



**GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

**PLAN ANUAL DE EVALUACION
DE FUENTES DE AGUAS**

INFORME FINAL

REALIZADO POR:

DIVISION DE ESTUDIOS Y PLANIFICACION

S.D.T. N° 297

Santiago, Abril-2010

INDICE

1	ANTECEDENTES GENERALES	3
2	OBJETIVOS Y ALCANCE	4
2.1	OBJETIVOS	4
2.2	ALCANCE.....	4
3	IDENTIFICACION DE INICIATIVAS	5
3.1	ACUÍFEROS CON ESCASA INFORMACIÓN Y BAJA EXPLOTACIÓN	5
3.2	CUENCAS CON CIERTO NIVEL DE EXPLOTACIÓN Y CRITICIDAD MEDIA.....	9
3.3	ACUÍFEROS CON ALTO NIVEL DE EXPLOTACIÓN	13
3.4	SISTEMAS SUJETOS A MONITOREO DERIVADO DE CONDICIONAMIENTOS	15
4	SINTESIS	18
5	PLAN DE TRABAJO AÑO 2010	19

1 ANTECEDENTES GENERALES

Como parte de las funciones que le asigna el Código de Aguas a la Dirección General de Aguas, tanto en lo que respecta a la asignación de derechos de aguas como en lo referente a la planificación del recurso hídrico, se han realizado estudios de evaluación del recurso hídrico, tanto en la componente superficial como subterránea.

En materia de aguas subterráneas estos estudios han sido la base para establecer disponibilidad en los acuíferos y para análisis de solicitudes de derechos de agua para satisfacer las demandas agrícolas, mineras, sanitarias, industriales, etc. Cabe hacer presente que también, y derivado de solicitudes de derechos de aprovechamiento los mismos interesados en su obtención, han realizado estudios específicos frecuentemente de carácter local, que también aportan al conocimiento de la disponibilidad en los acuíferos.

Por otra parte, con fines de gestión y planificación indicativa se han desarrollado estudios con un alcance de carácter regional que en la mayoría de los casos, utilizan la información levantada por los estudios anteriores, pero que también en algunos casos generan información complementaria sobre las características de los acuíferos y que suman al conocimiento general de los acuíferos.

Por su parte y con fines de evaluación ambiental se han desarrollado estudios específicos de aguas subterráneas de distinta naturaleza y detalle, para distintos casos dentro del proceso de evaluación se ha establecido condicionantes que han implicado compromisos de monitoreo y/o seguimiento, similares a casos asociados a el otorgamiento de derechos donde en forma similar se establecen planes de monitoreo con fines de alerta temprana.

Los procedimientos de evaluación y otorgamiento de derechos en los acuíferos del norte del país han mostrado que en general es muy complejo prever impactos ambientales. Una planificación adecuada de las cuencas puede conducir a un nivel de explotación cuyos mecanismos aseguren la protección del patrimonio ambiental. Existen una serie de cuencas que no presentan explotación alguna, que conforman zonas de alto valor ambiental, y sobre las cuales es esperable explotaciones futuras

Este es el caso, sobretodo, de los acuíferos del norte y en particular los del altiplano de Tarapacá y Antofagasta.

Por otra parte, existen una serie de solicitudes en. Responder a las solicitudes requiere en estos casos evaluar la recarga y el balance de agua en base a la mejor información disponible. En estos casos no existen zonas de alto valor ambiental. Se identifica entonces un segundo tipo de proyecto, consistente en la Evaluación de la recarga a partir de la estimación de un balance hídrico con la mejor información disponible. Este es el caso, sobretodo, de los acuíferos del sur del país. En el caso de los. Se identifica entonces otro tipo de proyectos, que consiste en la evaluación de las fuentes de aguas con alta explotación. Finalmente se identifica la necesidad de realizar proyectos.

2 OBJETIVOS Y ALCANCE

2.1 Objetivos

El objetivo central es establecer un marco general a partir del cual se formule un programa de carácter indicativo para la mejora del conocimiento de los recursos subterráneos del país con un horizonte de 4 años.

Como objetivo específico se establece la formulación de un plan de acción para el año en curso, a partir de las prioridades que se asignan y la disponibilidad presupuestaria.

2.2 Alcance

En este plan de trabajo, se ha seleccionado el tipo de estudio por acuíferos de acuerdo a las necesidades de la DGA. Con esto se toman en cuenta las características particulares de cada acuífero, el nivel de explotación actual y futura de la fuente, el grado de interacción con zonas sensibles, los tipos de instrumentos de gestión de los acuíferos (área de restricción o prohibición) y el tipo de seguimiento hidrológico y/o ambiental cuando existe.

Este plan de actividades define el programa de trabajo 2010 de los estudios de acuíferos a realizar, priorizando según las necesidades de la DGA, y la planificación de los proyectos a un plazo de 4 años.

Las actividades se dividen esencialmente en tres tipos, estudios de evaluación; investigación aplicada de procesos hidrológicos y monitoreo de aguas subterráneas.

El presente plan de estudios de acuíferos es un documento orientador, que permitirá establecer un programa de trabajo en plazos razonables y realizables acorde a las capacidades actuales.

El plan plantea un marco general sobre la base del cual, año a año puede efectuarse un ajuste en función de la situación existente, considerando situaciones emergentes; a partir de esto se prevé la formulación de un plan de acción inmediato a partir de la revisión de prioridades, recursos humanos y financieros disponibles.

Dado lo anterior a partir del presente documento técnico, debe generarse una propuesta de plan de acción anual, que no necesariamente forma parte integrante de este; sin embargo para los fines prácticos se integra a este en Anexo Plan de Acción 2010.

3 IDENTIFICACION DE INICIATIVAS

El plan establece una clasificación de las iniciativas según las necesidades de conocimiento:

Tipo 1 (T1): Acuíferos con escasa información y baja explotación

Tipo 2 (T2): Cuencas con cierto nivel de explotación y criticidad media

Tipo 3 (T3): Acuíferos con alto nivel de explotación

Tipo 4 (T4): Sistemas sujetos a monitoreo derivado de condicionamientos

3.1 Acuíferos con escasa información y baja explotación

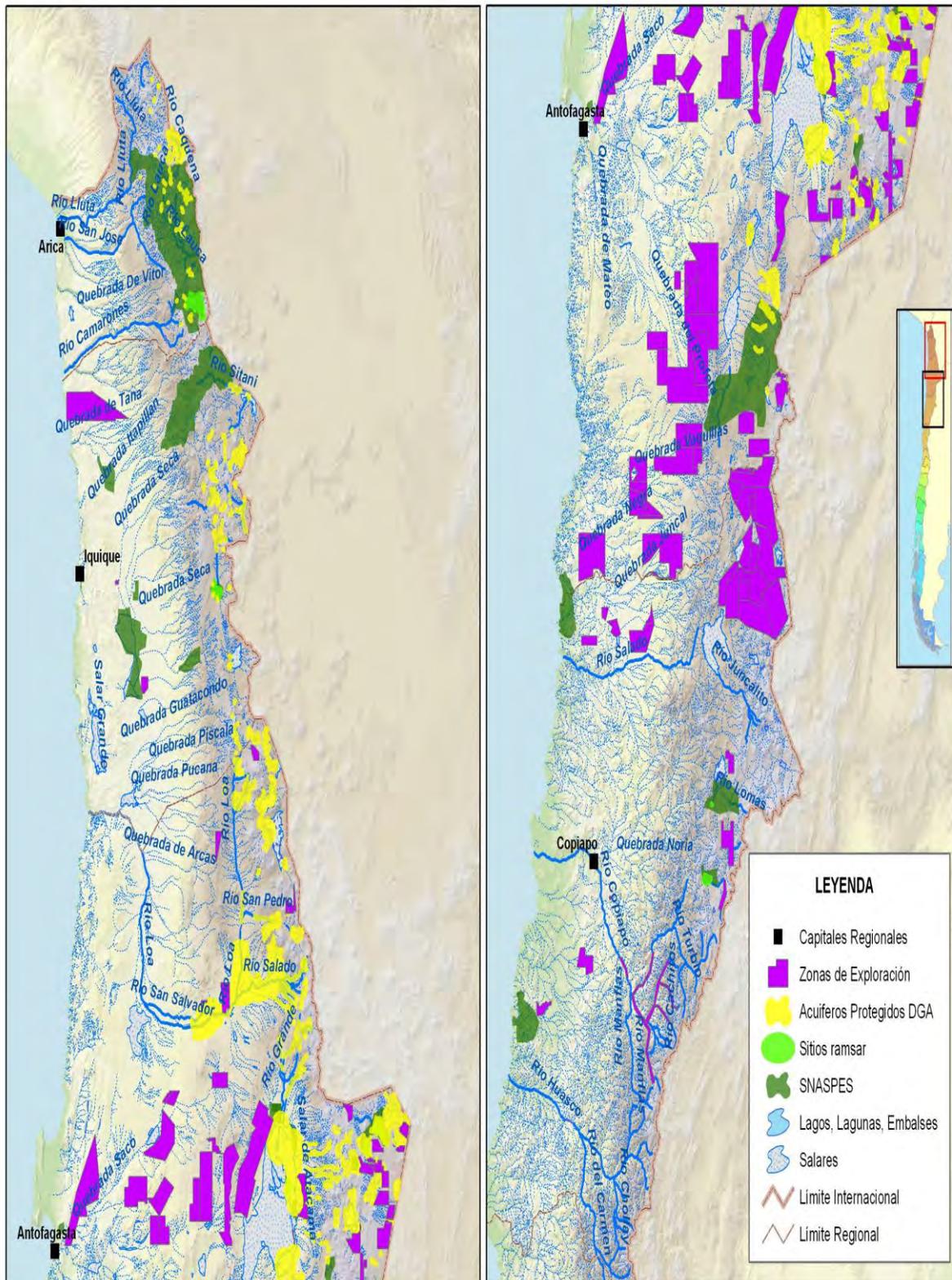
En la zona altiplánica, existe una serie de cuenca que no presentan explotación alguna y que poseen un alto valor ambiental con sistemas de alta fragilidad como lagunas, vertientes, vegas y bofedales, donde se espera futuras solicitudes de explotación de agua subterránea.

Los acuíferos del norte del país debido a una condición climática árida a semiáridas, poseen dinámicas hidrológicas con alta variabilidad espacial y temporal. Esto se traduce en disponibilidades de agua de órdenes de magnitud y oportunidad muy disminuidas, en términos cuantitativos, respecto del sur del país. Por ejemplo, las mayores recargas a los acuíferos de la zona norte se producen durante un breve lapso de tiempo, que no involucra más que algunos días, y por eventos de precipitaciones de frecuencia igual o menor a 10 años. Consecuentemente, los sistemas hidrológicos existentes y el entorno asociado, presentan una variabilidad o fluctuaciones significativas dentro del marco de balances hídricos de baja cuantía o magnitud.. Este régimen se traduce en una importante fluctuación natural de la condición hidrológica de los acuíferos, debiéndose agregar que dado que el balance implica flujos de baja cuantía, existe una importante cuota de incertidumbre en la cuantificación de la recarga o disponibilidad, sumando a esto que en varias cuencas no existe información o es insuficiente tanto en lo referente a parámetros hidrológicos como a aspectos hidrobiológicos.

En general y dado que no existe explotación, el conocimiento e información de estos sistemas es relativamente pobre.

La identificación inicial de los acuíferos que caben en esta clasificación se hace sobre la base de la información de los permisos de exploración de agua subterráneas en aquellas zonas sin explotación y las zonas protegidas y/o acuíferos protegidos que alimentan vegas y bofedales; en la figura siguiente se muestra en forma sintética lo señalado.

Figura 1. Información de base para identificación tipo T1



Por esta razón, este tipo de evaluación busca caracterizar de manera básica este tipo de sistemas donde es esperable una explotación futura.

Los estudios a desarrollar buscan aportar con antecedentes generales inicialmente, siguiendo con estimación de recarga en forma simplificada y posteriormente, con más información, evaluaciones más detalladas. De esta forma es posible abordar un proceso gradual que permita asegurar sustentabilidad de largo plazo. Por su parte, teniendo presente que la característica indicada para estos sistemas les confiere una alta fragilidad, surgirán condicionantes ambientales que deberán ser consideradas desde las etapas iniciales de decisión, es decir no solo en la fase de evaluación ambiental de los proyectos.

De lo anterior surge entonces la necesidad de disponer de antecedentes técnicos para disminuir la incertidumbre. Dentro de algunos estudios que caben en esta categoría están por ejemplo:

Desarrollo de metodologías para estimación de recarga

Instalación de estaciones de monitoreo

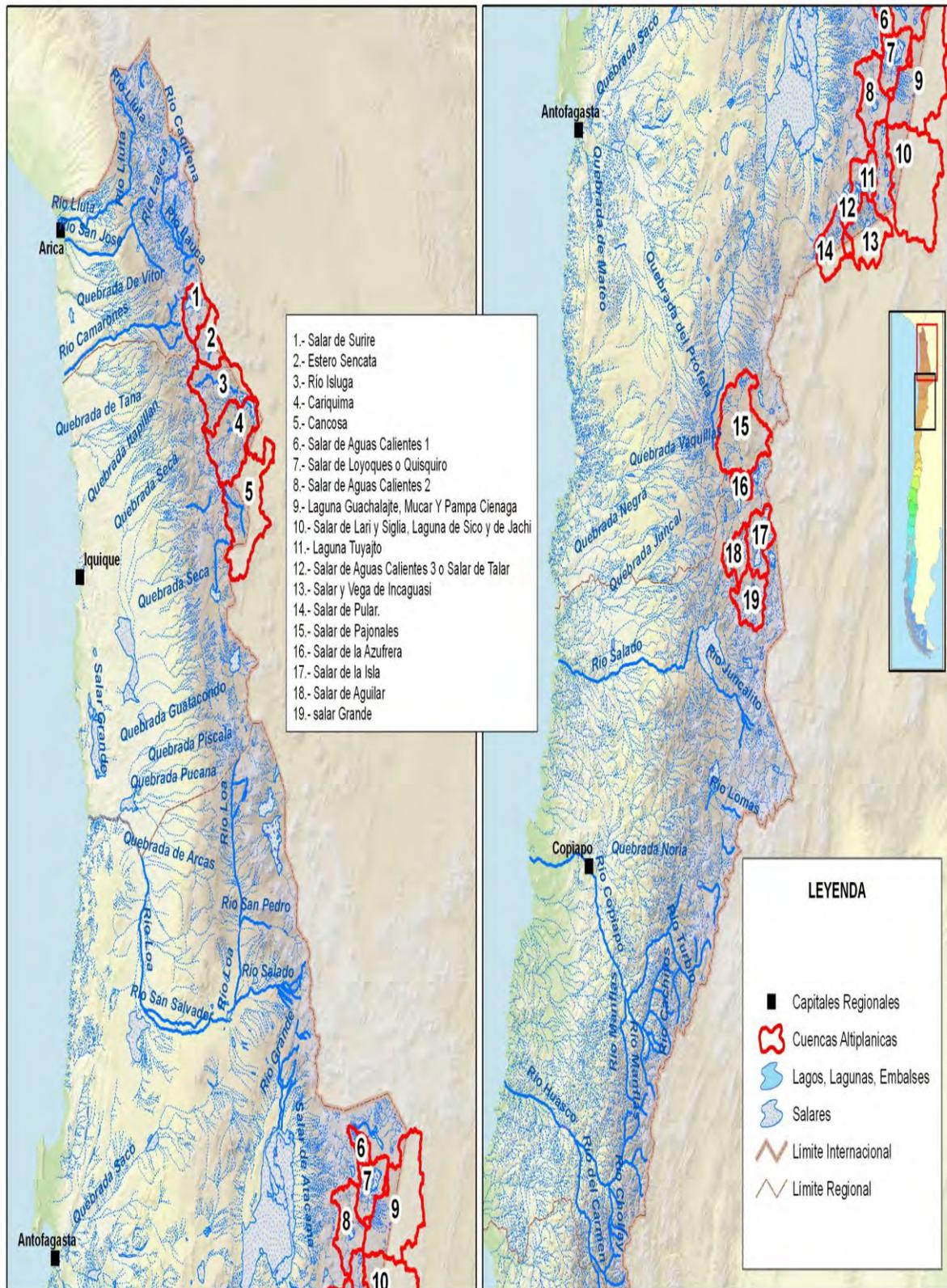
Investigación de procesos hidrológicos relevantes (incluyendo mediciones de evaporación, precipitaciones, caracterización de recargas preferenciales

Caracterización geológica e hidrogeológica general,

Estudio de demanda hidro-ambiental en puntos localizados

Los acuíferos que se muestran en la figura 2, son los que, en forma referencial, resulta más relevante desarrollar estos estudios, ya que han sido determinados analizando la información de permisos de exploración ubicados en zonas que influyeran potencialmente vegas y bofedales.

Figura 2. Identificación de acuíferos tipo 1.



3.2 Cuencas con cierto nivel de explotación y criticidad media

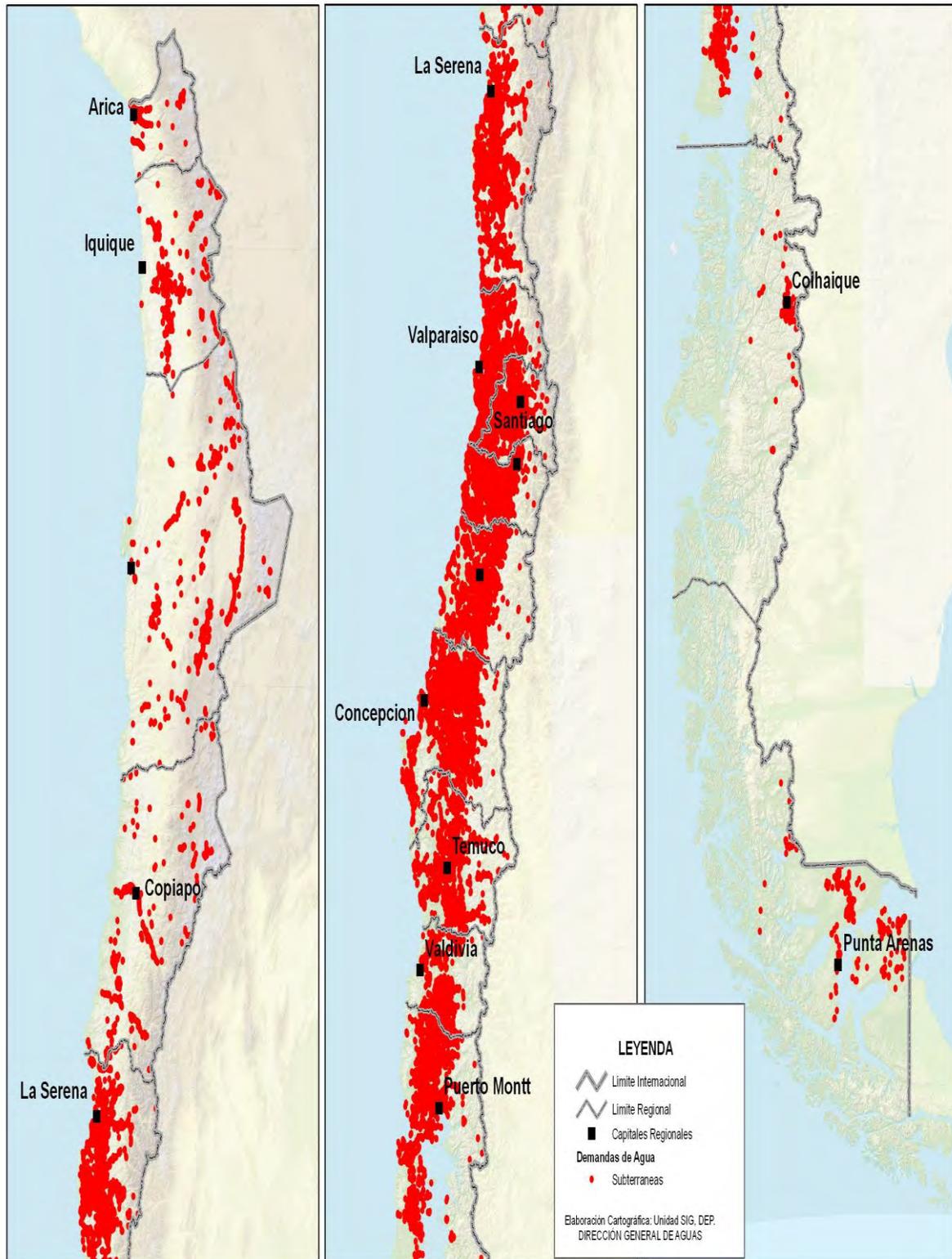
Algunas de las cuencas del país han avanzado en el otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas sobre la base de un análisis local, que involucra la evaluación de la disponibilidad a nivel de la fuente, a través de una prueba de bombeo. Este procedimiento resulta muy válido para acuíferos que presentan montos de explotación de una cuantía baja o moderada, en relación con la magnitud de los flujos de la cuenca – que se pueden verificar a partir del balance hídrico (DGA-1987); dentro de esta categoría se incluyen aquellos donde no existen potenciales impactos ambientales producto de la actual de aguas subterráneas, ya que no existen zonas de alto valor ambiental o el potencial efecto es poco significativo dado que el monto de explotación es bajo en proporción a la recarga potencial.

Este tipo de evaluaciones, denominados estudios tipo T2, requieren de la determinación de un balance hídrico, en que se puedan interpretar los montos de recarga de estos acuíferos; este proceso puede enfocarse a través de un proceso gradual de conocimiento de forma de disponer de elementos de juicio para la asignación del recurso a partir de un criterio conservador.. Esto último, con el fin de establecer un umbral superior para el otorgamiento de derechos de agua subterránea y asegurar en el largo plazo una condición sustentable para el acuífero y garantizar la explotación autorizada a terceros.

La metodología para la clasificación de los acuíferos ha sido revisar la información de la demanda por derechos de agua y seleccionar aquellos acuíferos que para la tramitación de la demanda pendiente requieren de una evaluación de la recarga. Dentro de los sistemas que cumplen con estas características, se tiene los acuíferos de la zona norte, principalmente en acuífero de Salar de Llamara en la región de Tarapacá y los acuíferos de Sierra Gorda, Salar de Imilac y Quebradas de Caya y Chara en la región de Antofagasta. Estos acuíferos se caracterizan por tener montos de recargas variables y de baja magnitud. La demanda de estos sistemas puede llegar a ser del orden de magnitud de la recarga, por lo que estas fuentes requerirán de una evaluación que en definitiva permita acotar la incertidumbre asociada a recargas de baja cuantía.

Por otra parte están los acuíferos de la zona sur, en las regiones del Maule, Bio-bio, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos. Estos acuíferos presentan crecientes demandas de agua subterráneas, sin embargo, presentan montos de recarga altos y de tasas de renovación que permiten que los volúmenes se completen anualmente. En general, a escala global, estos acuíferos se manifiestan sin problemas para satisfacer la explotación de agua subterránea. Este tipo de acuíferos requiere de conocer el balance hídrico general, que permita una primera identificación del balance a objeto de avanzar en el otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas; establecer un diseño de una red de monitoreo de niveles de agua subterránea, e iniciar los levantamientos básicos para disponer de los elementos que permitan en una fase posterior evaluar con más detalle la disponibilidad que permita sostener explotaciones de largo plazo. En la Figura 3 es posible observar la ubicación espacial de la demanda en las distintos acuíferos de la zona Norte y Sur, el tamaño de los puntos de demanda solo es de carácter referencial y no guarda relación con la escala del mapa.

Figura 3. Información de base para acuíferos tipo 2 (T2).



La calidad de la información es heterogénea y de alguna manera responde a necesidades locales relacionadas con el desarrollo de proyectos específicos.

Por ejemplo, para el caso de Salar de Llamara y Sierra Gorda, la información se encuentra en un nivel bastante más avanzado y por ende se requiere de un análisis sobre la base de la aplicación de criterios establecidos para la asignación en términos cuantitativos y de afecciones.

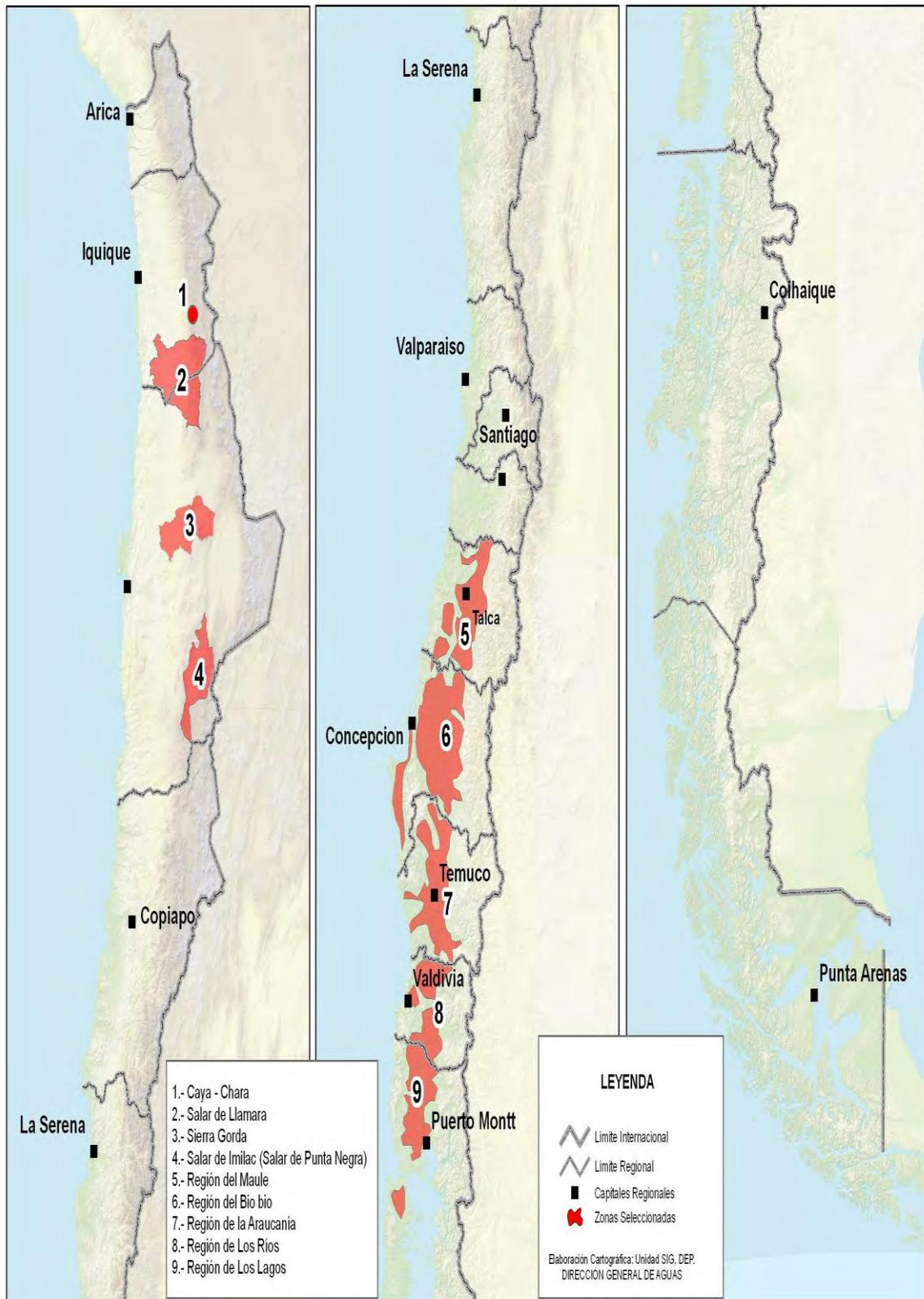
Por otra parte en el caso del salar de Imilac y Quebrada Chara - Caya, la información hidrológica e hidrogeológica es más limitada y requiere ser generada, en casos de este tipo es recomendable considerar una evaluación preliminar con un enfoque simplificado, que posteriormente se va afinando sobre la base del levantamiento de información específica.

En la zona sur, es decir entre la VII y X Regiones, el conocimiento es más bien escaso; cabe señalar que existen algunos estudios, tanto en la VII, VIII y X regiones, que entregan un panorama general. Sin embargo se requiere avanzar en la caracterización básica, establecimiento de control de niveles; actualización de la demanda; de la misma forma se estima necesario establecer un enfoque gradual que permita establecer un primera aproximación del balance que posteriormente puede ser afinado por sectores en función de la concentración de la demanda.

Cabe hacer presente que existen algunos avances en materia de aguas subterráneos; tal es el caso de la cuencas del río Maule donde a partir de un estudio exploratorio, estudios relacionados con el plan director de la cuencas y otras iniciativas permiten disponer de ciertos elementos que permitan conocer someramente los acuíferos; del mismo modo existen algunas iniciativas en la VIII y X regiones.

En la Figura 4, que se muestra a continuación, se resume en forma referencial, el listado de acuíferos con demanda pendiente, de acuerdo al número de expedientes, número de pozos, caudal y porcentaje de antigüedad de expedientes.

Figura 4. Delimitación de acuíferos tipo 2 (T2)

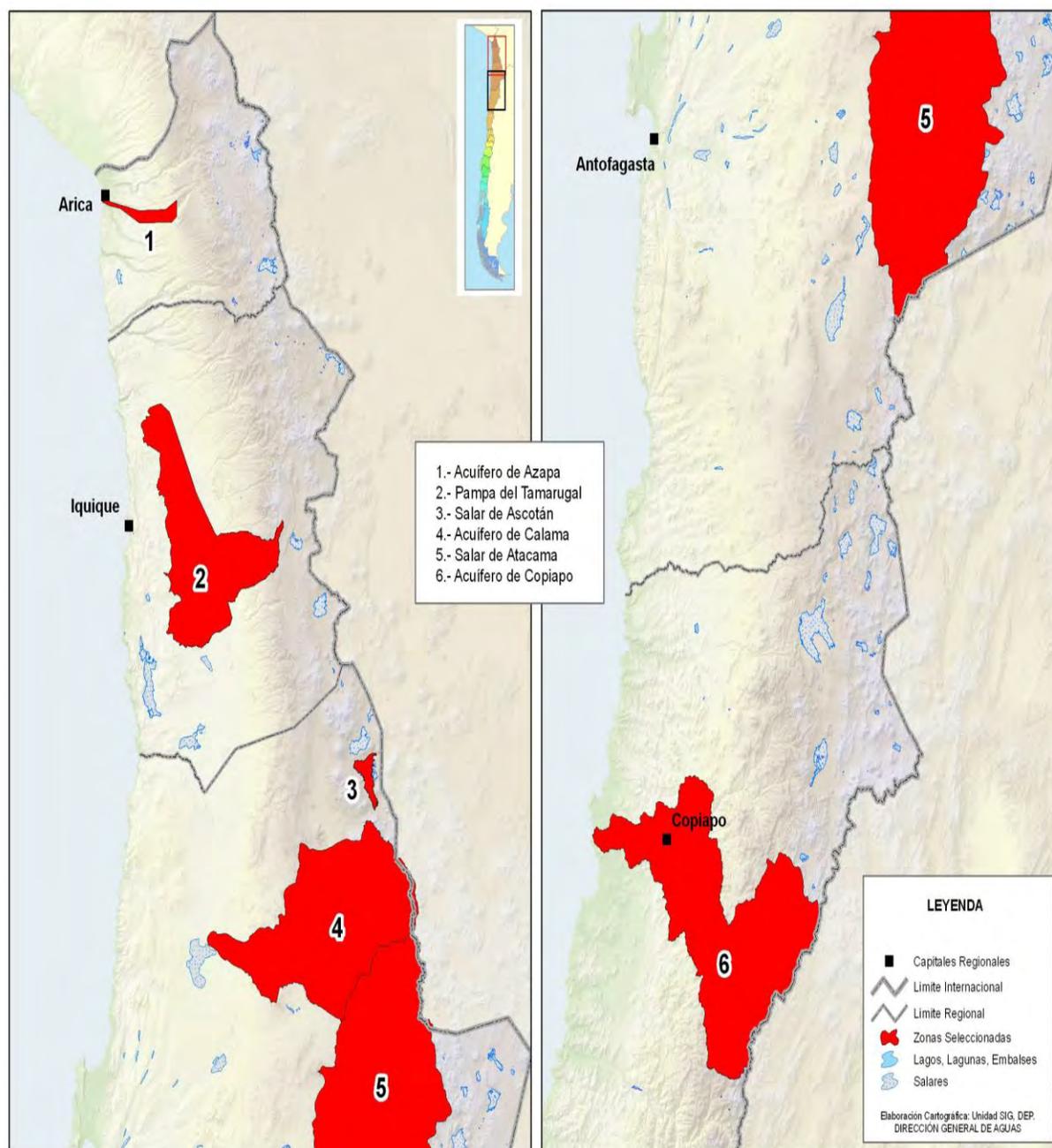


3.3 Acuíferos con alto nivel de explotación

Existe un número importante de cuencas, localizadas principalmente en la zona norte del país, que presentan una alta explotación de aguas subterráneas, a las cuales se les ha denominado del tipo 3 (T3). En estos sectores el otorgamiento de nuevos derechos puede generar afectación sobre derechos de terceros o impactos ambientales en zonas de alto valor ambiental. En general, en estas zonas no es posible el otorgamiento de nuevos derechos de agua en carácter de definitivos y/o provisionales, dado que se encuentran al límite de la explotación.

En esta categoría se encuentran aquellos sectores que han sido declarados como cerrados para el otorgamiento de nuevos derechos, ya sea por disponibilidad, afectación de derechos de terceros, por afectación de zonas sensibles, etc. Por lo anterior estos sistemas requieren una revisión en detalle y disponer de herramientas de apoyo, técnicamente fundadas, para buscar formas de gestión que permitan una mejor explotación en un horizonte de largo plazo. En la figura siguiente se muestran los acuíferos que en principio, atendida la dinámica propia de estos, corresponden a los del tipo 3.

Figura 5. Identificación acuíferos tipo 3 (T3).



Para el análisis de este tipo de acuíferos, se requiere el desarrollo de modelos de gestión, que permitan modificar o flexibilizar la forma de uso actual de extracción del recurso; a objeto de buscar lograr sustentabilidad de largo plazo a las extracciones, o bien, buscar la forma de incorporar el desarrollo y puesta en marcha de nuevos proyectos.

Este tipo de estudios apunta a integrar tanto, la información desarrollada en los estudios de evaluación de recursos hídricos desarrollados por la DGA, como evaluaciones de impacto ambiental presentados por las empresas.

Los sectores que se identifican en forma directa dentro de esta categoría corresponden a Valle e Azapa; Pampa del Tamarugal; Salar de Atacama; rio Copiapó

3.4 Sistemas sujetos a monitoreo derivado de condicionamientos

Existen acuíferos con explotación intensiva, actual o prevista, acorde a derechos otorgados. En ellos atendido el alto nivel de explotación, la existencia de zonas sensibles desde el punto de vista ambiental; derechos constituidos a distintos actores y un nivel de incertidumbre relevante debido a que el sistema se encuentra con un alto “stress”.

Lo anterior ha motivado que la constitución de derechos de aguas establezca un conjunto de condicionantes que son gestionadas a través de un seguimiento específico, que obliga a implementar medidas correctivas cuando no se cumplan las condiciones establecidas. Este tipo de seguimientos se requieren principalmente en la zona norte de Chile y se han denominado Plan de Alerta Temprana (PAT)

Un PAT tiene como objetivo realizar el pronóstico, seguimiento, evaluación y verificación de los efectos o impactos previstos al momento de otorgar un derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas por medio de la definición de indicadores que permitan evaluar en el tiempo el grado de cumplimiento de los efectos o impactos previstos, corrigiendo en los casos de exceso, a través de adecuar o ajustar la explotación de aguas subterráneas en un determinado acuífero, a condiciones tales que no signifiquen excederse sobre los efectos máximos admitidos o autorizados.

Asimismo normalmente en los mismos sistemas, dentro del marco del sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA), a través de una resolución de calificación ambiental (RCA), se establece los umbrales de explotación de agua subterránea, y las medidas de compensación y mitigación de los potenciales impactos.

En síntesis en este tipo de acuíferos se han establecido umbrales ambientales que condicionan la explotación de los acuíferos a través de estos 2 tipos de instrumentos.

En ellos se ha establecido la necesidad de sistematizar y procesar la información generada con el objeto lograr un seguimiento más oportuno y a su vez aprovechar la información para la mejora de los criterios e hipótesis técnicas de trabajo, por ejemplo modelos de simulación, para la evaluación de disponibilidad. Los estudios o labores incluidas en esta parte se han denominado estudio tipo 4 (T4).

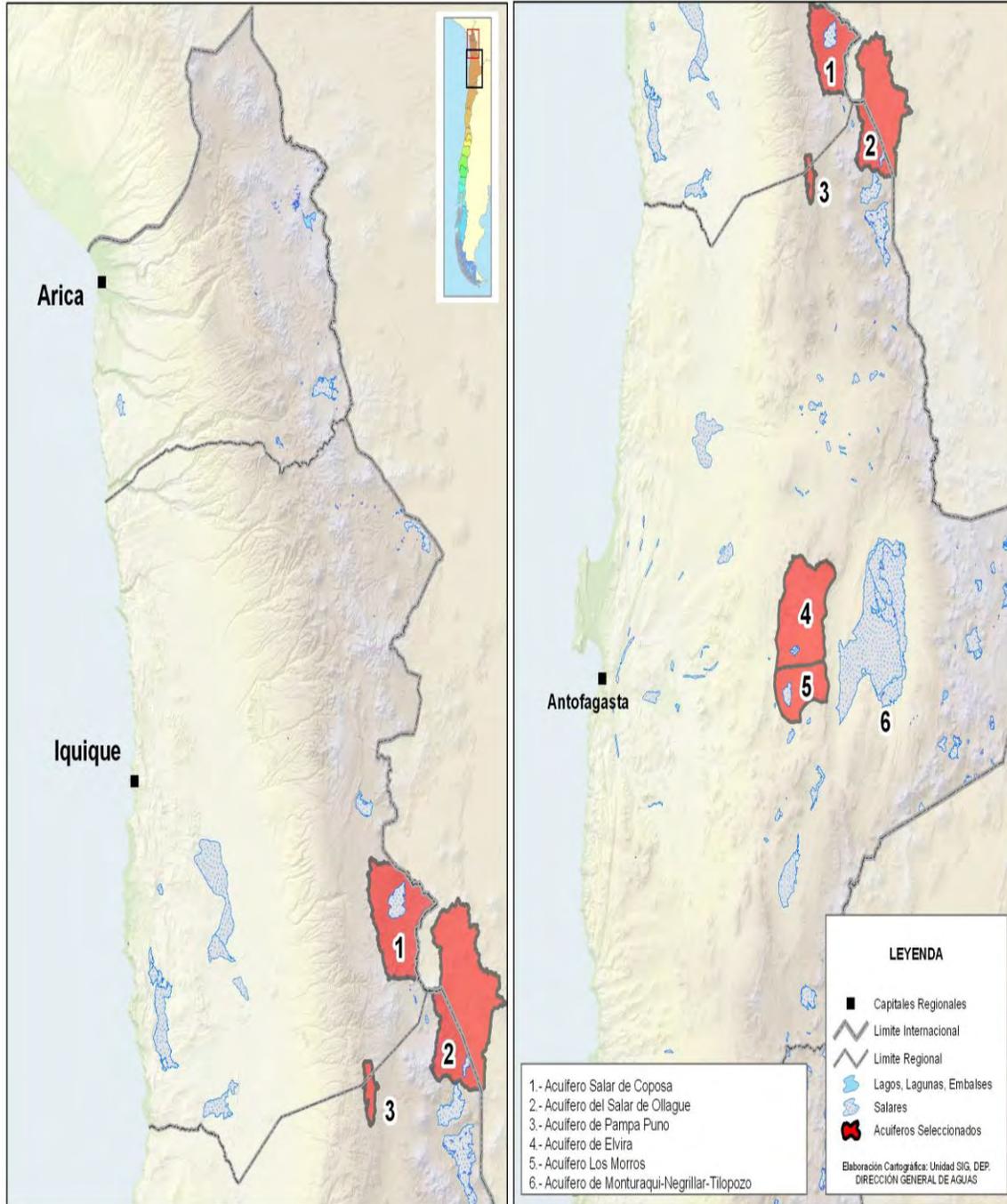
Actualmente existen 5 PATs aprobados, todos en la Región de Antofagasta, Salar de Ollague; Pampa Puno; Salar de Coposa; Los Morros; Salar Atacama sector Monturaqui-Negrillar - Tilopozo; que se muestran en la Figura 6.

Por su parte se considera incluir la información que se genera a través de las RCA, aunque no siempre puede coincidir con acuíferos críticos en términos de derechos de aprovechamiento los resultados pueden ser de gran utilidad para el conocimiento y representación de procesos y aplicarlos en otros casos; se puede mencionar dentro de esto el Salar de Atacama; acuíferos de Calama; Proyecto Cerro Colorado; Proyecto Pelambre; Tranque Ovejería; Tranque las Tórtolas; Tranque Carén; Pampa Tamarugal Proyecto Caserones;

Dentro de los compromisos ambientales adquiridos por las empresas en el marco del SEIA o en los PATs, es la generación información del monitoreo de las variables ambientales y de la explotación del acuífero, la que se entrega continuamente a la autoridad.

Por lo tanto, este tipo de estudios tiene por finalidad realizar el seguimiento ambiental de este tipo de acuíferos, considerando la información que se genera por parte de las empresas y lo establecida en los instrumentos de gestión tanto del SEIA como en los PATs.

Figura 6. Delimitación de acuíferos tipo 4 (T4).



4 SINTESIS

En la tabla siguiente se resume la identificación de los sectores acuíferos que requieren ser abordados con mayor prioridad, acorde a las necesidades propias del Servicio y también a lo que se estima previsible en zonas que son mas criticas y requieren de gestión.

Categoría	Identificación General	Tipos	Observaciones
Tipo 1 (T1): Acuíferos con escasa información y baja explotación	- Salar de Huasco - Salar de Tuyajto - Cancosa - Salar de Azufrera - Salar de Surire - Río Isluga - Salar de Talar y Purisunchi - Pajonales - Quebradas precordilleranas de vertiente occidental	- Cuencas altiplánicas - Quebradas precordilleranas de vertiente occidental	- Considera desarrollo y mejora de conocimiento gradual (metodologías, monitoreo, investigación)
Tipo 2 (T2): Cuencas con cierto nivel de explotación y criticidad media	- Sierra Gorda - Salar de Imilac - Qdas. Caya y Chara - Salar de Llamara - Cuecas rio Camarones; Qda. Vítor - Sectores acuíferos de las cuencas de los ríos Maule a rio Bueno	- Cuencas cerradas II Región no altiplánicas - Cuencas de precordillera de vertiente occidental - Cuencas principales zona centro sur	- Desarrollo de estudios de balance - Implementación o mejora de monitoreo - Desarrollo de estudios de levantamiento de información básicos (enfoque gradual) - Modelación del sistema
Tipo 3 (T3): Acuíferos con alto nivel de explotación	- Salar de Atacama - Acuífero de Calama - Salar de Ascotán - Acuífero de Copiapó - Acuífero de Azapa - Pampa del Tamarugal	- Diversos tipos	- Desarrollo o aplicación de modelos de gestión. - Monitoreo/muestreos locales
Tipo 4 (T4): Sistemas sujetos a monitoreo derivado de condicionamien- tos	- Salar de Coposa - Acuífero de Elvira - Acuífero Los Morros - Salar de Ollague - Acuífero Pampa Puno - Acuífero de Monturaqui-Negrillar- Tilopozo	- Diversos tipos	- Ingreso datos a sistemas de información - Generación de indicadores de cumplimiento.

5 PLAN DE TRABAJO AÑO 2010

A partir de lo anterior y sobre la base de los recursos disponibles y de las directrices del Servicio, se ha establecido el presente plan de trabajo:

ACTIVIDAD		HITOS	PLAZO	RESPONSABLE	MEDIO VERIFICACION
Estudio Metodología para estimación de recarga de cuencas altiplánicas y precordilleranas de vertiente pacífica en el norte de Chile	1	Elaboración T. de Ref.	Tercer Trimestre	L. Rojas	Oficio/Memo DEP
	2	Licitación-Adjudicación	Tercer Trimestre	L. Rojas	Decreto MOP
	3	Informe Final borrador	Cuarto Trimestre	L. Rojas	Oficio/Memo Inspección Fiscal
Levantamiento de información hidrogeológica para modelación cuenca río Maule. Etapa I	4	Elaboración T. de Ref.	Tercer Trimestre	A. Osses	Oficio/Memo DEP
	5	Licitación-Adjudicación	Tercer Trimestre	A. Osses	Resolución DGA
	6	Informe Final borrador	Cuarto Trimestre	M. Caro	Oficio/Memo Inspección Fiscal
Análisis preliminar de situación de niveles de aguas subterráneas regiones VIII a X	7	Elaboración TR o Convenio	Tercer Trimestre	A. Lillo	Oficio/Memo DEP
Aplicación Modelo Hidrogeológico Azapa	8	Identificación y definición de escenarios	Cuarto Trimestre	J. Cornejo	Oficio/Memo DEP
	9	Simulación matemática y resultados	Cuarto Trimestre	J. Cornejo	Oficio/Memo DEP
	10	Análisis de resultados y conclusiones	Cuarto Trimestre	J. Cornejo	Informe Técnico
Análisis Preliminar de disponibilidad cuenca río Maule	11	Informe Etapa: Análisis de antecedentes	Tercer Trimestre	J. Cornejo	Memo Interno DEP
	12	Informe Etapa: Resultados	Tercer Trimestre	J. Cornejo	Memo Interno DEP
	13	Informe final	Cuarto Trimestre	J. Cornejo	Informe Técnico
Análisis preliminar de disponibilidad cuenca Mataquito	14	Informe Etapa: Análisis de antecedentes	Tercer Trimestre	J. Cornejo	Memo Interno DEP
	15	Informe Etapa: Resultados	Cuarto Trimestre	J. Cornejo	Memo Interno DEP
	16	Informe final	Cuarto Trimestre	J. Cornejo	Informe Técnico