



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

INFORME TÉCNICO

DETERMINACIÓN DE LOS DERECHOS DE
APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA FACTIBLES
DE CONSTITUIR EN LOS SECTORES DE CALAMA y LLALQUI,
CUENCA DEL RIO LOA, II REGION

ELABORADO POR:
DEPTO. ADMINISTRACIÓN RECURSOS HÍDRICOS

S.D.T N° 153

AGOSTO 2003

INDICE

1.-	INTRODUCCION	2
2.-	DE LA INFORMACIÓN ANALIZADA	3
3.-	GEOLOGIA	4
3.1	MARCO GEOLOGICO	4
3.2	HISTORIA GEOLOGICA	6
3.3	ACUÍFEROS RECONOCIDOS	7
4.-	HIDROGEOQUIMICA	10
	HIDROGEOQUIMICA SECTOR CALAMA	13
5.-	HIDROLOGIA	16
5.1	BALANCE HIDROLOGICO	16
6.-	RECURSOS HÍDRICOS DISPONIBLES	20
6.1	ACUÍFERO DE CALAMA	20
	6.1.1.- Evaluación de los recursos hídricos subterráneos en el sector de Calama	24
	6.1.2.- De las condiciones a respetar durante el ejercicio de los D ^{os} -de aprovechamiento de agua subterránea en el acuífero de Calama	26
6.2	SECTOR LLALQUI	26
	6.2.1.- Evaluación de los recursos hídricos subterráneos en el sector de Llalqui	27
	6.2.2.- De las condiciones a respetar durante el ejercicio de los D ^{os} -de aprovechamiento de agua subterránea en el acuífero de Llalqui	33
7.-	DE LOS D ^{os} APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS	33
8.-	CONCLUSIONES	34

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: INFORMACIÓN ESTRATIGRAFICA

ANEXO B: DEMANDA DE AGUA SUBTERRÁNEA

ANEXO C: VARIOS

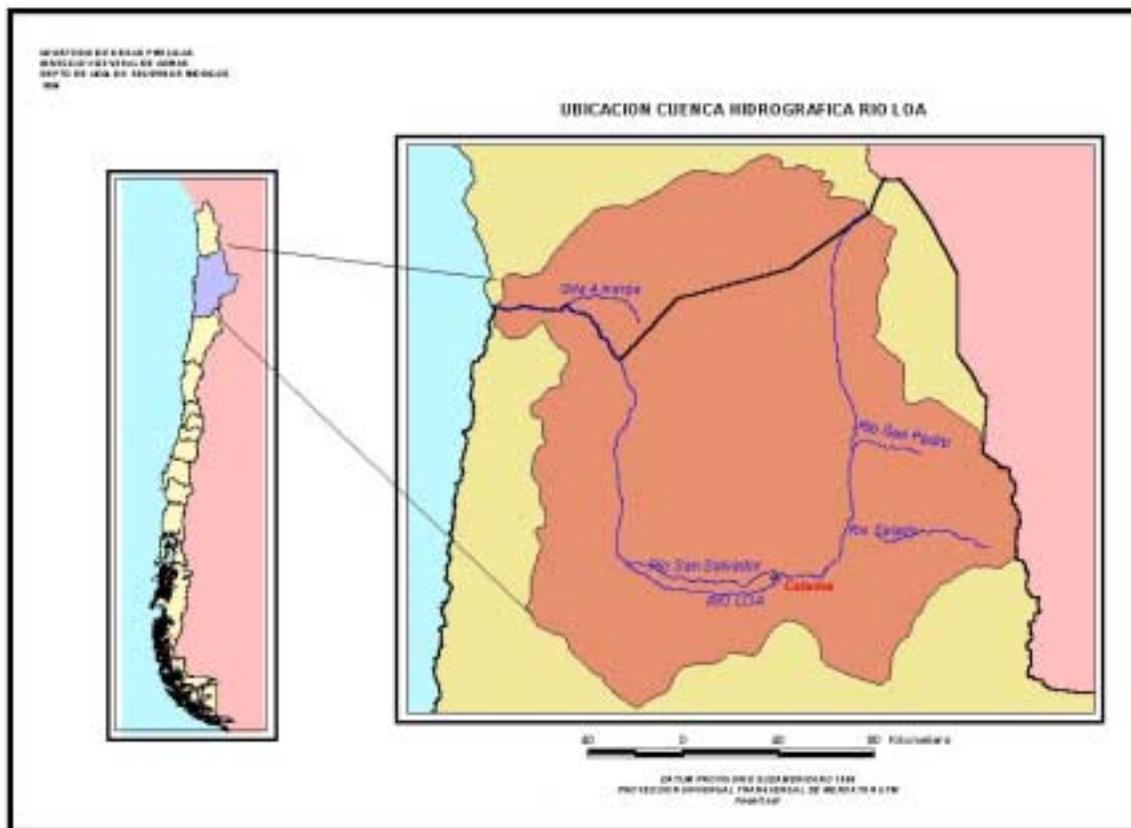
DETERMINACIÓN DE LOS DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEAS FACTIBLES DE CONSTITUIR EN LOS SECTORES DE CALAMA Y LLALQUI, CUENCA DEL RIO LOA, I I REGION.

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe contiene los resultados de la evaluación hidrogeológica preliminar de los sectores de Calama y Llalqui, pertenecientes a la cuenca del río Loa, II Región, evaluación realizada con los antecedentes disponibles a la fecha. Además se presenta el estado de situación de las solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas que recaen en estos sectores.

En la Figura N°1 se muestra la cuenca del Loa dentro del segunda región y del país.

Figura N° 1



2. DE LA INFORMACIÓN ANALIZADA

Para la realización de este informe se han utilizado todos los antecedentes disponibles del sector en cuestión, algunos de los cuales han sido aportados por empresas mineras para efectos de avalar sus solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas, analizándose la información contenida en los siguientes estudios anteriores:

1. Balance Hídrico de Chile, Dirección General de Aguas, 1987.
2. Balance Hidrológico Nacional, II Región, Dirección General de Aguas, MOP, 1987.
3. Proyecto CHI-535: Investigación de recursos hidráulicos en el norte grande.
4. Memoria de Título: Modelo Hidrológico y de Constitución Química de la Cuenca del río Loa, 1970 - Humberto Peña T.
5. Análisis Estudio de Extracciones de Agua, Calama-Quillagua, II Región – IPLA 1995 para DGA Regional II Región.
6. "Caracterización de los recursos hídricos superficiales del río Loa. Diagnóstico actualizado para el año 1999". Pontificia Universidad Católica de Chile, para Soquimich. Junio 1999.
7. Monitoreo del acuífero de Calama. Informe trimestral Diciembre 2001 a Febrero 2002. Fernando Peralta para Cía. Minera Leonor, Abril 2002.
8. Situación de los derechos de aprovechamiento de aguas en el sector de Calama, Octubre 2002. Fernando Peralta, para Compañía Minera Ecuatorial Resources.
9. Estudio hidrológico del río Loa – Sector Yalquincha a Junta con Río San Salvador, Noviembre 2002, Fernando Peralta para Cía. Minera Contractual Ecuatorial Resources.
10. Estudio de Riego de la Zona de Calama, Fernando Peralta y Cía Ltda.-Nov-2002.
11. Estudio Hidrogeológico del Acuífero de Calama, Alamos y Peralta 1999.
12. Geophysical Data Interpretation and Updated Hydrogeologic Conceptual Model for the Calama Aquifer, Region II, Chile- Waterstone Marzo 2002.
13. Análisis de requerimientos de vegas y bofedales, I y II Regiones, DGA-2000.
14. Pampa Llalqui, Investigación y Evaluación Hidrogeológica. Nazca S.A. Diciembre 2001.
15. Quebrada del León, Investigación y Evaluación Hidrogeológica. Nazca S.A, 2000 y 2001.
16. Estado del arte del estudio geológico de la cuenca Calama-Chuqui. Proyecto MM Etapas I y II (Presentación a la D.G.A.) CODELCO CHILE 2002.

17. Mapas geológicos preliminares de Chile Escala 1:250.000. Avance Geológico Hoja Tocopilla Región de Antofagasta. Instituto de Investigaciones Geológicas, Santiago. FERRARIS, F. 1978.
18. Carta Geológica de Chile Escala 1:250.000 Hoja Calama Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago. MARINOVIC, N; LAHSEN, A. 1984.
19. Informe a la DGA acuíferos sector Calama II Región para la resolución de la solicitud de derecho de aprovechamiento pozo CMG-1 de Compañía Minera Gibraltar (actualmente Cía. Minera Lomas Bayas). BOLIDEN 1999.
20. Evaluación de los Recursos Hídricos Sectores Calama y Llalqui - Cuenca del Río Loa. Elaborado por el Departamento De Estudios y Planificación – DGA .- S.I.T. N° 85, Mayo 2003.
21. Antecedentes técnicos que acompañan las solicitudes de agua subterránea, contenidos en los expedientes administrativos, de las empresas Equatorial Resources, Nazca y Minera Gibraltar.
22. Pampa Llalqui, Investigación y Evaluación Hidrogeológica. Fase II. Nazca S.A. Julio 2002.
23. Modelación Hidrogeológica, sector Pampa Llalqui, Cuenca del río Loa, II Región de Antofagasta. Elaborado por el Departamento De Estudios y Planificación – DGA .- SDT N° 152, Agosto 2003.

3 GEOLOGÍA

3.1 MARCO GEOLÓGICO

Nuestro país se ubica en el margen continental activo de la zona de convergencia entre las placas de Nazca, Sudamericana y Antártica, lo que ha controlado la evolución geológica. Por lo tanto, la geología del país y en particular la de la zona de estudio, es el resultado de una serie de procesos tales como intrusiones marinas, depositaciones continentales, y episodios volcánicos.

Por otra parte, la geología de subsuperficie es conocida a través de una gran cantidad de sondajes realizados por las empresas interesadas en explotar los recursos hídricos como los depósitos minerales de la zona. En este caso se cuenta con aproximadamente 65 sondajes que se distribuyen en tres grupos principales correspondientes a: Sector Quebrada León; sector Pampa Llalqui y Pampa Talabre; sector Calama.

A través de la información estratigráfica de sondajes y de algunos trabajos en la zona de estudio se reconocen diferentes unidades que, de la más profunda a la más superficial corresponden a :

- **Formación Calama:** Compuesta por gravas, en general, mal estratificadas y mal clasificadas. Los clastos son angulares a subredondeados, de tamaños variables, en una matriz arenosa. Su espesor es variable, y se ha reconocido, por ejemplo, 73 m en Mina Sur y 120 m expuestos en el Cerro Calama. En algunos sectores, la parte basal de la secuencia se encuentra cementada por yeso y minerales de cobre, constituyendo incluso un yacimiento como es el caso de Mina Sur (Ref. N°16).

Tiene una edad de aproximadamente 8 millones de años (Mioceno Medio a Superior). Estos depósitos son de origen torrencial y gravitacional derivados de una activa erosión y condiciones menos áridas.

Es posible identificarla claramente de este a oeste en los siguientes sondajes E3 de Pampa Llalqui, SE-4, CHUCA-5 y CMG-1 (Expediente ND-0202-1454) donde se ha encontrado desde los 290 m, 117 m, 96 m y 260 m de profundidad respectivamente. Esta variación en la profundidad a la cual se identifica la unidad se debe principalmente a la variación en la topografía del basamento rocoso. Esta unidad es continua, reconociéndose al menos entre el sector de Pampa Llalqui y aguas abajo de la ciudad de Calama.

- **Formación El Loa:** Conocida comúnmente como “calizas del Loa” se dispone sobre la Formación Calama. Se extiende a lo ancho de la cuenca del río Loa ocupando una superficie aproximada de 600 km². Los afloramientos se exponen principalmente bordeando el valle del Loa. Está conformada básicamente por dos niveles claramente diferenciados: una secuencia de capas de gravas, areniscas, conglomerados, arcillas, limos y diatomitas, en la parte inferior, y calizas, areniscas calcáreas y travertino en la parte superior, donde se presentan intercalaciones de ignimbritas. La edad queda comprendida entre el Mioceno Superior – Plioceno Inferior (23 a 5 millones de años).

Sus características sedimentológicas indican que se depositó en un ambiente continental, en una extensa cuenca fluvio-lacustre durante una degradación del clima de más lluvioso a más seco.

En el área de estudio esta unidad se reconoce principalmente en la parte central de la cuenca del río Loa, donde alcanza potencias variables, no obstante, la potencia de las calizas se encuentra en torno de los 50 m , especialmente en los pozos de Minera Equatorial (Pozos N° 30, 18, 16, 9, 4, 25, 24, 19, 10, 26, 12, 7, 1), mientras que el miembro inferior puede extenderse incluso hasta aproximadamente los 270 m de profundidad, como en el caso del sondaje CMG-2.

Cabe señalar que en los sondajes realizados por NAZCA S.A. en Quebrada León también es posible reconocer esta unidad, a la cual se le denominó informalmente “**Formación Opache**” a la parte superior y “**Formación Jalquinche**” a la parte inferior (Ref. N°14 y Ref. N°15).

- **Formación Chiu-Chiu:** Data del Plioceno Superior-Pleistoceno, descansa disconformemente sobre la Formación El Loa. Al Noreste de la ciudad de Calama, esta formación se caracteriza por estratos horizontales de limos y arcillas de muchos colores y ocurre en la forma de depósitos focalizados dentro de cuencas estructurales. Pueden incluir evaporitas, rocas volcánicas re TRABAJADAS y diatomitas. Varía en potencia de entre 20 y 50 metros (Ref. N°11).
- **Formación Toconce:** Corresponde a una secuencia constituida por ignimbritas y sedimentos clásticos. Se dispone concordantemente o discordantemente sobre la ignimbrita Sifón. En la parte superior está formada por una toba de cristales, en la parte media por conglomerados, areniscas y limolitas, y la parte inferior por tobas soldadas de color gris a rosado. Según dataciones radiométricas su edad fluctúa entre $6,8 \pm 0,3$ Ma a $6,2 \pm 0,3$ Ma (Mioceno Superior).

Esta unidad se reconoce en los sondajes E1, E2, E3 ubicados todos en la zona de Quebrada León, a partir de aproximadamente los 40 m de profundidad, donde está compuesta principalmente por arenas y limos con ceniza volcánica.

- **Ignimbritas:** Corresponden a rocas de origen volcánico que se disponen en forma sub - horizontal, siguiendo la topografía del terreno y se originan por flujos piroclásticos producidos durante algún evento volcánico, las cuales pueden constituir diferentes unidades de enfriamiento. Por esta razón se presentan frecuentemente en forma de intercalaciones entre las unidades antes descritas. En el área de estudio se reconocen al menos trece unidades, que van del Mioceno al Pleistoceno (23 a 1,8 millones de años). Entre las más antiguas (Mioceno) se encuentran la **Ignimbrita Cupo** y la **Ignimbrita Sifón**, que son reconocidas en los sondajes de Quebrada León y Pampa Llalqui, respectivamente.
- **Conjunto de volcanes:** En el sector de la Cordillera de Los Andes se distribuyen numerosos centros volcánicos que han dado lugar a estrato-volcanes y a domos y lava-domos, según su composición, y se encuentran alineados según una dirección aproximada N-S. Las edades están comprendidas entre el Mioceno Inferior y el Holoceno (23 millones a 11.000 años).

Específicamente en el sector alto de la Quebrada León los volcanes Paniri y Toconce y sus coladas de lava asociadas están cubiertos exclusivamente por depósitos no consolidados, correspondiendo a unidades de muy reciente data (1,8 millones a 11.000 años), de hecho dataciones radiométricas en lavas del volcán Toconce arrojan edades de menos de 1 millón de años.

- **Basamento Rocoso:** En la cuenca del río Loa se encuentra una gran cantidad de rocas que se han agrupado en el presente informe como "basamento rocoso". Consisten en rocas sedimentarias volcánicas e intrusivas que tienen la característica común de ser consideradas impermeables.

3.2 HISTORIA GEOLÓGICA

Probablemente desde el Paleozoico Inferior (aprox. 500 millones de años) hasta el Triásico (250 millones de años) se han producido una serie de depositaciones continentales de sedimentos clásticos y volcánicos, y eventos magmáticos. A fines del Triásico se produce una fuerte subsidencia que da lugar a una transgresión marina desde el oeste, comenzando a depositarse sedimentos marinos clásticos y volcánicos hasta el Cretácico Inferior (150 M.a.), donde se produjo un solevantamiento y erosión de loas rocas anteriores. Posteriormente, en el Cretácico Superior (98 M.a.) se produjo una nueva transgresión marina proveniente del norte a noreste.

Posteriormente se suceden nuevos eventos magmáticos, volcánicos y diastróficos, que dan lugar a algunos de los principales rasgos morfoestructurales tales como la Sierra del Medio-Sierra Limón Verde, Cordillera de Domeyko y a cuencas como la depresión del río Loa, que abarca aproximadamente desde el sector de la Finca hasta Turi.

Luego, a fines del Eoceno y durante el Oligoceno (54 a 38 M.a.) se intruyen grandes cuerpos graníticos y se producen los procesos de alteración hidrotermal y mineralización de Chuquicamata.

A comienzos del Mioceno se depositan las gravas de la Formación Calama en la Depresión del río Loa, se produce el enriquecimiento secundario de Chuquicamata y se produce el depósito exótico de Mina Sur.

Posteriormente, durante el Mioceno Medio comienza el alzamiento de la Cordillera de la Sal y en la Depresión del río Loa se depositan los sedimentos lacustres de la Formación El Loa, que hacia el sector oriental engranan con flujos ignimbríticos.

A comienzos del Mioceno Superior se produce en la parte oriental de la zona una reactivación de la actividad volcánica que continúa hasta la fecha, mientras que a fines del Mioceno Superior se produce la última fase tectónica compresiva, formándose pliegues y fallas inversas, la que finaliza con una fase extensiva plio-cuaternaria, caracterizada por sistemas de fallas normales de orientación principal N-S, que además de controlar los centros volcánicos actuales, origina una serie de estructuras de horst y graben a lo largo del sector cordillerano.

Asociado al volcanismo plio-cuaternario se desarrolla una actividad hidrotermal que da origen al sistema geotérmico de El Tatio.

Finalmente, durante el cuaternario se configura la actual red de drenaje.

3.3 ACUÍFEROS RECONOCIDOS

Algunas de las unidades antes descritas, dadas las características sedimentológicas constituyen acuíferos de variadas condiciones. De esta manera, en el área de estudio se han reconocido dos acuíferos, que se han denominado genéricamente Superior e Inferior.

Estos acuíferos, al menos desde el sector de Quebrada León hasta el sector de Yalquincha, se encontrarían separados por una capa impermeable correspondiente a la Ignimbrita Sifón o Ignimbrita Cupo, lo que produce un confinamiento del acuífero inferior, mientras que en el sector de Calama estos acuíferos se encontrarían conectados hidráulicamente, ya sea por la ausencia de un estrato impermeable entre ambos, o por la presencia de gran cantidad de estructuras, principalmente fallas, que facilitan el movimiento del agua subterránea al interior del acuífero. El acuífero superior es de tipo freático en toda su extensión.

A continuación se presenta el perfil AA', el cual tiene una orientación aproximada Este – Oeste (ver figura 2), comenzando a la altura de la ciudad de Calama hasta el sector de Llalqui por el Este. En él se reconocen las calizas de la Formación El Loa, como asimismo el miembro inferior de esta formación: arenas y arcillas, la ignimbrita Sifón en el sector más oriental y las gravas de la Formación Calama.

Es posible también observar que en las cercanías de Calama existiría probablemente un efecto de alzamiento de las unidades inferiores como son las gravas de la Fm. Calama, debido probablemente a un control estructural.

A continuación se presentan las principales características de cada uno de ellos.

- **Acuífero Inferior:** Entre Quebrada León y Yalquincha se encuentra conformado tanto por las Gravas de la Formación Calama como las arenas, y arcillas de la parte inferior de la Formación El Loa.

Este acuífero, de acuerdo a la información proporcionada por sondajes perforados en el sector (ver Anexo A) se encontraría confinado en el sector de los pozos ARMH1 y ARMH2, que se encuentran habilitados en las gravas, ya que presenta niveles surgentes (Ref. N°16). Por otra parte, en el sector del pozo SE 2 también se presenta surgencia, no obstante, el pozo se encuentra ranurado en su totalidad .

En el pozo CHUCA 6 (Anexo A) en el cual se reconocieron entre los 64 m y 162 m las gravas de la Formación Calama y se encuentra habilitado bajo los 66 m de profundidad, con los resultados de una prueba de bombeo de gasto constante por 20 l/s, se determinó una transmisividad de 370 m²/día (Ref. N°16).

Respecto de la arenas, limos y arcillas de la Formación El Loa, cabe señalar que esta unidad ha sido considerada tanto como acuífero como acuitardo. De esta manera los estudios realizados por NAZCA S.A. y Minera Equatorial la han considerado como una unidad acuífera, mientras que los estudios realizados por CODELCO Chile (Ref. N°16) y Cía. Minera Lomas Bayas (Ref. N°19) concluyen que esta unidad es impermeable y le imprime cierto grado de confinamiento al acuífero de las gravas de la Formación Calama.

En el sector oriental, específicamente al Este del pozo E2 en Quebrada de León este estrato, conjuntamente con las gravas de la Formación Calama se encuentra confinado gracias a la existencia de una capa de espesor variable de ignimbritas. La distribución precisa de esta capa es desconocida y a la fecha se cuenta sólo con la información estratigráfica de los sondajes realizados por NAZCA S.A.

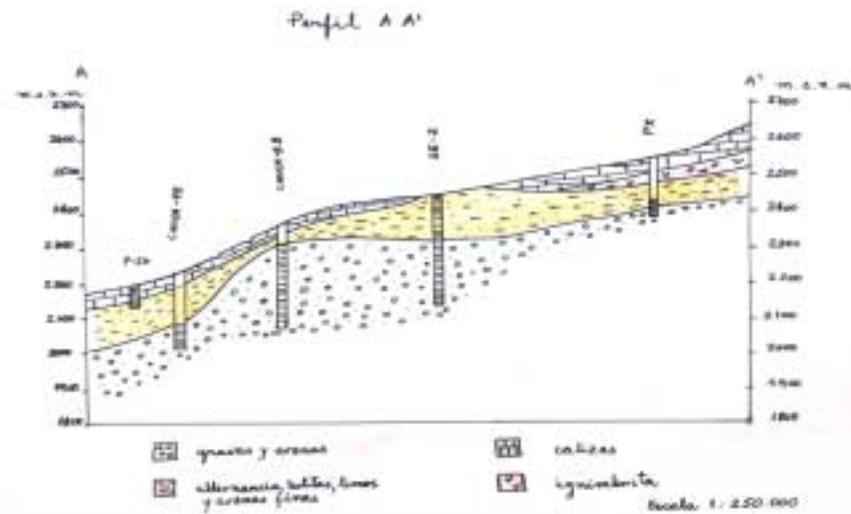
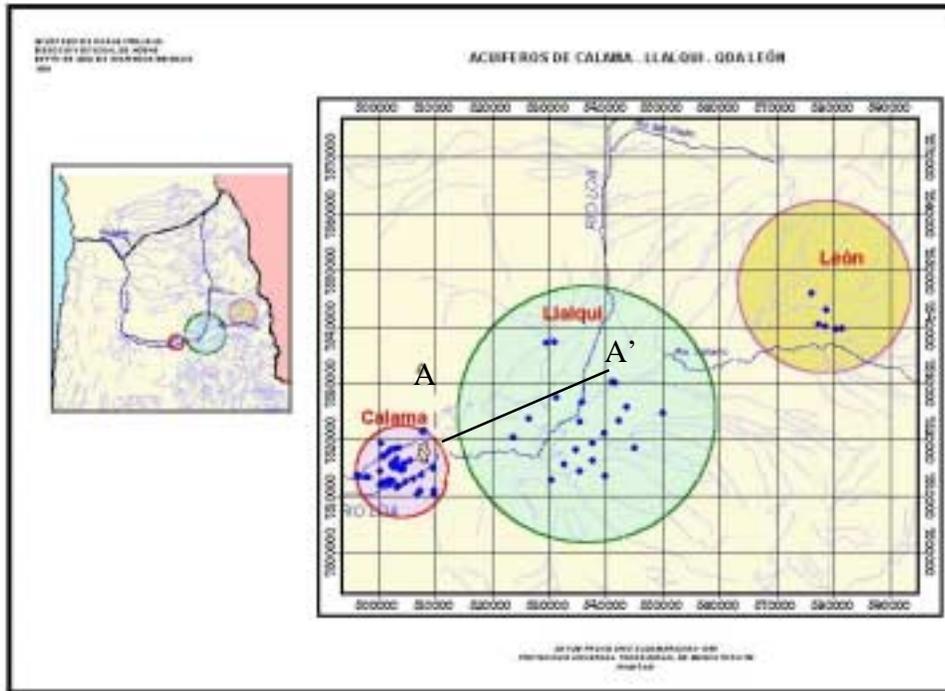
Como se desprende de la información antes expuesta no existe certeza de si el acuífero inferior se encuentra confinado en toda el área de estudio o si dada la complejidad geológica y la variabilidad de las propiedades de las unidades confinantes, corresponda a situaciones de carácter local y no regional. Queda pendiente entonces el tema de establecer el tipo y calidad de relación entre ambos acuíferos.

- **Acuífero Superior:** Este acuífero está conformado por una parte por las calizas y areniscas calcáreas de la Formación El Loa y por otra, por los sedimentos arenosos, limosos y cineríticos de la Formación Toconce. Estos últimos depósitos engranan con los primeros hacia el sector oriental de la zona de estudio. De este modo, en el sector de Calama y Pampa Llalqui el acuífero superior lo conforman las calizas y arenas de la Formación El Loa, mientras que en el sector de Quebrada de León lo conforman los depósitos de la Formación Toconce.

Aunque en la gran mayoría de los sondajes existentes en el sector de Calama se reconoce este acuífero, los realizados por Minera Equatorial y Minera Leonor son los que proporcionan mayor información respecto de sus características hidráulicas, ya que los sondajes se encuentran exclusivamente perforados y habilitados en este acuífero.

Quizás la característica más relevante del acuífero superior en los sectores de Calama y Llalqui es ser de tipo kárstico, por lo cual no es posible medir las transmisibilidades directamente de las pruebas de bombeo, ya que toda la teoría al respecto es aplicable al caso de acuíferos detríticos.

Figura N° 2: Ubicación zonas de interés hidrogeológico



4 HIDROGEOQUIMICA

A partir de análisis químicos de aguas superficiales y subterráneas, recopilados desde distintos estudios y/o aportados por los peticionarios de las solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas, se estableció un marco hidrogeoquímico para las aguas de la cuenca del Loa (Ref. 20).

La composición química del río y de sus aportes está íntimamente relacionada con la morfología y la composición litológica de la cuenca alta.

En la Figura N° 3 se detalla la localización de los puntos de muestreo de calidad de aguas en napas, vertientes y ríos. Debe hacerse presente que, para la confección de esta base consolidada de datos se han desechado todos aquellos análisis que sobrepasan un error de cierre del 10 % en el balance de iones.

En la Figura N° 4 se han resumido y esquematizado las distintas conductividades y vías evolutivas presentes para las aguas tanto del curso superficial del río Loa como de las napas subterráneas. Este diagrama se ha efectuado sobre la base del promedio de los valores observados, por lo tanto no representa sino la generalidad de los procesos químicos dentro de la cuenca.

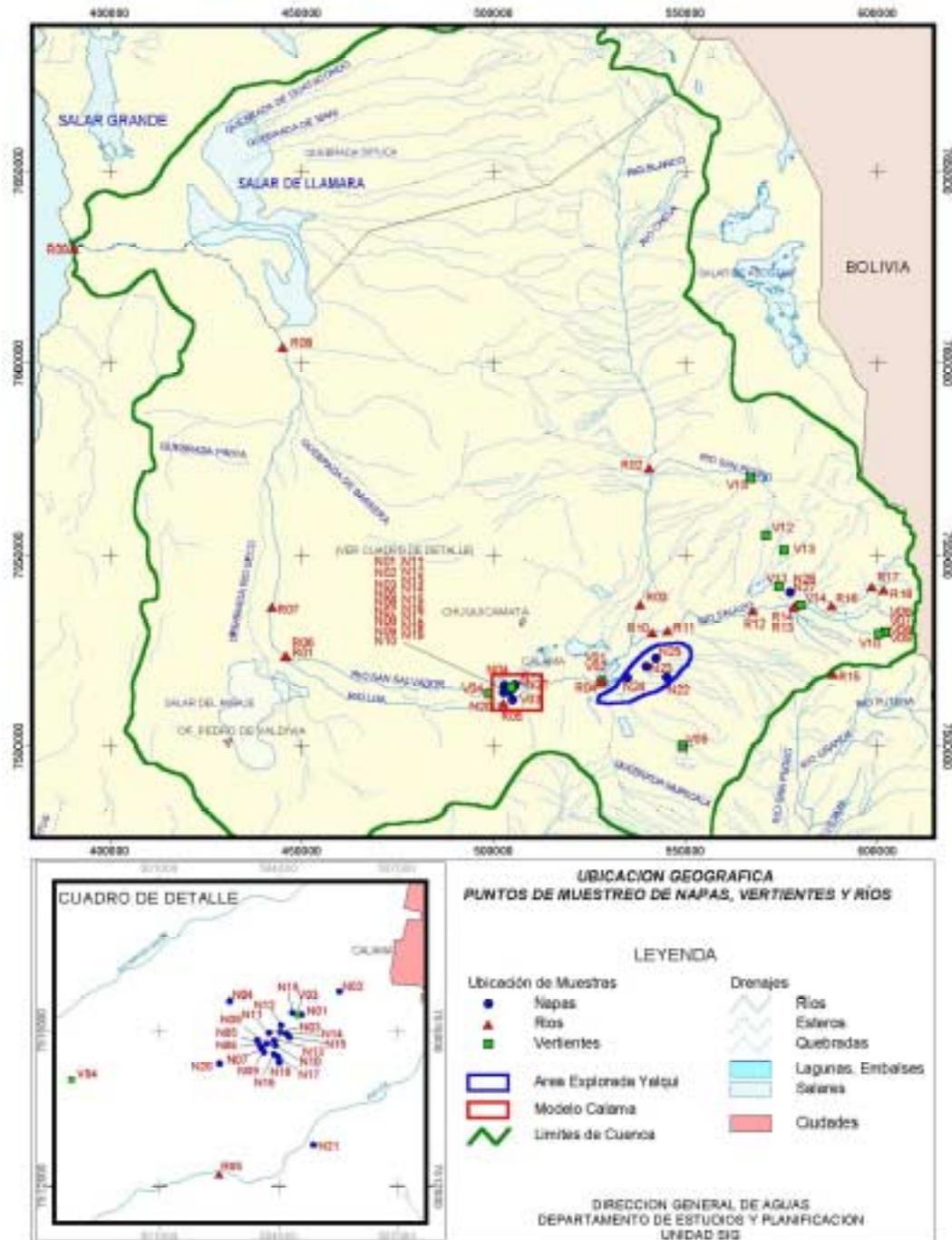
De acuerdo al análisis hidrogeoquímico¹ general se puede concluir lo siguiente:

- a) Existe alternancia entre las vías sulfatadas neutras y alcalinas, y además cálcicas a partir del ingreso del escurrimiento del río Salado al Loa, hasta la desembocadura.
- b) Las sales cálcicas están ligadas a la presencia de formaciones sedimentarias. Sin embargo, de la alta salinidad observada en estos cursos de agua, principalmente en altas concentraciones de Cl, Na y Ca, se infiere la ocurrencia de disolución de evaporitas y dilución de salmueras residuales. El aumento de salinidad producido por la evaporación, tendría un rol secundario, salvo en el curso inferior del río Loa, debido a la evaporación desde Salares, desde el propio cauce del río, y por la actividad de riego. No obstante, por definición, esta evaporación no sería la responsable del cambio de las vías evolutivas.
- c) Aguas arriba de la junta con el Salado, no existen vías evolutivas cálcicas, de lo cual se infiere que los aportes significativos de Ca ingresan a partir de esta junta.
- d) Aguas abajo de la junta con el Salado, la alternancia entre la vía cálcica y la sulfatada neutra además tiene una causa estacional: en época de estiaje, predomina la vía sulfatada neutra y en el período estival, la vía cálcica.

¹

Evaluación de los Recursos Hídricos Sectores Calama y Llalqui - Cuenca del Río Loa. Elaborado por el Departamento De Estudios y Planificación – DGA. - S.I.T. N° 85, Mayo 2003.

Figura N° 3: Ubicación puntos de muestreo análisis químicos de aguas



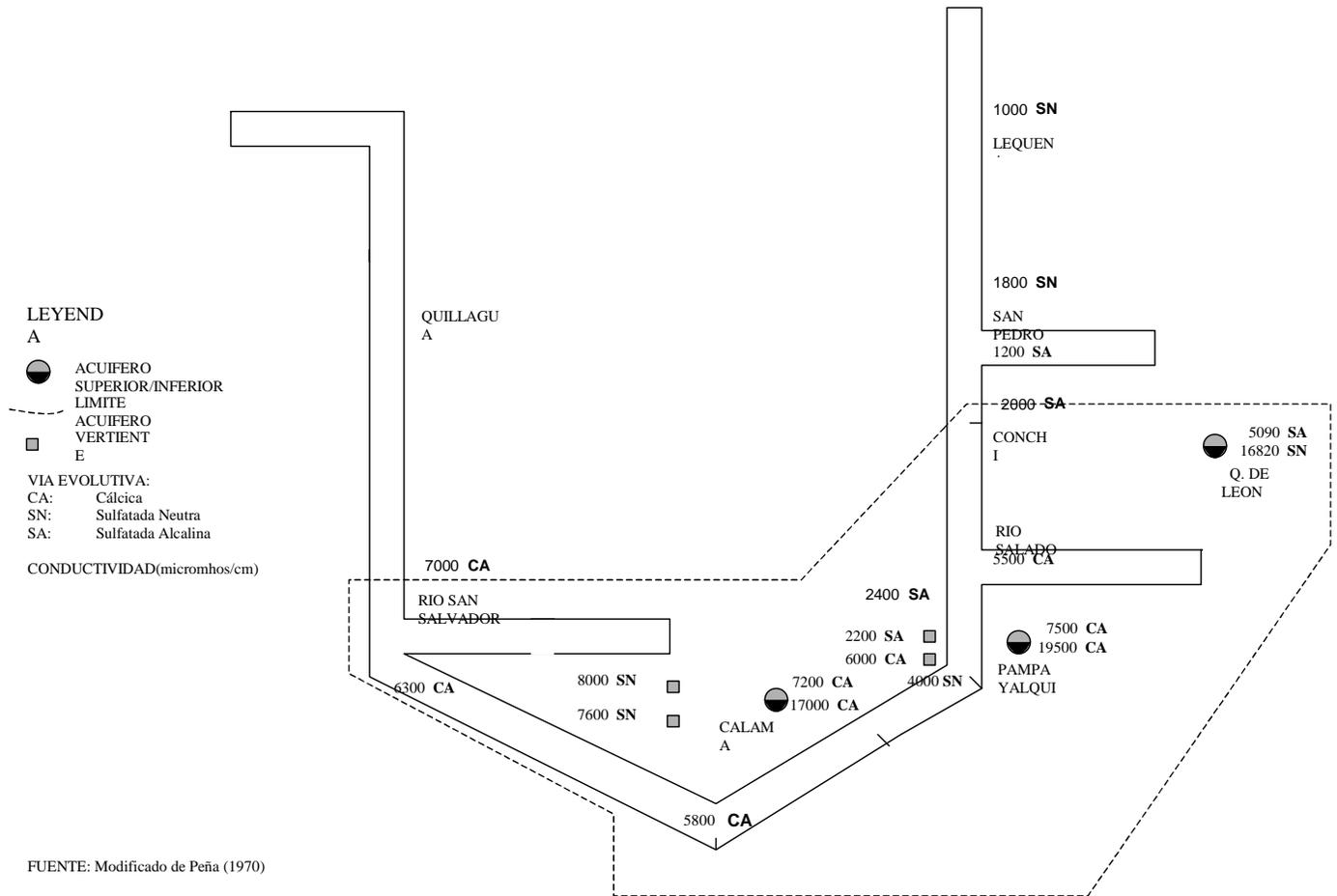
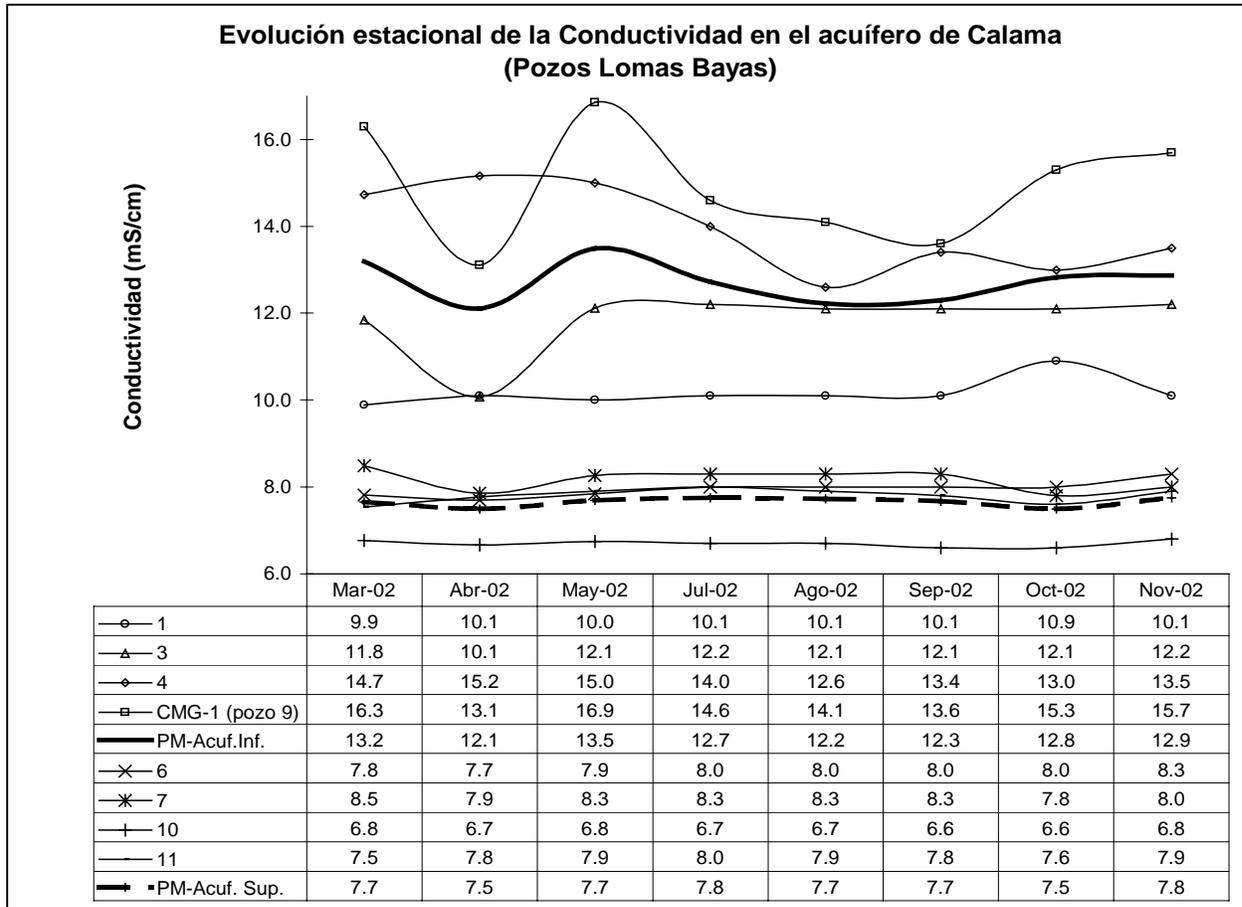


Figura N° 4: Esquema de conductividades y vías evolutivas

HIDROGEOQUÍMICA SECTOR CALAMA (Ref. 20)

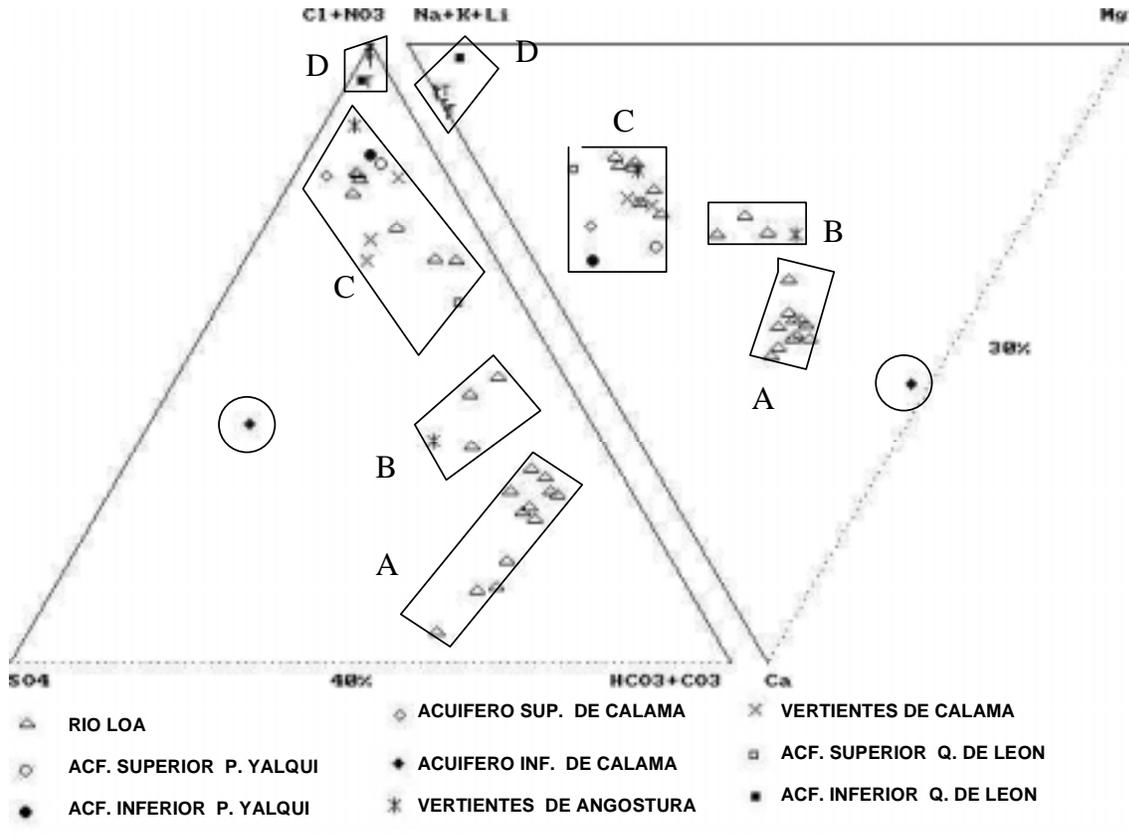
En el sector de Calama se contaba con información hidrogeoquímica que permitió caracterizar las aguas de su acuífero profundo y el superficial (Ref. 20) :

A partir de la estadística de conductividad se ha confeccionado el siguiente gráfico, Figura N° 5:



El acuífero superficial, representado por los pozos 6,7,10 y 11, muestra una gran regularidad espacial y temporal en el valor de su conductividad, todos los valores no sobrepasan el rango entre los 6.5 a 8.5 mS/cm, con promedio en 7.7 mS/cm. Por el contrario, el acuífero inferior, presenta una variabilidad estacional y espacial en un rango definido entre los 10 a 17 mS/cm, con promedio en 12.7 mS/cm.

En el siguiente diagrama triangular se han graficado, en conjunto con la muestra del acuífero inferior de Calama, todos los tipos de aguas de referencia que podrían estar interactuando con éste. Para un mayor entendimiento se ha utilizado el promedio de los datos de referencia cuya dispersión no es significativa para los efectos del análisis.

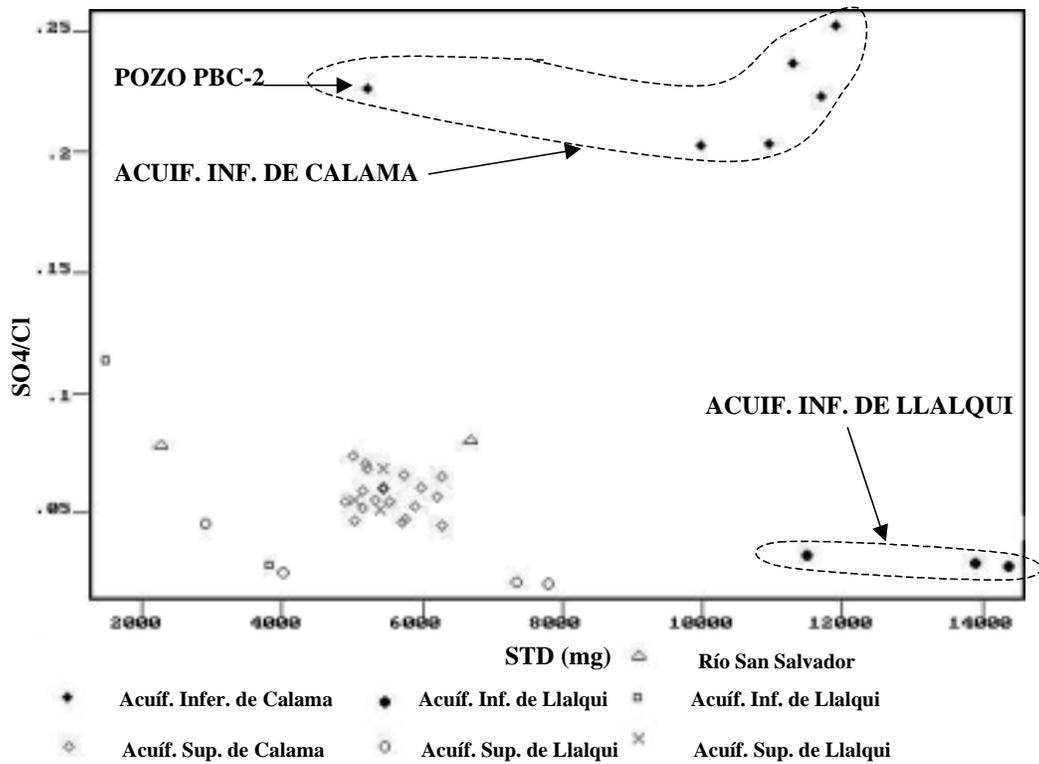
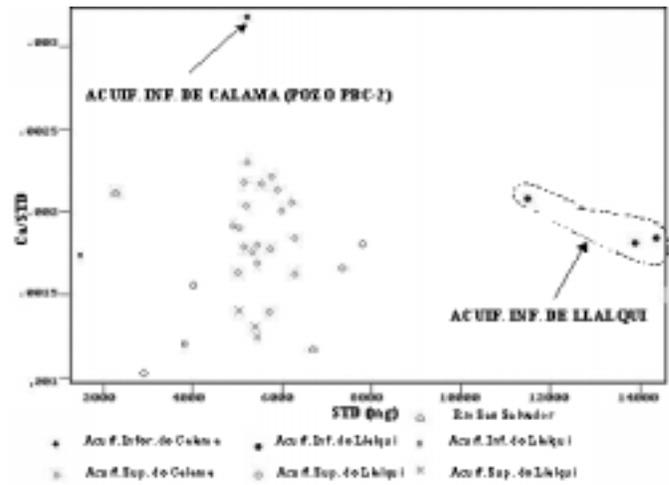
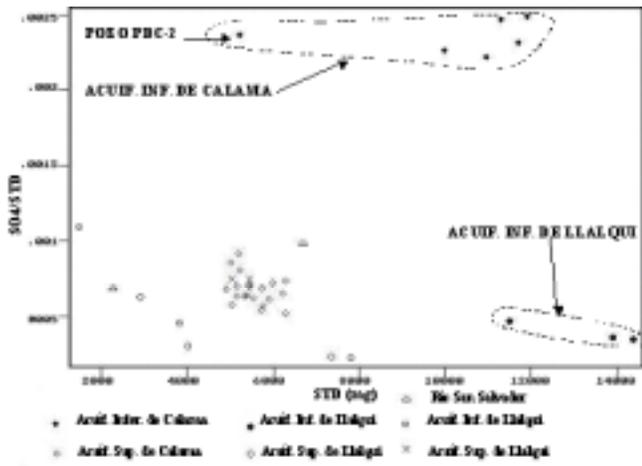


En este diagrama se han agrupado los distintos puntos de acuerdo a la secuencia de evolución geoquímica existente dentro de la cuenca (A-B-C). Como se aprecia, esta secuencia coincide con el desarrollo geográfico del río Loa salvo la calidad del acuífero inferior de Calama (encerrado en círculo).

Sin ninguna posibilidad de mezcla con algunas de las aguas del sector, que explique la composición química del pozo PBC-2, en el acuífero inferior, en la secuencia anteriormente indicada, se presume que ésta respondería a una estrecha interacción con los sedimentos situados en profundidad. Verificada la estratigrafía del pozo PBC-2 se pudo comprobar la existencia de abundante cantidad de yeso en la base inferior de la Formación Loa (aproximadamente bajo los 100m). Este estrato estaría aportando sales evaporíticas.

No obstante lo anterior, la conductividad eléctrica asociada a este pozo no sobrepasa los 6 mS/cm, cantidad muy inferior a los 12.7 mS/cm que se observan como promedio en otros pozos habilitados en este acuífero profundo situados más al sureste. El aumento de salinidad indicado para estos pozos

respondería a una mayor residencia local e interacción de estas aguas con las evaporitas de la Formación Loa.



En estos gráficos queda claramente ilustrado que el acuífero inferior de Calama tiene un incremento porcentual de los componentes SO₄ y Ca respecto de las aguas localizadas en el sector.

Los gráficos permiten asegurar que Llalqui inferior no tiene relación directa con la recarga del acuífero inferior de Calama, que su elevada salinidad se debe a procesos de disolución de evaporitas del sector situadas en profundidad, distintos de los observados en Pampa Llalqui, que corresponden a dilución de salmueras residuales.

Por otro lado, los acuíferos superiores de ambos sectores tienen una clara afinidad.

5. HIDROLOGIA

Se realizó un balance hidrológico (Ref. 20) basado sobre promedios en la cuenca completa del río con el fin de conocer los valores, a nivel promedio, que constituyen la escorrentía en el sistema del Loa y asimismo servir de valor referencial al momento de analizar los sectores de interés.

En el caso de la cuenca del río Loa, la escorrentía se genera en las cabeceras de cada una de las subcuencas integrantes, donde la evapotranspiración no es capaz de consumir toda el agua que aporta la precipitación

5.1 BALANCE HIDROLOGICO

En el balance hidrológico de la Ref. 20, se calcularon los valores de escorrentía total renovable generada en cada subcuenca que integra la cuenca del río Loa, obtenida como la diferencia entre el aporte de las precipitaciones y la evapotranspiración natural:

- Cuenca Alta Loa (hasta Lequena) 2,62 m³/s
- Subcuenca Río San Pedro 1,04 m³/s
- Subcuenca Río Salado 1,63 m³/s

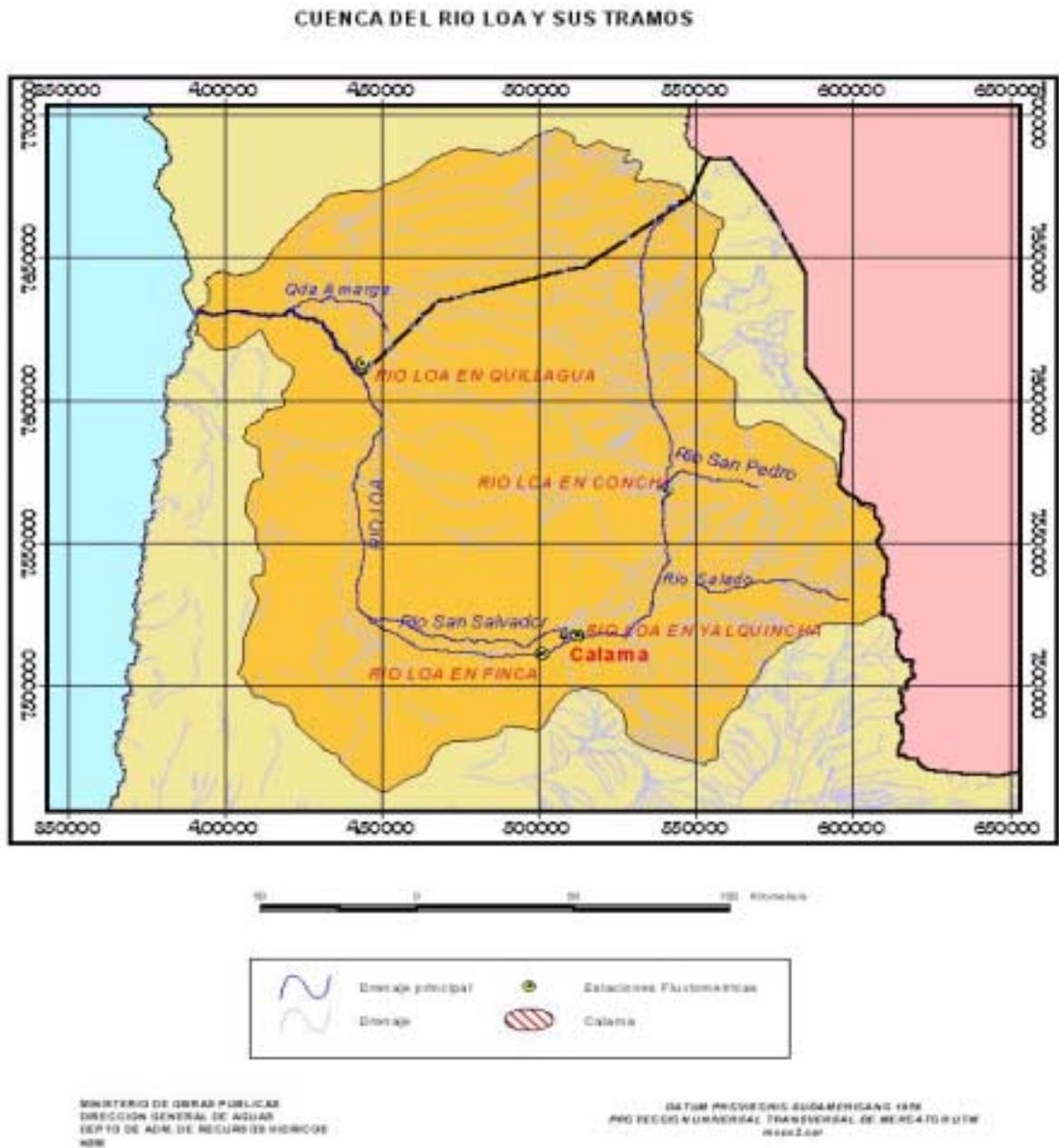


Figura N° 5: Cuenca del Loa - Puntos de Balance

A partir de esta información y de la información del Balance Hídrico Nacional (Ref. 2) se realizó un balance global en el que se conjugan la escorrentía, la explotación prevista en el largo plazo de los derechos, y los usos in situ (evaporaciones), con el objeto de determinar, a nivel de promedio, la escorrentía no comprometida de la cuenca.

Los valores de escorrentía natural generados a través del balance hidrológico, presentados en el numeral 5.1 de este Informe, fueron los valores que se usaron en el balance que a continuación se presenta a excepción del caso de la subcuenca del río Salado, en donde se utilizó el valor determinado en el Balance Hídrico Nacional (Ref. 2).

Cabe notar que mediante Res. DGA N° 197 del 24 de Enero del 2000 se declaró formalmente el agotamiento del río Loa y sus afluentes, dado que no existe disponibilidad para constituir nuevos derechos consuntivos permanentes.

Los derechos de aprovechamiento de aguas, subterráneos y superficiales otorgados en la cuenca se encuentran en el Anexo B de este Informe

En el caso de los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales, para efectos de realizar el balance los derechos fueron considerados de la siguiente forma:

- Los derechos no consuntivos no se consideran por cuanto no representan una extracción para efecto del balance,
- Los derechos de la empresa ESSAN en la parte del Alto Loa fueron tomados por el valor demostrado en las estadísticas de extracciones proporcionadas por la empresa (ver Anexo C),
- Los derechos de aguas superficiales destinados para riego fueron considerados en el balance en función de las hectáreas regadas (ver. Ref. 20, pág. 43),
- Los derechos otorgados en el río San Salvador, en la Quebrada Quetena de 100 l/s no fueron considerados en el balance dado que corresponden a aguas provenientes de aguas servidas de la ciudad de Calama, luego estas aguas ya están consignadas en el balance dentro de los derechos de la empresa ESSAN.
- Los derechos de aguas superficiales otorgados a Codelco en la subcuenca del río Salado son objeto de control mensual de extracciones, y este valor es el que será usado en el balance.

Tabla N° 1: Balance de la cuenca del río Loa

Cuenca del Río Loa, Caudales en l/s	ESCORREN	DERECHOS	Explotación prevista en el largo plazo	Balace Demanda
			derecho comp.	
Escomenta total Loa Alto	2620		-2620,0	2620
Derechos superficiales		13,3		13,3
Derechos superficiales industriales		16,6		16,6
Derechos superficiales de ESSAN		850,0	0,75	850,0
Derechos subterráneos mineros Codelco Puno		300,0		225,0
Total derechos Loa Alto		1179,9		1104,9
Loa antes junta San Pedro (Laguana)				1515
Escomenta total San Pedro	1040		1040,0	
Derechos superficiales de riego		10,0		10,0
Derechos superficiales mineros + FC		418,5		418,5
Derechos superficiales mineros eventuales		450,0		450,0
Derechos subterráneos mineros		1623,0	0,75	1217,3
Total derechos San Pedro		2501,5		2095,8
San Pedro antes junta Loa (San Pedro)				0
Loa después junta San Pedro (Canchí)				1515
Laguna-ChuChu				
Derechos superficiales de riego		203,0	0,58	116,8
Total derechos		203,0		116,8
Loa antes junta Salado				1388
Escomenta total Salado	1800		1800,0	
Derechos superficiales de riego		131,6	0,19	25,4
Derechos superficiales AP Tocanca		470,9	0,65	306,1
Derechos superficiales AP Linzor		50,0	0,65	32,5
Derechos superficiales AP Hogalar		140,0	0,65	91,0
Derechos superficiales AP Soc. Tur(riego vega)		100,0	0,19	19,0
Derechos superficiales minería		580,0	dato	520,0
Derechos mineros subterráneos		31,0	0,75	23,3
EVAPORACION TURI				200,0
Total derechos Salado		1613,5		1217,2
Salado antes junta Loa (Ayuquina)				583
Loa después junta Salado				1801
EVAPORACION DESDE SALARES				70
Loa en Yalquincha				1911
Loa sector Calama				
Derechos superficiales de riego		1025,7	0,51	523,1
Derechos superficiales mineros		6,0		6,0
Derechos subterráneos mineros		244,0	0,75	183,0
Total derechos Sector Calama		1275,7		712,1
Loa abajo Calama (La Finca, Chinaraste)				1199
Derechos superficiales mineros SQM		94,4		94,4
Derechos subterráneos mineros		33,7	0,75	25,3
Total derechos entre Calama y Junta San Salvador		128,1		119,7
Evaporación desde cauce		265,0		265,0
Loa abajo junta San Salvador				814
Derechos superficiales mineros SQM		62,1		62,1
Total derechos abajo San Salvador		62,1		62,1
Evaporación desde cauce		250,0		250,0
Caudal ecológico río Loa		54,0		64,0
Loa en Quilagua				438
Derechos superficiales riego		144,0	0,42	60,5
Total derechos sector Quilagua		144,0		60,5
Loa bajo Quilagua antes junta Quebrada Amarga				378

El balance de escorrentía y explotación prevista en el largo plazo de los derechos, Tabla N° 1 revela lo siguiente:

- a. La escorrentía total (superficial y subterránea) del río San Pedro, está totalmente comprometida con los derechos superficiales y subterráneos ahí constituidos, y no hay caudales excedentes hacia el río Loa.
- b. A nivel promedio en la cuenca del Loa, existe escorrentía renovable disponible del orden de 400 l/s.

6 RECURSOS HÍDRICOS DISPONIBLES

Como se observa en el presente informe se ha partido por un análisis global de los recursos hídricos en la cuenca del río Loa, análisis que nos permite establecer el marco general relativo a la existencia de recursos hídricos en la cuenca y a su vez nos permite desagregar esta gran cuenca en subsistemas los cuales se insertan en el contexto global de la cuenca .

Considerando que las solicitudes de agua subterránea recaen en 3 subsectores hidrogeológicos: Calama, Llalqui y Quebrada de León, se evaluará la disponibilidad de recursos hídricos en los 2 primeros subsectores hidrogeológicos, pertenecientes a la cuenca del río Loa, por cuanto los antecedentes aportados por Nazca a la fecha , como apoyo a las solicitudes presentadas en el sector de Quebrada de León, son insuficientes para acceder a la constitución de los derechos, ya que no dan certeza técnica de la existencia de recursos disponibles sin perjuicios a terceros ni al medio ambiente.

Se comenzará haciendo la evaluación del sector de Calama dado que el orden de prelación de las solicitudes así lo indica.

6.1 ACUIFERO DE CALAMA

La Compañía Minera Equatorial Resources construyó originalmente un modelo hidrogeológico MODFLOW de la zona de Calama, considerando que el acuífero de Calama se encuentra ubicado entre el cerro Calama por el Este y la vertiente Ojos de Opache por el Oeste. Entre los ríos Loa por el Este y Sur y el río San Salvador por el Norte. Incluye a la ciudad de Calama.

Durante el segundo semestre del año 2002 la DGA afinó el modelo de simulación para llegar finalmente a un modelo que diera cuenta no sólo de las situaciones locales de Calama sino que además la definición de sus límites o entradas laterales diera cuenta del balance global del sistema en donde se inserta el sistema acuífero de Calama.

El modelo hidrogeológico se construyó considerando 4 estratos característicos, extendidos sobre todo el dominio, y en algunos sectores particulares controlados por fallas de carácter local o de carácter regional. Estos estratos identificados son (desde la superficie hacia abajo): Estrato1, de calizas

karstificadas; Estrato 2, serie de arcillas, limos y arenas denominado Formación Loa; Estrato 3, gravas, ó Formación Calama; y Estrato 4, basamento rocoso indiferenciado.

En relación a la discretización temporal de los datos, contempla 10 períodos de stress de 5 años, alcanzando 50 años de modelación, para cada uno de los escenarios que se describirán mas adelante. En cuanto a la discretización espacial, ésta corresponde a una malla regular de dimensiones aproximadamente 130 x 130 m.

Escenarios de Modelación

Se modelaron básicamente 6 escenarios, cada uno de los cuales representa el uso en el largo plazo de los derechos de agua subterránea solicitados en el sector de Calama :

Tabla N° 2: Escenarios Modelados

ESCENARIOS	CAUDAL DE EXPLOTACIÓN (l/s)
ESC 1 (Base)	183
ESC 1A	241
ESC 1B	362
ESC 1C	460
ESC 2	533
ESC 3	808

El escenario 1 corresponde al uso en el largo plazo de los derechos constituidos por la Dirección a la fecha y el escenario 3 representa el uso en el largo plazo de toda la demanda que recae sobre el acuífero de Calama, a la fecha de Diciembre 2002 (ver Anexo B).

La simulación de cada uno de estos escenarios proporcionó datos técnicos necesarios que permitieron evaluar la sustentabilidad de los niveles de explotación simulados en el largo plazo. Para el análisis de ellos se definieron los siguientes indicadores:

a) Estabilización de niveles

En la Tabla " Resumen de los criterios para evaluar el comportamiento del sistema Calama" se han resumido los valores estimados para las tasas de descenso en el rango de 50 años y en el período de los últimos 5 años. Para los 50 años, se presentan rangos de variación de niveles, producto de la disposición de los pozos en el sector no todos presentan la misma variación, sin embargo, para los últimos 5 años, la tasa de descenso es casi la misma para todos, por lo que se presenta el valor promedio de las tasas de descenso. También se agrega un dato referencial ($t \downarrow 1m$) que quiere mostrar en cuantos años con la tasa de descenso de los últimos 5 años los niveles bajarían 1 m.

b) Porcentaje de extracción desde el almacenaje de los acuíferos.

Este criterio guarda relación con saber cual es el porcentaje de uso del almacenamiento, considerando como volumen de acuífero.

De acuerdo al modelo de simulación se estableció que cierta parte del agua extraída proviene del volumen almacenado (ver TABLA 6.5 ref. 20), y la otra desde la escorrentía subterránea renovable, teniéndose los siguientes valores:

Tabla N° 3: Caudal proveniente del Almacenamiento para los distintos niveles de explotación

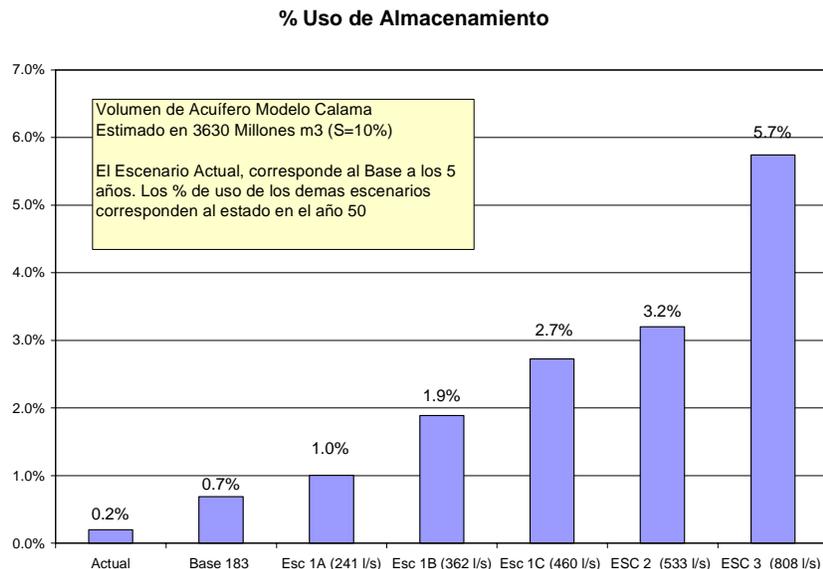
ESCENARIOS	CAUDAL DE EXPLOTACIÓN (l/s)	CAUDAL DESDE ALMACENAMIENTO (l/s)
ESC 1 (Base)	183	25
ESC 1A	241	43
ESC 1B	362	84
ESC 1C	460	120
ESC 2	533	128
ESC 3	808	225

Por otro lado, para determinar que porcentaje del volumen almacenado representa el caudal que proviene desde el almacenamiento se consideró la siguiente información:

- dentro de la zona modelada el volumen de acuífero es de 3.630 millones de m³.
- el porcentaje del volumen desembalsado se determinó en base a la diferencia entre los niveles piezométricos del último período (año 50) y el del año inicial y usando asimismo valores de coeficiente de almacenamiento de los distintos estratos.

Con la metodología antes expuesta se determinó el % del volumen almacenado drenado por la explotación en 50 años, valores que se muestran en la siguiente figura:

Figura N° 6: % de Uso del Almacenamiento para el acuífero del sector de Calama, para cada uno de los escenarios analizados.



c) Efectos en los cursos de aguas superficiales y vertientes

Con este criterio se evalúa el efecto de la extracción de agua subterránea en los caudales de las vertientes Ojos de Opache, Likantatay-La Cascada, el río San Salvador y el río Loa en el tramo en estudio.

En la tabla " Efecto en vertientes y río San Salvador" se muestran los valores de los caudales promedios que disminuyen en las vertientes en los 50 años de simulación para los distintos escenarios. Para el escenario base está calculado con respecto al caudal que recuperan las vertientes (o ríos) en el escenario actual² y para todos los demás, está en relación al caudal que recuperan las vertientes en el escenario base.

Estos caudales se comparan con el caudal medio aforado en las vertientes y en el río San Salvador, que es de 545 l/s. Los valores medios de los caudales aforados son:

- río San Salvador en nacimiento 30 l/s
- vertiente Ojos de Opache en Enaex 480 l/s
- vertiente Likantatay 15 l/s
- vertiente La Cascada 20 l/s

Total caudales 545 l/s

Tabla N° 4 : Efecto en vertientes y río San Salvador.

ESCENARIO	Q AFECCIÓN (L/S)	% AFECCIÓN & Q MEDIO AFORADO (545 l/s)
Base 183 l/s	28	5.0
Esc 1 A (241 l/s)	12.3	2.3
Esc 1 B (362 l/s)	42	7.7
Esc 1 C (460 l/s)	64	11.7
Esc 2 (533 l/s)	71.6	13.2
Esc 3 (808 l/s)	49	24

Tabla N° 5: Efecto sobre río Loa

Escenario	Afección c/r Q río Loa %
Actual	
Base 183	4.00
Esc 1A (241 l/s)	2.37
Esc 1B (362 l/s)	6.33
Esc 1C (460 l/s)	9.57
ESC 2 (533 l/s)	11.61
ESC 3 (808 l/s)	18.05

² El escenario actual corresponde al escenario base, ESC 1(base) a los 5 años de iniciado el bombeo.

d) Expansión del cono de isodescensos.

Con el objeto de respetar las condiciones bajo las cuales se ha realizado la modelación, existe un máximo de descenso admisible para el borde Este de 3 m , basado en el error de cierre obtenido de la calibración en transiente. (Tabla 6.5, Ref. 20)

Tabla N° 5: Descensos de nivel en el acuífero Calama.

Escenarios	Desc. max en B. este m
Actual	< 0.1
Base 183	1
Esc 1A (241 l/s)	1.5
Esc 1B (362 l/s)	2.5
Esc 1C (460 l/s)	3.2
ESC 2 (533 l/s)	4
ESC 3 (808 l/s)	6

6.1.1 EVALUACION DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS EN EL SECTOR DE CALAMA

La evaluación de recursos hídricos considera en primer término si existen recursos no comprometidos a nivel de cuenca y luego si la respuesta es positiva se analiza si existe recurso a nivel de sector. En este punto del informe se determina cuanta es la cantidad de agua que existe como recurso en el sector de Calama , dado que ya sabemos desde el balance (Tabla N°1) que existen recursos no comprometidos a nivel de cuenca.

Los antecedentes obtenidos del modelo de simulación permiten establecer que si bien existen impactos generados por los distintos niveles de extracción simulados, el escenario 1C , escenario con un caudal de extracción simulado de 460 l/s, es aquel que:

- no afecta a derechos de aguas superficiales del río Loa, por cuanto el porcentaje de afección al río Loa es inferior al 10%, valor que se considera despreciable por cuanto queda dentro del umbral de error de las mediciones del caudal del río.
- La cantidad de agua que deja de aflorar en promedio, a través de las vertientes y el río San Salvador es del orden del 10%, valor que permite asimilarlo a las incertidumbres asociadas a los aforos.
- la cantidad de agua que proviene del volumen embalsado en el acuífero es del orden del 3% , valor considerado aceptable, por cuanto es inferior al 5%, valor que se considera como máximo

aceptable considerando que existen variaciones o errores asociados a la estimación del caudal sustentable de extracción en el largo plazo.

- En relación al modelo, el escenario de 460 l/s de extracción, asegura que el cono de isodescensos estará dentro del rango aceptable para permitir el respeto a las condiciones bajo la cual se realizó la modelación.

No obstante que los análisis efectuados muestran que el escenario 1C (460 l/s) no genera efectos no deseados, para evitar cualquier duda o error, todas las variables que se han señalado más arriba, como los niveles, el grado de vaciamiento del acuífero, la variación de los flujos de las vertientes y cursos de aguas superficiales, serán objeto de seguimiento y monitoreo permanente, con el objeto de verificar que la extracción de agua subterránea no cause perjuicios más allá de los aceptables. Ese seguimiento será parte del programa de monitoreo del Plan de Alerta Temprana considerado para este sistema acuífero, instrumento a través del cual esta Dirección toma todos los resguardos necesarios a objeto de no perjudicar ni menoscabar los derechos de terceros, incluido por cierto el medio ambiente. El seguimiento y respeto del Plan de Alerta Temprana será incluido como condición en las resoluciones que otorguen los nuevos derechos de aprovechamiento y el ejercicio de los derechos otorgados por los titulares deberá someterse a él.

Como corolario de este punto, el caudal de máximo de extracción en el acuífero de Calama es de 460 l/s, siempre y cuando durante su ejercicio se respeten las condiciones indicadas en el numeral 6.1.2. de este informe.

DETERMINACIÓN DE LOS D^{OS} DE APROVECHAMIENTO POSIBLES DE OTORGAR

De acuerdo a lo anterior, es posible otorgar en el acuífero de Calama derechos de aprovechamiento agua subterránea por un valor tal, que la explotación prevista en el largo plazo de ellos signifique un caudal de extracción de 460 l/s, lo que traducido a derechos de aprovechamiento significan un caudal de 613 l/s, toda vez que se tiene información tanto de los derechos otorgados como de los solicitados que indican que el uso de éstos es para actividad minera y que el uso previsto en el largo plazo de los derechos de aprovechamiento para este uso es de 75%.

Considerando que ya existen derechos de agua subterránea constituidos por un caudal de 244 l/s, la cantidad de nuevos derechos de aprovechamiento a otorgar en este sistema es de 370 l/s, que corresponde a la diferencia entre la oferta de 613 l/s y los 244 l/s ya otorgados.

El valor de caudal derivado de la escorrentía renovable, que es comprometido al constituirse nuevos derechos por un caudal de 370 l/s en Calama es de 182 l/s, valor que se enmarca dentro del rango determinado para la escorrentía no comprometida a nivel de cuenca, aproximadamente 400 l/s, luego es posible otorgar estos nuevos derechos por cuanto respetan las condiciones globales de la cuenca como las particulares del sector.

6.1.2 DE LAS CONDICIONES A RESPETAR DURANTE EL EJERCICIO DE LOS DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ACUÍFERO DE CALAMA.

El objetivo de estas condiciones es velar para que los eventuales efectos de la extracción de aguas subterráneas no causen perjuicio a derechos de terceros y al acuífero.

A continuación se exponen las condiciones al ejercicio de los nuevos derechos de agua subterránea en el acuífero de Calama. El detalle de cómo se llevara el control de ellas estará desarrollado en el documento titulado " Plan de Alerta Temprana para el Acuífero de Calama, de la cuenca del río Loa" el cual tendrá la categoría de documento oficial y deberá ser parte integrante en la resolución que constituya los derechos de aprovechamiento.

Condiciones necesarias para el ejercicio de los derechos de aprovechamiento de agua subterránea en el acuífero de Calama de la cuenca del río Loa:

- No disminución de los caudales de los ríos Loa y San Salvador.
- No disminución del caudal de las vertientes: Ojos de Opache, Likantatay y La Cascada.
- No afección a la zona de vegas activas.
- No afección al acuífero, en el sentido de evitar un descenso sostenido en el tiempo de los niveles del agua subterránea.

6.2 SECTOR LLALQUI

La empresa Nazca S.A. para avalar sus solicitudes de derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas en el sector de Llalqui construyó un modelo de simulación, MODFLOW, del sector. Este modelo no fue usado como herramienta de evaluación del caudal sustentable de extracción en el largo plazo y de predicción de impactos dado que se determinó que su modelo conceptual, base para la construcción del modelo de simulación, consideró hipótesis que no están del todo respaldadas y asimismo los flujos de entrada y valores de recuperación de los ríos en el sector, no son coherentes con los valores determinados en el balance hidrológico (Ref. 20)

La zona de Llalqui es una zona acuífera donde a la fecha sólo existe un derecho de aprovechamiento de agua otorgado y los antecedentes hidrogeológicos del área se derivan fundamentalmente del reconocimiento estratigráfico de los pozos de agua de las solicitudes de Nazca y de algunos sondajes de Codelco. (Ver Ref. 14, 16 y 22).

De acuerdo a estos antecedentes se ha reconocido un acuífero superior, de característica freático y un acuífero inferior de carácter confinado. Los antecedentes a la fecha no permiten aún dilucidar el grado de confinamiento y si este confinamiento se da en toda la zona de Llalqui o es más bien de carácter local.

Por otro lado, como se mencionó en el capítulo 4 de este Informe, HIDROGEOQUÍMICA, el sector de Llalqui cuenta con información hidrogeoquímica que permitió caracterizar las aguas de su acuíferos profundo y superficial (Ref. 20) y la relación de estos con el sector acuífero de Calama. Los análisis químicos revelaron que las aguas del acuífero inferior son de mala calidad en el sentido que

son muy salinas, con conductividades del orden de 14_mS/cm, a diferencia de las aguas del acuífero superficial del sector cuyas conductividades son hasta 4 veces menor.

La información hidrogeoquímica estableció que las aguas del acuífero de Llalqui inferior no tienen relación directa con la recarga del acuífero inferior de Calama y que si existe afinidad entre los acuíferos superiores de ambos sectores, Calama y Llalqui.

6.2.1 EVALUACION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS EN EL SECTOR DE LLALQUI

De acuerdo a lo antes expuesto en el numeral 6.1.1 de este Informe, la evaluación de los recursos hídricos primero considera si existen recursos a nivel de cuenca y en segundo lugar, si la respuesta es positiva se hace el análisis a nivel de sector.

En el caso de Llalqui, los recursos hídricos existentes y el nivel aceptable de explotación de los mismos se determinaron en base a una modelación realizada por el Depto de Estudios y Planificación de la DGA, Ref. 23, del sector de Llalqui, con el objeto de evaluar los potenciales efectos de una explotación del acuífero inferior en el sistema Llalqui y Calama.

Se modelaron distintos escenarios de extracción, diferenciados por el caudal a extraer, caracterizándose todos ellos por explotar aguas solo del acuífero inferior. El tiempo de simulación fue de 50 años.

Estado estacionario:

- Los montos de las recuperaciones dadas por el modelo (ver punto 5.1, Ref. 23) son totalmente congruentes con los valores observados de las recuperaciones en el río Loa en el tramo, del orden de 200 l/s.
- Los valores obtenidos del modelo, para los flujos subterráneos verticales desde el acuífero inferior hacia el acuífero superior o aportes desde el acuífero inferior al flujo pasante hacia Calama son de magnitudes bajas a despreciables (ver punto 5.1, Ref. 23), valores congruentes con los resultados de los análisis químicos, dado que las aguas del acuífero inferior de Llalqui son de muy alta salinidad comparadas con las de los acuíferos superiores y tampoco son correlacionables con las aguas del acuífero inferior de Calama, por lo que cualquier aporte significativo de aguas de mala calidad desde el acuífero inferior de Llalqui, debiese estar reflejado en la composición de las aguas receptoras. (ver capítulo 4, en este informe).

Estado transiente:
Los escenarios modelados fueron 11:

Tabla N° 7: Escenarios de Extracción en Llaqui

ESCENARIO	CAUDAL (L/S)
BASE	31
1	57
2	72
3	95
4	170
5	223
6	264
7	279
8	313
9	358
10	373
11	399

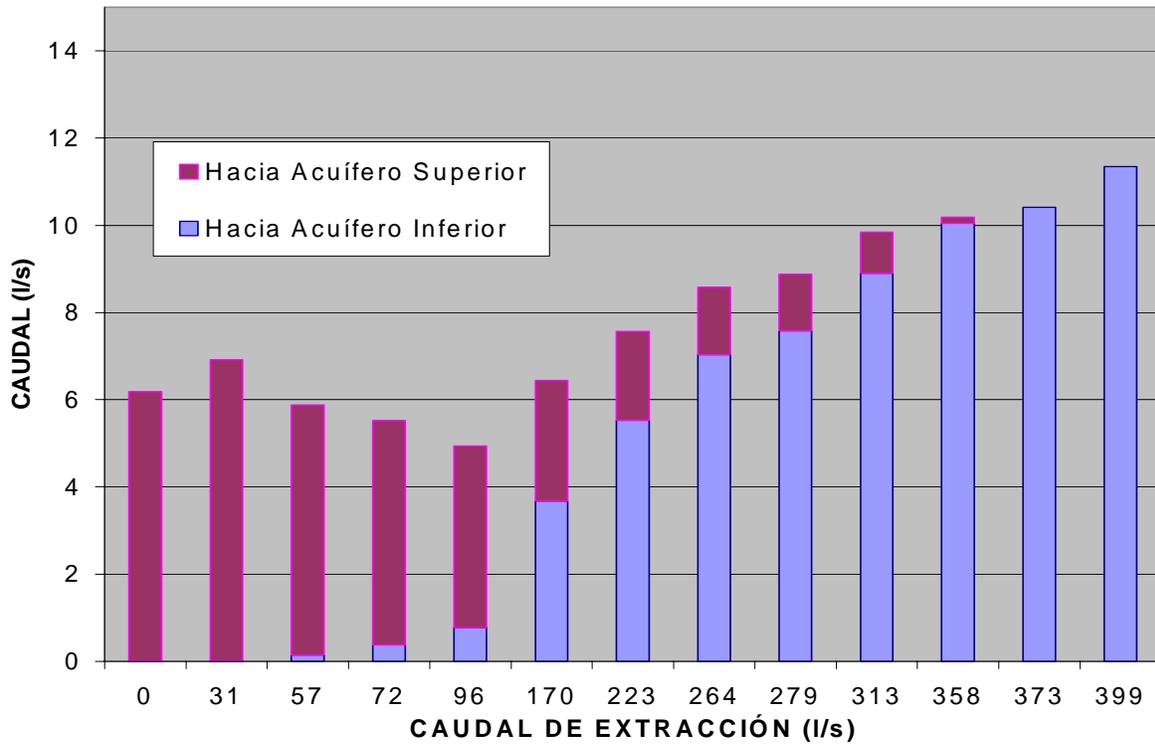
Para efectos de análisis de sus resultados se consideraron los siguientes indicadores:

- impactos al río Loa: la que se mide a través de la variación de las recuperaciones del río en los distintos escenarios comparados con un valor de referencia correspondiente al caudal promedio del río Loa en Yalquincha, 1371 l/s..
- variación del almacenamiento : se mide como la variación % del almacenamiento del acuífero superior, considerando un valor de referencia de éste de 3430 millones m³ , valor determinado en la calibración.
- variación del flujo subterráneo saliente: se mide su variación con respecto a un valor referencial determinado para él durante la calibración, de 611 l/s.

De los resultados

Los primeros resultados indican que al aumentar el nivel de extracción en el acuífero inferior se produce una variación de los flujos existentes entre los acuíferos superior e inferior de Llaqui. Lo anterior queda claramente reflejado en la figura N° 7, donde se observa que a medida que se aumenta el caudal de extracción de agua subterránea del acuífero inferior, aumenta la cantidad de agua que se mueve desde el acuífero superior hacia el inferior.

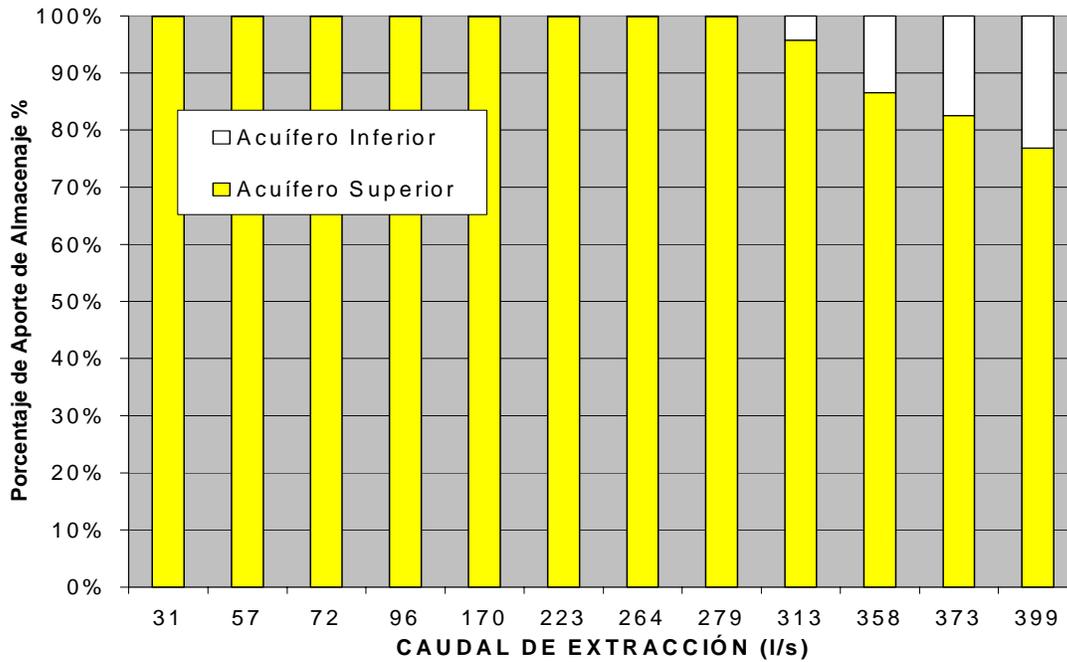
Figura N° 7: Flujo entre acuíferos para los distintos escenarios de extracción



Por lo tanto, el aumento de bombeo genera un aumento de flujo desde el acuífero superficial al acuífero inferior.

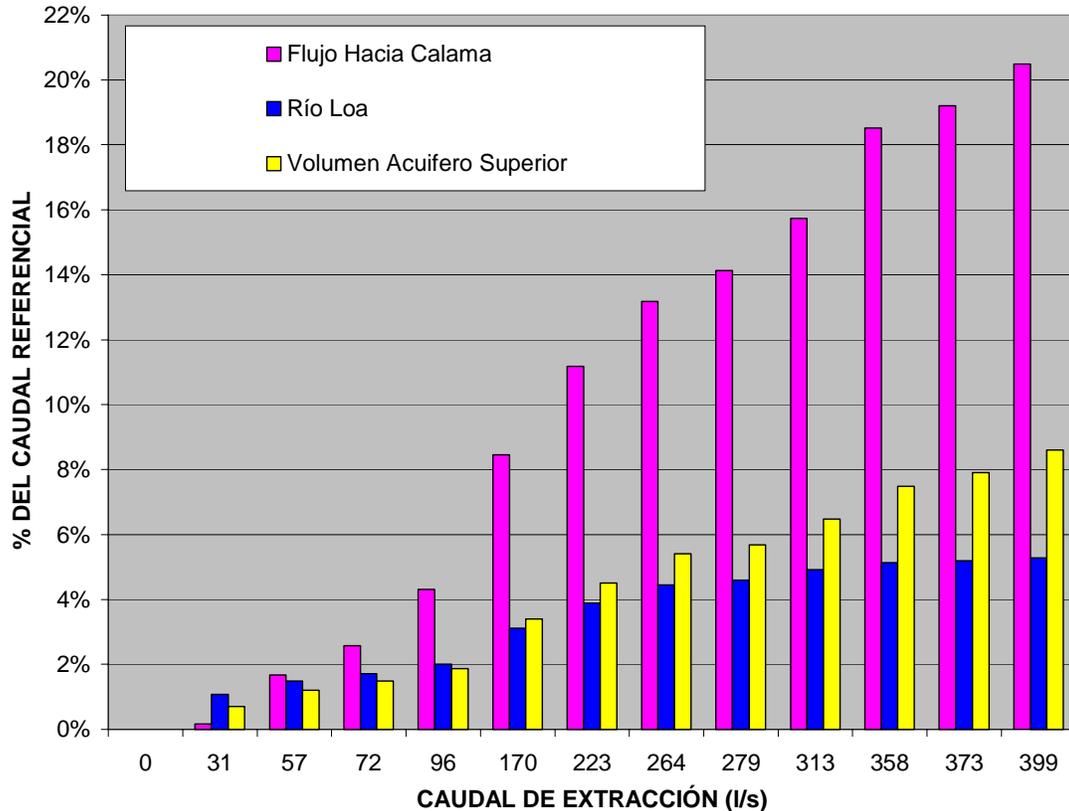
Por otro lado, en la figura N° 8 es posible observar como sólo a partir de un escenario de extracción superior a 280 l/s desde el acuífero inferior, se comienza a producir una reducción, pequeña, del volumen almacenado de acuífero inferior, y que el aumento de la explotación del acuífero inferior, genera una merma creciente del acuífero superior, dado que el aumento de bombeo induce un flujo desde el acuífero superior hacia el inferior, debido a la descompresión de este último por efecto del bombeo.

Figura N° 8: Aporte Porcentual de Almacenaje desde los acuíferos frente al aumento del bombeo.



Para decidir cual es el escenario sustentable de extracción en el largo plazo se analizan los indicadores definidos anteriormente, resumidos en la figura N° 9 .

Figura N° 9: Disminución Porcentual de Flujos y Volúmenes frente al aumento del bombeo.



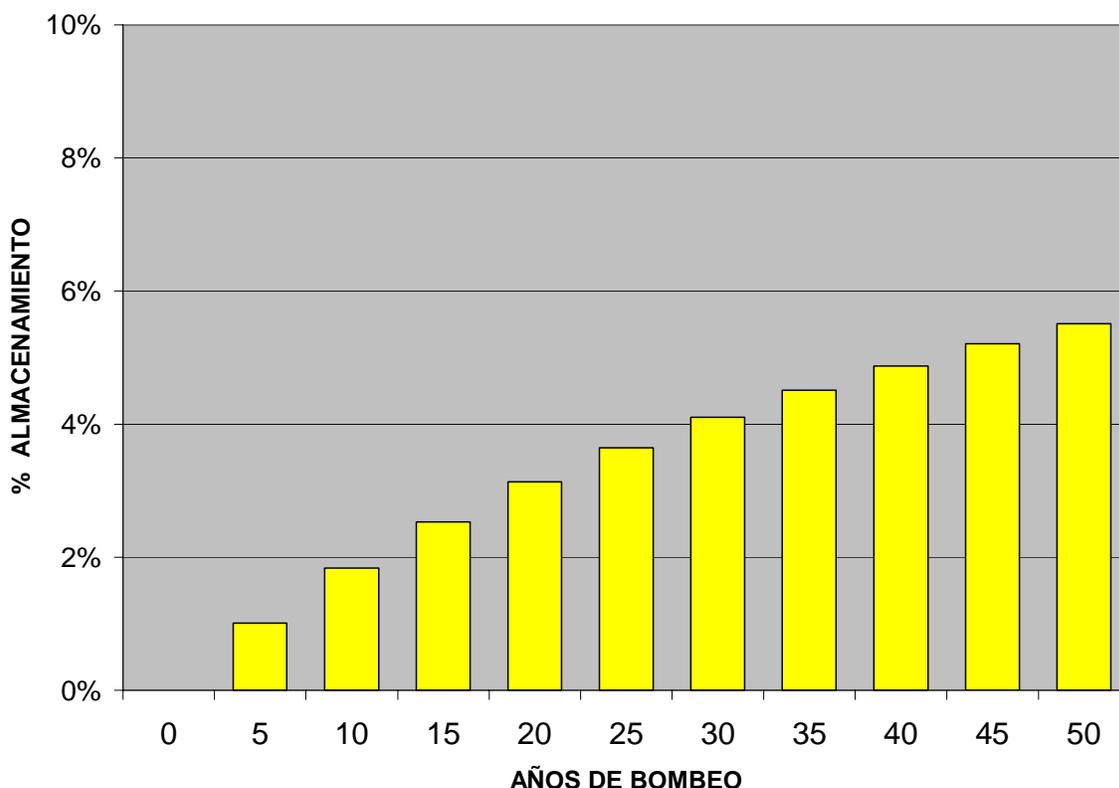
A partir de estos resultados, se concluye lo siguiente:

- Que, el incremento de bombeo se traduce principalmente en reducciones del flujo subterráneo hacia Calama y del volumen almacenado del acuífero superior. Cabe destacar que la reducción del flujo hacia Calama está dentro de los márgenes que permiten mantener la condición de borde en la entrada del modelo de Calama.
- que las reducción de las recuperaciones del río Loa no se afectan notablemente al aumentar el nivel de extracción
- Que, un nivel de extracción mayor a 264 l/s significa una merma del volumen almacenado superior al 5%, valor considerado como cota superior para acotar las incertidumbres inherentes a la determinación de los caudales sustentables de extracción en el largo plazo.
- Que, de acuerdo a lo anterior, un escenario de extracción de 264 l/s garantiza la sustentabilidad del sistema en el largo plazo .

En la Figura N° 10 se muestra como va variando el almacenamiento del acuífero superior, para un nivel de extracción de 264 l/s desde el acuífero inferior, llegando a los 50 años de bombeo a significar una reducción del orden del 5%.

Figura N° 10

VARIACION DEL ALMACENAMIENTO



Por consiguiente, como conclusión general de este numeral, es posible acceder a la constitución en el sector de Llalqui de un caudal del orden de 265 l/s, a captar exclusivamente desde el acuífero inferior, los que corresponden en derechos de aprovechamiento a un caudal de 350 l/s considerando el uso en el largo plazo de estos derechos.

No obstante que los resultados de los antecedentes analizados indican que no existirán impactos no deseados en un escenario de explotación de derechos por un caudal de 350 l/s, para evitar cualquier duda o error, la Dirección tomará los resguardos necesarios a objeto de no perjudicar ni menoscabar derechos de terceros, incluido el medio ambiente. Con tal propósito la DGA incorporará al momento de constituir los nuevos derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en el sector de Llalqui, dos restricciones específicas como es que los nuevos derechos a otorgar deberán explotar las aguas salinas del acuífero inferior, y la obligatoriedad de respetar el Plan de Alerta Temprana para el sector de Llalqui.

En consecuencia, en el sector de Llalqui es posible acceder a la constitución de derechos por un caudal de hasta 350 l/s desde el acuífero inferior, por lo que los nuevos derechos de aprovechamiento de

aguas que se otorguen deberán ser extraídos exclusivamente del acuífero inferior y deberán respetar durante su ejercicio las condiciones establecidas en el punto siguiente de este informe.

6.2.2 DE LAS CONDICIONES A RESPETAR DURANTE EL EJERCICIO DE LOS DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ACUÍFERO DE LLALQUI

El objetivo de estas condiciones es velar para que los eventuales efectos de la extracción de aguas subterráneas no causen perjuicio a derechos de terceros y al acuífero.

A continuación se exponen las condiciones al ejercicio de los nuevos derechos de agua subterránea en el sector de Llalqui. El detalle de cómo se llevara el control de ellas estará desarrollado en el documento titulado " Plan de Alerta Temprana para el Acuífero de Llalqui, de la cuenca del río Loa" el cual tendrá la categoría de documento oficial y deberá ser parte integrante en la resolución que constituya los derechos de aprovechamiento.

Condiciones necesarias para el ejercicio de los derechos de aprovechamiento de agua subterránea en el sector de Llalqui, cuenca del río Loa:

- No afección a los caudales de los ríos Loa y Salado
- No afección a vertientes
- No afección a la zona de vegas.
- No afección a la laguna de Chiu- Chiu
- No afección al acuífero, en el sentido de evitar un descenso sostenido en el tiempo de los niveles del agua subterránea.
- Extracción del agua sólo desde el acuífero inferior

7 DE LOS DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

La demanda por derechos de aprovechamiento de agua subterránea en la cuenca del Loa se presentan en el Anexo B, en el listado adjuntado se encuentran todas las solicitudes de derechos de aprovechamiento aprobadas y pendientes a la fecha, con excepción de las del sector de Llamara. En algunos casos , para las solicitudes pendientes se ha indicado el caudal posible de extraer desde la captación en la columna del caudal otorgado.

De la observación de este listado general, aparece que las primeras solicitudes pendientes recaen en la cuenca del Loa , pero fuera de los sectores analizados, luego estas demandas deben satisfacerse a cargo de la escorrentía renovable del sistema. A continuación , existe un primer grupo de solicitudes pendientes en el acuífero de Calama por un caudal de 751 l/s, cuyas fechas de ingreso se encuentran en el I período febrero 1998 y julio de 1999.

De acuerdo a lo establecido en el numeral 6.1.1, la cantidad de nuevos derechos de aprovechamiento a otorgar en el sistema de Calama es de 370 l/s , por lo que se deben resolver las peticiones por orden de prelación hasta completar este caudal. Quedarán solicitudes para las cuales no existen recursos

hídricos subterráneos, por cuanto se determinó que constituir más allá del caudal ya señalado significa que se afectarán derechos de terceros.

Las solicitudes pendientes siguientes en fecha, corresponden a solicitudes en el sector de Quebrada de León, por un caudal del orden de 550 l/s. Estas peticiones serán analizadas y resueltas con posterioridad a las que recaen en el sector de Llalqui (de fecha posterior) dadas las siguientes consideraciones:

- a. El sector de Quebrada de León no dispone de antecedentes que permitan evaluar si es factible otorgar derechos de aprovechamiento sin afectar al acuífero y a las áreas sensibles medioambientales como vertientes, vegas y escurrimientos superficiales.
- b. De acuerdo a estimaciones preliminares , los tiempos de tránsito del agua subterránea entre Quebrada de León y Llalqui serían tales que a escala humana, estos sistemas hidrogeológicos se pueden considerar desconectados
- c. Por tratarse de solicitudes cuyo representante legal es el mismo y ambas han sido respaldadas por la empresa NAZCA , y considerando además que para resolver las peticiones de NAZCA, el Servicio ha sostenido numerosas reuniones de análisis con la empresa informándoseles de la imposibilidad de avanzar en la resolución de las peticiones en Quebrada de León dada la precariedad y falta de certeza técnica, es que se convino en avanzar en al resolución de las peticiones de la misma empresa que recaen en Llalqui. Por otro lado, es necesario indicar que cuando se analice la disponibilidad de Quebrada de León se debe tener presente tanto las condiciones globales de la cuenca como las del sector en sí.

Las siguientes solicitudes pendientes del Loa recaen en el acuífero de Llalqui y corresponden sólo a 5 expedientes, porque si bien en el listado aparecen 8 expedientes, existe una doble presentación de 3 solicitudes y que las pruebas de bombeo acompañadas sólo demuestran que las captaciones el caudal solicitado la primera vez, observándose que los expedientes ND-0202-2214, 2261, y 2262 están duplicados con los expedientes ND-0202-2244, 2265 Y 2260 respectivamente. Estos 5 expedientes solicitan un caudal de 490 l/s.

Además se incluyen listados separados para cada sector hidrogeológico , Calama, Llalqui y León.

8 CONCLUSIONES

1. A nivel promedio en la cuenca del Loa, existe escorrentía renovable disponible del orden de 400 l/s.
2. De acuerdo con la operación del modelo de simulación hidrogeológico, el caudal total explotable del acuífero de Calama, que cumple con las condiciones impuestas, es de 460 l/s.

3. En concordancia con lo anterior, es posible otorgar en el acuífero de Calama derechos de aprovechamiento agua subterránea por un valor tal, que la explotación prevista en el largo plazo de ellos signifique un caudal de extracción de 460 l/s, lo que traducido a derechos de aprovechamiento significan un caudal de 613 l/s.
4. Considerando que ya existen derechos de agua subterránea constituidos por un caudal de 244 l/s, la cantidad de nuevos derechos de aprovechamiento a otorgar en Calama es de 370 l/s, que corresponde a la diferencia entre la oferta de 613 l/s y los 244 l/s ya otorgados.
5. Los nuevos derechos a otorgar estarán sujetos al seguimiento y respeto de los siguientes condiciones, necesarias para el ejercicio de los derechos de aprovechamiento de agua subterránea en el acuífero de Calama de la cuenca del río Loa:
 - No disminución de los caudales de los ríos Loa y San Salvador.
 - No disminución del caudal de las vertientes: Ojos de Opache, Likantatay y La Cascada.
 - No afección a la zona de vegas activas.
 - No afección al acuífero, en el sentido de evitar un descenso sostenido en el tiempo de los niveles del agua subterránea.
 - Respeto y seguimiento del " Plan de Alerta Temprana para el Acuífero de Calama, de la cuenca del río Loa"
6. Es factible acceder a la constitución en Llalqui de derechos de aprovechamiento de agua subterránea por un caudal de 350 l/s. En este sector existen derechos de aprovechamiento otorgados por un caudal de 31 l/s, por lo tanto es factible constituir nuevos derechos de aprovechamiento por un caudal máximo de 319 l/s, los cuales deben ser extraídos sólo desde el acuífero inferior del sector y además durante su ejercicio se deben respetar las condiciones indicadas en el siguiente punto.
7. Condiciones necesarias para el ejercicio de los derechos de aprovechamiento de agua subterránea en el sector de Llalqui, cuenca del río Loa:
 - No afección a los caudales de los ríos Loa y Salado
 - No afección a vertientes
 - No afección a la zona de vegas.
 - No afección al acuífero, en el sentido de evitar un descenso sostenido en el tiempo de los niveles del agua subterránea.
 - Respeto y seguimiento del " Plan de Alerta Temprana para el Acuífero de Llalqui de la cuenca del río Loa"
8. Con la información analizada a la fecha se puede concluir que desde el punto de vista técnico no existen caudales subterráneos disponibles en los sectores de Calama y Llalqui, más allá de los indicados.

ANEXO B

DEMANDA DE AGUA SUBTERRÁNEA

SOLICITUDES PENDIENTES DE AGUA SUBTERRANEA EN LA CUENCA DEL LOA (ANTES DE QDA AMARGA)

EXPEDIENTE	POZO	PETICIONARIO	F.ING	Q solicita	Q otorgado	COORDENADAS	Datum	HUSO	SIT_ACT
ND-0202-1189	CHUCA 8-B	Corporacion Na	1006/1994	30,0		7521343	509002	19	P-DARH
ND-0202-1191	CHUCA 10-B	Corporacion Na	2507/1994	2,0		7529954	509045	19	P-DARH
ND-0201-1735		SGM NITRATOS	0609/1998	80,0		7519102	442436	19	P-DARH
ND-0201-1751		JULIO PALAPE	19/10/1998	10,0		7603649	447113	19	P-DARH
ND-0201-1819		SGM S.A.	2303/1999	15,0		7521091	440879	19	P-DARH

DEMANDA DE AGUA SUBTERRANEA - CALAMA

EXPEDIENTE	POZO	PETICIONARIO	F.ING	Q solicita	Q otorgado	COORDENADAS	Datum	HUSO	SIT_ACT	
ND-0202-1057		COMPAÑIA COR	0508/1993	49,0	49	7519083	504057	19	A	
ND-0202-1058	PPR5	COMPAÑIA COR	0508/1993	50,0	50	7519964	502771	19	A	
ND-0202-1059	PPR1	COMPAÑIA COR	0508/1993	18,0	18	7515513	504530	19	A	
ND-0202-1060	PPR2	COMPAÑIA COR	0508/1993	47,0	47	7516070	506550	19	A	
ND-0202-1061	PPR3	COMPAÑIA COR	0508/1993	45,0	45	7516370	503227	19	A	
ND-0202-1454	CMO-1	Ola. Minera Falc	0706/1996	50,0	35	7512280	504770	19	A	
ND-0202-1642		INVERSIONES D	1302/1998	20,0		7519041	503053	19	D_RR	
ND-0202-1807		INVERSIONES E	1501/1998	50,0		7510700	507300	19	P-DARH	
ND-0202-1862	4	Compañia Corb	1706/1999	28,8		7514744	503542	19	P-DARH	
ND-0202-1862	9	Compañia Corb	1706/1999	18,9		7514797	503716	19	P-DARH	
ND-0202-1862	16	Compañia Corb	1706/1999	21,6		7515070	503763	19	P-DARH	
ND-0202-1862	18	Compañia Corb	1706/1999	45,0		7515259	504075	19	P-DARH	
ND-0202-1862	30	Compañia Corb	1706/1999	21,9		7515586	504354	19	P-DARH	
ND-0202-1864	10	Compañia Corb	1706/1999	73,2		7514581	503644	19	P-DARH	
ND-0202-1864	19	Compañia Corb	1706/1999	65,0		7514891	503891	19	P-DARH	
ND-0202-1864	24	Compañia Corb	1706/1999	65,5		7514962	504277	19	P-DARH	
ND-0202-1864	25	Compañia Corb	1706/1999	70,0		7514520	503895	19	P-DARH	
ND-0202-1864	27	Compañia Corb	1706/1999	65,0		7514329	504023	19	P-DARH	
ND-0202-1870	1	Compañia Corb	1706/1999	49,0		7514874	503456	19	P-DARH	
ND-0202-1870	7	Compañia Corb	1706/1999	55,4		7514884	503592	19	P-DARH	
ND-0202-1870	12	Compañia Corb	1706/1999	70,0		7514747	503931	19	P-DARH	
ND-0202-2062	26	Compañia Corb	1109/2000	70,0		7514480	503992	19	P-DARH	
ND-0202-2085		Ola. Minera Falc	24/10/2000	25,0		7513508	507442	19	P-DARH	
ND-0202-2108		Ola. Minera Falc	0602/2001	25,0		7512813	506149	19	P-DARH	
ND-0202-2131	PEC-1	ANACONDA CH	1105/2001	45,0		7515100	503000	1956	19	P-DARH
ND-0202-2155	PEC-2	ANACONDA CH	1707/2001	30,0		7514910	502513	1956	19	P-DARH

DEMANDA DE AGUA SUBTERRANEA - LLALQUI

EXPEDIENTE	POZO	PETICIONARIO	F.ING	Q solicita	Q otorgado	COORDENADAS	Datum	HUSO	SIT_ACT	
ND-0202-0996		COMPAÑIA MIN	2109/1993		31	7522986	536302	19	A	
ND-0202-2090		Compañia de Sa	20/10/2000	35,0		7520852	539852	19	P-DARH	
ND-0202-2090		Compañia de Sa	20/10/2000	20,0		7517916	534715	19	P-DARH	
ND-0202-2090		Compañia de Sa	20/10/2000	30,0		7512829	530295	19	P-DARH	
ND-0202-2090		Compañia de Sa	20/10/2000	100,0		7518293	545064	19	P-DARH	
ND-0202-2106		Compañia de Sa	19/01/2001	70,0		7523080	542236	19	P-DARH	
ND-0202-2214		Compañia de Sa	30/10/2001	55,0		7525516	543655	1956	19	P-DARH
ND-0202-2244		Compañia de Sa	18/12/2001	55,0		7525516	543655	1956	19	P-DARH
ND-0202-2261		Compañia de Sa	20/02/2002	60,0		7515374	532640	1956	19	P-DARH
ND-0202-2261		Compañia de Sa	20/02/2002	20,0		7516119	537638	1956	19	P-DARH
ND-0202-2261		Compañia de Sa	20/02/2002	35,0		7514189	535386	1956	19	P-DARH
ND-0202-2262		Compañia de Sa	20/02/2002	20,0		7519133	537591	1956	19	P-DARH
ND-0202-2262		Compañia de Sa	20/02/2002	45,0		7524521	550014	1956	19	P-DARH
ND-0202-2265		Compañia de Sa	20/02/2002	60,0		7515374	532640	1956	19	P-DARH
ND-0202-2265		Compañia de Sa	20/02/2002	20,0		7516119	537638	1956	19	P-DARH
ND-0202-2265		Compañia de Sa	20/02/2002	35,0		7514189	535386	1956	19	P-DARH
ND-0202-2260		Compañia de Sa	21/02/2002	20,0		7519133	537591	1956	19	P-DARH
ND-0202-2260		Compañia de Sa	21/02/2002	45,0		7524521	550014	1956	19	P-DARH

DEMANDA DE AGUA SUBTERRANEA - QUEBRADA DE LEON

EXPEDIENTE	POZO	PETICIONARIO	F.ING	Q solicita	Q otorgado	COORDENADAS	Datum	HUSO	SIT_ACT
ND-0202-2014		Compañia de Sa	0606/2000	60,0		7539340	580387	19	P-DARH
ND-0202-2014		Compañia de Sa	0606/2000	50,0		7545726	576142	19	P-DARH
ND-0202-2014		Compañia de Sa	0606/2000	60,0		7542808	578721	19	P-DARH
ND-0202-2037		Compañia de Sa	2208/2000	80,0		7539581	581545	19	P-DARH
ND-0202-2038		Compañia de Sa	2007/2000	75,0		7540178	577334	19	P-DARH
ND-0202-2039		Compañia de Sa	2007/2000	60,0		7539877	578644	19	P-DARH

DEMANDA DE AGUA SUBTERRANEA - CUENCA DEL LOA

EXPEDIENTE	POZO	PETICIONARIO	F.ING	Q solicita	Q otorgado	COORDENADAS		Datum	HUSO	SIT_ACT	#	fecha	sector
ND-II-215	B-2(N)	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	12/01/90		200,00	7571692	575575			A	40	12/01/90	Sn.Pedro
ND-II-215	CHU-1B	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	12/01/90		233,00	7568937	580165			A	40	12/01/90	Sn.Pedro
ND-II-215	CHU-2B	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	12/01/90		58,00	7564078	589391			A	40	12/01/90	Sn.Pedro
ND-II-215	CHU-5B	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	12/01/90		7,00	7570449	565524			A	40	12/01/90	Sn.Pedro
ND-II-215	CHU-10B(N)	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	12/01/90		200,00	7569188	569683			A	40	12/01/90	Sn.Pedro
ND-II-215	CHU-17B	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	12/01/90		220,00	7569217	577123			A	40	12/01/90	Sn.Pedro
ND-II-215	CHU-18B	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	12/01/90		220,00	7571998	574819			A	40	12/01/90	Sn.Pedro
ND-II-31	Pozo N°1	SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.	15/09/92		2,68	7517660	443480			A	400	15/09/92	S.Miraje
ND-II-31	Pozo N°2	SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.	15/09/92		8,00	7517760	443470			A	400	15/09/92	S.Miraje
ND-0202-896		COMPANIA MINERA PHOENIX S.A.	21/09/92		31	7522986	535302		19	A	692	06/12/95	Ilaqui
ND-II-466	B-1	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	30/12/92		60,00	7568759	574098			A	617	30/12/92	Sn.Pedro
ND-II-466	B-2	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	30/12/92		135,00	7571703	575485			A	617	30/12/92	Sn.Pedro
ND-II-466	B-3	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	30/12/92		100,00	7570239	574665			A	617	30/12/92	Sn.Pedro
ND-II-723	B-4	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	15/02/93		40,00	7568679	571553			A	50	15/02/93	Sn.Pedro
ND-0202-1057		COMPANIA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	05/08/93	49,00	49	7515083	504057		19	A	315	11/07/95	Calama
ND-0202-1058	PPR5	COMPANIA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	05/08/93	50,00	50	7515864	502771		19	A	319	11/07/95	Calama
ND-0202-1059	PPR1	COMPANIA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	05/08/93	18,00	18	7515513	504530		19	A	316	11/07/95	Calama
ND-0202-1060	PPR2	COMPANIA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	05/08/93	47,00	47	7516070	505550		19	A	322	11/07/95	Calama
ND-0202-1061	PPR3	COMPANIA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	05/08/93	45,00	45	7516370	503227		19	A	219	13/02/98	Calama
ND-II-692	CHU-25B	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	13/01/94		150,00	7569678	571544			A	34	13/01/94	Sn.Pedro
ND-0202-1169	CHUCA 6-B	Corporacion Nacional del Cobre-div. Chuqui	10/06/94	30,00		7521343	508002		19	P-DARH			Loa
ND-0202-1191	CHUCA 10-B	Corporacion Nacional del Cobre-div. Chuqui	25/07/94	2,00		7525654	509045		19	P-DARH			Loa
ND-0202-1454	CMG-1	Cía. Minera Falcobridge Lomas Bayas	07/06/96	50,00	35	7512280	504770		19	A	981	24/12/99	Calama
ND-0201-1735		SQM NITRATOS S.A.	08/09/98	80,00		7519102	442436		19	P-DARH			Loa
ND-0201-1751		JULIO PALAPE GUAJARDO	19/10/98	10,00		7603649	447113		19	P-DARH			Loa
ND-0201-1819		SQM S.A.	23/03/99	15,00		7521081	440879		19	P-DARH			Loa
ND-0202-1642		INVERSIONES DON JUAN LIMITADA	13/02/98	20,00		7515041	503053		19	D_RR			Calama
ND-0202-1807		INVERSIONES EL SAUCE S.A.	15/01/99	50,00		7510700	507300		19	P-DARH			Calama
ND-0202-1862	4	Compañía Contractual Minera Equatorial Resources	17/06/99	28,60		7514744	503542		19	P-DARH			Calama
ND-0202-1862	9	Compañía Contractual Minera Equatorial Resources	17/06/99	18,90		7514797	503716		19	P-DARH			Calama
ND-0202-1862	16	Compañía Contractual Minera Equatorial Resources	17/06/99	21,60		7515070	503763		19	P-DARH			Calama
ND-0202-1862	18	Compañía Contractual Minera Equatorial Resources	17/06/99	45,00		7515259	504075		19	P-DARH			Calama
ND-0202-1862	30	Compañía Contractual Minera Equatorial Resources	17/06/99	21,90		7515586	504354		19	P-DARH			Calama
ND-0202-1864	10	Compañía Contractual Minera Equatorial Resources	17/06/99	73,20		7514581	503644		19	P-DARH			Calama
ND-0202-1864	19	Compañía Contractual Minera Equatorial Resources	17/06/99	65,00		7514881	503891		19	P-DARH			Calama
ND-0202-1864	24	Compañía Contractual Minera Equatorial Resources	17/06/99	65,50		7514962	504277		19	P-DARH			Calama
ND-0202-1864	25	Compañía Contractual Minera Equatorial Resources	17/06/99	70,00		7514520	503895		19	P-DARH			Calama
ND-0202-1864	27	Compañía Contractual Minera Equatorial Resources	17/06/99	65,00		7514329	504023		19	P-DARH			Calama
ND-0202-1870	1	Compañía Contractual Minera Equatorial Resources	17/06/99	49,00		7514874	503456		19	P-DARH			Calama
ND-0202-1870	7	Compañía Contractual Minera Equatorial Resources	17/06/99	55,40		7514664	503592		19	P-DARH			Calama
ND-0202-1870	12	Compañía Contractual Minera Equatorial Resources	17/06/99	70,00		7514747	503931		19	P-DARH			Calama
ND-0202-1880	Puno 2 b	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	11/08/99		300,00	7641335	521016			A			Puno
ND-0202-1880	Puno 4 b	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	11/08/99			7646475	521530			A			Puno
ND-0202-1880	Puno 6 b	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	11/08/99			7644159	521207			A			Puno
ND-0202-1880	Puno 7 b	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	11/08/99			7642786	521016			A			Puno
ND-0202-1880	Puno 9 b	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	11/08/99			7648125	521000			A			Puno
ND-0202-1880	Puno 314 b	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	11/08/99			7641281	518457			A			Puno
ND-0202-2014		Compañía de Servicios de Aguas Qda. Del León L	08/06/00	60,00		7539340	580387		19	P-DARH			leon
ND-0202-2014		Compañía de Servicios de Aguas Qda. Del León L	08/06/00	50,00		7545726	576142		19	P-DARH			leon
ND-0202-2014		Compañía de Servicios de Aguas Qda. Del León L	08/06/00	60,00		7542808	578721		19	P-DARH			leon
ND-0202-2037		Compañía de Servicios de Aguas Qda. Del León L	22/06/00	60,00		7539561	581545		19	P-DARH			leon
ND-0201-1596	EX-11A	Baix Ebre S.a.	14/07/00		7,00	7516203	447211			A	415	14/07/00	S.Miraje
ND-0201-1602	EX-13A	SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.	14/07/00		16,00	7520222	443105			A	417	14/07/00	S.Miraje
ND-0202-2038		Compañía de Servicios de Aguas Qda. Del León L	20/07/00	75,00		7540178	577334		19	P-DARH			leon
ND-0202-2039		Compañía de Servicios de Aguas Qda. Del León L	20/07/00	60,00		7539877	578644		19	P-DARH			leon
ND-0202-2062	26	Compañía Contractual Minera Equatorial Resources	11/09/00	70,00		7514460	503992		19	P-DARH			Calama
ND-0202-2068	PUNO 8 B	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	20/09/00			7645239	521930			A			Puno
ND-0202-2068	PUNO 10 B	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	20/09/00			7647247	521927			A			Puno
ND-0202-2068	PUNO 11 B	CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA	20/09/00			7646220	520448			A			Puno
ND-0202-2090		Compañía de Servicios de Aguas Yalqui Ltda.	20/10/00	35,00		7520852	539662		19	P-DARH			Ilaqui

SOLICITUDES PENDIENTES DE AGUA SUBTERRANEA EN LA CUENCA DEL LOA (ANTES DE QDA AMARGA)

EXPEDIENTE	POZO	PETICIONARIO	F.ING	Q solicita	Q otorgado	COORDENADAS		Datum	HUSO	SIT_ACT	#	fecha	sector
ND-0202-1169	CHUCA 6-B	Corporacion Nac	10/06/94	30,0		7521343	508002		19	P-DARH			Loa
ND-0202-1191	CHUCA 10-B	Corporacion Nac	25/07/94	2,0		7525654	509045		19	P-DARH			Loa
ND-0201-1735		SQM NITRATOS	08/09/98	80,0		7519102	442436		19	P-DARH			Loa
ND-0201-1751		JULIO PALAPE	19/10/98	10,0		7603649	447113		19	P-DARH			Loa
ND-0201-1819		SQM S.A.	23/03/99	15,0		7521081	440879		19	P-DARH			Loa

DEMANDA DE AGUA SUBTERRANEA - CALAMA

EXPEDIENTE	POZO	PETICIONARIO	F.ING	Q solicita	Q otorgado	COORDENADAS		Datum	HUSO	SIT_ACT
ND-0202-1057		COMPANIA CON	05/08/93	49,0	49	7515083	504057		19	A
ND-0202-1058	PPR5	COMPANIA CON	05/08/93	50,0	50	7515864	502771		19	A
ND-0202-1059	PPR1	COMPANIA CON	05/08/93	18,0	18	7515513	504530		19	A
ND-0202-1060	PPR2	COMPANIA CON	05/08/93	47,0	47	7516070	505550		19	A
ND-0202-1061	PPR3	COMPANIA CON	05/08/93	45,0	45	7516370	503227		19	A
ND-0202-1454	CMG-1	Cia. Minera Falca	07/06/96	50,0	39	7512280	504770		19	A
ND-0202-1642		INVERSIONES E	13/02/98	20,0		7515041	503053		19	D RR
ND-0202-1807		INVERSIONES E	15/01/99	50,0		7510700	507300		19	P-DARH
ND-0202-1862	4	Compañia Contr	17/06/99	28,6		7514744	503542		19	P-DARH
ND-0202-1862	9	Compañia Contr	17/06/99	18,9		7514797	503716		19	P-DARH
ND-0202-1862	16	Compañia Contr	17/06/99	21,6		7515070	503763		19	P-DARH
ND-0202-1862	18	Compañia Contr	17/06/99	45,0		7515259	504075		19	P-DARH
ND-0202-1862	30	Compañia Contr	17/06/99	21,9		7515586	504354		19	P-DARH
ND-0202-1864	10	Compañia Contr	17/06/99	73,2		7514581	503644		19	P-DARH
ND-0202-1864	19	Compañia Contr	17/06/99	65,0		7514881	503891		19	P-DARH
ND-0202-1864	24	Compañia Contr	17/06/99	65,5		7514962	504277		19	P-DARH
ND-0202-1864	25	Compañia Contr	17/06/99	70,0		7514520	503895		19	P-DARH
ND-0202-1864	27	Compañia Contr	17/06/99	65,0		7514329	504023		19	P-DARH
ND-0202-1870	1	Compañia Contr	17/06/99	49,0		7514874	503456		19	P-DARH
ND-0202-1870	7	Compañia Contr	17/06/99	55,4		7514664	503592		19	P-DARH
ND-0202-1870	12	Compañia Contr	17/06/99	70,0		7514747	503931		19	P-DARH
ND-0202-2062	26	Compañia Contr	11/09/00	70,0		7514460	503992		19	P-DARH
ND-0202-2085		Cia. Minera Falca	24/10/00	25,0		7513508	507442		19	P-DARH
ND-0202-2108		Cia. Minera Falca	08/02/01	25,0		7512813	506149		19	P-DARH
ND-0202-2131	PBC-1	ANACONDA CH	11/05/01	45,0		7515100	503080	1956	19	P-DARH
ND-0202-2155	PBC-2	ANACONDA CH	17/07/01	30,0		7514910	502513	1956	19	P-DARH

DEMANDA DE AGUA SUBTERRANEA - LLALQUI

EXPEDIENTE	POZO	PETICIONARIO	F.ING	Q solicita	Q otorgado	COORDENADAS		Datum	HUSO	SIT_ACT
ND-0202-896		COMPANIA MIN	21/09/92		31	7522986	535302		19	A
ND-0202-2090		Compañia de Se	20/10/00	35,0		7520852	539662		19	P-DARH
ND-0202-2090		Compañia de Se	20/10/00	20,0		7517916	534715		19	P-DARH
ND-0202-2090		Compañia de Se	20/10/00	30,0		7512629	530295		19	P-DARH
ND-0202-2090		Compañia de Se	20/10/00	100,0		7518293	545064		19	P-DARH
ND-0202-2105		Compañia de Se	19/01/01	70,0		7523060	542236		19	P-DARH
ND-0202-2214		Compañia de Se	30/10/01	55,0		7525516	543655	1956	19	P-DARH
ND-0202-2244		Compañia de Se	18/12/01	55,0		7525516	543655	1956	19	P-DARH
ND-0202-2261		Compañia de Se	20/02/02	60,0		7515374	532640	1956	19	P-DARH
ND-0202-2261		Compañia de Se	20/02/02	20,0		7516119	537638	1956	19	P-DARH
ND-0202-2261		Compañia de Se	20/02/02	35,0		7514189	535386	1956	19	P-DARH
ND-0202-2262		Compañia de Se	20/02/02	20,0		7519133	537591	1956	19	P-DARH
ND-0202-2262		Compañia de Se	20/02/02	45,0		7524521	550014	1956	19	P-DARH
ND-0202-2265		Compañia de Se	20/02/02	60,0		7515374	532640	1956	19	P-DARH
ND-0202-2265		Compañia de Se	20/02/02	20,0		7516119	537638	1956	19	P-DARH
ND-0202-2265		Compañia de Se	20/02/02	35,0		7514189	535386	1956	19	P-DARH
ND-0202-2260		Compañia de Se	21/02/02	20,0		7519133	537591	1956	19	P-DARH
ND-0202-2260		Compañia de Se	21/02/02	45,0		7524521	550014	1956	19	P-DARH

DEMANDA DE AGUA SUBTERRANEA - QUEBRADA DE LEON

EXPEDIENTE	POZO	PETICIONARIO	F.ING	Q solicita	Q otorgado	COORDENADAS		Datum	HUSO	SIT_ACT	#	fecha	sector
ND-0202-2014		Compañia de Se	08/06/00	60,0		7539340	580387		19	P-DARH			leon
ND-0202-2014		Compañia de Se	08/06/00	50,0		7545726	576142		19	P-DARH			leon
ND-0202-2014		Compañia de Se	08/06/00	60,0		7542808	578721		19	P-DARH			leon
ND-0202-2037		Compañia de Se	22/06/00	60,0		7539561	581545		19	P-DARH			leon
ND-0202-2038		Compañia de Se	20/07/00	75,0		7540178	577334		19	P-DARH			leon
ND-0202-2039		Compañia de Se	20/07/00	60,0		7539877	578644		19	P-DARH			leon