

**GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO Y LA MINERÍA
EN CHILE**
Diagnóstico para Mesa Público-Privada Nacional

Junio, 2007

Elaborado por COCHILCO

CONTENIDOS

1	<u>ANTECEDENTES.....</u>	<u>3</u>
2	<u>DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA</u>	<u>4</u>
2.1	UNA OFERTA DEL RECURSO ESCASA E INCIERTA.....	4
2.2	UNA DEMANDA CRECIENTE POR EL RECURSO	5
2.3	RESULTADO DE BALANCE OFERTA-DEMANDA: CUENCAS CRÍTICAS Y OPERACIONES MINERAS	10
2.4	MARCO INSTITUCIONAL Y LEGAL.....	10
3	<u>LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DISPONIBLE Y EN VÍAS DE GENERACIÓN .</u>	<u>15</u>
3.1	DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA).....	15
3.1.1	INFORMACIÓN DE BASE	15
3.1.2	ESTUDIOS ESPECÍFICOS PARA LA GESTIÓN ESTRATÉGICA DEL RECURSO	16
3.2	SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA (SERNAGEOMIN)	17
3.2.1	ESTUDIOS EN EJECUCIÓN	17
3.2.2	ESTUDIOS EN CARPETA PARA OBTENCIÓN DE FINANCIAMIENTO	18
3.3	COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CONAMA)	18
3.3.1	SEIA	19
3.3.2	ESTRATEGIA NACIONAL DE CUENCAS.....	19
3.4	COMISIÓN CHILENA DEL COBRE (COCHILCO).....	21
3.5	OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN	21
4	<u>RECOPIACIÓN DE CONFLICTOS, INICIATIVAS EN CURSO Y TEMAS EN DISCUSIÓN.....</u>	<u>23</u>
4.1	CONFLICTOS.....	23
4.2	MESAS DEL AGUA.....	24
4.3	DESALINIZACIÓN COMO ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA ENFRENTAR LA ESCASEZ DE AGUA	26
4.4	SWAPS	27
4.5	OTRAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS	28
5	<u>REFLEXIONES.....</u>	<u>29</u>
6	<u>ANEXO 1: REUNIONES.....</u>	<u>31</u>
7	<u>ANEXO 2: ESTUDIOS.....</u>	<u>32</u>
8	<u>ANEXO 3: LISTADO DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA</u>	<u>39</u>

1 ANTECEDENTES

El 18 de abril de 2007, se convocó la Mesa Público-Privada Nacional¹ con el objetivo de abordar la problemática del recurso hídrico, con especial atención a su relación con la actividad minera.

Como primer paso, la Mesa concordó realizar, con la coordinación de COCHILCO, un informe incluyendo un levantamiento de la información actualmente disponible, una compilación de iniciativas en curso por parte de distintos organismos, un catastro preliminar de conflictos, y la identificación de posibles sinergias, con miras a consensuar un diagnóstico integrado que permita abordar, en una segunda fase, la problemática del recurso hídrico en el futuro inmediato a partir de la elaboración de una Hoja de Ruta.

El presente documento contiene la primera versión del informe acordado, preparado por COCHILCO para análisis y evaluación por parte de la Mesa.

Cabe hacer presente que el levantamiento de la información disponible no contempla realizar un análisis en detalle de los datos primarios existentes, tarea de mayor envergadura que excede el alcance de este informe.

¹ Esta Mesa Público-Privada es presidida por la Ministra de Minería. Participan también la Ministra de Medio Ambiente, el Ministro de Obras Públicas, la Subsecretaría de Minería, el Director General de Aguas, el Vice-Presidente de COCHILCO y el Director Nacional de SERNAGEOMIN. La representación del sector privado radica en el Presidente del Consejo Minero y en el Segundo Vice-Presidente y Gerente General de SONAMI.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

2.1 Una oferta del recurso escasa e incierta

Existe consenso en que en las regiones I², II y III se enfrenta un problema de disponibilidad del recurso hídrico. Este déficit amenazaría la sustentabilidad de todas las actividades productivas (agricultura, minería y otras industrias) como también al consumo en asentamientos humanos.

Existen opiniones convergentes acerca de que la situación es particularmente dramática en la tercera región. Según Golder Associates (2006)³, a partir de los balances hídricos de la Cuenca del Río Copiapó *“los niveles freáticos del acuífero se deprimen progresivamente y sólo durante los años de precipitaciones abundantes se recuperarían parcialmente los niveles de agua almacenada en ellos. Si se mantienen las condiciones hidrogeológicas de los últimos 30 años y las actuales tasas de extracción, los niveles de agua almacenada seguirán bajando progresivamente en un proceso cada vez más rápido”*.

Si bien la existencia de un déficit hídrico en el norte del país no parece estar en cuestión, esta afirmación es en general una apreciación que surge de la ocurrencia efectiva de problemas en la gestión del recurso más que de la cuantificación precisa de la disponibilidad de agua en las cuencas del norte del país.

Durante la preparación de este documento, no se encontró información sistematizada y completa sobre disponibilidad de agua en el norte de Chile. Sí fue posible constatar que hay una serie de iniciativas de generación de información por parte de organismos públicos y empresas privadas, pero son esfuerzos inorgánicos que responden a necesidades puntuales por lo que no entregan una visión holística de la disponibilidad del recurso.

También fue posible constatar que existe consenso sobre la necesidad de integrar toda la información que se ha generado, y que asimismo, se han realizado esfuerzos por avanzar en esta línea. Sin embargo, no se encontró ninguna iniciativa que haya resultado exitosa, por lo que la necesidad identificada permanece insatisfecha.

² Recientemente se creó la (XV) incorporando parte del territorio de la Región de Tarapacá (I). Se aclara que en el presente documento, hay ocasiones en que no es posible presentar la información separadamente para la región Región Arica-Parinacota por no encontrarse ésta disponible. En los casos en que no se hace mención explícita a la región XV, su información se está considerando en forma conjunta con la región I.

³ Estudio “Diagnóstico de los recursos hídricos de la Cuenca del Río Copiapó y Proposición de un Modelo de Explotación Sustentable” encargado por CORPROA en Julio de 2006.

Una experiencia interesante, aunque puntual, en esta línea lo constituye el estudio *“Diagnóstico de los recursos hídricos de la Cuenca del Río Copiapó y Proposición de un Modelo de Explotación Sustentable”* (Golder Associates, 2006) en que utilizando información procedente de informes realizados por diversos organismos públicos (DGA, SERNAGEOMIN, SAG, CNR, CIREN, INE), se elabora un balance general de aguas subterráneas de largo plazo para la Cuenca del río Copiapó. Como resultado, se indica que a las tasas de extracción por bombeo indicadas por la DGA (año 2003), se está reduciendo el volumen almacenado en el acuífero en un monto de 110,4 Mm³/año.

Este trabajo de integración de información disponible a partir de distintas fuentes también podría poner en evidencia inconsistencias que pueden ser muy relevantes. Por ejemplo, el señalado estudio de Golder Associates indica que el volumen total de agua embalsada en el acuífero se estima en 5.270 Mm³/año según información de la DGA (2003). Sin embargo, también constata que SERNAGEOMIN (1999) estima este volumen en 1.222 Mm³/año considerando un espesor medio saturado de 65 m de profundidad.

En una tarea de integración de información disponible, la detección de aparentes inconsistencias, como la señalada en el ejemplo, demanda recursos para ser adecuadamente despejadas en función de criterios consensuados.

Ciertamente, en virtud de las competencias que posee, la Dirección General de Aguas es el organismo que cuenta con la mayor cantidad de información del recurso hídrico. Sin embargo, esta información al no gestionarse en forma centralizada, actualmente no permite obtener fácilmente una visión completa de la disponibilidad de agua en el país. Aún más, tampoco resulta fácil dimensionar la disponibilidad hídrica en una cuenca o delimitación geográfica determinada.

Atendiendo esta debilidad, la DGA realizó una estimación acerca del costo que significaría levantar la información necesaria para contar con el conocimiento adecuado que permita estandarizar la asignación de derechos de aprovechamiento siguiendo procedimientos establecidos. Estimó que en áreas donde no se cuenta con información relevante, el costo de levantar información se aproxima a US\$ 2.500 por km². Por otra parte, en áreas donde existe información y sólo se requiere complementarla, el costo bordearía los US\$ 300 por km². De este modo, la DGA estima que el costo total de levantar la información necesaria para las regiones XV, I, II y III bordearía los 84 millones de dólares.

2.2 Una demanda creciente por el recurso

El agua es esencial para la vida y las actividades productivas. Los usuarios del recurso corresponden a los sectores agua potable, agropecuario, minero, industrial y otros. A diferencia de lo señalado para el caso de la disponibilidad del recurso (oferta), las necesidades de agua cuentan con mayor nivel de estudio.

La DGA se encuentra próxima a publicar un estudio en que se presenta una estimación del uso actual de agua por parte de los distintos sectores, a la vez que incluye una proyección de este consumo a 10 y 25 años plazo. El cuadro siguiente presenta los resultados de esta estimación llevada a cabo por la DGA.

Cuadro 1: Caudal por uso total regiones I a IV. Uso actual y proyección a 10 y 25 años.

Región I	Actual		10 años		25 años	
	Caudal por uso (m3/s)	%	Caudal por uso (m3/s)	%	Caudal por uso (m3/s)	%
Agropecuario	8,926	53,7%	8,910	52,0%	8,910	45,4%
Agua Potable	1,698	10,2%	2,855	16,7%	3,550	18,1%
Industrial	1,680	10,1%	0,560	3,3%	0,560	2,9%
Minero	3,665	22,1%	4,163	24,3%	5,936	30,2%
Otros	0,643	3,9%	0,655	3,8%	0,670	3,4%
	16,612	100%	17,142	100%	19,625	100%

Región II	Actual		10 años		25 años	
	Caudal por uso (m3/s)	%	Caudal por uso (m3/s)	%	Caudal por uso (m3/s)	%
Agropecuario	3,309	14,4%	3,304	12,4%	3,304	9,2%
Agua Potable	0,857	3,7%	1,506	5,7%	2,646	7,3%
Industrial	1,294	5,6%	0,750	2,8%	1,074	3,0%
Minero	15,259	66,3%	18,772	70,5%	26,779	74,2%
Otros	2,283	9,9%	2,279	8,6%	2,281	6,3%
	23,001	100%	26,610	100%	36,084	100%

Región III	Actual		10 años		25 años	
	Caudal por uso (m3/s)	%	Caudal por uso (m3/s)	%	Caudal por uso (m3/s)	%
Agropecuario	12,033	72,9%	12,688	61,8%	12,688	52,1%
Agua Potable	0,718	4,3%	1,147	5,6%	1,290	5,3%
Industrial	0,518	3,1%	1,029	5,0%	2,822	11,6%
Minero	1,649	10,0%	4,183	20,4%	6,057	24,9%
Otros	1,592	9,6%	1,473	7,2%	1,474	6,1%
	16,510	100,0%	20,521	100%	24,331	100%

Región IV	Actual		10 años		25 años	
	Caudal por uso (m3/s)	%	Caudal por uso (m3/s)	%	Caudal por uso (m3/s)	%
Agropecuario	27,194	77,2%	33,236	77,2%	33,236	70,8%
Agua Potable	0,649	1,8%	1,818	4,2%	2,350	5,0%
Industrial	0,250	0,7%	0,387	0,9%	0,742	1,6%
Minero	1,770	5,0%	2,262	5,3%	5,290	11,3%
Otros	5,347	15,2%	5,323	12,4%	5,323	11,3%
	35,211	100%	43,026	100%	46,942	100%

Fuente: Estudio preliminar DGA: " Actualización de la situación del uso actual y futuro de los recursos hídricos. Zona Norte, Regiones I a IV. Cifras en revisión.

El Cuadro 1 muestra situaciones de competencia por consumo de agua que son distintas según la región que se trate. En la I región, el uso agropecuario es predominante seguido bastante por detrás por el consumo minero. Esto se invierte completamente en la región II donde el sector minero es responsable actualmente por el uso de dos tercios del total de agua. En las regiones III y IV, el predominio del uso agropecuario del agua es evidente.

Un segundo aspecto interesante del estudio de la DGA lo constituye la proyección de consumo de agua en el tiempo. Desafortunadamente, el informe al que tuvo acceso COCHILCO (Resumen Ejecutivo del estudio) no indica los aspectos metodológicos involucrados en la proyección. En todo caso, sobre la base de los resultados presentados en el Cuadro 1, hay dos hechos a destacar. Primero, el aumento total en la demanda de consumo en todas las regiones lo que adicionaría presión a un sistema que ya se encuentra muy estresado. Segundo, la declinación de los usos agropecuarios en todas las regiones y el aumento proyectado para el caso de la minería. Esta situación se ve particularmente acentuada en el caso de la III región.

Cabe señalar que la DGA ha planteado que este estudio debe ser considerado sólo como punto de partida para conducir una discusión de las cifras estimadas a nivel regional con miras a consensuar una proyección con todos los actores involucrados.

En la minería el agua es usada principalmente como medio de transporte en los dos procesos metalúrgicos aplicados:

- Flotación - transporte de residuos y mineral
- Lixiviación - transporte del ácido y de la solución enriquecida

El agua es también utilizada en los procesos de molienda, en la flotación misma, abatimiento de polvo, instalaciones sanitarias y agua potable.

Según estimaciones de la DGA, en el año 2000 el consumo hídrico en minería alcanzó los 1.238.356 m³/día. En base a esta información, el organismo calculó los consumos promedio de agua por mineral tratado y por producción de cobre fino. El Cuadro 2 presenta los resultados de estas estimaciones.

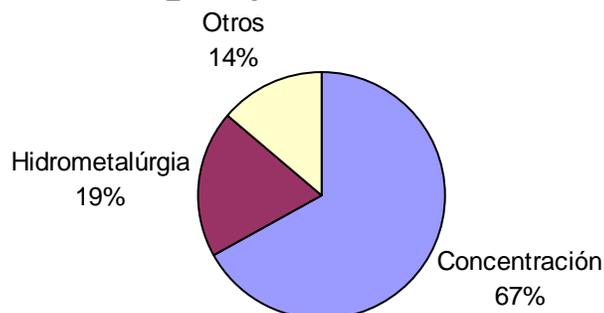
Cuadro 2: Consumos Promedio de Agua en la Minería Nacional por Mineral Tratado y por Producción de Cobre Fino en el año 2000

Planta	Mineral tratado	Consumo de agua	Consumo Unitario	
	tpd	m3/día	m3/ton mineral	lt/kg Cu fino
Concentradora	838.266	826.699	0,99	
Hidrometalúrgia	830.224	235.288	0,28	
Otros	---	173.369	0,10	
Total	1.668.490	1.238.356	0,75	97,30

Fuente: Documento: Uso Eficiente de Aguas en la Industria Minera y Buenas Prácticas, elaborado dentro del Acuerdo Marco Producción limpia de la Gran Minería, Buenas Prácticas y Gestión Ambiental, noviembre 2002.

En la Figura 1 se muestra la distribución del consumo de agua en la minería chilena al año 2000. Se observa que las plantas concentradoras son las mayores consumidoras, seguidas por las plantas hidrometalúrgicas.

Figura 1: Distribución a nivel Nacional del consumo de agua en minería según tipo de Proceso



Fuente: Documento: Uso Eficiente de Aguas en la Industria Minera y Buenas Prácticas, elaborado dentro del Acuerdo Marco Producción limpia de la Gran Minería, Buenas Prácticas y Gestión Ambiental, noviembre 2002.

Las empresas mineras pertenecientes al Consejo Minero elaboran reportes de sustentabilidad⁴ sobre la base de las Guías para Reportes de Sustentabilidad (Sustainability Reporting Guidelines) de la Iniciativa Global de Reportes (Global Reporting Initiative (GRI))⁵. Dentro de los Indicadores de Desempeño Ambiental, contemplados en la Guía, se encuentran los ítems de materias primas, energía,

⁴ Los reportes de sustentabilidad se realizan sobre la base de antecedentes verificables, en los que se expone de manera pública, transparente y sistemática el desempeño ambiental, social y económico de una empresa.

⁵ Las Guías del GRI, son un centro oficial de colaboración con el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas y son las únicas validadas internacionalmente para la elaboración de reportes de Desarrollo Sustentable, permitiendo estandarizar la información entregada y hacerla comparable tanto entre empresas como entre diferentes períodos de tiempo. Fuente:www.globalreporting.org.

agua, biodiversidad, emisiones-vertidos y residuos, proveedores, productos-servicios, cumplimiento y transporte. En el Cuadro 3 se presentan los Indicadores de Desempeño Ambiental relacionados con el agua.

Cuadro 3: Indicadores de desempeño ambiental relacionados al recurso hídrico

Indicador Desempeño Ambiental	Indicadores centrales	Indicadores adicionales
Agua	EN5. Consumo total de agua.	EN20. Fuentes de agua y ecosistemas/hábitat afectados de manera significativa por el consumo del agua. Han de incluirse los humedales de la Lista Ramsar y la contribución general a las tendencias ambientales. EN21. Extracción anual de aguas subterráneas y superficiales como porcentaje de la cantidad anual renovable de agua, disponible en las fuentes. Ha de desglosarse por región. EN22. Cómputo total de reciclaje y reutilización de agua. Han de incluirse las aguas residuales y otros tipos de agua utilizados (por ejemplo, el agua de refrigeración)
Emisiones, vertidos y residuos	EN12. Vertidos al agua de importancia, por tipo. EN13. Vertidos de sustancias químicas, aceites y combustibles de importancia. La importancia se refiere tanto al tamaño del vertido como al impacto causado en el entorno.	

Fuente: Suplemento GRI del Sector de Minería y Metales Versión piloto 1.0, Global Reporting Initiative (GRI) Febrero 2005.

El Consejo Minero comprometió compilar estos indicadores de desempeño ambiental de parte de sus empresas socias para incorporarlos en este diagnóstico. A la fecha actual, no se ha recibido esta información.

2.3 Resultado de balance oferta-demanda: cuencas críticas y operaciones mineras

El Consejo Minero identifica ocho cuencas que califica como críticas respecto a la situación del recurso hídrico⁶. En el Cuadro 4 se indican las cuencas señaladas por el Consejo Minero a la vez que se presentan las principales operaciones mineras ubicadas en ellas, las que COCHILCO identificó en base al cruce de mapas disponibles.

Cuadro 4: Cuencas críticas y principales operaciones mineras

Región	Cuenca	Principales operaciones mineras
Región I	Salar de Huasco Sistema Michincha-Coposa (Altiplánicas)	Collahuasi Quebrada Blanca
Región II	Río Loa Salar de Atacama	El Abra División Codelco Norte SQM Sociedad Chilena del Litio Gaby, Zaldívar y Escondida
Región III	Río Copiapó Río Huasco	Candelaria Proyecto Caserones Sociedad Punta del Cobre Proyecto Pascua Lama
Región IV	Río Choapa Río Limarí	Los Pelambres Andacollo

2.4 Marco institucional y legal

El marco institucional en relación al tema hídrico resulta como consecuencia directa de los siguientes elementos:

- a. La legislación reconoce la dimensión económica del recurso hídrico, fundado en su condición de escasez. En conformidad a ello, las regulaciones de las aguas están caracterizadas por los siguientes elementos:
 - Aún cuando las aguas son bienes nacionales de uso público⁷, se concede a los particulares el derecho de aprovechamiento sobre las mismas. Dicho derecho es un bien jurídico definido como un derecho real, cuyo titular puede usar, gozar y disponer de él, como cualquier otro bien susceptible de apropiación privada y tiene una protección jurídica similar.

⁶ Información proporcionada en reunión sostenida el 23 de abril de 2007, en dependencias del Consejo Minero.

⁷ Aquellos cuyo dominio pertenece a la nación toda y su uso corresponde a todos los habitantes de la nación.

- El derecho de aprovechamiento es un bien principal y ya no accesorio a la tierra o industria para los cuales hubiera estado destinada, de modo que se puede transferir separadamente del terreno.
 - No existen prioridades entre los diversos usos para el otorgamiento de nuevos derechos.
- b. Se entregan las decisiones de inversión y desarrollo a la iniciativa privada. También es tarea de los privados, estructurados en organismos de usuarios, la distribución de los recursos hídricos de acuerdo a los derechos de cada cual y la mantención de las obras de aprovechamiento común. Esta labor la realizan las Juntas de Vigilancia, las Asociaciones de Canalistas y las Comunidades de Agua, organismos autónomos de los usuarios, de larga tradición en el país y que tienen atribuciones para organizar y hacer efectiva la operación de los sistemas, incluyendo el cobro de tarifas.
- c. Estado asume rol subsidiario, orientando su acción a las tareas normativas y reguladoras, de protección ambiental (i.e. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y Normas Ambientales), de promoción de la equidad social, de fomento y de desarrollo.

La legislación chilena contempla una diversidad de órganos de la Administración del Estado con competencias en materia de recursos hídricos. La DGA, juega un rol clave en la administración del recurso en el marco señalado, pues entre sus atribuciones se cuenta: (i) Planificar el desarrollo del recurso en las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento; (ii) Investigar y medir el recurso. Para ello debe: a) Mantener y operar el servicio hidrométrico nacional, y proporcionar y publicar la información correspondiente; b) Encomendar a empresas u organismos especializados los estudios e informes técnicos que estime conveniente y la construcción, implementación y operación de las obras de medición e investigación que se requiera; c) Propender a la coordinación de los programas de investigación que corresponda a las entidades del sector público y a las privadas que realicen esos trabajos con financiamiento parcial del Estado; (iii) Ejercer la policía y vigilancia de las aguas en los cauces naturales de uso público e impedir que en éstos se construyan, modifiquen o destruyan obras sin la autorización del Servicio o autoridad a quien corresponda aprobar su construcción o autorizar su demolición o modificación; y (iv) Supervigilar el funcionamiento de las juntas de vigilancia, de acuerdo con lo dispuesto en Código de Aguas.

El Código de Aguas data de 1981 y fue reformado, luego de 13 años de debate en el Parlamento, en el año 2005. Los principales objetivos de la modificación apuntaron a que las aguas estén disponibles para quienes tienen proyectos para utilizarlas, como también la de mejorar el mecanismo de asignación de derechos de aguas. Además se dispuso la asignación de derechos por caudales efectivamente requeridos; el registro de derechos de agua existentes; la protección del medio ambiente asociado a los recursos hídricos; el fortalecimiento de las organizaciones de usuarios del agua y nuevas atribuciones a la autoridad para realizar una mejor gestión del recurso.

Uno de los cambios más importantes fue el establecimiento de una patente por no uso del agua, para desincentivar el acaparamiento y la especulación. Esta patente se cobra en los casos en que no existan obras de captación de aguas y se rige por una tabla diferenciada por zonas, ya que el agua hacia el norte del país es más escasa y por tanto más cara.

De acuerdo a lo informado por el Director General de Aguas, son seis mil trescientos millones de pesos (más de 12 millones de dólares) los que se espera recaudar en 2007 por concepto de derechos de aprovechamiento de aguas, superficiales y subterráneas, que no se están utilizando⁸. Esto afecta a cerca de mil personas naturales y jurídicas. El no pago de tal patente implica su remate público y la devolución de las aguas al Estado para su otorgamiento. Según informaciones de prensa⁹, ENDESA es la empresa que debiera pagar el monto más alto (cerca de 4 millones de dólares). Empresas mineras como Collahuasi, CODELCO y Los Pelambres también están sujetas a pago de patente por no uso pero los montos no exceden los 100 millones de pesos.

Asimismo, para promover un acceso competitivo al aprovechamiento del recurso se perfeccionó el mecanismo de remate vigente cuando existe más de un interesado en obtener la misma asignación y no existen recursos para satisfacer ambas solicitudes.

La reforma también estableció la obligación de presentar una memoria explicativa para todas las solicitudes que ingresen en la que se justifique (a partir de cierto caudal) el uso que le dará al agua. En concordancia con lo anterior, se faculta a la autoridad para poder limitar una petición si no existe correspondencia entre lo solicitado y el uso que se pretender efectuar.

Del mismo modo, es relevante la facultad que permite a la DGA limitar la entrega de derechos, para asegurar la mantención de caudales ecológicos, así como también el establecimiento de condiciones a la entrega de nuevos derechos de agua con el propósito de resguardar el medio ambiente asociado al recurso hídrico.

Adicionalmente, el cuerpo legal entregó nuevas atribuciones a la DGA ante eventos críticos como la sequía y la posibilidad de sancionar la extracción ilegal de agua en los cauces naturales, así como impedir la realización de obras que no estén debidamente autorizadas.

La modificación facilitó los pasos requeridos para la constitución de las organizaciones de usuarios y permitió la entrega de personalidad jurídica a las comunidades de aguas.

⁸ El particular o empresa puede renunciar al derecho o bien pagar el monto de la patente hasta que haya desarrollado un proyecto concreto, ocasión en la que puede recuperar el dinero pagado. Esta patente duplica su valor a los 5 años y lo cuadruplica pasados 10 años sin la existencia de un proyecto asociado a las aguas.

⁹ Diario Financiero, 10 de mayo de 2007.

Otro elemento de la modificación fue facilitar la regularización de la extracción de aguas subterráneas por hasta 2 litros por segundo por solicitud, para las Regiones Primera a Metropolitana, ambas inclusive y hasta 4 litros por segundo en el resto de las Regiones, sobre captaciones que hayan sido construidas antes del 30 de junio de 2004. El plazo último para la presentación de solicitudes expiró el 16 de junio de 2006.

Según información proporcionada por la DGA, se recibieron 50.000 solicitudes de regularización que equivalen a 100 m³/seg. La aprobación de las solicitudes ha significado una gran carga de trabajo para el servicio que superó largamente lo esperado.

A pesar del importante avance que significó la modificación del Código de Aguas en 2005, durante el período de realización del presente diagnóstico fue posible tomar conocimiento de algunos aspectos jurídico-institucionales que son materia de preocupación.

Uno de estos temas claves es la fiscalización para evitar la extracción ilegal del agua. La DGA tiene facultades fiscalizadoras. Sin embargo, las limitaciones presupuestarias impiden que la fiscalización tenga la cobertura necesaria y se termina actuando sólo ante denuncias de irregularidades puntuales. Asimismo, se reconoce la necesidad de realizar un trabajo conjunto con el Ministerio Público tal que se asegure una adecuada configuración del tipo penal de las usurpaciones de agua, como también la adecuada participación de los funcionarios de la DGA en los eventuales juicios orales que ocurran.

El tema indígena es otra cuestión que requiere atención particular. En el año 1992, el Gobierno introdujo, como una medida de protección de las vegas y bofedales, una modificación a los artículos 58 y 63 del Código de Aguas en el sentido de prohibir la exploración y explotación de aguas subterráneas en los acuíferos alimentadores de las vegas y bofedales de la I y II Región, que son el sustento de las actividades agroganaderas y de sobrevivencia de las comunidades andinas.

A partir de 1993, la DGA comenzó a realizar estudios para identificar y ubicar áreas de vegas y bofedales y delimitar sus acuíferos alimentadores dictando, en 1996, la Resolución N° 909 que prohibió la exploración y explotación de las aguas subterráneas antes mencionadas. En el año 1997 se firmó entre CONADI y la DGA el convenio para la protección, constitución y restablecimiento de los derechos de agua de propiedad ancestral de las comunidades aymará y atacameñas.

Según información proporcionada por el Departamento Jurídico de CONADI Atacama, de las diez “áreas de desarrollo indígena” previstas por la Ley N° 19.253 Indígena, sólo funcionan las dos de la II Región: la de Alto el Loa y la de San Pedro de Atacama. Ambas son presididas por la Intendencia y participan en ellas los servicios públicos competentes – DGA, Bienes Nacionales Seremis de Obras

Públicas y de Minería, CONAF, Municipalidades, SENCE – y por el sector minero privado, entre otras, la Sociedad Chilena del Litio, Escondida, Soquimich; Codelco y El Abra.

Estas “áreas de desarrollo indígena” canalizan la inversión público privada hacia el mundo indígena y dentro de su quehacer está incorporado el tema de los recursos hídricos. Durante la elaboración de este informe, se pudo conocer una disconformidad de las comunidades indígenas respecto a la falta de antecedentes cuando se presentan solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas, como también, respecto del escaso espacio de participación que se les proporciona.

Por último, cabe hacer mención a otro aspecto relevante que se deriva del actual marco jurídico, cual es, las “aguas alumbradas” o “aguas del minero”. La legislación (Código de Aguas y Código de Minería) establece que el concesionario minero tiene derecho al aprovechamiento de las aguas subterráneas que encuentre en sus labores. Para lograr esta finalidad, sólo debe demostrar que es titular de una concesión, que las aguas corresponden a drenajes de una faena minera, y que su consumo no afecta a terceros.

Las normas se refieren a aguas subterráneas que deben ser halladas con motivo de las labores mineras en la respectiva concesión; no pueden ser utilizadas en otros propósitos, ni en una medida que exceda a la necesaria para realizar las faenas.

Si bien ha habido casos muy puntuales en que se ha suscitado conflicto con relación a si aguas determinadas corresponden o no a aguas alumbradas, la principal preocupación radica en que las aguas del minero son un derecho propio del concesionario minero sobre el que no tiene obligación de informar a la DGA. Como resultado, estos volúmenes de agua no son considerados en los balances hídricos que el organismo realiza para la asignación de los demás derechos. Esto significa que la utilización de aguas del minero, que se hace en el marco de la legalidad vigente, se puede traducir en que el volumen de agua disponible para ser asignado en una determinada cuenca puede estar sobreestimado.

3 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DISPONIBLE Y EN VÍAS DE GENERACIÓN

Durante la realización de este diagnóstico, se llevaron a cabo una serie de reuniones¹⁰ con los distintos organismos que forman parte de la Mesa Público-Privada Nacional con el objetivo de levantar toda aquella información relacionada al recurso hídrico. El objetivo principal fue catastrar la información de base disponible. Sobre la base de ese catastro, y en una etapa siguiente, se podrá profundizar y perfeccionar esa información, así como satisfacer los requerimientos adicionales necesarios de información para apoyar la gestión sustentable del recurso hídrico.

A continuación se presenta una breve descripción de la información relacionada a la gestión del recurso hídrico y la minería que fue posible identificar con la colaboración de las instituciones que se indica. En el Anexo 2 se entrega mayor detalle sobre algunos temas en particular.

3.1 Dirección General de Aguas (DGA)

Tal como se ha señalado, la DGA es el organismo rector en materia de recursos hídricos y es, por tanto, quien posee la mayor cantidad de información relevante. Para fácil referencia, en el presente documento se organizó la información del Servicio distinguiendo entre aquella que se genera en función de la operación de los instrumentos bajo su tutela (ej: asignación de derechos, permisos ambientales en el marco del SEIA, entre otros), y aquella información que el organismo genera en un marco de análisis con contenidos más estratégicos.

3.1.1 Información de base

En términos generales, la información disponible por DGA se compone de:

- Balance de Aguas (1987)
- Mapa Hidrogeológico Nacional (1991).
- Estudios hidrológicos y de modelación numérica de recursos superficiales.
- Estudios geológicos, hidrogeológicos y de modelación numérica de recursos subterráneos.
- Informes técnicos DGA relacionados con desarrollo regional.
- Estudios de impacto ambiental y antecedentes de proyectos sometidos a SEIA.
- Información meteorológica en las estaciones DGA sobre precipitación, caudales, evaporación, etc.
- Información de niveles de la red de monitoreo de aguas subterráneas.
- Antecedentes de calidad del agua de las redes de monitoreo de la DGA y de otras fuentes tales como SAG, CONAMA, Privados etc.

¹⁰ En el Anexo 1 se señalan las reuniones sostenidas.

- Información de derechos otorgados y en trámite.
- Antecedentes de pozos (estratigrafías, perfiles de habilitación, pruebas de bombeo, etc.)

Esta información de base que la DGA obtiene producto de las funciones que debe desempeñar constituye una “reserva” importante pero que todavía dista de servir al propósito de sustentar acciones de corto plazo que aborden la situación crítica del recurso hídrico y la minería en el norte del país.

Esto, obedece a la razón previamente enunciada, cual es la falta de sistematización de la información disponible en un formato que permita su fácil manejo. A modo de referencia, cabe indicar que para las ocho cuencas señaladas previamente como críticas (ver Cuadro 4), la DGA estima que se requeriría un consultor externo por dos a tres meses para sistematizar la información disponible.

3.1.2 Estudios Específicos para la gestión estratégica del recurso

La DGA realiza además, estudios específicos que no responden directamente a sus necesidades cotidianas pero que apuntan a mejorar el conocimiento del recurso en pos de mejorar su gestión. Si bien en este marco se han desarrollado una serie de iniciativas, a continuación se describen las más actuales y relevantes para propósito de la Mesa, sobre las que se tuvo conocimiento.

La DGA se encuentra próxima a publicar los resultados del estudio:

- **“Actualización de la Situación del Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos. Zona Norte. Regiones I a IV y Zona II. Regiones V a XII y Región Metropolitana” (Diciembre 2006).** Este documento, se encuentra en proceso de edición final e incluye los siguientes contenidos:
 - Recopilación de Antecedentes: Se presenta recopilación de datos e información relevante como demandas de agua para usos industriales, agua potable, generación de energía, minería, uso agropecuario y forestal, turismo, entre otros, además de antecedentes de cuerpos de agua receptores de contaminantes y caudales ecológicos.
 - Análisis del Uso Actual de los Recursos Hídricos: Se cuantifica los usos actuales de los recursos hídricos por cuenca y subcuenca para todas las regiones del país.
 - Proyecciones de la Demanda por Sectores: Se estiman las proyecciones de la demanda de recursos hídricos por usos para cada cuenca y subcuenca estudiada, proyección a 10 y 25 años.
 - Recomendaciones: A partir de análisis de demandas actuales y determinación de demandas futuras, se realizan recomendaciones pertinentes para abordar problemática de satisfacer niveles de demanda estimados.

Por otra parte, la DGA se encuentra próxima a iniciar el estudio:

- **“Levantamiento Hidrogeológico para el desarrollo de nuevas fuentes de agua en áreas prioritarias de la zona Norte de Chile I, II y III Regiones”.** Este estudio tiene un plazo de realización de 24 meses y tiene como objetivos:
 - Investigar los procesos geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos e hidrogeoquímicos en las cuencas cerradas de la meseta altiplánica de las regiones I, II y III, que permita dar cuenta del funcionamiento de estos sistemas y complementar la información existente.
 - Sistematizar toda la información generada en bases de datos y planos SIG de manera de disponer de una plataforma que de cuenta de toda la información disponible.

3.2 Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)

El SERNAGEOMIN cuenta con una Unidad de Hidrogeología¹¹, que por mandato legal realiza investigaciones y estudios de las características del territorio que condicionan el almacenamiento del agua subterránea, a través de la implementación de la cartografía hidrogeológica por cuencas a escala 1:100.000 o 1:50.000. Además, debe generar un mapa de vulnerabilidad de los acuíferos a esa misma escala.

El tipo de información que genera el Servicio corresponde a:

- Cartografías temáticas de Hidrogeología, Hidroquímica y Geofísica a distintas escalas, principalmente, 1:100.000 a 1:250.000, publicadas en la Carta Geológica de Chile, series Hidrogeología y Geología Ambiental y en boletines.
- Mapas de Vulnerabilidad a la Contaminación de los Acuíferos, escala 1:100.000, 1:250.000, a lo largo de Chile.
- Cartografía para programas Geológicos Ambientales (Hidrogeología, Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos y Peligros Geológicos, entre otros).

3.2.1 Estudios en ejecución

Actualmente SERNAGEOMIN ejecuta los siguientes dos estudios que cuentan con financiamiento institucional y fondos regionales:

- **“Vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos de Chile”**
El objetivo de este estudio es completar la cartografía de vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos a nivel nacional a escala 1:500.000, para ser utilizada como Instrumento de Planificación Territorial a nivel regional. El

¹¹ Unidad dependiente del Departamento de Geología Aplicada de la Subdirección Nacional de Geología

producto de este trabajo es un Informe Registrado incluyendo mapas a escala 1:500.000 a entregarse en Diciembre 2007.

- ***“Hidrogeología y vulnerabilidad de acuíferos de la ciudad de Antofagasta”***

En el marco del Programa de Geología Ambiental, se está desarrollando el estudio hidrogeológico y de evaluación de la vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación en la ciudad de Antofagasta. La idea es investigar el estado en que se encuentran una serie de cuencas y acuíferos, para generar una línea base de información que determine la calidad de los acuíferos, su vulnerabilidad, y los niveles de carga o descarga que tienen entre unos y otros. Los productos preliminares comprometidos para Diciembre de 2007 son:

- Mapa Hidrogeológico de la cuenca de la ciudad de Antofagasta
- Mapa de Vulnerabilidad de acuíferos de la ciudad de Antofagasta

3.2.2 Estudios en carpeta para obtención de financiamiento

Dentro de su Plan de Trabajo 2007, SERNAGEOMIN tiene programado dos importantes estudios los que se encuentran presentados para obtención de financiamiento de parte de INNOVA-CORFO. Estos son:

- ***“Evaluación Hidrogeológica de la cuenca del Río Copiapó, con énfasis en cuantificación, dinámica y calidad química de los recursos hídricos superficiales y subterráneos”***

El objetivo de este estudio es generar información que permita administrar racional y sosteniblemente el recurso hídrico subterráneo de la cuenca. La fecha estimada para la entrega de los productos es el año 2009. Los productos contemplados son:

- Informe Registrado, que incluye todos los datos y resultados del proyecto
- Mapa Hidrogeológico de la cuenca del río Copiapó
- Mapa de Vulnerabilidad de acuíferos de la cuenca del río Copiapó

- ***“Evaluación Hidrogeológica de la Cuenca del Río Huasco, con énfasis en Cuantificación, Dinámica y Calidad Química de los Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos”***

Persigue los mismos objetivos que el proyecto anterior sólo que para la Cuenca del Río Huasco y coincide en la fecha de entrega de los productos.

3.3 Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)

La CONAMA, como autoridad competente en materias ambientales, también posee información de importancia para la gestión del recurso hídrico. Al igual que en el caso de la DGA, en este documento se ha optado por hacer referencia a la información que posee este organismo en función de dos criterios: i) aquella que se genera por la aplicación de los instrumentos de gestión ambiental que son de

responsabilidad de este Servicio (i.e. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental), y ii) aquella que se genera con una visión más estratégica en materias de gestión ambiental. Puntualmente, por su relación con el tema hídrico, en este documento a continuación se describe la Estrategia Nacional de Cuencas actualmente en desarrollo.

3.3.1 SEIA

En el marco de la aplicación de este instrumento de gestión, se genera información específica respecto a la utilización de agua por parte de proyectos mineros sometidos a evaluación. La DGA, en su calidad de autoridad competente para la entrega del permiso ambiental sectorial que corresponde, es depositaria también de esta información generada por los privados. Tal como ya se señaló, el problema principal radica en la carencia de sistematización de dicha información.

3.3.2 Estrategia Nacional de Cuencas

CONAMA ha asumido el desafío de desarrollar una Estrategia Nacional de Cuencas que permita una acción más coordinada de las instituciones públicas y privadas en el territorio así definido, tendiente al mejor aprovechamiento del recurso hídrico y la corrección de distorsiones que presenta habitualmente su utilización. Esta Estrategia será presentada próximamente al Consejo Directivo (de ministros).

Según señala CONAMA, “el eje de la estrategia lo constituye el recurso hídrico, tanto en su calidad como en cantidad, al igual que la adecuada protección de los ecosistemas, y se traduce en la planificación de las inversiones públicas en aras a mejorar su eficiencia reduciendo su presión sobre el recurso, un tratamiento integral de los proyectos, públicos y privados, que se someten al Sistema de Evaluación Ambiental, la definición de los ecosistemas de valor y la generación de normas de emisión y calidad que permitan alcanzar los objetivos ambientales que la sociedad se proponga de manera eficiente. Se suma al último punto la generación de eventuales Planes de Prevención y Descontaminación asociados”.

Considerando que sobre la mayoría de los temas antes expuestos existe una institucionalidad asociada, la visión de la Estrategia es, inicialmente, la de establecer los vínculos formales de asociación al igual que su perfeccionamiento, sin dejar de considerar las brechas existentes que requerirán de la creación de nueva institucionalidad, en vista a la consecución de los objetivos que se propongan.

Paralelamente, ha iniciado (o se encuentra próxima a iniciar) una serie de estudios que se enmarcan en esta estrategia. A continuación se reseñan brevemente estas iniciativas:

- **“Estrategia Nacional de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas: Diseño de un Modelo de Línea Base Ambiental Territorial para Evaluar Ex Ante el Impacto Territorial de Grandes Proyectos”**

El estudio plantea una mirada de largo plazo que considera el concepto de Cuenca como unidad de manejo ambiental y establece la creación de un modelo de información, que precise cuales son las componentes ambientales¹², sus variables y nivel de confiabilidad de éstas componentes, que debiera manejar el sector público a la hora de tomar decisiones respecto del impacto territorial de grandes proyectos en una cuenca.

La definición de este modelo, permitiría dar continuidad al trabajo ya iniciado, de armar una Línea Base Ambiental Territorial para cada una de las 101 cuencas hidrográficas existentes en el país¹³ y al trabajo desarrollado a partir del año 2002 de implementar Sistemas de Información Ambiental Regional en plataforma SIG¹⁴ en cada una de las CONAMAS regionales.

Actualmente este estudio se encuentra en proceso de licitación, siendo el plazo estimado de ejecución, de 12 semanas.

- **“Caracterización Económica de Cuencas”**

Este proyecto tiene como objetivo mejorar el proceso de toma de decisiones en cuanto a la calidad perseguida para el recurso hídrico al interior de cada cuenca en función de las actividades económicas prevalecientes en la misma y su proyección futura, de criterios de eficiencia consensuados y previendo los beneficios y costos de las decisiones adoptadas en un marco participativo y considerando las restricciones de recursos e información existentes.

Este estudio se encuentra en proceso de licitación y tiene un plazo de ejecución de 5 meses.

- **“Diseño SIG para la Gestión Integrada de Cuencas”**

El desarrollo de este estudio plantea la necesidad de integrar información disponible por cuenca y complementarla a través de realizar un catastro ambiental de la información disponible. El objetivo de este trabajo es diseñar, desarrollar e implementar un modelo de administración de información digital (cartografía y base de datos), a través de un Sistema de Información Geográfica para Cuencas Hidrográficas, en base a una evaluación de la información territorial disponible. Este estudio se encuentra en ejecución.

¹² Por componentes ambientales se entenderá al Suelo, el Agua (superficial y subterránea), la biodiversidad y los ecosistemas y el Paisaje. Por variable, se entenderá al análisis particular de cada una de las componentes.

¹³ Fuente: sistema de Información Geográfica de la DGA

¹⁴ Sistemas de Información Geográfica

- **“Marco Institucional y Legal”**

La idea de este trabajo es contratar un equipo de abogados, para estudiar todos los aspectos jurídicos del recurso hídrico. Se persigue fundamentalmente identificar conflictos, vacíos, superposición de competencias, como también realizar una propuesta para incorporar de manera institucional al sector privado en la toma de decisiones. Este trabajo aún no cuenta con Términos de Referencia para su ejecución.

3.4 Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO)

El Plan de Trabajo 2007 de la Comisión contempla la realización de un estudio en que se recopile información directamente de las empresas mineras respecto de derechos constituidos, derechos utilizados, tasas de recirculación, proyectos de exploración del recurso, inversiones y costos. Esta información se levantará por medio de una encuesta. El producto final será una base de datos que provea de información actualizada respecto del uso de agua en minería, para, por una parte, apoyar la formulación de políticas que propendan al uso eficiente del recurso y, por otra, facilitar el benchmarking entre empresas.

3.5 Otras fuentes de información

Como otra fuente de información primaria interesante para los propósitos de este diagnóstico, se debe volver a hacer mención al estudio **“Diagnostico de los recursos hídricos de la cuenca del río Copiapó y proposición de un modelo de explotación sustentable”** elaborado por Golder Associates S.A. (Julio, 2006), por encargo de empresas y asociaciones de la Región de Atacama relacionadas con el uso de los recursos hídricos de la cuenca.

El Comité Técnico que dio seguimiento a este trabajo estuvo constituido por Anglo American Chile - División Manto Verde, la Asociación de Productores y Exportadores Agrícolas del Valle de Copiapó (APECO), la Compañía Contractual Minera Candelaria, la Junta de Vigilancia del Río Copiapó y sus Afluentes y la Sociedad Punta del Cobre S.A (PUCOBRE); la coordinación estuvo a cargo de la Corporación para el Desarrollo de la Región de Atacama (CORPROA) quien formó parte activa del Comité Técnico.

El resultado de este estudio fue un documento con los siguientes contenidos:

- Características Físicas de la Cuenca del río Copiapó
- Desarrollo Social y Económico de la cuenca
- Pluviometría y Fluviometría de la Zona
- Hidrología de la Zona
- Aprovechamiento del Agua subterránea y superficial de la cuenca
- Situación de los niveles Freáticos
- Balances de Agua de la Cuenca

- Volumen de Aprovechamiento Sustentable
- Diagnóstico de la situación del acuífero
- Modelo de Gestión Sustentable
- Propuesta de Plan de Acción

Finalmente, cabe hacer mención al documento “**Uso Eficiente de Aguas en la Industria Minera y Buenas Prácticas**”, elaborado dentro del Acuerdo Marco Producción Limpia de la Gran Minería, Buenas Prácticas y Gestión Ambiental, en Noviembre 2002. Este documento ha sido ampliamente difundido y tiene el valor de haber sido elaborado en un esfuerzo conjunto de organismos públicos y el sector privado.

4 RECOPIACIÓN DE CONFLICTOS, INICIATIVAS EN CURSO Y TEMAS EN DISCUSIÓN

4.1 Conflictos

Durante la realización de este documento, con apoyo de la DGA y del Consejo Minero, se identificaron una serie de conflictos con relación al recurso hídrico que se indican a continuación.

Región I:

- Problemas con las comunidades indígenas.
- Restricción para usar derechos de agua provisionales que la DGA había otorgado a Minera Collahuasi debido a la sustantiva baja de los niveles de pozos ubicados en el Salar de Coposa.
- Acciones judiciales en contra de empresas de la minería no metálica por extracciones en la Pampa del Tamarugal.

Región II:

- Conflicto entre la comunidad de Quillagua y las empresas mineras.
- Problemas entre los productores de minería no metálica y el pueblo de San Pedro de Atacama.
- DGA le solicitó a BHP modificaciones en sus proyectos de expansión por restricciones de áreas protegidas.

Región III:

- Conflictos agricultores del Valle del Río Copiapó y la minería por el tema de los glaciares.
- Denuncia de Diputado Jaime Mulet por graves irregularidades en la Junta de Vigilancia del Río Huasco debido a la poca transparencia con que se realizó la asignación de derechos de agua.

Región IV:

- Acciones judiciales en trámite con relación a la construcción del tranque El Mauro (Los Pelambres).

Región V:

- La Junta de Vigilancia del Río Aconcagua tuvo una acogida favorable para su solicitud de no innovar en el tema de derechos de agua por proyectos de expansión de la División Andina de Codelco. La Corte de Apelaciones de Santiago decretó la paralización de la construcción de las obras del ducto de agua que va desde la División Andina hasta la minera Los Bronces, luego de la acción judicial presentada por la Junta de Vigilancia del Río Aconcagua.

La política respecto del uso sustentable del recurso hídrico relacionado a las aguas fósiles, es otro elemento sobre el cual existen visiones encontradas.

Finalmente, se debe hacer mención al proyecto de ley para la protección de los glaciares que se encuentra en tramitación legislativa. Al respecto, cabe señalar que el Consejo Directivo de CONAMA analizó el tema concluyendo que se elaborará una política al respecto basada en la aplicación de los instrumentos legales actualmente disponibles.

4.2 Mesas del Agua

En las regiones I, II y III se han conformado mesas de trabajo para abordar el tema hídrico. Sin embargo, estas iniciativas han respondido a diferentes demandas puntuales y no constituyen parte de una estrategia formal y orgánica para la constitución de estos espacios de diálogo. Producto de lo anterior, los resultados obtenidos por estas mesas han sido dispares y altamente dependientes de los liderazgos regionales (públicos y/o privados) que han estado presentes.

La DGA realizó un catastro de las mesas de agua regionales existentes en el país¹⁵. A continuación, se señalan las percepciones de este organismo y representantes del Consejo Minero sobre el estado de avance de las mesas del agua.

- Región I (y XV): En Arica-Parinacota, se conformó una mesa técnica pública privada y se coordinó al sector público para la definición de iniciativas de inversión. Existen conflictos sociales en los Valles de Lluta y Azapa por la disponibilidad del agua para el consumo humano y la agricultura. Se habría informado a la mesa algunas actividades de extracción ilegal en la Pampa del Tamarugal. La mesa se ha constituido por iniciativa del Director Regional de la DGA.
- Región II: el conflicto fundamental es por el uso para agua potable vs usos en la minería. El 25 de mayo se realizó en Antofagasta un taller sobre minería y recursos hídricos con participación de la Intendencia. Uno de los principales acuerdos de la actividad fue constituir una mesa de trabajo a fines de junio de 2007, tarea que quedó a cargo del Director Regional de DGA. Cabe señalar que además de esta iniciativa lanzada recientemente, existen varias instancias parciales que se han constituido con relación a la problemática en discusión:
 - Comisión de Aguas de ADI (Área de Desarrollo Indígena) Atacama la Grande: Busca resolver los problemas hídricos de las comunidades indígenas: protección de vegas y bofedales, regularización de

¹⁵ Las mesas de agua ubicadas desde la V región al sur no se listan en este documento.

- derechos, estar informados de permisos de exploración de aguas subterráneas y derechos de aguas dados por la DGA.
- Participantes: Seremi MOP (preside), DGA, CONADI, Municipalidad de San Pedro de Atacama, un representante de cada comunidad indígena de la comuna de San Pedro de Atacama.
 - Secretaría técnica: CONADI. Funciona hace 4 años y se reúne cada 2 meses.
- Comisión de Aguas de ADI (Área de Desarrollo Indígena) Alto Loa: persigue los mismos objetivos que la instancia anterior.
- Participantes: Seremi MOP (preside), DGA, CONADI, Municipalidades de Ollague y Calama, un representante de cada comunidad indígena.
 - Secretaría técnica: CONADI. Funciona hace 3 años y se reúne cada 2 meses.
- Mesa de Agua, Tierra y Medio ambiente de Quillagua: Busca resolver los problemas hídricos, de tierras y medio ambiente de la comunidad de Quillagua.
- Participantes: DGA (preside), CONADI, DOH, Bienes Nacionales, CONAMA, SAG, CONAF, 2 representantes de Quillagua.
 - Esta Mesa ha sido recientemente constituida y se formalizará con Resolución de Gobernador de Tocopilla.
- Región III: se ha conformado la "Mesa Público Privada para el Uso Sustentable del Recurso Hídrico en el valle de Copiapó"
 - Plazo Inicio: 22 de agosto 2006
 - Responsable: Intendencia Regional
 - Coordinación: Junta de Vigilancia Río Copiapó, Apeco, Corproa, Seremi de Agricultura

La situación en la cuenca del Río Copiapó es percibida como muy crítica y la rápida constitución de la mesa del agua y las iniciativas levantadas a la fecha se debe a lo urgente de la situación. Se confirma que existen cuencas críticas en la región con evidencia de deterioro en humedales y vertientes. Esta mesa se ha articulado con la activa participación de representantes del sector minero a nivel privado, el SEREMI de Agricultura, la Asociación de Productores y Exportadores Agrícolas del Valle de Copiapó, la Junta de Vigilancia del Río Copiapó. Una de las iniciativas que se concretaron por el trabajo de esta mesa fue la contratación del estudio de Golder Associates ya referido.

Cabe señalar que la DGA está asumiendo un rol muy activo para promover el establecimiento de mesas regionales de agua como también para asegurar su funcionamiento adecuado. Los días 31 de mayo y 1 de junio, este organismo llevó

a cabo una jornada interna de reflexión para discutir el mecanismo más adecuado para promover la formación de estas mesas. Al momento de la redacción de este documento, no se tenía aún resultados de esta jornada de reflexión.

4.3 Desalinización como alternativa tecnológica para enfrentar la escasez de agua

En términos simples, existen tres procedimientos para desalinizar agua de mar:

- Desalinización por procesos a través de membranas: electrodiálisis y osmosis reversa
- Desalinización por congelación
- Desalinización por destilación

El proceso de desalinización por destilación es un proceso simple y barato que consiste en calentar agua de mar en el interior de un invernadero a partir de los rayos solares. Su principal limitación es que es un procedimiento de bajo rendimiento que no solucionaría los requerimientos de agua de las compañías mineras ni de los grandes centros urbanos. Sin embargo, es una alternativa atractiva para implementarla a nivel de localidades rurales con recursos de agua escasos y que deseen desarrollar plantaciones de especies adaptables en zonas desérticas.

La desalinización por congelación consiste en congelar parcialmente el agua de mar, separando el hielo y luego derritiéndolo. Se necesita menos energía que en el caso de la destilación. No obstante, su principal desventaja radica en la dificultad para eliminar la salmuera que tiende a adherirse a los cristales de agua dulce.

La técnica de la osmosis reversa utilizada por Minera Escondida para desalinizar el agua de mar es de origen más reciente que la electrodiálisis. Esta consiste en el transporte espontáneo de un disolvente de una solución diluída a otra más concentrada a través de una membrana semipermeable.

La osmosis reversa utiliza menor energía en relación a la electrodiálisis, pero requiere un alto nivel de inversión. Minera Escondida invirtió cerca de 160 millones de dólares para construir una planta de desalinización de agua de mar con capacidad de extracción de 525 l/s. Este monto incluye la construcción de la planta y la infraestructura de bombeo y piping.

En el escenario de escasez de agua en el norte de Chile, los sectores productivos compiten fuertemente por la disponibilidad del recurso para desarrollar sus estrategias de crecimiento. En este contexto, la minería se encuentra evaluando la construcción de plantas desalinizadoras de agua de mar para reducir el riesgo de

la escasez y asegurar el abastecimiento futuro. Algunas de las iniciativas en que las mineras se encuentran trabajando son las siguientes:

- Minera Escondida se encuentra estudiando la viabilidad de construir una segunda planta desalinizadora de osmosis reversa con una capacidad de extracción de 500 l/s y una inversión de US\$ 200 millones.
- White Mountain Titanium, compañía que está buscando financiamiento para su proyecto de titanio en la Región III tiene planificado invertir unos US\$ 7 millones en una planta de desalinización que le permita evitar conflictos con derechos de agua.

La desalinización aparece como una alternativa interesante para que las empresas mineras enfrenten la escasez hídrica, que corresponde seguir explorando. Sin embargo, existe una importante dificultad derivada de la necesidad de transportar el agua desalinizada al lugar de las faenas mineras que, por lo general, se encuentran a elevada altura sobre el nivel del mar. Dicho transporte, además de requerir inversiones en infraestructura, demanda altos consumos de energía lo que - en un escenario de disponibilidad energética restrictivo - conlleva aumentos significativos de costos,

4.4 Swaps

Esta modalidad se presenta como una posible alternativa para enfrentar el alto costo operacional (estimado en montos entre 2 y hasta 4 US\$ /m³) en que incurrirían las empresas mineras para trasladar agua desalinizada desde las zonas costeras a faenas que se ubican sobre los 3.000 m de altura. La solución que se plantea es la cesión de derechos de agua que empresas sanitarias tienen en la alta cordillera en favor de las compañías mineras, y el abastecimiento de agua fresca desalinizada por parte de éstas a los principales centros de consumo en las ciudades.

Si bien esta propuesta aparece como atractiva por la oportunidad que brinda para mejorar la eficiencia en la utilización de recursos, el sector minero ha hecho presente que se trata de una alternativa que sólo podría resolver una parte acotada del problema de escasez hídrica.

Un factor relevante a considerar es que la ubicación de los pozos sobre los que las empresas sanitarias tienen derechos de aprovechamiento, en algunos casos están alejados de las faenas mineras con las cuales se podría realizar el swap. Por tanto, en esos casos, persiste un importante costo asociado al transporte de agua al interior de las cuencas, lo que reduce el atractivo económico de evitar a través de un swap, el bombeo de agua desde el nivel del mar hasta la cordillera.

En el Taller del Recurso Hídrico y Minería efectuado en Antofagasta el día 25 de mayo de 2007, los representantes del Consejo Minero nuevamente enfatizaron la necesidad de desmitificar el hecho que su aplicación podría solucionar parte

importante de la problemática asociada a la limitada disponibilidad del recurso hídrico. Se indica que su aplicación depende de un estudio profundo de cada situación, en que se considere su viabilidad económica por sobre otras alternativas: búsqueda de nuevos recursos hídricos en cuencas menos productivas, aprovechamiento de aguas alumbradas, optimización del consumo de agua en los procesos productivos, legitimización de medidas de mitigación de impactos ambientales para permitir ampliar explotación de acuíferos y aguas fósiles.

Adicionalmente, la industria minera y otras actividades productivas requieren de “estabilidad de abastecimiento” que podría verse afectada por la acción de terceros (comunidades) ajenos al acuerdo del swap entre la minera y la empresa sanitaria, situación que incrementaría la incertidumbre respecto a este insumo básico.

Una acción de terceros sería en algunos casos suficiente para originar un conflicto con pocas opciones de solución en el corto plazo y atentar justamente con el espíritu inicial del acuerdo en que se basa el swap.

4.5 Otras alternativas tecnológicas

Frente a la escasez de agua, las empresas mineras buscan mejoras que les permitan mejorar sus índices de eficiencia en el consumo. Una reciente publicación¹⁶ indica que una operación como Chuquicamata consumía antes de los años 90 alrededor de 1,76 metros cúbicos por tonelada de mineral procesada. Hoy, la División Norte de CODELCO consume solamente 0,55 metros cúbicos por tonelada. Situaciones similares, indica la referida publicación, se han podido constatar en Minera Escondida y Candelaria.

Asimismo, hay operaciones mineras que utilizan o consideran utilizar agua de mar sin desalar. Ejemplo de ello es Michilla de Antofagasta Minerals que lo hace a una escala pequeña en el proceso de lixiviación de óxidos y sulfuros.

Cabe señalar que durante la elaboración de este informe se tomó conocimiento de empresas especializadas que tienen la capacidad de ofrecer soluciones tecnológicas interesantes a las empresas mineras para enfrentar la escasez de agua. Entre las alternativas planteadas se encuentra no sólo la desalinización que se comentó previamente, sino que también innovaciones para mejorar la eficiencia en el uso del recurso en las faenas, como también para la utilización directa de agua de mar en los procesos.

En el Anexo 3 se presenta un listado de iniciativas de innovación tecnológica que se elaboró a partir de contactos establecidos con INNOVA-CORFO.

¹⁶ Business News Americas. Mining Intelligence Series. Agua y minería: una industria sedienta. Mayo, 2007.

5 REFLEXIONES

La disponibilidad de agua es un elemento estratégico clave para la sustentabilidad de la actividad minera en Chile. Asimismo, la escasez del recurso es fuente permanente de conflictos no sólo entre sectores productivos competidores por su uso (minería vs agricultura) sino que también respecto a su disponibilidad para consumo humano. Las proyecciones de demanda crecientes de agua imponen aún mayor presión a un sistema que ya se encuentra muy estresado.

Existe un volumen importante de información referida a la disponibilidad de agua que se ha generado a partir de la aplicación de instrumentos de gestión bajo la tutela de distintos organismos del Estado. Esta información proviene en forma importante de los mismos usuarios del agua que la generan en función de permisos y derechos de aprovechamiento que solicitan a las autoridades. Sin embargo, se pudo constatar que esta información no está fácilmente disponible para orientar acciones inmediatas pues adolece de una falta de sistematización importante. Aún para un sub-conjunto pequeño de cuencas (aquellas indicadas como críticas en este informe), se requeriría invertir significativos recursos para ordenarla. En virtud de esto, no fue posible hacerlo en el marco de este informe.

Los esfuerzos por avanzar en la sistematización de la información disponible no han prosperado. Esto no significa que haya que abandonar la idea de realizar este ordenamiento. Por el contrario, los nuevos esfuerzos debiesen comenzar por analizar críticamente las razones que llevaron a iniciativas previas a no tener éxito.

Por otra parte, la información no sólo carece de sistematicidad, sino que además, según lo señala la propia DGA y otros organismos, se enfrentan también a una falta de información importante. Sin embargo, el alto costo estimado de su generación lleva a sugerir que la estrategia para generar esta información debiese ser en etapas y contando previamente con un sistema para su administración que permita que aquella información que se genere vaya llenando los vacíos en forma priorizada.

Los desafíos de perfeccionar y sistematizar la información existente junto con generar aquella faltante, debiesen abordarse con miras a precisar la disponibilidad de recursos hídricos y las tasas de utilización posibles, cautelando la sustentabilidad ambiental.

Sin perjuicio de lo anterior, a partir de la información y visiones recopiladas durante la realización de este informe, el equipo a cargo se formó la opinión que, aún cuando se subsanen las debilidades en la información de disponibilidad del recurso, resulta difícil que existan fuentes importantes de agua que hagan vislumbrar que la demanda actual y proyectada pueda ser satisfecha fácilmente.

En virtud de esto, y sin abandonar la tarea de mejorar la información en los términos propuestos, sería conveniente que los usuarios de agua en el norte continuaran explorando otras alternativas para enfrentar el déficit hídrico, tales como el uso de aguas marinas y el uso eficiente del agua en las operaciones, incluyendo su recirculación.

El marco jurídico-institucional para la gestión del agua se ha ido fortaleciendo de forma apropiada. Sin embargo, los antecedentes reunidos indican que aún persisten espacios para mejorar la gestión del recurso a nivel de cuencas. Puntualmente, la carencia de capacidad de fiscalización por parte de la autoridad es una falla del sistema que requiere ser subsanada en forma prioritaria. Dado que el marco legal vigente brinda un espacio interesante para la acción de los privados en este sentido, sería interesante explorar formas para abordar la tarea de hacer cumplir la ley en forma conjunta.

Asimismo, la institucionalidad vinculada a la gestión del recurso hídrico enfrenta el desafío de continuar en el camino de la modernización. Esto debiese llevar aparejado una inyección de recursos significativa para abordar los temas pendientes.

Para finalizar, se debe señalar que la escasez del recurso hídrico hoy enfrenta a distintos actores que necesariamente deben buscar caminos de solución en forma conjunta. Resultaría interesante explorar la factibilidad de establecer mecanismos de solución de controversias, en el marco de la legalidad vigente, que permitieran ganancias en términos de reducir al máximo la intensidad y eventual judicialización de los conflictos.

Es necesario continuar y fortalecer esfuerzos de trabajo conjunto a nivel regional. Adicionalmente, parece necesaria una señal desde el nivel central que integre adecuadamente a los demás actores involucrados en este trabajo.

--/

6 ANEXO 1: Reuniones

Reuniones de COCHILCO con diferentes actores relevantes en el contexto de la preparación del informe para la Mesa Público-Privada

	Institución/Empresa	Participantes*	Fecha
Reuniones	Consejo Minero SONAMI	Javier Cox, Cristian Andrews : Consejo Minero Rodolfo Camacho, Carlos Gajardo : SONAMI María de los Ángeles Pérez : CODELCO Jorge Díaz : Barrick Gold Jorge González : Au Resources	24-abril-2007
	SERNAGEOMIN	Renate Wall, Subdirectora Nacional de Geología Soledad Santa Ana, Jefa del Departamento de Planificación y Estudios	25-abril-2007
	DGA	Pedro Rivera, Director de Estudios Carlos Salazar, Sub-Director de Coordinación	27-abril-2007
	CONAMA	Claudia Ferreiro, Jefa Departamento Estudios Claudio Bonacic, Profesional de Departamento Estudios	3-mayo-2007
	DGA	Pedro Rivera, Director de Estudios Ana María Gangas, Jefa Área Modelación, Dirección de Estudios Luis Rojas, Profesional de la DGA	8-mayo-2007
	Water Management Consultants (WMC)	Rowan Mckittrick	15-mayo-2007
	BHP Billiton	Mauro Valdés, Vicepresidente de Asuntos Corporativos de BHP Billiton	23-mayo-2007
	CONAMA	Jaime Iturriaga, Coordinador Técnico de Estrategia Nacional de Cuencas.	30-Mayo-2007
Contactos Telefónicos	CORFO	Orlando Castillo , Subdirector Área Minería	Mayo 2007
	Centro de Información del Recurso Hídrico (CIRH) / DGA	Ivonne Roa, Profesional del CIRH	Mayo 2007
	CONADI Atacama	Francisco Bustamante, Encargado de la unidad jurídica de CONADI Atacama.	Mayo 2007

*Participantes de COCHILCO:

- Ana Zúñiga, Directora de Estudios
- Rossana Brantes, Profesional Dirección de Estudios
- Guillermo Olivares, Profesional Dirección de Estudios
- Ximena Massone, Profesional Dirección Jurídica

7 ANEXO 2: Estudios

Listado detallado de estudios disponibles según organismo que se indica

SERNAGEOMIN:

Síntesis de Información Disponible y en Desarrollo de para Regiones I a IV

I Región

- El agua subterránea en el norte de la Pampa del Tamarugal. Boletín No. 5. Tablas, gráficos y planos. 1960.
- Pampa del Tamarugal: (proyecto futuro)

II Región

- Geología para el ordenamiento territorial: área de Antofagasta, Región de Antofagasta, escala 1:50.000. Incluye Cartografía hidrogeológica y de vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos y ubicación de fuentes contaminantes de la ciudad de Antofagasta (en desarrollo).

III Región

- Hidrogeología de la Cuenca Laguna del Negro Francisco, Región de Atacama. 1 mapa escala 1:100.000. Documento de Trabajo, No. 10. 1998.
- Hidrogeología de la Cuenca del Salar de Maricunga: sector Salar de Maricunga, Región de Atacama. 1 mapa escala 1:100.000. Documento de Trabajo, No. 13. 1998.
- Estudio Hidrogeológico del Valle del río Copiapó, segmento Embalse Lautaro-Piedra Colgada, Región de Atacama. Informe Registrado IR-99-17. 1999.
- Mapa hidrogeológico del Valle del Río Copiapó, entre Embalse Lautaro y Piedra Colgada, Región de Atacama. 1 mapa escala 1:50.000. Documento de Trabajo, No. 14. 2000.
- Mapa Hidrogeológico de la Cuenca de Ciénaga Redonda. 1 mapa escala 1:100.000. Documento de Trabajo, No. 18. 2000.
- Hidrogeología de cuenca Campo de Piedra Pómez-Laguna Verde, Región de Atacama, escala 1:100.000. 2006.
- Hidrogeología de la cuenca Salar de Pedernales, Región de Atacama. 1 mapa escala 1:100.000. 2005.

- Mapa de Vulnerabilidad a la Contaminación de los Acuíferos de la III Región, escala 1:250.000, 2007.
- Hidrogeología de la cuenca del río Huasco (en conjunto con la Universidad Católica del Norte INNOVA-CORFO) Hidrogeología y vulnerabilidad de acuíferos. (En desarrollo).
- Proyecto futuro (INNOVA-CORFO): Hidrogeología de la cuenca del río Copiapó (Apoyo de DGA), Hidrogeología y vulnerabilidad de acuíferos.

IV Región

- Mapa de Vulnerabilidad a la Contaminación de los Acuíferos de la IV Región, escala 1:250.000, 2005.

DGA:

A continuación se listan una serie de estudios de I a IV Región de Chile realizados por la DGA y proporcionados por el Centro de Información del Recurso Hídrico de la DGA:

Región I:

1. Plan de gestión para la conservación de la biodiversidad del Salar del Huasco 2004 – 2010, Comisión Regional de Recursos Hídricos Región de Tarapacá, Comité Público-Privado, 2005.
2. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, realizado por Cade-Idepe Consultores, 2004.
3. Impactos de las extracciones de agua subterránea en el Salar del Huasco: Caracterización hidrogeológica, evaluación de la recarga y aplicación de un modelo numérico, Acosta Orlando, DGA, 2004.
4. Conservación de la diversidad biológica y cultural del Salar del Huasco: un desafío presente y futuro, Centro de Estudios para el Desarrollo, 2004.
5. Gestión y conservación de recursos hídricos I y II región, DGA, Universidad Católica del Norte, Universidad Católica de Chile, ORSTOM (Francia), 1986-1992
6. Evaporación desde Salares, Metodología para Evaluar los Recursos Hídricos Renovables, Aplicación en las regiones I y II, Grilli Dorna-Fernández Alejandro, 1986.

Región II:

1. Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Loa, Departamento de Administración de Recursos, DGA, 2005.
2. Hidrogeología de la II región, DGA, MOP, DICTUC, División Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Área Aguas Subterráneas, 2005.
3. Informes de término de exploración de la II región, DGA, 1997-2004
4. Determinación de los derechos de aprovechamiento de agua subterránea factibles de constituir en los sectores de Calama y Llalqui, cuenca del río Loa, MOP, 2003.

5. Evaluación de los recursos hídricos sectores Calama y Llalqui, cuenca del río Loa, Departamento de Estudios y Planificación, MOP, 2003.
6. Antecedentes técnicos para fundamentar recursos de reconsideración contra rechazo de oposiciones a solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en 2003, Molina Juan, DGA, 2003.
7. Modelación hidrogeológica sector pampa Llalqui, cuenca del río Loa, Salazar Carlos, Rojas Luis, MOP, Departamento de Estudios, 2003.
8. Estudio hidrogeológico del río Loa - Sector Yalquincha junta con río San Salvador, Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Ltda. y Compañía Minera Contractual Equatorial Resources, 2002.
9. Monitoreo del acuífero de Calama: informe trimestral Septiembre a Noviembre de 2002, Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Ltda. y Compañía Minera Leonor, 2002.
10. Una aproximación al estudio integral de la contaminación del río Loa en año 2000, Román Hugo, Valdovinos Carlos, 2001.
11. Análisis de la DGA con respecto a recursos de reconsideración interpuestos por la Asociación de Agricultores del Valle de Calama a autorizaciones para el traslado del ejercicio del derecho de 2001, DGA, 2001.
12. Solicitud de declaración de agotamiento del cauce natural del río Loa y sus afluentes, Peticionario: Comunidad Atacameña San Francisco Chiu Chiu, 2000.
13. Diagnóstico del impacto ambiental de la Minería en la zona del río Loa: resultados de un diagnóstico geoambiental de la cuenca del río Loa, Fritsh, Erico, 1999.
14. Pampa Puno: aguas subterráneas / CODELCO, División Chuquicamata, Subgerencia Suministros, Dirección de Recursos Hídricos, Exploraciones Hidrogeológicas, GEOTEC BOYLES BROS, 1999.
15. Evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos para constituir derechos de aprovechamiento en las subcuencas afluentes al Salar de Atacama, II región: minuta técnica No. 60 / Ministerio 1999.
16. Proyecto hidrogeológico acuífero sector norte Salar de Atacama, Compañía Minera Riochilex, EDRA Exploración y Desarrollo de Recursos de Agua, 1997-1999.
17. Informe hidrogeológico: evaluación de la disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas, cuenca Salar de Atacama, II región / Damaris Orphanopoulos Stehr, MOP, 1998.
18. Certificados de análisis de calidad de agua del río Loa y Salar de Ascotán, Geotécnica Consultores, 1998.
19. Análisis de la oferta y demanda de recursos hídricos en cuencas críticas de Loa, Rapel y Mataquito, Arias Enrique, García Rómulo, 1996.
20. Estudio de impacto ambiental proyecto minero Collahuasi, Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi S.A., Geotécnica Consultores, 1995.
21. Análisis estudio de extracciones de agua Calama – Quillagua II región, DGA-Antofagasta, IPLA, 1995.
22. Resultados de los aforos a lo largo del río Loa entre Finca y Quillagua, DGA, 1995.
23. Análisis redes de vigilancia calidad aguas terrestres estadística hidroquímica nacional, Etapa 1era.: II región, Merino Alberto, Castillo Jorge, 1994.

24. Diagnóstico del uso y evaluación de los recursos suelo, clima y agua en comunidades étnicas de la provincia del Loa realizado para: Corporación Nacional del Cobre de Chile, DGA, 1993.
25. Sedimentos: II región, Departamento de Hidrología, IPLA, 1991.
26. Estudio de síntesis de catastros de usuarios de agua e infraestructuras de aprovechamiento, Edwards Ricardo Ingenieros, DGA 1991.
27. Catastro de usuarios de aguas de la subcuenca del río Salado, afluente del río Loa, Departamento de Estudios, DGA, 1991.
28. Catastro general de usuarios de aguas de los cauces afluentes al Salar de Atacama, Departamento de Estudios, DGA Consultores, 1991.
29. Estudio de la hidrogeología del Alto Loa, Corporación Nacional del Cobre, División Chuquicamata, Agua Ingenieros Consultores, 1987.
30. Análisis crítico de la red de medición de niveles de agua subterránea: región II, Departamento de Hidrología, DGA y Alamos y Peralta Consultores Ltda., 1987.
31. Estudio de hidrología isotópica en el área Salar de Llamara Desierto de Atacama, Peña Humberto, 1987.
32. Mejoramiento de la infraestructura de riego en el río Loa. Etapa I: Dirección de Riego, Departamento de Estudios, MOP, 1986.
33. Balance hidrológico nacional: II región, Departamento de Hidrología, DGA, 1986.
34. Análisis crítico de la red fluviométrica nacional: II región, Departamento de Hidrología, DGA, Cabrera Reggina, 1985.
35. Hidrogeoquímica del río Loa: un prototipo para el estudio de hoyas hidrográficas en el norte de Chile, Orellana Sonia, 1985.
36. Estudios de hidrología isotópica: área Salar de Llamara, Desierto de Atacama, Peña H., Orphanópoulos, Grillo A., DGA, 1985.
37. Análisis crítico de la red fluviométrica nacional: red de calidad de aguas, I y II región, Departamento de Hidrología BF Ingenieros Civiles, 1984.
38. Análisis de las crecidas en la cuenca del río Salado, Díaz Jorge, Universidad del Norte, Departamento de Geociencias, 1982.
39. Estratigrafía de las unidades sedimentarias cenozoicas de la cuenca del río Loa en la Pampa del Tamarugal, Naranjo José, Paskoff Roland, 1982.
40. Estudio hidrológico y operacional del sistema embalse Conchi - río Loa, Espíldora Basilio, Brown Ernesto, Castillo Jorge, Dirección de Riego, MOP, 1979.
41. Estudio de racionalización del área de riego del río Loa, Niemeyer Hans, Departamento de Estudios, MOP, 1979.
42. Evolución salina del río Loa, Carballo Hugo, 1979.
43. Desarrollo de los recursos de agua en el norte grande de Chile, HARZA Engineering Company Internacional, Proyecto CORFO-DGA-CCC-PNUD para la ONU, 1978.
44. Síntesis geológica de la segunda región: reconocimiento geológico de las unidades litoestratigráficas terciarias y cuaternarias de la cuenca de Calama y parte sur de la pampa del Tamarugal, MAGMA Geólogos Consultores, 1977.
45. Modelo de simulación y planificación hidrológica y de constitución química: su aplicación a la cuenca del río Loa - Provincia de Antofagasta, Mario Lingsch, CEPLA, 1975-1976.

46. Datos meteorológicos del Salar de Atacama e implicaciones técnicas, Barrios Patricio y Espinosa Carlos, CORFO, 1974.
47. Estudio de los recursos hídricos de la cuenca del río Loa, Sección Hidrología y Riego, Departamento de Obras Civiles, Universidad de Chile, 1973.
48. Geología de superficie, sub-superficie y geoquímica del Salar de Atacama, Díaz del Río Gerardo, Bonilla Ramiro, Peralta Fernando, CORFO, 1972.
49. Caracterización climatológica e hidrológica del Salar de Atacama, Ramírez Eduardo, CORFO, 1972.
50. Modelo hidrológico y de constitución química de la cuenca del río Loa, Peña Humberto, Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería, Departamento de Obras Hidráulicas, 1970.
51. Estudio de la contaminación del río Loa: entre Lequena y Calama 1967, Dirección de Riego, MOP, Hans Niemeyer, 1968.
52. Recursos hidrológicos de la Provincia de Antofagasta frente a las mayores necesidades derivadas del aumento vegetativo de la población y del crecimiento industrial de la provincia, DGA, 1967.
53. Estudio agrológico de la hoya hidrográfica del Loa, Ministerio de Agricultura Dirección General de Agricultura y Pesca Departamento de Conservación de Suelos y Aguas (DECSA), 1965-1966.
54. Anteproyecto del regadío de Calama y Chiu-Chiu: provincia de Antofagasta, MOP Dirección de Riego, 1962.

Región III y IV:

1. Transferencia del embalse Santa Juana a los regantes del río Huasco, Ministerio de Agricultura, Instituto de Desarrollo Agropecuario, Gobierno Regional de Atacama, 2005.
2. Metodología para evaluar la factibilidad de abastecimiento del recurso hídrico subterráneo, según el comportamiento actual y futuro de la demanda en el valle del río Copiapó, Orellana Lena, 2003.
3. Evaluación de los recursos hídricos subterráneos del valle del río Copiapó, Departamento de Estudios y Planificación, DGA, 2003.
4. Mapa hidrogeológico del Valle del Río Copiapó entre embalse Lautaro y Piedra Colgada, Escala 1:50.000, Región de Atacama, Aguirre Igor, Hauser Arturo, Schwerdtfeger Beate, 2000.
5. Manejo integral del recurso hídrico a nivel de cuencas: cuenca del río Huasco, CONIC- BF Ingenieros Civiles Consultores; Dirección de Riego, MOP, 1997.
6. Tendencias niveles de pozos: IV región, Departamento de Hidrología Hidrogeología, Schultz Augusto, 1997.
7. Análisis de la oferta y demanda de recursos hídricos en cuencas críticas Huasco y Elqui: Arias Enrique, Espíldora Basilio, 1995.
8. Análisis y evaluación de los recursos hídricos en el valle del río Copiapó, Cornejo Mario, Peralta Fernando, MOP, 1995.
9. Libro verde del control y fiscalización ambiental en la cuenca del río Huasco, Ministerio de Bienes Nacionales, Agencia de Cooperación Técnica Alemana GTZ, SERPLAC, Consultora Inversiones Ambientales, 1995.

10. Minuta técnica No. 03, 29 abril 1994: aguas subterráneas de la cuenca del río Copiapó, Departamento de Estudios y Planificación, DGA, 1994.
11. Sedimentos: región III, Departamento de Hidrología, DGA, IPLA, 1991.
12. Análisis del Aluvión de Mayo de 1985 del río Manflas: cuenca del río Copiapó, Peña Humberto, Escobar Fernando, Departamento de Hidrología, DGA, 1987.
13. Análisis y evaluación de los recursos hidrogeológicos valle del río Copiapó: modelación de los recursos hídricos, DGA, 1987.
14. Análisis crítico de la red de medición de niveles de agua subterránea: región III, Alamos y Peralta Consultores Ltda., 1987.
15. Estudio hidrogeológico del sector Nantoco Copiapó para el mejoramiento integral del servicio de agua potable de Copiapó, Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Ltda., 1986.
16. Informe hidrológico e hidrogeológico de la hoya del río Manflas del Copiapó estancia hacienda Manflas, INYGE Ingeniería y Geotecnia, 1985.
17. Balance hidrológico nacional: III y IV región, Vidal Fernando, Benítez Andrés, DGA, IPLA, 1984.
18. Catastro de regantes hoya río Huasco, Departamento de Estudios, DGA, 1983.
19. Análisis crítico de la red fluviométrica nacional: III - IV región, Departamento de Hidrología, DGA, BF Ingenieros, 1982.
20. Simulación del sistema de riego en el río Copiapó, Narbona Javier, Profesor guía: Ferrer Patricio, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1973.
21. Estudio de las cuencas cerradas de la Cordillera de Copiapó 1967-1968, Niemeyer Hans, Dirección de Riego, MOPT, 1968.
22. Estación río grande en Paloma Cuenca: río Limarí, Departamento de Hidrología MOP, 1961.

Otros estudios de DGA de Zona Norte:

1. Agua, derechos locales e indígenas y su interacción con la legislación nacional: estudios de casos de Chile, Ingo Gentes, 2004.
2. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, realizado por Cade-Idepe Consultores, DGA, 2004.
3. Usando el agua sin conflictos, Departamento de Estudios y Planificación, DGA, 2002.
4. Geoquímica de aguas en cuencas cerradas: I, II, III regiones, Risacher Francois, Alonso Hugo, Salazar Carlos, DGA y Universidad Católica, 1999.
5. Cálculo y análisis crítico del método de la curva número para cuencas semi-áridas de Chile, Saavedra Carlos, Profesor guía: Stowhas Ludwig, Universidad Técnica Federico Santa María, 1999.
6. Análisis del efecto del material particulado en aguas de riego I-IX región antecedentes preliminares, Sandoval Rosa, 1996.
7. Estudio análisis del mercado de recursos hídricos, INECON Ingenieros y Economistas Consultores; Dirección de Planeamiento, MOP, 1995.
8. El estudio sobre el desarrollo de los recursos de agua en la parte norte de Chile, Japan International Cooperation Agency, JICA (Japón) 1995.

9. Informe preliminar por cuencas, Peña H., Grilli A., Alfaro J., Departamento de Estudios, DGA, 1991.
10. Planos de proyectos de estaciones pluviométricas, Departamento de Hidrología, DGA, 1991.
11. Análisis crítico de la red de medición de niveles de agua subterránea: región I, II, III, IV, V, Departamento de Hidrología, DGA, 1987.
12. Evolución isotópica en ríos del norte de Chile, Aravena Ramón, Suzuki Osamu; Comisión Chilena de Energía Nuclear, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Chile, 1983.
13. Investigación de recursos hidráulicos en el norte grande CORFO-DGA-CCC-ONU, 1976-1977.
14. Hidrografía de las zonas desérticas de Chile: Investigaciones de los Recursos hidráulicos en el Norte Grande, Wulf Klohn, Programa de 1972.
15. Recursos de aguas subterráneas de la zona norte, House Herman, Dirección de Planeamiento, MOP, 1962.

8 ANEXO 3: Listado de proyectos de innovación tecnológica

A) INNOVA-CORFO

Tipo de Proyecto	Título del proyecto	Descripción	Empresa	Región	Fecha	Status
Desalinización	Planta Piloto Desalinadora, para Aprovechamiento de Agua, Sector Costero de Arica	Aguacor S.A., Es una empresa dedicada principalmente a la producción, distribución y comercialización de agua para consumo domestico E Industrial. También se dedica al tratamiento de los residuos de agua. El proyecto consiste en la instalación de una Planta Piloto Desalinadora, para aprovechamiento de agua, sector costero de Arica.	Aguacor S.A.	I	10/05/94	Terminado
	Diseño Y Construcción de un Sistema de Recuperación de Energía de Alta Eficiencia para Sistemas de Desalinización de Agua de Mar por Osmosis Inversa	El proyecto pretende desarrollar la ingeniería y construcción de un sistema prototipo de recuperación de energía asociado a una planta de osmosis inversa, con capacidad para producir 100.000 litros de agua dulce.	Jack Stern y Cia. Ltda	XIII	06/03/00	Terminado
	Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas y Recuperación de Aguas, mediante proceso de Desalación con Energías Renovables		Carlos Bordoli	III	28/03/07	Evaluación
Uso Eficiente de Agua	Tecnologías Innovativas Recirculación de Aguas		Fundación Chile	XIII	13/03/06	Formalización
	Sistema de Ahorro de Agua Potable			XIII	09/05/06	Formalización
	Nodo Tecnologías de Tratamiento de Efluentes y Uso Eficiente de Aguas		Fundación Chile	III	18/10/06	Ejecución
	Optimización del Uso de Agua de Riego para el mejoramiento de la Calidad y Productividad en Olivo		Olivares De Quepu S.A.	VII	01/03/07	Evaluación
	Evaluación Sistema de Riego Tecnificado a partir de la Captación y Utilización de Aguas Subterráneas	El proyecto consiste en implementar un sistema de riego tecnificado, mediante captación y uso de aguas subterráneas; su carácter innovativo se basa en la no existencia, en la región, de obras de riego a partir de la captación y utilización de aguas subterráneas	Sociedad Cañón Pérez Y Compañía Ltda.	XII	09/08/94	Terminado

Tipo de Proyecto	Título del proyecto	Descripción	Empresa	Región	Fecha	Status
Tratamiento de Aguas	Incorporación de Nueva Tecnología para la Recuperación a Proceso de Aguas Industriales que Actualmente se Descartan	El proyecto consiste en aplicar conceptos de electroquímica en las aguas de descarte del proceso de fundición de refino del cobre para eliminar sustancialmente el elemento arsénico y volver a utilizar sobre el 90% a 95% de las aguas de descarte.	Fundición Refimet S.A.	II	29/07/98	Terminado
	Tratamiento y Recuperación de Aguas de las Piscinas de Evaporación de Minera Rayrock		Minera Rayrock	II	03/03/99	Terminado
	Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales Provenientes de la Industria Pisquera de Alto del Carmen, Capel, Región De Atacama.	El proyecto busca reducir el contenido de materia orgánica de las aguas residuales en, al menos, un 90% disminuyendo notoriamente el impacto de las descargas sobre la comunidad y su entorno.	Cooperativa Agrícola Pisquera Elqui Ltda	IV	11/11/99	Terminado
	Bioproceso para la Eliminación de Arsénico de los Residuos de Plantas de Tratamiento de Agua de la Macro Zona Norte	El proyecto trata del desarrollo de un proceso biotecnológico alternativo, más económico y más eficiente que el actual ocupado, para eliminar el arsénico de los lodos residuales generados durante el tratamiento de agua dulce.	Aguas de Antofagasta S.A.	II	02/07/04	Ejecución
Otros	Gestión Integrada De Aguas Y Valorización Territorial	El proyecto se enmarca en el contexto de programa territorial integrado del Limarí, de CORFO, el cual tiene como objetivo general desarrollar un programa territorial en la cuenca del Limarí, que promueva y apoye el manejo integrado de aguas.	Universidad de la Serena	IV	12/08/05	Ejecución
	Red Inteligente de Información para la Gestión Ambiental del Borde Costero y de Aguas Interiores (Riigaboc)		Segic Usach Ltda.	XIII	15/09/06	Ingreso
	Diseño Y Fabricación De Un Prototipo De Equipo Desmontable Para La Perforación De Pozos De Agua		Riveros y Pavéz Ltda.	XIII	16/01/07	Evaluación
	Reingeniería del Servicio de Asesoría en Derechos de Agua y Áreas de Exploración		Sitac S.A.	XIII	03/01/94	Terminado
	Aumento de Calidad y Post-Cosecha en Uva de Mesa por medio de la regulación de Salinidad y Ph del Agua de Riego		Grupo Cachapoal Ltda	VI	04/09/98	Terminado

Fuente: CORFO

	Título del proyecto	Convocatoria	Institución	Región	Fecha	Status
Proyectos Línea Interés Público	Centro para el Desarrollo de Tecnologías de Explotación Sustentable de Recursos Hídricos en Zonas Áridas (Ceitsaza)	Universidad Católica Del Norte	Universidad Católica del Norte	II	-	Revisado
	Creación del Instituto Internacional de Tecnología del Agua	Universidad Técnica Federico Santa María	Jack Stern y Cia. Ltda	V	-	Revisado
	Tecnologías Innovativas para la Recirculación del Agua y Tratamientos de Efluentes en Procesos Mineros usando Zeolitas naturales chilenas	Fundación Chile	Carlos Bordoli	II	27/12/04	Vigente
	Optimización de Sistemas de Riego en las Cuencas Copiapó y Huasco.	CIREN	Fundación Chile	III	21/12/04	Vigente
	Riego. Innovación y Cambios Tecnológicos en el Uso Racional del Agua de Riego y Fertilización en la Optimización del Manejo de Parronales en el Valle de Copiapó	Universidad de Chile		III	24/12/04	Vigente
	Factibilidad del Uso de Embalses Menores para Aumentar Seguridad de Riego. Área de Estudio Valles de la Ligua y Petorca.	Ciren	Fundación Chile	V	17/11/05	Vigente
	Sistema Interactivo de Apoyo al Riego en la Provincia del Limarí, Limarí.	INIA	Olivares de Quepu S.A.	IV	27/12/05	Vigente
	Desarrollo de un Modelo de Gestión Integral para el Resguardo de la Calidad de las Aguas en las Cuencas de Huasco, Limarí Y Choapa	INIA	Sociedad Cañón Perez y Compañía Ltda.	III, IV	-	Revisado

Fuente: CORFO

B) Proyectos FONDEF en Relación a Tema Aguas

Tipo de Proyecto	Título del proyecto	Descripción	Institución	Año Inicio	Duración
Tratamiento de Aguas	Desarrollo de un Proceso de Biorremediación de Aguas para la Industria Minera y Manufacturera	El objetivo es desarrollar un proceso de biorremediación para descontaminar aguas aplicable a la industria minera y manufacturera, mejorando y escalando el sistema de remoción biológica de metales pesados mediante bacterias, en el que la inmovilización de la biomasa se realiza empleando la capacidad espontánea de las bacterias para formar biopelículas sobre soportes sólidos inertes.	Davor Cotoras/ Universidad de Chile	2001	48 meses
	Transferencia de Tecnología de Proceso de biorremediación de aguas para la industria minera y manufacturera, 1era. y 2da. fase	El objetivo transferir al sector privado una planta de biorremediación de agua basado en la remoción biológica de metales pesados mediante bacterias.	Davor Cotoras/ Universidad de Chile	2004	27 meses
	Recuperación de Aguas Servidas mediante el Sistema de Tratamiento Suelo-Acuífero	En el proyecto se contempla evaluar la viabilidad de usar la metodología denominada SAT (soil-aquifer treatment) en nuestro país, infiltrando efluentes de tratamiento primario y secundario en el subsuelo.	Ernesto Brown/ Universidad de Chile	1997	37 meses
	Bioprecipitación de Arsénico en Aguas de Desecho de Empresas Sanitarias y Mineras	El objetivo general del proyecto es el desarrollo de biotecnologías para la recuperación de agua desde descartes de empresas potabilizadoras y relaves de empresas mineras de la II región.	Cecilia Demergasso/ Universidad Católica del Norte	1999	28 meses
Calidad Agua	Desarrollo de Prototipo para Monitores de Parámetros de Calidad de Efluentes Líquidos contaminantes	El objetivo es mejorar la eficiencia, efectividad y disminuir los costos de los instrumentos y sistemas de vigilancia y control ambiental, mediante la transferencia, adaptación, innovación e integración de las tecnologías genéricas de monitoreo basadas en sensores y biosensores.	Raul Galindo/ Universidad Técnica Federico Santa María	2000	50 meses

Tipo de Proyecto	Titulo del proyecto	Descripción	Institución	Año Inicio	Duración
Calidad Agua	Desarrollo de un Modelo de Calidad del Agua en Ríos para la Evaluación de los Efectos de los Efluentes y de las Modificaciones en el Caudal	En el proyecto se propone desarrollar un modelo predictivo de calidad de aguas acoplado a un sistema de información geográfico (SIG), que permita estimar el efecto de un proyecto productivo que utilice el recurso hídrico ya sea extrayendo agua y/o evacuando efluentes sobre la capacidad de carga de un sistema fluvial. El SIG permitirá manejar los datos espacialmente y el despliegue de la información de base y los resultados.	Oscar Parra/ Universidad de Concepción	2000	39 meses
Otros	Microbiología Aplicada a Técnicas y procesos Biotecnológicos en el Sector Productivo de la Macro-Zona Norte.	El proyecto tendrá por objetivo transferir venta de servicios de análisis, asistencia técnica, capacitación y la capacidad y desarrollos tecnológicos alcanzados durante la ejecución del proyecto U. Católica del Norte – U. de Chile – FONDEF: "bioprecipitación de arsénico en aguas de desecho de empresas sanitarias y mineras". La idea es poner en el mercado biosensores y biotratamiento de lodos arsénicos y técnicas para su utilización durante el segundo trimestre de 2002.	Cecilia Demergasso Universidad Católica del Norte	2001	18 meses
	Tecnologías de Manejo de Agua para una Agricultura Intensiva Sustentable	El proyecto tiene como propósito realizar la evaluación integral de los sistemas de riego, la contaminación del recurso hídrico y del suelo y proponer medidas correctivas y de mejoramiento en una cuenca que posee condiciones de borde bien definidas y tiene una superficie adecuada de gran producción agrícola, como es el valle de peumo (sector peumo - las cabras) de la cuenca del Cachapoal, desarrollando mejoras tecnológicas en riego que consideren aspectos de eficiencia de uso de agua, energía y componentes contaminantes.	<u>Eduardo Holzapfel / Universidad de Concepción</u>	2002	53 meses
	Módulos Interconectados de Medición de Cantidad y Calidad de Agua para la Gestión de un Sistema de Regadío	El proyecto pretende construir un sistema de módulos sensores interconectados en una red de comunicación, que permita un efectivo control del agua en el sistema de regadío del tranque	Domingo Vega /Universidad de la Serena	1999	27 meses

		<p>recoleta, mediante un sistema de información centralizado, manteniendo actualizado el valor de variables de cantidad y calidad del agua y que provea de una alerta permanente de pérdidas y contaminación en los canales; y desarrollar el software para el sistema de información de la entrega del recurso hídrico, con comunicación en línea a un servidor central y de páginas web, disponible para cualquier usuario de internet. El sistema permitirá al agricultor usar la información del sistema centralizado en su gestión operativa, para optimizar el uso del agua en el predio.</p>			
--	--	---	--	--	--

Fuente: www.fondef.cl