



**GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN**

# **DIAGNÓSTICO PLAN ESTRATÉGICO PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS, REGIÓN DE ANTOFAGASTA**

**RESUMEN EJECUTIVO**

**REALIZADO POR:**

ARRAU INGENIERÍA E.I.R.L.

**S.I.T. N° 291**

**Santiago, Diciembre 2012**

## **MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**

Ministra de Obras Públicas  
Abogada Sra. María Loreto Silva Rojas

Director General de Aguas (TP)  
Abogado Sr. Francisco Echeverría Ellsworth

Jefe División de Estudios y Planificación  
Ingeniero Civil Sr. Adrián Lillo Zenteno

Inspector Fiscal  
Ingeniero Civil Industrial Sr. Norberto Portillo Araya

Profesionales División de Estudios y Planificación  
Ingeniero Civil Sra. Andrea Osses Vargas  
Ingeniero Civil en Geografía Sr. Juan Salvador Atán Díaz

### ARRAU INGENIERÍA E.I.R.L.

Jefe de Proyecto  
Ingeniero Civil Sr. Felipe Espinoza Contreras

Profesionales  
Ingeniera en Recursos Naturales Renovables Sra. Paulina León Toro (Coordinadora)  
Ingeniero Civil Luis Arrau del Canto  
Ingeniero Civil José Lagos Rehfeld  
Ingeniera en Recursos Naturales Renovables Sra. Claudia Lizana Zapata  
Ingeniera en Recursos Naturales Renovables Sra. Roxana Bórquez González  
Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Sr. Yuri Castillo Ávalos  
Ingeniera Civil Srta. Lucía Scaff Fuenzalida  
Ingeniera en Recursos Naturales Renovables Srta. Catalina Eastman Mendoza  
Ingeniera en Recursos Naturales Renovables Srta. Valeska Cárcamo Azócar  
Ingeniera en Recursos Naturales Renovables Srta. Mónica Martínez Olivares  
Licenciado en Antropología Sr. Luis Hernández Astudillo  
Ingeniero Industrial Sr. Nicolás Jadue Majluf

# DIAGNÓSTICO PLAN ESTRATÉGICO PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS, REGIÓN DE ANTOFAGASTA

## RESUMEN EJECUTIVO

### ÍNDICE

<b>Acápite</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUCCION Y OBJETIVOS</b>	<b>1</b>
1.1.	INTRODUCCIÓN	1
1.2.	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	1
1.2.1.	Objetivo General	1
1.2.2.	Objetivos Específicos	2
1.3.	ÁREA DE INFLUENCIA	2
<b>2.</b>	<b>RECOPILOCIÓN Y REVISIÓN DE ANTECEDENTES</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA</b>	<b>5</b>
3.1.	INTRODUCCIÓN	5
3.2.	CARACTERIZACIÓN RECURSOS HÍDRICOS	6
3.2.1.	Recursos Superficiales	6
3.2.2.	Caracterización de Recursos Subterráneos	8
3.3.	DEMANDAS HÍDRICAS POR USO	11
3.3.1.	Agua Potable	11
3.3.2.	Uso Agrícola	12
3.3.3.	Demanda Para Producción de Energía Eléctrica	13
3.3.4.	Minería	13
3.3.5.	Uso Industrial	13
3.4.	BALANCE HÍDRICO	13
<b>4.</b>	<b>DIAGNÓSTICO DE CALIDAD SEGÚN FUENTES Y TIPO DE USO</b>	<b>14</b>
4.1.	CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES	14
4.1.1.	Cuenca del río Loa	14
4.1.2.	Cuenca del Salar de Atacama	15
4.2.	CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	15
4.3.	INFORMACIÓN DISPONIBLE EN PROYECTOS PRESENTADOS AL SEA	15
4.4.	FUENTES EMISORAS SOBRE AGUAS SUPERFICIALES O SUBTERRÁNEAS	16
4.5.	VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS	16
4.6.	CONCLUSIONES	16

# DIAGNÓSTICO PLAN ESTRATÉGICO PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS, REGIÓN DE ANTOFAGASTA

## RESUMEN EJECUTIVO

### ÍNDICE

<b>Acápite</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
<b>5.</b>	<b>DIAGNÓSTICO DE CAPACIDAD Y COBERTURA DE LA INFRAESTRUCTURA</b>	<b>17</b>
5.1.	DIAGNÓSTICO DE CAPACIDAD	17
5.1.1.	Infraestructura de Agua Potable Urbana	17
5.1.2.	Infraestructura Para Riego	17
5.1.3.	Redes de Vigilancia	18
5.1.4.	Tranques de Relaves	20
5.1.5.	Obras de Control Aluvional y de Aguas Lluvia	20
5.2.	DIAGNÓSTICO DE DESEMPEÑO ANTE EVENTOS EXTREMOS	21
5.2.1.	Catastro de Eventos Extremos	21
5.2.2.	Diagnóstico Red de Monitoreo DGA en Eventos de Crecidas	22
5.2.3.	Seguridad de Abastecimiento Ante Sequías de Diferente Probabilidad de Excedencia	22
<b>6.</b>	<b>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL</b>	<b>22</b>
6.1.	INTRODUCCIÓN	22
6.2.	SEGUIMIENTO RESOLUCIONES DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL (RCA)	23
6.3.	SEGUIMIENTO PLANES DE ALERTA TEMPRANA (PAT)	23
6.4.	CONSERVACIÓN Y BIODIVERSIDAD	23
6.5.	PROBLEMAS AMBIENTALES	24
6.6.	CONFLICTOS POR EL USO DEL AGUA	26
6.7.	CONCLUSIONES	27
<b>7.</b>	<b>DIAGNÓSTICO FUNCIONAL</b>	<b>31</b>
7.1.	INTRODUCCIÓN	31
7.2.	DESEMPEÑO INSTITUCIONAL	31
7.3.	MERCADO DEL AGUA	34
<b>8.</b>	<b>DIAGNÓSTICO DE LAS HERRAMIENTAS E INSUMOS PARA LA GESTIÓN HÍDRICA</b>	<b>35</b>
<b>9.</b>	<b>DIAGNÓSTICO DE CONSERVACIÓN DE ACTIVIDADES VALORADAS POR FACTORES NO ECONÓMICOS</b>	<b>36</b>

# DIAGNÓSTICO PLAN ESTRATÉGICO PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS, REGIÓN DE ANTOFAGASTA

## RESUMEN EJECUTIVO

### ÍNDICE

<b>Acápite</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
<b>10.</b>	<b>VOCACIÓN PRODUCTIVA REGIONAL</b>	<b>37</b>
10.1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	37
10.2.	RESULTADOS HIDRO -ECONÓMICOS DE II REGIÓN	38
10.2.1.	Introducción	38
10.2.2.	Población y Empleo	38
10.2.3.	Exportaciones y Estructura Productiva	39
<b>11.</b>	<b>PARTICIPACIÓN CIUDADANA</b>	<b>39</b>
11.1.	INTRODUCCION Y OBJETIVOS	39
11.2.	METODOLOGÍA	40
11.3.	ANÁLISIS Y RECOMENDACIONES	40
11.3.1.	Análisis de las Entrevistas	40
11.3.2.	Análisis del Taller Inicial de Presentación del Estudio	41
11.3.3.	Análisis del Taller Final de Presentación de Resultados del Estudio	42
11.3.4.	Análisis de los Grupos Focales	42
11.3.5.	Recomendaciones	43
<b>12.</b>	<b>EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA (EAE)</b>	<b>46</b>
12.1.	INTRODUCCIÓN	46
12.2.	ASPECTOS GENERALES SOBRE LA EAE	46
12.3.	INFORME DE EAE PRELIMINAR	46
<b>13.</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE BRECHAS Y NECESIDADES</b>	<b>49</b>
<b>14.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>53</b>
14.1.	INTRODUCCIÓN	53
14.2.	CONCLUSIONES	53
14.3.	CONCLUSIONES DEL PROCESO DE VOCACIÓN PRODUCTIVA	56
14.4.	RECOMENDACIONES PARA LAS SIGUIENTES ETAPAS DEL PLAN ESTRATÉGICO	57
14.4.1.	Marco de Análisis	57
14.4.2.	Proceso de Diseño del Plan	59

## DIAGNÓSTICO PLAN ESTRATÉGICO PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS, REGIÓN DE ANTOFAGASTA

### RESUMEN EJECUTIVO

#### ÍNDICE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>	
1.3-1	Ubicación Región de Antofagasta en Contexto Nacional	<b>3</b>

## DIAGNÓSTICO PLAN ESTRATÉGICO PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS, REGIÓN DE ANTOFAGASTA

### RESUMEN EJECUTIVO

#### ÍNDICE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Descripción</b>	
1.3-1	Cuencas Región de Antofagasta	3
		6
3.2.1.1-1	Estaciones Meteorológicas Seleccionadas Para El Análisis	7
3.2.1.2-1	Estaciones Fluviométricas Seleccionadas Para El Análisis	3
3.2.2-1	Características Principales Acuíferos Región de Antofagasta	9
3.2.2-2	Características Otros Acuíferos	10
3.2.1-1	Proyección de Producción de Agua Potable (L/s)	11
3.3.2-1	Demanda Hídrica Agrícola Al Año 2007 y Proyectada, Por Comuna (m <sup>3</sup> /año)	12
3.3.4-1	Demanda de Agua en La Minería	13
5.1.2-1	Detalle de Canales Por Sectores de Riego en La Región	18
5.1.2-2	Infraestructura de Regulación en La Región de Antofagasta	18
5.1.3-1	Cantidad de Estaciones Vigentes Redes de Vigilancia	19
5.1.4-1	Resumen del Catastro Tranques de Relaves	20
11.2-1	Actividades Levantamiento de Información Primaria	39
14-1	Brechas y Necesidades	

## **1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

Este trabajo se desarrolla por encargo de la DGA, según resolución DGA 1.669 del 12 de Junio de 2012.

La visión del Consultor para llevar a cabo el trabajo solicitado se enmarca en la idea que, como otros sistemas conformados por un componente físico natural que admite múltiples interacciones antrópicas, los problemas y conflictos vinculados al uso social del recurso hídrico, en particular en una región con una notoria estrechez de disponibilidad de agua, pueden llegar a ser de gran complejidad. Este hecho lleva al Consultor a sugerir dos criterios importantes que pueden ayudar a abordar los componentes solicitados para realizar un diagnóstico que resulte un instrumento eficaz para el diseño de un plan estratégico de los recursos hídricos regionales:

- Establecer, en concordancia con los TR del estudio, las potencialidades del recurso hídrico en la región, y determinar los factores que inciden en el corto, mediano y largo plazo en el uso social del agua, identificando al mismo tiempo los problemas y conflictos actuales o potenciales que inciden en ese aprovechamiento.
- El segundo de los criterios adoptados tiene relación con lograr alcanzar el objetivo principal de un Plan Estratégico, cual es contribuir a la maximización de la función económica, social y ambiental (de corto, mediano y largo plazo) del agua. Ante el surgimiento de conflictos, debilidades, carencias, o problemas para alcanzar metas de desarrollo de los recursos hídricos, se pueden concebir muchas soluciones alternativas así como combinaciones sinérgicas de ellas.

### **1.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

#### **1.2.1. Objetivo General**

Tal como se establece en los TR, el objetivo central del estudio es elaborar el diagnóstico del Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos para la Región de Antofagasta. Se indica además que *"el Plan Estratégico es un instrumento de planificación indicativa que, considerando los efectos agregados de las diversas intervenciones locales, contribuye a orientar las decisiones públicas y privadas, con el fin último de maximizar la función económica, social y ambiental del agua, en armonía con el medioambiente y con condiciones de equilibrio que permita la sustentabilidad dentro de una visión de corto y largo plazo, dotando a los actores de las herramientas y capacidades para abordar los desafíos que esto impone"*.

Este objetivo central se desglosa en un grupo de objetivos específicos tendientes, en lo fundamental, a conocer la realidad del recurso hídrico en una región caracterizada por una baja disponibilidad de agua y desajustes notorios entre oferta y demanda del recurso. De igual modo, estos objetivos específicos deben permitir la

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

identificación de los factores que limitan desde la perspectiva del recurso hídrico el desarrollo productivo regional; así como los factores relevantes que afectan el patrimonio ambiental o social regional. Los objetivos específicos se detallan posteriormente en el Acápite 1.4.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos para el desarrollo del estudio son:

- Hacer un diagnóstico respecto del conocimiento del recurso hídrico, del uso del agua y del estado de las fuentes, a través de una revisión, actualización y sistematización de la información existente.
- Elaborar un diagnóstico de los aspectos de cantidad y calidad del recurso hídrico, incluyendo diagnóstico de la infraestructura y servicios relacionados; como también en materia ambiental y funcional respecto del desempeño institucional (público y privado) en materia de gestión en escenarios medios y en condiciones extremas (sequías o inundaciones).
- Identificar los factores más relevantes que limitan, desde la perspectiva del recurso hídrico, el desarrollo productivo regional.
- Identificar los factores más relevantes que afectan el patrimonio ambiental o social dentro del territorio regional.
- Identificar las capacidades y brechas institucionales, públicas y privadas, relacionadas con la gestión y manejo del recurso hídrico
- Identificar y levantar las necesidades existentes relacionadas con el recurso hídrico.
- Identificar las acciones, proyectos y programas en ejecución, aprobados para implementar y considerados para el corto y mediano plazo, de entidades públicas y privadas.

### **1.3. ÁREA DE INFLUENCIA**

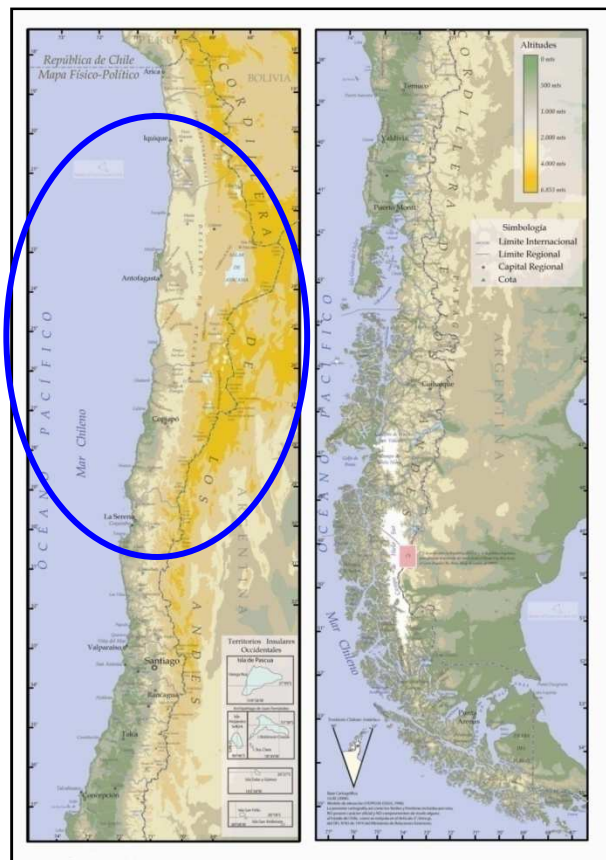
El estudio abarca la Región completa, tal como se muestra en la Figura 1.3-1, en la que se observa la ubicación de la región en el contexto nacional. La región de Antofagasta se localiza aproximadamente entre las latitudes 21° y 26° Sur y entre 71 y 67° Oeste, con la distancia más grande a nivel nacional, justo en 23° sur, aproximadamente de 340 km desde la costa al límite con Argentina.

La región se compone por 10 cuencas, tal como se muestra en el Cuadro 1.3-1, donde se destaca la cuenca del río Loa, que es la de mayor contribución de agua, la cuenca del salar de Atacama, y las zonas Alto-Andinas (altiplánicas), que se compone por Pampa Colorada, Alta Puna, Ollagüe y Ascotán.

La región abarca una superficie de 127.221 km<sup>2</sup>, y por distribución de tipo de suelo las tres clasificaciones más importantes pertenecen al 99,8% del área, donde se tiene que el 85,2% del territorio corresponde a zonas desprovistas de vegetación, un 14,3% son praderas y matorrales y un 0,4% son humedales.



**FIGURA 1.3-1  
UBICACIÓN REGIÓN DE ANTOFAGASTA EN CONTEXTO NACIONAL**



**Fuente:** [http://www.bcn.cl/siit/images/chile\\_fisico.jpg/image\\_view\\_fullscreen](http://www.bcn.cl/siit/images/chile_fisico.jpg/image_view_fullscreen)

**CUADRO 1.3-1  
CUENCAS REGIÓN DE ANTOFAGASTA**

Nº	Cuenca
1	Fronteriza – Salar Michincha – Río Loa
2	Río Loa
3	Costera – Loa – Caracoles
4	Fronteriza – Salares Atacama – Socompa
5	Endorreica – entre Fronterizas y Salar de Atacama
6	Salar de Atacama
7	Endorreica – Salar de Atacama – Vertiente Pacífico
8	Quebrada Caracoles
9	Quebrada La Negra
10	Costera – Quebrada La negra – Quebrada Pan de Azúcar

**Fuente:** Elaboración propia en base a:  
Análisis Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos de Chile. IPLA Ltda.-DGA. 1996.  
Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras Zona I Norte.  
Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.-DGA, 2007

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

Existen diversas clasificaciones geomorfológicas de la región, dependiendo del detalle que se quiere presentar. A grandes rasgos el territorio se divide en una zona costera; con un característico farellón, que se presenta a lo largo de toda la región. Hacia el interior se presenta la cordillera de la costa, y posteriormente el desierto de atacama y la cordillera de Domeyko. Luego de esta zona, continuando hacia el este, se presenta una zona prealtiplánica (planicie) acompañada por salares y finalmente el altiplano.

De las tres zonas de mayor interés, es la cuenca del río Loa la que tiene el mayor aporte al caudal superficial de la región. El río Loa es el más largo de Chile, con una longitud de 440 km, y un área de aporte de 33.082 km<sup>2</sup>. El Loa tiene un caudal medio anual de 0,55 m<sup>3</sup>/s en la estación fluviométrica "Río Loa Antes Represa Lequena" localizada en la parte alta (3.315 m.s.n.m.), con un caudal en su desembocadura de 0,3 m<sup>3</sup>/s.

La precipitación media anual (calculada por la DMC) en Antofagasta es de 1,7 mm y en Calama de 5,7 mm. En la costa, la precipitación se produce en los meses de invierno, a diferencia de la parte alta de la región (altiplano), donde la mayor contribución de agua por precipitación es entre diciembre y marzo.

### **2. RECOPIACIÓN Y REVISIÓN DE ANTECEDENTES**

Considerando la gran cantidad de estudios, informes y proyectos existentes para la Región de Antofagasta, se hace necesario su clasificación y ordenamiento.

Los estudios revisados se han clasificado en siete grupos según el tipo de información que presentan en: Planes, Políticas y Programas, Estudios de tipo General, Demanda por Uso, Evaluación Ambiental Estratégica, Calidad de Agua, Oferta de Aguas Superficiales y Oferta de Aguas Subterráneas. El detalle de los estudios analizados es el siguiente:

- Recursos Hídricos: 23
- Calidad de Aguas: 4
- Ambientales: 5
- Demanda Agrícola: 6
- Demanda Agua Potable: 3
- Demanda Agua Industrial: 3
- Energía: 2
- Estudios Generales: 7
- Oferta Aguas Superficiales: 2
- Paisaje: 2
- Planes, Políticas y Programas: 8
- Demanda Minera: 4

Otra fuente de información considerada fue el SEIA. Se revisaron los proyectos del área de saneamiento ambiental que se encontraron en situación aprobada

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

o en trámite, encontrando 7 proyectos, de los cuales 5 corresponden a plantas desalinizadores, es decir, representan nuevas fuentes de agua para satisfacer la creciente demanda por el recurso hídrico. Adicionalmente se presentan 49 proyectos mineros, los que de alguna manera ejercen presión ya sea sobre la demanda o sobre la calidad del agua.

A fin de conocer las iniciativas públicas de inversión en la región, se examinó el Banco Nacional de Proyectos del Ministerio de Planificación: Se identificaron 5 proyectos del sector silvoagropecuario, además de 13 proyectos de agua potable.

Adicionalmente se realizó una recopilación y revisión de información geográfica como herramientas de análisis del territorio, la cual contempló la recopilación de información cartográfica base (límites administrativos, poblados, ciudades, etc.) e información temática existente (hidrología superficial, hidrología subterránea, áreas de protección, derechos de agua, etc.).

Por último se realizó una recopilación y revisión de los Planes de Alerta Temprana (PAT) existente en la Región de Antofagasta. De acuerdo a la información recopilada, la Región tiene actualmente seis PAT y tres en proceso. Sólo fue posible tener información de 5 de los 6 PAT

El trabajo de recopilación de antecedentes contempló reuniones con la Dirección General de Aguas de Antofagasta, otros servicios públicos e instituciones privadas, las cuales se detallan en el capítulo.

### **3. DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN**

El diagnóstico de la disponibilidad hídrica es una herramienta esencial para diseñar o definir la estrategia de recursos hídricos regional, pues representa una actualización de la situación de oferta y de demanda espacializada.

Para lograr construir el diagnóstico, es necesario comenzar el análisis verificando, ordenando y cuantificando la información básica necesaria. En el caso de las aguas superficiales, esto se hace rellenando las estaciones de medición de caudal y precipitación, para luego ajustar curvas de frecuencia, lo que permite en definitiva estimar la oferta de recursos hídricos. Por otro lado, para las aguas subterráneas, la cuantificación se hace caracterizando las unidades hidrogeológicas existentes. Luego se requiere caracterizar las demandas de aguas. Finalmente se procede a desarrollar el balance hídrico, herramienta que en definitiva permite diagnosticar la disponibilidad de recursos hídricos en la región.

### **3.2. CARACTERIZACIÓN RECURSOS HÍDRICOS**

#### **3.2.1. Recursos Superficiales**

El objetivo de este acápite, comprende la recopilación, análisis y presentación de resultados de las series de datos pluviométricos y fluviométricos. De acuerdo a los Términos de Referencia de este trabajo, en lo principal, se considera aquí la actualización de la información para el período 1960/61 a 2010/11.

##### **3.2.1.1. Pluviometría**

Primero se realizó una completa revisión de las estadísticas disponibles, verificándose la existencia de la información medida en las estaciones; en caso de encontrarse datos faltantes, se realiza el relleno de datos con el objeto de lograr una mejor estimación de los valores característicos de largo plazo registrados en cada estación. Después de revisar las distintas estaciones y analizar cuáles de éstas contenían una estadística más extensa, completa y espacialmente eran significativas, se seleccionaron para los cálculos posteriores las estaciones que se muestran en el Cuadro 3.2.1.1-1, cuadro en el que también se presentan las precipitaciones anuales promedio, mínima y máxima.

**CUADRO 3.2.1.1-1  
ESTACIONES METEOROLÓGICAS SELECCIONADAS PARA EL ANÁLISIS**

Nombre	Código BNA	Precipitación (mm)		
		Promedio	Máxima	Mínima
OLLAGUE	02000001-5	64,5	196,0	0,0
CEBOLLAR	02020001-4	48,2	153,2	1,8
ASCOTAN	02020002-2	61,8	175,0	4,5
PARSHALL N° 2	02103008-2	26,6	80,9	0,0
OJOS SAN PEDRO	02103009-0	59,9	181,0	0,5
INACALIRI	02103010-4	113,7	362,0	0,0
CONCHI VIEJO	02104007-K	36,31	194,4	1,5
CONCHI EMBALSE	02104008-8	16,78	42,5	0
LEQUENA	02101003-0	50	256,4	0
LINZOR	02105016-4	147	389,2	8,8
TOCONCE	02105017-2	77,87	224,2	5,5
AYQUINA	02105018-0	31,11	147,1	0
SALADO EMBALSE	02105020-2	61,77	324,5	6,3
CASPANA	02105021-0	61,2	279,6	0
EL TATIO	02105022-9	142,7	428	8,8
CHIU-CHIU	02104010-K	5,5	22,5	0,0
CALAMA	02110013-7	2,8	16,2	0,0
GUATACONDO DGA	02113005-2	21,0	132,8	0,0
SAN PEDRO DE ATACAMA	02510006-9	22,9	78,6	2,0
TOCONAO RETEN	02500015-3	35,7	148,5	0,0
SOCAIRE	02500019-6	34,3	168,5	0,5
PEINE	02500020-K	18,67	77	0
RIO GRANDE	02510007-7	64,85	218,3	0
ANTOFAGASTA	02710003-1	3,288	27,9	0

**Fuente:** Elaboración propia a partir de la información entregada por la DGA

## Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta

La información de precipitaciones obtenida es un insumo básico para el posterior desarrollo de los balances hídricos en las cuencas prioritarias de la región.

### 3.2.1.2. Fluviometría

En lo que sigue se detalla el trabajo que se realizó para completar las series de caudales de las estaciones fluviométricas en la región de Antofagasta. Fue necesario entonces recopilar las series observadas de manera de actualizar la información disponible al año hidrológico 2010-2011. A partir de estas estaciones se obtuvo el caudal medio mensual, para el análisis estadístico de la oferta de agua en distintos puntos de la cuenca. La información se acotó a los últimos 50 años; desde 1960 a 2011. Después de revisar las distintas estaciones y analizar cuáles de éstas contenían una estadística más extensa, completa, y espacialmente eran significativas, fueron seleccionadas para los cálculos posteriores las que se muestran en el Cuadro 3.2.1.2-1, en conjunto con los valores promedio a nivel anual y estacional.

**CUADRO 3.2.1.2-1**  
**ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS SELECCIONADAS PARA EL ANÁLISIS**

Nombre	CÓDIGO BNA	Caudal Promedio (m <sup>3</sup> /s)		
		anual	Dic-Abr	May-Nov
Río Loa Antes Represa Lequena	02101001-4	0,61	0,62	0,60
Río Loa en Desembocadura	02120001-8	0,29	0,27	0,32
Río San Pedro en Parshall N°1	02103001-5	0,98	0,99	0,96
Río San Pedro en Parshall N°2 (Bt. Chilex)	02103002-3	0,96	0,97	0,95
Río Loa en Salida Embalse Conchi	02104002-9	0,77	1,07	0,56
Río Salado en Sifón Ayquina	02105002-4	0,47	0,55	0,43
Río Loa en Yalquincha	02110002-1	1,46	1,58	1,38
Río Loa en Chintoraste	02110003-K	0,98	0,60	1,33
Río Loa en Quillagua	02112005-7	0,77	0,27	1,08
Río Huatacondo en Copaquire	02113001-K	0,02	0,02	0,02
Río Vilama en Vilama	02500001-3	0,17	0,17	0,17
Río San Pedro en Cuchabrachi	02510001-8	0,11	0,09	0,11

**Fuente:** Elaboración propia, en base a la información del Banco Nacional de Aguas, DGA

Debe notarse que estos resultados son consecuencia del relleno de los datos observados, sin considerar el ajuste a régimen natural del flujo, pues esto implica un trabajo que no está en el alcance de este proyecto. En todo caso, la información presentada en esta sección entrega una potencial herramienta, actualizada, que sirve para conocer el comportamiento medio de los caudales superficiales en la región.

### 3.2.1.3. Conclusiones Caracterización Recursos Hídricos Superficiales

El diagnóstico de la disponibilidad hídrica superficial representada mediante la precipitación y el caudal ha mostrado en esta región lo siguiente:

- Las estaciones pluviométricas abarcan una mayor cobertura espacial y temporal desde la década de 1970, siendo las últimas dos décadas las con mejor continuidad de los datos observados.

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

- Se eligieron 24 de las 50 estaciones disponibles para el procesamiento de datos. Se observa del resultado que las estaciones de Ollagüe, Ascotán y Ojos San Pedro son las que muestran mayor precipitación media anual de 64,5 mm, 61,8 mm, y 59,9 mm, respectivamente. A su vez se destacan ciertos años donde se identifican periodos húmedos para toda la parte alta de la región, como es son los últimos años hidrológicos (Mayo-Abril) del: 1996/97, 2000/01, 2003/04 y 2010/11 entre otros.
- Para las estaciones fluviométricas se dispone de 34 estaciones de las cuales se eligieron 12 para el procesamiento de estadísticas, dado que se consideraron como más adecuadas para el proceso.

El diagnóstico de la disponibilidad de recursos hídricos muestra que la región tiene varias estaciones operando normalmente hace más de 3 décadas para la situación promedio del sistema.

### **3.2.2. Caracterización de Recursos Subterráneos**

El flujo de las aguas subterráneas de la región, en general, se puede decir que escurre de este a oeste, desde la zona de recarga en los volcanes hacia la Cordillera Media. La zona de recarga de aguas subterráneas es un gran cinturón de lavas andesíticas, riolitas, ignimbritas y tufts, con dirección norte-sur a lo largo de las estribaciones occidentales de la Cordillera de los Andes. Las lavas e ignimbritas parecen ser el medio principal de transmisión del agua de recarga a través de fisuras y rajaduras. La Cordillera Media, que forma las estribaciones occidentales de las cuencas, consiste en roca sedimentaria plegada y lavas de poca o nula conductividad.

Las áreas de descarga de aguas subterráneas incluyen principalmente:

- Los ríos de la cuenca del Río Loa y la franja oriental del Salar de Atacama.
- En los salares, vegas y playas, la descarga de agua subterránea es a través de evaporación de las superficies freáticas y transpiración de las plantas. Además, los salares tienen generalmente pequeñas lagunas que están orientadas en forma transversal a la dirección del flujo de agua subterránea. De las vegas, solamente Ojos de San Pedro tiene lagunas; algunas aparecen en la vega de Chiu-Chiu, pero éstas parecen estar relacionadas a una formación de tipo kárstico.

El área entre la zona de recarga y la zona de descarga está formada por arenas y gravas entremezcladas con acuitardos de ignimbritas, arcillas y cenizas volcánicas. Estas zonas son los principales acuíferos, y alcanzan generalmente varios cientos de metros de espesor.

En el Cuadro 3.2.2-1 se presenta una breve descripción de los acuíferos principales, sedimentarios y de salar existentes. Además, en el Cuadro 3.2.2-2 se presenta una descripción de acuíferos de menor importancia.

**CUADRO 3.2.2-1  
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES ACUÍFEROS REGIÓN DE ANTOFAGASTA**

<b>Acuíferos Sedimentarios</b>			
<b>Cuenca</b>	<b>Geología y Geomorfología</b>	<b>Hidrogeología</b>	<b>Parámetros Elásticos</b>
<b>Ojos de San Pedro</b>	Ocupan el valle antiguo del Río San Pedro sedimentos fluviales y aluviales del Terciario Superior y Cuaternario. En las paredes existen abanicos aluviales que nacen a los pies de volcanes. En el centro del valle se tiene más de 350 m de sedimentos con intercalaciones de roca volcánica, ceniza e ignimbrita. No existen sedimentos en el valle, al oeste de Ojos de San Pedro, donde se presentan afloramientos de ignimbrita.	El agua subterránea fluye de Este a Oeste a lo largo del valle antiguo y desde las paredes del valle. A partir de la red de pozos de poca profundidad se sabe que la gradiente hidráulica en la Vega de Ojos de San Pedro varía en 0,4 ‰ hasta 1, 5 ‰. Existe una barrera de basamento impermeable (ignimbrita) a través del valle anterior al río San Pedro que ha causado el flujo vertical y la descarga natural del agua subterránea a Ojos de San Pedro.	Los valores de transmisibilidad son altos y en el rango de 2000-4500 m <sup>2</sup> /día. Los coeficientes de almacenamiento en los acuíferos no confinados también son altos del orden de 0,15-0,20.
<b>Vegas de Turi</b>	La cuenca sedimentaria de Turi se presenta constituida por grava y arena de origen fluvial y lacustre, intercalados con horizontes de ignimbrita y ceniza, alcanzando un espesor de aproximadamente 120 m; la zona se caracteriza por la presencia de una vasta llanura, cuya pendiente es hacia el SW, con valor de 0,008. La cuenca es limitada al NE por lavas dacíticas y andesíticas y al NW, NE y SE por ignimbritas.	En este acuíferos existe uno libre y otro confinado, debajo de la capa de ignimbrita. El agua subterránea entra a las zonas de descarga en la región de Turi por 3 vías principales; desde el NNE a través de sedimentos aluviales; otra desde el NE a través de un flujo de lava andesítica, y la tercera desde el E por sedimentos aluviales. La zona de recarga está ubicada en la línea de volcanes que limitan la cuenca desde el este hacia el norte. El afloramiento de aguas subterráneas ocurre en tres localidades: Baños de Turi; Río Salado y en la Salar y Playa, mediante evapotranspiración.	Los valores de la transmisibilidad se estiman en 500 m <sup>2</sup> /día en la zona B, en base a registros de bombeo existentes, los cuales varían desde 565 a 2.710 m <sup>2</sup> /día.
<b>Cuenca de Calama</b>	Esta cuenca es sedimentaria que se extiende desde Calama hacia el norte de Chiu-Chiu. Este gran llano que sube paulatinamente hacia el este, es surcado por el curso Inferior del río Loa. La depresión es ocupada por sedimentos terciarios y cuaternarios, capas de tobos y calizas Lacustres. El basamento de la cuenca, constituida por rocas Volcánicas y sedimentarias principalmente del jurásico y Cretácico inferior, afloran en la cordillera del Domeyko y en serranías aisladas al este de la cordillera.	Existe un acuífero libre localizado en las rocas carbonatadas y sedimentarias, y probables numerosos acuíferos confinados, principalmente debajo de horizontes de arcilla. Estos acuíferos son probablemente de poca extensión. La recarga principal es por flujo de agua subterránea, proveniente del valle del Río Loa y del valle del Río Salado. Las principales zonas de descarga se presentan en las vegas de Calama y Chiu-Chiu y en el Río Loa entre Isla Grande y Escorial.	
<b>Acuíferos de Salar</b>			
<b>Cuenca</b>	<b>Geología y Geomorfología</b>	<b>Hidrogeología</b>	<b>Parámetros Elásticos</b>
<b>Salar de Atacama</b>	El Salar de Atacama es una cuenca tectónica cerrada, formada por grandes fallas normales y movimiento diferenciales de bloques de dirección N-S. En la zona se diferencian rocas paleozoicas representadas por volcanitas queratofiricas, rocas jurásicas que corresponden a andesíticas y sedimentos clásticos; rocas terciarias representados por la formación San Pedro e ignimbritas y sedimentos cuaternarios que corresponden a depósitos aluviales, piedemonte, depósitos eólicos, lanares y coladas andesíticas.	Se han reconocido 3 sistemas acuíferos albergados en los depósitos del relleno aluvial circundante a la zona del salar y en los depósitos salinos. Estos acuíferos se denominan Acuífero del borde Este, Acuífero del Núcleo del salar y acuífero de Monturaqui-Negrillar-Tilopozo, estando el primero conformado por salmuera y los dos últimos por agua dulce. No se cuenta con antecedentes suficientes para caracterizar el sistema de aguas subterráneas que se desarrolla en la zona oeste y norte del salar, si bien existen antecedentes de que en el Llano de la paciencia las precipitaciones serían escasas y las aguas subterráneas serían altamente salobres, por lo cual, probablemente, no se habrían efectuado exploraciones en esa zona. La recarga proviene del sector este donde se levanta la Alta Cordillera y su descarga se produce principalmente en el borde oriental del salar.	En el acuífero del núcleo se tiene el nivel freático a 0,67 m distribuido de manera homogénea. Los parámetros elásticos presentan una alta heterogeneidad. Los valores de transmisividad podrían variar entre 300 y 500.000 m <sup>2</sup> /d y una conductividad hidráulica entre 1 y 5.000 m/d. La recarga en el núcleo por flujo subterráneo se estima en 3.259 L/s y por aporte de precipitación en 913 L/s, lo que da un total de recarga de 4.172 L/s
<b>Salar de Punta Negra</b>	Rocas no consolidadas y ceniza del Terciario Superior y Cuaternario se presentan en un graben limitado por rocas ígneas. Los pozos indican que su espesor es mayor de 400 m. Parte de la zona central de la cuenca tectónica es ocupada por una vasta playa.	En los subsuperficiales del sector del salar de Pta. Negra se ha estudiado un sistema acuífero el cual puede ser dividido en tres zonas principales, zona norte, zona centro y zona sur, a partir de sus características geológicas e hidrogeológicas. Al norte se distingue un acuífero confinado semiaislado con una compleja hidrogeología. Al centro se reconoce un acuífero menos complejo, el cual es dividido en un acuífero superior libre, en su parte norte, y un acuífero confinado en su porción sur. Por último se ha reconocido un acuífero sur, ubicado al sur del cerro Punta Negra, el cual tendría un carácter libre. La recarga del acuífero se ha estimado, a partir de un balance hidrológico, en 240 L/s.	Pruebas de bombeo permiten estimar los valores de transmisividad entre 30 y 11.200 m <sup>2</sup> /d y conductividad hidráulica entre 0,2 y 5,3 m/d
<b>Agua Verde</b>	La parte central de la zona constituye una llanura formada por sedimentos aluviales no consolidados. El basamento está constituido principalmente por rocas graníticas. El espesor de sedimentos alcanza aproximadamente 300 m. La zona forma parte de la pampa existente entre las Cordilleras de la Costa y Domeyko.	El agua subterránea se encuentra en acuíferos libres y confinados de arena, en las rocas no consolidadas que ocupan el antiguo valle excavado en el basamento granítico. La zona de recarga se encuentra al Este, en la Cordillera de los Andes con un gradiente hidráulico en sentido E-W.	De acuerdo a información disponible, los valores de la transmisibilidad y coeficiente de almacenamiento varía entre 4 a 930 m <sup>2</sup> /día y 0,008 a 0,00017.

**Fuente:** Elaboración propia en base a antecedentes recopilados

**CUADRO 3.2.2-2  
CARACTERÍSTICAS OTROS ACUÍFEROS**

<b>Cuenca</b>	<b>Descripción</b>
<b>Sector Salar de Ollagüe</b>	Las unidades hidrogeológicas definidas en la cuenca comprenden: una primera unidad superficial de relleno sedimentario, compuesta por detritos tamaño grava a arena y con una potencia de 20 m, la cual formaría los niveles más permeable de acuífero. La Segunda unidad comprende una roca ignimbrítica fracturada, compuesta por una toba de ceniza y piroclastos tamaño lapilli y alcanza una potencia de 100 m. Por último se reconoció una unidad inferior de areniscas y limos, pero no se ha podido definir su potencial hidrogeológico con precisión, debido a que sólo un sondaje la atravesó y sin evidenciar su base. Para este acuífero, las transmisibilidades varían entre 3.000 8.00 m <sup>2</sup> /día, con un rendimiento específico de 0,014, y un almacenamiento medio de 0,03. Se estima que la profundidad del acuífero fluctúa entre 0,1 y 23 m y que el agua almacenada es aproximadamente de 2.200 hm <sup>3</sup> suponiendo una superficie acuífera de 200 km <sup>2</sup> . Por último, las recargas producto de las precipitaciones son del orden de 314 L/s.
<b>Sector Salar de Carcote</b>	En la cuenca del Salar de Carcote se han identificado tres acuíferos. El primero de estos acuíferos está constituido por depósitos aluviales y coluviales, el segundo por rocas volcánicas fracturadas y el tercero, por depósitos salinos. Los acuíferos de depósitos aluviales y coluviales y de rocas volcánicas fracturadas, circundan el salar por sus costados oeste y norte, respectivamente. Estos constituyen las fuentes de recarga del acuífero de salmuera anidado en los depósitos salinos, así como también de la zona de vegas presentes en los márgenes norte y oeste del salar. En este acuífero, se estima un total de recarga por precipitación de 1398 L/s y una recarga por infiltración desde la cuenca de Ascotán de entre 15 y 20 L/s. La transmisividad se estima alrededor de 150 y 300 m <sup>2</sup> /d asociados a 2,5 m superficiales de acuífero y calculado a partir de pruebas de bombeo en calicatas.
<b>Sector Salar de Ascotán</b>	El salar de Ascotán se ubica en una depresión estructural inter volcánica, en cuyo sector más deprimido se localizan los sedimentos salinos. Rodeando a estos sedimentos salinos se encuentran los depósitos aluviales y coluviales intercalados entre coladas de lavas, los cuales limitan la cuenca. El basamento, localizado bajo los depósitos sedimentarios, corresponden principalmente a andesitas en el sector este e ignimbritas en el sector oeste. Los depósitos aluviales superficiales y subsuperficiales, junto con las rocas volcánicas fracturadas intercaladas y subyacentes y los sectores fracturados de la roca de caja infiltrante, conforman los medios permeables que constituyen el sistema acuífero en la cuenca de Ascotán. En el acuífero del salar de Ascotán se estima un volumen de almacenamiento de 2.300 hm <sup>3</sup> . Por otra parte, se estimó con pruebas de bombeos una transmisividad que varía entre 3.000 y 23.000 m <sup>2</sup> /d, y así mismo se estima un coeficiente de almacenamiento del orden de 10 <sup>-3</sup> para las unidades analizadas. Finalmente la recarga del sistema se estima mediante un balance hidrológico, y es del orden de 800 L/s.
<b>Sector Pedro de Valdivia - María Elena</b>	El acuífero de María Elena - Pedro de Valdivia, ubicado en el extremo occidental de la Depresión Central, comprende la prolongación oriental y occidental del río Loa, y se encuentra limitado por rocas paleozoicas y mesozoicas que conforman una franja impermeable de orientación norte-sur, tanto en su extremo oriental como occidental. En general la geología de subsuperficie, está definida por una cubierta aluvial cuaternaria no saturada de 10 a 50 m (Unidad 1), bajo la cual se dispone una sucesión de limos arenas y gravas con una potencia del orden de 200 a 300 m. Dentro de esta sucesión se pueden diferenciar la Unidad 2, compuesta por limos y arcillas y una potencia del orden de 10 a 20 m. La Unidad 3, de arenas y gravas con pocos finos, se dispone bajo la unidad anterior, con espesores entre 20 y 150 m. La Unidad 4, corresponde a arenas con limos y arcillas con una potencia de 40 m aproximadamente. Por último se reconoció la unidad 5, de gravas y arenas, la cual se dispone sobre el basamento, y tiene espesores entre los 100 y 200 m. Los rellenos con mejores características para constituir acuíferos corresponden a las unidades 3 y 5. El nivel de la napa fluctúa entre los 30 y 55 m de profundidad y aunque no se conoce su volumen de almacenamiento, si se cuenta con una estimación de almacenamiento de entre 0,01 y 0,05. También se estima su transmisividad mediante las pruebas de bombeo en un rango de 30 a 150 m <sup>2</sup> /d.
<b>Sector Sierra Groda</b>	El acuífero de Sierra Gorda consta de dos zonas principales, por el norte Pampa Lina y por el sur Pampa Blanca, las cuales son separadas por una zona de angostura. Las características hidrogeológicas han permitido definir en total 5 zonas acuíferas con fronteras bastante bien definidas y que están conectadas entre si: SECTOR PAMPA BLANCA: Acuífero 1: Sector Of. Sargento Aldea - La Pampita. Acuífero 2: Sector La Pampita - Of. Edwards. Acuífero 3 : Sector Of. Edwards - Of. Arturo Prat. Acuífero 4: Sector Of. Arturo Prat - Estación Chela. SECTOR PAMPA LINA: Acuífero 5: Sector Pampa Lina. El carácter de la mayoría de los acuíferos identificados es semiconfinado. Se han reconocido 4 unidades sedimentarias de origen aluvial con distintas características granulométricas e hidrogeológicas. En los depósitos aluviales del sector de Pampa Blanca se han reconocido dos unidades (U1 y U2) que en conjunto constituyen un acuífero de buenas características hidrogeológicas. En los sedimentos finos del sector de Pampa Blanca se han reconocido dos unidades (U3 y U4) que constituyen más bien acuífijos (sector entre Of. Chacabuco y Estación Pampa Unión) y que imprimen cierto grado de confinamiento al acuífero antes mencionado. En el sector Pampa Lina se reconocen, en subsuperficie, sólo depósitos de fina granulometría asimilables a la U3 definida para Pampa Blanca, de forma que atractivo hidrogeológico, como potencial reservorio explotable, es bastante limitado, aun cuando presenta volúmenes saturados importantes. La recarga de los acuíferos proviene de la precipitación y se aproxima a 50 L/s a largo plazo. Por otra parte se estiman, mediante pruebas de bombeo el rango del coeficiente de transmisividad entre 5 y 1000 m <sup>2</sup> /d. Los coeficientes de almacenamiento varían entre 1% y 8%.
<b>Sector Calama - Pampa Llalquil</b>	En el sector Calama - Pampa Llalqui se desarrolla un sistema acuífero alojado en los medios permeables conformados por las formaciones Calama, Jalquinche y Opache. Estas formaciones terciarias corresponden a los depósitos de relleno de la denominada Cuenca de Calama. El sistema de aguas subterráneas consta de un acuífero inferior confinado, conformado por las grabas de la Formación Calama y los sedimentos más finos de la Formación Jalquinche. El confinamiento de estas capas está dado por la presencia de una capa volcánica de ignimbrita que las sobreyace, la cual se extiende sobre la cuenca desde el sector del suroeste boliviano. La extensión de esta capa volcánica alcanza hasta el sector de Pampa Llalqui. El acuífero superior, formado por las calizas de la formación Opache, se comporta de manera freática en toda la cuenca, exceptuando las zonas en que es sobreyacido por la Formación Chiu-Chiu, cuyos sedimentos arcillosos de carácter impermeable le otorgan un cierto grado de confinamiento. Las aguas se infiltran al acuífero superior desde las precipitaciones que ocurren en el sector suroriental (Sierra de Tuina). Existe también un aporte de infiltración desde los cauces de los río Loa y Salado y una afluencia subterránea desde el noreste, desde el área del Salar de Turi. En el caso del acuífero inferior, las aguas escurren desde el sector de los valles de los río Loa y Salado, desde donde proviene la recarga subterránea al acuífero mediante pruebas de bombeo se estima un rango de transmisividad de entre 170 m <sup>2</sup> /d para el acuífero superior y 250 m <sup>2</sup> /d en el acuífero inferior. El almacenamiento varía entre 10 <sup>-1</sup> y 10 <sup>-2</sup> en el acuífero superior e inferior. La recarga del sector de Calama - Pampa Llalqui se calcula en 349 L/s en el acuífero superior y 677 L/s en el inferior.
<b>Sector Pampa Elvira - Llano Mariposa</b>	Sobre la base de los antecedentes estratigráficos disponible, es posible reconocer un acuífero de carácter freático anidado principalmente en la cobertura detrítica del área, conformada por gravas y arenas polimícticas con escasa presencia de limos y arcillas, que presenta una buena continuidad tanto arealmente como en profundidad. El espesor del relleno es variable y, de acuerdo a los antecedentes disponibles, fluctúa entre los 47 y 273 m de espesor. Se ha reconocido, además, un nivel inferior de areniscas rojas pertenecientes a la Formación Purilactis, que si bien en algunas zonas actúa como límite inferior impermeable del acuífero, se ha detectado en algunos sondajes como parte del medio permeable saturado. La napa en el sector del acuífero de Elvira- Mariposa varía su profundidad entre 40 y 166 m. Por otra parte, se ve que la recarga total de la cuenca Elvira es 222,81 L/s (aportado por infiltración de precipitación, por flujo desde el sector Mariposas y por infiltración de cauces superficiales). El coeficiente de permeabilidad se estima entre 1 y 25 m/d, un rendimiento específico entre 2 y 15% y la transmisividad en el rango de 200 y 8.000 m <sup>2</sup> /d. Finalmente se estima el volumen de agua embalsada en el acuífero contenido en la cuenca de Elvira en 3.922 hm <sup>3</sup> .
<b>Sector Salar de los Morros</b>	En la cuenca de Los Morros se reconoce un acuífero freático conformado por la cobertura detrítica del área, compuesta por gravas y arenas con escasa presencia de limos y arcillas. Los límites físicos del acuífero corresponden al basamento rocoso y a los cerros que bordean la depresión de la cuenca, que constituyen fronteras o bordes impermeables. La roca basal, en el sector central de la cuenca se encuentra alrededor de los 250 m de profundidad. Las mayores profundidades, que alcanzan los 550 m, se encuentran en el sector nor-este. De pruebas de bombeo en 6 pozos se llega a adoptar un valor de la permeabilidad variable entre 3 y 12 m/d, de transmisividad entre 500 y 1.000 m <sup>2</sup> /d y de 4 y 8% para el coeficiente de almacenamiento, que a largo plazo fluctúa entre 7 y 10%. La recarga del acuífero se estima del orden de 75 L/s, y finalmente se estima un volumen de agua embalsada en 1.500 hm <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración propia en base a antecedentes recopilados



### **3.3. DEMANDAS HÍDRICAS POR USO**

#### **3.3.1. Agua Potable**

En la actualidad la empresa a cargo de la producción y distribución de agua potable urbana en la región es Aguas Antofagasta, empresa que es regulada permanentemente por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).

Para aguas Antofagasta se tiene que la población abastecida de agua potable llega al 100% y que corresponde en el sector residencial a aproximadamente 145.000 para el año 2011, que en proporción representa aproximadamente el 96% del total.

Se puede estimar una dotación urbana promedio para la región. Tomando entonces el total de inmuebles residenciales con agua potable (145.390 viviendas) y el volumen de agua facturado para el total residencial, se obtiene una dotación promedio de 14.62m<sup>3</sup>/residencia/mes. En total se observa que la demanda de agua potable asciende a 34.562.586 m<sup>3</sup> por año

Usando la información de los planes de Desarrollo presentados por la empresa concesionaria de agua potable de la región, se han estimado las extracciones (actual) y la producción asociados a la oferta actual y futura. Para estimar la proyección del consumo, se unen las proyecciones presentados por los planes de desarrollo y la proyección de población entregadas por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE). El resumen del resultado en el cuadro 3.3.1-1.

Por otra parte se realiza una proyección del consumo en los tres periodos de análisis, donde se detalla la demanda de las cinco principales ciudades, que tienen sistema de abastecimiento de agua potable urbano (Antofagasta, Calama, Tocopilla, Mejillones, Taltal) y una proporción de lo que representan los sistemas de APR en relación al total urbano y su proyección (2,58%).

**CUADRO 3.3.1-1  
PROYECCIÓN DE PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE (L/s)**

<b>SISTEMA NORTE DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA</b>			
<b>Caudal</b>	<b>2012</b>	<b>2016</b>	<b>2026</b>
<b>Medio Anual</b>	1.402	1.513,2	1.856,9
<b>Máximo Diario</b>	1.668,2	1.802,9	2.216,5
<b>SISTEMA SUR DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA</b>			
<b>Caudal</b>	<b>2010</b>	<b>2014</b>	<b>2024</b>
<b>Medio Anual</b>	26,5	27,6	30,5
<b>Máximo Diario</b>	33,9	35,6	39,3

**Fuente:** Tomado de los planes de desarrollo de Aguas Antofagasta, SISS (2011)

Por último, para las zonas rurales con sistemas APR operativos, se tienen 10 localidades: San Pedro de Atacama, Toconao, Socaire, Caspana, Lasana, Chiu-Chiu, Peine, Río Grande, Ollagüe, Quillagua) localidades. Por su parte, la CONADI identifica 12 zonas rurales adicionales que debieran contar con un APR.

## Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta

### 3.3.2. Uso Agrícola

A partir de diferentes estudios citados, se describen sectores de riego, los que se concentran en torno a los oasis, ayillos, y en mucho menor medida en suelos aptos de centros urbanos. Los sectores de riego definidos en estos estudios secundarios consideran las comunas de: San Pedro de Atacama y Calama, del Sector Alto del río Loa; María Elena y Tocopilla, del Sector Bajo del Río Loa; Ollagüe y Antofagasta. Se revisaron las metodologías tradicionales e información base empleadas para el cálculo de la demanda hídrica agrícola en la Región de Antofagasta. Se utilizó la comuna como unidad territorial de análisis, dado que no se contaba con información de la distribución de las superficies regadas de cada cultivo por cuenca. Por ello, se utilizó la información de superficies por tipo de cultivo del Censo Agropecuario del año 2007.

En el Cuadro 3.3.2-1 se muestran los resultados del cálculo de la demanda hídrica anual por comuna, al año 2007, de acuerdo a las estadísticas del Censo Agropecuario del mismo año. Para la posterior proyección de la superficie de riego a nivel regional, se utilizó el estudio "Proyección de la superficie regada al 2020"<sup>1</sup>, que recoge información de una serie de documentos, planes y estudios relacionados con infraestructura y obras públicas de riego, catastro de embalses y canales, factores climáticos y socioeconómicos que inciden en la superficie regada. Utilizando la proyección histórica de este estudio, se obtuvo el incremento o disminución de la superficie de riego, según especie representativa, a corto, mediano y largo plazo (5, 10 y 20 años, respectivamente). Cabe señalar que la superficie regada al año 2012 se calculó en base a la misma proyección histórica del estudio señalado, ya que las estadísticas agropecuarias más actualizadas corresponden a las del año 2007. Asimismo, la proyección de la superficie por año obtenida a partir del estudio de la CNR, corresponde a una función lineal. El resultado de la demanda proyectada se presenta en el cuadro 3.3.2-1.

**CUADRO 3.3.2-1**  
**DEMANDA HÍDRICA AGRÍCOLA AL AÑO 2007 Y PROYECTADA, POR COMUNA**  
**(m<sup>3</sup>/año)**

COMUNA	2007	2012	2017	2022	2032
<b>Antofagasta</b>	81.898,05	81.447,11	91.201,58	102.933,43	140.119,79
<b>Mejillones</b>	549,18	546,15	697,61	895,58	1.544,05
<b>Sierra Gorda</b>	1.748,75	1.739,12	2.377,35	3.223,38	6.006,52
<b>Taltal</b>	68.946,61	68.566,98	90.639,04	119.571,71	214.000,40
<b>Calama</b>	15.799.747,43	15.712.752,61	16.906.932,96	18.059.548,92	20.946.981
<b>Ollagüe</b>	26.328,53	26.183,56	27.768,75	29.228,14	32.881,41
<b>San Pedro de Atacama</b>	33.537.340,85	33.352.681,24	36.957.507,95	40.838.369,9	51.575.620,89
<b>María Elena</b>	345.128,54	343.228,23	371.826,19	399.603,78	468.061,21
<b>TOTAL</b>	<b>49.861.687,94</b>	<b>49.587.145,01</b>	<b>54.448.951,43</b>	<b>59.553.374,82</b>	<b>73.385.215,29</b>

**Fuente:** Elaboración propia

<sup>1</sup> Lagos Rehfeld, José. 2012. Proyección de la superficie regada al 2020. 2012. Comisión Nacional de Riego.

### **3.3.3. Demanda Para Producción de Energía Eléctrica**

Dado que la energía eléctrica se satisface fundamentalmente con agua de mar, además de no necesariamente el consumo de la energía se produce en la región, no se requiere realizar proyección.

### **3.3.4. Minería**

Se realizó una estimación aproximada de proyección a corto-plazo (2012-2017 de la demanda de agua en la industria Minera. Para ello se consideraron cálculos basados en producción anual de mineral y tasas de consumo unitario de agua para el periodo 2001-2011. Añadido a lo anterior se consideraron estimaciones de producción que contemplaban las inversiones programadas hasta el año 2020 presentes en el estudio: "Gestión del Recurso Hídrico y la Minería en Chile, Proyección Consumo de agua en la Minería del Cobre 2009-2020.", Proust Consultores COCHILCO (2009). Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 3.3.4-1.

**CUADRO 3.3.4-1  
DEMANDA DE AGUA EN LA MINERÍA**

<b>AÑO</b>	<b>DEMANDA (hm<sup>3</sup>/año)</b>
<b>2012</b>	142,0
<b>2013</b>	136,1
<b>2014</b>	129,9
<b>2015</b>	168,0
<b>2016</b>	166,6
<b>2017</b>	<b>154,8</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Se hace notar que la proyección de demandas futuras de mediano y largo plazo no son posibles de realizar, ya que dependen de los proyectos mineros que se ejecuten, las tecnologías de explotación y producción seleccionadas parámetros que no es posible proyectar, por lo que no se hace posible presentar una demanda hídrica minera.

### **3.3.5. Uso Industrial**

Dado que el uso industrial está incluido en el uso potable, no se desarrolló una proyección de demandas específica.

## **3.4. BALANCE HÍDRICO**

Al desarrollar los balances hídricos en las cuencas prioritarias, se observa que al estar en presencia de cuencas tan complejas como las altiplánicas y/o endorreicas, cuya hidrología es en general bastante distinta a las cuencas del centro y sur del país, con regímenes de lluvias distintas, con procesos de formación de precipitaciones particulares, con condiciones geográficas y climáticas particulares (desierto, altiplano,

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

salares, etc.), y que además se insertan en un entorno económico y social complejo, constituye una difícil misión desde el punto de vista de la comprensión del sistema y por lo tanto de la cuantificación del recurso hídrico para una correcta regulación. Cada decisión metodológica, cada supuesto, afecta significativamente el resultado y la posterior decisión, que puede ser el otorgar o no un derecho de aprovechamiento, un plan, una política, o cualquier. Es por todo esto que el análisis crítico de los métodos empleados se hace tan relevante.

### **4. DIAGNÓSTICO DE CALIDAD SEGÚN FUENTES Y TIPO DE USO**

#### **4.1. CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES**

Se realizó una revisión de los antecedentes bibliográficos existentes en cada una de las cuencas, para aguas superficiales, además de un análisis de la base de datos de calidad de aguas del BNA. Se seleccionaron parámetros físico-químicos para el análisis espacial de los datos: pH, Conductividad eléctrica, Oxígeno disuelto, Arsénico, Boro, Calcio, Cloruros, Cobre, Magnesio, Mercurio, Sulfatos, Sodio y Nitrato, los que son comparados con la NCh 1.333 para riego. Además se hace un análisis de los datos de Oxígeno Disuelto.

##### **4.1.1. Cuenca del Río Loa**

Este análisis espacial consiste en un recorrido desde aguas arriba hacia aguas abajo del río Loa, analizando los parámetros seleccionados, utilizando diagramas que facilitan la visualización de la calidad de las aguas. Las estaciones analizadas son: Río Loa en Represa Lequena, Río Loa antes junta Río Salado, Río Loa en Yalquincha, Río Loa en Finca, Río Loa antes junta San Salvador, Río Loa en Quillagua, Canal Quillagua en Quillagua, Río Loa en desembocadura.

Según la clasificación de los cursos de agua por objetivos de calidad, el agua del río Loa es clasificada en clase 3 hasta aproximadamente la altura de la ciudad de Calama, donde la calidad hasta la desembocadura en el mar es de clase 4. Las sales que predominan en el curso de río son sulfatos cálcicos, predominancia que aumenta hacia aguas abajo del río Loa.

Para los parámetros analizados se presentan problemas puntuales para el pH y continuos para Conductividad Eléctrica, Arsénico, Boro, Cloruro, Mercurio y Sulfatos (desde la estación río Loa en Finca hacia aguas abajo).

La calidad deficiente del agua tiene un origen natural y antrópico, ya que en la parte media de la cuenca se concentra una actividad minera importante, lo que sumado a las condiciones naturales, han ocasionado presencia de metales como el cobre, el hierro y el cromo. El río Salado (caudal afluente) provoca una alteración importante en la calidad natural del río Loa, además de las recargas de aguas subterráneas, la existencia de los tanques Santa Fe y Sloman y la alta radiación solar.

Los sedimentos contaminados y los desechos mineros abandonados a lo largo y cerca del lecho del río generan un alto riesgo de removilizaciones de contaminantes

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

aguas abajo, especialmente durante periodos de lluvias extremas, como ha ocurrido en periodos del invierno altiplánico.

El agua potable por su parte, muestra una buena calidad a excepción de los parámetros cloruro y arsénico.

La cuenca del río Loa ha sido priorizada para fijar una norma secundaria de calidad de aguas, cuyo proyecto definitivo se encuentra en elaboración.

### **4.1.2. Cuenca del Salar de Atacama**

La cuenca del Salar de Atacama posee aguas que han sido clasificadas en clase 0 para la quebrada de Peine, Camar, Talabre y Jérez y en clase 2 para los ríos Vilama y San Pedro. Las sales predominantes en los cursos estudiados son los sulfatos cálcicos, con excepción del canal Cuno en Socaire, donde existe una mayor preponderancia de los cloruros y el sodio. Para los parámetros analizados se presentan problemas para Conductividad Eléctrica, Arsénico, Boro, Cloruro (menos en canal Cuno en Socaire), Manganeso, Sulfatos y Sólidos Disueltos. La calidad del agua tiene un origen más bien natural, que tiene que ver con la calidad de los afluentes y las características del suelo, sin embargo no se pueden descartar causas antrópicas en casos no estudiados por DGA (2004).

### **4.2. CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

Del análisis de las aguas subterráneas, se desprende que las concentraciones de arsénico y boro (medianas) superan la NCh 1.333. Del estudio del acuífero del Loa (superior libre), se extrae que hay amplios sectores que se han clasificado como aguas intratables, especialmente por los Cloruros, SDT y Arsénico en la parte sureste, el resto se ha calificado como regular; el origen del Cl- y los SDT correspondería a un origen natural, mientras que el Arsénico tendría origen mixto.

Existen algunas fuentes de aguas subterráneas en las cuencas cerradas que podrían ser potabilizadas, ya sea porque cumplen con todos los parámetros, o porque requieren tratamientos mediante filtros por el alto nivel de arsénico.

### **4.3. INFORMACIÓN DISPONIBLE EN PROYECTOS PRESENTADOS AL SEA**

Se realizó una revisión de la información de calidad de aguas disponible en proyectos presentados al Sistema de Evaluación Ambiental (SEA) y la que se encuentra disponible en Planes de Alerta Temprana (PAT).

Los proyectos presentados al SEA han sido 866 desde el año 2000, de una revisión de ellos se ha determinado que existen restricciones que den ser evaluadas, entre ellas que la información de los monitoreos de calidad de agua que deben ser presentados por el seguimiento de los proyectos no es decepcionado por un solo servicio público, esta información no se encuentra sistematizada, actualmente se está sistematizando la información por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente. Sobre la información analizada, esta no se encuentra de manera uniforme y no se

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

aprecia en los informes si se está cumpliendo o no con los compromisos adquiridos y con el periodo comprometido.

Existen seis PAT en la región y tres se encuentran en proceso, esta información también carece de uniformidad y no necesariamente se informa de todas las variables a monitorear comprometidas y en ocasiones carece del análisis de la información pertinente. La información no se integra territorialmente.

### **4.4. FUENTES EMISORAS SOBRE AGUAS SUPERFICIALES O SUBTERRÁNEAS**

Se ubicaron espacialmente las potenciales fuentes emisoras de contaminación sobre aguas superficiales o subterráneas, las que corresponden a pasivos mineros ambientales, depósitos de relave y PTAS, los dos primeros representan un riesgo de contaminación por su inestabilidad física, química y por el impacto ambiental. La distribución en el espacio se caracteriza por concentrarse cerca de faenas mineras. La cuenca del río Loa concentra la mayor parte de depósitos y pasivos mineros cerca de Chuquicamata, cercana a la ciudad de Calama, donde también se encuentra la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS). También hay concentración de pasivos ambientales en la zona de Tocopilla.

### **4.5. VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS**

En la región no se ha determinado la vulnerabilidad de los acuíferos y se debe estudiar el mejor método para la realización de ésta en las condiciones ambientales existentes en la zona. En el año 1992 se modifica el Código de Aguas, entregando protección a los humedales de las regiones de Tarapacá y Antofagasta, posteriormente la DGA prohibió la explotación de los acuíferos que alimentaban estos sistemas, protegiendo un total de 167 humedales en la región.

### **4.6. CONCLUSIONES**

Las principales conclusiones del análisis de la calidad del agua en la región de Antofagasta se presentan a continuación:

- El exceso de ciertos parámetros en la calidad de los recursos hídricos en aguas superficiales y subterráneas produce efectos nocivos en la producción agrícola y en la salud pública. El origen de estos excesos puede ser natural o antrópico.
- Existe un peligro potencial debido a los altos niveles de contaminantes como el mercurio y el arsénico. Otro peligro potencial es la removilización de contaminantes asociado a eventos puntuales, ya que estos se acumulan como sedimentos en el lecho del río y en los tranques.
- Debido a la complejidad de los problemas de calidad de aguas presentes en el río Loa, se debe complementar la red de medición en el sector aguas abajo de la junta con El Salvador. Además se sugiere tomar muestras en otros periodos del año, que faciliten la comprensión

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

de fenómenos como el invierno altiplánico en la calidad del agua, siendo mejor aun incluir una red de vigilancia continua del río, midiendo parámetros con instrumentos que permitan su medición automática. Además se deben medir parámetros de relevancia en los sectores donde se presentan problemas ambientales significativos, como lo son los sectores del tranque Talabre y de Quillagua.

- Para la cuenca del Salar de Atacama, la red de medición de la calidad del agua debe densificarse, ya que las estaciones se encuentran disgregadas en la cuenca, sin permitir hacer análisis de continuidad por cursos de agua y de los efectos de caudales afluentes.
- Los acuíferos deben ser clasificados según su uso, ya que de esto dependerán los umbrales que podrían aceptarse en cuanto a la calidad del agua, ya que el agua de beber representa una calidad mayor que para los otros usos.
- La red de monitoreo de calidad de aguas subterráneas debe ampliarse en ambas cuencas estudiadas y se debe estudiar la vulnerabilidad de los acuíferos, según una metodología adecuada a las condiciones ambientales de la región.
- En los PAT no hay un nivel de decisión que tenga que ver con los parámetros de calidad de aguas, lo que transforma las mediciones solo en información que no se incluye en la toma de decisiones.

### **5. DIAGNÓSTICO DE CAPACIDAD Y COBERTURA DE LA INFRAESTRUCTURA**

#### **5.1. DIAGNÓSTICO DE CAPACIDAD**

##### **5.1.1. Infraestructura de Agua Potable Urbana**

En lo que respecta al agua potable urbana, se tiene que los principales centros urbanos abastecidos por la empresa Aguas de Antofagasta S.A. Esta empresa cuenta con dos sistemas de abastecimiento de agua, claramente identificados. El primero, denominado Sistema Norte, abastece las demandas de las comunas de Antofagasta, Calama, Tocopilla y Mejillones. Por otra parte, el segundo se denomina Sistema Sur y cubre los requerimientos de la comuna de Taltal. Los sistemas urbanos de abastecimiento están conformados por 7 captaciones superficiales, 1 planta desaladora, 10 aducciones, 10 impulsiones, 9 estanques, 5 plantas elevadoras y 3 plantas de tratamiento. En lo que respecta a los sistemas rurales, en la actualidad existen 10 sistemas en funcionamiento y 12 a nivel de proyecto.

##### **5.1.2. Infraestructura Para Riego**

La infraestructura de riego en la Región se concentra en las comunas de Calama y San Pedro de Atacama. Tal como se indica en el estudio "Diagnóstico Actual del Riego y Drenaje en Chile y su Proyección" (CNR- Ayala, Cabrera y Asociados LTDA., 2003), existen 220 pozos en la Región, de los cuales 48 se destinan a riego. Además, el mismo estudio describe brevemente la infraestructura de riego por sectores, siendo el

## Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta

Río Loa la fuente de recurso hídrico de todos los canales señalados. Los sectores que comprende son: Oasis Lasana, Oasis Chiu Chiu y Calama. De la misma forma, el "Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al año 2021" (MOP, 2011), presenta el detalle de canales por sectores de riego en la Región (Cuadro 5.1.2-1).

**CUADRO 5.1.2-1  
DETALLE DE CANALES POR SECTORES DE RIEGO EN LA REGIÓN**

TERRITORIO/LOCALIDAD	CANALES EXISTENTES (m)	SUPERFICIE BAJO RIEGO (ha)
ADI ALTO LOA	91.888	401
ADI ATACAMA LA GRANDE	176.200	2.074
VALLE DE CALAMA Y OASIS DE QUILLAGUA	62.671	1.263
SECTOR COSTA	-	97
<b>TOTAL</b>	<b>330.759</b>	<b>3.834</b>

**Fuente:** DOH Antofagasta – CNR Macrozona Norte

De acuerdo a la información disponible en la DOH, la Región cuenta con el embalse Conchi, situado en el río Loa, siendo la principal obra de riego del sector ChiuChiu con un volumen de regulación de 22 hm<sup>3</sup>. En los últimos años el embalse presenta un volumen con una tendencia al descenso, encontrándose con cerca del 90% de su capacidad máxima. La información anterior se complementa con la presentada en el Plan Regional de Infraestructura según se resume en el Cuadro 5.1.2-2.

**CUADRO 5.1.2-2  
INFRAESTRUCTURA DE REGULACIÓN EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA**

Obra Riego	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Sistema Regulado	Territorio y Sectores y/o Comunidades que involucra
Embalse Conchi	22.000.000	Río Loa	Lasana, Chiu Chiu, Valle de Calama y Oasis de Quillagua
Estanques Guachar y Solor	25.000	Río San Pedro	San Pedro de Atacama
Tranque Sloman	Prácticamente cero	Río Loa	Quillagua

**Fuente:** DOH Antofagasta

### 5.1.3. Redes de Control

En la actualidad la DGA opera redes de control de los recursos hídricos, distribuidas tal como se muestra en el Cuadro 5.1.3-1.



**CUADRO 5.2.3-1  
CANTIDAD DE ESTACIONES VIGENTES REDES DE CONTROL**

Cuenca	Fluviométricas	Metereológicas	Calidad de Agua Superficial	Sedimentos	Niveles Estáticos
Fronterizas Salar Michincha - Río Loa	-	2	-	-	-
Río Loa	23	21	15	3	8
Costeras Río Loa - Quebrada Caracoles	-	1	1	-	-
Fronterizas Salares Atacama-Socompa	-	-	-	-	-
Endorreica entre Fronterizas y Salar Atacama	-	-	-	-	-
Salar de Atacama	9	5	4	-	-
Endorreicas Salar Atacama-Vertiente Pacífico	-	-	-	-	-
Quebrada Caracoles	-	3	1	-	-
Quebrada la Negra	-	-	-	-	-
Costeras entre Q. la Negra y Q. Pan de Azúcar	-	2	-	-	21
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>34</b>	<b>21</b>	<b>3</b>	<b>29</b>

**Fuente:** Elaboración propia en base a antecedentes DGA

Con el fin de determinar la calidad de las redes se debe analizar la densidad de estaciones, es decir cuántas estaciones se tienen por km<sup>2</sup>, la representación espacial de las cuencas, y la temporalidad de la información.

En términos simples, para la red de control existente se tiene lo siguiente:

- **Red Meteorológica:** Esta red cumple con la condición de densidad en las subcuencas donde hay estaciones. Se estima que la cobertura de la red es suficiente para los objetivos requeridos. La continuidad de los registros es bastante buena, por lo que los rellenos de información son pocos, especialmente en los últimos años con registros.
- **Red Fluviométrica:** Al igual que la para la red meteorológica la densidad de estaciones es la adecuada en las subcuencas con control en conjunto con la continuidad de los registros.
- **Red de Sedimentos:** Si bien es cierto esta red tiene una densidad suficiente, la distribución de las estaciones a nivel espacial es deficiente, ya que sólo está representada la cuenca del río Loa. Se debería representar al menos las mismas cuencas que son caracterizadas en términos fluviométricos.
- **Red de Calidad de Aguas:** Al igual que en los casos anteriores la red cumple con las condiciones de densidad mínima. Además la frecuencia de medición es la correcta ya que es de tipo estacional. Sería conveniente instalar estaciones satelitales con registro continuo de

## Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta

parámetros tales como conductividad eléctrica, turbiedad, oxígeno disuelto, y temperatura. Estas estaciones deberían ubicarse en la cabecera de las cuencas y en su salida. Debe hacerse notar que el análisis ambiental permite complementar el diagnóstico, indicando nuevos requerimientos a las estaciones.

- **Red de Control de Niveles:** Tal como se indicó anteriormente, para la red de niveles no está definida una densidad mínima de niveles. Lo que es claro es que la cobertura de la red es muy deficiente ya que no hay pozos, tales como el caso de la zona del Salar de Atacama. Se recomienda que se instalen pozos en todos aquellos sectores en que en la actualidad existan extracciones de agua subterránea. Para definir la ubicación de los pozos de la red se requiere de estudios específicos.

### 5.1.4. Tranques de Relaves

En la Región de Antofagasta el SERNAGEOMIN ha identificado 17 depósitos activos y 8 depósitos no activos correspondientes a Cobre y Oro, tal como se muestra en el Cuadro 5.1.4-1. No se dispone de mayor información.

**CUADRO 5.1.4-1  
RESUMEN DEL CATASTRO TRANQUES DE RELAVES**

NOMBRE EMPRESA	Nº DE DEPÓSITOS	TIPO DE DEPÓSITOS	COMUNA	PASTA DE ORIGEN
XstrataCopper Chile S.A. Altonorte	1	Embalse	Antofagasta	Cu
Min. Escondida Ltda.	3	Embalse y Tranques	Antofagasta	Cu
Cía. Minera Zaldívar	3	Tranque	Antofagasta	Cu
Cía. Meridian Ltda.	1	Filtrado	Antofagasta	Au
Anglo American Div. Norte	1	Filtrado	Antofagasta	Cu
Cía. Min. Nova Ventura	2	Tranque	Taltal	Cu
Cía. Minera Las Cenizas S.A.	2	Tranque	Taltal	Cu
Cía. Minera Soledad	2	Tranque	Taltal	Cu-Au
Cía. Minera Cerro Dominador	3	Embalse	Sierra Gorda	Cu
Cía. Minera Esperanza	2	Relaves Espesados y Tranque	Sierra Gorda	Cu-Au
Codelco Norte	3	Tranque, Filtrado y Espesado	Calama	Cu
EnamiTaltal	1	Tranque	Calama	Cu
Minera Michilla S.A.	1	Tranque	Mejillones	Cu
Minera Meridian Limitada	1	Tranque	Antofagasta	Au

Fuente: SERNAGEOMIN 2010 y 2012

### 5.1.5. Obras de Control Aluvional y de Aguas Lluvia

Para controlar el flujo, conservar la infraestructura vial, las ciudades, los pueblos y asegurar las vidas humanas expuestas a estos riegos, se ha hecho necesario construir obras de defensas fluviales, regulación de crecidas, disipadores de energía, sistemas de retención de sólidos, etc.

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

En los siguientes puntos se presenta un diagnóstico de la capacidad de la infraestructura hidráulica construida para control aluvional y de aguas lluvia de la región.

En la ciudad de Antofagasta y Taltal, luego de la serie de estudios realizados para el diseño y construcción de las obras de control y disipación de energía en las quebradas afluentes, se construyeron finalmente (terminadas en enero del 2009) las obras de las quebradas principales que desembocan en la capital regional y en proceso aun, las obras para proteger Taltal.

Por otra parte, en las ciudades más grandes de la región; Antofagasta y Calama, existen estudios públicos del Plan Maestro de manejo de aguas lluvia en cada localidad.

En resumen, se puede decir que el plan de construcción de obras de disipación de energía para Antofagasta ha sido desarrollado durante los últimos años, logrando construir gran parte de las obras proyectadas.

### **5.2. DIAGNÓSTICO DE DESEMPEÑO ANTE EVENTOS EXTREMOS**

#### **5.2.1. Catastro de Eventos Extremos**

Con el fin de caracterizar los eventos extremos ocurridos, se tomaron dos estaciones; Río Salado antes junta Curti (con 36 años de registros), que mide el flujo del río Salado aguas arriba de su junta con el Loa y es la única estación de este cauce que tiene una extensión de información de 36 años y más aun, la única con medición de caudales máximos, exceptuando el análisis del río Loa, pues este cuenta con el embalse Conchi que cuenta con capacidad para regulación de crecidas y que es operado y monitoreado constantemente. La otra estación fluviométrica que se utiliza para el catastro de eventos extremos es la de río San Pedro en Cuchabrachi (la única estación con mediciones de caudales máximos en este cauce y con una extensión de información medida de más de 40 años), que mide el caudal de este río antes de su paso por el costado poniente del pueblo de San Pedro de Atacama y que desemboca en el salar de Atacama.

Al analizar la información contenida en los registros de las dos estaciones antes mencionadas; en 14 de los 46 años observados en la estación río San Pedro en Cuchabrachi se muestran crecidas grandes (el caudal instantáneo máximo diario sobre  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ). La estación muestra claramente una mayor frecuencia de crecidas en los meses de enero, febrero y marzo. En la estación del río Salado antes de junta con río Curti se tienen 9 de los 36 años registrados muestran crecidas grandes (el caudal instantáneo máximo diario sobre  $35 \text{ m}^3/\text{s}$ ), donde 5 de estos coinciden con la estación de San Pedro en Cuchabrachi (1976, 2000, 2001, 2004 y 2006). En cuanto a su continuidad, se ve que la estación de San Pedro en Cuchabrachi tiene varios cortes en el registro de información en varios años durante la época de verano, en cambio la estación de río Salado antes de junta con el río Curti muestra una buena continuidad en sus mediciones durante el periodo del invierno Altiplánico.

### **5.2.2. Diagnóstico Red de Monitoreo DGA en Eventos de Crecidas**

En el estudio "Mejoramiento de la red Fluviométrica para el control de crecidas" (Conic-BF, 2011), seleccionaron las estaciones Río Loa antes Represa Lequena (02110101-4) y Río Salado antes Junta río Loa (02105005-9) para ser parte de la red de medición de eventos extremos. Para diagnosticar el correcto funcionamiento de las estaciones seleccionadas, se analizó la información medida de caudales máximos diarios de las dos estaciones, donde se nota que la continuidad del registro ha mejorado los últimos años y donde la mayor parte de los meses miden más de 20 días.

El estudio de Conic-BF muestra que solo la estación del río Loa antes represa Lequena está habilitada para la medición de crecidas, pero la estación del río Salado antes Junta con río Loa no cuenta con el datalogger y conexión satelital, por lo que no cumple con las condiciones necesarias para informar a tiempo una alerta de crecida. En conclusión la estación del río Loa antes represa Lequena está bien equipada y parece estar operando para medir crecidas, en cambio la estación del río Salado antes junta río Loa no está disponible para registrar y comunicar en tiempo real las crecidas. Un análisis más acabado requiere planificar visitas a terreno y un completo análisis y disponibilidad de recursos para habilitarlas con un estándar para generar un sistema de monitoreo instantáneo de crecidas.

### **5.2.3. Seguridad de Abastecimiento Ante Sequías de Diferente Probabilidad de Excedencia**

Para analizar la seguridad de abastecimiento del agua potable y riego, se utiliza la información del ajuste de frecuencia de caudales para diferentes probabilidad de excedencia en distintas estaciones fluviométricas de la región. Se observa que la cuenca del río Loa tiene una explotación, desde su nacimiento hasta Lequena de 0,43 m<sup>3</sup>/s, valor que se excede con un 95 % de probabilidad. En el caso del riego, se ve que el valor de demanda encontrado es el total para la cuenca del río Loa, por lo que se hace más difícil hacer una comparación puntual, de todas formas, se ve que para la misma estación del río Loa antes Lequena el ajuste de 85% de probabilidad de excedencia no alcanza para la demanda agrícola (0,52 m<sup>3</sup>/s). Es probable que no alcance, pues algunos recursos hídricos para riego se sumen al Loa en la confluencia con el río Salado, que se localiza aguas debajo de Lequena. Para considerar entonces este aporte, se puede comparar la demanda agrícola con el caudal observado para un 85% de probabilidad de excedencia en la estación del Loa en Yalquincha, donde ahora sí, se puede cubrir completamente la demanda agrícola, pues hay un caudal medido de 1,26 m<sup>3</sup>/s.

De todas maneras, la desalación de agua, como nueva fuente del recurso hídrico, logra cubrir el déficit del agua potable, y proporcionar una alta seguridad de abastecimiento en caso de sequía.

## **6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

### **6.1. INTRODUCCIÓN**

El presente capítulo tiene como objetivo establecer un diagnóstico del estado ambiental actual de la Región de Antofagasta, analizado por componentes. Se incluye

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

además, la evaluación de los sistemas de seguimiento utilizados tanto para Resoluciones de Calificación Ambiental como en los Planes de Alerta Temprana, junto con los conflictos identificados a través de las fuentes de información tanto primarias como secundarias.

### **6.2. SEGUIMIENTO RESOLUCIONES DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL (RCA)**

Se efectuó un análisis de los proyectos de la Región de Antofagasta con Resolución de Calificación Ambiental (RCA) favorable, disponibles en la plataforma electrónica del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

Se analizaron 858 proyectos aprobados entre febrero de 1992 y octubre de 2012, de los cuales 744 corresponden a Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA), mientras que 114 corresponden a Estudios de Impacto Ambiental (EIA). Además, se contó con un listado de 49 proyectos que contemplan monitoreos a ser fiscalizados por la DGA, de los cuales 27 son DIA y 21 pertenecen a EIA, los cuales forman parte de los 858 proyectos analizados, existiendo solo 1 que no fue posible analizar.

Considerando el análisis de todos los proyectos 279 presentan Seguimiento y Fiscalización (32,5 %). De los 744 proyectos que presentan DIA, 193 cuentan con algún tipo de Seguimiento y Fiscalización (26%). Mientras que de los 114 proyectos ingresados con EIA, 86 presentan Seguimiento y Fiscalización (75%). A su vez del total de proyectos analizados, un 9,6% ha contado con monitoreos, solo un 1,3 % realizó auditorías, un 23,9 % ha tenido alguna visita inspectiva, un 2,2 % presentan denuncias y un 5,3 % del total de proyectos vistos presenta otro tipo de seguimiento y fiscalización.

### **6.3. SEGUIMIENTO PLANES DE ALERTA TEMPRANA (PAT)**

El Plan de Alerta Temprana (PAT) tiene como objetivo pronosticar, seguir y verificar los efectos que potencialmente pudiesen producir el ejercicio de los derechos de aprovechamiento específicos en cuestión.

Los PAT deben lograr predecir oportunamente los impactos sobre los caudales, niveles de agua y/o vegas activas, de modo de prevenir afecciones negativas en el sector o cuenca y suspender o reducir el ejercicio de los derechos analizados.

De acuerdo a la información proporcionada por la DGA, la Región tiene actualmente seis PAT y tres en proceso.

### **6.4. CONSERVACIÓN Y BIODIVERSIDAD**

En la Región de Antofagasta existen aproximadamente 429.991 ha bajo protección oficial, entre Parques y Reservas Nacionales, Monumentos Naturales, Santuarios de la Naturaleza, Bienes Nacionales Protegidos, Reservas Marinas y Sitios RAMSAR. Adicionalmente existen áreas de conservación sin protección oficial que corresponden a Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad (888.454ha) y los Sistemas de Humedales (267 vegas y bofedales), en la Región que no existen Áreas Protegidas Privadas.

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

Las áreas protegidas, son instrumentos de gestión ambiental que tienen como objetivo fundamental la conservación de ecosistemas representativos de una región determinada, los cuales a su vez proveen de bienes y servicios que se generan por el adecuado funcionamiento de dichos ecosistemas, tales como alimentos, fibras, especies con valor medicinal, forraje, etc. que pueden ser elementos vitales para el soporte económico de las comunidades que en ellos habitan. Por otra parte, existen servicios fundamentales para la vida que son entregados por los ecosistemas, como la regulación de los gases, regulación de ciclos hidrológicos, el abatimiento de contaminantes, etc., así como también servicios necesarios para la calidad de vida de las personas, como el esparcimiento, la disponibilidad de agua para bebida o la satisfacción de las necesidades espirituales.

En la Región de Antofagasta y específicamente en las cuencas priorizadas para este Estudio, los principales ecosistemas presentes corresponden a Salares y Humedales, cuyos principales servicios ecosistémicos son:

- Control de Inundaciones
- Filtración de Agua
- Biodiversidad
- Hábitat o Refugio
- Oferta de Agua
- Pesca Recreacional
- Provisión de Materiales
- Recreación

### **6.5. PROBLEMAS AMBIENTALES**

Se hace una descripción de los principales problemas ambientales que actualmente afectan a la Región de Antofagasta identificando pasivos ambientales mineros, contaminación de recursos hídricos, contaminación atmosférica y sus efectos en los recursos hídricos de la Región a través de la lluvia ácida, del suelo y requerimientos hídricos para los ecosistemas y servicios asociados.

Los pasivos ambientales mineros, en la región al año 2010, corresponde a 77 faenas, de las cuales, 48 se encuentran en estado Abandonado, 21 paralizadas, 4 cerradas y 4 con algún tipo de actividad aún. Del total de faenas sólo 4 se encuentran dentro del Sistema de Evaluación Ambiental. Por otro lado, la sustancia riesgosa más común, que se utilizaba en el procesamiento del mineral al cual se dedicaba la faena, es el Ácido Sulfúrico, seguido de Cianuro y Mercurio. A su vez existen 30 faenas de pasivos ambientales mineros que se encuentran calificadas con riesgo alto, tanto por contaminación, flujo externo o colapso masivo o bien por problemas de seguridad. Los principales sistemas afectados son la vida y salud de las personas seguido de los Recursos Naturales

En relación a la contaminación de los recursos hídricos, se caracterizan las potenciales fuentes de contaminación hídrica identificadas para la Región de Antofagasta,

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

que corresponden a aguas residuales y faenas mineras. En el caso de la Región de Antofagasta la empresa a cargo de la producción y distribución de agua potable urbana es Aguas Antofagasta, la cual abastece a los principales centros poblados de la Región. A su vez, existen cinco Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), las que son administradas por tres empresas sanitarias. De las cinco PTAS cuatro tienen su punto de vertimiento fuera de la zona de protección litoral, a través de emisarios submarinos y una que corresponde a la PTAS de Calama descarga sus efluentes en la quebrada Quetena.

De acuerdo a la información entregada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, en la Región de Antofagasta no se registran Resoluciones SISS de Monitoreo para descargas de RILes en cursos superficiales y/o aguas subterráneas. Los establecimientos industriales existentes disponen de descargas en el medio marino y cuentan con resoluciones de DIRECTEMAR para el Programa de Monitoreo.

De acuerdo al catastro de faenas mineras que tiene el SERNAGEOMIN actualizado a Agosto de 2012<sup>2</sup>, en la Región de Antofagasta existen 1.302 faenas mineras, de las cuales 50 son susceptibles de general contaminación del agua, las cuales corresponden un 52% corresponde a depósitos de relave, un 22% a rípios de lixiviación, un 24% a estériles y un 2% a escoria. Los depósitos de relave de la Región son principalmente tranques de relave (50%) y embalses de relave (31%). Además existen depósitos de relave filtrados (12%) y depósitos de relave espesados (8%).

La información sobre eventos de contaminación asociados a depósitos de relave es escasa. El principal problema de contaminación asociadas a depósitos de relave es el tranque de relave de Talabre correspondiente a Chuquicamata perteneciente a CODELCO Norte.

Otra posible fuente potencial de contaminación es el efecto de las crecidas altiplánicas en los tranques de relaves, ya que el agua caída puede ocasionar escorrentía sobre los tranques de relave, con el consiguiente peligro potencial aguas abajo. Se hace notar que no se dispone de información efectiva en este aspecto, lo que en todo caso no elimina la potencialidad de este problema.

La contaminación atmosférica tiene efectos en los recursos hídricos de la Región a través de la lluvia ácida. La cual se origina en presencia de dióxidos de azufre (SO<sub>2</sub>) y óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), las cuales para el caso de la región de Antofagasta son producidas principalmente por las plantas de fundición de cobre y las centrales termoeléctricas. En este sentido, de acuerdo al catastro de faenas mineras que tiene el SERNAGEOMIN actualizado Agosto de 2012, existen 1.302 faenas mineras, de las cuales 22 son susceptibles de general contaminación atmosférica, que corresponden a la fundición AltoNorte de XtrataCopper Chile S.A en Antofagasta y Chuquicamata de Codelco en Calama y 20 plantas de Chancado. Para el caso de la generación eléctrica, en la Región hay 12 centrales de generación termoeléctrica, siendo las más importantes la central termoeléctrica de Tocopilla, Mejillones y Tal Tal.

---

<sup>2</sup>SERNAGEOMIN. 2012. Reporte Resumen Atlas Faenas Mineras, Región de Antofagasta. Sistema de Información Minero Nacional en Internet.

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

Respecto a los suelos, en la Región de Antofagasta, de acuerdo a la Política Ambiental de la Región, estos son contaminados por percolados de relaves, por contaminantes minerales transportados por el viento y por la erosión derivada tanto de las faenas mineras como por el tránsito de vehículos pesados, así como por los llamados Pasivos Ambientales Mineros (PAM), constituidos por faenas abandonadas o paralizadas y sus residuos.

Por último, para la estimación de los requerimientos hídricos de los ecosistemas para proveer los diferentes servicios que tienen asociados, es necesario conocer antecedentes del funcionamiento específico del ecosistema, balance hídrico de cada uno de los humedales que se desea caracterizar, y los requerimientos dados por el aprovechamiento de cada uno de los servicios. Para el caso de la Región de Antofagasta, no existen antecedentes que permitan estimar los requerimientos de estos ecosistemas. Respecto a los cursos de agua superficial, existe un esfuerzo por parte de la Dirección General de Aguas, proveniente de la modificación de año 2005 al Código de Aguas, que indica el establecimiento de caudales ecológicos sobre los nuevos derechos que se hayan constituido desde esa fecha.

### **6.6. CONFLICTOS POR EL USO DEL AGUA**

Se entrega un resumen los principales conflictos en torno a los recursos hídricos identificados en la Región de Antofagasta. Los conflictos identificados por cuenca fueron:

- 1)** Para la cuenca del río Loa
  - 1.** Presión por Aguas Subterráneas en Ollagüe y Pérdida de Formas de Vida
  - 2.** Oasis de Calama: Pérdida de Formas de Vida
  - 3.** Proyecto Doña Inés de Collahuasi – Aguas Antofagasta
  - 4.** Crisis Ambiental en Quillagua
  - 5.** Proyecto Pampa Puno
  - 6.** Abandono de la Propiedad Ancestral Indígena en San Pedro Estación
  - 7.** Piscina de Relaves Talabre
  - 8.** Explotación de los Geiser del Tatio
- 2)** Para la cuenca del Salar de Atacama
  - 1.** Salar de Punta Negra
  - 2.** Pampa Colorada
  - 3.** Embargo de Derechos de Aguas Asociación Atacameña de Regantes y Agricultores del Río San Pedro de Atacama



**3) Problemáticas Comunes en Ambas Cuencas**

**1. Oposición a la Conformación de una Junta de Vigilancia**

**6.7. CONCLUSIONES**

Del análisis de los antecedentes presentados en este capítulo, se desprende que la situación ambiental de la Región de Antofagasta, se presenta como un tema relevante para el futuro desarrollo del Plan Estratégico de la Gestión de los Recursos Hídricos de la Región de Antofagasta.

Las principales problemáticas se relacionan tanto con la situación de aridez determinada por la geografía y el clima, como con la presión existente sobre los recursos naturales, especialmente sobre el recurso hídrico, lo que es producto del aumento constante de las demandas de agua por parte de diversos usos, que conlleva impactos sobre los diferentes ecosistemas que sostiene el recurso hídrico.

Como primer punto, en el presente capítulo se buscó establecer los impactos de las actividades productivas sobre la calidad ambiental en la Región de Antofagasta y la efectividad de la fiscalización por Parte del Estado. Así, a partir de revisión exhaustiva de los proyectos con calificación ambiental positiva sólo el 14% corresponde a Estudios de Impacto Ambiental. En relación a los proyectos que tienen monitoreos a ser fiscalizados por la DGA, se observó que la mayoría cuentan con Planes de Alerta Temprana asociados.

Si se analiza el listado de proyectos según sector productivo, se observa que el sector de Infraestructura Portuaria es el que posee mayor cantidad de proyectos con seguimiento y fiscalización, seguido del minero. Siendo este último el más preponderante en términos del número de proyectos ingresados al sistema, hace prever la necesidad de aumentar el seguimiento y fiscalización, o al menos completar el registro de ello en el sistema electrónico disponible, si es que ese fuere el problema.

Las sanciones vinculadas a los recursos hídricos en la región, que pueden reflejar los problemas más relevantes en este ámbito, tienen relación con: contaminación, monitoreos, infracciones administrativas y extracciones.

Respecto a los Planes de Alerta Temprana (PAT) entre las dificultades para realizar la revisión, se debe señalar que no se encontraban disponibles los informes de revisión de monitoreos por parte de los titulares de extracciones, aun habiendo solicitado dichos antecedentes a la autoridad respectiva, y que en el caso de encontrarse disponibles no dan cuenta de la totalidad de las variables comprometidas de monitorear ni el análisis pertinente, que deje en evidencia el cumplimiento de los requisitos que impone cada PAT para el ejercicio de los derechos sobre cada acuífero. Entendiendo que un PAT sigue la lógica del mejoramiento continuo, donde los datos que se obtienen año a año permiten afinar los modelos de predicción, este dinamismo debiese aplicar también a la actualización de los extractores y a la continua estandarización de la información a solicitar, la que debiese considerar los aportes de los informes periódicos.

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

Lo anteriormente señalado, deja de manifiesto la necesidad de mejorar la base de datos de los PAT en los acuíferos de la Región. Además, es posible advertir la necesidad de hacer público y claro el listado de acuíferos que poseen PAT, así como los que están en proceso, definiendo plazos para su incorporación; y junto con ello, la necesidad de que exista una base de datos detallada para la correcta fiscalización de los PAT por parte de la autoridad pertinente, donde se expongan los titulares que tienen la obligación de presentar informes de PAT en cada acuífero correspondiente, información que debe ser también pública y adecuadamente difundida para conocimiento de los titulares de las extracciones.

Tal como se señalaba en párrafos anteriores, la actividad minera es una de las que presenta mayor cantidad de proyectos ingresados al SEIA, lo que es reflejo de la intensidad de esta actividad productiva en la Región. Desde el punto de vista ambiental, uno de los problemas reconocidos producto de esta industria es el relacionado con los efectos producto de los pasivos ambientales, es decir, todo tipo de desechos, relaves y acumulación material estéril que queda abandonado una vez finalizadas las faenas. A este respecto, en primer lugar, se constató que en Chile no existe legislación específica sobre pasivos ambientales mineros, sin perjuicio de lo cual existen legislaciones relacionadas además de estudios y conceptualizaciones realizadas por SERNAGEOMIN que han servido de base para la realización de catastros preliminares y propuestas de normativas sobre el particular. La inexistencia de regulación sobre esto último, motiva que existan faenas abandonadas y residuos con grave riesgo para la población y para las actividades productivas locales.

Cabe considerar, que aún cuando existe una categorización de riesgos preliminar para cada uno de las faenas que son consideradas como pasivos ambientales en la Región de Antofagasta, sería interesante conocer información más específica en cada uno de ellos, ejemplo de ello sería caracterizarlos químicamente y físicamente de manera exhaustiva, además de una caracterización de la zona donde se encuentran emplazados, poniendo énfasis en aquellos que se encuentran desregularizados actualmente por no acogerse a la reglamentación (aquellos anteriores al año 1994). De esta forma se podrían acentuar los esfuerzos en aquellos en los cuales, por su antigüedad no existe un plan de cierre que los regule.

Otro aspecto relevante de este diagnóstico es establecer el estado actual de la conservación de la biodiversidad regional. Si se revisa el estado actual de las áreas protegidas, se debe reconocer que se ha hecho un esfuerzo por ampliar las áreas de protección en la Región, especialmente con la creación de la Reserva Alto Loa y el trabajo que se está desarrollando para crear la Reserva de Paposo con el fin de resguardar estos ecosistemas particulares y de alto valor característicos de la región de Antofagasta.

A pesar de ello, existen una serie de vacíos que se deben subsanar. Como primer paso es necesario actualizar la Estrategia Regional de Conservación la Biodiversidad, ya que todos los sitios que fueron priorizados en dicho documento ya se encuentran bajo protección, es decir, ya se cumplieron las metas planteadas en la génesis de la Estrategia. Además, se requiere seguir trabajando en reforzar la protección de áreas necesarias de proteger, mezclando los diferentes instrumentos normativos existentes. Un ejemplo de esto es la protección que ha instalado la Dirección General de Aguas de los acuíferos que alimentan vegas y bofedales en la Región, esto para evitar la extracción de aguas subterráneas de dichas áreas. Este esfuerzo, puede ser

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

complementado con otros instrumentos como los que incorpora el SNASPE, puesto que no sólo la alteración del acuífero tendrá efecto sobre las vegas y bofedales, sino que las alteraciones a nivel superficial que estas puedan sufrir también es posible que alteren el sistema hidrológico que los une.

Otro desafío en esa misma línea, es promover la incorporación a las categorías oficiales de protección de las áreas de interés que se encuentran en el listado de sitios prioritarios, para evitar que sigan siendo intervenidos. Si bien, desde la Ley 19.300 cualquier proyecto a ejecutarse en estos lugares se debe someter al SEIA, esto no es retroactivo y los proyectos previos a la ley y que siguen funcionando no cuentan con las medidas necesarias para evitar el daño ambiental ni restaurar las alteraciones que ya han realizado, como por ejemplo sucede en el Salar de Punta Negra o el Salar de Ascotán (este último ya forma parte de la Reserva Alto Loa).

Es necesario que en la Región exista inversión en la conservación, tanto en investigaciones de los ecosistemas como en acciones directas de protección y que se contemplen zonas "buffer" de amortiguamiento, puesto que el límite administrativo de un área de conservación no es necesariamente el límite del ecosistema y cualquiera sea el estatus legal en el que se encuentre un área, no asegura que las actividades desarrolladas en su entorno no afecten las características esenciales que sostienen a estos ecosistemas.

Es posible concluir que no se dispone de antecedentes suficientes para estimar los requerimientos hídricos de los ecosistemas presentes en la Región, lo que sucede tanto con los cuerpos de agua superficial como subterráneos. Esto se puede atribuir a la falta de recursos estatales para mejorar los sistemas de información y las redes de monitoreo, así como a la necesidad de investigaciones sobre la dinámica hídrica regional y que permitan establecer caudales ecológicos correspondientes. Esto va de la mano con la actual definición de Caudal Ecológico utilizada en el país, que se refiere exclusivamente a caudales mínimos para mantener los ecosistemas, y teniendo en cuenta la realidad regional, este caudal mínimo debería considerar no solamente los ecosistemas fluviales actuales, sino que incorporar otras funciones tales como la dilución de contaminantes, la recarga de los acuíferos, el valor paisajístico, etc. Es decir, acercarse más a la definición de caudal ambiental, especialmente para casos de ríos gravemente alterados, en que el caudal ambiental corresponde a la cantidad de agua necesaria para restablecer el río y rehabilitar el ecosistema hasta un estado deseable<sup>3</sup>. Esto especialmente considerando que esta región presenta un alto nivel de degradación de los ecosistemas fluviales producto de la extracción intensiva de agua sin medidas de conservación.

Por otra parte, la determinación de los caudales ecológicos debería estar supeditada al área geográfica y respaldadas por estudios científicos y no ser sólo una estimación numérica en función de los derechos, especialmente en lugares en que la competencia por el uso es muy alta y por ende la voluntad de mejorar las condiciones ambientales de los cauces a través de la protección de parte del caudal se convierte en un tema muy complejo de resolver.

---

<sup>3</sup>Dyson, M., Bergkamp, G., Scanlon, J., (eds) 2003. Caudal. Elementos esenciales de los caudales ambientales. Tr. José María Blanch. San José, C.R.: UICN-ORMA. xiv + 125 pp.

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

Respecto de los conflictos ambientales, en términos generales y tal como lo señala el Relator Especial de Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas, los proyectos de extracción de recursos naturales son una de las fuentes más importantes de abuso de los derechos de los pueblos indígenas en todo el mundo. Esa situación se ve empeorada además por la falta de comprensión tanto de las normas básicas mínimas relativas a los efectos de las industrias extractivas sufridos por los pueblos indígenas como de la función y la responsabilidad del Estado para asegurar la protección de sus derechos. El Relator Especial concluye su informe exponiendo la necesidad que existe de proseguir el estudio de esa cuestión mediante nuevas consultas encaminadas a lograr la realización efectiva de los derechos de los pueblos indígenas en el contexto de la extracción de recursos naturales que afecta a los territorios indígenas, a fin de poder presentar una serie concreta de directrices o principios para 2013<sup>4</sup>.

En el caso particular de la Región de Antofagasta esta situación se puede observar con claridad en gran parte de los conflictos por el uso del agua. En este sentido la mayor preocupación de las comunidades indígenas del norte es la amenaza que representan en sus territorios hídricos las explotaciones, alumbramientos y explotación de aguas subterráneas, cuestión que abre un gran debate sobre el futuro de estas comunidades y los derechos de aguas de los pueblos indígenas<sup>5</sup>.

Los principales actores de estos conflictos por el uso del agua son la industria minera, las comunidades indígenas y el Estado, a través de los diversos organismos públicos en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, entre los cuales la Dirección General de Aguas es un actor relevante.

Los casos documentados dan cuenta de una serie de situaciones que deben ser abordadas en el marco de Plan Estratégicos de Gestión de Recursos Hídricos de la Región de Antofagasta. Los principales desafíos a abordar, considerando el diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos realizado por el Banco Mundial para Chile en el año 2011, son:

- 1.** Proteger los derechos de agua de los grupos vulnerables
- 2.** Mantener la seguridad hidráulica de los derechos de aguas
- 3.** Integrar la gestión de cuencas y fomentar la participación de los grupos interesados
- 4.** Mejorar la resolución de conflictos

Se puede indicar a forma de resumen, que la contaminación de todo tipo y la creciente explotación del recurso hídrico, forman parte de las principales preocupaciones a nivel de los usuarios, particularmente por los efectos que tienen sobre la calidad de vida de los habitantes de los centros poblados, sobre los usos de menor escala a nivel

---

<sup>4</sup>Informe del Relator Especial sobre la situación de los derechos humanos y las libertades fundamentales de los indígenas, Industrias extractivas que realizan operaciones dentro de territorios indígenas o en proximidad de ellos. Consejo de Derechos Humanos de Naciones Unidas. James Anaya. 2011

<sup>5</sup>Yáñez Nancy (compilador). Las Aguas Indígenas en Chile /Nancy Yáñez Fuenzalida; Raúl Molina Otárola (compiladores). LOM Ediciones. 2011.

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

regional como la agricultura y por el riesgo de que patrimonio ambiental y cultural de la región siga sufriendo los efectos de estas problemáticas.

Finalmente, corresponde señalar que un Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, se presenta como la oportunidad de recoger todas las necesidades y desafíos planteados respecto a las temáticas ambientales relacionadas con el agua y construir en forma conjunta con los actores involucrados estrategias y lineamientos para avanzar hacia una gestión integrada del recurso.

### **7. DIAGNÓSTICO FUNCIONAL**

#### **7.1. INTRODUCCIÓN**

Este capítulo está formado por dos partes, una primera parte, donde se analiza el desempeño de las organizaciones de usuario e instituciones con competencia en la gestión del agua, analizándolas internamente, en su contexto institucional y normativo, y una segunda parte, donde se aborda el mercado del agua.

#### **7.2. DESEMPEÑO INSTITUCIONAL**

El desempeño institucional en este estudio se entiende como la capacidad efectiva o capacidad de gestión, es decir, la aptitud de plasmar en políticas públicas, en el caso del gobierno, y en políticas de la organización, en el caso de otras organizaciones, los máximos posibles de valor social y organizacional, determinados por los miembros, los medios, las reglas del juego institucionales y el contexto nacional (Rosas, 2008)<sup>6</sup>.

Incorporando diferentes fuentes teóricas, como es el caso de Rosas (2008)<sup>7</sup> y Weissbluth (2008)<sup>8</sup>, la revisión de la capacidad institucional se realizó en 3 etapas:

- **Etapla 1, nivel micro y meso:** Análisis de componentes del sistema; Análisis de interacciones interna. Es decir, aborda la capacidad técnica, los mecanismos de comunicación y los mecanismos de aprendizaje internos.
- **Etapla 2, nivel macro:** Análisis de interacciones externas, Análisis del contexto institucional;
- **Etapla 3, nivel combinado:** Análisis de limitantes del sistema; Análisis de facilitadores del sistema

Los insumos que aportan al diagnóstico funcional corresponden a información secundaria e información primaria. La información secundaria fue recopilada de estudios que revisan diversos aspectos de la gestión del agua, a nivel regional, nacional e

---

<sup>6</sup> ROSAS, A. 2008. Una ruta metodológica para evaluar la capacidad institucional. Revista Política y Cultura, otoño 2008, num. 30, pp. 119-134

<sup>7</sup>Ibid 4

<sup>8</sup>WAISSBLUTH, M. 2008. Sistemas complejos y gestión pública. Magíster en Gestión y Políticas Públicas, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile. 26 p.

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

internacional y estudios relacionados con el desempeño institución, gestión y políticas públicas, entre otros. La información primaria se recopila de las entrevistas realizada a diferentes actores institucionales, talleres de participación ciudadana y grupos focales.

El diagnóstico funcional es altamente complejo, dado que refleja principalmente las deficiencias del sistema, pero es importante verlo como una oportunidad para hacer frente a las limitantes existentes hoy en día.

Los grupos de organizaciones/instituciones analizadas fueron:

- **Instituciones públicas**, focalizando principalmente en algunas de ellas, consideradas como más relevantes en relación a la gestión de los recursos hídricos, como por ejemplo la Dirección Regional de Aguas (DGA) que es, sin dudas, la institución con mayor relevancia, Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI), Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente, Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), y la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA).
- **Organismos privados:** focalizándose en dos, las organizaciones de usuario de agua y las empresas privadas (sector minero, sanitario y organizaciones de regantes y agricultores)
- **Organismos de la comunidad:** focalizándose en dos, organizaciones indígenas y Comités de Agua Potable Rural.

El **análisis de las organizaciones y sus componentes** refleja los problemas en torno a los recursos humanos y financiero que poseen las instituciones públicas regionales, limitando las posibilidades de cumplir su función pública. Paralelamente, muestra el limitado fortalecimiento y capacidad institucional de las organizaciones de usuario de agua y de las organizaciones comunitarias en general, reflejando al mismo tiempo, el nivel de manejo y empoderamiento de las comunidades indígenas, siendo las organizaciones comunitarias centrales de la vida social de los territorios indígenas de la región. Finalmente, son las organizaciones de carácter empresarial, las que poseen mejores condiciones para el cumplimiento de sus funciones, mostrando una mayor capacidad institucional.

En relación a las **interacciones internas**, se observa una baja dotación de funcionarios públicos regionales, un centralismo gubernamental importante, organizaciones de usuario de agua con muy limitado desarrollo regional, empresas mineras y sanitarias con amplia capacidad de interacción interna y las asociaciones de regantes y comunidades indígenas, con un menor desarrollo que mineras y sanitarias, pero con mayores capacidades de interacción.

En relación a las **interacciones entre instituciones**. Se observa que existe superposición y duplicidad de funciones entre las instituciones del Estado. Desde la entrada en vigencia de la institucionalidad ambiental, hace dos décadas, se ha realizado un progresivo trabajo conjunto, que ha favorecido la interacción entre las instituciones públicas. Paralelamente, desde hace 40 años se comenzó un traspaso, al sector privado, de parte importante de las acciones públicas que antes realizaba el Estado, que tienden a entregar al sector privado la administración del recurso, quedando en manos públicas

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

labores principalmente ligadas a la regulación, investigación y mantención de las redes de monitoreo del recurso.

Existen pocos espacios comunes entre instituciones públicas y usuarios, ya sea organizaciones comunitarias, de usuario o de regantes. En general, las instituciones con mayor relación con las comunidades son el INDAP, CONADI y CONAF, dado el rol que cumplen con los sectores antes mencionados.

La interacción entre usuarios, principalmente entre el sector minero y los otros sectores (excepto sanitario) nace en base a una alta conflictividad, generándose una dicotomía, dado que por un lado muestra un constante conflicto por el uso de los recursos naturales, y por otro, convenios de apoyo, principalmente financiero, que podría observarse como una medida compensatoria ante los daños generados.

El **contexto institucional y de interacciones externas**, que comienza con un análisis de la normativa nacional, internacional, abordando el contexto internacional no normativo, que posteriormente analiza el entorno autorizante, de la toma de decisiones, para terminar con el contexto social en que se mueven las instituciones analizadas, refleja contradicciones entre normativas y políticas públicas, unas tendientes a la protección del medio ambiente y otras a la acción del mercado por sobre el bien común. Esto se plasma también en el entorno autorizante.

Un tema interesante que se comprueba de este análisis es que los cambios realizados por los gobiernos de turno hacia una mayor preocupación por el medio ambiente han nacido más de presiones y necesidades de cumplimiento de los compromisos ambientales internacionales que de la presión ciudadana, aun cuando en la última década el empoderamiento ciudadano ha sido importante. Esto se comprueba al analizar los cambios en la normativa ambiental, que nacen de exigencias de organismos internacionales, como la OCDE, más que como reflejo de un descontento ciudadano sobre el funcionamiento del sistema. Dos ejemplos de esto es la creación de la Superintendencia de Medio Ambiente y el desarrollo de este mismo Plan.

En general, las asimetrías de poder existentes en el país, hacen que el sector económico tenga mayores influencias sobre el entorno autorizante y sus decisiones, con ello, las comunidades han visto mermadas sus condiciones de vida y sus posibilidades de acción, siendo nuevamente las presiones y tendencias internacionales, las que han permitido disminuir, en alguna medida, las brechas y/o desequilibrios existentes.

Sin embargo el contexto social nacional y regional ha cambiado, las comunidades tanto indígenas como no indígenas exigen mayor participación, información, mayor transparencia, y además se encuentran técnicamente más preparadas, lo que no ha ido en sintonía a los cambios normativos necesarios para acoger a esta "nueva ciudadanía".

En la región, los problemas ambientales son determinantes para generar espacios de movilización social, que son, finalmente, las formas de presionar a la institucionalidad que poseen las comunidades.

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

Un tema de alta preocupación es la baja legitimidad que poseen tanto instituciones públicas como tomadores de decisión por parte de las comunidades, lo que provoca una disociación importante entre ambos intereses.

Finalmente, **las limitantes y los facilitadores del sistema** son variadas, entendiéndose como aquellos aspectos que dificultan o favorecen, por ejemplo, el desarrollo de las posteriores etapas del presente Plan.

Entre las limitantes del sistema, que deben abordarse adecuadamente para que no mermen el éxito y real aplicación del Plan, se observan el desconocimiento sobre el estado actual de los recursos hídricos en la región, las deficiencias legales e institucionales, la limitada capacidad de las organizaciones, la limitada coordinación intra e intersectorial, los limitados mecanismos de comunicación y sistemas de información, y los conflictos territoriales y procesos de participación.

Los aspectos considerados como facilitadores del sistema, ya sea porque generan una presión necesaria para que se cumplan las medidas existentes, se encuentran: la ratificación del Convenio 169, la presión y sugerencia de organismos internacionales, el acuerdo general sobre la necesidad de realizar una gestión de recursos hídricos en la región, y el desarrollo del Plan Estratégico.

### **7.3. MERCADO DEL AGUA**

El mercado de las transacciones de agua en la región se realiza hasta el momento en la cuenca del río Loa, esto último, ya que es la única cuenca en la que hasta la fecha se han realizado transacciones.

Al realizar un análisis conjunto de la información de las sanitarias y del riego, EMG Consultores concluye que al considerar considerando la referencia de que en el estudio sanitario de la región de Antofagasta, a un costo de 1.602 UF/L/s para el agua superficial la decisión de producción óptima corresponde a utilizar derechos de agua de la cuenca del Río Loa, y a un valor de 3.428 UF/L/s es conveniente desalinizar el agua de mar<sup>9</sup>, lo cual se debe a la escala de producción, la tecnología de desalinización y el alto costo del derecho de agua de río.

Similarmente, en las decisiones de producción tomadas por agentes privados se considera el costo de adquirir el derecho de agua en 2.079 UF/L/s (valor al año 2009) versus la desalinización de agua de mar, con lo que la opción de comprar derechos de agua del Río Loa es más eficiente desde la perspectiva privada, con lo que la minería desplaza a la agricultura en la propiedad del recurso hídrico. Sin embargo, en caso que los agentes percibieran el valor social del derecho de agua en su uso agrícola, el costo relevante ascendería a 4.252 UF/L/s<sup>10</sup>, con lo que a este precio el abastecimiento

---

<sup>9</sup> Este valor corresponde al costo de desalinización de acuerdo a lo informado en los estudios disponibles

<sup>10</sup> El valor social del precio del agua se determina como  $V_{\text{Social}} = P_{\text{mercado}} (1 + t_{\text{Retorno}}) V_{\text{Estético}}$ , donde la tasa de retorno del caudal se determinó como 83% y el valor estético del agua en 41 UF/L/s.



## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

eficiente de las actividades no agrícolas pasaría de comprar derechos de agua del Río Loa a agua salada de mar incluyendo su correspondiente desalinización.

En definitiva, estos cambios de decisión en la tecnología de producción de recurso hídrico para actividades no agrícolas ilustran el tipo de diferencias en la estructura productiva que se generan del seguimiento de incentivos privados o la consideración, junto a los incentivos privados, de los impactos sociales y medioambientales en que repercute la acción privada.

En términos simples, el análisis realizado muestra que el mercado del agua en la región presenta una alta dinámica, y al presentar el mayor costo a nivel nacional muestra la magnitud de la necesidad por el agua.

### **8. DIAGNÓSTICO DE LAS HERRAMIENTAS E INSUMOS PARA LA GESTIÓN HÍDRICA**

Se presenta una breve caracterización de la calidad de los insumos y herramientas disponibles para la realización del estudio, para los que se analiza su calidad. Los resultados del análisis de los insumos se presentan en el Cuadro 8-1.

**CUADRO 8-1  
ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN**

<b>Insumo</b>	<b>Calidad de la Información</b>
<b>Precipitaciones</b>	En general la calidad de la información es adecuada desde el punto de vista espacial, tal como se indicó en el diagnóstico de infraestructura. En lo temporal, aunque la información no es de perfecta calidad, es posible efectuar rellenos y completar las estadísticas de modo que se puede obtener información base de calidad para el desarrollo de estudios y proyectos.
<b>Caudales Mensuales</b>	Al igual que en el caso de la red meteorológica, la calidad de la información es adecuada desde el punto de vista espacial, tal como se indicó en el diagnóstico de infraestructura. En lo temporal, aunque la información no es de perfecta calidad, es posible efectuar rellenos y completar las estadísticas de modo que se puede obtener información base de calidad para el desarrollo de estudios y proyectos. En todo caso debe hacerse notar que el proceso de relleno es complejo, ya que se requiere generar estadísticas en "régimen natural", lo que significa que se deben tomar en cuenta la ubicación y magnitud de las extracciones aguas arriba de los puntos a analizar.
<b>Calidad Aguas Superficiales</b>	Tal como es el caso de las redes meteorológicas y fluviométricas, la densidad de estaciones es la correcta. Por otra parte, la temporalidad de las mediciones es la adecuada en las líneas generales. Ahora bien, en el diagnóstico de calidad de aguas presentado en el Capítulo 4, se expone claramente la necesidad de aumentar los parámetros a medir y un aumento frecuencia. Lo anterior muestra claramente que la calidad de la información obtenida sin ser mala, podría ser mejor.
<b>Niveles de Aguas Subterráneas</b>	En el caso de los niveles de aguas subterráneas, tal como se indicó en el Capítulo 5 la red es deficiente ya que no permite caracterizar todos los acuíferos explotados en la región

**CUADRO 8-1  
ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN  
(Continuación)**

<b>Insumo</b>	<b>Calidad de la Información</b>
<b>Proyectos de Inversión Pública</b>	La información contenida en este sistema es bastante básica, proyectos con financiamiento estatal, algunas de sus características y ubicación geográfica. La información es útil para caracterizar los sectores en que se esperan cambios debido a las posibles inversiones, tales como embalses y sistemas de agua potable rural
<b>Proyectos de Inversión Pública y Privada</b>	En lo que respecta a los proyectos sometidos a evaluación ambiental, se tiene que en el e-seia hay suficiente información útil para complementar la caracterización de los recursos hídricos.

**Fuente:** Elaboración propia

En lo que respecta a las herramientas existentes, las que se dividen en modelos de simulación de los sistemas acuíferos y el sistema de información geográfico e-SIIR de la CNR, se tiene que sólo ha sido posible analizar este último ya que los modelos de simulación no están disponibles, sino que sólo sus resultados. En todo caso la herramienta e-SIIR es de gran utilidad ya que provee información relevante y útil para la gestión de los recursos hídricos en la región. Por otra parte, los modelos existentes no modelan los sistemas acuíferos en su totalidad, sino que sólo por sectores, por lo que su utilidad es limitada.

## **9. DIAGNÓSTICO DE CONSERVACIÓN DE ACTIVIDADES VALORADAS POR FACTORES NO ECONÓMICOS**

El objetivo central del capítulo es dar cuenta en forma sucinta del panorama general –a nivel de diagnóstico- en torno de las actividades valoradas por factores no económicos asociadas al recurso hídrico, con especial énfasis en los aspectos socio-culturales de raíz indígena, por tratarse de una Región multicultural y con un importante grado de diversidad étnica.

En primer lugar, se describen festividades atacameñas (LickanAntai), aymarás y quechuas como diversas expresiones de la cosmovisión indígena presente en la Región. Adicionalmente se describe la limpia de canales, actividad que se enmarca en el ciclo agrícola y en esos términos es una suerte de festividad transversal a los distintos orígenes étnicos de las comunidades rurales de la Región de Antofagasta, aunque por cierto, con particular expresión entre las personas de origen atacameño, para entender el agua en la cosmovisión y ritualidad andina.

Para la cultura andina, el agua es el principio dinámico que explica el movimiento, la circulación y las fuerzas del cambio. Esta centralidad se manifiesta en la cosmovisión y ritualidad de los pueblos indígenas de la Región más allá de sus distinciones étnicas. Por otro lado, el agua es también un recurso hidráulico, desde la cultura andina, prehispánica los cursos de agua han estado sujetos a una mecanización a través de la construcción de canales. Y también desde entonces ha existido una gestión o

administración del recurso permitiendo su distribución a los campos de cultivo. En este sentido existe una cultura del riego que se adscribe a la práctica ritualista e identitaria de los pueblos. Como antes se indicara esta gestión hídrica no sólo está orientada al resguardo de un recurso económico que posibilita la reproducción física del grupo, si no también, al resguardo del agua como constituyente de su identidad, de su cultura, donde lo colectivo o comunitario resulta esencial.

## **10. VOCACIÓN PRODUCTIVA REGIONAL**

### **10.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS**

El desafío planteado para este proyecto consiste en la articulación y confección de un artefacto o mecanismo metodológico capaz de vincular el comportamiento hídrico de las diferentes cuencas que conforman el mapa hidrológico de la Región de Antofagasta, con sus principales indicadores y resultados socio-económicos.

En la Región de Antofagasta como en el resto de las regiones del norte del país, el recurso hídrico se hace cada vez más escaso. En un escenario como éste, se hacía relevante la necesidad de establecer un sistema de métricas que permitiera correlacionar de una manera científica, aquellas variables que definen y determinan la oferta hídrica de la región, con las capacidades para la generación de empleo, y sustentabilidad de las principales actividades económicas en las cuales los recursos hídricos resultan ser esenciales, a saber: Agricultura, Minería, Industria, Energía y Abastecimiento de Agua potable para la población.

La información disponible en el país más un adecuado sistema de procesamiento de las métricas que se obtienen, permiten racionalizar los modelos de gestión y así generar reglas de decisión coherentes con las necesidades y bienestar de la población, tema del cual se hacen cargo los sistemas económicos. La gestión de los recursos hídricos no escapa a este principio. Es necesario facilitar la construcción de reglas de decisión que converjan hacia beneficios globales de la región, más que a óptimos locales con beneficios parciales para uno u otro sector económico.

Y no es que no existan modelaciones de los sistemas hídricos de la región ni tampoco caracterizaciones de sus sistemas económicos. Por el contrario, existen innumerables análisis en ambas áreas, pero ellas fluyen, generalmente, por carriles separados e intersectándose sólo para hacer evaluaciones puntuales de un proyecto específico. El artefacto metodológico que utiliza este proyecto integra ambos mundos, hídrico y económico, en un modelo integral incorporando en la región las capacidades de 'predecir' resultados en los planos económicos por decisiones tomadas en el plano hídrico y viceversa.

El núcleo analítico sobre el cual se articula el modelo de métricas y de información lo constituye la formulación de la **Función General de Producción de la Región**. Ella se aplica sobre dos planos diferentes. En primer lugar sobre el sistema productivo de una Región en particular, formulación que se fundamenta sobre conceptos macro económicos fundados sobre la MATRICES INSUMO-PRODUCTO REGIONALES. En segundo lugar, utilizando el mismo concepto, pero con un enfoque micro económico,

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

para la estimación de la Función de Producción aplicada sobre los sistemas de abastecimiento del recurso hídrico.

### **10.2. RESULTADOS HIDRO -ECONÓMICOS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA**

#### **10.2.1. Introducción**

Para el año 2010, el PIB de la Región de Antofagasta asciende a **10.155** miles de millones de pesos (Base año 2008), en donde la participación del sector minería representa un 66%. Esto hace que en la región sea eminentemente una región minera. El segundo sector relevante, es el de Construcción cuya participación representa un 10% del PIB en el mismo periodo. Es probable que la relevancia de este último sector sea inducido también por las inversiones del mismo sector minería.

A primera vista, las cifras anteriores indicarían que la Región de Antofagasta contribuye aproximadamente en un 10% del PIB Nacional, y por ende la minería regional lo haría entre un 6 y 7%. (PIB Nacional 2010 = 96.000 MM\$). Sin embargo, en virtud de los encadenamientos productivos interregionales, además de los intersectoriales propios de las cadenas de producción, es fácil intuir al menos, que a nivel nacional, la contribución que realiza la actividad regional al PIB del país es bastante mayor al 10% que surge de la aritmética básica de comparar los PIB regionales y nacionales. (*Ejercicios no oficiales investigados y realizados por el consultor, basados en álgebra matricial de MIP Nacionales, estiman que solo el equivalente de producción y exportación minera que realiza la Región de Antofagasta explicaría por sí sola del orden del 20% del PIB nacional*).

La relevancia de esta reflexión se sustenta en el hecho de que la asignación de los escasos recursos hídricos que se realicen en la región, no sólo impactarán en los resultados económicos de la propia región, sino que por los efectos de los encadenamientos interregionales, impactan también en los resultados económicos a nivel nacional.

En la Región de Antofagasta se ha identificado 10 cuencas, las cuales totalizan una oferta media anual de 13,0 m<sup>3</sup>/s, siendo las principales fuentes de abastecimiento la cuenca Rio Loa con 6,5 m<sup>3</sup>/s, y Salar de Atacama (más Vertiente Pacífico) con 5,1 m<sup>3</sup>/s.

La demanda hídrica se encuentra concentrada en los consumos Agrícola (**1,6** m<sup>3</sup>/s); Minería (**7,6** m<sup>3</sup>/s) y Agua Potable (**1,6** m<sup>3</sup>/s), totalizando **10,8 m<sup>3</sup>/s**, de los cuales aproximadamente 1,0 m<sup>3</sup>/s proviene de plantas desalinizadoras.

El balance hídrico muestra que los proyectos de expansión y desarrollo regional requieren de importaciones de agua, ya sea desde otras regiones, o desde el mar por la vía de la desalinización.

#### **10.2.2. Población y Empleo**

De los principales resultados que emanan del análisis económico regional es interesante notar que entre el año 1996 y 2010 la población ha aumentado desde 468

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

mil a casi 581 mil habitantes, mientras que la fuerza laboral lo ha hecho desde 155 mil puestos de trabajo a 258 mil mostrando esta última una tasa de crecimiento bastante más alta que la población, y concentrándose básicamente en los sectores Minería, Comercio y Servicios Personales.

### **10.2.3. Exportaciones y Estructura Productiva**

Las exportaciones de la región si bien se han multiplicado casi por siete (7), desde 4.400 a 28.400 millones de dólares FOB, se destaca que una alta proporción de este aumento proviene de aumentos de precios de los productos mineros y no de grandes cambios en los niveles de producción.

En relación a su estructura productiva, se destaca la participación de la actividad minera en la región. Entre los años 1996 y el 2010, la minería aumenta su participación desde un **59% a un 66% del PIB regional**. Intuitivamente uno hubiese esperado participaciones aun mayores, dada la cuadruplicación de los precios de venta de los productos de este sector. Lo anterior podría estar significando que el crecimiento minero, sea este en unidades físicas o monetarias, induciría un crecimiento en el resto de los sectores de la economía regional

Otro de los aspectos relevantes que emanan de los análisis de la MIP Regional dice relación con la autonomía del sistema productivo regional. En esta dirección existen dos preguntas relevantes desde el punto de vista estratégico. Primero, **¿Cuál es la autonomía del sistema productivo en cuanto a los insumos de producción?**, y la segunda, **¿Cuál es su capacidad para servir la demanda interna regional?**

En relación al sistema de producción se observa para ambos periodos, que de los costos intermedios totales, del orden del 54% de ellos son de origen regional; 31% corresponden a insumos productos provenientes del resto de las regiones del país, y el 15% representan los insumos productivos importados desde el extranjero.

Y desde la perspectiva del análisis de la oferta y demanda total para la región, los modelos de ajuste económico indican que para la satisfacción de la demanda total de la región, es necesaria una importación equivalente al 45% de la Producción Bruta regional. Gran parte de estas importaciones se concentran en bienes del sector minería (insumos petróleo, combustibles) y de la industria manufacturera.

## **11. PARTICIPACIÓN CIUDADANA**

### **11.1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS**

La Región de Antofagasta posee características socioculturales, ambientales y productivas únicas a nivel nacional, siendo una región que combina un valor ancestral-patrimonial-ambiental excepcional, condiciones de extrema aridez y una presión productiva por los recursos naturales renovables y no renovables cada vez más intensa, que conlleva un aumento de la demanda hídrica y un tensionamiento entre los diversos usos del recurso.

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

Considerando los objetivos del Estudio, la participación ciudadana se concreta en los siguientes objetivos específicos: (I) Identificar y caracterizar a los actores relevantes o claves; (II) Difundir a los actores relevantes identificados los objetivos y alcances del Estudio y (III) Conocer e incorporar las opiniones, inquietudes, saberes locales y sugerencias de los actores relevantes, que sean pertinentes al Estudio.

### **11.2. METODOLOGÍA**

El componente de Participación Ciudadana se basa en una metodología de carácter cualitativo, que considera la recopilación de información secundaria desde estudios desarrollados en la Región y el levantamiento de información primaria a través de las actividades que se presentan en el Cuadro 11.2-1. Además dadas las características del territorio, se considera para el análisis como elemento en permanente observación y análisis, lo expuesto en el Convenio N°169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

**CUADRO 11.2-1  
ACTIVIDADES LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PRIMARIA**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>OBJETIVO</b>
<b>Entrevistas</b>	Obtener la visión del territorio y de la problemática relacionada con los recursos hídricos, de actores claves, de este tipo de instrumentos de planificación, ente otros.
<b>Talleres Participativos</b>	
<b>Taller Inicial</b>	Complementarlos contenidos del diagnóstico realizado en la Etapa 1 del Estudio, a través de la presentación de éste y un posterior trabajo que permitió identificar y priorizar la problemática relacionada con los recursos hídricos.
<b>Taller Final</b>	Presentar los principales resultados del Estudio. Este taller se considera principalmente expositivo, considerando una instancia plenaria en la que se responden inquietudes, consultas y observaciones.
<b>Taller con Instituciones Públicas</b>	Junto con dar a conocer los alcances y principales resultados generales del Estudio, en este caso se trabaja también de manera específica en función de los denominados "Estudios Complementarios". Orientado específicamente a funcionarios/as de entidades públicas de la Región, realizado en la ciudad de Antofagasta
<b>Grupos Focales (Focus Group)</b>	Consultar a las organizaciones indígenas sobre la percepción común del territorio, su visión sobre la implementación de este instrumento y su potencial incidencia en la gestión del recurso hídrico en la Región.

**Fuente:** Elaboración propia

### **11.3. ANÁLISIS Y RECOMENDACIONES**

#### **11.3.1. Análisis de las Entrevistas**

De las entrevistas realizadas los principales resultados del análisis indican que:

Los distintos actores sociales y públicos realizan acciones en función de resolver o mitigar las diversas problemáticas y conflictos que el aprovechamiento intensivo de un recurso vital y escaso provoca en la zona, entre actores públicos y privados de diferentes sectores. Los principales problemas y conflictos surgen de la fuerte demanda del sector minero por recurso hídrico y de las consecuencias y externalidades de estas prácticas extractivas sobre las aguas y ecosistemas de la Región. La escasez y contaminación del agua trasciende una preocupación industrial pues compromete la convivencia de otros actores productivos y a la ciudadanía en general.

Para los productores agrícolas, campesinos e indígenas, existe una enorme disociación entre el Código de Aguas y la Ley Indígena, pues el primero posee un carácter nacional que no incorpora las particularidades medioambientales y culturales en torno al aprovechamiento del agua y el segundo, de carácter internacional, considera como fundamentales los aspectos antes mencionados. En este sentido, frente a la presión de la minería por grandes cantidades de agua prevalece una valoración económica que supedita el uso sustentable del recurso realizado por comunidades rurales por el supuesto del bien común dado por las divisas mineras.

En el ámbito de las relaciones o interacciones que se producen entre actores es interesante constatar que para la mayoría de los entrevistados/as la relación intersectorial así como entre/con organizaciones es fundamental para enfrentar la carestía y contaminación del agua que evidentemente es común a toda la Región. Se observa una búsqueda de estrategias que, junto a las empresas mineras, permitan construir alternativas de sustentabilidad del agua y territorio.

Entre los factores que limitan el desarrollo productivo regional, el patrimonio ambiental y el patrimonio social, los entrevistados plantean que la disponibilidad de recursos hídricos es fundamental para promover el desarrollo social y económico de la Región debido a la importancia que tiene para la minería, agricultura y consumo humano. El conflicto principal radica en la contaminación del agua, la cual limita profundamente la posibilidad de diversificar las actividades productivas en la Región y que es de origen natural y producto de la actividad minera.

En relación a los contenidos del Plan Estratégico de Recursos Hídricos para los/as entrevistados/as importa el desarrollo de una mirada de sustentabilidad en la perspectiva de definir cuál es el agua disponible en la Región (hasta cuándo es posible entregar derechos de agua, cuáles son los caudales ecológicos, etc.). En este sentido, se considera importante que el estudio contemple información en terreno para lograr un resultado acorde a la realidad, además de destacar los requerimientos específicos de las comunidades indígenas y organizaciones sociales, siendo importante ofrecer una situación de diagnóstico que permita redefinir el destino de los usos del recurso.

### **11.3.2. Análisis del Taller Inicial de Presentación del Estudio**

Respecto al Taller Inicial, los problemas identificados por los participantes se pueden agrupar en los siguientes puntos: (I) Calidad de Aguas; (II) Sobre-explotación de recursos hídricos; (III) Infraestructura: APR, Infraestructura de Riego y Manejo de Cauces; (IV) Problemas legales e institucionales; (V) Deficiencias Organizacionales; (VI) Actividad Minera y por último (VII) Información para la toma de decisiones: Calidad y Acceso equitativo.

En relación a las demandas que realiza la comunidad, ellos plantean que no existe respeto por quienes viven en el territorio y que el Estado toma decisiones sin considerar a las comunidades indígenas y la existencia de áreas protegidas. Entre estas se plantea: (1) Declarar área de prohibición de extracciones hasta conocer la disponibilidad del recurso; (2) Necesidad de un organismo de manejo de cuencas conformado por las comunidades; (III) Aplicar el conocimiento ancestral del manejo del ecosistema; (IV) Ejecutar la Consulta Indígena, de acuerdo al Convenio 169 de OIT; (V) Reconocer y regularizar de manera integral las tierras y aguas (superficiales y subterráneas) de la cuenca de Atacama La Grande; (VI) Declarar agotada la cuenca del río San Pedro; (VII) Incorporar la participación ciudadana en el otorgamiento de derechos de agua, especialmente de las comunidades indígenas; (VIII) Someter al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) de exploraciones y otorgamiento de derechos y (IX) Declarar el recurso hídrico agotado en la cuenca "territorio indígena".

### **11.3.3. Análisis del Taller Final de Presentación de Resultados del Estudio**

Entre los principales tópicos tratados y temáticas planteadas por los/as participantes de los talleres finales tanto de Calama así como el desarrollado en San Pedro de Atacama, destacan: (I) Proyecciones del Estudio; (II) Relación entre Estado y Comunidades Indígenas: tema abordado desde la perspectiva del Convenio 169; (III) Situación actual de Recursos Hídricos en la Región; y (IV) Tensión entre minería y comunidades indígenas.

### **11.3.4. Análisis de los Grupos Focales**

De manera general, se define a los pueblos indígenas como ligados ancestralmente a la tierra y al agua a través de las prácticas agrícolas tradicionales. Se recoge de los grupos focales la idea generalizada de que la actividad minera ha afectado la dinámica sociocultural de las comunidades, en particular por la escasez de agua producto de su uso intensivo para esta actividad productiva. Esto ha provocado que la agricultura deje de ser un sustento viable, generando con ello migraciones en busca de fuentes laborales e incluso la venta de los derechos de agua de los agricultores a las empresas mineras. Si bien se reconoce que la minería es una opción laboral, señalan los participantes, que las plazas de trabajo son mínimas ya que casi la totalidad de los trabajadores son de fuera de la Región. De esta manera, los pueblos se exponen a la fragmentación de la cultura y a la pérdida del vínculo con la tierra: "*no hacemos tradiciones y costumbres porque todo se basa en el agua*". En otras palabras, estos procesos podrían llevar a la extinción de sus identidades.

Por otra parte, manifiestan que en respuesta al usufructo ilegítimo del agua por parte de empresas mineras y sanitarias, los pueblos se han visto obligados a tener



## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

posiciones más estrictas y hacer demandas para poder imponer sus derechos. Situación se contrapone al derecho consuetudinario o derechos ancestrales, que están protegidos por la Ley Indígena y el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo, el cual constituye una herramienta política que se encuentra sobre el Código de Aguas y que permitirá dialogar con las empresas mineras.

Según los grupos focales realizados, se puede señalar que las consideraciones metodológicas o de procedimiento para iniciar procesos de consulta indígena según lo estipulado por el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo, debieran partir de la premisa que la mayoría de la población indígena se encuentra en las ciudades, pero que sin embargo las comunidades o pueblos indígenas son fuentes de referencias sociales, simbólicas e identitarias fundamentales. Por lo que en una primera instancia de consulta indígena debería contemplar una convocatoria amplia a dirigentes tanto urbanos como rurales. En una segunda instancia, en acuerdo con los dirigentes, hacer reuniones o asambleas con el conjunto de los pueblos o con cada uno de los pueblos dependiendo del caso.

Específicamente respecto del Plan Estratégico, existe coincidencia en ambos grupos en torno a que este documento / instrumento, debiera informar a los pueblos indígenas respecto de las características y cantidad del recurso hídrico existente. Este debiera generar los mecanismos de protección de los derechos consuetudinarios de los pueblos indígenas y estipular que los dueños, encargados y/o administradores del agua son los propios pueblos indígenas y que cualquier requerimiento se supedita a una negociación con los mismos. El Plan Estratégico debiera constituir una alternativa sustentable, primero asignando los recursos naturales a los pueblos indígenas y luego, regulando a las mineras haciéndolas empresas con responsabilidad social y medio-ambiental. Respecto de la forma de incorporar la visión indígena en el futuro proceso de elaboración propiamente del Plan Estratégico, señalan los/as participantes que se han realizado estudios previos en otras temáticas y que han terminado generando resoluciones en torno al territorio indígena sin la adecuada información y consulta a las comunidades indígenas.

### **11.3.5. Recomendaciones**

#### **11.3.5.1. Recomendaciones Generales**

De acuerdo a la información levantada, sistematizada y analizada en el marco del componente de Participación Ciudadana del Estudio, las principales recomendaciones posibles de formular, son:

- 1)** Fortalecer el vínculo de la Dirección General de Aguas con los distintos actores relevantes presentes en la Región en relación directa con la gestión del recurso hídrico, particularmente con los actores comunitarios. Es decir, organizaciones de usuarios de aguas, comunitarias e indígenas, puesto que éstas –particularmente las últimas, las indígenas- muestran un alto grado de desconfianza en torno del quehacer de la DGA. Es dable pensar a su vez, de que al menos parte de dicha desconfianza surja del mismo desconocimiento existente entre DGA y este tipo de organizaciones.

- 2) Potenciar la contribución que realizan las comunidades indígenas de la parte alta de la cuenca a la mantención de los ecosistemas naturales y los servicios ambientales que estos ecosistemas prestan en el contexto de la gestión de los recursos hídricos de la Región. En este punto también, es de crucial relevancia la interacción entre dichas comunidades y la propia DGA. Durante la realización de las distintas actividades de participación ciudadana del Estudio, fue posible constatar en reiteradas ocasiones el desconocimiento de parte de las comunidades indígenas de determinadas acciones / tareas que realiza o realizó en algún momento la DGA. Así como también, por cierto, el escaso conocimiento de parte de DGA respecto de algunas de las acciones que desarrollan las comunidades indígenas.
- 3) Estudiar la factibilidad de apoyar la conformación y/o fortalecimiento de organizaciones de usuarios de aguas en la Región que tomen en consideración la forma de administración ancestral (comunitaria) de las comunidades indígenas en torno del agua. Sin desconocer la complejidad de iniciar una tarea de este tipo –particularmente, desde el punto de vista normativo-, parece relevante para la generación de confianzas con las comunidades indígenas, al menos realizar los esfuerzos necesarios en esa dirección.
- 4) Realizar estudios focalizados en los cauces superficiales y acuíferos, sobre la propiedad actual de los derechos de aprovechamiento de aguas. Estudios, en los que se deberá analizar con algún detenimiento la forma efectiva de hacer parte de los mismos –durante su ejecución- a las comunidades involucradas. El sólo hecho de que uno o más representantes de la comunidad acompañen el proceso de toma de muestras, por mencionar sólo un ejemplo, probablemente incidirá en un acercamiento distinto de la comunidad en relación al estudio.
- 5) Integrar y potenciar los espacios intersectoriales de discusión sobre la gestión de los recursos hídricos, dotándolos de representatividad e información para su trabajo.

#### **11.3.5.2. Recomendaciones en Torno a la Aplicación del Convenio 169 de la OIT**

El 15 de septiembre del año 2009 entró en plena vigencia en el país el Convenio 169 de la OIT sobre Pueblos Indígenas y Tribales. En el marco de la implementación de este Convenio, el Relator Especial de Naciones Unidas sobre la situación de los derechos humanos y las libertades fundamentales de los indígenas S. James Anaya, llevó a cabo una visita de trabajo a Chile en abril de 2009. Uno de temas tratados en su visita fueron los principios internacionales relativos a la consulta a los pueblos indígenas. En este sentido la OIT y otras instancias internacionales han elaborado progresivamente una jurisprudencia sobre los criterios mínimos y requisitos esenciales de una consulta válida a los pueblos indígenas en virtud del artículo 6 del Convenio 169, que se presentan a continuación:

- La consulta debe realizarse con carácter previo
- La consulta no se agota con la mera información

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

- La consulta debe ser de buena fe, dentro de un procedimiento que genere confianza entre las partes
- La consulta debe ser adecuada y a través de las instituciones representativas indígenas
- La consulta debe ser sistemática y transparente
- El alcance de la consulta

Considerando los criterios anteriormente expuestos y las observaciones realizadas por diversos líderes y/o dirigentes indígenas de la Región de Antofagasta, en las diversas actividades de participación ciudadana realizadas en el marco del presente Estudio, es importante destacar que:

1. Las comunidades indígenas no están dispuestas a participar en proyectos si no se ha realizado, de manera previa a la ejecución, las consultas en virtud de lo que establece el Convenio 169 de la OIT.
2. Las comunidades están en desacuerdo con la aplicación del Decreto 124/2009 que regula la consulta y participación de los pueblos indígenas.

Las comunidades indican como trabajo previo, la necesidad de determinar, junto a ellos, la forma en que se desarrollará la consulta.

En este sentido, se recomienda que en las etapas de diseño y ejecución del Plan Estratégico de Gestión de Recursos Hídricos, y en virtud de lo establecido en el Convenio 169 de la OIT y los diversos instrumentos internacionales que reconocen estos derechos a los pueblos indígenas es necesario:

1. Incorporar a las organizaciones indígenas de la Región *desde la propia formulación de los términos técnicos de referencia* del futuro diseño y elaboración del Plan Estratégico de Gestión de Recursos Hídricos de la Región de Antofagasta.
2. Diseñar y establecer –también de manera participativa- una *estrategia progresiva y escalonada de participación*. Es decir, en una primera etapa de elaboración de términos de referencia por ejemplo, convocar a un número acotado de representantes indígenas, probablemente de un nivel más abstracto de representación, como por ejemplo Consejeros Nacionales de CONADI (que surgen de un proceso de elección abierto en las urnas), dirigentes del Consejo de Pueblos Atacameños, entre otros.
3. En esta misma lógica de una estrategia progresiva y escalonada de participación, parece sino indispensable, a lo menos altamente conveniente en algún momento de la elaboración del Plan – probablemente en una fase más bien avanzada de su elaboración- *llegar a las bases mismas de las comunidades indígenas*. Esto es y con la necesaria colaboración e involucramiento de sus propios líderes y dirigentes, realizar una actividad al menos (asamblea comunitaria o similar), en “terreno”, en las mismas localidades. Una acción como esta

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

no sólo permitirá darle un mayor sustento social / comunitario al futuro Plan, sino que debiese permitir la generación de confianzas con las comunidades.

Las particularidades de una iniciativa como la formulación del Plan Estratégico atendiendo a las presentes recomendaciones, requerirá necesariamente de un minucioso trabajo de elaboración de sus términos técnicos de referencia y/o que éstos contengan la flexibilidad necesaria para hacerlos compatibles con procesos de consulta a las comunidades en

### **12. EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA (EAE)**

#### **12.1. INTRODUCCIÓN**

El concepto de la EAE es relativamente reciente en Chile en cuanto a su implementación en políticas y planes. Para efectos de la presente consultoría, se han tomado como referencias principales la "Guía de EAE para Políticas y Planes" desarrollada por el Ministerio del Medio Ambiente (julio de 2012) y el Borrador del Reglamento de EAE de Chile (Ministerio del Medio Ambiente, 2012).

#### **12.2. ASPECTOS GENERALES SOBRE LA EAE**

En el caso de Chile, en la Ley Nº 19.300 (y sus posteriores modificaciones), sobre Bases Generales del Medio Ambiente, Artículo 1, letra i bis) se define la Evaluación Ambiental Estratégica como el "procedimiento realizado por el Ministerio Sectorial respectivo, para que se incorporen las consideraciones ambientales del desarrollo sustentable, al proceso de formulación de las políticas y planes de carácter normativo general, que tengan impacto sobre el medio ambiente o la sustentabilidad, de manera que ellas sean integradas en la dirección de la respectiva política y plan y sus modificaciones sustanciales".

La EAE no se lleva a cabo de forma paralela y con posterioridad al diseño de un plan, sino que se encuentra integrada al proceso de elaboración de dicho plan, interactuando dinámicamente en diversos momentos con el mismo.

#### **12.3. INFORME DE EAE PRELIMINAR**

De acuerdo a los pasos planteados en la "Guía de EAE para Políticas y Planes", se desarrolló la Justificación de la Realización de una EAE; el Marco institucional aplicable, que considera tanto el ámbito internacional, como nacional y regional; y se elaboró una Matriz de Actores Involucrados, los cuales también fueron considerados en el Proceso de Participación Ciudadana (PAC) del Diagnóstico.

Se generaron tres Criterios Preliminares de Desarrollo Sustentable a partir de la revisión del Marco Institucional, condicionando así el futuro Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos de Antofagasta. Este mismo Marco, contribuyó a la

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

elaboración de Objetivos Ambientales Preliminares, los cuales se modificaron posteriormente.

Se efectuó un Diagnóstico Ambiental Estratégico (DAE), el que identificó los siguientes problemas ambientales:

- 1.** Inexistencia de instancias de participación vinculante en la toma de decisiones
- 2.** Mala calidad y contaminación de las aguas
- 3.** Sobre-explotación de recursos hídricos
- 4.** Problemas de infraestructura
- 5.** Problemas legales e institucionales
- 6.** Deficiencias en las organizaciones
- 7.** Problemas ligados a la minería
- 8.** Falta de información para la toma de decisiones
- 9.** Otros

Se identificaron 13 temas claves, a partir del análisis de los problemas mencionados, los cuales conformaron una red de vínculos complejos (análisis sistémico) que permitió aclarar las principales dinámicas ambientales, atingentes al presente Diagnóstico, existentes en la Región.

Todo el análisis anterior (DAE), se liga a los objetivos Ambientales Preliminares, para dar como resultado *Objetivos Ambientales Definitivos Propuestos*:

### **Objetivo Ambiental General**

*El Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos de la Región de Antofagasta, tiene como objetivo contribuir al desarrollo sustentable de la Región mediante un manejo territorialmente integral, equitativo y armónico del recurso hídrico, que satisfaga eco-eficientemente la demanda diversa de agua, asegure la participación y mejore la calidad de vida de la población, con una perspectiva de largo plazo.*

Los objetivos Ambientales Específicos se agrupan en 4 ámbitos:

#### **1. Eficiencia y Maximización**

- Mejorar la eficiencia en la entrega del recurso hídrico, maximizando el uso y mantención de la infraestructura existente y promoviendo su modernización.
- Promover una gestión eco-eficiente del recurso hídrico, incluyendo consideraciones ambientales, mediante la incorporación de avances tecnológicos, incluyendo las ERNC y la producción limpia, que favorezcan la reducción en el uso de recursos naturales y genere menores efectos negativos sobre el ambiente.
- Explorar nuevas alternativas de producción y captación del recurso hídrico, mejorando la información de disponibilidad hídrica, el desarrollo en el uso de agua desalada y considerando la reutilización.

**2. Protección Ambiental**

- Incorporar una visión de largo plazo en la gestión hídrica, previniendo la sobreexplotación del recurso.
- Asegurar la calidad del agua para todos sus usos, por medio de la mejora y profundización de las medidas ya existentes, que consideren tanto el origen de los pasivos ambientales, como los niveles de contaminación generados, incorporando una mirada preventiva y fortaleciendo la capacidad fiscalizadora del servicio público.
- Proteger los requerimientos hídricos de las Áreas Protegidas del Estado (SNASPE), sitios RAMSAR, áreas prioritarias de biodiversidad, áreas de desarrollo indígena, así como aquellas que alimentan vegas, bofedales y salares altoandinos.
- Diseñar e implementar un programa de manejo de las principales cuencas de la Región.
- Considerar la factibilidad ambiental y territorial de proyectos vinculados al recurso hídrico, desde la etapa de perfil.
- Potenciar la valoración de los servicios ambientales asociados al recurso hídrico, por medio del diseño e implementación gradual de un Plan de educación tanto para la comunidad, como para entes públicos y privados.
- Considerar el cambio climático, mejorando la observación, seguimiento, y desarrollando medidas de adaptación vinculadas a los efectos sobre el recurso hídrico.

**3. Participación, Territorio y Sociedad**

- Resolver la necesidad de organizaciones sociales formales administradoras del recurso hídrico, y fortalecer las ya existentes de manera de consolidar sus relaciones con el sector público-privado.
- Modernizar la gestión del recurso hídrico mediante la incorporación de un enfoque territorial participativo, que promueva la integración y articulación de los diversos actores territoriales en torno al desarrollo regional y la gestión de demandas hídricas, considerando especialmente a las etnias y el enfoque de género, minimizando así los niveles de conflicto relacionados con el recurso.
- Mejorar y transparentar la información sobre la disponibilidad hídrica en la Región, para evitar así el sobre otorgamiento de derechos de agua y la desconfianza por parte de la comunidad.
- Desarrollar las competencias en el ámbito ambiental y territorial, en los profesionales que trabajan en el ámbito hídrico.
- Proteger los derechos de agua de las comunidades indígenas.

#### **4. Desarrollo Económico**

- Fortalecer el desarrollo económico regional, respondiendo a las necesidades hídricas de las diversas actividades económicas, buscando la complementariedad de la estructura productiva de manera de potenciarlas, en consistencia con la disponibilidad del recurso en el mediano y largo plazo y con los factores de competitividad territorial de la Región.

### **13. IDENTIFICACIÓN DE BRECHAS Y NECESIDADES**

El presente capítulo presenta las brechas y necesidades que emergen del análisis de todos los insumos del estudio, tanto de carácter primario y secundario.

Se entenderá por brecha a la distancia que existe entre una situación necesaria de alcanzar para lograr un objetivo y la realidad. Conocer esta brecha, permite, primero, determinar los aspectos que son relevantes para lograr la adecuada gestión de los recursos hídricos, segundo, conocer la magnitud de la distancia que existe entre la situación a alcanzar y la realidad y, tercero, determinar las necesidades que emergen de este análisis, planteándose como desafíos.

Las necesidades se entenderán como las carencias existentes para lograr el objetivo planteado. El logro de esa necesidad permite disminuir las brechas identificadas.

Para un adecuado análisis de brechas, se agruparon por tipología. Dicha tipología nace del análisis de limitantes del diagnóstico funcional (Capítulo 7), dado que se encuentran muy asociadas, a las cuales se incorporaron insumos de infraestructura, generándose 7 tipos de brecha, las cuales se presentan a continuación:

- 1.** Brechas legales
- 2.** Brechas político-institucionales (Estado)
- 3.** Brechas organizacionales (Comunidad y sector privado)
- 4.** Brechas de comunicación y en el acceso a la información
- 5.** Brechas en los procesos de participación
- 6.** Brechas de investigación
- 7.** Brechas de Infraestructura

A partir de las brechas analizadas emergen las necesidades que deben cubrirse para disminuir o anular la brecha existente. En el Cuadro 13-1 se presenta cada una de las brechas y la necesidad existente en torno a ella.

**CUADRO 13-1  
BRECHAS Y NECESIDADES**

	TEMA	BRECHA	NECESIDAD
<b>LEGALES</b>	Código de Aguas	Fallas del mercado de agua	Mejorar el Código de Aguas
		Artículos transitorios	
		Inexistencia de un reglamento general de aguas o de varios reglamentos focalizados por área	
		Proceso de otorgamiento de derechos, inicial y actual	
Exploración de aguas subterráneas sin estudios ambientales			
Pertinencia Territorial			
Limitada posibilidad de otorgamiento de caudal ecológico			
		Disociación entre Código y Ley Indígena	
	Proceso de participación ciudadana	Procesos de participación que indica la legislación no se condicen con los requerimientos actuales de participación que tienen las localidades.	Mejorar la legislación ambiental en relación los procesos de participación ciudadana: - Ley de Bases del Medio Ambiente - Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental - Normas Secundarias de Calidad de Aguas
		Ausencia de reglamento del Convenio 169	Generar reglamento de consulta
	Pasivos Ambientales	Falta de legislación	Diagnóstico Creación de normativa
	<b>TEMA</b>	<b>BRECHA</b>	<b>NECESIDAD</b>
<b>POLÍTICO INSTITUCIONALES</b>	Recursos hídricos	Sobre-otorgamiento de los Derechos de Aprovechamiento de Agua consuntivos	Mejorar estudios base
		Limitado otorgamiento de caudal ecológico	Aumentar atribuciones de la institucionalidad
	Fiscalización	Limitado seguimiento de los Planes de Alerta Temprana, falta de monitoreo, control y fiscalización continua.	- Generar sistema de seguimiento y control sistematizado. - Tener mayor personal encargado del seguimiento y fiscalización. - Crear y/o mejorar los sistemas de información de fiscalización y seguimiento, transparente y de acceso público
		Limitado seguimiento de los Planes de Alerta Temprana, falta de monitoreo, control y fiscalización continua.	
		Limitado seguimiento de los Planes de Alerta Temprana, falta de monitoreo, control y fiscalización continua.	
	General	Niveles de desconfianza	- Abordar la fiscalización - Generar procedimientos claros y transparentes en torno al otorgamiento de derechos, fiscalización y seguimiento y a otros ámbitos de la acción pública
Limitada coordinación intersectorial y superposición de funciones		- Generar mecanismos más efectivos de coordinación y comunicación intersectorial	
<b>ORGANIZACIONES</b>	Fortalecimiento de organizaciones	Bajo conocimiento técnico	Fortalecimiento de las Organizaciones - Técnico - Administrativo Formación de líderes
		Voluntariedad de integrantes	
		Tiempos técnicos son distintos a los tiempos organizacionales	
		Baja capacidad de articulación	
	Marco institucional	Pocos medios efectivos de participación	Medios de participación efectiva



**Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos,  
Región de Antofagasta**

**CUADRO 1' -1  
TABLA RESUMEN DE BRECHAS Y NECESIDADES  
(Continuación)**

	<b>TEMA</b>	<b>BRECHA</b>		
<b>ORGANIZACIONES</b>	Fortalecimiento de organizaciones	Bajo conocimiento técnico	Fortalecimiento - Técnico - Administrativo Formación	
		Voluntariedad de integrantes		
		Tiempos técnicos son distintos a los tiempos organizacionales		
		Baja capacidad de articulación		
	Marco institucional	Pocos medios efectivos de participación	Medios de	
<b>COMUNICACIÓN Y ACCESO</b>	Institucional	Desconocimiento sobre el abanico de proyectos del Estado	Mejorar c Fortalece	
		Relación subsidiaria entre Estado y comunidades		Abrir otro
		Bajo conocimiento sobre la función y los alcances de acción de las instituciones públicas		Mejorar c
		Desconocimientos sobre los planes de intervención territorial del Estado		
		Asimetrías de información entre instituciones públicas nacionales y regionales		Fortalece
		Baja socialización de la información pública, dejándola en elites públicas, privadas y de investigación.		Mejorar r los territo
	Sector productivo	Relación de conflicto y compensación entre empresas mineras y comunidades.		
		Desconfianza de la comunidad hacia lo que comunican las instituciones públicas y el sector privado		
<b>PARTICIPACIÓN</b>		Falta de procesos efectivos de participación	Generar logren pr caso, don gubernam	

**Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos,  
Región de Antofagasta**

**CUADRO 1' -1  
TABLA RESUMEN DE BRECHAS Y NECESIDADES  
(Continuación)**

	<b>TEMA</b>	<b>BRECHA</b>	
<b>INVESTIGACIÓN</b>		Estado actual de los recursos hídricos en relación a la oferta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efectos</li> <li>- Estacion</li> <li>para di</li> <li>- Es</li> <li>me</li> <li>- Es</li> <li>- Conoce</li> <li>- Estudia</li> <li>interés</li> <li>- Calidad</li> <li>- Con toc</li> <li>regiona</li> <li>dinámic</li> </ul>
	Marco institucional	Estado actual de los recursos hídricos en relación a la demanda	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Catastr</li> <li>- Catastr</li> </ul>
<b>INFRAESTRUCTURA</b>	APR	Sistema de APR y Tratamiento de aguas servidas no cubre todas las localidades o no tiene adecuado funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar u</li> <li>existente</li> <li>Cubrir 10</li> <li>sistema c</li> </ul>
	Riego	Infraestructura de riego	Construir
	Minería	Tranques de Relave	Realizar c
	Crecidas	Obras de control aluvional y aguas lluvia	Estudios

**Fuente:** Elaboración propia

## **14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **14.1. INTRODUCCIÓN**

El desarrollo del Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos para la Región de Antofagasta, para lo cual este diagnóstico es un insumo fundamental, tiene por finalidad construir un instrumento de planificación que contribuya a orientar las decisiones públicas y privadas de corto, mediano y largo plazo, entregando a los actores herramientas y capacidades para abordar los desafíos que impone.

Para caminar hacia el éxito de la iniciativa, se hace fundamental tener diversas consideraciones relacionadas con el marco institucional existente, el desarrollo social y económico buscado y el cuidado al medio ambiente, ejes importantes del desarrollo.

En el presente capítulo se presentan las conclusiones del diagnóstico y recomendaciones que realiza el equipo consultor para el desarrollo de la siguiente etapa de diseño del Plan. Las conclusiones son generales, entendiendo que cada capítulo realizó conclusiones específicas más detalladas. Por su parte, las recomendaciones se basan en el contexto regional (social, cultural, ambiental, institucional y productivo) y en la necesidad de cumplimiento de los acuerdos y recomendaciones internacionales en torno a los recursos hídricos, cuidado del medio ambiente, población indígena y desarrollo productivo.

### **14.2. CONCLUSIONES**

Este trabajo desarrollado por encargo de la DGA, según resolución DGA 1.669 del 12 de Junio de 2012, se enmarcó en la idea que, como otros sistemas conformados por un componente físico natural que admite múltiples interacciones antrópicas, los problemas y conflictos vinculados al uso social del recurso hídrico, en particular en una región con una notoria estrechez de disponibilidad de agua, pueden llegar a ser de gran complejidad.

Basándose en el cumplimiento del objetivo general y los objetivos específicos, el trabajo constó, en (1) realizar un diagnóstico respecto del conocimiento del recurso hídrico, del uso del agua y del estado de las fuentes, a través de una revisión, actualización y sistematización de la información existente. Este trabajo se desarrolló utilizando diversas fuentes primarias y secundarias de información, observándose la existencia de importantes vacíos de información que no permiten conocer, en su totalidad, el estado actual del recurso, por lo cual se plantean en el estudio los diversos vacíos de información que deben abordarse, para una mejor comprensión y con ello una adecuada toma de decisiones y gestión del recurso.

(2a) Se elaboró además un diagnóstico de los aspectos de cantidad y calidad del recurso hídrico. La disponibilidad de agua dulce en la cuenca es escasa, para la cantidad de actividades antrópicas que la necesitan para sus procesos y para los asentamientos humanos presentes. Esta situación ha hecho rentable, en esta región, la

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

producción de agua desalada, siendo una nueva fuente de agua, que hasta ahora parece verse solo limitada por su costo económico. En términos de calidad se concluye que en la Cuenca del Río Loa existen 5 parámetros de importancia considerados como peligrosos para calidad de productos agrícolas y para la salud de la población, donde los más críticos son el mercurio y arsénico. Los factores de la contaminación son tanto antropogénicos como naturales. En el caso de la Cuenca del Salar de Atacama la información se encuentra dispersa, por lo cual es difícil concluir de ella de manera concreta, dado que no es posible determinar, por ejemplo, puntos de origen de la contaminación. Si se puede determinar que la contaminación, con la poca información disponible, sería principalmente de carácter natural. En el caso de las aguas subterráneas, la información es escasa, por lo cual puede concluirse que para la Cuenca del Salar de Atacama la información es insuficiente. En el caso de la Cuenca del río Loa, la calidad del agua en sectores es muy mala y poco tratable.

En relación al (2b) diagnóstico de la infraestructura y servicios relacionados, se debe indicar que es necesaria una mayor cobertura de agua potable rural, una mayor mantención y construcción de infraestructura de riego, y una mayor inversión en infraestructura de control de crecida, principalmente en la zona altiplánica de la región, dado que en la zona costera se han estado realizando las acciones necesarias para su control. Es requerido realizar un diagnóstico acabado en terreno de la infraestructura de mayor tamaño, como es el caso de los tranques de relave y de riego existentes, para conocer con mayor detalle su estado actual, principalmente en el caso de relaves, dado el gran factor de contaminación presente.

El (2c) diagnóstico en materia ambiental plantea que las principales problemáticas regionales se relacionan tanto con la situación de aridez determinada por la geografía y el clima, como con la presión existente sobre los recursos naturales, especialmente sobre el recurso hídrico, producto del aumento constante de las demandas de agua por parte de diversos usos, que conlleva impactos sobre los diferentes ecosistemas que sostiene el recurso hídrico. Los impactos ambientales de las actividades productivas en la región son importantes e históricos, con pasivos ambientales no catastrado y una deficiencia en la fiscalización de los actuales procesos productivos, principalmente minero, que es el que posee los principales conflictos con las comunidades locales.

En relación al estado actual de la conservación de la biodiversidad regional, se debe reconocer que se ha hecho un esfuerzo por ampliar las áreas de protección en la Región, especialmente con la creación de la Reserva Alto Loa y el trabajo que se está desarrollando para crear la Reserva de Paposos con el fin de resguardar estos ecosistemas particulares y de alto valor característicos de la región de Antofagasta. Sin embargo existen una serie de vacíos que se deben subsanar, como por ejemplo actualizar la Estrategia Regional de Conservación la Biodiversidad, reforzar la protección de áreas necesarias de proteger, estudiar sobre los requerimientos hídricos de los ecosistemas y establecer los caudales ecológicos respectivos.

El (2d) diagnóstico funcional respecto del desempeño institucional (público y privado) muestra la existencia de una serie de deficiencias o limitantes del sistema que deben abordarse para poder realizar con éxito la gestión de los recursos hídricos a nivel regional. En este sentido, se observa un desconocimiento sobre el estado actual de los recursos hídricos en la región, deficiencias legales e institucionales, la limitada capacidad

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

de las organizaciones, la limitada coordinación intra e intersectorial, los limitados mecanismos de comunicación y sistemas de información, y los conflictos territoriales y procesos de participación. Los aspectos considerados como facilitadores del sistema, ya sea porque generan una presión necesaria para que se cumplan las medidas existentes, se encuentran: la ratificación del Convenio 169, la presión y sugerencia de organismos internacionales, el acuerdo general sobre la necesidad de realizar una gestión de recursos hídricos en la región, y el desarrollo del Plan Estratégico.

En relación a (3) identificar los factores más relevantes que limitan, desde la perspectiva del recurso hídrico, el desarrollo productivo regional, claramente son la calidad y la cantidad del recurso, principalmente para la actividad agrícola y las formas de vida en zonas rurales, dado que la actividad minera y el abastecimiento de agua potable urbana, ante la escasez, han procedido al uso del agua de mar, desalada o en su estado natural (en este caso, readecuando sus sistemas productivos).

Entre (4) los factores más relevantes que afectan el patrimonio ambiental o social dentro del territorio regional, son (a) la contaminación ambiental producto de actividades de alto impacto, como la minería, donde la región cuenta con importantes pasivos ambientales y casos de contaminación de relevancia, por ejemplo, Quillagua. El otro factor es la sobre-explotación de los recursos hídricos, que limita el mantenimiento de los ecosistemas que son la base de la subsistencia tanto de las comunidades humanas como del ambiente.

La (5) identificación de capacidades y brechas institucionales, públicas y privadas, relacionadas con la gestión y manejo del recurso hídrico permite determinar 7 tipologías de brechas, entre ellas: (a) brechas legales, (b) brechas político-institucionales (Estado), (c) brechas organizacionales (Comunidad y sector privado), (d) brechas de comunicación y en el acceso a la información, (e) brechas en los procesos de participación, (f) brechas de investigación y (g) brechas de Infraestructura, todas ellas detalladas en el capítulo 10 del presente informe.

Las (6) necesidades existentes se identificaron y levantaron en base a cada una de las brechas planteadas en el párrafo anterior, entendiendo que las brechas corresponden a la distancia que existe entre una situación necesaria de alcanzar para lograr un objetivo y la realidad, y por su parte las necesidades corresponden a las carencias existentes para lograr el objetivo planteado. Así, el logro de abordar y cubrir una necesidad permite disminuir las brechas identificadas.

Como conclusión general, se debe indicar que es totalmente necesario y urgente el desarrollo de un Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos de la Región, pero para ellos se requieren abordar aspectos sumamente relevantes y que serán determinantes para la generación de confianzas y el éxito de la iniciativa:

Debe incorporar, desde sus inicios, a todos los actores relevantes de la región, tanto sector público, privado como comunidades locales, esto, a través de procesos de participación efectivos. En particular, en el caso de las comunidades indígenas, se recomienda su incorporación en el proceso de planteamiento de los términos de referencia para el diseño del plan, para que construyan en conjunto dichos términos de referencia.

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

Realizar estudios específicos que aborden los vacíos de información tanto de la oferta como de la demanda del recurso.

Que existe voluntad política para fortalecer las instituciones públicas regionales, en diversos aspectos, pero principalmente en fiscalización y seguimiento.

### **14.3. CONCLUSIONES DEL PROCESO DE VOCACIÓN PRODUCTIVA**

En paralelo al Diagnóstico se desarrolló el estudio "Vocación Productiva Regional", proyecto que se realizó con el fin de determinar el efecto económico del agua en la región. Los principales resultados de este análisis son los siguientes:

- Se dispone de una modelación matemática que permite caracterizar el efecto del uso del agua en las actividades económicas en la región.
- La modelación muestra que el efecto de la minería es muy importante y el de la agricultura es bastante bajo.
- De los principales resultados que emanan del análisis económico regional es interesante notar que entre el año 1996 y 2010 la población ha aumentado desde 468 mil a casi 581 mil habitantes, mientras que la fuerza laboral lo ha hecho desde 155 mil puestos de trabajo a 258 mil mostrando esta última una tasa de crecimiento bastante más alta que la población, y concentrándose básicamente en los sectores Minería, Comercio y Servicios Personales.
- Las exportaciones de la región si bien se han multiplicado casi por siete (7), desde 4.400 a 28.400 millones de dólares FOB, se destaca que una alta proporción de este aumento proviene de aumentos de precios de los productos mineros y no de grandes cambios en los niveles de producción.
- En relación a su estructura productiva, se destaca la participación de la actividad minera en la región. Entre los años 1996 y el 2010, la minería aumenta su participación desde un **59% a un 66% del PIB regional**. Intuitivamente uno hubiese esperado participaciones aun mayores, dada la cuadruplicación de los precios de venta de los productos de este sector. Lo anterior podría estar significando que el crecimiento minero, sea este en unidades físicas o monetarias, induciría un crecimiento en el resto de los sectores de la economía regional
- Otro de los aspectos relevantes que emanan de los análisis de la MIP Regional dice relación con la autonomía del sistema productivo regional. En esta dirección existen dos preguntas relevantes desde el punto de vista estratégico. Primero, **¿Cuál es la autonomía del sistema productivo en cuanto a los insumos de producción?**, y la segunda, **¿Cuál es su capacidad para servir la demanda interna regional?**
- En relación al sistema de producción se observa para ambos periodos, que de los costos intermedios totales, del orden del 54% de ellos son de

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

origen regional; 31% corresponden a insumos productos provenientes del resto de las regiones del país, y el 15% representan los insumos productivos importados desde el extranjero.

- Y desde la perspectiva del análisis de la oferta y demanda total para la región, los modelos de ajuste económico indican que para la satisfacción de la demanda total de la región, es necesaria una importación equivalente al 45% de la Producción Bruta regional. Gran parte de estas importaciones se concentran en bienes del sector minería (insumos petróleo, combustibles) y de la industria manufacturera.

### **14.4. RECOMENDACIONES PARA LAS SIGUIENTES ETAPAS DEL PLAN ESTRATÉGICO**

#### **14.4.1. Marco de Análisis**

Las políticas o instrumentos públicos no solo deben propender a tener viabilidad política, sino que también a analizar, crear y/o reforzar las capacidades institucionales necesarias para definir y alcanzar los objetivos establecidos. Así Böhmet *Al.* (2007)<sup>11</sup> plantean que para la planificación estratégica, el desarrollo institucional e implementación de políticas e instrumentos públicos, se deben tener conceptos básicos que deben guiar la acción, como por ejemplo:

- La adopción de decisiones y asignación de recursos en función de incentivos que promuevan la eficiencia económica y la equidad social.
- La armonización de las relaciones entre sociedad civil y Estado. Poseer acuerdos básicos.
- Poseer reglas de juego claras orientadas por un marco coherente de principios y valores. Definidas y efectivamente garantizadas por el Estado.
- Generar y/o propender a relaciones autónomas, fundadas en el mérito, en la libertad y en el respeto colectivo de las normas.
- Readecuar, con sentido estratégico, las prácticas y estructuras organizativas del Estado.
- Generar instrumentos que apunten a mayores niveles de transparencia, autonomía y eficiencia en la dirección del Estado.

En la actualidad los gestores públicos se encuentran en un entorno de creciente complejidad de dicha gestión, siendo necesarias nuevas competencias dirigidas a coordinar y dirigir relaciones entre los sistemas económico, político, social, organizacional, administrativo, legal, científico y tecnológico. Es así como deben adoptar

---

<sup>11</sup>Böhm, L., Márquez, P., Poblete, J., Repossi, M. y Reta, R. 2007. Manual de Planificación Estratégica Municipal. Konrad-Adenauer-Stiftung. Buenos Aires, Argentina. 203 p.

## Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta

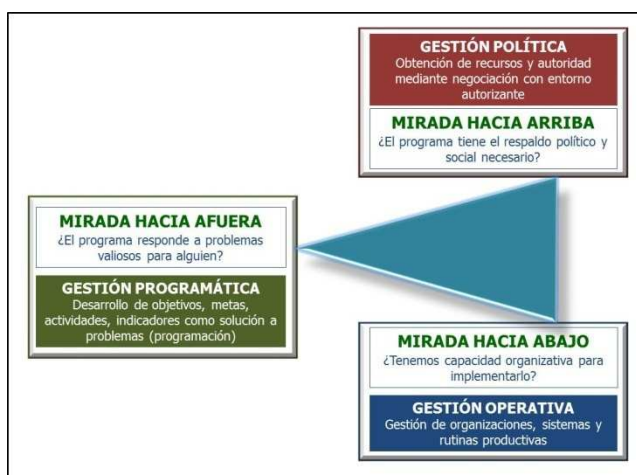
---

estrategias diversas para poder realizar sus funciones, formular e implementar políticas públicas.

Es importante, para la futura formulación del Plan Estratégico, tomar en cuenta los planteamientos de Moore (1999)<sup>12</sup>, más conocidos como el "Triángulo de Moore" (Figura 14.4.1-1), que indican que la formulación de políticas públicas y su implementación deben evaluarse continuamente a través de tres miradas:

- **Mirada hacia fuera**, ya que el instrumento debe ser sustantivamente valiosa, es decir, debe generar valor para los ciudadanos y beneficiarios, debe responder a un problema de reconocimiento público
- **Mirada hacia adentro**, hacia la gestión interna de la institución, es decir, el instrumento debe tener viabilidad administrativa y operativa, permitiendo su realización a través de la estructura organizativa existente y/o con el apoyo de otras organizaciones o la generación de nuevas estructuras o subestructuras (que deben tener sostenibilidad en el tiempo)
- **Una mirada hacia arriba**, debido a que la estrategia debe estar legitimada por el entorno autorizante y ser políticamente sostenible, siendo capaz de atraer continuamente a la autoridad y los recursos monetarios

**FIGURA 14.4.1-1  
TRIÁNGULO DE MOORE**



**Fuente:** Elaboración propia a partir de Moore (1999)

Estas tres miradas son fundamentales para la generación de políticas e instrumentos públicos, ya que su análisis y abordaje permiten conocer el entorno en que se desenvuelven y la capacidad institucional para la implementación, lo que Rosas

---

<sup>12</sup> MOORE, M.H. 1999. Gestión estratégica y creación de valor en el sector público. Buenos Aires: Paidós.



## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

(2008)<sup>13</sup> plantea como la Capacidad Política y la Capacidad Administrativa. La toma de decisiones, en este contexto pasa a tener un rol fundamental en la gestión pública a todo nivel, siendo la mayor dificultad que enfrenta el gran número de alternativas existentes para una misma acción, sumado a un igual número de urgencias, presiones de toda índole, a un número importante de necesidades, incentivos e incluso expectativas internas y externas.

El análisis de otros actores, ligados al tema ambiental y principalmente del cambio climático, sigue la misma línea de Moore, indicando que los factores que inciden en la construcción de capacidad institucional corresponden:

- Al reconocimiento del tema como un problema público prioritario, es decir, el reconocimiento público del problema (Mirada hacia afuera).
- Los recursos humanos que posee la institución para llevar a cabo las acciones, instrumentos y políticas planteadas, ya sea para el diseño como para la coordinación de acciones y evaluación de resultados (Mirada hacia adentro).
- En nivel de reconocimiento, validación y legitimidad de la autoridad institucional, siendo un factor importante que permite mejorar las habilidades de la organización, contribuyendo a alcanzar los objetivos (Mirada hacia arriba).
- La cooperación y coordinación que la institución establece con otras organizaciones (públicas, privadas, académicas, de la sociedad civil, entre otros) para atender el tema (Mirada hacia adentro).
- Los recursos económicos asignados para atender el tema es fundamental para una buena implementación (Mirada hacia arriba). El poseer los instrumentos pero no el presupuesto necesario limita en un gran porcentaje la posibilidad de alcanzar los objetivos.
- La participación social es fundamental, ya que el éxito de las políticas principalmente enfocadas al tema ambiental, requiere aceptación y entendimiento del problema y las soluciones, por lo cual incluir a la ciudadanía en el diseño, implementación y/o evaluación de los programas y políticas, según los expertos en el tema, es fundamental (Mirada hacia afuera).

### **14.4.2. Proceso de Diseño del Plan**

Como se indicó en la conclusión, la generación del Plan Estratégico es urgente y necesaria, pero se requieren condiciones básicas, sumamente relevantes en el contexto regional, donde existen vacíos de información, impactos de importancia sobre el medio ambiente y los recursos hídricos y finalmente un nivel de desconfianza importante de la comunidad hacia la institucionalidad pública y el sector privado, principalmente minero.

---

<sup>13</sup> Rosas, A. 2008. Una ruta metodológica para evaluar la capacidad institucional. Revista Política y Cultura, otoño 2008, número 30, pp. 119-134.

#### **14.4.2.1. Aspectos a Considerar**

##### **A) Proceso de Participación Ciudadana**

Será fundamental la incorporación, desde los inicios, a todos los actores relevantes de la región, tanto sector público, privado como comunidades locales, esto, a través de procesos de participación efectivos.

Esto se fundamenta en que, dado el nivel de conflicto y desconfianza, es importante abordar el trabajo con las comunidades a partir de los postulados de la resolución adaptativa de conflictos ambientales (Rojas *et Al.*, 2008)<sup>14</sup>, es decir, buscando que las comunidades tengan:

- El acceso transparente, oportuno y equitativo a la información.
- Simetría en las relaciones de poder durante las negociaciones.
- Reconocimiento y respeto de las diferencias en valores y puntos de vista.
- Resguardo de la integridad del ecosistema y restauración de los efectos negativos sobre la biodiversidad.
- Fortalecimiento de la autoridad democrática del Estado en base a su autoridad moral y técnica (autoridad y legitimidad de los órganos democráticos del Estado).
- Mejoramiento de las habilidades de negociación y creatividad de las organizaciones sociales
- Fortalecimiento de las redes sociales de las comunidades involucradas
- Fortalecimiento de las capacidades tecnológicas de las empresas y las instituciones.

##### **B) Proceso de Consulta Indígena**

En el caso de las comunidades indígenas, y siguiendo la línea de la sección anterior, se recomienda su incorporación en el proceso de planteamiento de los términos de referencia para el diseño del plan, para que construyan en conjunto dichos términos de referencia.

Una de las formas de abordarlo es que, se generen instancias y mesas de participación con las comunidades indígenas, seguramente los dirigentes de dichas comunidades, generando acuerdos sobre las metodologías a utilizar en el diseño del plan,

---

<sup>14</sup>A. Rojas, B. Reyes, L. Magzul, E. Schwarz, R. Bórquez, D. Jara. 2008. Aguas de la Vida. Manual de Apoyo para la Resolución de Conflictos Socioambientales. Universidad de Regina, Canadá, Universidad de British Columbia, Canadá, Instituto de Ecología Política, Universidad de La Serena.

## **Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**

---

donde ellos se sientan considerados y en igualdad de condiciones. El incorporarlos en ese proceso, donde son parte importante de la generación de los términos de referencia, generará mayor grado de confianza, más aun si se considera que uno de los reclamos iniciales que plantearon durante el desarrollo del diagnóstico es que no les consultaran los términos de referencia del presente estudio.

### **C) Voluntad Política**

Fundamental también será la voluntad política para fortalecer las instituciones públicas regionales, en diversos aspectos, pero principalmente en fiscalización y seguimiento. La no generación de acciones concretas relacionadas con este aspecto, pueden hacer que el Plan sea letra muerta o no implementable.

### **D) Vacíos de Información**

Otro aspecto que no puede estar ausente en el diseño del plan es la realización de estudios específicos que aborden los vacíos de información tanto de la oferta como de la demanda del recurso, para que las decisiones se puedan tomar en base a la mejor información existente.

### **E) Evaluación Ambiental Estratégica**

Centrar el trabajo en la evaluación ambiental estratégica<sup>15</sup>.

Los elementos que deben considerarse son que:

La EAE es un proceso sistemático y proactivo para identificar, analizar y considerar la dimensión ambiental de una propuesta de política, plan o programa para asegurar que es tenida en cuenta en los procesos de decisión

La EAE se entiende como una parte integral e integrada de este proceso de decisión, empezando en la primera fase de formulación de la propuesta y finalizando con un informe de la medida en que la decisión ha incorporado su dimensión ambiental

Elementos permanentes de este enfoque incluyen identificar efectos medioambientales a escalas estratégicas, apoyar a construir la decisión proponiendo alternativas ambientalmente sostenibles e informar de los resultados de la EAE a la opinión pública

El diálogo interinstitucional y con la ciudadanía constituye un aspecto estructurante de los procesos de EAE, como una garantía de su efectividad

---

<sup>15</sup>Procedimiento realizado por el Ministerio Sectorial respectivo, para que se incorporen las consideraciones ambientales del desarrollo sustentable, al proceso de formulación de las políticas y planes de carácter normativo general, que tengan impacto sobre el medio ambiente o la sustentabilidad, de manera que ellas sean integradas en la dirección de la respectiva política y plan y sus modificaciones sustanciales" Ley N° 19.300 (y sus posteriores modificaciones), sobre Bases Generales del Medio Ambiente, Artículo 1, letra i bis)

#### **14.4.2.2. Propuesta del Proceso de Diseño**

En términos generales se plantea un trabajo basado en la experiencia del “Plan de Gestión del Distrito de Cuenca Fluvial de Cataluña”, que constituyó un ejemplo importante de proceso de participación de actores relevantes, dado las características del proceso.

Se propone realizar un trabajo inicial de dos fases, una primera fase, por sector, por ejemplo: sector público, sector minero, sector sanitario, sector agrícola, sector comunitario. Cada sector analizaría por separado los diversos componentes, los propuestos son:

- Agua
- Medio ambiente y contaminación
- Conservación de ecosistemas
- Territorios indígenas
- Desarrollo productivo regional

Luego, una segunda fase, por mesa temática, en base a los componentes anteriores, donde se analizarían primero los consensos y disensos entre los sectores, luego las líneas de acción por componente y las medidas necesarias para abordar el componente, las cuales se analizan, primero, indicando las instituciones que deben abordar la temática, y segundo, analizar la información generada en base al triangulo de Moore, es decir, haciendo que cada mesa temática analice:

- **Mirada hacia adentro**, cuales son los requerimientos de gestión interna de la institución que requiere dicha acción, que modificaciones deben realizarse para que el instrumento tenga viabilidad administrativa y operativa, permitiendo su realización a través de la estructura organizativa existente y/o con el apoyo de otras organizaciones o la generación de nuevas estructuras o subestructuras (que deben tener sostenibilidad en el tiempo)
- **Mirada hacia afuera**: si los instrumentos son sustantivamente valiosa para los ciudadanos y beneficiarios, debe responder a un problema de reconocimiento público
- **Una mirada hacia arriba**, analizar si existe voluntad política para realizar las acciones, si es políticamente sostenible, si se necesitan cambios mayores, por ejemplo, normativos y que recursos monetarios son necesarios

Este trabajo permitirá tener la base para la acción y planteamiento del plan, fundamental para el diseño definitivo del plan.

Las acciones posteriores emergerán del trabajo interno y de la experiencia de otros países, pudiendo presentarse, en dicha instancia, las diversas alternativas existentes.