de Concesiones de Aguas Chañar, la que le permite llevar a cabo los diferentes servicios señalados.



Fuente: Aguas Chañar. Año 2012.

Fig. 14. Sistema de Concesiones Servicios Sanitarios de Aguas Chañar.

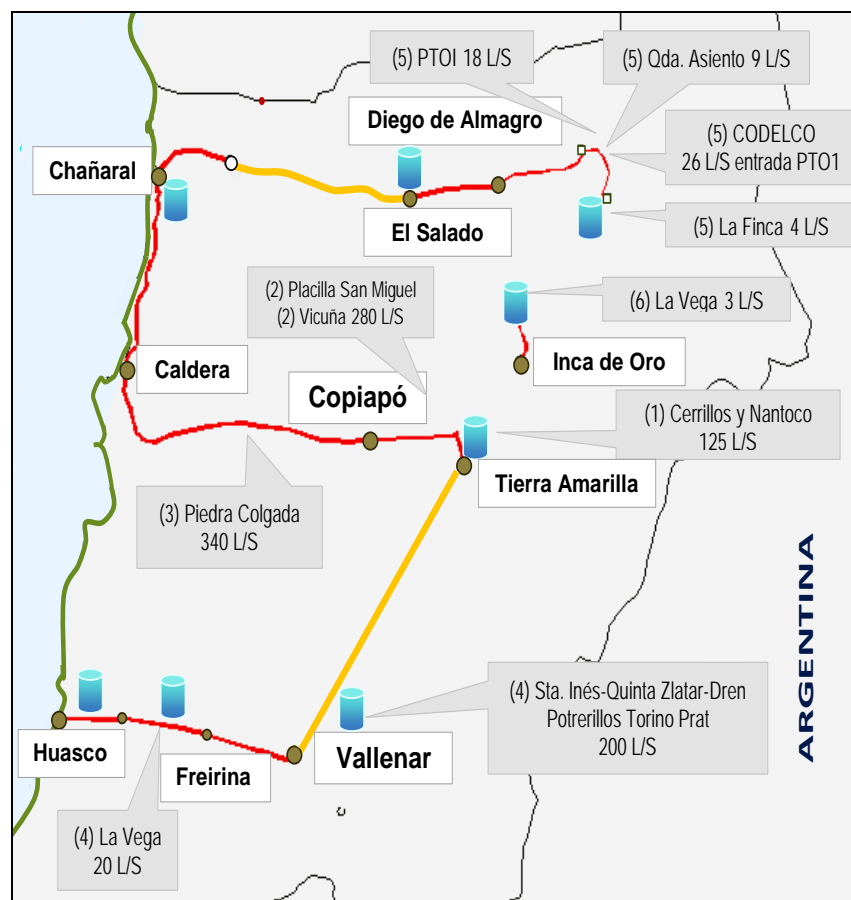
#### a) Sistema de Producción de Agua Potable Áreas Urbanas

La empresa Aguas Chañar se abastece de captaciones subterráneas (sondajes y drenes), caracterizadas por aguas de regular calidad, y una alta cobertura del servicio respecto a la población regional. Cuenta con tres (3) sistemas de producción (Fig. 15):

- *Sistema Huasco – Freirina – Vallenar*: incluye las localidades del mismo nombre y cuenta con dos fuentes de producción, siendo la más relevante la que se localiza en la parte alta de Vallenar (Santa Inés - Quinta Zlatar- Dren Potrerillos - Torino - Prat). El otro sistema está en el sector de Los Choros, en la parte más baja cercano a Huasco y Freirina. Se abastece desde aguas subterráneas del Valle del río Huasco. Se extraen mediante cinco fuentes de los cuales tres sondajes se encuentran ubicados en el recinto Torino, otro denominado sondaje Prat, ubicado al sur poniente del recinto Santa Inés, en la ciudad de Vallenar. Además está la captación superficial ubicada en el recinto Los Choros a 13 km al poniente de Vallenar.

<sup>47</sup> <http://www.aguaschañar.cl>

- *Sistema Diego de Almagro – Inca de Oro – El Salado*: funciona con los pozos de los sectores La Finca, Quebrada y El Asiento. Estas aguas se tratan en una pequeña planta de osmosis inversa (PTOI) que está situada en la zona alta de la comuna de D. de Almagro y abastece de agua potable a esta última localidad y a El Salado. También está el pozo La Vega, el que abastece a la localidad de Inca de Oro.
- *Sistema Copiapó–Caldera–Tierra Amarilla–Chañaral*: es el sistema de producción de agua más grande de la región ya que atiende a las ciudades de Copiapó, Caldera, Tierra Amarilla y Chañaral. Es un sistema único ya que corresponde a una fuente común para las cuatro localidades mencionadas (Tabla N°18).



Fuente: Aguas Chañar, Diciembre 2011

Fig. 15. Localización del Sistema de Producción de AP. Región de Atacama

**Tabla N°18**  
**Producción de AP según Sistema de Producción**

N°	Localidad	Centro de Producción	L/S
(1)	Tierra Amarilla	Cerrillos y Nantoco	125
(2)	Copiapó Oriente Copiapó Poniente	Placilla - San Miguel Vicuña - P. Colgada	280
(3)	Caldera - Chañaral	Piedra Colgada	340
(4)	Vallenar	Santa Inés - Quinta Zlatar Dren Potrerillos - Torino - Prat	200
	Huasco - Freirina	Dren Los Choros	20
(5)	D. de Almagro - El Salado	La Finca	4
		Quebrada El Asiento	9
		Codelco PTOI	26
		PTOI	18
(6)	Inca de Oro	La Vega	3
Capacidad de Producción Total			1.025

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de Aguas Chañar, Diciembre 2011

Al año 2012 la capacidad de producción de agua de la empresa Aguas Chañar es de 1.025 L/S, con la cual se abastece a los inmuebles residenciales de las áreas urbanas de la región.

*i) Sistema de Abastecimiento de Agua Potable (AP)*

El sistema de abastecimiento de agua potable es el conjunto de instalaciones, infraestructura, maquinarias y equipos utilizados para la captación, almacenamiento y conducción de agua cruda; tratamiento, almacenamiento y conducción de agua potable; redes de distribución, arranques de agua potable, incluyendo el medidor de consumo, grifos públicos u otras, que permiten abastecer de agua potable a un núcleo de población determinado.

La empresa Aguas Chañar entrega servicio de agua potable a 10 localidades urbanas de la región, correspondiendo ocho de éstas a ciudades cabeceras de ocho de las nueve comunas que conforman la región. La cobertura promedio de agua potable dentro del Territorio Operacional (TO)<sup>48</sup> alcanza al 99,7%, dándose la mayor cobertura en las localidades de Caldera y Vallenar, con un 100%. En tanto, en las localidades de El Salado, Copiapó, Diego de Almagro y Huasco, la cobertura está por sobre el 99%, mientras que en las localidades de Chañaral, Vallenar, Freirina e Inca de Oro la cobertura está por debajo del 98%, siendo esta última localidad la que presenta la menor cobertura en agua potable.

<sup>48</sup> El TO o área de concesión está definido por Decreto Supremo MOP, y está constituido por las áreas de atención actual más las áreas de expansión posibles de atender de inmediato, condicionadas solamente al plazo técnicamente necesario para la ejecución de las obras requeridas para darles servicio. La empresa sanitaria tiene obligación de entregar servicio solo dentro de su TO. Fuera de éste territorio operacional y fuera del límite urbano la ley entrega la posibilidad de acogerse al Art.52° bis del DFL N°382/88.

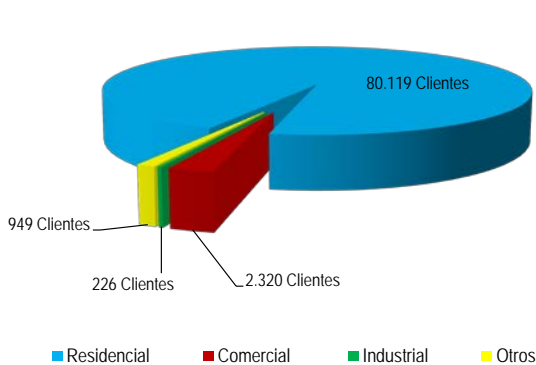
A diciembre de 2011 la población urbana de la región ascendía a los 268.432 habitantes, de los cuales el 99,7% es abastecida con agua potable, las que corresponden a 80.119 clientes residenciales. Aquellos inmuebles residenciales urbanos que no están conectados a la red de AP son 213 inmuebles, lo que representa el 0,26% del total regional. (Tabla N°19).

Tabla N°19  
Localidades Atendidas con Agua Potable (AP)

Localidad	Cientes Residenciales de AP	Inmuebles Residenciales NO Conectados a Red de AP	Total Inmuebles residenciales con AP	Población Urbana Estimada	Población Urbana Abastecida Con AP	Cobertura de AP
Caldera	7.200	1	7.201	17.439	17.436	100,0%
Chañaral	4.162	51	4.213	14.067	13.897	98,8%
Copiapó	45.256	51	45.307	156.160	155.984	99,9%
D. de Almagro	2.647	18	2.665	8.503	8.445	99,3%
El Salado	366	1	367	1.327	1.323	99,7%
Freirina	1.395	15	1.410	4.866	4.814	98,9%
Huasco	2.766	8	2.774	7.992	7.969	99,7%
Inca De Oro	143	6	149	275	264	96,0%
T. Amarilla	2.335	57	2.392	9.528	9.301	97,6%
Vallenar	13.849	5	13.854	48.274	48.257	100,0%
<b>Total</b>	<b>80.119</b>	<b>213</b>	<b>80.332</b>	<b>268.432</b>	<b>267.692</b>	<b>99,7%</b>

FUENTE: Aguas Chañar. Diciembre 2011

Al analizar el tipo de cliente según destino del inmueble se observa que mayoritariamente éstos corresponden a residencial, con el 95,8%, siguiéndole el comercio con el 2,8%, e industrial con solo el 0,3%. El restante 1,1% corresponde a otro tipo de clientes (Fig. 16). En cuanto a los clientes según tipo de servicio, se observa que el 95,1% cuenta con servicio de agua potable y alcantarillado y el 4,9% con servicio solo de agua potable. El número de clientes que disponen solo de alcantarillado llega a menos del 0,01%, lo que lo hace insignificante (Fig.17).



Fuente: Aguas Chañar, Diciembre 2011  
Fig. 16 Clientes Urbanos AP Según Destino del Inmueble

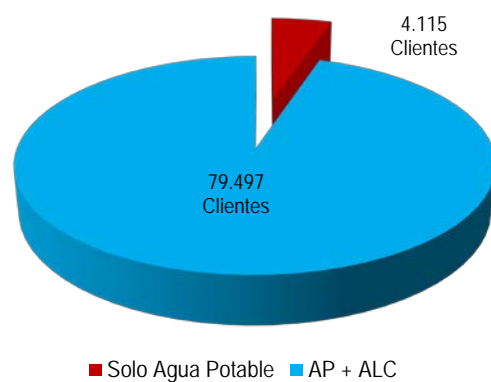


Fig. 17. Clientes Urbanos AP Según Tipo de Servicio

### ii) Sistema de Alcantarillado

Los Sistemas de Alcantarillado poseen cuatro etapas, a saber: recolección, conducción, tratamiento y disposición. La etapa de recolección corresponde a las redes de recolección de aguas servidas, que se emplazan en las vías públicas en cada ciudad; la etapa de conducción corresponde a las tuberías necesarias para transportar las aguas servidas desde la red de recolección hasta la Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), estando conformadas por emisarios terrestres o colectores interceptores; la etapa de tratamiento corresponde a la depuración de las aguas servidas previo a su descarga en los cursos receptores (ríos, esteros, mar); y, la etapa de disposición corresponde a la etapa de descargue de las aguas servidas tratadas a los cuerpos receptores.

En la región de Atacama la cobertura promedio en servicio de alcantarillado es de 95,7%, estando cubierta prácticamente todas las áreas urbanas de la región, salvo la localidad de Inca de Oro, comuna de Diego de Almagro. El total de inmuebles residenciales urbanos en la región asciende a 80.332, de los cuales 95,2% están conectados a la Red de Alcantarillado, reduciéndose solo al 4,8% aquellos inmuebles residenciales de áreas urbanas que no se encuentran conectados a esta red (Tabla N°20).

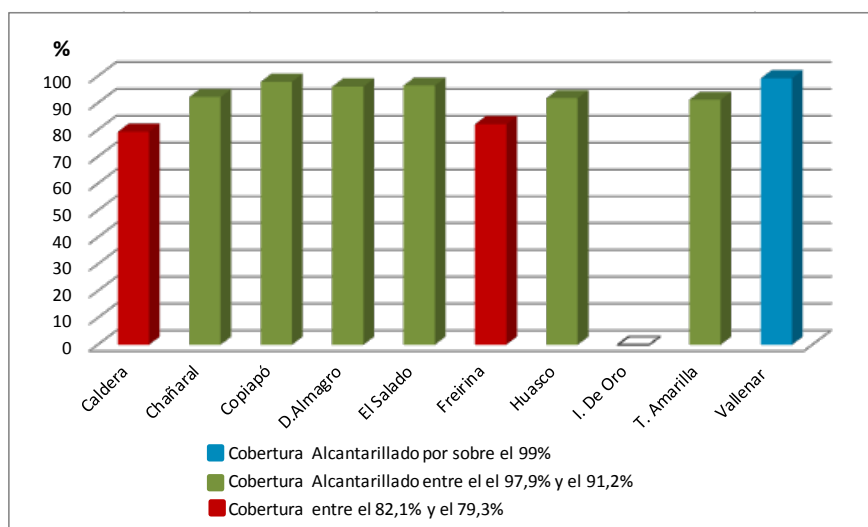
Tabla N°20  
Cobertura Servicio Alcantarillado.  
Región de Atacama

Localidad	Cientes Residenciales de ALC	Inmuebles Residenciales No Conectados a la Red de ALC	Total de Inmuebles Residenciales	Población Urbana Estimada	Población Urbana Saneada ALC	Cobertura de ALC
Caldera	5.709	1.492	7.201	17.439	13.826	79,3%
Chañaral	3.883	330	4.213	14.067	12.966	92,2%
Copiapó	44.348	959	45.307	156.160	152.854	97,9%
D. De Almagro	2.561	104	2.665	8.503	8.171	96,1%
El Salado	354	13	367	1.327	1.280	96,5%
Freirina	1.158	252	1.410	4.866	3.996	82,1%
Huasco	2.546	228	2.774	7.992	7.335	91,8%
Inca De Oro	0	149	149	275	0	0,0%
T. Amarilla	2.182	210	2.392	9.528	8.692	91,2%
Vallenar	13.747	107	13.854	48.274	47.901	99,2%
<b>Región</b>	<b>76.488</b>	<b>3.844</b>	<b>80.332</b>	<b>268.432</b>	<b>257.021</b>	<b>95,7%</b>

FUENTE: Aguas Chañar 2011

El total de clientes residenciales ascienden a 76.488, lo que en términos de población significan 257.021 personas. En cuanto a la cobertura por localidad, se tiene que solo una localidad alcanza una cobertura sobre el 99% (Vallenar), mientras las restantes tienen una cobertura que va desde 97,9% (Copiapó) al 79,3% (Caldera). La única localidad que no cuenta con cobertura de estos servicios es Inca de Oro (Gráfico 16).

Gráfico 16  
Cobertura de Alcantarillado por Localidad



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de Aguas Chañar 2011.

### iii) Sistema de Tratamiento de las Aguas Servidas

La empresa Aguas Chañar es la responsable de otorgar el servicio de tratamiento de aguas servidas en la región. La cobertura de tratamiento de aguas servidas alcanza al 95,7%, dándose la mayor cobertura en la ciudad de Vallenar (99%), presentando las restantes ciudades/localidades una cobertura por debajo del 97,6% (Copiapó), siendo Inca de Oro la única localidad que no cuenta con cobertura de este tipo de servicio (Tabla N°21)

Tabla N°21  
Cobertura de Tratamiento de Aguas Servidas (TAS)

Localidad	Inmuebles Urbanos Cuyas Aguas Servidas Recibe TAS	Total de Inmuebles Residenciales	Población Urbana Estimada	Población Urbana Con TAS	Cobertura TAS
Caldera	5.388	6.881	16.664	13.048	78,3%
Chañaral	3.698	3.860	12.889	12.348	95,8%
Copiapó	43.461	44.545	153.533	149.797	97,6%
D. De Almagro	2.543	2.662	8.493	8.114	95,5%
El Salado	328	340	1.229	1.186	96,5%
Freirina	1.146	1.400	4.831	3.955	81,9%
Huasco	2.543	2.770	7.981	7.327	91,8%
Inca De Oro	0	150	277	0	0,0%
Tierra Amarilla	2.170	2.391	9.525	8.644	90,8%
Vallenar	13.384	13.493	47.016	46.636	99,2%
<b>Total</b>	<b>74.661</b>	<b>78.492</b>	<b>262.438</b>	<b>251.055</b>	<b>95,7%</b>

FUENTE: Memoria Anual Aguas Chañar 2011

El tratamiento de las aguas servidas se realiza mayoritariamente a través de Plantas Tratamiento de Aguas Servida (PTAS), ya que de las nueve ciudades/ localidades atendidas por Aguas Chañar, se

tiene que en siete de éstas opera el sistema de PTAS, mientras que en las restantes dos localidades (Chañaral y Huasco) se utiliza el sistema de emisario submarino. El tipo de tecnología utilizada para el tratamiento de las aguas servidas corresponde en su mayoría a Lodos Activados, utilizándose esta tecnología en 4 de las 9 ciudades/localidades atendidas por Aguas Chañar. En las restantes localidades se utiliza el sistema de Lagunas Aireadas (2); Emisarios Submarinos (2) y tecnología de Lombrifiltro (1). (Tabla N°22).

En cuanto al cuerpo receptor de las aguas tratadas éstas son evacuadas mayoritariamente a cuerpos de agua superficiales, descargándose al mar las aguas tratadas con tecnología de emisario submarino. Sólo en una localidad las aguas tratadas se destinan al riego (áreas verdes).

Tabla N°22  
Sistemas de Tratamiento de Aguas Servidas Autorizados  
(Actualizado a Marzo 2012)

Empresa	Nombre Planta	Localidad que Atiende	Tipo de Tecnología	Cuerpo Receptor	Norma Aplicada Tabla
AGUAS CHAÑAR	ES - Chañaral	Chañaral	Emisario Submarino	Mar	DS 90/00 - Tabla 5
	ES - Huasco	Huasco	Emisario Submarino	Mar	DS 90/00 - Tabla 5
	PTAS - Caldera	Caldera	Lagunas Aireadas	Riego	Riego
	PTAS - Copiapó	Copiapó	Lodos Activados	Río Copiapó	DS 90/00 - Tabla 1
	PTAS - D. Almagro	D. Almagro	Lodos Activados	Río Salado	DS 90/00 - Tabla 1
	PTAS - El Salado	Salado	Lombrifiltro	Río Salado	DS 90/00 - Tabla 1
	PTAS - Freirina	Freirina	Lodos Activados	Río Huasco	DS 90/00 - Tabla 1
	PTAS - T. Amarilla	T. Amarilla	Lodos Activados	Río Copiapó	DS 90/00 - Tabla 1
	PTAS - Vallenar	Vallenar	Lagunas Aireadas	Río Huasco	DS 90/00 - Tabla 1
PTAS Los Loros	Los Loros	Lodos Activados	Río Copiapó	DS 90/00 - Tabla 1	

FUENTE: Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS.

## b) Cobertura de Agua Potable Rural

### i) Sistema de Abastecimiento de Agua Potable Rural (APR)

El Programa de Agua Potable Rural (APR) se inicia el año 1964, y a partir del 2002 es la Dirección de Obras Hidráulicas, del Ministerio de Obras Públicas, el organismo encargado de implementar dicho Programa. El objetivo es “mejorar la calidad de vida de la población en condiciones de pobreza, disminuir la migración del campo a la ciudad, evitando así el aumento de la población en zonas marginales en los grandes centros urbanos, mejorar las condiciones de salud y potenciar el desarrollo social de las localidades en las cuales se ha establecido el servicio”. (DOH, 2012).

La población susceptible de ser atendida por este programa debe cumplir con un conjunto de requisitos básicos, entre los cuales se encuentra la condición socioeconómica, el nivel de concentración de las viviendas y la regularización de éstas, siendo una de las principales características de este programa la participación comunitaria, a través del cual la explotación del servicio de agua potable se entrega a la propia comunidad, contando para ello con la asesoría de Unidades Técnicas, las que cuentan con las competencias necesarias para prestar asistencia



técnica, comunitaria y administrativo-contable a las organizaciones de la comunidad (Comités de A.P.R.), responsables de la administración, operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable rural existentes en la región, promoviendo su autogestión.

ii) Oferta de Servicio para Captación, Aducción y Distribución

Actualmente la región de Atacama cuenta con 37 Sistemas de Agua Potable Rural, distribuidos en 43 localidades rurales, las que administrativamente pertenecen a las provincias de Huasco y Copiapó. La cobertura de agua potable en localidades concentradas alcanza al 100%; en cambio, la cobertura en localidades semiconcentradas<sup>49</sup> llega al 54%, quedando por cubrir algunos sectores de las comunas de Alto del Carmen, Vallenar y Tierra Amarilla (DOH/MOP, 2011). (Tabla N°23).

En términos de arranques hay 4.166 unidades, lo que beneficia aproximadamente a una población de 14.109 habitantes de zonas rurales.

Tabla N°23  
Sistemas de Agua Potable Rural – Región de Atacama

Provincia	Comuna	Sistema APR-DOH Construido	Familias con Servicios	Sistema APR dependientes del MOP
Huasco	Huasco	2	298	0
	Freirina	3	367	1
	Vallenar	9	1.122	0
	A. del	19	1.971	0
Sub-Total		33	3.758	1
Copiapó	Copiapó	2	213	2
	T. Amarilla	2	480	0
Sub-Total		4	693	2
<b>Total</b>		<b>37</b>	<b>4.451</b>	<b>3</b>

Fuente: Dirección de Obras Hidráulicas Atacama, 2011

Las provincias de Copiapó y Huasco son las que cuentan con sistemas de APR, concentrándose mayoritariamente este tipo de servicios en la provincia de Huasco, con el 84,4% del total de familias que cuentan con este sistema de abastecimiento de agua potable a nivel regional. Lo anterior se explica por el hecho de que el 59% de la población rural se localiza en la provincia de Huasco, mientras que el 35,1% en la provincia de Copiapó.

A nivel comunal se observa que la comuna de Alto del Carmen es la que concentra el mayor número de familias que cuentan con los sistemas de APR, alcanzando al 44,3% del total de familias a nivel regional; ello debido a que la totalidad de la población comunal es rural. Le sigue en orden de

<sup>49</sup> Las Localidades Concentradas: 150 habitantes e inferior a 3.000 habitantes y con una concentración superior a 15 viv./km de red. Localidades Semi-concentradas: Población superior a 80 habitantes con 8 viv./km de red)

importancia la comuna de Vallenar con el 25,2%. Luego están aquellas comunas cuyas familias que cuentan con sistemas APR oscilan entre el 10,8 y 4,8%.

La mayoría de los sistemas cuentan con una captación subterránea, la caseta de tratamiento, su línea de impulsión, el estanque de regulación, las líneas de distribución y el conjunto de cámaras de sectorización y control de presiones. Sólo aquellos sistemas que se encuentran en el borde costero, presentan un tratamiento por medio de planta de osmosis inversa, que permite potabilizar el agua con alto índice de sulfatos, cloruros y sólidos disueltos, entre otros elementos dañinos.

#### 4.1.2 Escasez Hídrica: Efectos en la Producción y Abastecimiento de Agua Potable Áreas Urbanas

La escasez hídrica es uno de los principales problemas que enfrenta la Región de Atacama, afectando a los diversos sectores de la economía regional (minería, agricultura, industria), así como a la población, en cuanto a calidad, cantidad y continuidad del servicio.

Al respecto, es la misma empresa Aguas Chañar en su Memoria del año 2011 señala que este último año fue difícil debido precisamente a la escasez hídrica, donde esta empresa debió realizar “grandes esfuerzos físicos y económicos para contrarrestar el fuerte descenso de los niveles de los pozos y sondajes de producción de agua potable”<sup>50</sup>.

Lo anterior obligó a Aguas Chañar a anticipar las inversiones contempladas para los años 2012-2014 en lo que respecta a la construcción de pozos y sondajes, en la cuenca del Río de Copiapó (sectores 3 y 5), así como el reforzamiento de conducciones, impulsiones y redes para mantener y mejorar los sistemas de producción y distribución<sup>51</sup>. Al respecto, una de las medidas adoptadas por Aguas Chañar durante el año 2011 – a fin de asegurar el abastecimiento de agua potable así como atender nuevos requerimientos –, fue la construcción de pozos, aducciones y plantas elevadoras para llevar agua a la ciudad de Copiapó a 20 Km de distancia. Para la distribución del agua potable fue necesario construir y reforzar las impulsiones, aducciones y redes, y construir una *planta elevadora de agua potable*<sup>52</sup>.

Al año 2011-2012 los pozos que abastecían a Tierra Amarilla y Paipote se secaron, contándose a la fecha con 3 pozos que permiten el abastecimiento de agua para este sector. Respecto de Copiapó, que se alimenta de los sectores Rosario–El Palomar, se ha visto mermada la producción de agua; de hecho, el año 2011 se perforó a 170 metros de profundidad y no se obtuvo agua. Los pozos que aún están en funcionamiento entregan aguas pero operan básicamente de apoyo. Hoy en día la producción más importante de agua potable proviene del sector de Piedra Colgada y que

<sup>50</sup> Memoria Anual Aguas Chañar Año 2011.

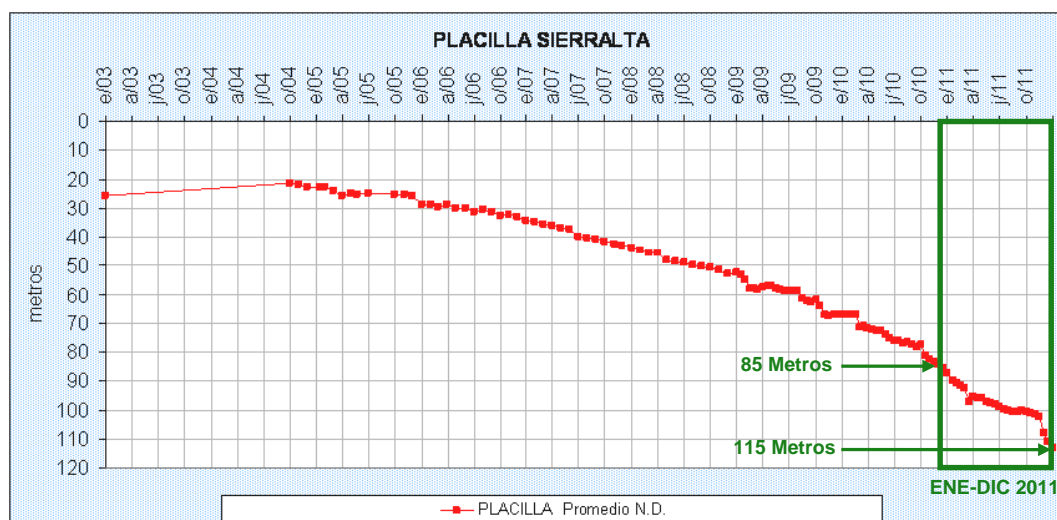
<sup>51</sup> De hecho la empresa creó un área de Producción e Inversiones para planificar los próximos 5 años bajo diferentes escenarios. Memoria Año 2011

<sup>52</sup> Según se indica en la MEMORIA Año 2011, la inversión en este concepto fue de más de 7.000 millones de pesos

corresponde a una planta nueva de producción, la que abastece a Tierra Amarilla y Copiapó y también a Caldera y Chañaral<sup>53</sup>.

La situación que afectó a estos pozos – y con ello la producción de agua potable – no fue prevista a pesar de los diversos estudios realizados, los que apuntaban precisamente a analizar la capacidad y comportamiento de las fuentes las aguas. Se debe tener presente que la producción de agua potable para estas cuatro localidades se realiza exclusivamente con aguas subterráneas. Todos los estudios proyectaban que al año 2011 se mantendría la tendencia que se venía dando en los años inmediatamente anteriores; sin embargo, en el transcurso de este último año se produjo un importante descenso de las aguas de aproximadamente 20 metros. Todos los estudios realizados a la fecha no fueron capaces de predecir este descenso tan significativo que experimentaron las napas a fines del año 2011.

Al observar evolución de los pozos desde el año 2003 en adelante se constata que se da un descenso paulatino pero constante de las napas subterráneas en el sector 4, específicamente en el sector Placilla Sierralta, donde Aguas Chañar profundizó y construyó 12 pozos. Actualmente operan sólo 3. En el caso del pozo 12 éste fue perforado a 187 metros de profundidad a principios del año 2011 y nunca entregó agua. (Fig. 18). Ello lleva a Aguas Chañar a solicitar en varias oportunidades a la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) que declare la situación que afecta a estos sectores como de fuerza mayor.



FUENTE: Aguas Chañar 2012

Fig. 18. Descenso de los Niveles de los Pozos de Aguas Chañar. Región de Atacama

<sup>53</sup> Al año 2006, en lo que atañe a la producción de agua potable para las localidades de Tierra Amarilla, Copiapó, Caldera y Chañaral la situación era la siguiente: el sector de Tierra Amarilla contaba con cuatro pozos que abastecían a esta última localidad y a Paipote; el sector de Rosario–El Palomar contaba con tres pozos y el sector de M. Rodríguez con ocho pozos, de ambos se abastecía a la ciudad de Copiapó; y el sector de Vicuña disponía de cinco pozos, desde donde era conducida el agua hasta Caldera y Chañaral por dos aducciones independientes.

Teniendo presente, por una parte, que el Territorio Operacional (TO)<sup>54</sup> está constituido por aquellas áreas que actualmente son atendidas por la empresa sanitaria, más aquellas áreas de expansión posibles de atender de inmediato (estando estas últimas condicionadas solamente al plazo técnicamente necesario para la ejecución de las obras requeridas para darles servicio), y por otra que la empresa sanitaria tiene la obligación de entregar servicio solo dentro de su TO<sup>55</sup>, la empresa Aguas Chañar ha señalado que actualmente no es posible ampliar el TO de los sistemas Copiapó-Tierra Amarilla y Caldera-Chañaral, por cuanto no es posible asegurar las fuentes de producción en el tiempo.

A fin de enfrentar la situación descrita Aguas Chañar dio inicio a la ejecución obras que permitieran mejorar la capacidad de producción así como también la calidad del agua potable ya que las fuentes de agua empeoraron su calidad, situación que tampoco estaba prevista en los diseños originales y en los planes de inversiones.

Respecto a la calidad del agua potable, según los resultados del estudio de percepción de los clientes de la calidad de servicio de Aguas Chañar (SISS, 2012)<sup>56</sup>, se tiene que dentro de los atributos del agua potable aquellos que fueron calificados bajo la nota 4, en una escala de 1 a 7, son: producción de sarro (88%), sabor del agua (77%), confianza respecto del agua que se bebe (76%), que no afecte la salud (74%), transparencia (69%) y olor (68%).

Las conclusiones del estudio de percepción señalan que el promedio de satisfacción general respecto del servicio otorgado por Aguas Chañar es de 4.3, bajando 6 décimas con respecto del año 2010. De hecho, Aguas Chañar se encuentra entre las 3 empresas sanitarias peor evaluadas durante 2011 y tiene la mayor caída en satisfacción general, siendo uno de los atributos peor evaluados la presencia de sarro o arena en el agua.

El servicio de alcantarillado es mal evaluado principalmente por el precio, el tratamiento de las aguas servidas y la presencia de malos olores. De hecho, el 33% de los clientes de Aguas Chañar señaló que en el último año la red de alcantarillado se rebalsó o ha presentado mal olor.

El hecho de no poder asegurar las fuentes de producción de agua potable en el tiempo así como el empeoramiento de calidad del agua obliga a la empresa Aguas Chañar a acelerar inversiones y a ejecutar inversiones que no estaban previstas en el corto plazo, como es el caso de la planta de osmosis inversa en el sector de Placilla Sierralta.

Lo anterior significó un monto de inversiones del orden de 14 mil millones de pesos durante el año 2011 (Agua Potable y TAS), lo que sitúa a esta empresa sanitaria en el cuarto lugar a nivel nacional

---

<sup>54</sup> el TO o área de concesión está definido por Decreto Supremo MOP

<sup>55</sup> Fuera del territorio operacional y fuera del límite urbano la ley entrega la posibilidad de acogerse al Art.52° bis del DFL N°382/88

<sup>56</sup> El objetivo del estudio fue establecer la evaluación que hacen los clientes del sector sanitario de la calidad del servicio que presta la empresa sanitaria. El estudio fue realizado en los meses de marzo y abril de 2012, y fueron encuestadas un total de 391 personas de las comunas de la Caldera, Chañaral, Copiapó y Vallenar.

de inversiones para el mejoramiento del servicio; ello a pesar de ser una de las empresas sanitarias más pequeñas a nivel país ya que sólo atiende a 86.000 clientes, pasando a ser una de las compañías que más invierte en Chile al considerar inversiones por cliente.

#### a) Actual Situación de Producción y Abastecimiento de Agua Potable<sup>57</sup>

La situación de abastecimiento para las zonas de Vallenar, Huasco, Freirina, Diego de Almagro, Salado e Inca de Oro, permiten el crecimiento sin restricciones. En el caso de Copiapó, Tierra Amarilla, Caldera y Chañaral:

- Los descensos continuos de las napas en el sector 4 han generado el cierre de pozos obligando a la empresa a construir nuevas fuentes. Se han redistribuido los sistemas productivos y optimizado los recursos hídricos disponibles de la cuenca de Copiapó.
- Aguas Chañar debió recurrir a dos sectores (3 y 5) para abastecer consumo humano, con obras en producción que sobrepasan los 7 mil millones de pesos para los años 2011-2012. Debido a estas inversiones y a las obras realizadas en el periodo señalado esta zona dispone hoy día de agua para uso y consumo humano.
- Actualmente se están llevando a cabo nuevas inversiones estimada de \$2.500 millones, las que estarán listas en septiembre del año 2012.

#### • Soluciones en el Mediano Plazo

La empresa Aguas Chañar ha señalado que para el futuro la opción más segura de abastecimiento de agua potable para la población es la desalinización de agua mar, mediante plantas desaladoras. Este plan ya ha sido presentado a las autoridades de la región y podría estar en funcionamiento en el año 2017.

La Desalinización de aguas salobres es una técnica que podría generar condiciones de habitabilidad algunas áreas pobladas en el sector sur de la comuna de Copiapó así como en otros sectores costeros ya que permitiría dotar de suministro de agua potable.

#### b) Nuevas Demandas de Abastecimiento de Agua Potable en la Ciudad de Copiapó

Los decretos de concesión tienen asociada su fuente de concesión. En relación a los decretos y planes de desarrollo vigentes, actualmente Aguas Chañar no puede solicitar divisiones de territorios porque bajo la fuente de concesión actual y bajo sus planes de desarrollo vigentes no puede asegurar la fuente de producción en términos administrativos, no así en términos prácticos ya que desde este punto de vista sí se puede asegurar el abastecimiento de agua dado la ejecución de las obras realizadas en el año 2011 y lo que va del año 2012.

---

<sup>57</sup> Información entregada por la Empresa Aguas Chañar. Año 2012

¿Por qué vigentes no se puede asegurar la fuente de producción en términos administrativos? Porque la SISS solicita asegurar el abastecimiento de agua por un periodo de cinco años que para poder solicitar la ampliación del TO. Un ejemplo de lo anterior es que durante el año 2010- 2011 Aguas Chañara solicitó la ampliación de tres grandes sectores: La Chimba (382 viviendas), El Palomar (730 viviendas) y Rosario (243 viviendas), las cuales fueron desestimadas debidamente a que esta empresa no puede asegurar el abastecimiento de agua en términos administrativos.

No obstante aquello el proyecto inmobiliario que se está desarrollando en el sector de La Chimba igual cuenta con servicio sanitario ya que éste se ejecutó y se entregaron las viviendas y hoy en día los clientes cuentan con servicios de manera regular.

Hoy en día Aguas Chañar está evaluando tres grandes proyectos fuera del TO de la ciudad de Copiapó, pero dentro del límite urbano, actualmente se están evaluando los siguientes proyectos de viviendas:

- Tres proyectos a desarrollarse en el sector norte de la ciudad, con un total de 12.500 viviendas en un plazo de cinco años.
- Un proyecto en la zona alta con 2.500 viviendas en un plazo de cinco años.
- Tres proyectos menores con 2.000 viviendas en un plazo de tres años.

De acuerdo a estos proyectos se tiene que en términos de inmuebles residenciales se tiene proyectado en un plazo de cinco años la construcción de 17 mil nuevas viviendas, lo que implica dar cobertura a aproximadamente 57 mil habitantes.

La infraestructura sanitaria que se requiere para que estos proyectos puedan tener servicios sanitarios es de alrededor de MM\$5.500. La figura que está manejando Aguas Chañar es mediante un convenio de prestación de servicios que establece ciertas condiciones que deben cumplir tanto la empresa sanitaria como el ente urbanizador. Hay una propuesta de financiamiento que estas obras puedan desarrollarse y es que los fondos sean aportados por el ente urbanizador o por la empresa sanitaria, pudiendo ser también aportados por ambos, o con financiamiento del Gobierno Regional, siendo esta última alternativa una figura que hay que estudiar.

Es por ello que esta empresa sanitaria ha definido y establecido una fórmula que no atente contra el desarrollo en Copiapó, teniendo en consideración:

- Convenio prestación de servicios.
- Financiamiento de las obras anexas por parte del privado y/o mixta.
- Operación y mantención de la nueva infraestructura generada
- Incorporar al TO, cuando las condiciones lo permitan
- Tarifas relacionadas a los grupos tarifarios vigentes, según corresponda.

## 4.2 AGUA Y MINERÍA

La economía regional, según aporte al Producto Interno Bruto (PIB) se sustenta en la minería, lo que la define como una región sustancialmente minera, principalmente en la explotación cuprífera, lo que la condiciona a los vaivenes del mercado mundial del cobre. Efectivamente, el sector productivo más importante a nivel regional es la minería, siendo el que realiza el mayor aporte al PIB regional. El año 2005 fue sin contrapeso la actividad que tuvo la mayor participación en el producto interno, alcanzando ésta al 39,5%, siguiéndole a distancia los sectores Servicios Financieros y Empresariales y Servicios Personales, con el 9,7% y 8,9%, respectivamente; más atrás los sectores de la Construcción, con el 6,8%, Comercio, Restaurantes y Hoteles, con el 6,6%, y Transporte y Comunicaciones, con el 6,1%.

El año 2011, la participación de los distintos sectores económicos experimenta cambios significativos, lo que indica que Atacama es una región con un fuerte dinamismo de su economía. Efectivamente, el sector de la Minería incrementa su participación en el PIB regional en 8.1 puntos porcentuales, aportando el 47,6%. Otro sector que eleva sustantivamente su participación en el PIB es el sector de la Construcción, teniendo una participación del 22,6%, lo que significa que este sector incrementó su participación en 15.8 puntos porcentuales. Una de las razones que explicarían este aumento significativo de este último sector es el fuerte crecimiento que ha experimentado la minería entre los años 2005-2011, la que ha generado un mayor desarrollo en aquellas empresas proveedoras y de servicios para la minería, así como también un aumento significativo de la población para satisfacer la demanda de mano de obra, las que a su vez demandan proyectos relacionados con el sector de la Construcción (habitacionales, oficinas, hoteles, entre otros).

Muestra de este fuerte dinamismo del sector minero, se ve reflejado en las inversiones efectuadas el año 2012, alcanzado éstas a US\$ 3.263 millones, proyectándose para el año 2013 una inversión de US\$ 4.288 millones, lo significa un mayor crecimiento, del orden del 31%, respecto del año anterior. En cuanto al sector de la construcción se tiene que el índice regional – que mide empleo sectorial y permisos de edificaciones y consumo de cemento<sup>58</sup>– muestra que el año 2012 la región ocupó el primer lugar a nivel nacional, arrojando un porcentaje acumulado de 25,6%. Como consecuencia de lo anterior, la ciudad de Copiapó, en materia de inversión inmobiliaria, espera materializar una inversión de US\$ 176 millones el año 2013<sup>59</sup> (Cuenta Pública Año 2013).

Este fuerte dinamismo de la minería también se ha visto reflejado en la demanda de agua, ya que dentro de los usos consuntivos (que extraen o consumen el agua), se tiene que al año 2007 el sector minero demandaba el 9,8% del total del agua destinada a uso consuntivo nivel regional. De acuerdo a las estimaciones de la demanda futura de agua (DGA, 2007), se observa que, en términos relativos, el sector minero es el que experimenta el mayor aumento en la demanda de agua al año

---

<sup>58</sup> INACOR, Año 2012

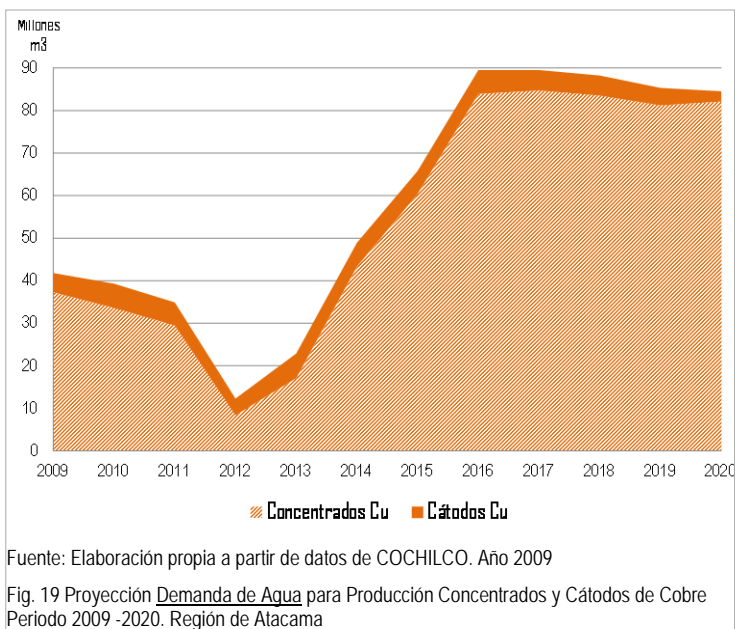
<sup>59</sup> Estas inversiones contemplan cinco megaproyectos para el sector comercio y 23 proyectos inmobiliarios, todos ellos en la comuna de Copiapó.

2017, incrementándose ésta en 10.5 puntos porcentuales respecto de la demanda actual, representando el 20,3% del total de la demanda de agua a nivel regional proyectada a 10 años. Para más detalle sobre el uso del agua en la minería ver Cap. 3, acápite 3.1.1.

El agua que utiliza la minería del cobre se destina principalmente en los procesos tradicionales de concentración por flotación, en la fusión y electro-refinación, y en el proceso hidro-metalúrgico en la lixiviación, extracción por solventes y electro-obtención. El agua utilizada es "fresca", a fin de reponer las pérdidas producidas en el proceso de producción.

De acuerdo a lo señalado por la Comisión Chilena del Cobre (Cochilco), la industria minera del cobre nacional ha mejorado la eficiencia en el consumo de agua, ya que en promedio el consumo de agua fresca en el proceso de concentración se ha reducido desde 1,1 a 0,79 m<sup>3</sup>/ton mineral tratado, habiéndose también reducido el consumo de agua en el procesamiento por la vía hidro-metalúrgica, pasando desde 0,30 a 0,13 m<sup>3</sup>/ton mineral en el período 2000 al 2006 (Cochilco, 2009).

Cochilco realizó una proyección del consumo de agua que efectúa la minería del cobre tanto para la producción de concentrados como de cátodos de cobre (SX-EW)<sup>60</sup>, para el periodo 2009-2020, desde la I a la VI Región –incluida la Región Metropolitana–, sobre la base de los antecedentes públicos disponibles, construyéndose para ello un escenario base de demanda de agua fresca por parte de la minería del cobre para la producción de concentrados de cobre y para la producción de cátodos SX-EW. Se consideró para tal efecto la puesta en marcha de las plantas desalinizadoras de los proyectos Escondida (Región de Antofagasta) y El Morro (Región de Atacama), para abastecer de agua fresca a la producción de ambos proyectos<sup>61</sup>(Fig. 19).



En términos generales, la mayor demanda de agua fresca es para la producción de concentrados de cobre, volumen que es significativamente mayor que aquel requerido para la producción de cobre a

<sup>60</sup> El cobre se obtiene a partir de dos tipos de minerales: sulfuros y óxidos o minerales lixiviables. Los minerales sulfurados de cobre se someten a molienda, concentración, fundición y electro-refinación para obtener un cátodo electrorefinado (cátodo ER). Esto se denomina procesamiento pirometalúrgico. La recuperación de cobre a partir de minerales oxidados se hace a través de la vía hidrometalúrgica que incluye los procesos de lixiviación, extracción por solvente y electroobtención (SX-EW). COMISIÓN CHILENA DEL COBRE. "Gestión del Recurso Hídrico y la Minería en Chile", Sep.2009. Pág. 6.

<sup>61</sup> COMISIÓN CHILENA DEL COBRE. "Gestión del Recurso Hídrico y la Minería en Chile", Sep.2009. Pág. 9.



partir de minerales lixiviables, lo que se debe fundamentalmente a dos factores, a saber: a que el consumo unitario promedio para producir concentrados (0,79 m<sup>3</sup>/ton mineral) es alrededor de 6 veces más que el de la línea hidrometalúrgica (0,13 m<sup>3</sup>/ton mineral), y por otra, las proyecciones de producción de cobre indican que la producción de cobre fino contenido en concentrados es también bastante superior a la de los recursos lixiviables (Cochilco, 2009).

En el caso de la Región de Atacama, para el estudio mencionado, se consideraron 11 faenas mineras, de las cuales tres participan tanto en la producción de concentrados de cobre como cátodos de cobre (SX-EW), siendo éstas minera Salvador, D. de Almagro y Caserones. Del resto de las ocho faenas, se tiene que tres de ellas producen concentrados de cobre y cinco cátodos de cobre. Respecto del estado de operación, de las de las 11 faenas mineras siete se encuentran en operación y cuatro corresponde a nuevos proyectos.

Respecto al consumo de agua, se observa que éste es notoriamente mayor en aquellas faenas que producen concentrados de cobre, siendo la minera Salvador la que demanda el mayor volumen de agua (2,07 m<sup>3</sup>/ton), siguiéndole en orden de importancia la minera Ojos del Salado (1,96 m<sup>3</sup>/ton). (Tabla N°24). Para el caso de las faenas mineras orientadas a la producción de cátodos de cobre se tiene que la demanda de agua está muy por debajo de aquellas faenas destinadas a la producción de concentrados, siendo las mineras Salvador y Manto Verde las que demandan el mayor volumen de agua para sus operaciones, las que prácticamente duplican en demanda de agua al resto de las faenas mineras dedicadas a la producción de cátodos

**Tabla N° 24**  
**Lista de Faenas Mineras Involucradas en el Estudio de COCHILCO. Año 2009.**  
**Región de Atacama**

Faena Minera	Operador	Estado de Operación	Consumo Unitario (M3/T)
<b>Producción Concentrados</b>			
1. Salvador	Codelco Chile	En operación	2,07
2. Candelaria	Freeport Mc Moran	En operación	0,31
3. Ojos del Salado	Freeport Mc Moran	En operación	1,96
4. Cerro Casale	Barrick	Nuevo Proyecto	0,79
5. Diego de Almagro	Cerro Dominador	Nuevo Proyecto	0,79
6. Caserones	Pan Pacific Copper	Nuevo Proyecto	0,79
<b>Producción Óxidos</b>			
1. Manto Verde	Anglo American Chile	En operación	0,20
2. Dos Amigos	EMIN	En operación	0,13
3. Salvador	Codelco Chile	En operación	0,25
4. Salado y Vallenar	ENAMI	En operación	0,13
5. Punta del Cobre	Punta del Cobre	En operación	0,13
6. Diego de Almagro	Cerro Dominador	Nuevo Proyecto	0,13
7. San Antonio Óxidos	Codelco Chile	Nuevo Proyecto	0,13
8. Caserones	Pan Pacific Copper	Nuevo Proyecto	0,13

Fuente: COCHILCO. Año 2009.

En el caso de la Región de Atacama, se tiene que el 91,8% del total de agua que se demanda en el periodo 2009–2020 es para la producción de concentrados de cobre, mientras que el restante 8,2% se utiliza para la producción de cobre a partir de minerales lixiviables.

#### 4.2.1 Demanda de agua estimada para la producción de concentrados de cobre, según regiones

En términos generales, al año 2017 las mayores demandas de agua fresca para la producción de concentrados de cobre se darán en la región de Antofagasta; sin embargo, a partir del año 2018 se estima que la mayor demanda la hará la región de Valparaíso, quien liderará el consumo de agua hasta el año 2020, seguida por la región de Atacama (Tabla N°25).

Tabla N°25  
Proyección de Demanda de Agua para la Producción de Concentrados de Cobre en Chile.  
Período 2009-2020. (Millones de m<sup>3</sup>)

Región	Años											
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Tarapacá	38,6	41,6	42,5	37,5	44,7	46,3	49,4	63,9	73,4	80,3	82,6	79,5
Antofagasta	90,5	100,2	96,7	91,9	86,6	81,7	121,5	120,9	110,2	80,9	79,7	77,3
<b>Atacama</b>	37,3	33,6	29,5	8,4	17,1	43,3	60,4	83,9	84,7	83,5	81,2	82,1
Coquimbo	17,8	33,3	41,6	43,8	43,3	42,7	41,9	41,9	41,9	41,9	41,2	41,2
Valparaíso	27,9	30,5	35,5	37,9	37,3	34,1	55,2	83,6	86,1	99,0	109,1	103,1
Del Libertador	65,0	67,0	67,9	73,6	74,6	73,8	71,4	67,1	62,5	63,8	64,2	65,7
RM	21,4	19,6	19,6	21,1	35,3	38,2	41,1	41,0	41,0	38,8	38,8	38,8
Varios	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3
<b>Total</b>	<b>311,8</b>	<b>339,2</b>	<b>346,6</b>	<b>327,6</b>	<b>352,1</b>	<b>373,3</b>	<b>454,1</b>	<b>515,6</b>	<b>513,1</b>	<b>501,6</b>	<b>510,1</b>	<b>501,1</b>

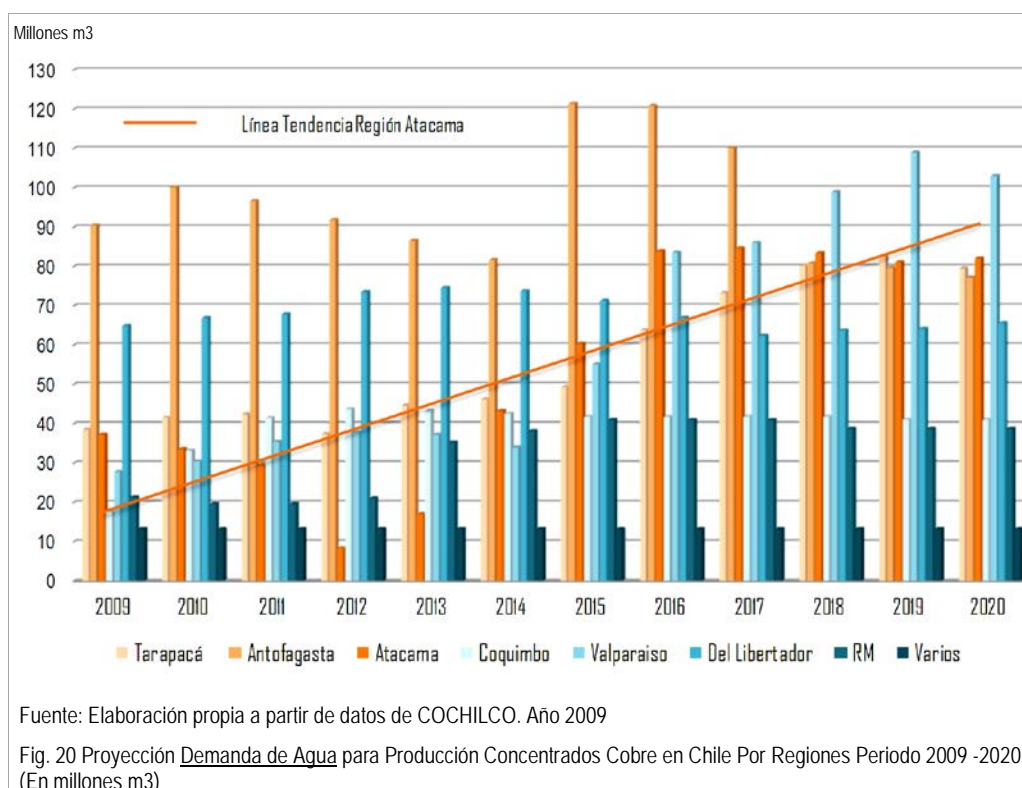
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de COCHILCO. Año 2009.

De acuerdo al mismo estudio, se proyecta que al año 2020 la demanda de agua crecería en todas las regiones del país, a excepción de la Región de Antofagasta, donde la demanda cae respecto a la demanda de agua actual, y en la Región Del Libertador, la que mantendría la demanda de agua al mismo nivel de la demanda actual. Respecto del consumo de agua para la producción de concentrados en el periodo 2009-2020 aumentaría en más de 189,3 millones de m<sup>3</sup> respecto al consumo actual, significando un aumento del 60,7%

En el caso de la región de Atacama se observa que entre el año 2009 al 2012 hay una disminución gradual en la demanda de agua, caída que se basa principalmente en la estimación de una menor proyección de producción de concentrados por parte de Candelaria, Salvador, y Ojos del Salado, en consecuencia se requeriría un menor consumo de agua fresca. Respecto del año 2012 en cuanto la baja demanda de agua fresca, según las proyecciones de COCHILCO, esta fuerte reducción se debería principalmente al cierre de Codelco Salvador y, en menor medida, al cese de producción de Minera Ojos del Salado, asumiéndose que esta sería el año 2011. Se estima que Minera Candelaria sería el mayor productor de concentrados de cobre hasta el 2013. Esta empresa minera cuenta con

un sistema altamente eficiente en el manejo del agua, lo que le ha permitido alcanzar un alto grado de eficiencia en el consumo de agua fresca en el proceso de concentración<sup>62</sup> (COCHILCO, 2009).

En términos más específicos, Atacama es la única región que experimenta un fuerte crecimiento en la demanda de agua a partir del año 2013, ya que respecto del año anterior la demanda se incrementa en 103,5%; respecto del año 2014 en 415%; respecto del 2015 en 619%; respecto del 2016 en 898%; y respecto del 2017 en 908%, alcanzado este último año la máxima demanda de agua. A partir del año 2018, según las estimaciones de la demanda futura, la demanda de agua tiende a mantenerse sobre los 80 millones/m<sup>3</sup>. (Fig. 20)



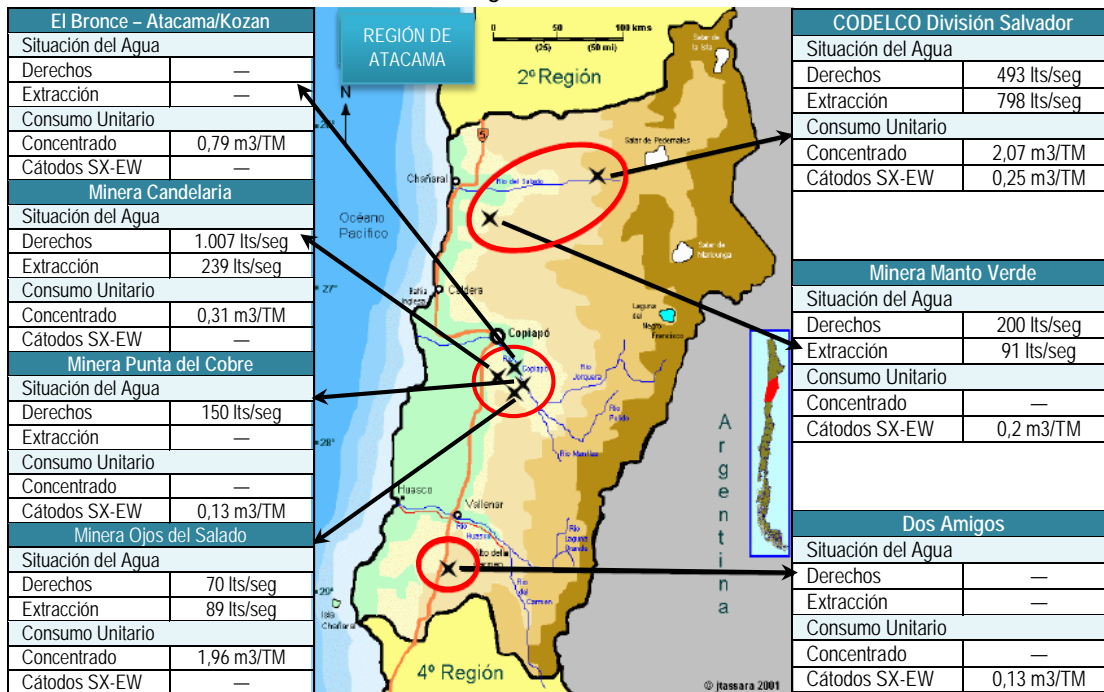
Al año 2020 tendrá un consumo de agua de 44,8 millones de m<sup>3</sup> más que en el año 2009, es decir habrá un aumento del 120%. Esto se debería principalmente a que en la región de Atacama el año 2015 podrían estar en operación dos proyectos importantes, además de Candelaria, a saber: Cerro Casale y Caserones, la que podría estar operando a plena capacidad también a partir del 2014<sup>63</sup>.

Otro aspecto relevante es que Atacama ocupa durante tres años el segundo lugar en cuanto a demanda de agua fresca para para la producción de concentrados de cobre, situándose el año 2016 después de la Región de Antofagasta, y en el año 2018 y año 2020 después de la región de Valparaíso.

<sup>62</sup> Con una tasa de 0,31 m<sup>3</sup>/ton mineral tratado de agua fresca en el año 2008. Fuente: Minera Candelaria

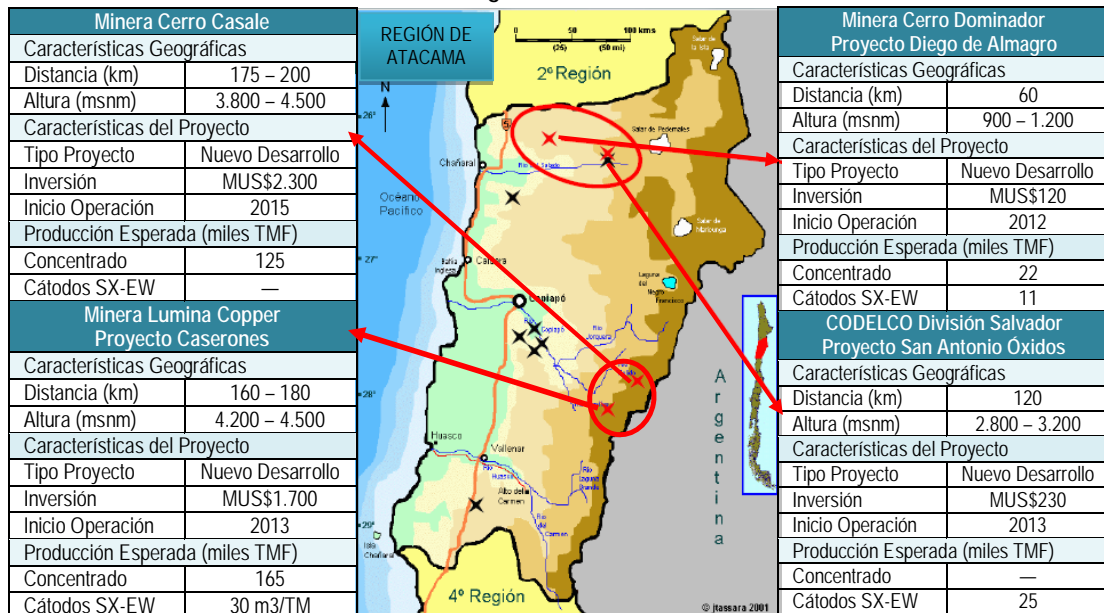
<sup>63</sup> Cabe señalar al respecto que Cerro Casale y Caserones son proyectos de baja ley por tanto, requieren tratar una mayor cantidad de mineral para la obtención de una misma cantidad de cobre comparado con operaciones de mayor ley del mineral. COCHILCO 2009.

Consumo de Agua Minería del Cobre  
Región de Atacama



FUENTE: "Consumo de Agua en la Industria Minera Chilena Situación Actual y Proyecciones". Comisión Chilena del Cobre. Año 2008.

Proyectos de Inversión Minería del Cobre.  
Región de Atacama



FUENTE: "Consumo de Agua en la Industria Minera Chilena Situación Actual y Proyecciones". Comisión Chilena del Cobre. Año 2008.

A nivel nacional, en el período 2009-2020 se proyecta que el consumo total de agua para la producción de concentrados aumentaría en más de 189,3 millones de m<sup>3</sup> respecto al consumo actual, lo que significaría un incremento del 60,7% (COCHILCO, 2009).

Respecto de los requerimientos hídricos de algunos de los proyectos por desarrollarse en la región, están los siguientes (MOP, 2012):

- *Proyecto Caserones*: suministro de agua desde fuentes subterráneas de la zona alta de la cuenca del Río Copiapó, a razón de 500 lts/seg., durante 26 años.
- *Proyecto Cerro Casale*: suministro agua desde fuentes subterráneas del altiplano cordillerano, en el sector de Piedra Pómez y Barrancas Blancas, a razón de 900 lts/seg., durante 18 años.
- *Proyecto Reinicio y Expansión Lobo Marte*: suministro de agua desde la cuenca endorreica del Salar de Maricunga a partir de fuentes de aguas subterráneas, a razón de 70 lts/seg., durante 13 años.
- *Proyecto Cerro Negro Norte*: suministro de agua desde la zona media baja de la cuenca del río Copiapó a partir de fuentes de aguas subterráneas, a razón de 100 lts/seg., durante 20 años, aunque dependiendo del comportamiento de la fuente, contempla disponer gradualmente de agua desalada para su proceso minero;

La creciente demanda por agua en Atacama, región donde los requerimientos por agua superan con creces la oferta, especialmente en el caso de las cuencas del río Copiapó y Huasco debido a la mayor presión que reciben por agua (ver Cap. 3, acápite 3.1.2), ha significado que este recurso estratégico se haya convertido en un insumo crítico y de alto costo. De ahí que el sector minero se ha planteado, como una real alternativa para el abastecimiento seguro y continuo, la desalinización del agua de mar, mediante la construcción de plantas desaladoras. Estas plantas, por razones de oportunidad y acceso al recurso, se emplazan en el borde costero regional, especialmente en la zona costera de las comunas de Copiapó y Chañaral.

Solo entre los años 2010 y 2011 se aprobaron, mediante el sistema de evaluación ambiental, tres plantas de este tipo, dos de ellas localizadas en la comuna de Caldera y una en Chañaral, todas asociadas al sector de la minería para su uso en los procesos productivos. La inversión estimada es de US\$ 580 millones. Mientras que en la Comisión Regional de Uso del Borde Costero –instancia donde se aprueban las respectivas solicitudes de concesión marítima– se aprobaron entre los años 2011 y 2012, además de las tres mencionadas, otras tres solicitudes de concesión marítima, cuyo objeto es la instalación de plantas desalinizadoras, donde dos pertenecen a empresas mineras (Soc. Contractual Minera El Morro, comuna de Copiapó, y Empresa Inca de Oro S.A., comuna de Chañaral), y una señala por objeto proyectos mineros, agrícolas, sanitarios (AGBAR Chile S.A., comuna de Copiapó). En suma, se tiene que cuatro de estas plantas se localizaran el borde costero comunal de Caldera y dos en el de Chañaral (Ver siguiente Ilustración sobre Localización de los Proyectos de Desaladoras)

### Localización Proyectos Desaladoras – Región de Atacama

ANGLO AMERICAN NORTE S.A. (MANTO VERDE)		INCA DE ORO	
Monto	MUS\$ 62 (sesenta y dos millones de dólares)	Monto	\$92.257.200.
Localización	Punta Roca Baja, sector de Flamenco, comuna de Chañaral.	Localización	Solicitó concesión marítima sobre un sector de terreno de playa, playa, fondo de mar y porción de agua en el lugar denominado Sector Punta Roca Baja, comuna de Chañaral.
Características Generales Proyecto	Las instalaciones requeridas para el abastecimiento de agua, consideran los siguientes Sistemas: i) De captación de agua de mar, provista de una estación de bombeo de agua de mar; ii) De pre-tratamiento conformado por un sistema de bombas de alimentación y un sistema de doble filtración en serie; iii) De manejo de lodos; iv) De Osmosis Inversa, para obtener agua con una calidad de <500 mg/l STD; v) De descarga de salmuera; y vi) De impulsión de agua desalada desde la costa a Mantoverde. Además de un área de recepción de agua desalada en la mina Mantoverde, provista de un estanque de almacenamiento de agua (existente), con capacidad para 24.000 m <sup>3</sup> , y de una Línea eléctrica de 110KV de 40 km. Solicitó concesión marítima sobre un sector de terreno de playa, playa, fondo de mar y porción de agua, para permitir la construcción y uso de una cañería de desagüe, una cañería aductora de agua y la implementación de 2 boyarines de señalización. Ello permitirá garantizar el abastecimiento de la demanda de agua requerida por la División Mantoverde, para los planes actuales y futuros de producción. Onerosa (Concesión Mayor 10 - 50 años)	Objeto Concesión Marítima (CCMM)	Amparar una cañería aductora de agua y la instalación de una boya de señalización.
Objeto Concesión Marítima (CCMM)	Solicitó concesión marítima sobre un sector de terreno de playa, playa, fondo de mar y porción de agua, para permitir la construcción y uso de una cañería de desagüe, una cañería aductora de agua y la implementación de 2 boyarines de señalización. Ello permitirá garantizar el abastecimiento de la demanda de agua requerida por la División Mantoverde, para los planes actuales y futuros de producción. Onerosa (Concesión Mayor 10 - 50 años)	Tipo CCMM Producción	Onerosa (Concesión Menor 1 - 10 años)
Tipo CCMM Producción	432 m <sup>3</sup> /h de agua desalada	Inicio Operación	Sin Información
Inicio Operación	Sin Información	Vida Útil	10 años
Estado SEIA Aprobada	Si	Estado SEIA CCMM Aprobada	No ha ingresado al sistema
CRUBC	Si	CRUBC	Si
SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA EL MORRO		CLEANAIRTECH SUDAMERICANA S.A.	
Monto	\$580.691.000 (Solo se considera el proyecto Planta Desaladora)	Monto	US\$248 millones (Desaladora + Adueducto)
Localización	Punta Totoral, comuna de Copiapó, región de Atacama. Esta Planta desalinizadora se ubica a unos 4 km al sur de Caleta Totoral Bajo y a 140 km de Copiapó. Planta Desalinizadora de agua de mar, basada en un proceso de osmosis inversa. La salmuera generada en el proceso es devuelta al mar. El agua desalinizada se conduce a través de una tubería de 198 km de longitud total desde su inicio hasta el sector de la planta de filtros de concentrado ubicada en la quebrada de Algarrobal. Allí se adiciona el agua recuperada desde esta planta, para luego continuar por esa quebrada hasta los reservorios de almacenamiento ubicados en el área Mina-Planta (área que se ubica en el Sector El Morro, en la parte alta de las cuencas de quebrada Larga y quebrada Pinguenes, a 144 km de la ciudad de Vallenar). En este trayecto, el agua de mar desalinizada pasa a través de cinco estaciones de bombeo que la impulsa hasta la parte alta, a 4.000 msnm. La tubería será de acero de 28 pulgadas de diámetro y se empleará enterrada, en toda su longitud, al costado de la ruta C-439 existente y el camino de acceso por la quebrada de Algarrobal. Se considera, también, un sistema de protección catódica como resguardo externo, durante toda su vida útil. El área Totoral contempla, además, una planta de tratamiento de agua potable para el consumo de sus trabajadores y otra de tratamiento de aguas servidas, ambas de similares características a las plantas proyectadas en el área Mina - Planta. Solicitó concesión marítima mayor sobre un sector de playa, fondo de mar y porción de agua en el sector denominado con el objeto de amparar la construcción de cañerías de desagüe y una cañería conductora de agua de mar, para la planta desalinizadora, línea de transmisión de energía eléctrica y trazado de tubería de suministro de agua desalinizada entre Caleta Totoral Bajo y Posada Algarrobal. Onerosa (Concesión Mayor 10 - 50 años)	Localización	Bahía Totoralillo, comuna de Caldera, provincia de Copiapó, Región de Atacama. El sector donde se emplaza la planta son terrenos cercanos al terminal portuario de Punta Totoralillo, de propiedad de CMP, 25 km al norte de Caldera, y un aducto de 120 km desde Punta Totoralillo hasta Tierra Amarilla. El aducto proyectado, entre la Planta Desalinizadora y la Estación Terminal en Tierra Amarilla, en las cercanías de la Planta de Magallita, tiene una longitud aproximada de 117 km. El trazado considera utilizar una faja existente, ya intervenida por obras lineales, de 15 m que transcurre por las comunas de Caldera, Copiapó y Tierra Amarilla. Solicitó concesión marítima sobre sector de terreno de playa, playa, fondo de mar, para amparar un sistema de captación de agua de mar y descarga de salmuera del proyecto de abastecimiento de agua para la minería del Valle de Copiapó.
Características Generales Proyecto	Planta Desalinizadora de agua de mar, basada en un proceso de osmosis inversa. La salmuera generada en el proceso es devuelta al mar. El agua desalinizada se conduce a través de una tubería de 198 km de longitud total desde su inicio hasta el sector de la planta de filtros de concentrado ubicada en la quebrada de Algarrobal. Allí se adiciona el agua recuperada desde esta planta, para luego continuar por esa quebrada hasta los reservorios de almacenamiento ubicados en el área Mina-Planta (área que se ubica en el Sector El Morro, en la parte alta de las cuencas de quebrada Larga y quebrada Pinguenes, a 144 km de la ciudad de Vallenar). En este trayecto, el agua de mar desalinizada pasa a través de cinco estaciones de bombeo que la impulsa hasta la parte alta, a 4.000 msnm. La tubería será de acero de 28 pulgadas de diámetro y se empleará enterrada, en toda su longitud, al costado de la ruta C-439 existente y el camino de acceso por la quebrada de Algarrobal. Se considera, también, un sistema de protección catódica como resguardo externo, durante toda su vida útil. El área Totoral contempla, además, una planta de tratamiento de agua potable para el consumo de sus trabajadores y otra de tratamiento de aguas servidas, ambas de similares características a las plantas proyectadas en el área Mina - Planta. Solicitó concesión marítima mayor sobre un sector de playa, fondo de mar y porción de agua en el sector denominado con el objeto de amparar la construcción de cañerías de desagüe y una cañería conductora de agua de mar, para la planta desalinizadora, línea de transmisión de energía eléctrica y trazado de tubería de suministro de agua desalinizada entre Caleta Totoral Bajo y Posada Algarrobal. Onerosa (Concesión Mayor 10 - 50 años)	Objeto Concesión Marítima (CCMM)	El aducto proyectado, entre la Planta Desalinizadora y la Estación Terminal en Tierra Amarilla, en las cercanías de la Planta de Magallita, tiene una longitud aproximada de 117 km. El trazado considera utilizar una faja existente, ya intervenida por obras lineales, de 15 m que transcurre por las comunas de Caldera, Copiapó y Tierra Amarilla. Solicitó concesión marítima sobre sector de terreno de playa, playa, fondo de mar, para amparar un sistema de captación de agua de mar y descarga de salmuera del proyecto de abastecimiento de agua para la minería del Valle de Copiapó.
Objeto Concesión Marítima (CCMM)	Solicitó concesión marítima mayor sobre un sector de playa, fondo de mar y porción de agua en el sector denominado con el objeto de amparar la construcción de cañerías de desagüe y una cañería conductora de agua de mar, para la planta desalinizadora, línea de transmisión de energía eléctrica y trazado de tubería de suministro de agua desalinizada entre Caleta Totoral Bajo y Posada Algarrobal. Onerosa (Concesión Mayor 10 - 50 años)	Tipo CCMM Producción	Onerosa (Concesión Mayor 10 - 50 años)
Tipo CCMM Producción	740 L/s de agua desalinizada	Inicio Operación	Sin Información
Inicio Operación	2014	Vida Útil	50 años
Vida Útil	14 años	Estado SEIA CCMM Aprobada	Aprobado
Estado SEIA CCMM Aprobada	Aprobado	CRUBC	Si
CRUBC	Si	MINERA CANDELARIA	
		Monto	US\$270.000.000
		Localización	Área adyacente a las instalaciones del Puerto Punta Padrones de Minera Candelaria, aprox. 3 km al sur de la ciudad de Caldera, Comuna de Caldera, Provincia de Copiapó. El Proyecto consiste en la extracción de agua de mar para su desalinización y posterior impulsión de agua desalinizada de calidad industrial, a través de un aducto, hacia la faja minera de Minera Candelaria, para su uso en los procesos productivos. Las principales obras y acciones son: a) Instalación y operación de la Planta Desalinizadora e instalaciones anexas en el área de propiedad de Minera Candelaria; b) Construcción de un aducto de 500 L/s de capacidad y de aproximadamente 80 km de extensión entre la Planta Desalinizadora y la piscina de almacenamiento ubicado en el sector Bodega; y c) Construcción Línea Eléctrica de 110 kV de aproximadamente 100 km de extensión, considerando además la construcción de una subestación y una Línea de 23 kV hacia el sector Bodega. Solicitó concesión marítima sobre un sector de terreno de playa, playa, fondo de mar y porción de agua, para amparar las obras complementarias de la actividad portuaria en los sectores de terreno de playa y playa, amparar la construcción y operación de una planta desalinizadora (osmosis inversa) con sus respectivas obras de aducto, captación y descarga. Onerosa (Concesión Mayor 10 - 50 años)
		Objeto Concesión Marítima (CCMM)	Solicitó concesión marítima sobre un sector de terreno de playa, playa, fondo de mar y porción de agua, para amparar las obras complementarias de la actividad portuaria en los sectores de terreno de playa y playa, amparar la construcción y operación de una planta desalinizadora (osmosis inversa) con sus respectivas obras de aducto, captación y descarga. Onerosa (Concesión Mayor 10 - 50 años)
		Tipo CCMM Producción	300 lts/seg de agua desalinizada de calidad industrial, la cual podría expandirse hasta los 500 L/s, la que corresponde a la capacidad de diseño del aducto
		Inicio Operación	2013
		Vida Útil	Cese operaciones Compañía Minera Candelaria
		Estado SEIA CCMM Aprobada	Aprobado
		CRUBC	Si



AGBAR CHILE S.A.	
Monto	\$10.086.509.280 (inversión de las obras en los sectores a solicitar en concesión).
Localización	Solicitó concesión marítima sobre un sector de playa, fondo de mar y porción de agua al sur de Puerto Viejo (a 2 Km al suroeste de Puerto Viejo y al norte de Playa La Virgen), comuna de Caldera, Provincia de Copiapó, Región de Atacama.
Objeto Concesión Marítima (CCMM)	Amparar el tendido de parte de las cañerías aductoras y un emisario submarino que alimentarán la planta desaladora de agua de mar, que pretende abastecer de agua para usos minero, agrícola, consumo humano)
Tipo CCMM Producción	Onerosa (Concesión Mayor 10 - 50 años)
Inicio Operación	1.000 lts/seg (84.400 m <sup>3</sup> /día)
Vida Útil	Sin Información
Estado SEIA CCMM Aprobada	Rechazado
CRUBC	Si

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Comisión Regional de Uso del Borde Costero de Atacama. Año 2013.

#### 4.2.2 *Demanda de agua estimada para la producción de Cátodos de Cobre ((SX-EW)*

En términos generales, la Región de Antofagasta es la que demanda el mayor porcentaje de agua fresca para la producción de cátodos de cobre, ya que en promedio demanda el 75,5% del total de agua para el periodo 2009–2020. A distancia le siguen las regiones de Tarapacá y Atacama, donde la primera en promedio demanda el 9,3%; mientras que la segunda el 8,5%. El resto de las regiones demanda el 7,5% del total de agua fresca para la producción de cátodos para el periodo mencionado.

En el caso específico de la Región de Antofagasta, la alta demanda de agua fresca a nivel nacional se explica por ser la región que concentra el mayor número de faenas y proyectos mineros que producen cátodos de cobre por la vía hidrometalúrgica, situación que se mantendría al año 2020, siendo esta demanda constante para el periodo 2009–2017 respecto al nivel de demanda de agua actual; en cambio, a partir del año 2018 la demanda por agua fresca experimentaría una notoria disminución en relación al período anterior, la que se explicaría por el funcionamiento de la nueva planta desalinizadora de Minera Escondida, la que a partir del año 2018 podría estar abasteciendo el agua fresca demandada por las operaciones Escondida Pilas y Lixiviación de Sulfuros. Otros factores que explicarían esta reducción en la demanda de agua fresca sería una menor producción de cátodos por parte de la Minera Radomiro Tomic y Mina Sur de Chuquicamata al año 2020, y por otra al hecho de que al año 2015 se cerrarían faenas actuales como El Abra y Mantos Blancos (COCHILCO, 2009).

Respecto al resto de las regiones, se tiene que Tarapacá y Atacama son las regiones que después de Antofagasta demandan la mayor cantidad de agua para la producción de cátodos. En el caso de la primera, esta demanda de agua se explicaría por la presencia de la empresa Cerro Colorado, el mayor productor de cátodos de cobre al año 2020, seguido de la empresa Oda. Blanca, productora de cátodos hasta el 2017, año en que se estima cerraría esta operación. En el caso de Atacama, se tiene que el mayor productor de cátodos de cobre sería Manto Verde, situación que se mantendría hasta el año 2019, fecha en que se estima cerraría la faena, estimándose a su vez que los otros actores relevantes, tanto en producción de cátodos como en demanda de agua fresca, serían Salvador, Dos Amigos y la posible entrada de nuevos proyectos el año 2013 como Caserones, San Antonio Óxidos (COCHILCO, 2009).

En el caso específico de la Región de Atacama, se tiene que entre los años 2009–2010 hay un significativo aumento en la demanda de agua fresca, el que se debería esencialmente a la estimación de que Salvador aumentaría su producción de cátodos para ese año. Entre los años 2010 y 2016 la demanda de agua fresca, en líneas generales, se mantendría a un nivel constante, con excepción del 2012, año en que se evidencia una reducción de la demanda, la que se debería principalmente al cierre de Salvador el año 2011, situación que cambia a partir del año 2013, ya que se estima que podrían entrar en operación dos empresas mineras relevantes desde el punto de

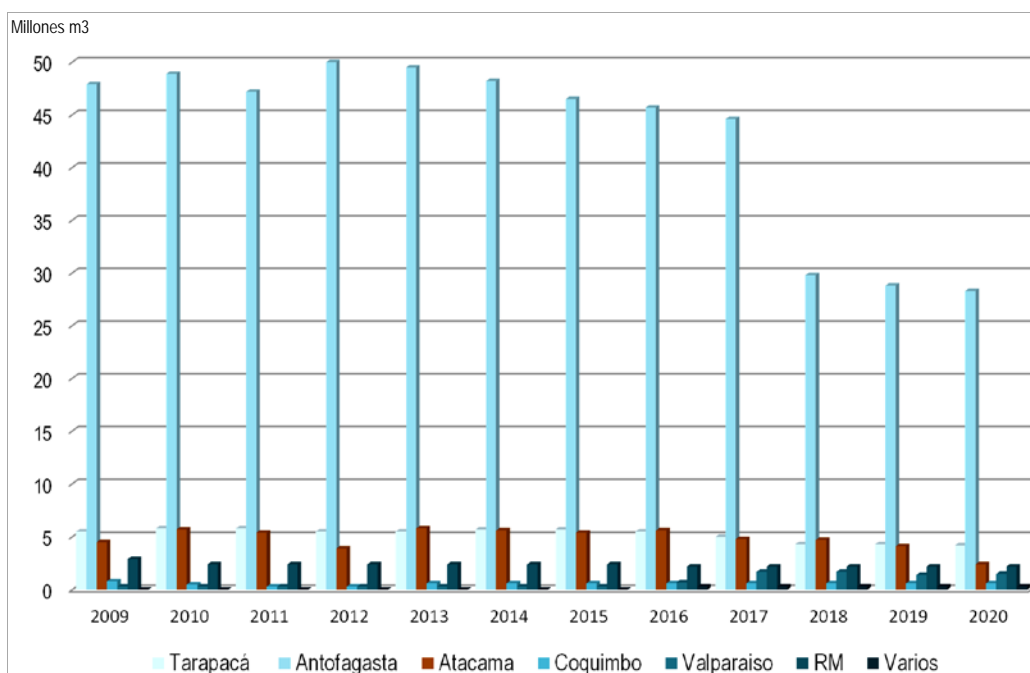
vista de la producción de cátodos y, por ende, en la demanda de agua fresca, siendo éstas Caserones y San Antonio Óxidos (COCHILCO, 2009). (Tabla N°26).

A partir del año 2017 al 2020, según las proyecciones, la región de Atacama experimentaría una progresiva reducción en la demanda de agua fresca para la producción de cátodos, la que fundamentalmente se explicaría, de acuerdo a las estimaciones, a la menor producción de cátodos por parte de Caserones y Manto Verde. El cierre de esta última minera así como Diego de Almagro, se proyecta para el año 2019 (Fig. 21).

Tabla N°26  
Proyección demanda agua para la producción de Cátodos de Cobre (SX-EW) en Chile  
(Millones de m3)

Región	Años											
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Tarapacá	5,5	5,8	5,8	5,5	5,5	5,7	5,7	5,5	5,0	4,3	4,3	4,2
Antofagasta	47,9	48,9	47,2	50,1	49,5	48,2	46,5	45,7	44,6	29,8	28,8	28,3
Atacama	4,5	5,7	5,4	3,9	5,8	5,6	5,4	5,6	4,8	4,7	4,1	2,4
Coquimbo	0,8	0,5	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Valparaíso	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,7	1,7	1,7	1,4	1,5
Metropolitán	2,9	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Varios	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
<b>Total</b>	<b>62,0</b>	<b>63,6</b>	<b>61,4</b>	<b>62,5</b>	<b>64,1</b>	<b>62,7</b>	<b>60,8</b>	<b>60,6</b>	<b>59,1</b>	<b>43,6</b>	<b>41,8</b>	<b>39,5</b>

Fuente: Elaboración COCHILCO. Año 2009.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de COCHILCO. Año 2009

Fig. 21. Proyección Demanda de Agua para Producción Cátodos de Cobre (SX-EW) Por Regiones. Periodo 2009 2020. (En millones m3)



### 4.3 DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS

De acuerdo a la información de la Dirección General de Aguas, actualmente en los principales acuíferos de la región de Atacama no existe disponibilidad de aguas subterráneas para el otorgamiento de nuevos derechos de aprovechamiento, situación que faculta a esta Dirección para denegar de plano cualquier solicitud de nuevos derechos de aprovechamiento.

Frente a esta restricción las únicas opciones para la obtención derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas son las siguientes:

- Compra de derechos legalmente constituidos.
- Regularizaciones por Art. 2° Transitorio, del Código de Aguas, cuya facultad de otorgamiento es de pertinencia del Juez de Letras en lo Civil competente, quien conocerá y fallará de acuerdo al procesamiento establecido en el artículo 177 y siguientes del Código de Aguas.
- Regularizaciones por Arts. 4° y 6° Transitorio, del Código de Aguas, de la Ley 20.017 y que cumplan los requisitos establecidos en la Ley 20.411 de 2009.
- Obtención por adjudicación en remates públicos.

Por otra parte, existen procedimientos para la tramitación de ciertos tipos de solicitudes asociadas a derechos de aprovechamiento, siendo éstas las referidas al cambio del punto de captación y al cambio de fuentes de abastecimiento. Los requerimientos y actuales criterios de la Dirección General de Aguas para la tramitación y resolución de este tipo de solicitudes son:

- Solicitudes de cambio de punto de captación sobre derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas legalmente constituidos, en forma total o parcial, siempre que el cambio se efectúe dentro de un mismo subsector acuífero, que la solicitud sea legalmente procedente, que exista disponibilidad del recurso y que no se perjudiquen derechos de terceros<sup>64</sup>.
- Solicitudes de cambio de fuentes de abastecimiento, donde la DGA podrá autorizar el cambio de fuente de abastecimiento de derechos de aprovechamiento constituidos sobre aguas subterráneas a superficiales del mismo sistema, o viceversa, o entre dos acuíferos distintos, siempre que la solicitud fuere legalmente procedente; que se haya demostrado la directa interrelación entre ellos; que no se perjudiquen derechos de terceros y que se respeten las disposiciones contenidas en los artículos 158 y siguientes del Código de Aguas y de esta Resolución<sup>65</sup>.

Algunas consideraciones específicas que deben estudiarse para que la solicitud sea técnicamente procedente son:

- Las aguas deben ser de igual cantidad
- De variación semejante de caudal estacional

---

<sup>64</sup> Estas solicitudes se encuentran normadas por el Código de Aguas y Resolución DGA N°425 del 2007 que dispone normas de exploración y explotación de aguas subterráneas.

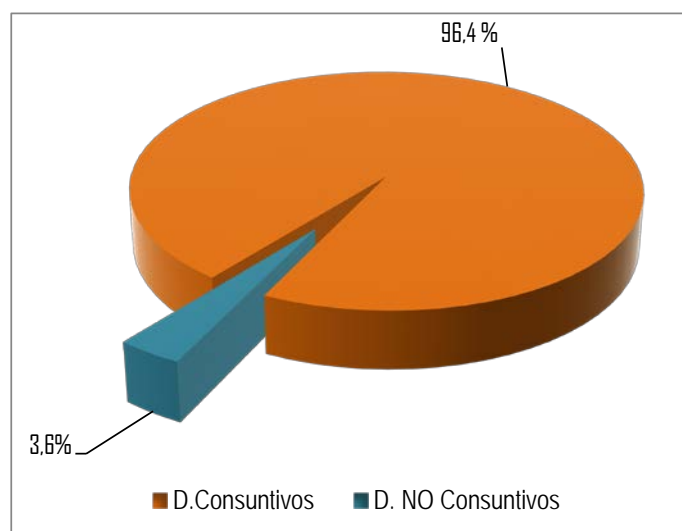
<sup>65</sup> Esta disposición se encuentra normada bajo el Código de Aguas y sus modificaciones vigentes (artículos 158° y siguientes) y por la Resolución DGA N°425 de 2007.

- De calidad similar
- Siempre que la sustitución no cause perjuicios a los usuarios

Actualmente en la cuenca de Copiapó se han presentado sólo tres solicitudes de este tipo. La revisión de estas solicitudes, actualmente en desarrollo, se realiza caso a caso, y analizan las consideraciones específicas mencionadas anteriormente.

#### 4.3.1 Derechos de Aprovechamientos según Tipo de Derechos

De acuerdo al Catastro de Aguas de la DGA (Noviembre, 2013), en la región de Atacama se registra un total de 1.209 derechos de aprovechamiento de aguas, los que incluyen tanto los derechos sobre aguas superficiales como subterráneas. De éstos, 1.165 corresponden a derechos de tipo Consuntivo y solo 44 a derechos No Consuntivos<sup>66</sup> (Fig. 22)



Fuente: Catastro Nacional de Aguas DGA. Año 2013

Fig. 22. Derechos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales y Subterráneas. Región de Atacama

Respecto de los derechos de aprovechamientos tipo Consuntivo de aguas subterráneas en la Cuenca del Río Copiapó –considerando los derechos de aprovechamientos definitivos y provisionales– se tiene que del total otorgado el 87,3% corresponden a derechos definitivos y el 12,7% a provisionales; sin embargo, al analizar la distribución según caudal en litros por segundo se observa que los derechos definitivos concentran el 98% del total del caudal en uso, mientras que

<sup>66</sup>Los datos proporcionados, están sujetos a constante modificación y actualización, como parte de las labores de fortalecimiento del Catastro Público de Aguas que realiza la DGA y que permitirán disponer de información confiable y oportuna a nuestros usuarios. De la misma forma, esta información, no acredita vigencia del dominio de los derechos de aprovechamiento de aguas registrados en la DGA. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. (Fecha de actualización: 05/11/2013)

solo el 2% del caudal corresponde derechos provisionales (Tabla N°27). (DGA, 2012)<sup>67</sup>, cuyo objetivo es la identificación oficial de estos derechos de aprovechamiento y que han sido otorgados en cada uno de los sectores del acuífero de la cuenca.

Tabla N° 27

N° de Derechos, Caudal y Volumen Total Anual Otorgado Vigente a la Fecha.

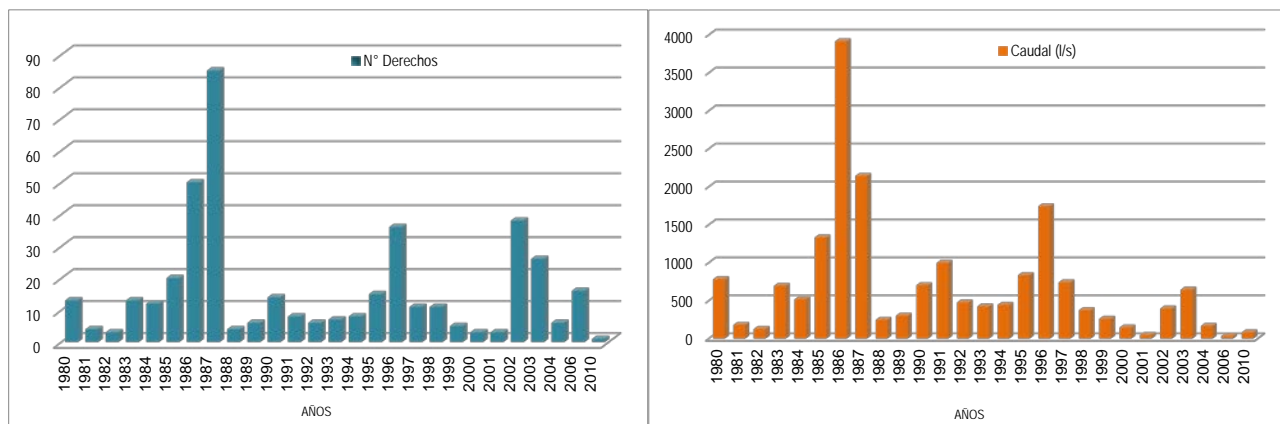
Tipo de Derechos	N°	%	Caudal (l/s)	%	Volumen Total Anual (m3 /año)
Derechos Definitivos	384	87,3	19.237	98,0	599.108.252
Derechos Provisionales	56	12,7	385	2,0	12.138.206
Total	440	100	19.622	100,0	611.246.458

Fuente: DGA, 2012

En el siguiente Gráfico 17 se muestra desglosado por año, el número total de derechos de aprovechamiento (definitivos y provisionales) constituidos y vigentes a la fecha, además de los caudales otorgados.

Gráfico 17

Derechos De Aprovechamiento Constituidos y Vigentes al año 2010. Cuenca del Río Copiapó.



Fuente: Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas Otorgados en la Cuenca del Río Copiapó. Informe Técnico. MOP/DGA. Año 2012.

Respecto a los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales de tipo No Consuntivo, se tiene que a febrero del año 2013 se otorgaron un total de 35 derechos de aprovechamiento de aguas superficiales de tipo No Consuntivo, los que en términos de caudal significaron 13,95 m3/seg. Del total de derechos otorgados se tiene que la cuenca del Río Copiapó concentra el mayor número de derechos, con el 62,9% del total, siguiéndole la cuenca del Río Salado con el 22,9%, mientras que la cuenca del Río Huasco concentra solo el 11,4%. Sin embargo, al analizar los derechos otorgados según caudal esta situación varía considerablemente ya que es la cuenca del Río Huasco la que concentra el mayor volumen de caudal otorgado, con el 59,2%, siguiéndole en orden de importancia la cuenca del Río Copiapó, con el 29% , y la cuenca del Río Salado con el 11,7%.(Tabla N°28). (DGA, 2013).

<sup>67</sup> El estudio estableció la cantidad de constituciones de derechos de aprovechamiento por año, los caudales otorgados y el volumen total anual otorgado, para cada sector y para el total de la cuenca. "Derechos De Aprovechamiento De Aguas Subterráneas Otorgados En La Cuenca Del Río Copiapó". DGA. Marzo 2012.

Tabla N° 28

## Distribución de Caudales por Cuencas

Derechos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales de tipo **No Consuntivos** a Febrero de 2013

Nombre Titular Derecho Aprovechamiento	N° de Derechos Otorgados	Caudal Otorgado (m3/s)	% Caudal Otorgado por Titular	% de Caudal Otorgado Acumulado
Río Huasco	4	8,26	0,03%	99,87%
Río Copiapó	22	4,05	0,01%	99,90%
Río Salado	8	1,63	0,01%	99,97%
Otra Cuenca <sup>(c)</sup>	1	0,01		
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>13,95</b>		

<sup>(c)</sup> Cuenca con caudal menor a 1,48 m3/s

NOTAS: (a) La planilla corresponde a información sistematizada a partir de la base oficial de la DGA contenida en el Catastro Público de Aguas, actualizado y validado con información recibida de los Conservadores de Bienes Raíces de todo el país, a febrero de 2013; (b) La información de los caudales otorgados, corresponde a la suma del caudal promedio de los derechos permanentes más el caudal promedio de los derechos eventuales; (c) Los principales titulares de derechos de aprovechamiento no consuntivos fueron agrupados en torno a las empresas conocidas legalmente por sus relaciones jurídicas, ya sean subsidiarias, filiales o sucesoras legales, de acuerdo a la información publicada en las páginas Web; (d) La información publicada puede diferir de la real, debido a que se basa sólo en la disponible en el Servicio, ya que pueden existir mutaciones de dominio o Derechos de Aprovechamiento de Aguas no inscritas en el Catastro Público de Aguas.

### 4.3.2 Derechos de Aprovechamiento según Naturaleza de la Fuente, Ejercicio del Derecho y Uso del Agua

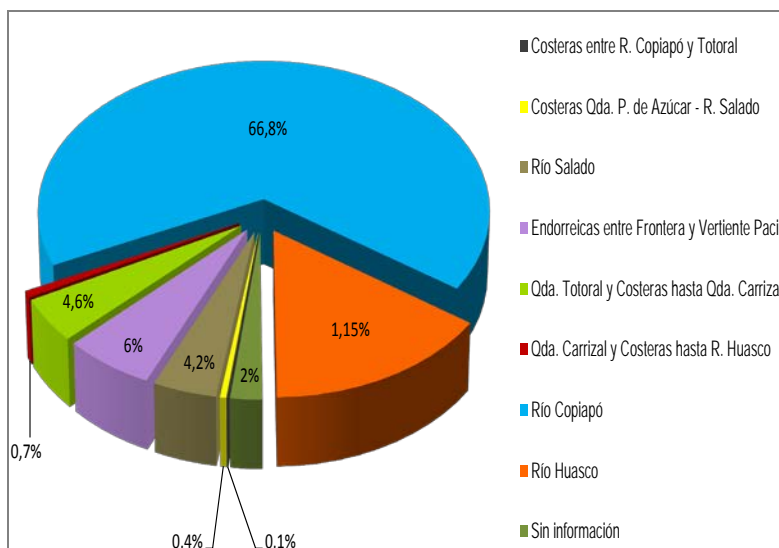
Según el uso de los derechos de agua por cuencas, se tiene que del total de derechos otorgados (Consuntivos y No Consuntivos), la mayoría de éstos corresponden a la Cuenca del Río Copiapó, la que concentra el 66,8% del total de derechos de agua, siguiéndole en orden de importancia –pero a considerable distancia– la cuenca del Río Huasco con el 15,1%. En el otro extremo están las cuencas costeras, las que en conjunto concentran el 1,2% del total de derechos de aguas registrados en el Catastro de Aguas. (Tabla 29 y Fig. 23)

Tabla N° 29

## Derechos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales y Subterráneas, Según Cuenca. Región de Atacama

CUENCA	N° Derechos	Porcentaje (%)
Costeras entre R. Copiapó y Totoral	1	0,1
Costeras Qda. P. de Azúcar - Río Salado	5	0,4
Río Salado	51	4,2
Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	73	6,0
Qda. Totoral y Costeras hasta Qda. Carrizal	55	4,6
Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	9	0,7
Río Copiapó	808	66,8
Río Huasco	182	15,1
Sin información	25	2,1
<b>TOTAL</b>	<b>1.209</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Elaboración propia a partir del Catastro Nacional de Aguas DGA. Año 2013



Fuente: Elaboración propia a partir del Catastro Nacional de Aguas DGA. Año 2013

Fig. 23. Distribución Derechos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales y Subterráneas, según Cuenca. Región de Atacama

En términos de ejercicio del derecho se observa que el 88,3% de los derechos de agua son usados de manera permanente y continua, es decir, están facultados para usar el agua en la dotación que corresponda –salvo que la fuente de abastecimiento no contenga la cantidad suficiente para satisfacerlos en su integridad– y en forma ininterrumpida durante las veinticuatro horas del día, ejerciéndose el 4,7% de manera permanente y alternada y el 4,6% de manera permanente, continua y provisional<sup>68</sup> (Tabla N°30 y Fig. 24).

Tabla N°30  
Derechos de Aprovechamiento Según Tipo de Ejercicio. Región de Atacama

TIPO EJERCICIO DERECHO	N°	(%)
Eventual y Continuo	13	1,1
Eventual y Discontinuo	3	0,3
Permanente y Continuo y Provisional	56	4,6
Permanente y Alternado	57	4,7
Permanente y Continuo	1.068	88,3
Permanente y Discontinuo	12	1
<b>TOTAL</b>	<b>1.209</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Elaboración propia a partir del Catastro Nacional de Aguas DGA. Año 2013

<sup>68</sup>Derechos de ejercicio permanente son aquellos que se otorgan en fuentes de abastecimiento no agotadas, en conformidad a las disposiciones establecidas en el Código de Aguas. Los derechos de ejercicio permanente facultan para usar el agua en la dotación que corresponda, salvo que la fuente de abastecimiento no contenga la cantidad suficiente para satisfacerlos en su integridad, en cuyo caso el caudal se distribuirá en partes alicuotas. Los demás son de ejercicio eventual. Derechos de ejercicio eventual sólo facultan para usar el agua en las épocas en que el caudal matriz tenga un sobrante después de abastecidos los derechos de ejercicio permanente. Las aguas lacustres o embalsadas no son objeto de derechos de ejercicio eventual. El ejercicio de los derechos eventuales queda subordinado al ejercicio preferente de los derechos de la misma naturaleza otorgados con anterioridad. Derechos de ejercicio continuo los que permiten usar el agua en forma ininterrumpida durante las veinticuatro horas del día. Los derechos de ejercicio discontinuo sólo permiten usar el agua durante determinados periodos. Los derechos de ejercicio alternado son aquellos en que el uso del agua se distribuye entre dos o más personas que se turnan sucesivamente (Arts. 16°, 17°, 18° y 19° Código de Aguas).

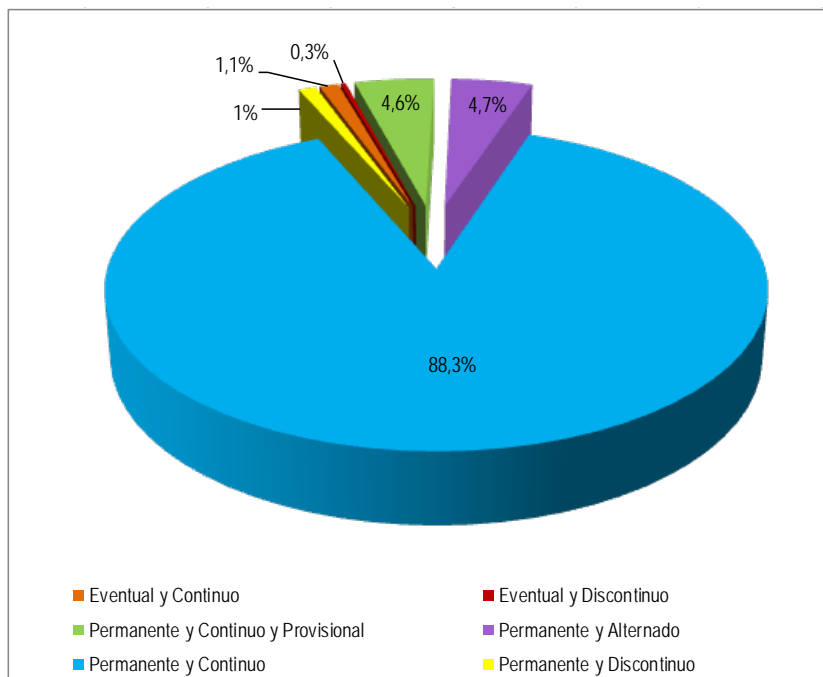


Fig. 24 Ejercicio de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales y Subterráneas Región de Atacama

En relación al uso del agua se observa que del total de derechos de aprovechamiento en el 25,5% de los casos no se señala el tipo de usos que realiza. De los restantes derechos de agua se tiene que el 38,5% lo destina al riego; el 8,5% a uso y consumo humano y a saneamiento; el 18,9% a uso minero; el 3,6% a uso industrial; el 0,2% a uso energía hidroeléctrica; y el 4,8% a otros usos (Tabla N°31 y Fig. 25)

Tabla N°31  
Derechos de Aprovechamiento Según Uso del Agua.  
Región de Atacama

USO DEL AGUA	N°	(%)
Riego	465	38,5
Uso y Consumo Humano y Saneamiento	103	8,5
Uso Minero	229	18,9
Otros Usos	58	4,8
Uso Industrial	44	3,6
Energía Hidroeléctrica	2	0,2
No se indica	308	25,5
<b>TOTAL</b>	<b>1.209</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Elaboración propia a partir del Catastro Nacional de Aguas DGA. Año 2013

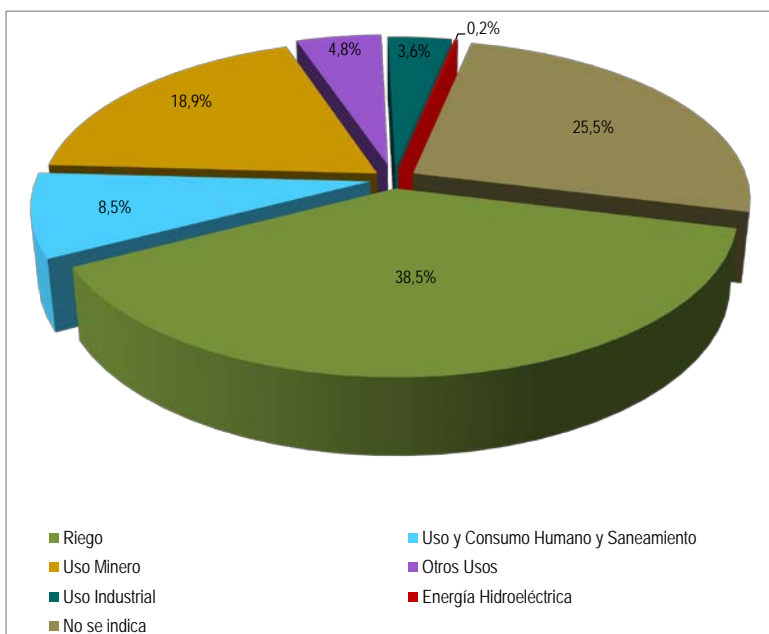


Fig. 25 Ejercicio de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales y Subterráneas Región de Atacama