



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

**EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS
HIDRICOS SUBTERRÁNEOS
DE LA CUENCA DEL RIO ELQUI
IVª REGION**

INFORME TECNICO

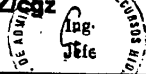
REALIZADO POR:

**DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN
DE RECURSOS HÍDRICOS**

S.D.T. N° 161

Santiago, Diciembre de 2003

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPTO. ADM. DE RECURSOS HIDRICOS
CGZ/cgz



MINISTERIO DE HACIENDA
OFICINA DE PARTES

RECIBIDO

CONTRALORIA GENERAL
TOMA DE RAZON

RECEPCION

DEPART. JURIDICO		
DEPT. R. Y REGISTRO		
DEPART. CONTABIL.		
SUB. DEP. C. CENTRAL		
SUB. DEP. E. CUENTAS		
SUB. DEP. C. P. Y. BIENES NAC.		
DEPART. AUDITORIA		
DEPART. V. O. P. U. y T.		
SUB. DEP. MUNICIPI.		

REFRENDACION

EF. POR \$ _____
IMPUTAC. _____
ANOT. POR \$ _____
IMPUTAC. _____

DEDUC. DTO. _____

--	--	--

M.O.P.
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
OFICINA DE PARTES
RESOLUCION TRAMITADA
Fecha 12 DIC 2003

REF.: Aprueba el Estudio "Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la Cuenca del Río Elqui IVª Región".

SANTIAGO, 12 DIC 2003

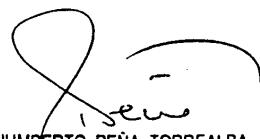
D.G.A. N° 3767

VISTOS : El estudio "Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la Cuenca del Río Elqui IVª Región". S.D.T. N° 161 de fecha 11 de diciembre de 2003; y las atribuciones que me confiere el artículo 300 letra c) del Código de Aguas.

RESUELVO: EXENTA

- 1.- APRUEBASE el Estudio denominado "Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la Cuenca del Río Elqui IVª Región". S.D.T. N° 161 de fecha 11 de diciembre de 2003.
- 2.- COMUNIQUESE la presente resolución al Sr. Secretario Regional Ministerial de Obras Públicas de la IVª Región, a los Departamentos de la Dirección General de Aguas y Oficinas Regionales de la Dirección General de Aguas de la IVª Región.

ANOTESE Y COMUNIQUESE


HUMBERTO PEÑA TORREALBA
INGENIERO C. II
DIRECTOR GENERAL DE AGUAS

INDICE

I	INTRODUCCIÓN.....	1
II	AREA DE ESTUDIO	5
III	ANALISIS Y REVISIÓN DE ANTECEDENTES.....	6
III.1	Estudio: Elqui Valley Chile – Groundwater Investigations, United States Department of The Interior Bureau of Reclamation para CORFO, 1955.	6
III.2	Análisis Crítico de la Red de Medición de Niveles Agua Subterránea – Región IV, Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Ltda., para la DGA, 1987.	7
III.3	Estudio Integral de Riego – Valle del Elqui, INA Ingenieros Consultores, para Comisión Nacional de Riego, 1987.....	8
IV	CARACTERIZACION HIDROGEOLOGICA.....	13
IV.1	Geometría Acuífera, Estratigrafía y Basamento Impermeable.....	13
IV.2	Profundidad de la Napa y Sentido de Escurrimiento.....	14
IV.3	Evapotranspiración y Cuña Salina.....	14
IV.4	Constantes Elásticas del Acuífero.....	15
V	ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA DEL SISTEMA.....	17
V.1	Precipitaciones	17
VI	CAUDAL DE EXPLOTACION SUSTENTABLE.....	21
VI.1	Discretización del Acuífero.....	21
VI.2	Bordes Impermeables Laterales.....	21
VI.3	Nivel de Terreno, Divisoria de Capas y Profundidad del Basamento Rocosos.....	22
VI.4	Recarga.....	23
VI.5	Descarga.....	25
VI.6	Coeficiente de Conductividad Hidráulica	25
VI.7	Coeficiente de Almacenamiento.....	27
VI.8	Pozos de Observación	28
VI.9	Calibración del Modelo	29

VII	SIMULACIONES	34
VIII	DERECHOS DE APROVECHAMIENTO.....	40
VIII.1	Política general y criterios generales de la dirección general de aguas sobre derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.....	40
VIII.1.1	Criterios técnicos generales	40
VIII.2	Demanda aguas subterránea acuífero del Río Elqui, IVª Región.....	44
VIII.3	Explotación previsible en los acuíferos.....	44
IX	RESPUESTA DEL ACUÍFERO FRENTE A DISTINTOS NIVELES DE EXTRACCION	46
IX.1	Zona “Sector Alto”	46
IX.2	Zona “Sector Medio”.....	47
IX.3	Zona “Santa Gracia”.....	48
IX.4	Elqui Bajo	49
IX.5	Zona “Serena Norte”	51
IX.6	Balance General.....	52
X	CONCLUSIONES	54
XI	BIBLIOGRAFIA.....	55
XII	FIGURAS.....	56
XIII	TABLAS	57
XIV	LISTA DE ANEXOS.....	58

I INTRODUCCIÓN

El presente estudio, tiene por objeto realizar una evaluación de los recursos hídricos subterráneos de acuíferos del río Elqui, IVª Región y su comparación con la explotación prevista de los derechos solicitados y los usos y derechos factibles de regularizar, para diversos escenarios de extracción.

La IV Región de Coquimbo, de superficie total 40.656,3 km², y se ubica aproximadamente entre los 29° 10' y 32° 10' de latitud Sur y entre los 71° 30' y 70° 15' de longitud Oeste. Esta región está constituida por 3 cuencas importantes, a saber, Elqui, Limarí y Choapa, y otras cuencas menores, algunas de ellas costeras.

El río Elqui se forma de la confluencia de los ríos Claro y Turbio, en la localidad de Rivadavia. Por su parte, el río Claro nace de la unión de los ríos Cochiguaz y Derecho, recibiendo en su trayecto los aportes de la quebrada Paihuano. A su vez, el río Turbio está formado por los ríos Incaguasi y Del Toro, y este último está formado principalmente por el río Vacas Heladas.

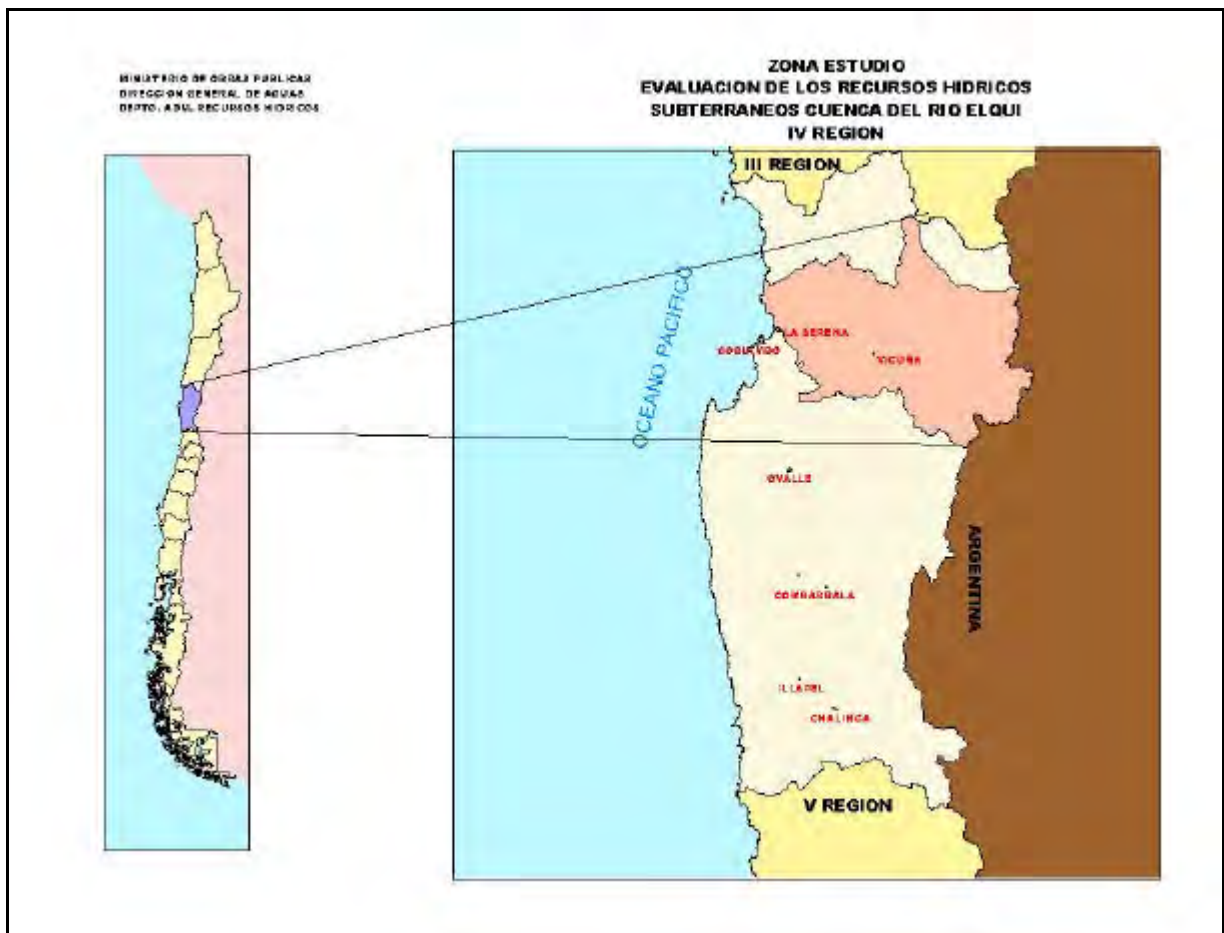
La zona estudiada comprende la cuenca del río Elqui desde la junta del río Claro con el río Turbio hasta su desembocadura en el mar (Mapa N°1). Comprende las comunas de Coquimbo, La Serena, Vicuña y Paihuano, y abarca una extensión aproximada de 9.800 km², en el mapa N° 2 se puede visualizar los centros urbanos más importantes, con sus cauces más representativos.

El caudal del río Elqui se forma a través de derretimientos de nieve acumulada en la alta cordillera, el escurrimiento de las precipitaciones en forma de lluvia de las hoyas de menor nivel, de los afloramientos y vertientes que se producen a lo largo de su lecho y de los derrames y sobrantes devueltos al río por los canales de riego. En invierno el escurrimiento es principalmente de origen pluvial mientras que en primavera y verano es de origen nival.

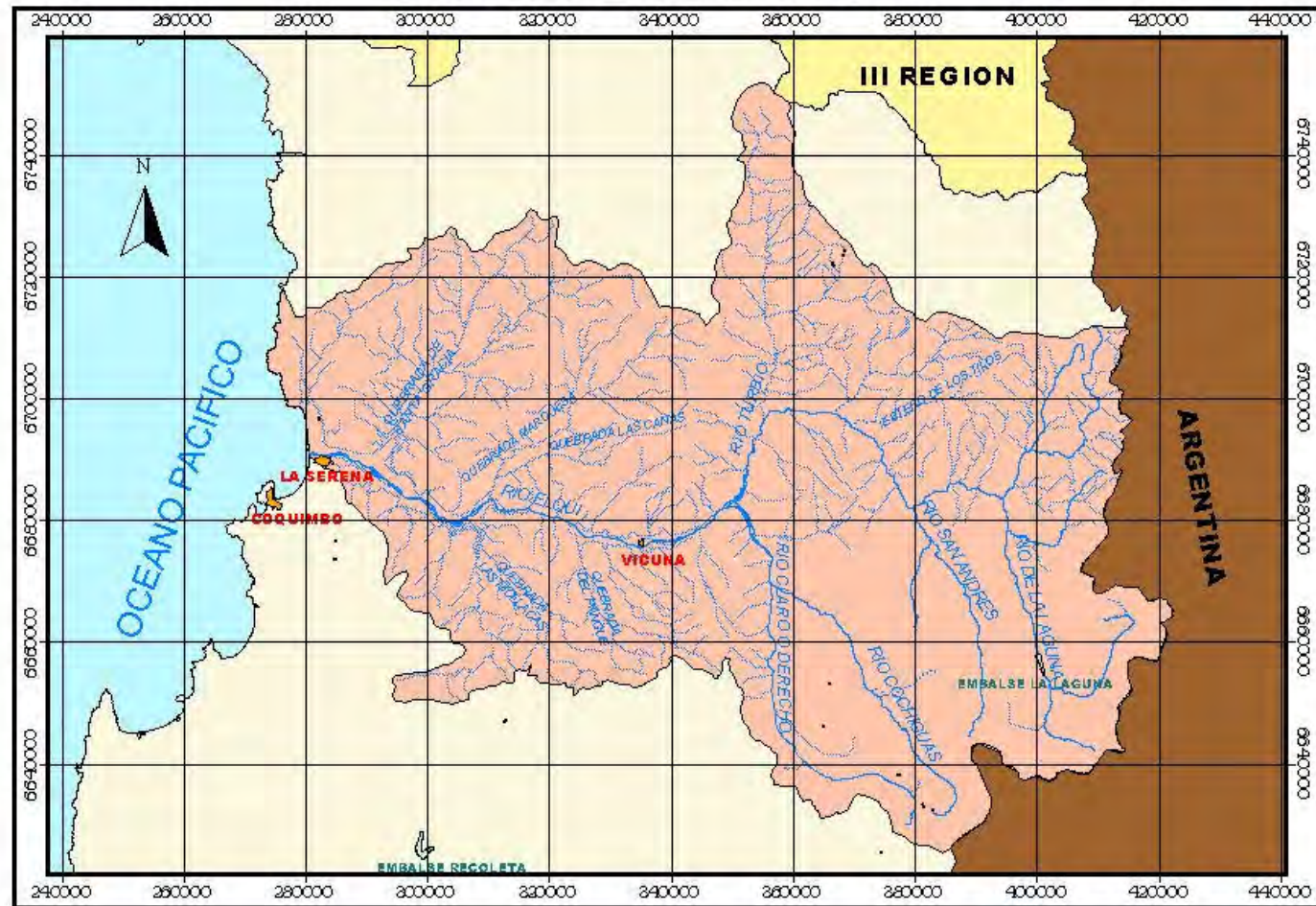
Dadas las características de la zona estudiada nos encontramos con que el aporte superficial se encuentra comprometido en los usos actuales, es decir, agotados para la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento consuntivos, es por ello que el interés por conocer el recurso subterráneo ha aumentado considerablemente, por lo tanto, debe ser evaluado para determinar cual es su comportamiento frente a distintos niveles de extracción, en el marco de una explotación sustentable, sin provocar menoscabo a derechos de terceros ni al medio ambiente.

Para determinar la demanda en el sector estudiado se trabajó con las solicitudes presentadas a la Dirección General de Aguas hasta el 31 de julio de 2002.

Desde el punto de vista de la zonificación hidrogeológica, el área analizada se ha subdividido en 5 sectores, determinándose la demanda para cada uno de ellos.



ZONA ESTUDIO

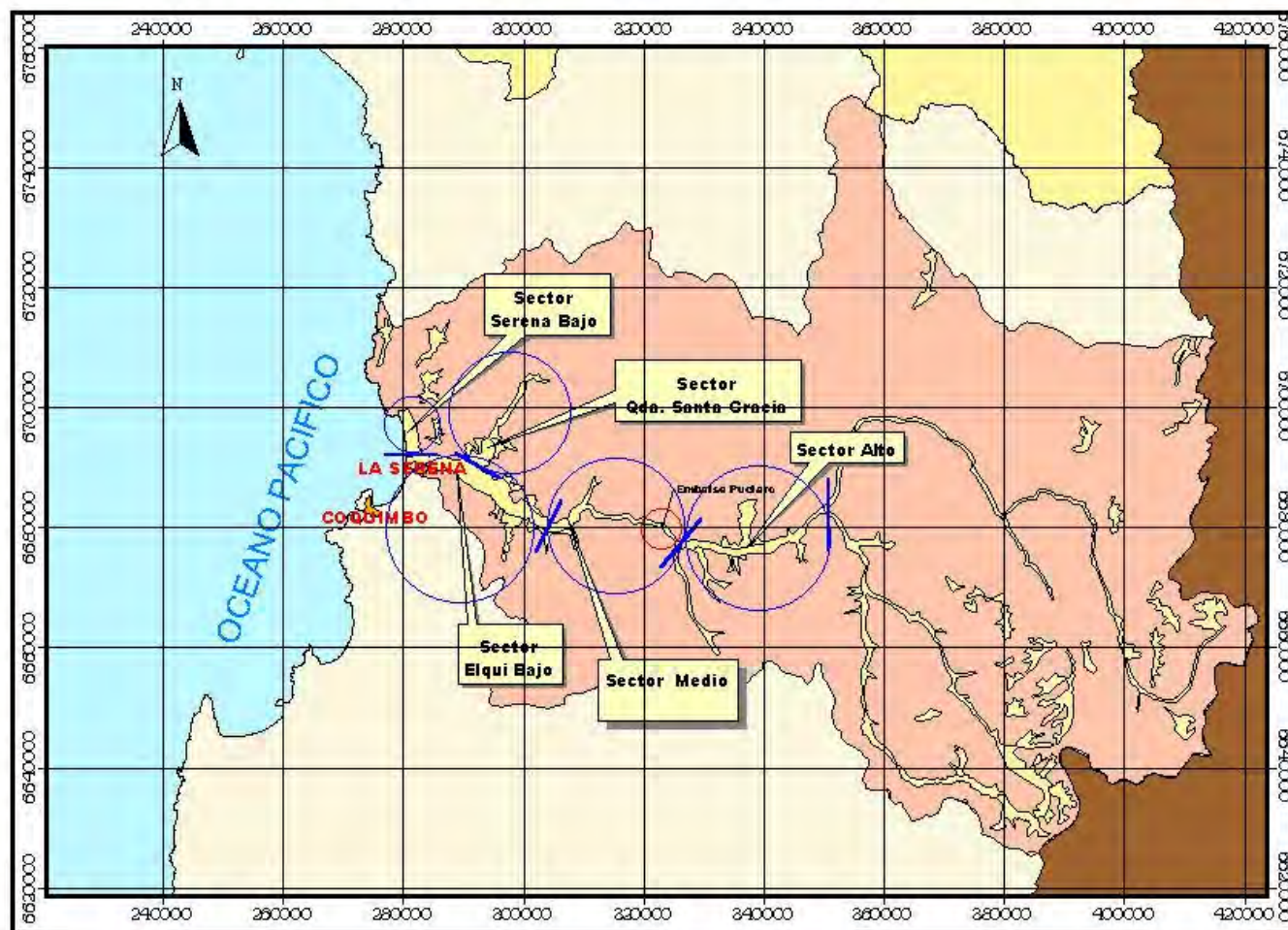


DATUM PROVISORIO SUDAMERICANO 1956
PROYECCION TRANSVERSAL DE MERCATOR UTM

10 0 10 20 30 Kilometers

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPTO. ADM. DE RECURSOS HIDRICOS

SECTORIZACION ZONA ESTUDIO



DATUM PROVISORIO SUDAMERICANO 1956
PROYECCION TRANSVERSAL DE MERCATOR UTM

6 0 6 12 Kilometers



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPTO. ADM. REC. HIDRICOS

II AREA DE ESTUDIO

La cuenca hidrográfica del río Elqui se ubica aproximadamente entre los paralelos 29°35' y 30°20' de latitud sur, con una extensión aproximada de 9.800 km².

El río Elqui se genera a 815 msnm, 2 km aguas arriba de Rivadavia, de la unión de los ríos Turbio que viene del oriente y Claro o Derecho, que proviene del sur.

Desde Rivadavia, a 75 km de La Serena el río sigue una marcada dirección este – oeste y prácticamente no recibe afluentes, salvo varias quebradas de considerable desarrollo, pero que se encuentran normalmente secas y que sólo le aportan agua en caso de lluvia directa en años húmedos.

Por la ribera norte las quebradas más importantes son Marquesa y Santa Gracia, que confluyen en su curso medio e inferior respectivamente. Por el sur, las quebradas más importantes son San Carlos, Arrayán y Talca. Si bien es cierto que todas estas quebradas no presentan escurrimiento superficial permanente, si actúan como fuente de recarga del acuífero.

El área específica abarcada en el presente estudio comprende el valle del río Elqui, desde el nacimiento de éste en la confluencia de los ríos Turbio y Claro, hasta su desembocadura en el mar y de ahí hacia el norte al sector costero que se extiende hasta Punta Teatinos.

No se incluye en el estudio el sector Pan de Azúcar, el cual se ubica fuera de la cuenca del río Elqui. Cabe señalar que este sector ha sido típicamente abordado por la bibliografía técnica disponible independiente del río Elqui debido a su extensión y particular importancia hidrogeológica.

III ANALISIS Y REVISIÓN DE ANTECEDENTES

A continuación se presenta una revisión de algunos estudios que comprenden el área analizada, orientadas especialmente a los objetivos del presente trabajo.

III.1 Estudio: Elqui Valley Chile – Groundwater Investigations, United States Department of The Interior Bureau of Reclamation para CORFO, 1955.

El propósito fundamental de este estudio fue evaluar el potencial de los acuíferos anidados en los rellenos que conforman los valles de Elqui y Lagunillas en la IV Región, en orden a determinar principalmente la factibilidad técnica y económica de mejorar la irrigación del valle con recursos subterráneos.

La caracterización del acuífero se realizó sobre la base de la información recopilada, tanto existente previamente como obtenida especialmente con ocasión del estudio, a partir de sendas campañas de terreno efectuadas.

Los trabajos de terreno se desarrollaron a lo largo de todo el valle del río Elqui, desde su punto de origen (confluencia de los ríos Turbio y Claro, sector de Algarrobal) hasta su desembocadura en el mar. Estos consistieron básicamente en la perforación de sondajes exploratorios, la ejecución de trabajos geofísicos, el desarrollo de pruebas de infiltración y la ejecución de ensayos de bombeo.

Se perforaron alrededor de 40 pozos de observación, se ejecutaron una gran cantidad de sondeos sísmicos con los cuales se elaboró 28 perfiles geofísicos transversales al valle, y se llevaron a cabo alrededor de 10 pruebas de bombeo en diversos sectores del valle. Se estableció una red de monitoreo del nivel de agua subterránea a lo largo de todo el valle del río, consistente en 22 pares de pozos de observación, ubicados a ambos lados del río y distanciados cada 2 km. aproximadamente. Los sondajes de exploración fueron controlados a nivel mensual desde Julio de 1952 hasta Diciembre de 1954. Se midieron además, en forma periódica, los niveles de la napa en 14 sondajes situados cerca de la desembocadura del río, con el objeto de estudiar el fenómeno de intrusión salina.

Los principales resultados obtenidos en este estudio se pueden resumir en:

- En el valle del río Elqui se identificó un relleno de origen aluvial, reconociéndose materiales gruesos con predominio de grava y arenas, intercalados entre estratos con predominio de arcillas y limos.
- A lo largo del valle del río, desde Algarrobal a poco antes de La Serena (Algarrobito), la profundidad del basamento rocoso no sobrepasa los 200 m.

- Se identifica un acuífero superior del tipo libre, ubicado preferentemente en los primeros 10 m del relleno sedimentario, el que sobreyace a niveles acuíferos más profundos de carácter libre, semiconfinado y confinado, que incluso manifiestan comportamientos surgentes locales.
- En todo el valle del río, desde su nacimiento en la confluencia de los ríos Claro y Turbio hasta su desembocadura, la profundidad del nivel de la napa es inferior a 20 m, disminuyendo hacia el eje del río a valores inferiores a 10 m.
- El gradiente promedio de la napa subterránea entre Algarrobal y La Serena es de 1%, variando a lo largo de este sector entre 0,3 y 2%.
- La conductividad hidráulica se estimó en general como moderada con algunos altos y bajos locales, correspondiéndole a la mayoría de los sectores valores del orden de 10 m/d o menores. Por su parte, el coeficiente de almacenamiento (de corto plazo) se estimó menor a 0,001 y la porosidad efectiva entre 1 y 10%.
- Se estimó para los rellenos del valle del río, entre Algarrobal y Algarrobito, un volumen saturado de 5.200 millones de m³ y un volumen embalsado de 364 millones de m³. Se estimó además que sería factible extraer la tercera parte de este volumen embalsado con una batería de pozos con profundidades no mayores a 50 m., que corresponde al 57 % del total de agua requerida en el valle hacia mediados del siglo XX.

Estos antecedentes constituyeron la principal fuente de conocimiento del acuífero, en especial respecto de la geología de subsuperficie y de la hidrogeología del valle. En particular, las pruebas de bombeo y las campañas de medición de los niveles estáticos en el acuífero proporcionan información representativa del sistema en régimen permanente, por cuanto en esa fecha existían muy pocos pozos en explotación.

III.2 Análisis Crítico de la Red de Medición de Niveles Agua Subterránea – Región IV, Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Ltda., para la DGA, 1987.

El objetivo de este estudio fue realizar un análisis crítico de la red de pozos controlados por la DGA en la IV región hacia mediados de la década de 1980, en lo que se refiere a la profundidad de la napa y en orden a proponer una nueva red mejorada de medición de niveles y una red de monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas.

Los principales resultados extractados de este estudio se pueden resumir en:

- El acuífero del valle del río Elqui se ha formado por la acumulación de material detrítico permeable del tipo grava, arena, bolones y arcilla, el cual sobreyace la roca basal del tipo granítico o metamórfica según el sector del valle. Estas rocas para efectos prácticos se pueden considerar impermeables y constituiría el fondo del acuífero.

- El río Elqui se encuentra en comunicación hidráulica con el acuífero, siendo un elemento que entrega o recibe agua a lo largo de su curso.
- Los principales ingresos al acuífero corresponden a: infiltración directa desde el río, entradas laterales en forma subterránea desde las quebradas, e infiltración desde el sistema de riego, tanto desde canales como por la aplicación directa en los predios. Se concluye que la recarga debido a la infiltración del riego es el principal aporte.
- Las salidas se producen en forma subterránea hacia el mar, por evaporación directa y evapotranspiración en zonas de alto nivel freático, afloramientos en el río y en vertientes, y finalmente la extracción artificial mediante bombeos.
- Se identificó 120 pozos ubicados en el sector, los cuales fueron integrados en un catastro de sondajes de la cuenca del río Elqui.
- Se observa en general que la napa se encuentra a profundidades inferiores a 10 m e incluso bastante superficiales, a excepción de algunos sectores donde alcanza hasta los 50 m de profundidad.

Este estudio proporcionó antecedentes hidrogeológicos de interés para toda la cuenca del río Elqui, aunque con la limitante de que está actualizado sólo hasta mediados de la década de 1980. Entre otros antecedentes, es pertinente citar un catastro de pozos de la cuenca y los registros de la variación de niveles de la napa en el tiempo, en un vasto conjunto de pozos controlados periódicamente por la DGA. Sin embargo, esta información presenta la limitante que la mayoría de los pozos no se encuentran georeferenciados y sólo se dispone de un esquema de ubicación. Debido a lo anterior, esta información fue sólo utilizada como referencia.

III.3 Estudio Integral de Riego – Valle del Elqui, INA Ingenieros Consultores, para Comisión Nacional de Riego, 1987.

Este estudio abarca los siguientes aspectos, estructurados en base a 12 capítulos y presentados en 10 volúmenes: i) resumen y conclusiones, ii) marco de referencia del proyecto, iii) infraestructura del área, iv) recursos de agua, v) demandas de agua, vi) diagnóstico situación actual, vii) alternativas de obras civiles, viii) plan de desarrollo agrícola, ix) demanda futura de agua, x) operación modelos de simulación, xi) anteproyecto obras civiles y xii) evaluación económica.

Para el análisis de los recursos de agua disponibles, se llevó a cabo estudios hidrológicos, hidrogeológicos, de sedimentación y de calidad de las aguas.

El estudio hidrológico tuvo como finalidad caracterizar el régimen de precipitaciones de la cuenca y confeccionar mapas de isoyetas para distintas probabilidades de excedencia. Adicionalmente, se realizó un análisis fluviométrico cuya finalidad fue determinar el régimen hidrológico de los ríos en los puntos controlados, influenciados por el riego.

Por su parte, en el estudio hidrogeológico se efectuó una caracterización de la geología y geomorfología de la zona, de las captaciones existentes y de la explotación de aguas subterráneas, de las formaciones acuíferas, de los coeficientes de transmisividad y almacenamiento, de los niveles del agua subterránea y de las curvas equipotenciales, de los caudales propios de la napa y de los volúmenes de almacenamiento, de la recarga y descarga natural a lo largo del río, de la recarga artificial y de las posibilidades de nuevas captaciones y de los volúmenes de explotación seguros.

Finalmente, se construyeron dos modelos hidrogeológicos, con el fin específico de determinar la magnitud y posibilidad del aprovechamiento del recurso de agua subterránea, los cuales se basan en el método numérico de elementos finitos, en conjunto con el método residual de Galerkin.

Los principales resultados obtenidos en este estudio, de utilidad para el presente trabajo, se pueden resumir en:

- Se identifica 6 sectores que muestran cierta homogeneidad desde un punto de vista hidrogeológico: i) río Claro – río Turbio, ii) Vicuña, iii) Puclaro, iv) El Molle, v) Vegas Norte-Juan Soldado y vi) Pan de Azúcar, de los cuales sólo los 5 primeros se ubican en el valle del río Elqui propiamente tal. El sector Pan de Azúcar se ubica al sur de la Serena fuera de la cuenca del río Elqui, entre la quebrada de Cardas por el sur hasta la quebrada de Peñuelas por el norte.
- En el valle del río Elqui, hacia mediados de la década de 1980, se habían construido cerca de 200 pozos con una profundidad de habilitación promedio del orden de 55 m de los cuales apenas un 20% se encontraba en uso. Las propiedades de los pozos identificados se reúnen en un catastro de pozos (desglosado en 6 sectores), que incluye cotas de terreno aproximadas y esquemas de ubicación de los pozos.
- Las captaciones que se encontraban en uso son utilizadas fundamentalmente para la obtención del agua potable de La Serena, Vicuña y Andacollo, y de otros pueblos rurales.
- Sobre el 90% de los pozos posee información estratigráfica, antecedentes a partir del cual se levantan 4 perfiles estratigráficos longitudinales.
- Un 60% de los pozos dispone de pruebas de bombeo de gasto variable con estabilizaciones de nivel, un 15% pruebas de gasto constante para varios caudales, en

algunos casos seguido de recuperación, antecedentes a partir del cual se derivan valores puntuales de transmisividad.

- Debido a la carencia de pruebas de bombeo con datos en pozos de observación, para el coeficiente de almacenamiento se fijó valores representativos estimados de acuerdo con las características principales de los acuíferos y rangos usuales de variación de este coeficiente.

Para los sectores hidrogeológicos identificados, se concluye:

- Sector Vicuña: Comprende el valle del río Elqui desde la confluencia de los ríos Claro y Turbio por el oriente hasta la localidad de Gualiguaica por el poniente. El valle en este sector, hasta la localidad de La Campana, presenta características similares a la parte inferior de los ríos Claro y Turbio, aunque tendiendo a hacerse paulatinamente más ancho. A partir de este punto, el valle decididamente se amplía, alcanzando su máximo ancho en las inmediaciones de Vicuña. El basamento rocoso se ubicaría irregularmente a profundidades variables entre 60 y 120 m en la zona alta, a más de 120 m en la zona media y no más de 70 m en la zona baja. Este sector contiene las formaciones acuíferas de mayor importancia por extensión y continuidad, que allí se presentan como napas libres con niveles promedio de alrededor de 15 m de profundidad y espesores de hasta cerca de 100 m. La transmisividad varía entre 800 m²/día en la zona alta, hasta 3.500 m²/día en Vicuña, con una disminución importante hacia el área de Gualiguaica (750 m²/día). Los caudales propios de la napa variarían entre 90 l/s en la zona alta hasta 240 l/s en la altura de Vicuña. El volumen de almacenamiento total se estimó en 37 millones de m³, aproximadamente, con variaciones históricas máximas de 3 millones de m³.
- Sector Puclaro: Se extiende desde Gualiguaica por el oriente hasta la localidad de El Molle por el poniente. El valle se presenta estrecho y con afloramientos rocosos que determinan espesores de relleno menores a los otros sectores del río Elqui. La roca fundamental se ubica a profundidades máximas siempre inferiores a 90 m. Las formaciones acuíferas de alguna importancia se presentan por lo general confinadas entre estratos impermeables o semipermeables de mayor espesor. Los niveles de la napa freática se ubican por lo general muy superficiales, y en la vecindad del río sería esta conexión directa lo que origina los mayores rendimientos de los pozos. El aporte de napas confinadas profundas sería en este caso bastante limitado. Las transmisividades serían superiores a 1.000 m²/día, de modo que los gradientes de la napa y la leve fluctuación de niveles permitirían el escurrimiento de caudales propios de unos 70 l/s, poco variables a lo largo del tiempo. Este valor sería tanto menor al determinado en la altura de Vicuña, debido al afloramiento de agua subterránea en este sector. El volumen de almacenamiento total se estimó en 6 millones de m³, aproximadamente.

- Sector El Molle – La Serena: Comprende todo el valle del río Elqui entre ambas localidades (El Molle y la Serena), dentro del cual el desarrollo agrícola es el más intenso de la zona. El valle presenta un gradual ensanchamiento hasta la confluencia de la quebrada de Talca. A partir de ese lugar mantiene un ancho relativamente uniforme que varía notablemente a la altura de la quebrada Santa Gracia. El basamento rocoso se ubica a profundidades superiores a los 100 m, pudiendo alcanzar incluso hasta 200 m. Esta condición no se presenta en la zona alta, especialmente junto a Pelícana, donde se aprecia un alzamiento del basamento que origina profundidades de roca de sólo unos 40 m, motivo por el cual se aprecian recuperaciones en el río. Este sector presentaría sólo localmente formaciones acuíferas de importancia (Quebrada de Talca y Culcatán Alfalfares), caracterizado por acuíferos confinados o semiconfinados subyaciendo a un estrato permeable superficial que mantiene una napa libre directamente conectada al río. El nivel de la napa se presenta muy superficial, a menos de 4 m aproximadamente. En general, la transmisividad presenta una tendencia decreciente hacia aguas abajo hasta valores inferiores a 200 m²/día, alterada únicamente por algunas singularidades, donde puede superar los 2.000 m²/día. Coeficientes de almacenamiento típicos de este sector serían alrededor del 1%. Dada la conexión directa napa-río no existirían fluctuaciones significativas del nivel de la napa subterránea, de modo que los caudales de extracción característicos desde los pozos varían entre 50 y 150 l/s, que reflejan los intercambios con el río y el efecto de aportes de quebradas laterales de importancia. El volumen total almacenado en el sector se estimó en 27 millones de m³, aproximadamente.
- Sector Vegas Norte – Juan Soldado: Abarca la franja inmediatamente adyacente a la costa, de unos 2 km. de ancho promedio, comprendida entre Juan Soldado y Peñuelas. Su característica más relevante es la existencia de vegas que la cubren casi íntegramente, producto de afloramientos permanentes de aguas subterráneas. Los sondeos construidos, inferiores todos a 25 m de profundidad, permiten identificar un acuífero superficial de unos 20 m de espesor compuesto fundamentalmente por arena media y gruesa con alguna presencia de gravas y bolones. Bajo este estrato ha podido detectarse la presencia de formaciones con alto contenido arcilloso. Por su cercanía al mar, la conexión con la napa es directa y la calidad del agua subterránea se presenta influenciada por el alto contenido de sales.
- El coeficiente de transmisividad sería de unos 1000 m²/día como promedio y el coeficiente de almacenamiento de un 10%. El volumen total almacenado se estimó en 15 millones de m³, aproximadamente.

Este estudio, pese a estar actualizado hasta mediados de la década de 1980, por su nivel de calidad y profundidad en los temas tratados, en particular en los ámbitos geológicos,

hidrológicos e hidrogeológicos, constituyó una importante fuente de información y referencia para el presente estudio.

IV CARACTERIZACION HIDROGEOLOGICA

En base a los antecedentes disponibles, en este capítulo se describirán aspectos relacionados con: fronteras o límites del acuífero, profundidad del fondo impermeable o basamento rocoso, zonas de recarga y descarga, tipo de acuífero, estratigrafía, profundidad de la napa, sentido de escurrimiento y constantes elásticas del acuífero.

IV.1 Geometría Acuífera, Estratigrafía y Basamento Impermeable

El valle del Elqui se extiende desde la confluencia de los ríos Claro y Turbio, cerca de la localidad de Rivadavia, hasta el Océano Pacífico.

A lo largo de la cuenca los rellenos sedimentarios que constituyen acuíferos se pueden separar en tres capas o niveles principales que en su conjunto no exceden los 250 m de potencia. El nivel más superficial corresponde a los primeros 15 m de profundidad y está compuesto por depósitos de gravas con arenas, ripio, bolones e intercalaciones menores de sedimentos finos. Estos depósitos presentan una baja compactación y buena a muy buena capacidad hídrica. El segundo nivel presenta un espesor variable entre 30 m y 120 m. Está compuesto por arenas de tamaño variable con gravas, bolones y arcillas e intercalaciones de lentes de arcilla de dimensiones variables. El nivel más profundo tiene espesores también variables entre 30 m y 120 m. Este “estrato” queda representado por una sucesión de interdigitaciones de niveles arenosos con gravas y niveles arcillosos con clastos de tamaño característicos de grava. Debido a su mayor compactación y menor granulometría, la capacidad hídrica de este último nivel es inferior a la del nivel superior. Bajo este nivel se dispone el basamento rocoso del acuífero.

En términos generales, los límites físicos del acuífero corresponden al basamento rocoso que aflora en los márgenes del valle a ambos costados del río. La profundidad del basamento a lo largo del valle fue definido en función de una secuencia de perfiles geofísicos¹. En general, el basamento se ubica a profundidades del orden de los 100 m en la parte alta del valle y llega hasta los 220 m en la zona más costera.

Desde la perspectiva de la concepción del modelo, los materiales de relleno de la zona de estudio se representaron en 2 estratos de espesor variable. El límite superior del estrato superficial corresponde al nivel de la superficie de terreno y el límite inferior del estrato profundo corresponde al basamento rocoso.

Tal como se ha señalado, el acuífero superficial se aloja principalmente en los rellenos conformados básicamente por gravas y arenas, presentando un carácter freático o libre. El

¹ Elqui Valley Chile – Groundwater Investigations, realizado por United States Department of Interiors Bureau of Reclamation para la CORFO en el año 1955.

acuífero inferior presenta una mayor compactación y debido al sinnúmero de intercalaciones arcillosas, puede presentar ciertos confinamientos a nivel local.

Debido a que en la zona de estudio se reconocen variaciones en las características de los rellenos que conforman los acuíferos, tanto espacialmente como en profundidad, para ambos estratos se consideró conductividades hidráulicas variables espacialmente.

IV.2 Profundidad de la Napa y Sentido de Esguerrimiento

Se dispuso de mediciones directas del eje hidráulico del río Elqui y del nivel de la napa subterránea en 44 pozos de observación ubicados en parejas al norte y al sur del río Elqui, representativas de la década del 50. Además se incorporaron otros pozos con medidas de nivel estático situados en la zona costera, de manera que finalmente se dispuso de 51 pozos de observación del nivel de la napa.

La profundidad de la napa en el sector en general no sobrepasa los 40 m hacia los márgenes del acuífero a ambos lados del río, disminuyendo hasta aproximadamente 15 m en la vecindad del río, presentándose incluso zonas en que la napa freática del acuífero superficial está en directa conexión con el río.

La información de niveles de la napa disponible, fue vaciada en un plano de trabajo y analizada, lo que permitió estructurar un mapa de trabajo de las isopiezas asociado al período Octubre de 1953. Se debe señalar que en esa época los acuíferos en estudio casi no eran explotados y por lo tanto, los niveles de la napa observados se pueden considerar representativos de una situación de equilibrio natural (régimen permanente).

El sentido de esguerrimiento subterráneo tiene dirección de oriente a poniente, siguiendo el curso del río, con un gradiente variable longitudinalmente. La variación de niveles corresponde a 770 msnm en el extremo más alto de la zona modelada y 0 msnm en el extremo costero. El gradiente promedio de la napa subterránea es de 1%.

La nómina completa de los pozos considerados para la confección del mapa de isopiezas y sus niveles correspondientes se presenta en los anexos. Se adjunta además un plano denominado “Isopiezas”, estructurado en base a los niveles obtenidos con el modelo para la situación en régimen permanente. Se indica además en este plano los pozos de observación que fueron utilizados en la calibración del modelo en régimen permanente. Se indica además los bordes impermeables laterales del acuífero considerados en el modelo.

IV.3 Evapotranspiración y Cuña Salina

En el sector de la desembocadura del río la napa subterránea se presenta bastante superficial, contribuyendo al desarrollo de vegas y presentando además un alto contenido de sales, debido a la intrusión salina desde el mar. Al norte de la desembocadura se produce una

importante descarga del acuífero debido a la evapotranspiración desde vegas. Cabe señalar que no se dispuso de antecedentes suficientes y adecuados para estimar la posición de la cuña salina.

IV.4 Constantes Elásticas del Acuífero

Las constantes elásticas del acuífero son una medida de su potencialidad. Corresponden a los coeficientes de transmisividad (T) y almacenamiento (S). El primero se refiere a la facilidad del acuífero para transmitir agua a través de su espesor (b) y está directamente relacionado con la conductividad hidráulica o permeabilidad (k) de los rellenos que conforman el acuífero ($T = k \cdot b$). El segundo se refiere a la capacidad que tiene el acuífero de almacenar y/o liberar agua. En este caso, como se trata de acuíferos libres, el coeficiente de almacenamiento se denomina porosidad efectiva o coeficiente de rendimiento específico (specific yield, S_y) y corresponde a la capacidad del acuífero para liberar o almacenar agua en el largo plazo por efecto de la gravedad.

De los antecedentes revisados para el presente estudio, se dispuso apropiado considerar sólo los antecedentes de pruebas de bombeo con análisis de constantes elásticas reportados en el estudio de Groundwater Investigators ¹. Sin embargo, en esta referencia no se presenta la metodología usada ni el detalle del cálculo, por lo que sólo es posible hacer referencia a los resultados, los que se reportan en la Tabla 1. Esta tabla muestra una serie de valores de K y S en distintos pozos de explotación. Se debe señalar que estos pozos se encuentran ubicados en función de los perfiles geofísicos confeccionados y no se dispone de su ubicación precisa (coordenadas UTM).

Los coeficientes de permeabilidad y transmisividad estimados por distintos métodos presentan una variación importante. En efecto, el coeficiente de permeabilidad varía entre 2 y 5 m/día hasta valores de 45 a 65 m/día. De igual forma, la transmisividad varía entre 130 m²/día y 5300 m²/día.

Esta variación se puede explicar en función de las variaciones granulométricas en los rellenos sedimentarios observados a lo largo del valle, sin embargo, parte importante de la incertidumbre no puede dilucidarse sin un conocimiento cabal de la metodología de cálculo utilizada. Se estima altamente probable que algunas de las pruebas de bombeo analizadas estén influenciadas por el río, lo que podría explicar valores muy altos estimados para el coeficiente de transmisividad. Por consiguiente y desde el punto de vista conceptual, se puede afirmar que la conductividad hidráulica del acuífero puede variar entre 1 y 60 m/día, aproximadamente.

Tabla 1. Resumen de constantes elásticas ¹.

Sección Geofísica	Pozo	K m/min	K m/día	S	T m ² /min	T m ² /día	b m	Acuífero
3	B3	0,0180 0,0033	25,9 4,7	0,0002 0,0008	0,18 0,27	259 389	10 82	inferior ambos
4	B5'			0,0007 0,0020	0,17 0,13	245 187		ambos ambos
6	B7	0,0021	3,0	0,0083 0,0016 0,0001 0,0007 0,0015	0,24 0,11 0,09 0,16 0,17	346 158 130 230 245	114 113	ambos ambos inferior medio superior todos
6'	B7	0,0014	2,0		0,18	259	129	ambos
11	C6	0,0029	4,8		0,28	403	97	ambos
	C7'	0,0019	2,7		0,18 0,17	259 245	95	ambos ambos
18	B8			0,0005 0,0005	3,70 3,10	5.328 4.464		ambos ambos
26'	B9	0,0450 0,0310 0,0170	64,8 44,6	0,0006 0,0017 0,0007	2,90 1,76 1.98	4.176 2.534 2.851	64 57	ambos inferior ambos

V ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA DEL SISTEMA

Los antecedentes han permitido establecer que la recarga actual del acuífero se produce principalmente por infiltración en el riego y canales, y en menor medida, por recarga del río en ciertos sectores, por infiltración directa de aguas lluvia y por infiltración indirecta desde piedemontes. Esta última corresponde a la recarga lateral del sistema, que representa parte de la lluvia que cae en las cuencas aportantes laterales y que en su destino final llegan a recargar el sistema.

Se realizó una estimación de la recarga del acuífero para la década del 50, considerando que en esa época el riego era poco significativo y por consiguiente, se consideró que la principal fuente de recarga la constituían las precipitaciones directas sobre el acuífero y aquellas que se produce en quebradas laterales que drenan finalmente al valle.

Para el cálculo se subdividió la cuenca hidrográfica del Valle del Elqui en 5 zonas aportantes, todas ellas limitadas por los márgenes del acuífero, de forma que en conjunto abarcan completamente sus bordes impermeables laterales. Estas zonas corresponden a:

- i) Sector Alto: Abarca desde la convergencia de los ríos Turbio y Claro hasta la localidad del Tambo.
- ii) Sector Medio: Corresponde al sector ubicado entre la localidad del Tambo y la Quebrada Talca.
- iii) Santa Gracia: Corresponde al sector ubicado en la quebrada Santa Gracia.
- iv) Elqui Bajo: Corresponde al sector ubicado entre la Quebrada Talca y el borde costero.
- v) Serena Norte: Corresponde al sector ubicado desde el sector norte de la desembocadura del río Elqui hacia el norte incluyendo las áreas de Vegas Norte y Juan Soldado.

V.1 Precipitaciones

Para estimar la precipitación en las distintas zonas aportantes se utilizó el mapa de isoyetas extractado del Estudio Integral de Riego², para una probabilidad de excedencia del 50 %. Esta se tradujo a su vez en subdividir las zonas en áreas con similar precipitación. Para estimar el porcentaje efectivo de precipitación indirecta que recarga el sistema se consideró factores de escurrimiento variables e infiltración variables especialmente, dependiendo del

² Estudio Integral de Riego – Valle del Elqui, realizado por INA Ingenieros Consultores para la Comisión Nacional de Riego en el año 1987.

sector (entre montañoso y costeros). La Tabla 2 (recarga indirecta por precipitación, recarga lateral) y Tabla 3 (recarga directa por precipitación sobre el acuífero). Los valores estimados se resumen en la Tabla 4.

Tabla 2a. Caudal generado por la precipitación en áreas laterales aportantes al acuífero para una lluvia asociada a una probabilidad de excedencia de 50%.

Zona	Area	Superficie (km ²)	Precipitación Anual (mm/año)	Caudal de precipitación en área de recarga lateral (m ³ /año)
Sector Alto	A1	144,73	100	58.829.000 (1.865 l/s)
	A2	295,16	100	
	A8	185,5	80	
Sector Medio	A3	310,38	90	166.999.400 (5.296 l/s)
	A4	511,97	90	
	A5	129,91	90	
	A9	228,53	80	
	A10	787,67	80	
Sta. Gracia	A12	1205,34	65	78.347.100 (2.484 l/s)
Elqui bajo	A11	108,32	80	22.350.400 (709 l/s)
	A6	87,49	80	
	A7	83,57	80	
Serena Norte	A13	286,5	70	20.055.000 (636 l/s)
Total		4.365	79,4^(*)	346.580.900 (10.990 l/s)

(*) Precipitación promedio en todas las cuencas laterales, aproximado

Tabla 2b. Recarga neta indirecta del acuífero estimada para las cuencas laterales aportantes.

Zonas	Caudal de precipitación en área de recarga (m ³ /año)	Coeficiente escurrimiento	Coeficiente infiltración	Recarga neta cuencas laterales (m ³ /año)
Sector Alto	58.829.000 (1.865 l/s)	0,75	0,20	8.824.350 (280 l/s)
Sector Medio	166.999.400 (5.296 l/s)	0,65	0,20	21.709.922 (688 l/s)
Sta. Gracia	78.347.100 (2.484 l/s)	0,30	0,15	3.525.620 (112 l/s)
Elqui bajo	22.350.400 (709 l/s)	0,50	0,20	2.235.040 (71 l/s)
Serena Norte	20.055.000 (636 l/s)	0,55	0,20	2.206.050 (70 l/s)
Total	346.580.900 (10.990 l/s)	0,11^(*)		38.500.982 (1.221 l/s)

(*) Fracción del caudal de precipitación indirecta que se transforma en recarga efectiva hacia el acuífero, aproximado.

Tabla 3a. Caudal generado por la precipitación directa sobre el acuífero para una lluvia asociada a una probabilidad de excedencia de 50%.

Zona	Superficie (km ²)	Precipitación Anual (mm/año)	Caudal de precipitación en área de recarga directa (m ³ /año)
Sector Alto	65,21	90	5.868.450 (186 l/s)
Sector Medio	60,69	80	4.855.200 (154 l/s)
Sta. Gracia	30,40	70	2.128.000 (67 l/s)
Elqui bajo	120,52	80	9.641.600 (306 l/s)
Serena Norte	98,72	75	7.404.000 (235 l/s)
Total	375,54	79,39^(*)	29.897.250 (948 l/s)

(*) Precipitación promedio sobre el acuífero, aproximada.

Tabla 3b. Recarga neta directa del acuífero proveniente de la precipitación.

Zonas	Caudal de precipitación en área de recarga (m ³ /año)	Fracción de la precipitación que se transforme en recarga	Recarga directa neta (m ³ /año)
Sector Alto	5.868.450 (186 l/s)	0,855	5.017.525 (159 l/s)
Sector Medio	4.855.200 (154 l/s)	0,855	4.151.196 (132 l/s)
Sta. Gracia	2.128.000 (67 l/s)	0,855	1.819.440 (58 l/s)
Elqui bajo	9.641.600 (306 l/s)	0,855	8.243.568 (261 l/s)
Serena Norte	7.404.000 (235 l/s)	0,855	6.330.420 (201 l/s)
Total	29.897.250 (948 l/s)	0,855	25.562.149 (811 l/s)

Cabe señalar que toda la recarga del acuífero producto de la precipitación fue ingresada al modelo como recarga superficial y validada durante el proceso de calibración en régimen permanente. Por consiguiente, el monto total de la recarga de cada zona se estima efectivamente representativo del funcionamiento del sistema régimen permanente. Los valores estimados se resume en la Tabla 4.

Tabla 4. Resumen de recarga por precipitación considerada en el acuífero (l/s).

Zona	Recarga neta cuencas laterales (m ³ /año)	Recarga neta sobre el acuífero (m ³ /año)	Recarga neta superficial total (m ³ /año)
Sector Alto	8.824.350 (280 l/s)	5.017.525 (159 l/s)	13.841.875 (439 l/s)
Sector Medio	21.709.922 (688 l/s)	4.151.196 (132 l/s)	25.861.118 (820 l/s)
Sta. Gracia	3.525.620 (112 l/s)	1.819.440 (58 l/s)	5.345.060 (170 l/s)
Elqui bajo	2.235.040 (71 l/s)	8.243.568 (261 l/s)	10.478.608 (332 l/s)
Serena Norte	2.206.050 (70 l/s)	6.330.420 (201 l/s)	8.536.470 (271 l/s)
Total	38.500.982 (1.221 l/s)	25.562.149 (811 l/s)	64.063.131 (2032 l/s)

Respecto de las descargas del acuífero y según los antecedentes disponibles, estas se deben principalmente a, en orden de importancia: aportes al río Elqui, evaporación en el sector costero de vegas y descarga al mar.

Los valores de evaporación en la zona costera han sido estimados, en el estudio de Groundwater Investigations ¹, en cerca de 1 m/año en la zona adyacente a la línea de costa.

Respecto de las descargas al río Elqui, no existe claridad de las cantidades involucradas. En el Estudio Integral de Riego se presentan antecedentes de aforos realizados que permiten tener una idea aproximada del caudal que se descarga. Este sería del orden de los 2000 l/s, aunque existen imprecisiones en la metodología de aforo que ponen una alerta a la hora de hacer conclusiones con esta información.

VI CAUDAL DE EXPLOTACION SUSTENTABLE

A continuación se procede a la determinación del caudal de explotación sustentable para cada sector del área estudiada. El referido caudal de explotación permite un equilibrio de largo plazo del sistema, otorga respaldo físico a los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas otorgados, dándoles seguridad de abastecimiento, no genera afección a derechos de terceros y no produce impactos no deseados a la fuente y al medio ambiente.

Para determinar el caudal de explotación sustentable se utilizó un modelo de simulación hidrogeológica MODFLOW para la Cuenca del Río Elqui, desarrollado por el DICTUC ³ para la Dirección General de Aguas. Dicho modelo permite representar el movimiento del agua subterránea en distintos tipos de acuíferos, bajo distintas condiciones de borde y bajo distintas condiciones de recarga y descarga.

VI.1 Discretización del Acuífero

Inicialmente se representó el sistema acuífero mediante una malla constituida por 20.900 celdas cuadradas (110 filas y 190 columnas) de 400 m de lado cada una. Posteriormente, debido a la estrechez del valle en algunos sectores, se afinó la malla a celdas de 200 m de lado en las zonas más angostas. Este proceso dio como resultado un aumento del número total de celdas a 40.365 (135 filas y 299 columnas), entre las que se cuentan celdas de dimensiones mínimas de 200x200. Esta representación considera los siguientes límites expresados en coordenadas planas, según el datum geodésico 56: Este mínimo 276.000 m; Este máximo 352.000 m; Norte mínimo 6.672.000 m y Norte máximo 6.716.000 m. Las dimensiones de la red utilizada son 76 km por 44 km, lo que implica una superficie de 3.344 km². El modelo considera 2 estratos (capas) representativos de los acuíferos, ambos con una característica hidrogeológica libre.

VI.2 Bordes Impermeables Laterales

Los bordes impermeables laterales del acuífero corresponden a los contactos roca relleno que delimitan su periferia y que por consiguiente constituyen condiciones de borde del modelo. Se representan en el modelo como el límite entre las celdas activas (que contribuyen efectivamente al flujo subterráneo) y aquellas inactivas (que no contribuyen al flujo subterráneo).

Estos límites se obtuvieron a partir de un análisis geomorfológico de la topografía y al conocimiento previo de la geología del Valle. Para lo primero se utilizó las cartas IGM a

³ Cuenca del Elqui. Confección de Modelo de Simulación Hidrogeológica y análisis de solicitudes en trámite. DICTUC. Dirección General de Aguas. 2003

escala 1:50.000. En el sector costero los bordes impermeables laterales se obtuvieron del mapa geológico “La Serena – La Higuera” escala 1:100.000. En la Figura 1 se muestra la representación en el modelo de los bordes impermeables laterales que delimitan el acuífero.

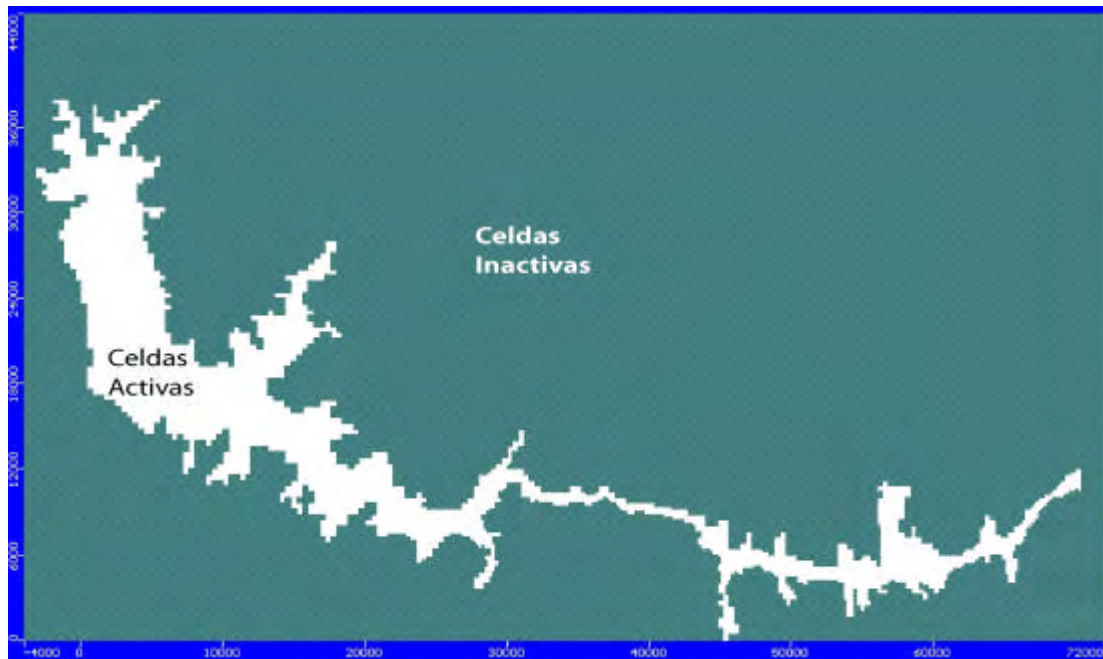


Figura 1. Representación de los bordes impermeables laterales que delimitan el acuífero.

VI.3 Nivel de Terreno, Divisoria de Capas y Profundidad del Basamento Rocoso

El modelo considera una distribución espacialmente variable para la elevación del nivel de terreno, para la divisoria entre los dos estratos considerados y para la profundidad del basamento rocoso o borde impermeable inferior del acuífero.

Para ingresar al modelo la elevación del nivel de terreno, la divisoria de capas y el basamento rocoso, inicialmente se dibujaron sobre un mapa de trabajo 41 puntos correspondientes a pozos y perfiles del estudio realizado por Groundwater Investigations ¹.

Posteriormente, se procedió a hacer un análisis tridimensional de estos tres niveles en todo el valle en base al tipo sedimentación, energía del río, geología estructural y tectónica reciente. Con este análisis y nuevos criterios se interpoló manualmente a lo largo de todo el valle del Elqui cerca de 100 puntos más con una distribución relativamente uniforme.

Con esta información, MODFLOW procedió a interpolar y extrapolar las elevaciones de los tres niveles en toda la extensión del modelo. Los resultados obtenidos de esta interpolación fueron verificados a fin chequear que no se produjeran puntos singulares no representativos del terreno, ni discontinuidades de flujo entre las celdas activas.

Se obtuvo como resultados que el espesor del relleno (niveles 1 y 2) varía entre 100 m y poco más de 250 m. De esta manera, el modelo dispone de una representación de su nivel superior dada por la distribución espacial del nivel de terreno, de su nivel medio dada por la distribución espacial de la divisoria de capas y de su nivel inferior, dada por la distribución espacial de la elevación de la roca fundamental.

VI.4 Recarga

La recarga al acuífero en el modelo se representó mediante los siguientes mecanismos: recarga superficial en el relleno, recarga por el borde de altura constante aguas arriba y recarga por las pérdidas que sufre el río en distintos tramos. El río Elqui se modeló con una altura de 0,5 m en toda su extensión y se definió una conductancia que varían entre de 500 y 1000 m²/día.

La hoya hidrográfica del Elqui fue dividida en 5 sectores aportantes para estimar la recarga por precipitación en diferentes sectores del relleno sedimentario que conforman el acuífero (ver capítulo V, sección V.1). La Figura 2 muestra la ubicación en planta de las áreas de recarga superficial consideradas en el modelo. La Tabla 5 indica los valores de recarga, para cada zona, obtenidos en la calibración del modelo en régimen permanente y aquellas estimadas en función de las precipitaciones. Se observa que ambas son muy similares.

Tabla 5. Recarga neta directa del acuífero proveniente de la precipitación (l/s).

Zonas	Recarga estimada en función de las precipitaciones	Recarga final resultante de la calibración en régimen permanente del modelo
Sector Alto	439	612
Sector Medio	820	586
Sta. Gracia	170	151
Elqui bajo	332	325
Serena Norte	271	275
Total	2.032	1.949

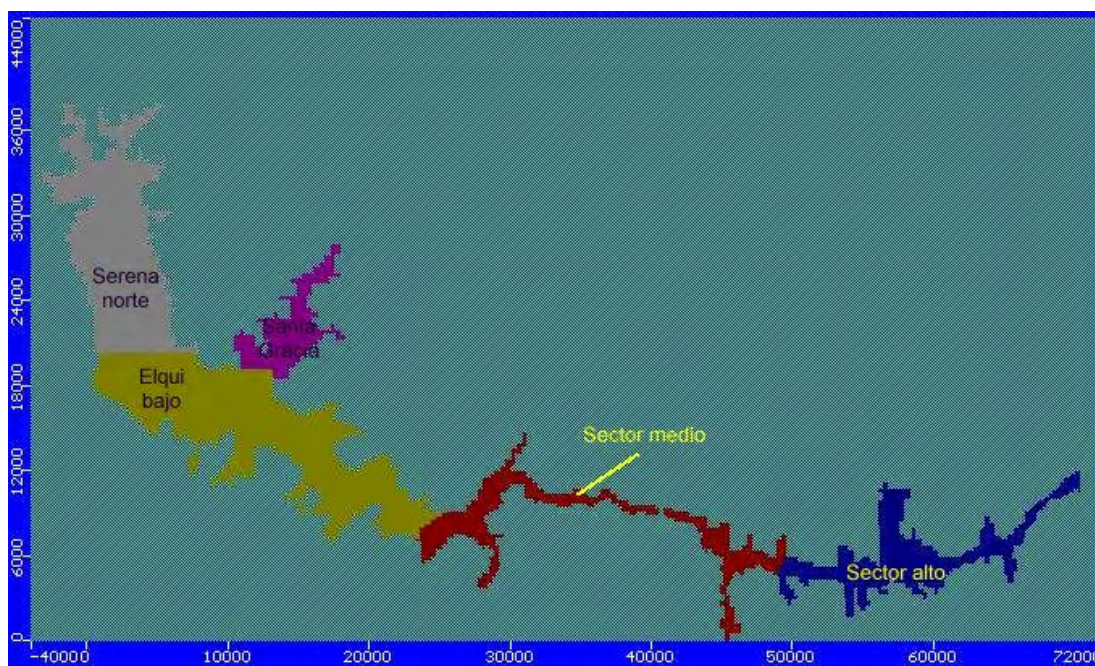


Figura 2. Representación de las zonas de recarga en el modelo.

Las recargas producidas en el borde de altura constante aguas arriba y aquellas debidas a las pérdidas desde el río son estimadas en forma automática por el modelo.

La Tabla 6 muestra los valores totales de recarga obtenidos en la calibración del modelo en régimen permanente, para cada una de las zonas de recarga superficial definidas. Se indica además la recarga subterránea desde otras zonas, que corresponde al flujo proveniente desde las zonas más altas definidas en el modelo. Esta recarga no corresponde a un flujo neto de recarga al sistema y sólo constituye una traspaso entre zonas (recargas locales).

Tabla 6. Recarga totales para cada zona en régimen permanente (l/s).

Zonas	Borde altura constante	Río Elqui	Precipitación	Subterránea	Total
Sector Alto	107	239	612	0	958
Sector Medio	0	136	586	375	1.097
Sta. Gracia	0	0	151	0	151
Elqui bajo	0	187	325	262	774
Serena Norte	0	0	275	2	277
Total acuífero	107	562	1.949		

VI.5 Descarga

Existen 3 mecanismos de descarga del sistema. Estos son el río Elqui, la evapotranspiración que toma lugar en el sector de vegas aldaño a la costa y el borde de altura constante en el mar.

El río Elqui se modeló con una altura de 0,5 m en toda su extensión y se definió una conductancia que varían entre de 500 y 1000 m²/día.

En la zona de evapotraspiración, se definió una evaporación potencial máxima de 0,00325 m/d y una profundidad de extinción de 3 m, en el área correspondiente a vegas ubicada inmediatamente al norte de La Serena. Estas propiedades se estimaron en función de los antecedentes recopilados y a la experiencia del consultor.

La Tabla 7 muestra los valores totales de descarga obtenidos en la calibración del modelo en régimen permanente, para cada una de las zonas de recarga superficial definidas. Se indica además la descarga subterránea hacia otras zonas, que corresponde al flujo que pasa a las zonas más bajas definidas en el modelo. Esta descarga no corresponde a un flujo neto de salida del acuífero y sólo constituye una traspaso entre zonas (descargas locales).

Tabla 7. Descargas totales para cada zona en régimen permanente (l/s).

Zonas	Borde altura constante	Río Elqui	Evaporación	Subterránea	Total
Sector Alto	0	583	0	375	958
Sector Medio	0	1.020	0	77	1.097
Sta. Gracia	0	0	0	151	15
Elqui bajo	11	639	123	2	775
Serena Norte	76	0	171	34	281
Total acuífero	87	2.242	294		

VI.6 Coeficiente de Conductividad Hidráulica

Se consideró un coeficiente de conductividad hidráulica o permeabilidad variable espacialmente, el que representa en cada punto el valor promedio de todo el espesor de cada capa o nivel. Estos valores fueron estimados inicialmente en función de las pruebas de bombeo existentes, y especialmente, en consideración a las características sedimentológicas de los rellenos que conforman el acuífero. El valor final se obtuvo como resultado del proceso de calibración del modelo en régimen permanente, concluyéndose que para la capa superficial la conductividad hidráulica varía espacialmente entre 3 y 60 m/d (ver Figura 3) y

para la capa más profunda, entre 1,5 y 30 m/d (Figura 4). Estos valores son consistentes con la información de pruebas de bombeo disponibles (entre 2 y 65 m/día).

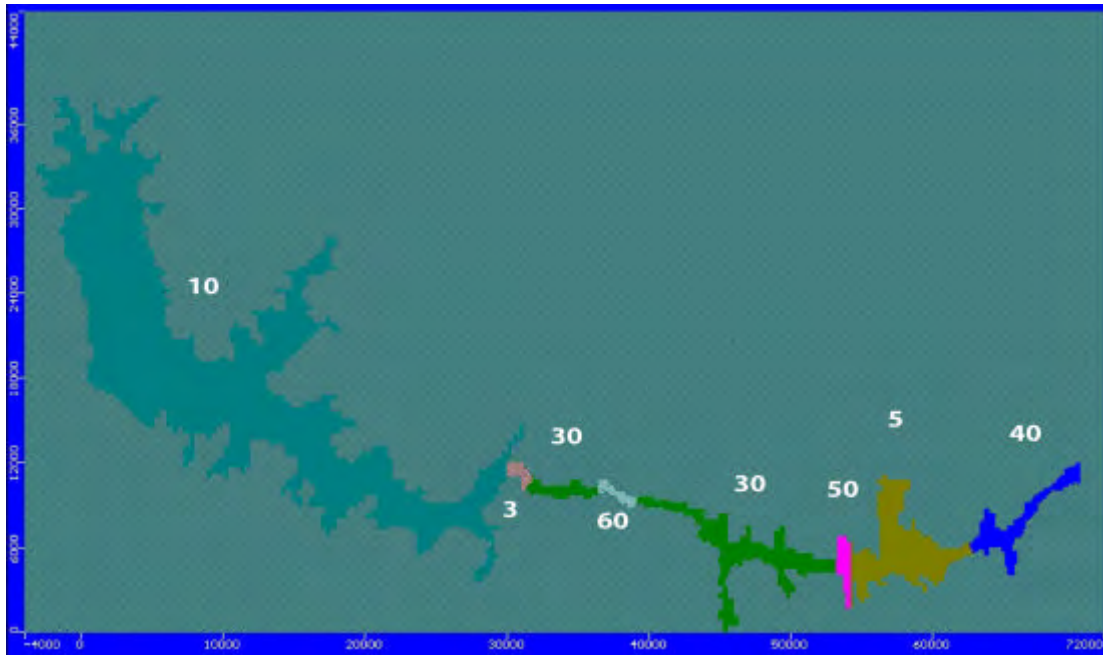


Figura 3. Distribución de la conductividad hidráulica en el primer nivel.

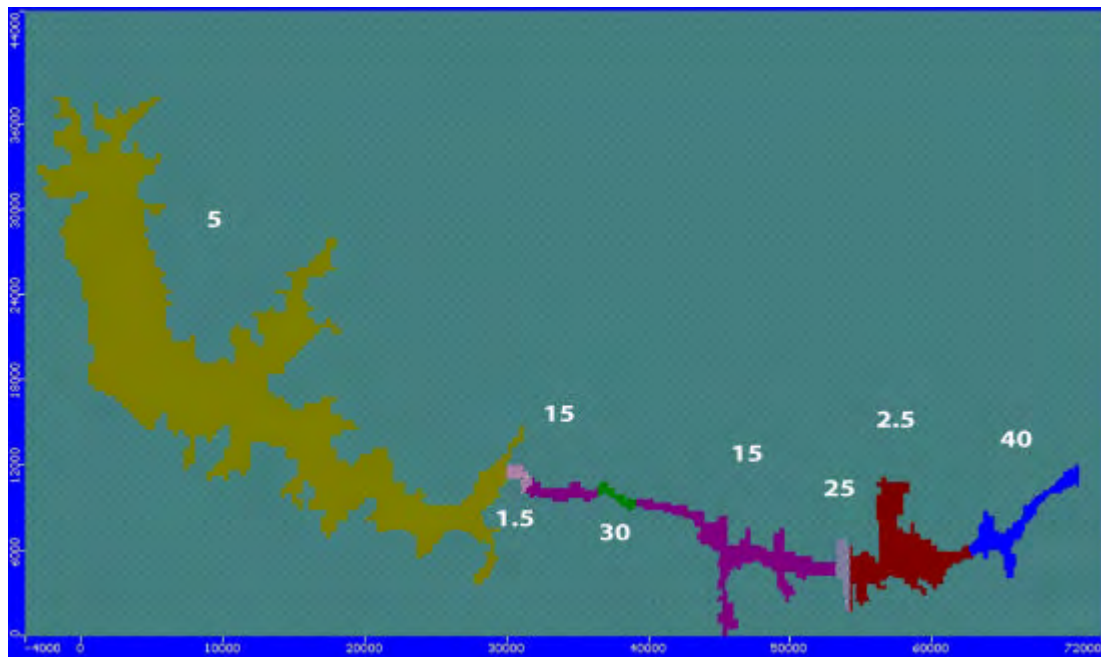


Figura 4. Distribución de la conductividad hidráulica en el segundo nivel.

VI.7 Coeficiente de Almacenamiento

Los coeficientes de almacenamiento de los acuíferos fueron estimados en función de sus características sedimentológicas y del funcionamiento en acuíferos similares.

Se consideró una distribución espacial de los coeficientes de almacenamiento similar a la zonificación obtenida para el coeficiente de conductividad hidráulica, de manera tal que los sectores de mejores expectativas hidrogeológicas (mayor permeabilidad) tengan asociados mayores coeficientes de almacenamiento. Como resultado se obtuvo un coeficiente de almacenamiento variable entre 4 y 8 %, para la capa superior y de entre 2 y 4 % para la capa más profunda (ver Figuras 5 y 6). Estos valores son consistentes con la información estratigráfica y con el tipo de acuífero.

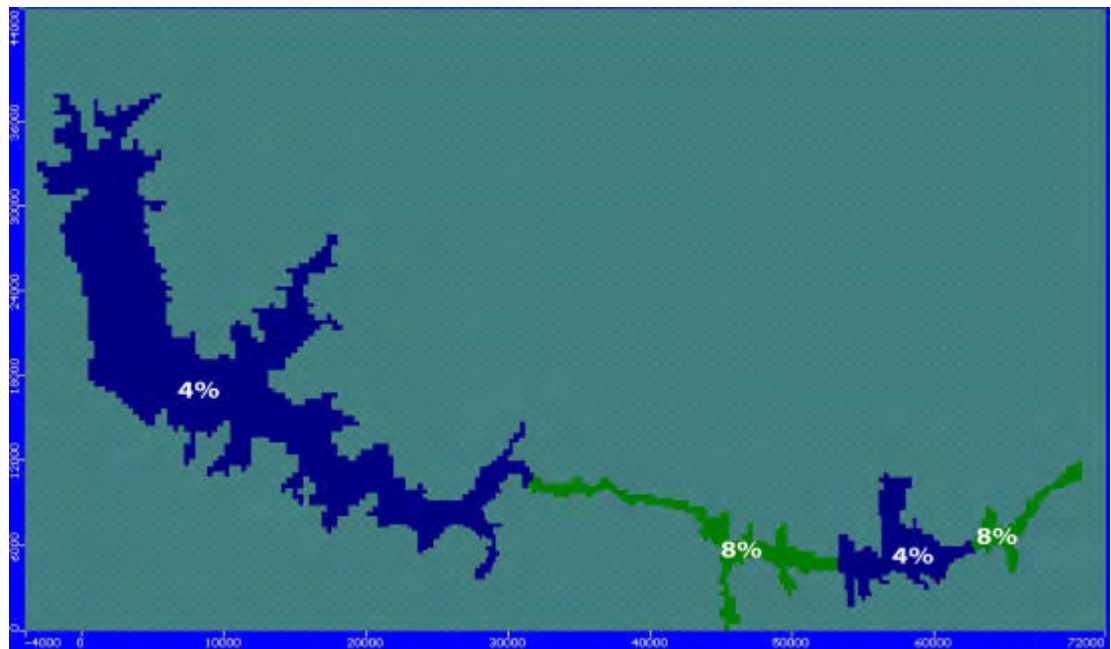


Figura 5. Distribución del coeficiente de almacenamiento en el primer nivel.

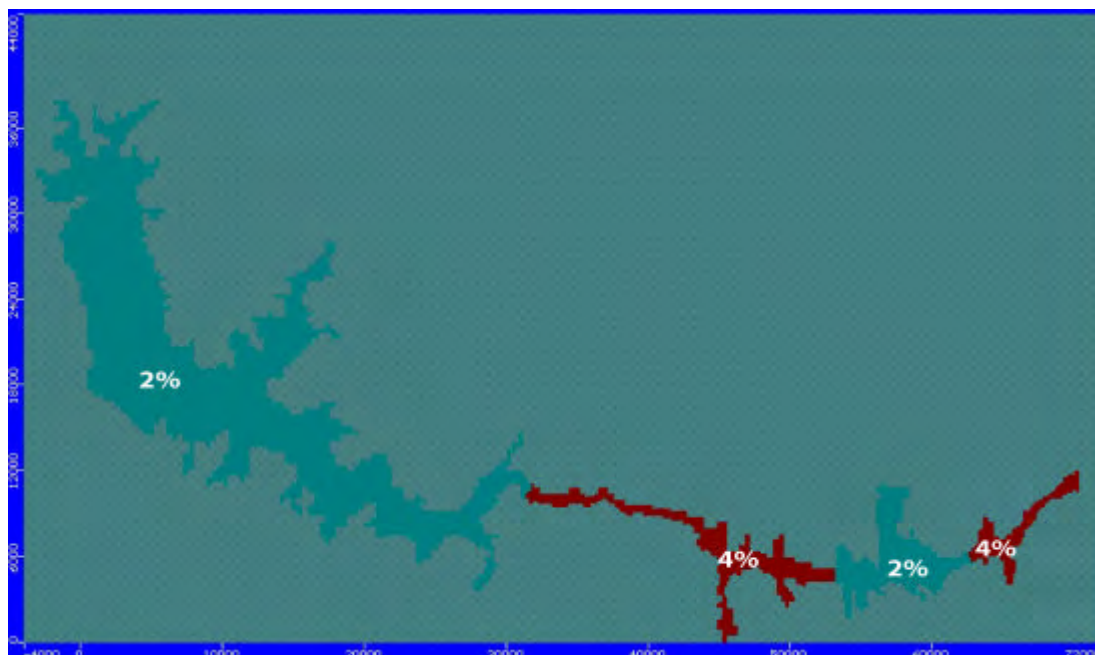


Figura 6. Distribución del coeficiente de almacenamiento en el segundo nivel.

VI.8 Pozos de Observación

En el modelo se consideró un total de 51 pozos de observación. Dichos pozos fueron utilizados para la calibración del modelo en régimen permanente. En los anexos se presenta el listado de pozos de observación incluidos en el modelo, en el cual se indica las coordenadas de ubicación y las medidas de nivel estático disponibles. La Figura 7 muestra la ubicación de los pozos de observación. En los planos adjuntos se pudo apreciar con mayor detalle la ubicación de los pozos de observación.

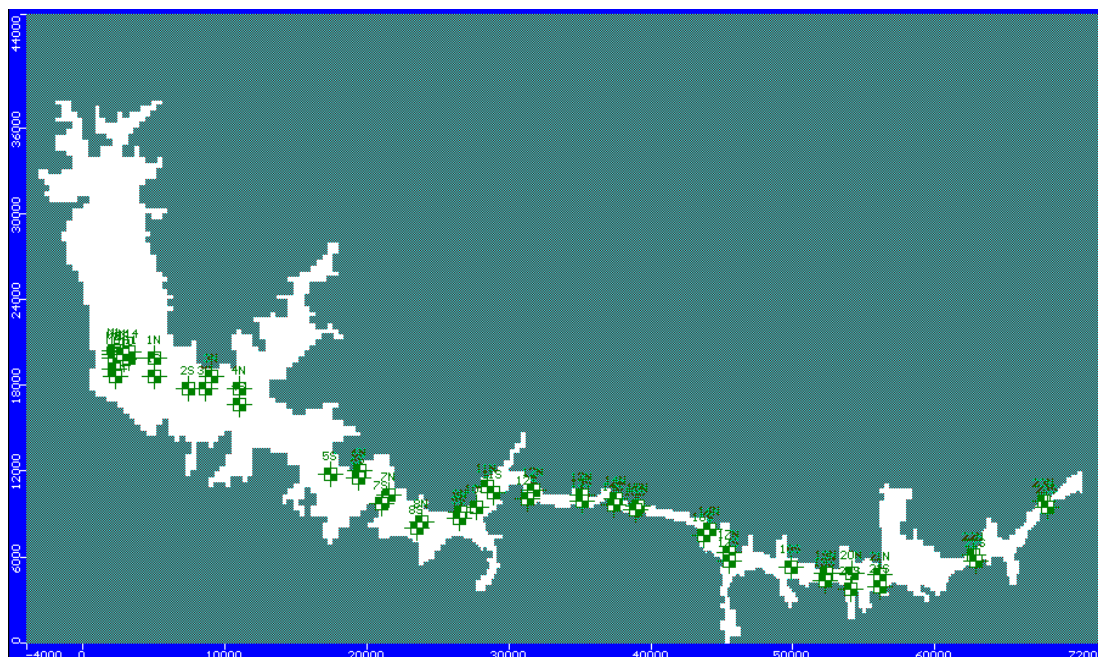


Figura 7. Ubicación de pozos de observación en el modelo.

VI.9 Calibración del Modelo

La calibración del modelo en régimen permanente consistió en hacer funcionar el modelo para ajustar los parámetros que caracterizan el acuífero (permeabilidad, recarga, evapotranspiración, conductancia del río, etc.) con el fin de representar en forma adecuada el flujo de agua subterránea en el sector, vale decir, reproducir los niveles estáticos en los pozos de observación. Para ello se consideró los niveles medidos en 51 pozos de observación durante básicamente el período Octubre-Noviembre del 1953.

Cabe recordar que los niveles de la napa registrados en el período Octubre-Noviembre del 1953 son representativos de una condición de escurrimiento natural del acuífero, en el cual prácticamente no se habían producido extracciones, es decir, el acuífero no había sido explotado.

Los resultados obtenidos en la calibración del modelo en régimen permanente entregaron una zonificación de la conductividad hidráulica consistente con la información estratigráfica y de pruebas de bombeo disponibles (entre 2 y 65 m/día). Se obtuvo además un adecuado nivel de ajuste entre los niveles de la napa observados y modelados.

En la Figura 8 se muestra en forma gráfica el nivel de bondad de la calibración en régimen permanente obtenida. Se representan los niveles observados (en abcisas) versus los niveles calculados (en ordenadas) sobre la recta $y = x$, para los 51 pozos de observación considerados en la calibración. El error promedio obtenido es del orden de 0,8 m y el error absoluto promedio de alrededor de 1,9 m. Esto indica que el ajuste obtenido es muy bueno.

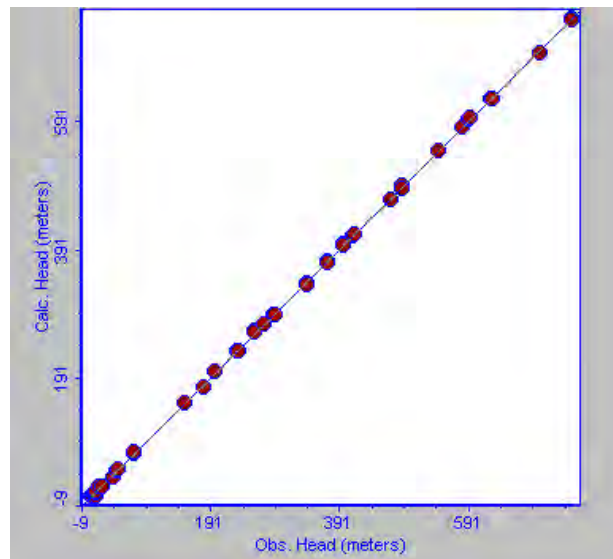


Figura 8. Bondad del ajuste obtenido para la calibración en régimen permanente.

La Tabla 8 resumen el balance hídrico global del acuífero establecido para la calibración del modelo en régimen permanente. Los valores para cada zona se indicaron en las secciones VI.4 y VI.5. Se observa un error en el balance muy pequeño (0,2 %). Por su parte, la Tabla 9 compara los niveles observados y modelados en los pozos de observación utilizados para la calibración en régimen permanente. Es importante señalar que el modelo elaborado respondió en forma adecuada a la luz del conocimiento conceptual del acuífero, es decir, los resultados del modelo corresponden a los esperados.

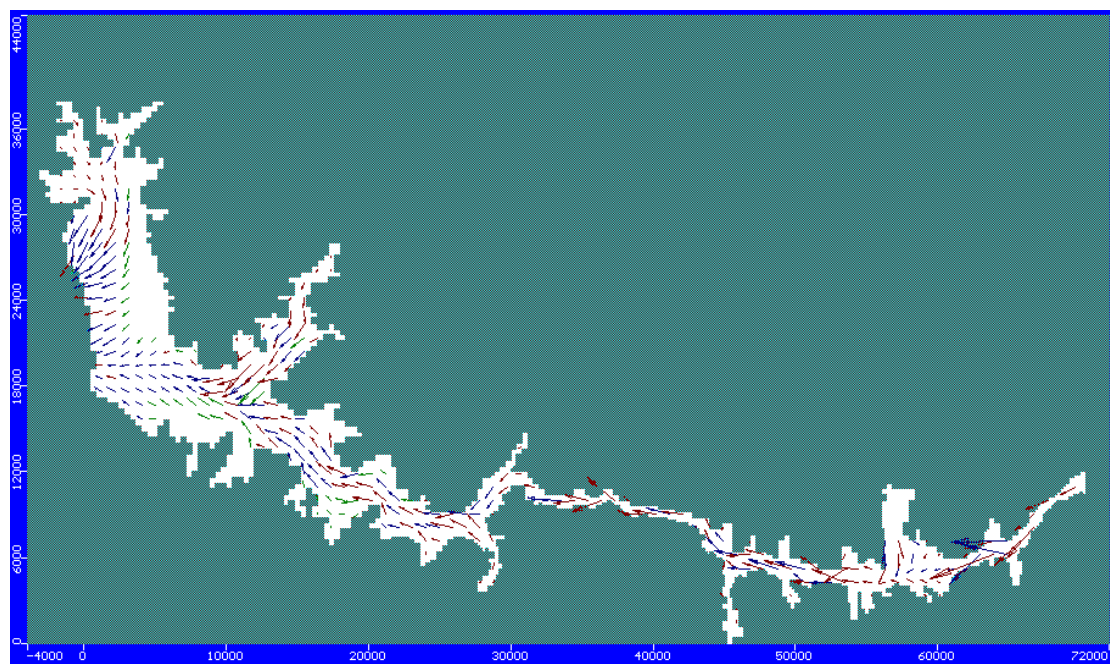
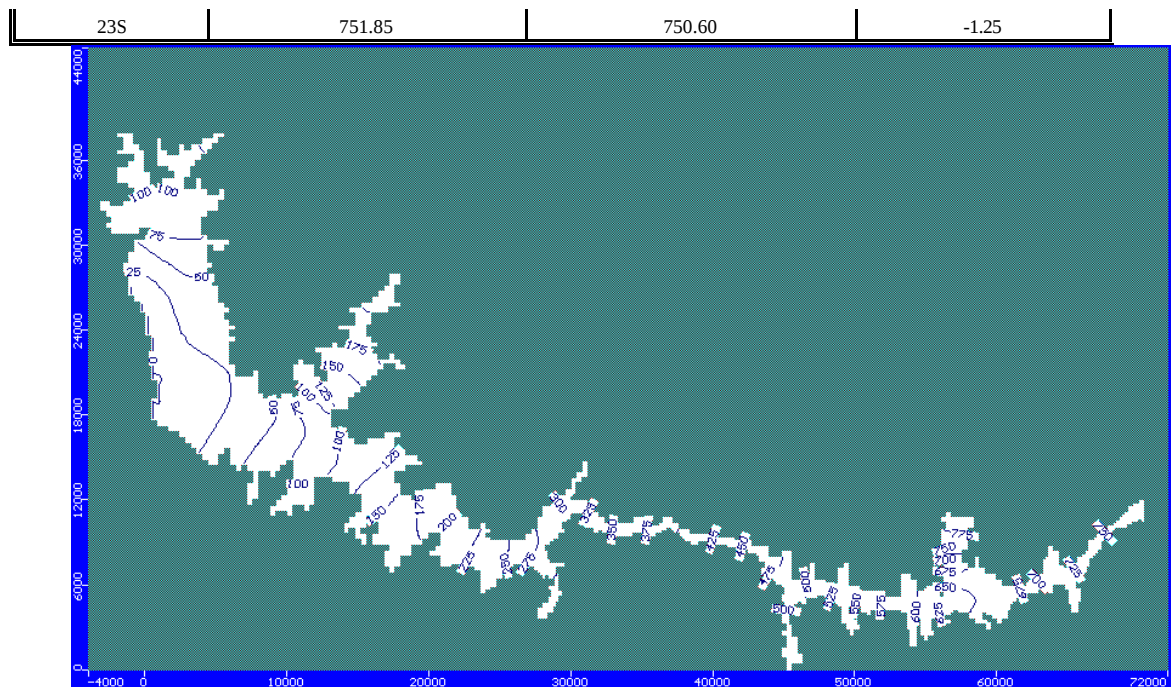
Tabla 8. Balance global del acuífero para condición de régimen permanente.

Mecanismos de recarga / descarga	Caudal (l/s)
Entradas	
- borde altura constante de aguas arriba	107
- río	562
- precipitación	1.949
Total entradas	2.618
Salidas	
- borde altura constante de aguas abajo	87
- río	2.242
- evaporación en zona de vegas	294
Total salidas	2.623
Error del balance	5 (0,2 %)

Finalmente, las Figuras 9 y 10 presentan el mapa de la cobertura de isopiezas (curvas de igual altura piezométrica) y la dirección del flujo subterráneo en la zona, ambas obtenidas con el modelo. El mapa de isopiezas se adjunta además en los anexos.

Tabla 9. Niveles observados y modelados para la calibración en régimen permanente.

Pozo	Nivel Observado (msnm)	Nivel Calculado (msnm)	Error (m)
M3	6.81	6.39	-0.43
M2	7.99	7.00	-0.99
M1	8.71	7.74	-0.97
M5	9.42	6.34	-3.08
M8	11.65	9.28	-2.37
M10	11.72	10.60	-1.13
M7	12.67	6.96	-5.71
M14	13.20	11.45	-1.75
M11	13.75	13.09	-0.66
1N	19.55	20.10	0.55
1S	22.78	21.16	-1.62
2S	39.99	36.96	-3.02
3S	46.71	44.55	-2.16
3N	48.04	49.02	0.98
4S	72.52	73.32	0.81
4N	73.50	75.34	1.84
5S	152.32	151.54	-0.78
6S	180.02	175.63	-4.39
6N	180.42	177.22	-3.19
7N	198.57	200.81	2.24
7S	199.21	201.70	2.49
8N	233.87	232.68	-1.19
8S	235.54	231.81	-3.73
9S	260.16	264.06	3.90
9N	260.51	262.71	2.20
10S	275.07	275.47	0.40
11S	290.05	289.03	-1.02
11N	291.31	289.64	-1.67
12N	342.02	337.90	-4.12
12S	342.10	335.70	-6.40
13S	372.05	371.84	-0.21
13N	372.26	371.02	-1.24
14S	396.69	399.05	2.36
14N	396.99	397.47	0.48
15S	411.16	412.42	1.26
15N	414.39	413.87	-0.52
16N	471.16	469.87	-1.29
16S	471.19	469.91	-1.28
17S	488.93	491.02	2.09
17N	489.21	486.71	-2.50
18S	545.56	545.36	-0.20
19N	581.75	582.06	0.31
19S	581.77	582.01	0.24
20N	593.13	595.54	2.41
20S	593.77	597.41	3.63
21S	627.50	626.04	-1.46
21N	627.96	627.29	-0.68
22S	703.40	697.23	-6.18
22N	703.48	698.06	-5.43
23N	751.85	751.18	-0.66



VII SIMULACIONES

Se realizaron dos simulaciones del funcionamiento del acuífero, denominados para efectos de este estudio escenarios 1 y 2. El escenario 1 corresponde al total de los derechos otorgados (demanda comprometida) y el escenario 2 corresponde a la demanda comprometida más los derechos en trámite.

Primero se realizó la calibración del modelo en régimen permanente sin la presencia del embalse Puclaro (Régimen Permanente 1) y otra con el embalse Puclaro en funcionamiento (Régimen Permanente 2).

Se debe señalar que se consideraron sólo los pozos que pertenecen al valle del Elqui y aquellos pozos ubicados en las quebradas directas a afloran en él. Esto implica la principal diferencia entre los caudales totales impuestos en cada simulación y los derechos otorgados (simulación 1) y los derechos otorgados más en trámite (simulación 2). A esto se debe agregar algunos pozos que se ubicaron en celdas que se encuentran secas, según los resultados de la calibración del modelo en régimen permanente.

Se debe señalar además que fue necesario mover algunos pozos que se encontraban en quebradas laterales fuera del área del modelo, pero a muy poca distancia de celdas activas, de manera de incluirlos en las simulaciones. La diferencia entre el caudal total impuesto y aquel efectivamente extraído en el modelo se explica por los pozos que se secan en cada simulación.

En las simulaciones se incluyó la presencia del embalse Puclaro, construido en los últimos años. El embalse fue considerado como una condición de borde del tipo altura constante, con una cota del espejo de agua de 508 msnm, que corresponde a una condición normal de funcionamiento según los antecedentes proporcionados por la DGA. La Figura 11 muestra la ubicación del embalse y de los pozos de observación incluidos en el modelo.

Se debe recordar que en la calibración del modelo en régimen permanente no se consideró la presencia del embalse Puclaro, ya que en esa fecha no existía (década del 50). Previo a la ejecución de las simulaciones se realizó una simulación de prueba con la presencia del embalse en condiciones de régimen permanente. Se obtuvo como resultado que bajo la presa del embalse el flujo pasante es del orden de 500 l/s, valor del mismo orden de magnitud que aquel estimado por la DGA (250 l/s). No se dispone de antecedentes que permitan analizar la estimación del flujo subterráneo pasante que dispone la DGA y considerando los resultados del modelo, se estima que este reproduce aproximada y razonablemente el funcionamiento del acuífero con la presencia del embalse. En este sentido, es pertinente señalar que dado que el embalse es muy reciente, no se dispone de información suficiente como para validar su impacto sobre el funcionamiento del acuífero en el largo plazo.

Finalmente, la Figura 12 muestra el plano de isopiezas estimado para la situación en régimen permanente con la presencia del embalse, lo que se traduce en un peralte de los niveles de la napa en la zona ubicada aguas arriba y aguas debajo del embalse.

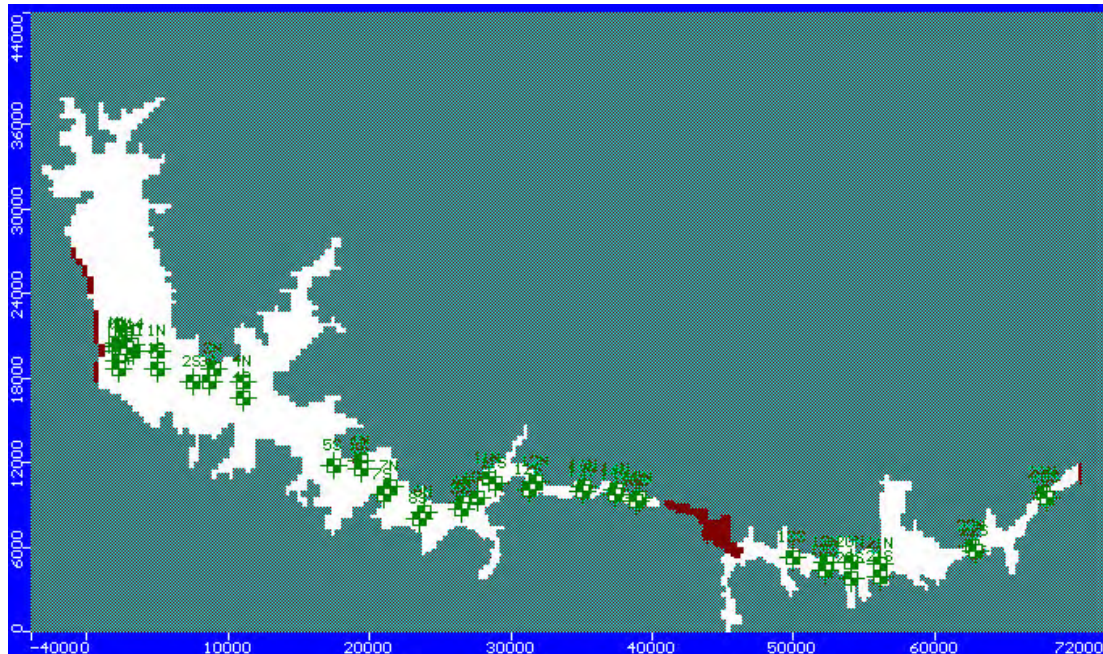


Figura 11. Ubicación del embalse Puclaro y de pozos observación considerados en las simulaciones.

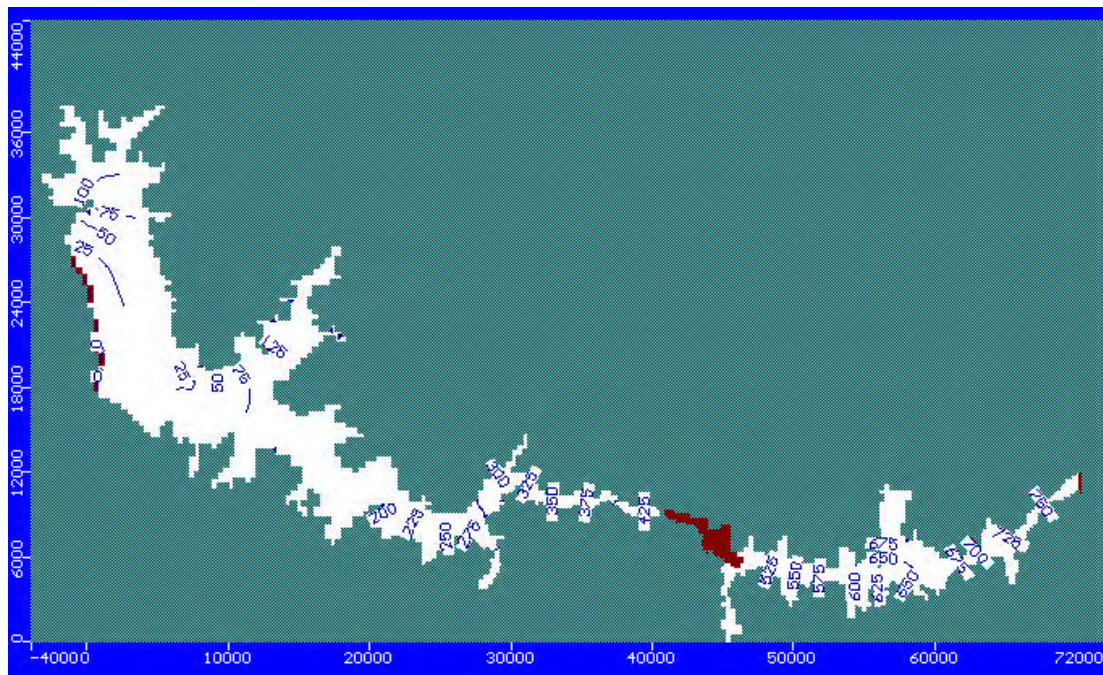


Figura 12. Isopiezas obtenidas para simulación en régimen permanente con embalse Puclaro.

Una vez verificado que el modelo respondiera razonablemente a la presencia del embalse Puclaro, se procedió a realizar las simulaciones de los escenarios de explotación 1 y 2. Se utilizó como condición inicial para ambas simulaciones las curvas equipotenciales resultantes de la calibración en régimen permanente del modelo. Esta condición también se utilizó para la simulación en régimen permanente con la presencia del embalse.

Por otra parte, en las simulaciones para los escenarios de explotación 1 y 2 se consideró un horizonte de explotación de 50 años a nivel anual, considerando una recarga constante en el tiempo. No se incluyó recarga superficial en el área del embalse, por cuanto esta fue considerado como una condición de borde del tipo altura constante.

Finalmente, para las simulaciones se usó una porosidad efectiva (S_y , %) acorde con el modelo conceptual. Los valores considerados se presentan en la sección VI.7.

Para visualizar los descensos en el tiempo obtenidos en ambos escenarios de simulación, se utilizaron 8 pozos de observación representativos de los distintos sectores del acuífero, los cuales se muestran en la Figura 13.

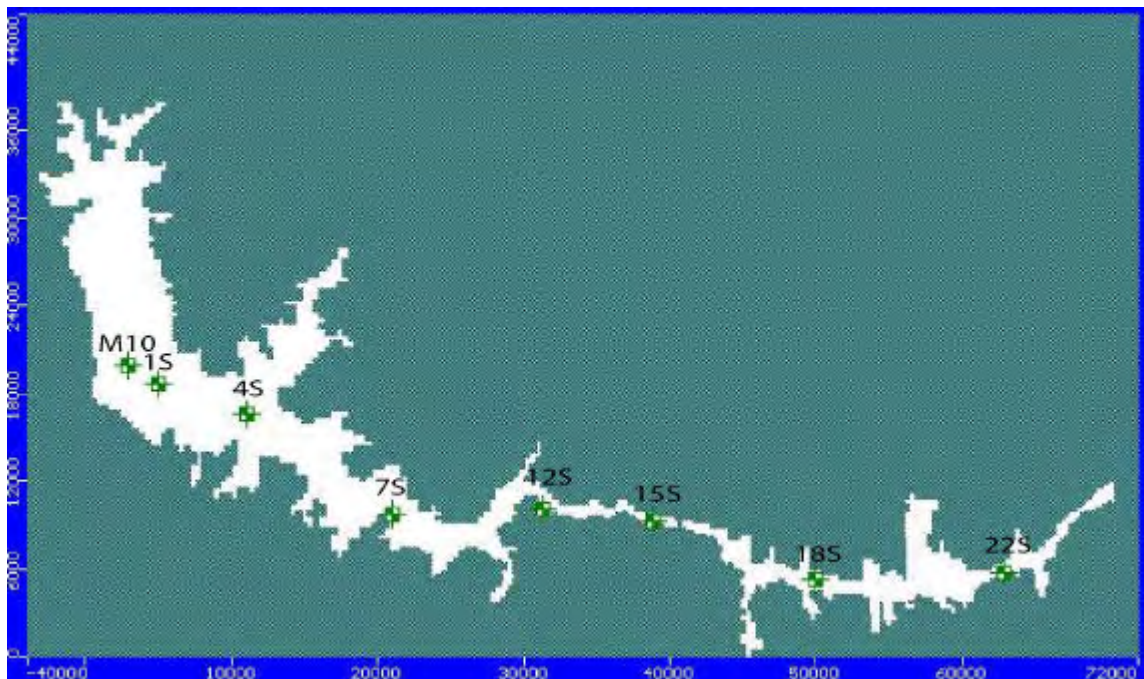


Figura 13. Ubicación de pozos de observación considerados en las simulaciones.

Los principales resultados obtenidos con las simulaciones se pueden resumir en:

- En general en todo el acuífero se producen descenso del nivel de la napa del orden de 5 m para ambas simulaciones, con excepción del sector entre Alfalfares y Culcatán, donde se producen descenso de hasta 35 m en simulación 2 al cabo de 50 años, y en el sector Punta de Piedra, donde los descensos del nivel de la napa alcanzas hasta 10 m en simulación 2, ambos al cabo de 50 años. Las Figuras 14 y 15 muestran los descensos obtenidos en las simulaciones 1 y 2 al finalizar el período simulado.
- Los sectores de mayores descensos se ubican en la denominada zona Elqui bajo. Se debe señalar que estos descensos han sido estimados respecto de la condición inicial impuesta, representativa de una situación de equilibrio natural del acuífero, es decir, en régimen permanente y sin la presencia del embalse Puclaro.
- En ambos escenarios la napa se peralta aguas arriba y aguas abajo de la presa del embalse Puclaro. Estos peraltes son prácticamente equivalentes para el escenario 1 y 2, alcanzando valores de hasta 16 m a los 50 años, en ambos extremos del embalse.
- En general, ambos escenarios muestran en los 8 pozos de observación analizados muy pocas variaciones a partir de 7 años de simulación (ver Figuras 16 y 17). Esto se explica debido a que se consideró una recarga constante a lo largo de todo el proceso de simulación. Lo anterior permite concluir que el sistema tiende a una situación de equilibrio con niveles estabilizados aproximadamente a los 7 años desde la puesta en funcionamiento del embalse y desde el inicio de la explotación de los pozos.
- Se debe señalar además que no observa variaciones significativas entre los descensos observados entre ambas simulaciones, con excepciones puntuales a nivel local.
- Mayores antecedentes sobre los resultados y un análisis detallado de cada zona se presente en el capítulo siguiente.

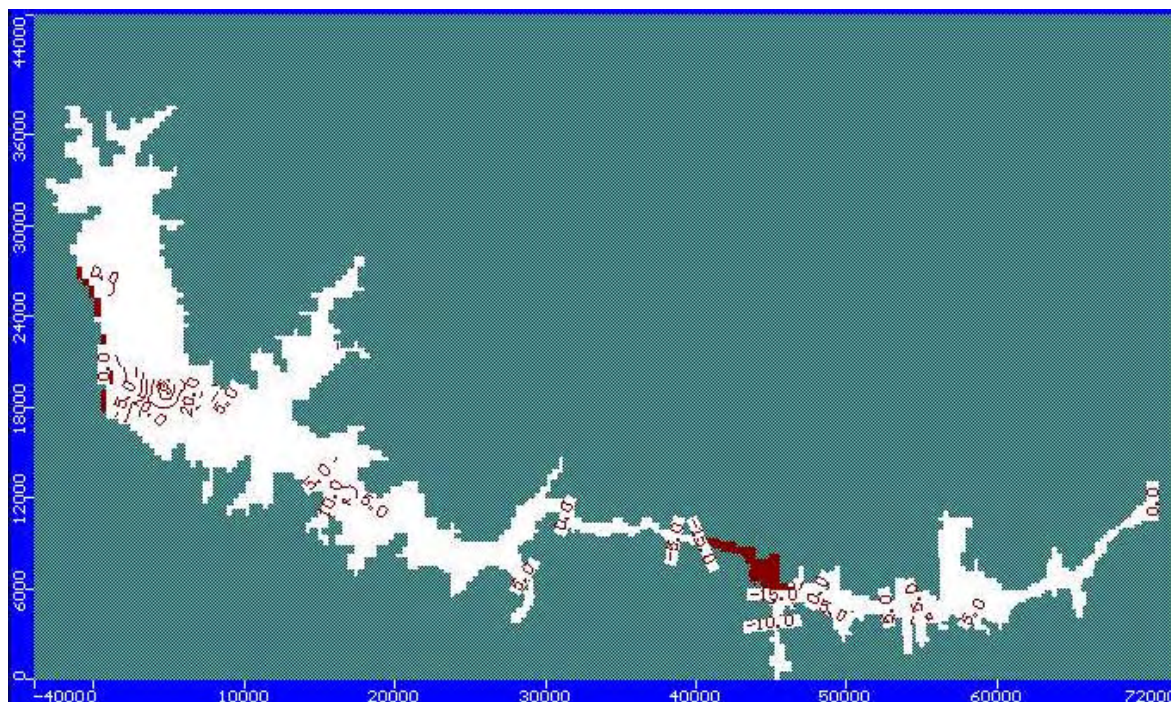


Figura 14. Descensos observados al cabo de los 50 años en la simulación 1.

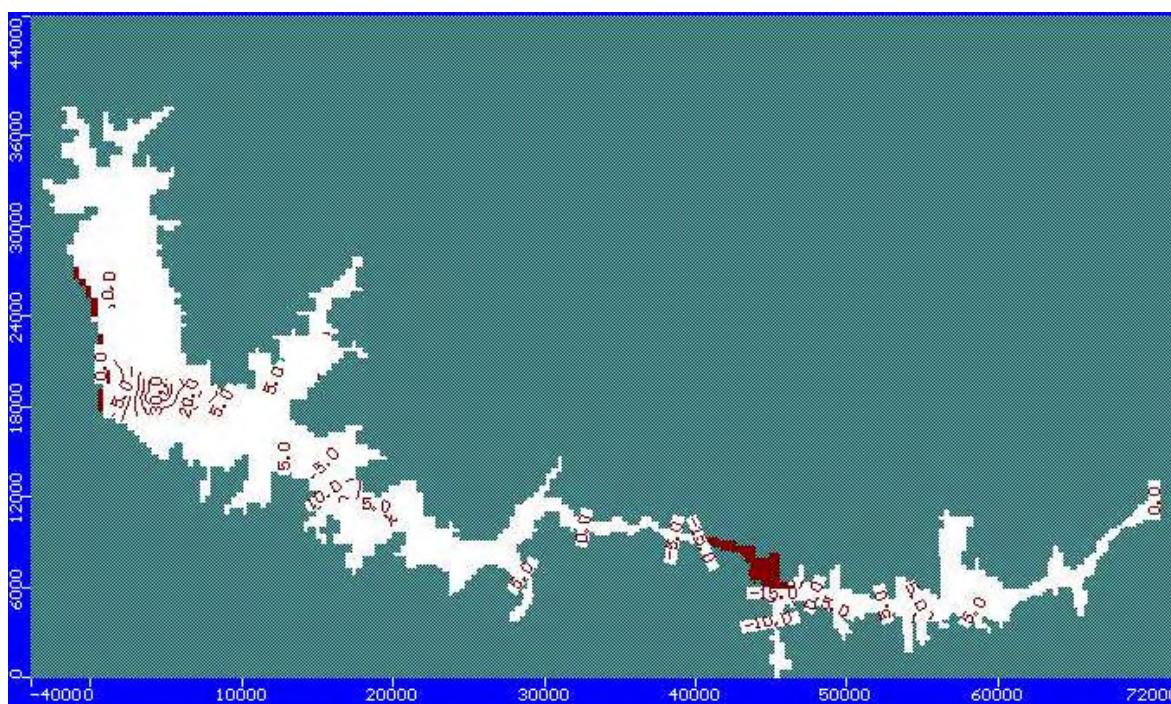


Figura 15. Descensos observados al cabo de los 50 años en la simulación 2.

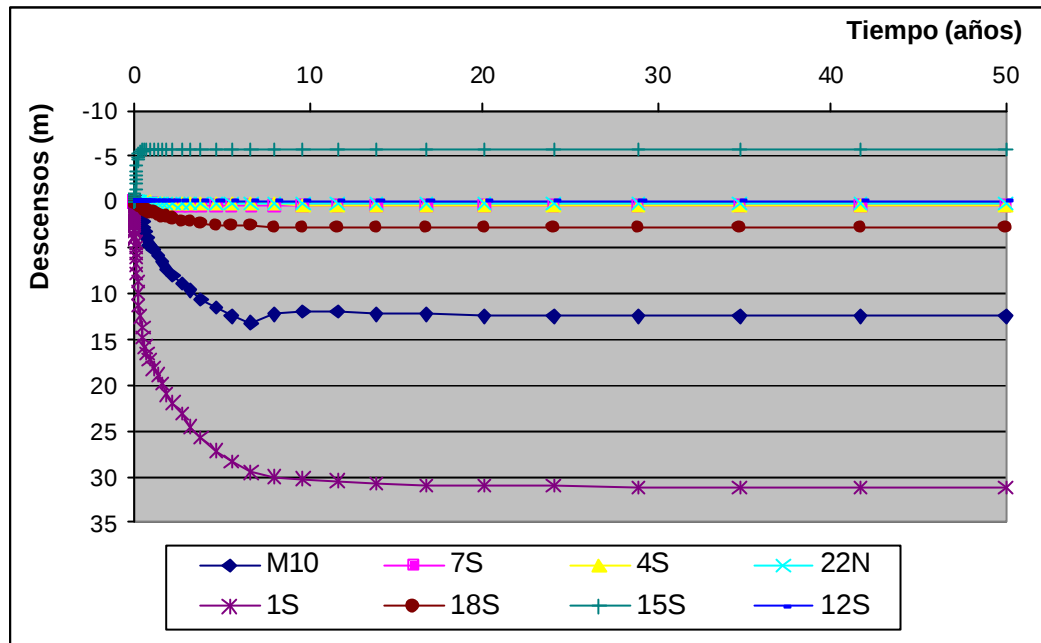


Figura 16. Descenso en pozo de observación obtenidos para la simulación 1.

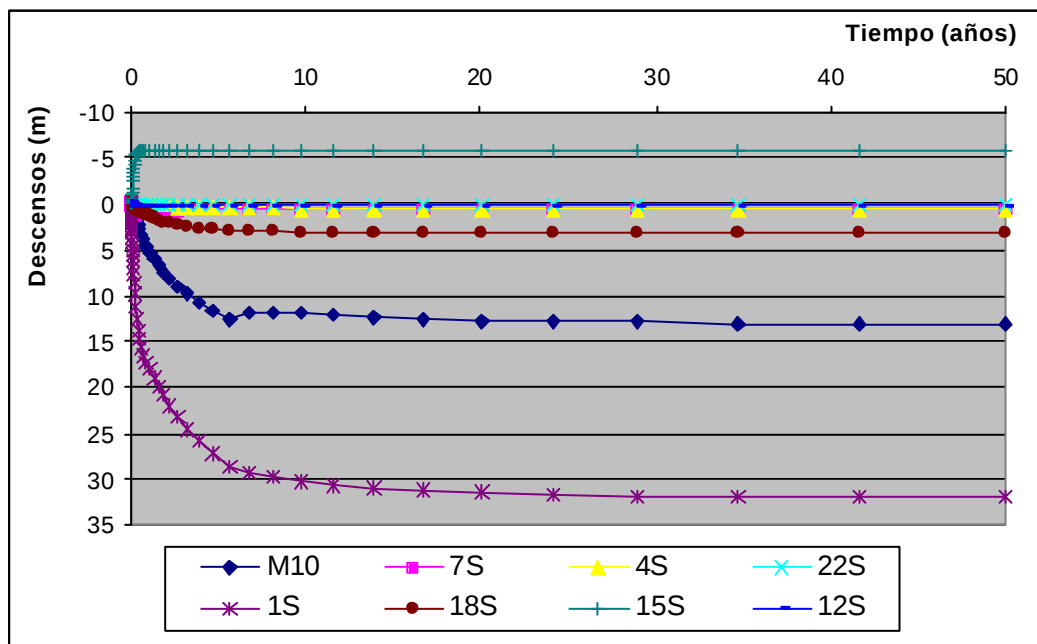


Figura 17. Descenso en pozo de observación obtenidos para simulación 2.

VIII DERECHOS DE APROVECHAMIENTO

VIII.1 Política general y criterios generales de la dirección general de aguas sobre derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.

Durante el último tiempo, en general en el país, se han generado demandas cada vez mayores sobre los recursos hídricos subterráneos. Este crecimiento, se produce en un contexto en el cual los recursos superficiales en una buena medida ya están comprometidos en el abastecimiento de los usos actuales, y frente a una creciente valorización del medio ambiente, lo cual constituye una variable más a considerar en esta creciente demanda de recursos hídricos.

La política de la DGA en relación con la explotación de las aguas subterráneas debe compatibilizar las exigencias legales, con las características físicas de dicho recurso y que tome en consideración las necesidades y los intereses superiores de la Nación. De acuerdo a lo anterior, la acción de la DGA, debe propender a una explotación sustentable del recurso, que no genere menoscabo al derecho de terceros y que no limite innecesariamente su aprovechamiento, considerando su enorme importancia para el interés nacional.

VIII.1.1 Criterios técnicos generales

En general un acuífero, desde el punto de vista de sus recursos hídricos, se puede caracterizar por un volumen almacenado de agua y una recarga renovable en el tiempo. Un acuífero, es simultáneamente un almacenamiento de agua y vía de transporte de la misma. Las reservas de él están constituidas por el volumen de agua que almacena, determinado por el nivel de saturación del terreno. El caudal medio que recorre el acuífero y sale del mismo, procedente de la alimentación externa que recibe, es conocida como la recarga media anual. El origen principal de la recarga suele ser la infiltración de la lluvia, otros posibles aportes son la percolación desde los ríos, la transferencia subterránea de un acuífero contiguo y la infiltración del riego.

Es importante destacar que los problemas relacionados con las aguas subterráneas tanto en cantidad como en calidad, en general se perciben con bastante retraso respecto del momento en que se inician, como consecuencia de la lenta dinámica de esta agua, por el mismo motivo son también muy lentos los efectos de las medidas que se pueden adoptar para resolverlos. Por ello, la gestión de los recursos hídricos subterráneos, para que sea eficaz, debe basarse en políticas de prevención que permitan actuar sobre las causas que pueden originar tales problemas.

La constitución de derechos de aprovechamiento para la explotación de aguas subterráneas en Chile, se centra desde el punto de vista legal y técnico, básicamente en los siguientes aspectos:

- Que la solicitud presentada, sea legalmente procedente,
- Que exista disponibilidad física y jurídica de las aguas, y
- Que no se perjudique ni menoscabe derechos de terceros.

Los siguientes son los criterios técnicos de la Dirección General de Aguas, para la constitución de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.

COMPROBACIÓN DE LA EXISTENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Para solicitar un derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas, el interesado debe haber comprobado previamente la existencia de ellas.

El criterio de la Dirección General de Aguas, establece que la comprobación de la existencia de aguas subterráneas no está ligada necesariamente a la terminación total de todas las faenas asociadas a la construcción de la obra de captación. Por lo tanto, no se requiere que al momento de la presentación de la solicitud, se hayan realizado las pruebas de bombeo o exista el acondicionamiento para el uso regular de la obra de captación; pero si debe estar en construcción y debe haberse comprobado la existencia del agua subterránea (es decir, haber llegado al menos al nivel freático de ella).

PRUEBAS REQUERIDAS PARA SUSTENTAR EL CAUDAL POSIBLE DE EXTRAER DE UNA OBRA DE CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

Las pruebas requeridas por la Dirección General de Aguas corresponden a las establecidas en la Norma Chilena NCh N° 777/2. Así, una prueba de bombeo, permite el análisis de las obras de captación de aguas subterráneas y del acuífero en que se encuentran; el estudio de las variaciones de los niveles, es precisamente en lo que consiste la prueba de bombeo y lo que permite obtener información, tanto sobre la obra de captación de aguas subterráneas en sí, como sobre las características del lugar del acuífero donde se encuentra.

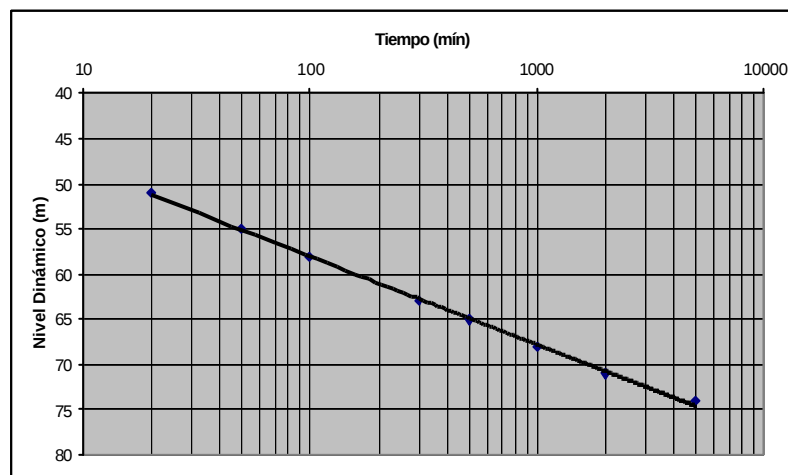
Para el estudio y análisis de los datos obtenidos mediante pruebas de bombeo en obras de captación de aguas subterráneas tipo pozo profundo, en general se recomiendan pruebas de una duración mínima de 24 hrs. en acuíferos confinados y de 72 hrs. en acuíferos no confinados.

Existen una serie de obras de captación de aguas subterráneas, para la extracción de este recurso. Para determinar el caudal que es posible extraer desde cada una de ellas, la Dirección General de Aguas requiere que el solicitante efectúe las pruebas suficientes de acuerdo a la obra de captación de que se trate.

Las condiciones técnicas establecidas por la Dirección General de Aguas para determinar el caudal que es posible extraer desde una obra de captación de aguas subterráneas tipo pozo profundo, consideran que después de un tiempo razonable de bombeo (24 hrs. como mínimo) se produzca una estabilización de niveles o una clara tendencia a ella, es decir, que la variación de las depresiones sea tan pequeña que no se aprecien para intervalos pequeños de tiempo; de tal modo que puedan considerarse estabilizados.

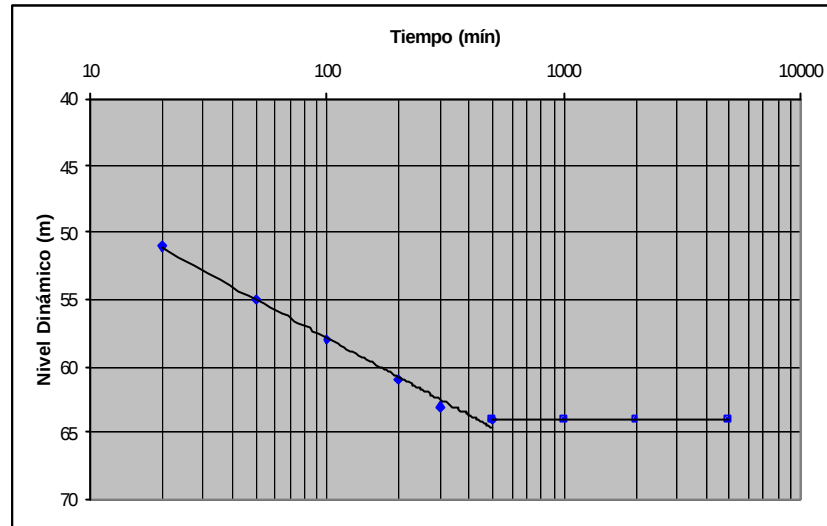
Sí el cono de depresión producido por el bombeo, alcanza una frontera o condición de borde permeable, donde la recarga iguale al caudal constante bombeado, se producirá la estabilización de niveles. Si ello no ocurre, en la realidad los niveles estrictamente no se estabilizarán; frente a esta última situación lo que se pide, es una franca tendencia a la estabilización de niveles, es decir que la velocidad de descenso de los niveles disminuya lo suficiente hacia el final de la prueba de bombeo (mínimo 180 minutos), de tal modo que la variación de los niveles sea imperceptible. y en definitiva podamos considerar conocido el radio de influencia generado.

Las siguientes son las situaciones que se nos pueden presentar:

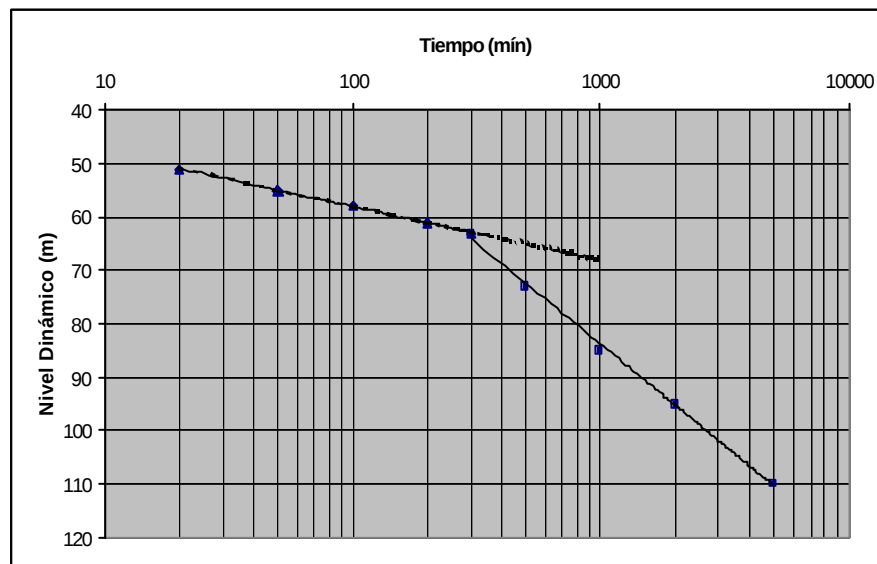


Caso 1.- En este caso, el cono de depresión no alcanza una frontera o borde permeable, con una fuente de recarga que iguale el caudal constante bombeado. Esto significa que estrictamente, los niveles siempre descenderán. La Dirección General de Aguas, solicita en

este caso que el caudal bombeado sea tal que, en los últimos 180 minutos de bombeo la variación de niveles sea imperceptible.



Caso 2.- En este caso, el cono de depresión alcanza una frontera o borde permeable, con una fuente de recarga que iguala el caudal constante bombeado. Esto significa que los niveles se estabilizarán.



Caso 3.- En este caso, el cono de depresión alcanza una frontera o borde impermeable, que no aporta agua. Esto significa que estrictamente, los niveles siempre descenderán, y además

desde cierto tiempo en adelante, la velocidad de descenso de los niveles aumenta. Al igual que en la situación anterior, la Dirección General de Aguas, solicita en este caso que el caudal bombeado sea tal que, en los últimos 180 minutos de bombeo la variación de niveles sea imperceptible.

VIII.2 Demanda aguas subterránea acuífero del Río Elqui, IVª Región.

Analizando las peticiones presentadas en el acuífero del Río Elqui, se determinó que la demanda de derechos de aprovechamiento al 31 de Julio de 2002 para cada sector definido es la siguiente:

Tabla N°10. Demanda sectores acuíferos Cuenca del río Elqui.

ZONA	DEMANDA DERECHOS DE APROV. (l/s)	N° de POZOS	N° de EXP
SECTOR ALTO	1113,67	28	25
SECTOR MEDIO	608,85	21	20
SANTA GRACIA	129,20	10	7
ELQUI BAJO	2439,13	76	41
SERENA NORTE	337,61	20	15
FUERA DEL AREA MODELADA *	194,84	14	10
Total	4823,3	169	118

(*) Corresponde a aquellas solicitudes que pertenecen a la cuenca del río Elqui, pero cuya ubicación espacial está fuera de los límites de la zona modelada.

En Anexos se presenta el levantamiento de solicitudes de aguas subterráneas, correspondientes al área de estudio, ingresadas a la Dirección General de Aguas que se encuentran constituidas, en trámite y aquellas que pueden ser regularizadas a través del Art. 2º Transitorio. del Código de Aguas hasta el 31 de Julio de 2002. No se incluyen en estos listados las solicitudes que han sido denegadas.

VIII.3 Explotación previsible en los acuíferos

A continuación se hace un análisis de la explotación previsible en el acuífero de la cuenca del Río Elqui, de acuerdo a los derechos solicitados en ellos y a los usos susceptibles de ser regularizados.

El análisis antes indicado, se realiza considerando que, para una actividad cualquiera, como

por ejemplo la actividad agrícola, los pozos se utilizan algunos meses en el año y difícilmente se explotan por más de 8 horas diarias, debido a los requerimientos hídricos del cultivo o plantación; inclusive, en algunos casos las aguas subterráneas se emplean como complemento de recursos superficiales solamente en períodos de déficit y como suplemento al riego superficial. Este mismo análisis puede hacerse a cualquier otra actividad económica que utilice agua entre sus procesos productivos, incluyendo el uso doméstico el cual presenta demandas variables a lo largo del año.

De acuerdo a lo anterior, se puede adoptar un coeficiente de explotación que refleja la naturaleza de la explotación de aguas subterráneas, que hace que las captaciones sean empleadas sólo en forma temporal y de ese modo, la extracción media de largo plazo desde el acuífero sea sustancialmente menor que la explotación máxima autorizada como derecho de aprovechamiento.

La explotación previsible en el largo plazo de los derechos, permite determinar el nivel de extracción del agua y comparar directamente este caudal con el caudal sustentable de explotar en el largo plazo.

La hipótesis es que la captación de aguas subterráneas se usará según la naturaleza del peticionario original (Empresa Sanitaria → Agua Potable (AP), Empresa Minera → Minería (M), Agricultor → Riego (R); etc). Según la naturaleza del peticionario original existen coeficientes técnicos, dados por los estudios específicos, información proveniente de organismos técnicos , o la experiencia práctica, que da cuenta de la explotación previsible en el largo plazo de los derechos y usos en el acuífero.

Para este estudio los coeficientes de explotación, determinados por tipo de actividad son los siguientes:

TIPO USO	FACTOR
<i>Agua Potable Ciudades</i>	<i>0,75</i>
<i>Agua Potable Balnearios</i>	<i>0,30</i>
<i>Riego</i>	<i>0,20</i>
<i>Industrial</i>	<i>0,30</i>
<i>Minero</i>	<i>0,75</i>

Los coeficientes antes enunciados han sido determinados considerando la información recolectada de encuestas a usuarios a través de catastros, registros de extracción, información de la SISS y de diversos estudios realizados sobre la materia.

IX RESPUESTA DEL ACUÍFERO FRENTE A DISTINTOS NIVELES DE EXTRACCION

El objetivo principal de este capítulo es determinar la sustentabilidad de los derechos solicitados y usos a respetar en el acuífero de la cuenca del río Elqui, considerando la explotación prevista de éstos en el largo plazo.

Para efectuar este análisis, se efectuaron dos simulaciones, el escenario 1 corresponde a la simulación de todos los derechos otorgados (demanda comprometida) y el escenario 2 corresponde a la simulación de los derechos otorgados y los derechos en trámite (demanda vigente).

A continuación se presenta la respuesta de los sectores definidos en el acuífero del río Elqui frente a distintos niveles de explotación.

IX.1 Zona “Sector Alto”

- Corresponde al sector ubicado entre la convergencia de los ríos Turbio y Claro, y la localidad de El Tambo.
- El total del caudal impuesto en la simulación 1 fue de 234 l/s y el total simulado al final del período fue de 215 l/s. El acuífero se seca en un sólo pozo durante la simulación, que tiene un bombeo de 18 l/s. Se debe señalar que en esta zona no se han considerado 3 pozos por un caudal de explotación previsible de 61 l/s en total, ya que se ubican justo en el límite este del modelo (sobre el borde de altura constante) (ver anexos figuras con secamiento de pozos).
- El total del caudal impuesto en la simulación 2 fue de 259 l/s y el total efectivamente simulado al final del período fue de 241 l/s (no se consideraron los 3 pozos que están en el borde de la zona modelada). En esta simulación no se secan nuevos pozos respecto de la simulación 1, es decir, sólo se seca un pozo (ver anexos figuras con secamiento de pozos)
- El balance hídrico para esta zona se presenta en la Tabla 11. Se concluye que en esta zona la demanda total (derechos otorgados más derechos en trámite) es sustentable en el largo plazo.

Tabla 11. Balance para la zona “Sector Alto” (caudal en l/s).

Mecanismos de recarga / descarga	R. Permanente 1	R. Permanente 2	Escenario 1	Escenario 2
Entradas				
- borde altura constante	107	105	110	111
- río	239	237	299	301
- precipitación	612	612	612	612
- embalse Puclaro	0	0	0	0
- flujo subterráneo desde otras zonas	0	0	0	0
Total entradas	958	954	1.021	1.024
Salidas				
- borde altura constante	0	0	0	0
- río	583	585	494	480
- evaporación en zona de vegas	0	0	0	0
- embalse Puclaro	0	0	0	0
- pozos de explotación	0	0	215	241
- flujo subterráneo hacia otras zonas	375	372	317	307
Total salidas	958	957	1.026	1.028
Error del balance	0	3 (0,31 %)	5 (0,49 %)	4 (0,39 %)

Dado lo anterior, se puede señalar que la explotación previsible en el largo plazo de los derechos simulados al 31 de julio de 2002 , es sustentable.

IX.2 Zona “Sector Medio”

- Corresponde al sector ubicado entre la localidad de El Tambo y Quebrada Talca.
- El total del caudal impuesto en la simulación 1 fue de 129 l/s y el total simulado al final del período fue de 129 l/s. No se secan pozos en esta zona durante la simulación 1. Se debe señalar que no se incluye en esta simulación un pozo (2,8 l/s) ya que se ubica en celdas que parten secas durante la simulación (ver anexos figuras con secamiento de pozos).
- El total del caudal impuesto en la simulación 2 fue de 134,2 l/s y el total efectivamente simulado al final del período fue de 133,8 l/s. En total se seca solo 1 pozo, correspondiente a un caudal de 0,4 l/s (ver anexos figuras con secamiento de pozos).
- El balance hídrico para esta zona se presenta en la Tabla 12. Se concluye que en esta zona la demanda total (derechos otorgados más derechos en trámite) es sustentable en el largo plazo.

- Se debe señalar que la recarga por precipitación (500 l/s) y aquella proveniente desde el embalse (552 l/s) es muy superior a la demanda total en el acuífero (137 l/s), lo que indica que existe disponibilidad de sobra a nivel de fuente para cubrir la demanda, respetando incluso un flujo subterráneo pasante hacia las zonas más bajas del acuífero del orden de 300 l/s.

Tabla 12. Balance para la zona “Sector Medio” (caudal en l/s).

Mecanismos de recarga / descarga	R. Permanente 1	R. Permanente 2	Escenario 1	Escenario 2
Entradas				
- borde altura constante	0	0	0	0
- río	136	63	74	76
- precipitación	586	500	500	500
- embalse Puclaro	0	544	552	552
- flujo subterráneo desde otras zonas	375	372	317	307
Total entradas	1.097	1.479	1.443	1.435
Salidas				
- borde altura constante	0	0	0	0
- río	1.020	1.332	1.189	1178
- evaporación en zona de vegas	0	0	0	0
- embalse Puclaro	0	70	46	46
- pozos de explotación	0	0	129	134
- flujo subterráneo hacia otras zonas	77	77	75	74
Total salidas	1.097	1.479	1.439	1.432
Error del balance	0	0	-4 (0,35 %)	3 (0,21 %)

Dado lo anterior, se puede señalar que la explotación previsible en el largo plazo de los derechos simulados al 31 de julio de 2002 , es sustentable.

IX.3 Zona “Santa Gracia”

- Corresponde al sector ubicado en la Quebrada Santa Gracia. Esta zona limita con los rellenos del valle que pertenecen a la zona denominada “Elqui bajo”.
- El total del caudal impuesto en la simulación 1 fue de 47 l/s y el total simulado al final del período fue de 13 l/s. En total se secan 3 pozos durante la simulación, que representa un caudal de 34 l/s (ver anexos figuras con secamiento de pozos).
- El total del caudal impuesto en la simulación 2 fue de 64 l/s y el total efectivamente simulado al final del período fue de 30 l/s. En esta simulación no se secan nuevos pozos y la diferencia entre el caudal impuesto en la simulación y en obtenido finalmente, se explica por los mismos tres pozos que se secan en la simulación (ver anexos figuras con secamiento de pozos).

- El balance hídrico para esta zona se presenta en la Tabla 13. Considerando que existe una recarga total por precipitación de 151 l/s y que la demanda total en el acuífero en este sector es de 64 l/s (derechos otorgados más en trámite), se estima que existe disponibilidad a nivel de fuente. Sin embargo, se debe señalar que el flujo caudal explotado en esta zona se traduce en una disminución del flujo subterráneo pasante hacia la zona de Elqui bajo, (sector que presenta impactos en la explotación previsible), por lo que este sector presenta una explotación que no es sustentable en el largo plazo).

Tabla 13. Balance para la zona “Santa Gracia” (caudal en l/s).

Mecanismos de recarga / descarga	R. Permanente 1	R. Permanente 2	Escenario 1	Escenario 2
Entradas				
- borde altura constante	0	0	0	0
- río	0	0	0	0
- precipitación	151	151	151	151
- embalse Puclaro	0	0	0	0
- flujo subterráneo desde otras zonas	0	0	0	0
Total entradas	151	151	151	151
Salidas				
- borde altura constante	0	0	0	0
- río	0	0	0	0
- evaporación en zona de vegas	0	0	0	0
- embalse Puclaro	0	0	0	0
- pozos de explotación	0	0	13	30
- flujo subterráneo hacia otras zonas	151	151	140	125
Total salidas	151	151	153	155
Error del balance	0	0	2 (1,32 %)	4 (2,65 %)

Considerando los resultados de las evaluaciones técnicas, se desprende que este sector amerita la declaración de **“Limitación a la Explotación de aguas subterráneas”**.

IX.4 Elqui Bajo

- Corresponde al sector ubicado entre la Quebrada Talca y el borde costero.
- El total del caudal impuesto en la simulación 1 es 1668 l/s. Sin embargo, el caudal total simulado al final del período fue de 755 l/s. Esta importante diferencia (913 l/s) se explica debido a que en esta simulación el acuífero se seca en 23 pozos. De estos pozos, 16 se ubican en una sólo celda del modelo, que representa un caudal de 682 l/s. Esta celda se ubica en el área de Culcatán. Del resto de los pozos que se secan, 5

pozos (197 l/s) se ubican en el área de Punta de Piedra. En total en los sectores de Culcatán y Punta de Piedra, los pozos que se secan representan un caudal de 879 l/s, que representan el 96 % del caudal total que se pierde en la simulación debido al secado de pozos (ver anexos figuras con secamiento de pozos).

- Los resultados obtenidos en la simulación 1 permiten concluir que en esta zona y particularmente en los sectores de Culcatán y Punta de Piedra, la densidad de pozos es muy alta y por lo tanto el ejercicio continuo de los derechos otorgados (explotación previsible) no sería sustentable en el largo plazo.
- El total del caudal impuesto en la simulación 2 es 1964 l/s. Sin embargo, el caudal total simulado al final del período fue de 819 l/s. Esta importante diferencia (1145 l/s) se explica debido a que en esta simulación el acuífero se seca en los mismos 23 pozos que se secan en la simulación 1 (913 l/s), más 6 pozos que en total corresponden a un caudal de 232 l/s de derechos en trámite. De los nuevos pozos que se secan, 5 de ellos se ubican en el sector de Punta de Piedra (209 l/s) y uno se ubican en el sector de la quebrada el Sauce ($Q = 23$ l/s). Se debe señalar que en el sector de Culcatán no se secan nuevos pozos en esta simulación (ver anexos figuras con secamiento de pozos).
- Los resultados obtenidos en la simulación 2 permiten concluir que del total de los derechos en trámite considerados en el modelo (296 l/s), 232 l/s se ubican en sectores del acuífero que se secan, siendo el más afectado el sector de Punta de Piedra (209 l/s).
- Se concluye que en general en esta zona la densidad de pozos en los sectores de Culcatán y Punta de Piedra es muy alta y que con los derechos ya otorgados, no sería sustentable la explotación del acuífero en el largo plazo. Más aún, los derechos otorgados a la fecha son mayores que la recarga total del acuífero en esta zona.
- Finalmente, la Tabla 14 muestra el balance hídrico del acuífero para esta zona. Se debe señalar que los caudales de explotación indicados corresponden al caudal promedio del acuífero para todo el período simulado (50 años), el que no necesariamente coincide con el caudal extraído al final del periodo. Esto se explica ya que las celdas del modelo que se secan lo hacen en tiempos distintos.

Tabla 14. Balance para la zona “Elqui Bajo” (caudal en l/s).

Mecanismos de recarga / descarga	R. Permanente 1	R. Permanente 2	Escenario 1	Escenario 2
Entradas				
- borde altura constante	0	0	0	0
- río	187	187	439	445
- precipitación	325	325	325	325

- embalse Puclaro	0	0	0	0
- flujo subterráneo desde otras zonas	262	262	288	271
Total entradas	774	774	1.052	1.041
Salidas				
- borde altura constante	11	11	6	6
- río	639	639	275	200
- evaporación en zona de vegas	123	123	18	17
- embalse Puclaro	0	0	0	0
- pozos de explotación	0	0	768	834
- flujo subterráneo hacia otras zonas	2	2	6	6
Total salidas	775	775	1.073	1.063
Error del balance	1 (0,13 %)	1 (0,13 %)	21 (1,99 %)	22 (2,11 %)

Considerando los resultados de las evaluaciones técnicas, se desprende que este sector amerita la declaración de **“Limitación a la Explotación de aguas subterráneas”**.

IX.5 Zona “Serena Norte”

- Corresponde al sector ubicado desde el sector norte de la desembocadura del río Elqui hacia el norte incluyendo las áreas de Vegas Norte y Juan Soldado.
- El total del caudal impuesto en la simulación 1 es 129 l/s. Sin embargo, el caudal total simulado al final del período fue de sólo 19 l/s. Esta importante diferencia (110 l/s) se explica debido a que en esta simulación el acuífero se seca en 4 pozos. Estos se localizan en dos celdas ubicadas en la zona de vegas. Se concluye que en esta zona no sería sustentable en el largo plazo el ejercicio continuo de los derechos otorgados (ver anexos figuras con secamiento de pozos).
- El total del caudal impuesto en la simulación 2 es 160 l/s. Sin embargo, el caudal total simulado al final del período fue de 42 l/s. Esta diferencia (118 l/s) se explica debido a que en esta simulación el acuífero se seca en los mismos 4 pozos que se secan en la simulación 1 (110 l/s) y 2 pozos en trámite (8 l/s). Los nuevos pozos que se secan se ubican también en la zona de vegas. Se concluye que del total de los derechos en trámite considerados en el modelo (31 l/s), 8 l/s se ubican en sectores del acuífero que se secan. Se concluye además que el ejercicio de los derechos en trámite no produce que se sequen nuevos pozos con derechos otorgados (ver anexos figuras con secamiento de pozos).
- Finalmente, la Tabla 15 muestra el balance hídrico del acuífero para esta zona.

Tabla 15. Balance para la zona “Serena Norte” (caudal en l/s).

Mecanismos de recarga / descarga	R. Permanente 1	R. Permanente 2	Escenario 1	Escenario 2
Entradas				
- borde altura constante	0	0	0	0
- río	0	0	0	0
- precipitación	275	275	275	275
- embalse Puclaro	0	0	0	0
- flujo subterráneo desde otras zonas	2	2	6	6
Total entradas	277	277	281	281
Salidas				
- borde altura constante	76	76	59	49
- río	0	0	0	0
- evaporación en zona de vegas	171	171	137	125
- embalse Puclaro	0	0	0	0
- pozos de explotación	0	0	19	43
- flujo subterráneo hacia otras zonas	34	34	73	72
Total salidas	281	281	288	289
Error del balance	4 (1,4 %)	4 (1,4 %)	7 (2,49 %)	8 (2,85 %)

Considerando los resultados de las evaluaciones técnicas, se desprende que este sector amerita la declaración de **“Limitación a la Explotación de aguas subterráneas”**.

IX.6 Balance General

- La Tabla 16 resumen el balance global del acuífero obtenido para ambas simulaciones (régimen transiente) y aquel obtenido para las simulaciones realizadas en régimen permanente. Los resultados señalados como régimen permanente 2 se refieren a la simulación con el modelo en condiciones de régimen permanente considerando la presencia del embalse Puclaro. Los caudales de las simulaciones

transiente (simulaciones 1 y 2) están expresados como caudal promedio continuo en 50 años (período de cada simulación).

Tabla 16. Resumen de balance global para el acuífero (l/s).

Mecanismos de recarga / descarga	R. Permanente 1	R. Permanente 2	Escenario 1	Escenario 2
Entradas				
- borde altura constante	107	105	110	111
- río	562	488	813	822
- precipitación	1.949	1.863	1.863	1.863
- embalse Puclaro	0	544	552	552
Total entradas	2.618	3.000	3.338	3.348
Salidas				
- borde altura constante	87	87	65	55
- río	2.242	2.556	1.958	1.858
- evaporación en zona de vegas	294	294	155	143
- embalse Puclaro	0	70	46	46
- pozos de explotación*	0	0	1.144	1.281
Total salidas	2.623	3.007	3.368	3.383
Error del balance	5 (0,19 %)	7 (0,23 %)	30 (0,9 %)	35 (1,05 %)

- Al comparar las simulaciones en régimen permanente con y sin la presencia del embalse Puclaro, se concluye que el efecto sobre el balance global del acuífero se traduce en una recarga adicional del orden de 400 l/s, la que es descargada por el acuífero hacia el río.
- Por otro lado, los resultados obtenidos indican que la presencia del embalse Puclaro produce un peralte de la napa subterránea en las zonas ubicadas inmediatamente aguas arriba y aguas abajo de él. Este peralte llega a los 16 m y se produce debido a que el embalse se representó en el modelo como un borde de altura constante.

- El modelo, tal como se ha confeccionado, no simula el movimiento de la cuña salina debido a la explotación en el borde costero. En particular, la cuña fue modelada tal como el basamento rocoso, teniéndose la consideración de darle una geometría característica de cuña salina.
- Los extremos del acuífero se simularon como bordes de altura constante, de 0 y 770 msnm. El borde de aguas arriba se ubicó inmediatamente después de la confluencia de los ríos Turbio y Claro. Aguas arriba del borde superior del modelo, hacia los afluentes del Elqui, la explotación es prácticamente nula y la capacidad de los acuíferos es menor.

X CONCLUSIONES

1. Se determinó la sustentabilidad de las extracciones previsibles en el largo plazo de los derechos solicitados y usos a respetar en el acuífero de la cuenca del río Elqui.
2. Para efectuar este análisis, se realizaron dos simulaciones del sistema acuífero frente a distintos niveles de extracción, el escenario 1 corresponde a la simulación de todos los derechos otorgados (demanda comprometida al 6 de junio de 2002) y el escenario 2 corresponde a la simulación de los derechos otorgados y los derechos en trámite (demanda vigente al 31 de julio de 2002)
3. Los resultados obtenidos mediante la simulación, han permitido concluir que:
 - a) En los sectores acuíferos **Sector Alto y Sector Medio**, la explotación previsible de los derechos y usos a respetar en el acuífero es sustentable en el largo plazo, de acuerdo a los derechos solicitados y usos susceptibles de ser regularizados.
 - b) En los sectores acuíferos **Sector Santa Gracia, Elqui Bajo y Serena Norte**, la explotación previsible de los derechos y usos a respetar en el acuífero no es sustentable en el largo plazo de acuerdo a los derechos solicitados y usos susceptibles de ser regularizados

De acuerdo a lo anterior existe riesgo de un descenso generalizado de los niveles estáticos en el largo plazo en dichos sectores acuíferos, que afecta la capacidad productiva de los mismos. Para estos sectores amerita la declaración de “Limitación a la explotación de aguas subterráneas”.

XI BIBLIOGRAFIA

1. COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO. Estudio Integral de Riego – Valle del Elqui, 1987
2. COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO. Diagnóstico Actual del Riego y Drenaje en Chile y su Proyección, 2003.
3. CORFO. Elqui Valley Chile – Groundwater Investigations, 1955.
4. DGA. Cuenca del Elqui. Confeción de Modelo de Simulación Hidrogeológica y análisis de solicitudes en trámite, 2003.
5. SERNAGEOMIN. Mapa geológico de Chile 1:1.000.000

XII FIGURAS

1. Representación de los bordes impermeables laterales que delimitan el acuífero.
2. Representación de las zonas de recarga en el modelo.
3. Distribución de la conductividad hidráulica en el primer nivel.
4. Distribución de la conductividad hidráulica en el segundo nivel.
5. Distribución del coeficiente de almacenamiento en el primer nivel.
6. Distribución del coeficiente de almacenamiento en el segundo nivel.
7. Ubicación de pozos de observación en el modelo.
8. Bondad del ajuste obtenido para la calibración en régimen permanente.
9. Isopiezas obtenidas mediante la operación del modelo en régimen permanente.
10. Sentido de escurrimiento obtenido para la operación del modelo en régimen permanente.
11. Ubicación del embalse Puclaro y de pozos observación considerados en las simulaciones.
12. Isopiezas obtenidas para simulación en régimen permanente con embalse Puclaro.
13. Ubicación de pozos de observación considerados en las simulaciones.
14. Descensos observados al cabo de los 50 años en la simulación 1.
15. Descensos observados al cabo de los 50 años en la simulación 2.
16. Descenso en pozo de observación obtenidos para la simulación 1.
17. Descenso en pozo de observación obtenidos para simulación 2.

XIII TABLAS

1. Resumen de constantes elásticas.
2. a) Caudal generado por la precipitación en áreas laterales aportantes al acuífero para una lluvia asociada a una probabilidad de excedencia de excedencia de 50%.
b) Recarga neta indirecta del acuífero estimada para las cuencas laterales aportantes
3. a) Caudal generado por la precipitación directa sobre el acuífero para una lluvia asociada a una probabilidad de excedencia de excedencia de 50%.
b) Recarga neta directa del acuífero proveniente de la precipitación
4. Resumen de recarga por precipitación considerada en el acuífero (l/s)
5. Recarga neta directa proveniente de la precipitación
6. Recarga totales para cada zona en régimen permanente (l/s)
7. Descargas totales para cada zona en régimen permanente (l/s)
8. Balance global del acuífero para condición de régimen permanente.
9. Niveles observados y modelados para la calibración en régimen permanente.
10. Demanda sectores acuíferos Cuenca del río Elqui
11. Balance para la zona “Sector Alto” (caudal en l/s).
12. Balance para la zona “Sector Medio” (caudal en l/s).
13. Balance para la zona “Santa Gracia” (caudal en l/s).
14. Balance para la zona “Elqui Bajo” (caudal en l/s).
15. Balance para la zona “Serena Norte” (caudal en l/s).

16. Resumen de balance global para el acuífero (l/s).

XIV LISTA DE ANEXOS

1. Listado con solicitudes vigentes al 31 de julio de 2002 para la cuenca del río Elqui
2. Pozos de Observación incluidos en el modelo
3. Figuras secado de Pozos Simulación N°1
4. Figuras secado de Pozos Simulación N°2
5. Plano Isopiezas
6. Plano ubicación pozos área modelada.

ANEXOS

ACUIFERO DEL RIO ELQUI, SECTOR ALTO

N°	Expediente	Fecha de Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (lts/seg)	Caudal Otorgado o Informado (lts/seg)	UTM Norte 56	UTM Este 56	Sit. Actual	N° Res.	Fecha Res.
1	M-4-17	20/06/68	GUILLERMO PROHENS SOMMELLA	70,00	70,00			A	53	11/03/70
2	M-4-111	16/08/77	GUILLERMO PROHENS SOMMELLA	40,00	14,97			A	219	24/07/78
3	M-4-146		GUILLERMO PROHENS SOMMELLA	0,00	70,00			A	269	01/08/80
4	M-4-183	14/04/80	SENDOS	6,00	6,00			A	371	25/09/86
5	M-4-183	14/04/80	SENDOS	7,00	7,00			A	371	25/09/86
6	M-4-187		SENDOS	0,90				P_REG		
7	M-4-300		SENDOS	3,00				P_REG		
8	M-4-303	14/04/80	SENDOS	0,50				P_REG		
9	M-4-304	14/04/80	SENDOS	2,50				P_REG		
10	M-4-305	14/04/80	SENDOS	0,80				P_REG		
11	M-4-307	14/04/80	SENDOS	26,30	26,30			A	370	24/09/86
12	M-4-307	14/04/80	SENDOS	26,30	26,30			A	370	24/09/86
13	M-R-IV-106	17/07/86	GUILLERMO PROHENS SOMMELLA	68,00	58,50			A	378	03/10/89
14	ND-4-1-59	28/10/88	JUAN PINTO CORTES	65,00	65,00	6679800	346580	A	225	09/06/89
15	ND-4-1-135	27/02/91	FRUNAC LTDA	70,00	70,00	6675700	333350	A	532	09/11/94
16	ND-4-1-294	15/04/96	SOC AGR FORESTAL SAN RAMON Y	63,00	63,00	6675910	328990	A	819	25/10/96
17	ND-4-1-330	09/01/97	SOC AGR COPEQUEN LTDA	5,00	5,00	6675540	335330	A	1079	06/11/98
18	ND-4-1-354	24/09/97	EXPORTADORA ACONCAGUA LTDA	58,00	58,00	6676451	339209	A	357	30/06/00
19	ND-4-1-381	24/11/98	AGR ENTRE RIOS LTDA	60,00	60,00	6683100	350400	A	802	08/10/99
20	ND-4-1-387	22/02/99	ROBERTO GRES ANAIS	107,00	107,00	6676600	338500	A	354	30/06/00
21	ND-4-1-389	18/03/99	MIGUEL ALLAMAND ZABALA Y OTRO	90,00	90,00	6678750	345330	A	261	18/05/00
22	ND-4-1-402	13/09/99	SOC AGR PROZAN LTDA	28,00	28,00	6677609	338997	A	500	28/08/00
23	ND-4-1-402	13/09/99	SOC AGR PROZAN LTDA	6,00	6,00	6677401	340078	A	500	28/08/00
24	ND-4-1-405	18/10/99	SOC ABASTECEDORA DE LA MINER	54,90	54,90	6683762	350347	A	424	03/05/02
25	ND-4-1-410	22/02/00	WANDA PRADO DE LA FUENTE	40,00	40,00	6682688	350221	A	477	09/08/00
26	ND-4-1-451	21/03/02	SOC AGR MALIHUE LTDA	78,00	78,00	6676230	328900	A	787	22/08/02
27	ND-4-1-455	18/04/02	SOC AGR MALIHUE LTDA	22,00	22,00	6675910	328990	A	716	29/07/02
28	ND-4-1-460	06/06/02	SOC AGR MALIHUE LTDA	80,00	80,00	6676230	329100	A	874	07/10/02

1	70,00
2	14,97
3	70,00
4	6,00
4	7,00
5	0,90
6	3,00
7	0,50
8	2,50
9	0,80
10	26,30
10	26,30
11	58,50
12	65,00
13	70,00
14	63,00
15	5,00
16	58,00
17	60,00
18	107,00
19	90,00
20	28,00
20	6,00
21	54,90
22	40,00
23	78,00
24	22,00
25	80,00
	1113,67

ACUIFERO DEL RIO ELQUI, SECTOR MEDIO

N°	Expediente	Fecha de Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (lts/seg)	Caudal Otorgado o Informado (lts/seg)	UTM Norte 56	UTM Este 56	Sit. Actual	N° Res.	Fecha Res.
1	NR-4-1-74		COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL C	2,50	2,50	6679320	303950	A	959	14/12/98
2	M-4-35	19/05/69	RAFAEL MULET BOU	50,00	35,00			A	21	01/02/71
3	M-4-62	19/10/71	SOC MINERA BRILLADOR S.A.		5,00			A	58	12/04/71
4	M-4-98	30/08/76	EDUARDO JILBERTO ZEPEDA	2,00	2,00			A	248	01/08/84
5	M-4-169	22/02/80	ANDRES PEÑAFIEL ILLANES	80,00	80,00			A	364	26/10/81
6	M-4-169	22/02/80	ANDRES PEÑAFIEL ILLANES	42,00	42,00			A	364	26/10/81
7	M-4-289		SENDOS	0,95				P_REG		
8	M-4-290		SENDOS	0,50				P_REG		
9	M-4-291		SENDOS	2,00				P_REG		
10	M-4-302	14/04/80	SENDOS	1,50				P_REG		
11	ND-4-1-46	19/05/88	ANA BRUNET ROSELLO	60,00	60,00	6677263	327457	A	379	04/10/89
12	ND-4-1-101	10/08/90	CLEMENTE RIGOTTI BENNEDETTI	6,00	6,00			A	506	02/12/91
13	ND-4-1-135	27/02/91	FRUNAC LTDA	70,00	70,00	6675600	325250	A	532	09/11/94
14	ND-4-1-238	16/11/94	EDUARDO JILBERTO ZEPEDA	25,00	14,00	6680350	308350	A	360	25/07/95
15	ND-4-1-278	09/11/95	SOC GUILLERMO PROHENS SOMME	10,50	10,50	6679658	329777	A	803	24/10/96
16	ND-4-1-279	01/01/96	SOC GUILLERMO PROHENS SOMME	66,00	66,00	6678094	329024	A	763	17/10/96
17	ND-4-1-324	21/10/96	SOC AGR EDUINO BORTOLOTTI E HI	35,00	32,00	6682760	308360	A	401	15/04/98
18	ND-4-1-398	09/07/99	SERGIO LARRAGUIBEL CORTES	62,00	56,00	6678626	308657	A	76	04/02/00
19	ND-4-1-399	09/07/99	SERGIO LARRAGUIBEL CORTES	15,00	6,00	6679047	308087	A	60	04/02/00
20	ND-4-1-431	06/12/00	GUILLERMO PROHENS SOMMELLA Y	120,00	115,00	6678075	328925	A	433	07/05/02
21	ND-4-1-452	22/03/02	MARIA NEIRA NEIRA	1,90	1,90	6679130	304630	A	640	09/07/02

1	2,50
2	35,00
3	5,00
4	2,00
5	80,00
5	42,00
6	0,95
7	0,50
8	2,00
9	1,50
10	60,00
11	6,00
12	70,00
13	14,00
14	10,50
15	66,00
16	32,00
17	56,00
18	6,00
19	115,00
20	1,90
	608,85

ACUIFERO DEL RIO ELQUI, SECTOR SANTA GRACIA

N°	Expediente	Fecha de Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (lts/seg)	Caudal Otorgado o Informado (lts/seg)	UTM Norte 56	UTM Este 56	Sit. Actual	N° Res.	Fecha Res.
1	NR-4-1-18		SENDOS IV REGION	32,00	32,00	6693927	296705	A		
2	M-4-295	14/04/80	SENDOS	3,20	2,30			A	312	01/08/85
3	M-R-IV-6		SOC LEGAL MINERA AURORA UNA D	7,00	4,00	6694670	295267	A	192	16/05/86
4	ND-4-1-69	12/12/88	ANTONELLA GANDOLINI AMBROSOL	13,90	13,90			A	327	14/08/89
5	ND-4-1-343	09/05/97	SOC AGR BAKULIC E HIJOS LTDA	12,00	12,00	6696563	295207	A	83	19/01/98
6	ND-4-1-356	06/10/97	SOC AGR SANTA ELISA LTDA	32,00	30,00	6693331	294676	A	432	24/07/00
7	ND-4-1-356	06/10/97	SOC AGR SANTA ELISA LTDA	20,00	20,00	6693524	294716	A	432	24/07/00
8	ND-4-1-441	22/06/01	SOC SANTA LUISA S A	8,00	8,00	6693100	298360	A	769	14/08/02
9	ND-4-1-441	22/06/01	SOC SANTA LUISA S A	4,00	4,00	6693250	298360	A	769	14/08/02
10	ND-4-1-441	22/06/01	SOC SANTA LUISA S A	3,00	3,00	6693370	298350	A	769	14/08/02

1	32,00
2	2,30
3	4,00
4	13,90
5	12,00
6	30,00
6	20,00
7	8,00
7	4,00
7	3,00
	129,20

ACUIFERO DEL RIO ELQUI, SECTOR ELQUI BAJO

N°	Expediente	Fecha de Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (lts/seg)	Caudal Otorgado o Informado (lts/seg)	UTM Norte 56	UTM Este 56	Sit. Actual	N° Res.	Fecha Res.
1	NR-4-1-17		SENDOS IV REGION	140,00	140,00	6683836	298453	A	524	16/12/88
2	NR-4-1-17		SENDOS IV REGION			6683851	298427	A	524	16/12/88
3	NR-4-1-18		SENDOS IV REGION	20,00	20,00	6683760	296785	A		
4	NR-4-1-18		SENDOS IV REGION	32,00	32,00	6683679	297065	A		
5	NR-4-1-18		SENDOS IV REGION	32,00	32,00	6683961	296531	A		
6	NR-4-1-18		SENDOS IV REGION	25,00	25,00	6683973	296440	A		
7	NR-4-1-18		SENDOS IV REGION	5,50	5,50	6684073	296261	A		
8	NR-4-1-18		SENDOS IV REGION	20,00	20,00	6684038	296360	A		
9	NR-4-1-18		SENDOS IV REGION	35,00	35,00	6685278	294931	A		
10	NR-4-1-66	21/04/97	FONDO DE INV INM FUNDACION	3,50	3,50	6687966	289013	A	401	07/06/98
11	NR-4-1-72	05/06/98	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL I	5,00	5,00	6682150	301450	A	861	06/11/98
12	3-0-174	16/05/55	CIA CERVECERIAS UNIDAS	15,00	15,00			A	2428	02/12/55
13	M-4-103	05/10/76	ANTONIO LAMAS LAMAS		30,00			A	286	09/11/77
14	M-4-155		EMP NACIONAL DE MINERIA	43,75	43,75	6690100	287550	A	116	22/04/80
15	M-4-155		EMP NACIONAL DE MINERIA	43,75	43,75	6690100	287550	A	116	22/04/80
16	M-4-155		EMP NACIONAL DE MINERIA	43,75	43,75	6690100	287550	A	116	22/04/80
17	M-4-155		EMP NACIONAL DE MINERIA	43,75	43,75	6690100	287550	A	116	22/04/80
18	M-4-155		EMP NACIONAL DE MINERIA	43,75	43,75	6690100	287550	A	116	22/04/80
19	M-4-155		EMP NACIONAL DE MINERIA	43,75	43,75	6690100	287550	A	116	22/04/80
20	M-4-155		EMP NACIONAL DE MINERIA	43,75	43,75	6690100	287550	A	116	22/04/80
21	M-4-155		EMP NACIONAL DE MINERIA	43,75	43,75	6690100	287550	A	116	22/04/80
22	M-4-288		SENDOS	2,53	0,00			P_REG		
23	M-4-292	14/04/80	SENDOS	1,50	1,50			A	313	01/08/85
24	M-4-294	14/04/80	SENDOS	1,60	0,00			P_REG		
25	M-4-335	14/04/80	SENDOS	160,00	0,00			P_REG		
26	M-4-339		SENDOS	80,00	0,00			P_REG		
27	M-R-IV-84	18/11/91	CIA MINERA CARMEN DE ANDACOLLO	350,00	120,00 90,00	6690100	287498	A		
28	M-R-IV-84	18/11/91	CIA MINERA CARMEN DE ANDACOLLO			6690190	287400	A	890	13/11/96
29	M-R-IV-84	18/11/91	CIA MINERA CARMEN DE ANDACOLLO			6690280	287440	A	890	13/11/96
30	M-R-IV-84	18/11/91	CIA MINERA CARMEN DE ANDACOLLO			6690170	287280	A		
31	M-R-IV-84	18/11/91	CIA MINERA CARMEN DE ANDACOLLO			6690240	287210	A		
32	M-R-IV-84	18/11/91	CIA MINERA CARMEN DE ANDACOLLO			6690040	587435	A		
33	M-R-IV-84	18/11/91	CIA MINERA CARMEN DE ANDACOLLO			6690040	287535	A		
34	M-R-IV-84	18/11/91	CIA MINERA CARMEN DE ANDACOLLO		130,00	6690270	287330	A	890	13/11/96
35	M-R-IV-99	19/05/86	SOC DESHIDRATADORA ADA LTDA	6,00	5,00			A	481	14/11/86
36	ND-4-1-63	25/11/88	MANUEL DAIRE CARLE	10,00	10,00			A	160	25/04/89
37	ND-4-1-132	12/02/91	RENE VASQUEZ OTAROLA	20,00	10,00	6683318	298804	A	52	06/02/92
38	ND-4-1-145	24/04/91	SOC MARIO ALVAREZ VEGA E HIJOS	10,00	6,20			A	502	29/11/91
39	ND-4-1-192	13/11/92	FUNDACION DE VIDA RURAL DOLOR	16,00	12,00			A	133	30/03/95
40	ND-4-1-235	21/09/94	ESSCO S.A.	20,00	18,00	6682440	300052	A	348	01/04/98
41	ND-4-1-235	21/09/94	ESSCO S.A.	25,00	22,00	6682950	300080	A	348	01/04/98
42	ND-4-1-235	21/09/94	ESSCO S.A.	25,00	25,00	6683180	298900	A	348	01/04/98
43	ND-4-1-269	04/09/95	ESSCO S.A.	15,00	15,00	6683665	296885	A	998	31/12/96
44	ND-4-1-270	04/09/95	ESSCO S.A.	23,00	15,00	6683650	296980	A	361	05/06/97
45	ND-4-1-276	19/10/95	AGROINDUSTRIAL RIO ELQUI LTDA	13,00	13,00	6687106	291407	A	762	17/10/96
46	ND-4-1-327	25/11/96	ALICIA RAMOS	1,50	1,00	6679800	301350	A	341	16/06/00
47	ND-4-1-334	21/02/97	CLAUDIO PEREZ ADAROS	8,00	8,00	6684820	296600	A	190	15/03/99
48	ND-4-1-337	17/03/97	SALVADOR TULA FRIGERIO	3,00	2,00	6687884	291017	A	757	11/08/98
49	ND-4-1-361	26/01/98	ESSCO S.A.	20,00	20,00	6683241	299555	A	325	20/04/99
50	ND-4-1-362	26/01/98	ESSCO S.A.	15,00	15,00	6690697	283936	A	1231	28/12/98
51	ND-4-1-362	26/01/98	ESSCO S.A.	33,30	27,00	6690641	283963	A	1231	28/12/98
52	ND-4-1-363	26/01/98	ESSCO S.A.	42,00	11,00	6682946	298229	A	596	09/07/99
53	ND-4-1-363	26/01/98	ESSCO S.A.	60,00	38,00	6683469	298354	A	596	09/07/99
54	ND-4-1-364	26/01/98	ESSCO S.A.	65,00	65,00	6690887	284981	A	709	23/11/01
55	ND-4-1-364	26/01/98	ESSCO S.A.	28,00	28,00	6690792	284718	A	709	23/11/01
56	ND-4-1-364	26/01/98	ESSCO S.A.	120,00	105,00	6691070	285007	A	709	23/11/01
57	ND-4-1-364	26/01/98	ESSCO S.A.	80,00	80,00	6691201	285672	A	709	23/11/01
58	ND-4-1-364	26/01/98	ESSCO S.A.	40,00	40,00	6691304	285654	A	709	23/11/01
59	ND-4-1-364	26/01/98	ESSCO S.A.	36,00	36,00	6690707	284964	A	709	23/11/01
60	ND-4-1-365	05/03/98	MARIA URDANGARIN ESCOBAR	0,60	0,60	6687050	291062	A	1191	16/12/98
61	ND-4-1-367	12/05/98	ESSCO S.A.	18,00	18,00	6690533	283948	A	326	20/04/99
62	ND-4-1-374	24/08/98	ESSCO S.A.	7,20	7,20	6691449	284542	A	302	22/05/01
63	ND-4-1-374	24/08/98	ESSCO S.A.	102,00	81,00	6691317	284519	A	302	22/05/01
64	ND-4-1-374	24/08/98	ESSCO S.A.	35,00	27,00	6691521	284627	A	302	22/05/01
65	ND-4-1-375	24/08/98	ESSCO S.A.	55,00	55,00	6691354	284763	A	309	22/05/01
66	ND-4-1-375	24/08/98	ESSCO S.A.	106,00	76,00	6691329	284626	A	309	22/05/01
67	ND-4-1-382	21/01/99	ESSCO S.A.	30,00	18,00	6682750	300030	A	541	06/09/00
68	ND-4-1-406	10/11/99	CIA MINERA DEL PACIFICO S.A.	45,00	45,00	6691030	282693	A	494	25/08/00
69	ND-4-1-418	25/05/00	ESSCO S.A.	35,00	35,00	6683611	297273	A	726	11/12/00
70	ND-4-1-419	25/05/00	ESSCO S.A.	50,00	50,00	6683515	297463	A	711	07/12/00

ACUIFERO DEL RIO ELQUI, SECTOR ELQUI BAJO

N°	Expediente	Fecha de Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (lts/seg)	Caudal Otorgado o Informado (lts/seg)	UTM Norte 56	UTM Este 56	Sit. Actual	N° Res.	Fecha Res.
71	ND-4-1-422	06/09/00	SOC VIENTO NORTE	4,00	4,00	6686312	293352	A	519	28/05/02
72	ND-4-1-422	06/09/00	SOC VIENTO NORTE	17,00	17,00	6686436	293433	A	519	28/05/02
73	ND-4-1-434	26/01/01	NORMAN LETTURA MANDIOLA Y OT	5,50	5,50	6690140	286570	A	363	15/04/02
74	ND-4-1-453	03/04/02	RODRIGO VAZQUEZ MIRANDA	2,00	2,00			A	677	18/07/02
75	ND-4-1-463	03/07/02	MINERA CHAÑAR BLANCO S.A.	42,00	42,00	6686960	292740	A	1	10/01/03
76	ND-4-1-463	03/07/02	MINERA CHAÑAR BLANCO S.A.	30,00	30,00	6686800	292615	A	1	10/01/03

1	140,00
1	0,00
2	20,00
2	32,00
2	32,00
2	25,00
2	5,50
2	20,00
2	35,00
3	3,50
4	5,00
5	15,00
6	30,00
7	43,75
7	43,75
7	43,75
7	43,75
7	43,75
7	43,75
7	43,75
8	2,53
9	1,50
10	1,60
11	160,00
12	80,00
13	0,00
13	120,00
13	90,00
13	0,00
13	0,00
13	0,00
13	0,00
13	130,00
14	5,00
15	10,00
16	10,00
17	6,20
18	12,00
19	18,00
19	22,00
19	25,00
20	15,00
21	15,00
22	13,00
23	1,00
24	8,00
25	2,00
26	20,00
27	15,00
27	27,00
28	11,00
28	38,00
29	65,00
29	28,00
29	105,00
29	80,00
29	40,00
29	36,00
30	0,60
31	18,00
32	7,20
32	81,00
32	27,00
33	55,00
33	76,00
34	18,00
35	45,00
36	35,00
37	50,00

38	4,00
38	17,00
39	5,50
40	2,00
41	42,00
41	30,00
	2439,13

ACUIFERO DEL RIO ELQUI, SECTOR SERENA NORTE

N°	Expediente	Fecha de Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (lts/seg)	Caudal Otorgado o Informado (lts/seg)	UTM Norte 56	UTM Este 56	Sit. Actual	N° Res.	Fecha Res.
1	NR-4-1-68	02/02/98	WALTER BARTELT HANNIG	20,00	20,00	6695250	281360	A	259	31/03/99
2	NR-4-1-68	02/02/98	WALTER BARTELT HANNIG	35,00	35,00	6696550	281275	A	259	31/03/99
3	NR-4-1-69	02/02/98	CHRISTIAN BARTELT PSENSKY	25,00	25,00	6693500	281925	A	912	25/11/98
4	3-0-220	03/01/63	THE BETHLEHEM CHILE IRON MINES	0,00	16,67			A	1230	25/05/64
5	3-0-220	03/01/63	THE BETHLEHEM CHILE IRON MINES	0,00	16,67			A	1230	25/05/64
6	3-0-220	03/01/63	THE BETHLEHEM CHILE IRON MINES	0,00	16,67			A	1230	25/05/64
7	M-4-49	19/12/69	SOC MINERA BRILLADOR S.A.	10,00	10,00			A	166	26/10/70
8	M-4-90	03/02/76	ROMAN MERY CUEVAS	20,00	20,00			A		
9	M-R-IV-94	17/10/85	EMP NACIONAL DE EXPLOSIVOS	10,00	0,50			A	161	16/04/86
10	ND-4-1-186	10/08/92	MANUEL FIGUEROA CARVAJAL	8,00	1,00	6698000	281000	A	294	26/04/96
11	ND-4-1-372	07/07/98	EMP DE AGUAS LA SERENA S.A.	30,00	30,00	6697962	280652	A	474	09/08/00
12	ND-4-1-372	07/07/98	EMP DE AGUAS LA SERENA S.A.	30,00	87,00	6698064	280670	A	474	09/08/00
13	ND-4-1-372	07/07/98	EMP DE AGUAS LA SERENA S.A.	30,00	30,00	6698360	280715	A	474	09/08/00
14	ND-4-1-396	16/06/99	IRMA YAGNAM LARA	6,14	0,70			A	478	09/08/00
15	ND-4-1-423	11/09/00	UNIVERSIDAD DE LA SERENA	2,00	2,00	6698247	281324	A	394	30/04/02
16	ND-4-1-425	23/11/00	EMILIO SILVA, HIJOS Y CIA	5,20	5,20	6699295	280357	A	468	09/08/01
17	ND-4-1-426	23/11/00	EMILIO SILVA, HIJOS Y CIA	5,70	5,70	6699450	280377	A	446	31/07/01
18	ND-4-1-427	23/11/00	EMILIO SILVA, HIJOS Y CIA	7,00	7,00	6699058	280202	A	470	09/08/01
19	ND-4-1-428	23/11/00	EMILIO SILVA, HIJOS Y CIA	3,00	3,00	6698629	280984	A	466	09/08/01
20	ND-4-1-429	23/11/00	EMILIO SILVA, HIJOS Y CIA	5,50	5,50	6699352	280181	A	469	09/08/01

1	20,00
1	35,00
2	25,00
3	16,67
3	16,67
3	16,67
4	10,00
5	20,00
6	0,50
7	1,00
8	30,00
8	87,00
8	30,00
9	0,70
10	2,00
11	5,20
12	5,70
13	7,00
14	3,00
15	5,50
	337,61

ACUIFERO DEL RIO ELQUI, SOLICITUDES FUERA DEL AREA MODELADA

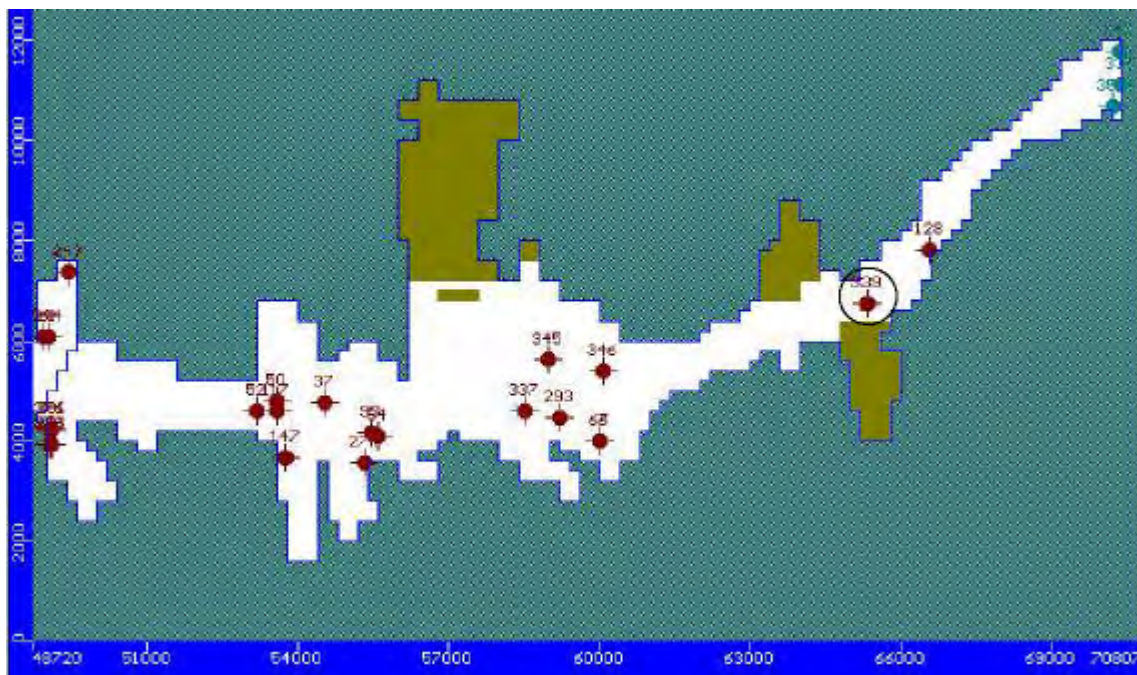
N°	Expediente	Fecha de Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (lts/seg)	Caudal Otorgado o Informado (lts/seg)	UTM Norte 56	UTM Este 56	Sit. Actual	N° Res.	Fecha Res.
1	NR-4-1-58	12/07/95	AURA INC	4,00	4,00	6662845	330540	A	837	30/11/95
2	M-4-88		HERNAN DELGADO MARDORF	1,00	1,00			A	335	12/09/79
3	M-4-88		HERNAN DELGADO MARDORF	1,00	1,00			A	335	12/09/79
4	M-4-88		HERNAN DELGADO MARDORF	3,00	3,00			A	335	12/09/79
5	M-4-233	26/06/81	HUGO ROJAS ASTUDILLO	16,67	16,67			A	340	02/08/82
6	M-4-233	26/06/81	HUGO ROJAS ASTUDILLO	16,67	16,67			A	340	02/08/82
7	M-4-306		SENDOS	7,00				P_REG		
8	M-4-316	14/04/80	SENDOS	0,50				P_REG		
9	ND-4-1-148	24/06/91	SOC AGROINDUSTRIAL DIAGUITAS L	60,00	50,00	6672000	356100	A	80	05/03/92
10	ND-4-1-250	23/03/95	CIA MINERA EL INDIO	25,00	20,00	6699597	410563	A	219	17/04/97
11	ND-4-1-274	22/09/95	MANGANESOS ATACAMA S.A.	1,50	1,50	6691250	314445	A	147	01/04/97
12	ND-4-1-274	22/09/95	MANGANESOS ATACAMA S.A.	0,50	0,50	6691140	314398	A	147	01/04/97
13	ND-4-1-316	06/09/96	KARIN JANDER CAMELIO	30,00	20,00			A	465	10/07/97
14	ND-4-1-388	18/03/99	ESSCO S.A.	8,00	8,00	6677689	354437	A	907	30/11/99

1	4,00
2	1,00
2	1,00
2	3,00
3	16,67
3	16,67
4	7,00
5	0,50
6	50,00
7	20,00
8	1,50
8	0,50
9	20,00
10	8,00
	149,84

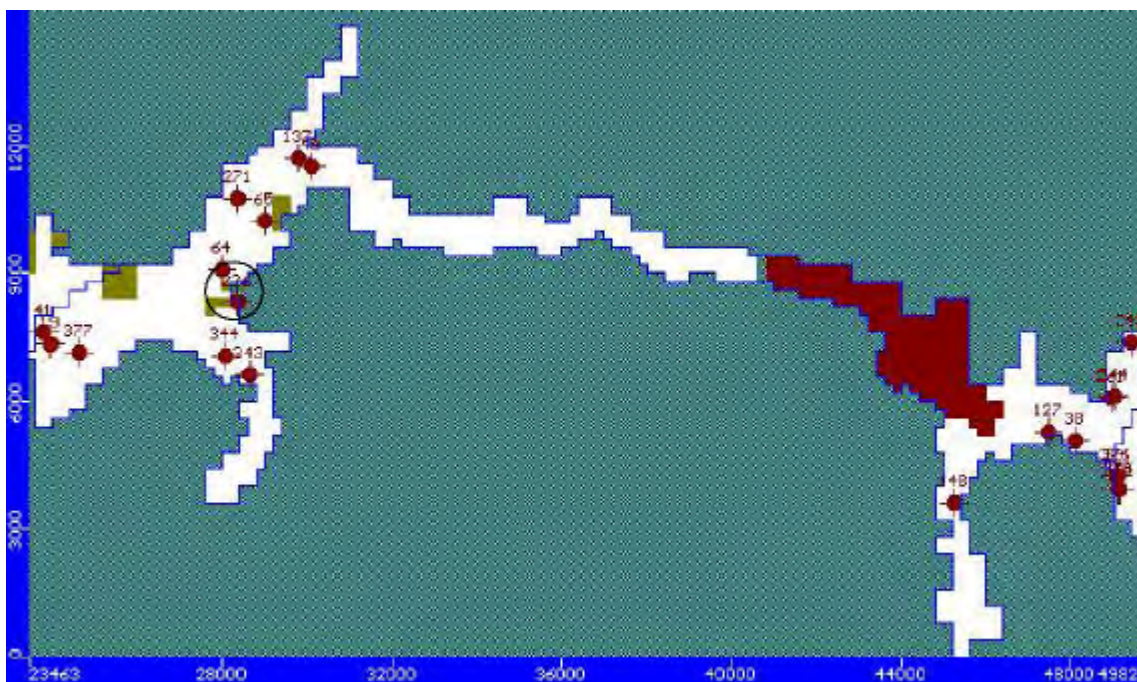
POZOS DE OBSERVACION INCLUIDOS EN EL MODELO

Nombre	UTM Este 56	UTM Norte 56	Cota Pozo msmn	Fecha	Cota nivel msmn	Prof. nivel estatico m
M1	282202	6692435	10,07	15-Oct-53	8,71	1,37
M2	282199	6692195	10,50	15-Oct-53	7,99	2,51
M3	282222	6691921	9,59	15-Oct-53	6,81	2,78
M5	282216	6691176	10,39	15-Oct-53	9,42	0,96
M7	282251	6690663	13,83	15-Oct-53	12,67	1,16
M8	282769	6692165	12,18	15-Oct-53	11,65	0,54
M10	282915	6691852	12,05	15-Oct-53	11,72	0,33
M11	283261	6691927	14,23	15-Oct-53	13,75	0,48
M14	283196	6692376	13,54	15-Oct-53	13,20	0,34
1N	285005	6691878	20,46	15-Oct-53	19,55	0,91
1S	285026	6690610	23,04	15-Oct-53	22,78	0,26
2S	287459	6689761	41,00	15-Oct-53	39,99	1,01
3N	289044	6690627	48,82	15-Oct-53	48,04	0,78
3S	288631	6689770	47,52	15-Oct-53	46,71	0,81
4N	291001	6689778	76,23	15-Oct-53	73,50	2,73
4S	291031	6688631	76,40	15-Oct-53	72,52	3,89
5S	297473	6683743	157,83	15-Oct-53	152,32	5,50
6N	299457	6684072	180,56	15-Oct-53	180,42	0,14
6S	299442	6683498	182,12	15-Oct-53	180,02	2,11
7N	301520	6682330	200,20	15-Oct-53	198,57	1,63
7S	301010	6681690	200,13	15-Oct-53	199,21	0,92
8N	303883	6680469	235,07	15-Oct-53	233,87	1,20
8S	303541	6679983	235,85	15-Oct-53	235,54	0,30
9N	306570	6681097	261,86	15-Oct-53	260,51	1,35
9S	306545	6680675	260,74	15-Oct-53	260,16	0,58
10S	307692	6681499	280,64	15-Oct-53	275,07	5,57
11N	308486	6682910	291,59	15-Oct-53	291,31	0,28
11S	308893	6682485	290,11	15-Oct-53	290,05	0,06
12N	311721	6682675	344,75	15-Oct-53	342,02	2,73
12S	311324	6682087	344,64	15-Oct-53	342,10	2,54
13N	315148	6682307	372,68	18-Nov-53	372,26	0,41
13S	315118	6681896	372,60	18-Nov-53	372,05	0,56
14N	317520	6682094	397,09	15-Oct-53	396,99	0,10
14S	317339	6681675	397,83	15-Oct-53	396,69	1,14
15N	319096	6681526	415,84	15-Oct-53	414,39	1,45
15S	318883	6681300	415,61	15-Oct-53	411,16	4,44
16N	324111	6679899	471,81	15-Oct-53	471,16	0,65
16S	323706	6679484	471,55	15-Oct-53	471,19	0,36
17N	325545	6678337	492,40	15-Oct-53	489,21	3,19
17S	325515	6677690	491,18	15-Oct-53	488,93	2,25
18S	329913	6677305	547,76	15-Oct-53	545,56	2,20
19N	332339	6676881	584,11	15-Oct-53	581,75	2,36
19S	332265	6676293	583,75	15-Oct-53	581,77	1,98
20N	334133	6676866	604,02	15-Oct-53	593,13	10,89
20S	334088	6675719	603,62	15-Oct-53	593,77	9,84
21N	336103	6676749	634,91	15-Oct-53	627,96	6,95
21S	336103	6675896	634,70	15-Oct-53	627,50	7,20
22N	342703	6678093	709,84	15-Oct-53	703,48	6,36
22S	342912	6677690	708,78	15-Oct-53	703,40	5,38
23N	347691	6681866	765,47	15-Oct-53	751,85	13,63
23S	347912	6681500	764,68	15-Oct-53	751,85	12,83

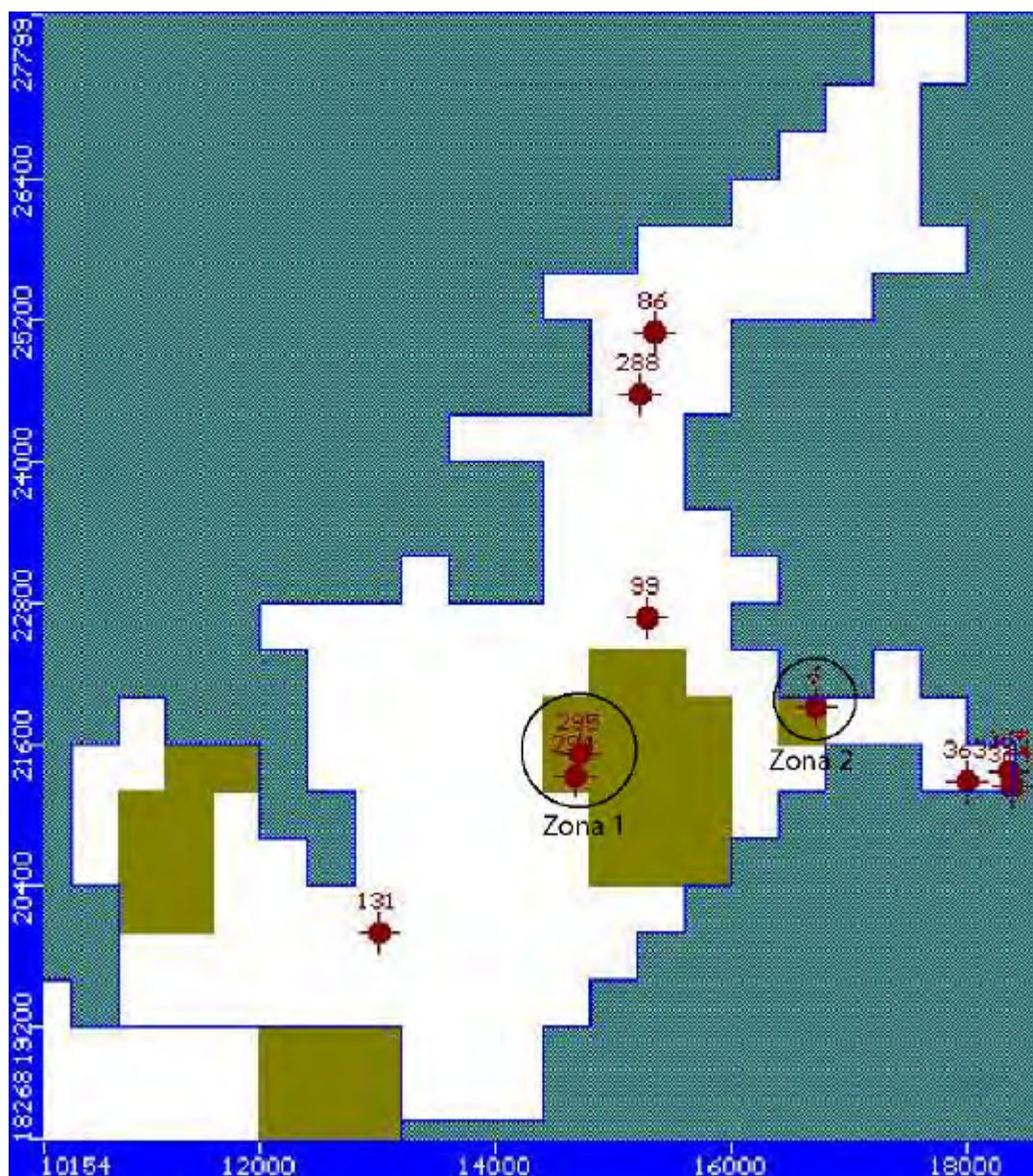
CELDA SECAS EN SECTOR ALTO, SIMULACION N°1



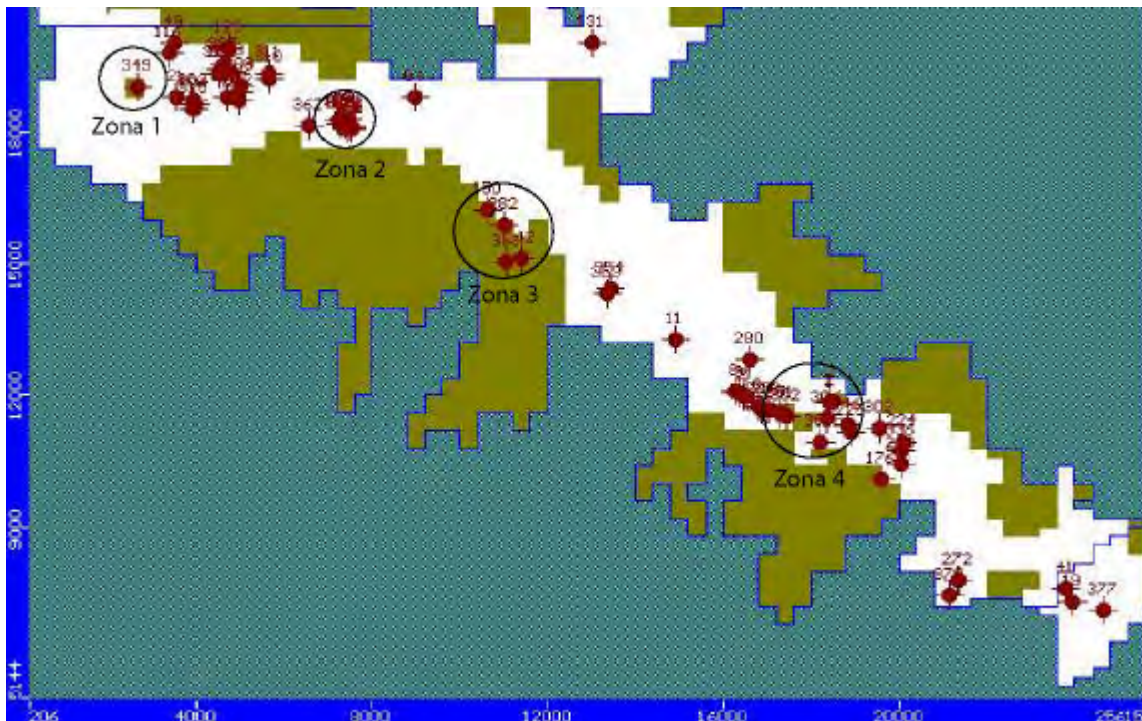
CELDA SECAS EN SECTOR MEDIO, SIMULACION N°1



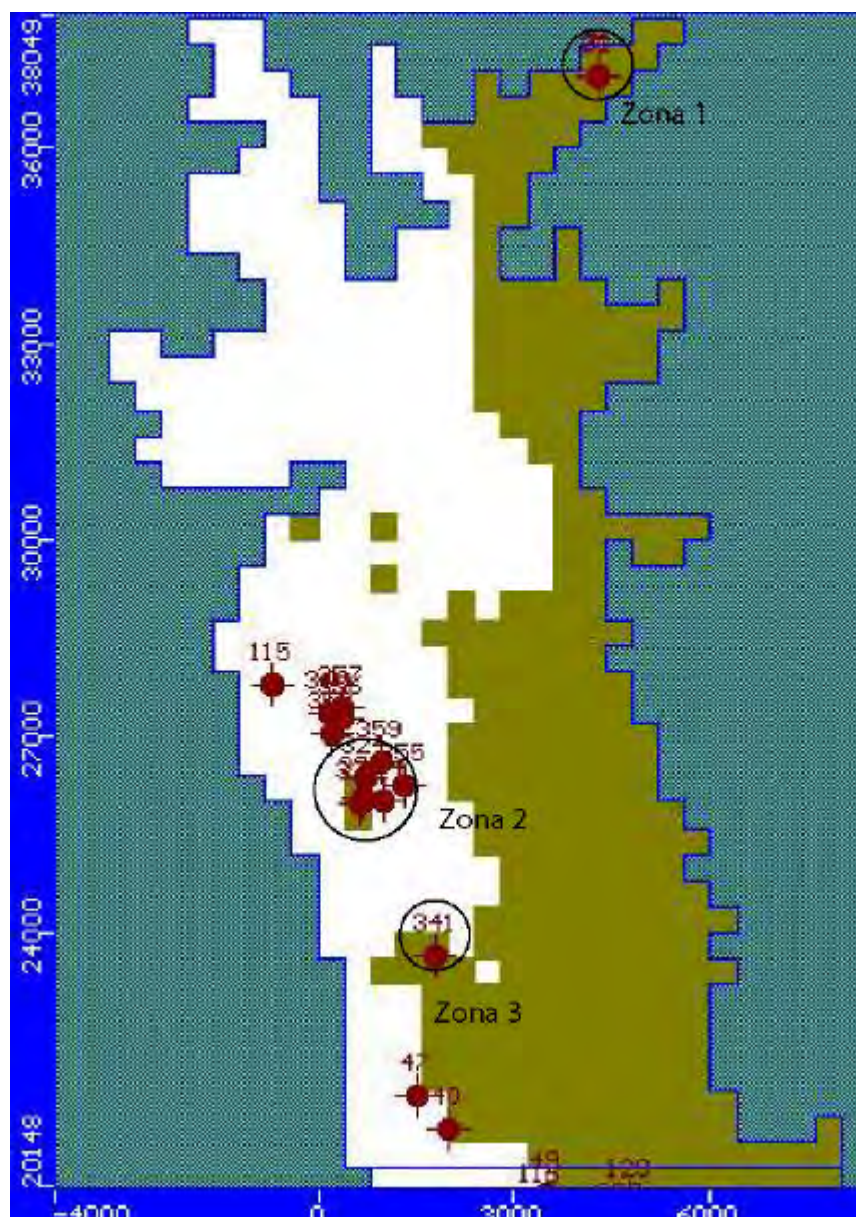
CELDAS SECAS EN SECTOR SANTA GRACIA, SIMULACION N°1



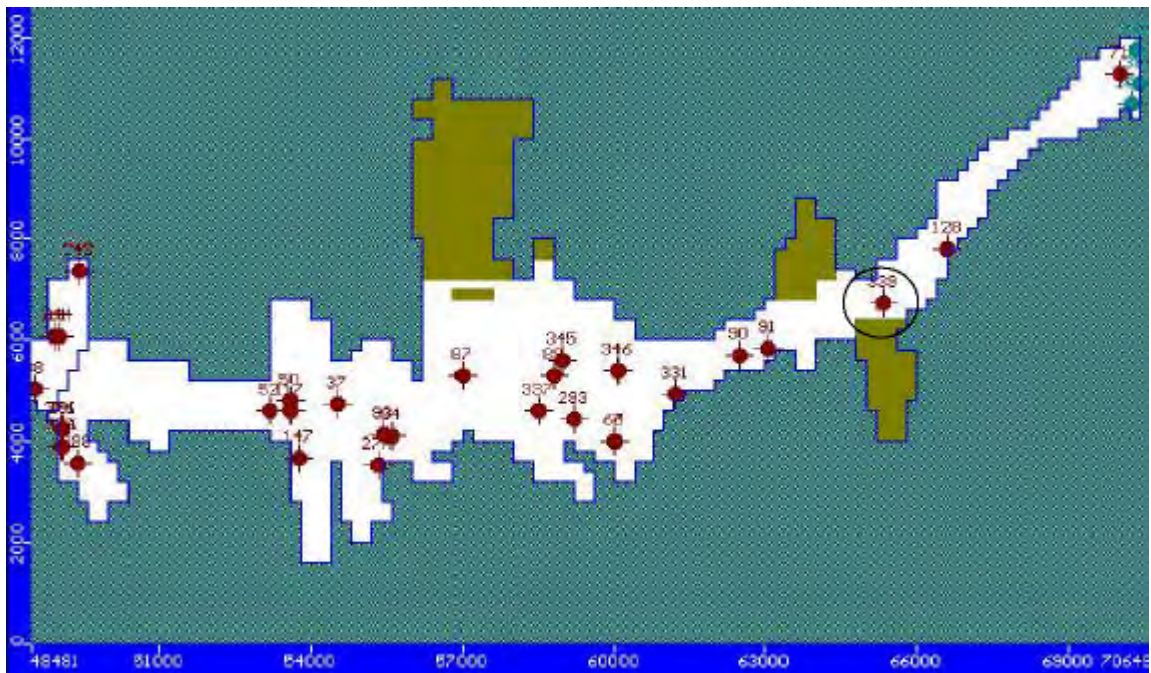
CELDA SECAS EN SECTOR ELQUI BAJO, SIMULACION N°1



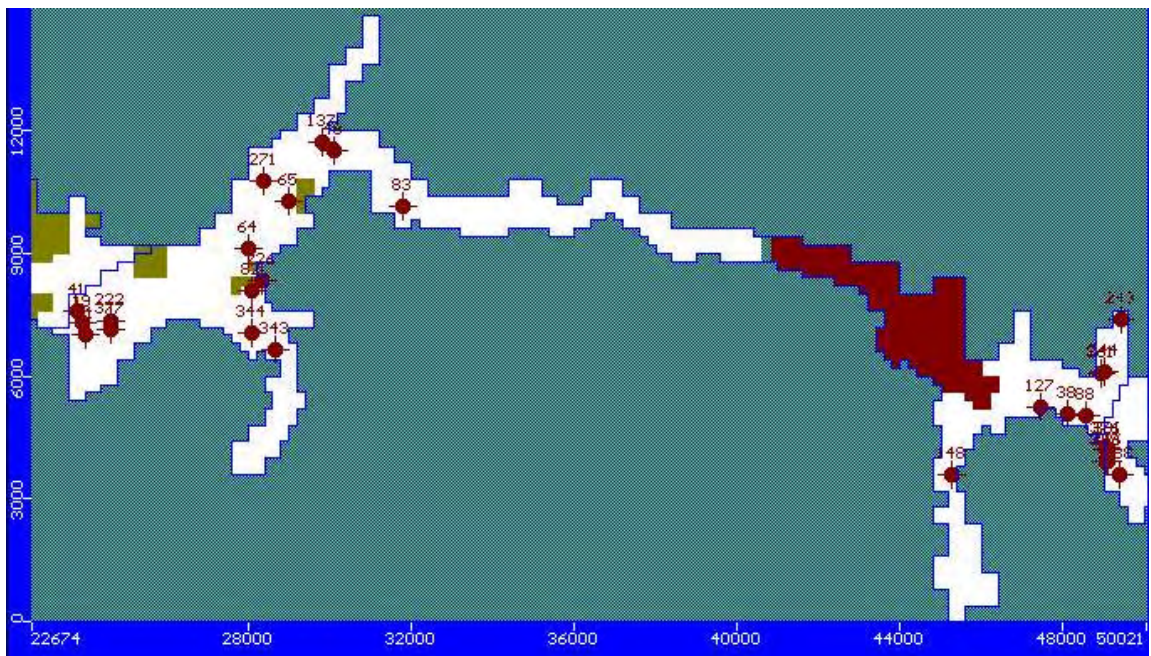
CELDAS SECAS EN SECTOR SERENA NORTE, SIMULACION N°1



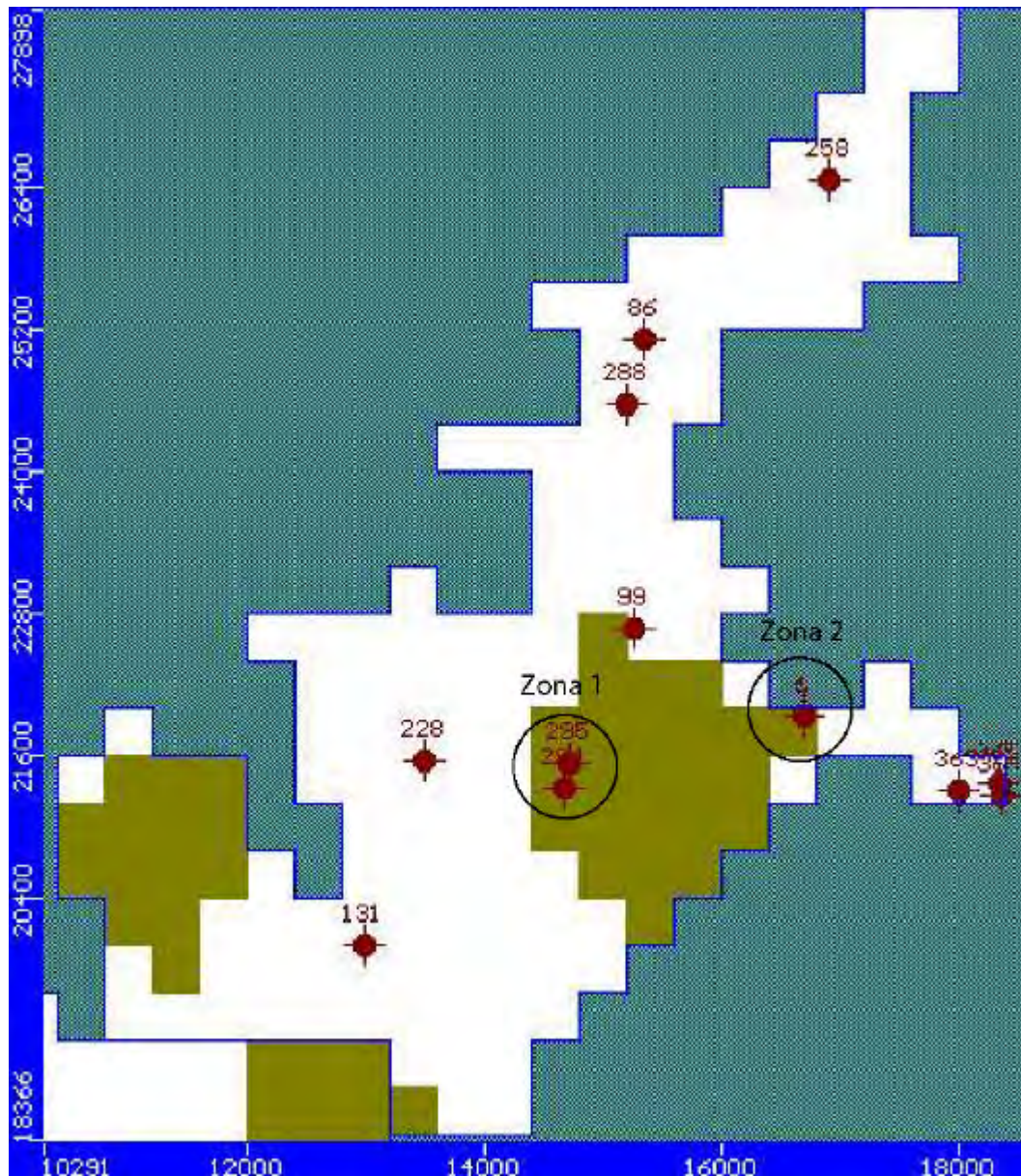
CELDA SECAS EN SECTOR ALTO, SIMULACION N°2



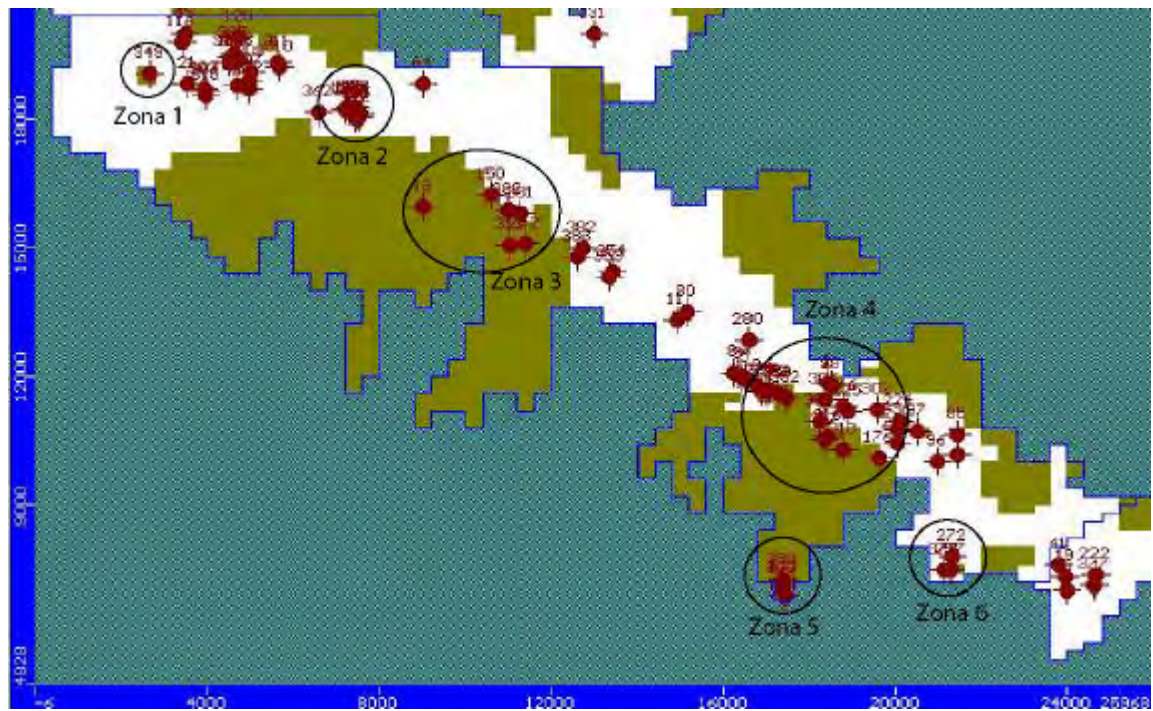
CELDA SECAS EN SECTOR MEDIO, SIMULACION N°2



CELDAS SECAS EN SECTOR SANTA GRACIA, SIMULACION N°2



CELDAS SECAS EN SECTOR ELQUI BAJO, SIMULACION N°2



CELDA SECAS EN SECTOR SERENA NORTE, SIMULACION N°2

