MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos del Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común de Cuenca Endorreica Salar de Aguas Calientes y Laguna de La Azufrera

SDT N° 410

DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN
DE RECURSOS HÍDRICOS

Santiago, Octubre de 2018

Pablo Schnake G.

Ingeniero Civil

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN 4

2.- ANTECEDENTES GENERALES 5

3.- ANÁLISIS 7

3.1.- Cuerpos de Aguas bajo Protección Oficial 7

3.2.- Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común 8

3.3.- Derechos de aprovechamiento de aguas otorgados 12

3.4.- Requerimientos de las áreas bajo protección oficial y del sistema en general 13

3.5.- Volumen Sustentable 15

3.6.- Disponibilidad de Recursos Hídricos para el otorgamiento de derechos de aprovechamiento 16

4.- CONCLUSIONES 20

ANEXOS 21

1.- INTRODUCCIÓN

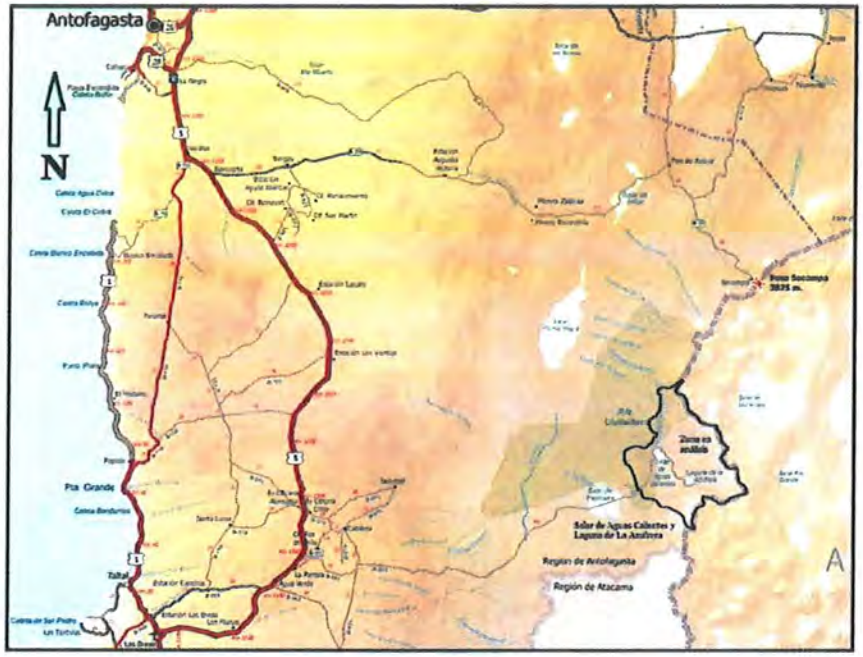
La utilización de las aguas subterráneas es de una enorme importancia en zonas áridas, como es el caso de la Región de Antofagasta. En esta región se tiene una importante diversidad de situaciones, dadas las diferencias en la pluviometría según la altitud que se tenga. Es así como en la zona altiplánica, es decir, fundamentalmente en la Provincia de El Loa, se tienen precipitaciones significativas en el período denominado Invierno Altiplánico, mientras que en otras zonas de menor altitud, ocurren eventos de precipitación en forma extremadamente aislada, y en general, representan escasos volúmenes de agua susceptibles de constituirse en derechos de aprovechamiento de aguas.

Desde el punto de vista político-administrativo, la zona en estudio se encuentra en la Provincia de Antofagasta, en la comuna de homónima, en la zona sur-este de la Región de Antofagasta.

El acceso hacia la cuenca en análisis se tiene a través de la ruta B-885, en las cercanías del tramo de la ruta Panamericana entre los kilometrajes 1.160 y el 1.180, a escasa distancia del antiguo y abandonado poblado de Catalina.

A continuación se presenta una figura en la que es posible visualizar la zona de estudio en la Región de Antofagasta.

Figura N°1: Ubicación de la zona en estudio en la Región de Antofagasta



El objetivo de este informe es determinar si existe o no disponibilidad de recursos hídricos subterráneos al interior de la cuenca en estudio, teniendo en cuenta tanto las características particulares del sistema en estudio, así como los derechos de aprovechamiento constituidos en el mismo.

2.- ANTECEDENTES GENERALES

La zona que se procede a analizar por medio del presente informe, corresponde fundamentalmente a la cuenca denominada Salar de Aguas Calientes y Laguna de La Azufrera, Cuenca 0267 de acuerdo a la nomenclatura oficial de este Servicio[1].

Desde el punto de vista hidrogeológico, la zona en estudio se encuentra en la Provincia Andina Altiplánica, la cual se caracteriza fundamentalmente por una cubierta terciario-cuaternaria volcánica sobre la cual, dadas las precipitaciones estivales, ocurre infiltración y transmisión de volúmenes de aguas hacia zonas de menor altitud.

La zona en análisis se caracteriza por ser de clima desértico y estepárico de altura. La temperatura media anual se encuentra en torno a los 0 a 2 [°C], mientras que las precipitaciones medias se encuentran dentro del rango de los 150 a 200 [mm/año].

Se caracteriza además por tenerse alta luminosidad y radiación solar. Las temperaturas mínimas diarias suelen ser menores a los 0 [°C], y en el invierno pueden con alta probabilidad ser inferiores a los -10 [°C]. La altitud media de la cuenca en estudio se encuentra en torno a los 4.400 [msnm].

Las precipitaciones se encuentran altamente concentradas entre los meses de diciembre y marzo, influenciadas por el denominado invierno altiplánico.

Cabe destacar que la zona en análisis ha sido estudiada y analizada formalmente en diversas oportunidades[2], entre las cuales se destacan los siguientes informes:

- S.I.T N°51: Geoquímica de Aguas en Cuencas Cerradas: I, II y III Regiones – Chile. Volumen I: Síntesis; Volumen III: Estudio de Cuencas de la II Región. Enero de 1999.
- S.I.T. N°157: Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II, III. Etapa 1. Diciembre de 2008.

1 Cuenca oficial DGA, basada en el desarrollo del Mapa Hidrográfico de Chile, CORFO 1971.
2 Los estudios anteriores han sido desarrollados en forma conjunta por este Servicio y otras instituciones.

El estudio de los cuerpos de aguas subterráneas es sin lugar a dudas una tarea de alta complejidad. Ello, puesto que para cuantificar los caudales susceptibles de ser extraídos en el largo plazo sin generar afectación sobre sectores contiguos, se requiere de un significativo conocimiento de los sistemas naturales y sus interrelaciones, sean ambos de aguas subterráneas, o bien, se trate de aguas subterráneas y aguas superficiales, por efectos de interferencia.

En la zona de interés se tiene un significativo nivel de otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales.

Por tratarse de cuencas endorreicas, su descarga corresponde fundamentalmente a la que se tiene por medio de evaporación y evapotranspiración, a través de salares, lagunas, vegas y bofedales, además de la descarga de aguas subterráneas hacia cuencas vecinas.

Por medio del presente informe se procede a definir el Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común de Cuenca Endorreica Salar de Aguas Calientes y Laguna de La Azufrera, analizando la información hidrológica e hidrogeológica que dispone esta Institución, ante la necesidad de cuantificar la disponibilidad de recursos hídricos subterráneos.

Desde el punto de vista hidrográfico, la zona en estudio corresponde fundamentalmente a las subcuencas endorreicas que componen la cuenca Salar de Aguas Calientes y Laguna de La Azufrera.

Se caracteriza por la presencia de significativas lagunas, así como por vegas y bofedales, todos los cuales son alimentados por aguas subterráneas.

En cuanto a los cuerpos de aguas superficiales, se destacan dos cuerpos de aguas superficiales y detenidas.

El suelo de la Provincia Andina Altiplánica corresponde a una cubierta terciario cuaternaria volcánica con permeabilidad secundaria debido al fracturamiento, la cual permite la infiltración del recurso y su transmisión hacia sectores más bajos. En ésta, los acuíferos están constituidos principalmente por material aluvial y rocas fracturadas del basamento, como ignimbritas, andesitas, riolitas e intrusivos ígneos.

En cuanto a las áreas bajo protección oficial que existen al interior de la cuenca en análisis, una significativa porción del área en estudio es parte del Parque Nacional Llullaillaco. Además, se tiene un acuífero alimentador de vegas y bofedales conforme a la Resolución DGA N°87/2006.

Finalmente, cabe destacar que se tiene un humedal de importancia internacional conforme a la Convención Ramsar, el cual corresponde al Salar de Aguas Calientes IV.

3.- ANÁLISIS

3.1.- Cuerpos de Aguas bajo Protección Oficial

En las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta, se tiene un importante conjunto de acuíferos alimentadores de vegas y bofedales que deben ser preservados.

Por medio de la Resolución DGA N°87/2006[3], y en base al SIT N°111 de 2006[4], se actualizó la identificación y la delimitación de las zonas que corresponden a acuíferos que alimentan áreas de vegas y bofedales en la Región de Antofagasta. Ello, sobre la base del SIT N°98 de 2004.

Al interior de la zona de interés se tiene un área bajo protección oficial, que corresponde al Salar de Aguas Calientes IV según la denominación que se tiene conforme al listado de Sitios Prioritarios para la Conservación en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental,[5] así como en el marco de la Convención Ramsar.

En atención a lo anterior, es que las aguas del Salar de Aguas Calientes IV no pueden ser menoscabadas. Cabe destacar que este humedal[6] corresponde a un sitio de reproducción y alimentación de avifauna, en el cual se tienen especies tanto vulnerables como en peligro de extinción.

El mantenimiento de las vegas y bofedales depende de la existencia de aguas tanto en cantidad como en calidad, las cuales corresponden fundamentalmente a aguas superficiales estrechamente dependientes de la disponibilidad de aguas subterráneas.

3 Esta resolución modifica la Resolución DGA N°529/2003.
4 "Actualización Delimitación de Acuíferos que Alimentan Vegas y Bofedales de la Región de Antofagasta, Año 2006" (DGA – DEP, 2006). Ver Mapa N°12 para visualizar ubicación del sitio referido a continuación.
5 Ord. SEA N°100.143/2010, en relación con el Artículo 70 de la Ley 19.300 (LBGMA).
6 Coordenadas UTM (Datum PSAD 56; Huso19) E: 537.786; N: 7.236.272 (Res. DGA N°87/2006).

3.2.- Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común

La zona en estudio corresponde a un sistema natural en el que se tienen interrelaciones entre las aguas asociadas a tres subsistemas.

A través del SIT N°157 de 2008, se visualizó que la cuenca Salar de Aguas Calientes y Laguna de La Azufrera es susceptible de ser analizada como tres subcuencas endorreicas, sin perjuicio de las conexiones hidrogeológicas existentes entre ellas.

Por otro lado, conforme al SIT N°51 de 1999, cuyo objetivo ha sido el estudio de las cuencas cerradas, andinas y preandinas, se tiene que las cuencas cerradas en las cuales se han originado lagunas y salares, pueden considerarse como pozas de evaporación para las aguas superficiales y subterráneas que fluyen en la cuenca.

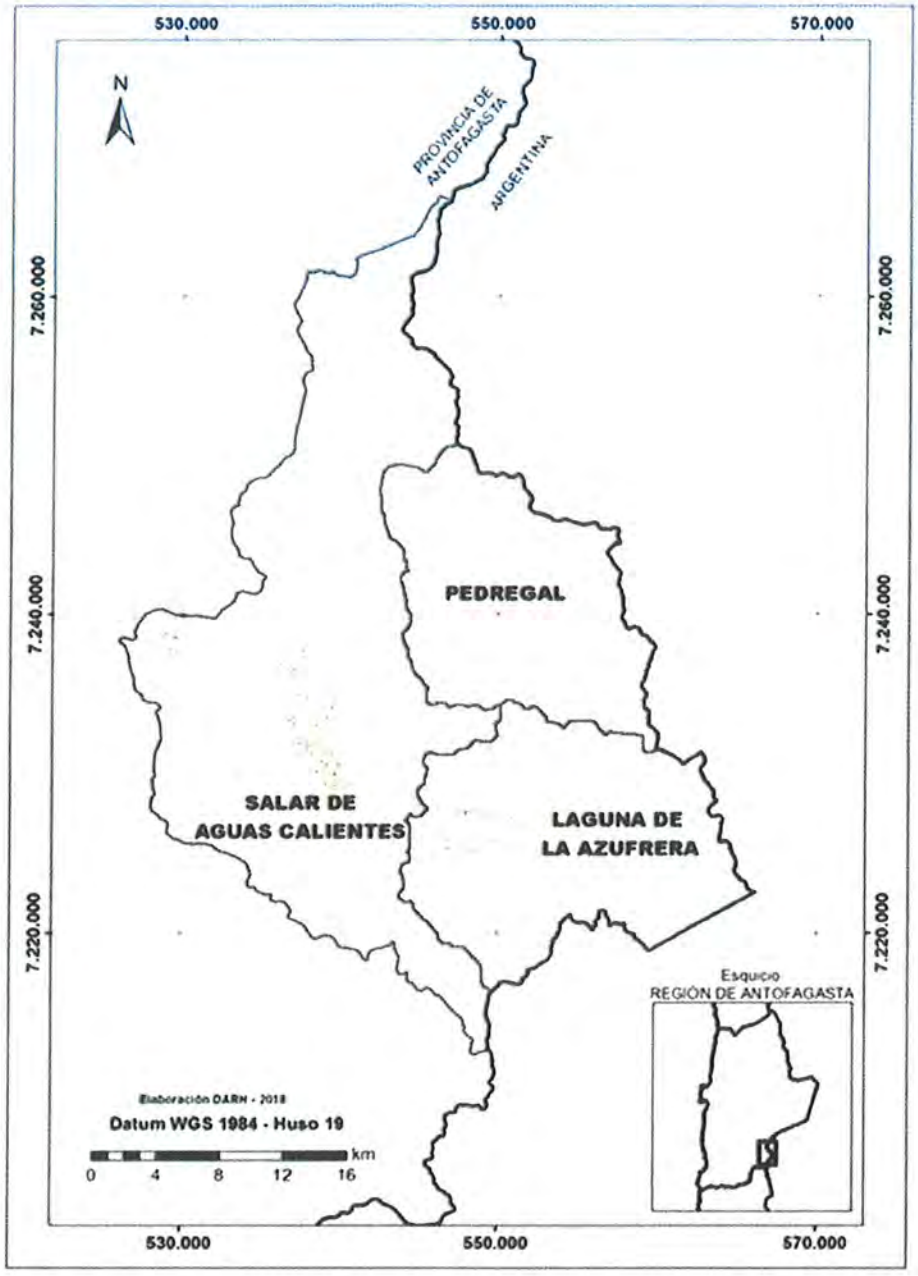
En razón de lo anterior, se desprende que las aguas subterráneas relativas a la subcuenca ubicada en la zona noreste son descargadas en forma subterránea hacia el resto del sistema, dado que no existen lagunas ni salares en esta cuenca sin explotación.

Por otro lado, para el caso de la subcuenca ubicada al sureste, denominada Laguna de la Azufrera, cabe señalar que por medio del estudio anteriormente referido se ha desarrollado un balance hídrico de lagunas. Se define[7] un coeficiente de escorrentía como el cuociente entre el volumen de agua que ingresa a la laguna y el que precipita sobre la cuenca drenaje. Para el caso de la Laguna de La Azufrera se obtiene un coeficiente[8] de tan sólo 0,073. Ello significa que en esta subcuenca una parte importante de las aguas subterráneas no se traduce en aportes cuantificables hacia la laguna. Sin embargo, como la cuenca es cerrada y se encuentra en ausencia de explotación, se deduce que parte de sus aguas subterráneas se traducen en aportes hacia la subcuenca del Salar de Aguas Calientes.

A continuación se presenta una figura en la que es posible visualizar las subcuencas que componen el sistema en análisis.

7 Risacher, 1999, SIT N°51.
8 El valor obtenido se encuentra bajo el rango promedio, lo que es concordante con la interconexión hidrogeológica que se tiene con la subcuenca del Salar de Aguas Calientes.

Figura N°3.2.1: Subcuencas de la zona en estudio



Luego, en atención a las situaciones que se tienen en estas dos últimas subcuencas, al darse que ambas son cuencas que aportan flujos subterráneos hacia una cuenca

vecina, se deduce que estos aportes se dirigen subterráneamente hacia la subcuenca mayor, la cual consistentemente se encuentra a una cota significativamente más baja[9]. Por lo tanto, una eventual sobreexplotación de las aguas asociadas a las subcuencas menores se traduciría en el largo plazo en un menoscabo de las aguas que se tienen en la subcuenca del Salar de Aguas Calientes.

Cabe señalar que esto es plenamente consistente con la delimitación de cuencas oficial de este Servicio, y corrobora el hecho de que estas subcuencas sean parte de una única unidad territorial[10].

Luego, dado que en una cuenca de este tipo puede considerarse a las lagunas y a los salares como pozas de evaporación para las aguas superficiales y subterráneas, es que en el largo plazo la disponibilidad de aguas que se tienen en estas subcuencas, deben ser analizadas desde el punto de vista de las interferencias que se tienen entre los flujos subterráneos y superficiales. En efecto, al tener ello en consideración, podemos apreciar que las lagunas y salares hacen las veces de sección de salida del sistema de aguas subterráneas.

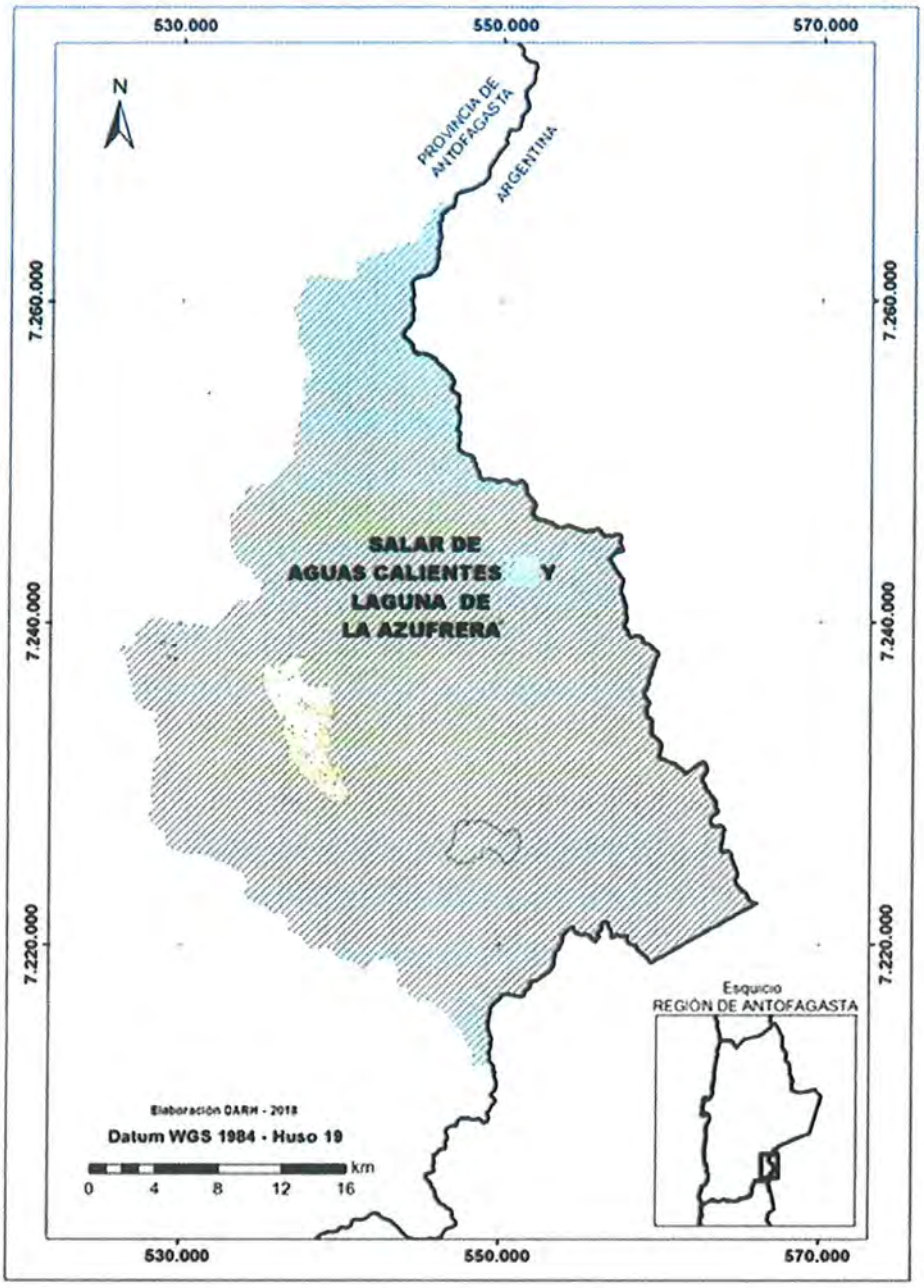
Es importante tener en consideración que las velocidades de los flujos subterráneos en este tipo de sistemas suelen ser extremadamente bajas, teniéndose que las explotaciones generan efectos ampliamente desfasados en el tiempo, y que un área bajo protección oficial, y en especial un sitio Ramsar, no puede ser menoscabado ni en el corto ni en el largo plazo.

La delimitación definida para el sector acuífero en estudio puede apreciarse en la figura que se presenta a continuación.

9 La cota media de la subcuenca del Salar de Aguas Calientes IV es de unos 4.220 [msnm], es decir, del orden de 400 [msnm] inferior a las cotas medias de las subcuencas menores, las cuales corresponden a 4.650 [msnm] para la subcuenca de Pedregal y 4.600 [msnm] para la subcuenca de Laguna de La Azufrera.

10 Esto es, sin perjuicio de las variaciones que se tienen para las delimitaciones, en general menores. Cabe señalar que por medio de este informe se consideran los límites internacionales oficiales, en concordancia con la cartografía DGA-MOP e IGM, en el marco de la definición de los límites de este sector hidrogeológico de aprovechamiento común.

Figura N°3.2.2: Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común



3.3.- Derechos de aprovechamiento de aguas otorgados

En la cuenca en estudio se han constituido derechos de aprovechamiento superficiales cuyo volumen total de extracción es altamente significativo.

Sin perjuicio de que en la cuenca no se han constituido derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas, como ya se ha visto, dado que se trata de un sistema interconectado entre aguas superficiales y subterráneas, es preciso tener en cuenta que el titular de los derechos constituidos podría solicitar el cambio de fuente para efectos de ejercitar sus derechos desde otra ubicación al interior de la cuenca, en concordancia con los artículos 158 y 159 del Código de Aguas, y en base al procedimiento descrito en el Manual de Administración de Recursos Hídricos de este Departamento[11].

En razón de lo anterior es que para efectos de desarrollar un balance hídrico de primer orden, tendremos a la vista los caudales otorgados a nivel de sistema conjunto.

Por medio de la Resolución DGA N°4/2012, en razón de la Sentencia del día 1° de diciembre de 2011[12] de la Corte Suprema, se constituye un derecho de aprovechamiento de aguas de tipo consuntivo, de ejercicio permanente y continuo por 200 [l/s] sobre las aguas superficiales y detenidas de la laguna de La Azufrera.

Por otro lado, se tiene un derecho de aprovechamiento de aguas constituido por medio de la Resolución DGA N°12/2003. A través de dicho acto administrativo se ha otorgado un caudal de 1 [l/s]. El derecho es de tipo consuntivo, superficial y corriente, de ejercicio permanente y continuo sobre las aguas de una vertiente ubicada en la quebrada de Agua Pelada.

A continuación se presenta una tabla en la que se indica el caudal total comprometido.

Tabla N°3.2.1: Caudal y volumen total comprometido

Cuenca	Caudal	Volumen
	[l/s]	[m3/año]
Salar de Aguas Calientes y Laguna de La Azufrera	201	6.338.736

11 Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos, aprobado según la Resolución DGA (Exenta) N°3.504/2008.
12 Fallo 3.343 - 2009

3.4.- Requerimientos de las áreas bajo protección oficial y del sistema en general

Por otra parte, es importante señalar que se tiene una significativa demanda natural por parte del Salar de Aguas Calientes, en el cual se tienen vegas y bofedales activos, con significativos espejos de agua que deben ser preservados.

Cabe destacar que este Servicio ha estudiado este tipo de requerimientos a través del informe: "Análisis de Requerimientos Hídricos de Vegas y Bofedales en el Norte de Chile" (Ref. N°10). Por medio de este estudio se ha determinado que la evapotranspiración de este tipo de sistemas vegetacionales se puede asimilar a una tasa de: 0,8 [l/s/há].

Es importante señalar que la tasa anterior ha sido obtenida en base a análisis efectuados en la zona altiplánica de la Región de Arica y Parinacota. Luego, dado que la zona en análisis posee una levemente mayor evapotranspiración potencial, es que el considerar la evapotranspiración que se obtiene de emplear dicho valor, se traduce en un límite inferior para este requerimiento.

En cuanto a los requerimientos hídricos de vegas y bofedales, considerando las superficies de vegas y bofedales contenidas en el sistema en estudio, al emplearse la tasa anteriormente referida, se obtiene el requerimiento que se presenta a continuación:

Tabla N°3.4.1: Requerimiento de Vegas y Bofedales

Sector de Vegas y Bofedales	Evapotranspiración [l/s]
Salar de Aguas calientes	274

Es preciso tener a la vista que el mantenimiento de las condiciones naturales de las vegas y bofedales protegidos no solamente es altamente significativo desde el punto de vista ambiental, sino que también lo es respecto de las regularizaciones susceptibles de tenerse dado el uso del agua por parte de comunidades aymaras y atacameñas por derechos consuetudinarios.

Es preciso notar que el Código de Aguas, por medio del inciso 3° del Artículo 63 estipula que: "Las zonas que correspondan a acuíferos que alimenten vegas y los llamados bofedales de las Regiones de Tarapacá y Antofagasta se entenderán prohibidas para mayores extracciones que las autorizadas, así como para nuevas explotaciones, sin necesidad de declaración expresa. La Dirección General de Aguas deberá previamente identificar y delimitar dichas zonas."

Por otro lado, en cuanto al requerimiento que se tiene desde las lagunas contenidas en dichas cuencas, las cuales están asociadas a cuerpos de aguas subterráneas, se tienen los resultados que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N°3.4.2: Requerimiento de lagunas

Cuerpo de aguas	Evaporación [l/s]
Laguna del Salar de Aguas Calientes	103
Laguna de la Azufrera	153
Total	256

Por lo tanto, en suma se tiene un límite inferior[13] de requerimiento medio anual de **530 [l/s]**, lo que equivale a un volumen total anual de: 16.714.080 [m3/año].

El valor anterior constituye un límite inferior para el requerimiento que se tiene desde el sistema de cuencas en estudio.

13 Esto, dado que no se ha contemplado la evaporación desde las zonas del salar en ausencia de espejos de agua, dado que solamente se está buscando un límite inferior.

3.5.- Volumen Sustentable

En base a lo expuesto en el acápite anterior, es claro que el análisis relativo a la disponibilidad de recursos hídricos debe efectuarse a nivel de sistema en conjunto, es decir, a nivel de la cuenca Salar de Aguas Calientes y Laguna de La Azufrera en forma completa.

Respecto de las precipitaciones en el largo plazo, como no se dispone de registros superiores a 30 años, se estima prudente emplear las que se han calculado a través del SIT N°51. En efecto, para ello se tendrá a la vista que la precipitación media anual corresponde a 180 [mm/año].

En una situación como esta es preciso considerar un coeficiente de percolación profunda acorde con las condiciones que se tienen para el sistema. En este sentido, además de la geología general ya inicialmente referida, el hecho de que se trata de una cuenca en que la evaporación potencial es de unos 2.000 [mm/año].

La zona en análisis se caracteriza por la ocurrencia de precipitaciones en forma aislada, teniéndose que estas al darse, suelen ser de gran intensidad pero de escasa duración, lo cual se traduce en que el porcentaje de agua capaz de infiltrase, para luego traducirse en percolación profunda suele ser muy bajo, e incluso en ocasiones inexistente.

En términos generales, para un tipo de suelo determinado, la recarga de los acuíferos se suele ver favorecida ante la ocurrencia de tormentas de varias horas de duración, puesto que ello permite que aumente la humedad del suelo, favoreciendo la infiltración y posterior percolación.

Además, es preciso tener en cuenta un valor conservador, puesto que se tienen sistemas vegetacionales sensibles que deben ser preservados por tratarse de áreas que se encuentran bajo protección oficial. Es por ello que se contemplará un coeficiente de percolación profunda igual a un 5%.

Luego, teniendo en consideración que la superficie de la cuenca completa es igual a 993 [Km2], resulta una recarga de largo plazo igual a:

$$R = 283 \left[{}^{l}/_{s} \right]$$

Dicho valor se traduce en un volumen sustentable igual a:

$$V = 8.924.688 \left[{}^{m^3}/_{\text{año}} \right]$$

3.6.- Disponibilidad de recursos hídricos para el otorgamiento de derechos de aprovechamiento

Los acuíferos contenidos en las cuencas en estudio se encuentran íntimamente conectados con las fuentes de aguas superficiales que se tienen. Por lo tanto, el volumen total anual de derechos comprometidos en el largo plazo corresponde a la suma de los volúmenes asociados a los derechos constituidos de aguas subterráneas y de aguas superficiales.

Además, se debe contemplar el volumen total anual de agua que se requiere para el mantenimiento de los ecosistemas que allí se tienen, es decir, el que se necesita para la conservación de las vegas y bofedales, así como por parte de las lagunas que se encuentran en la cuenca.

Luego, se puede establecer una analogía entre oferta y demanda de recursos hídricos para efectos de verificar en qué situación se encuentra la disponibilidad.

En efecto, considerando los volúmenes referidos en los capítulos anteriores, en cuanto a derechos de aprovechamiento de aguas, se tiene un volumen total anual equivalente a 6.338.736 [m3/año]. Luego, si consideramos tanto la demanda de lagunas como la de vegas y bofedales, equivalente a 16.714.080 [m3/año], resulta que la demanda total de recursos hídricos alcanza la cifra de 23.052.816 [m3/año].

En resumen, la situación general a nivel de sistema se resume en la tabla que se muestra a continuación[14].

Tabla N°3.6.1: Volumen Sustentable v/s Demanda Comprometida

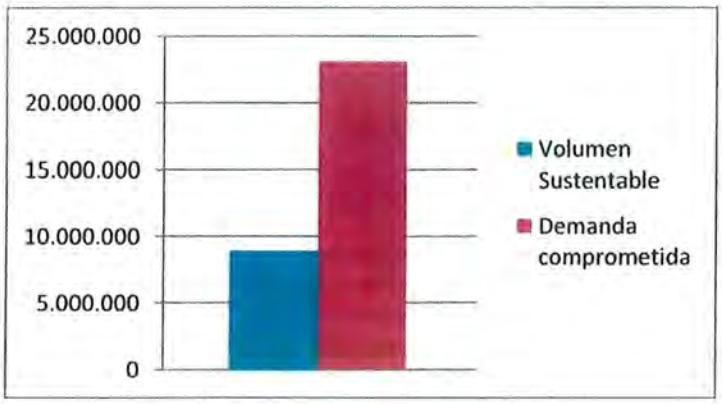
Sector Acuífero	Volumen Sustentable	Demanda Comprometida
	[m3/año]	[m3/año]
Salar de Aguas Calientes y Laguna de la Azufrera	8.924.688	23.052.816

Es decir, la demanda comprometida supera significativamente la disponibilidad u oferta de recursos hídricos.

14 La demanda comprometida ha contemplado la suma de los volúmenes asociados a los derechos de aguas constituidos, así como la demanda proveniente de la evapotranspiración desde las vegas y los bofedales protegidos conforme a la Res. DGA N°87/2006, y la evaporación desde las lagunas contenidas en el sistema. Luego, es preciso no confundir lo anterior con un balance hídrico. Es por ello que la sumatoria anterior en rigor corresponde a un límite inferior para el requerimiento que se tiene al interior del sistema de cuencas en estudio. Por ello es que la demanda total del sistema, de considerarse la demanda antrópica y natural total, resultaría aún mayor.

A continuación se presenta un gráfico en el que es posible visualizar la situación anterior:

Gráfico N°3.6.1: Volumen Sustentable v/s Demanda Comprometida [m^3/año]



En este sentido podemos concluir que sobre el sector acuífero ya individualizado en el párrafo precedente, se estima que existe riesgo de grave disminución de sus niveles en el largo plazo, con el consiguiente perjuicio de derechos de terceros ya establecidos en él, por cuanto la demanda comprometida supera con creces a la oferta sustentable definida para la zona, no existiendo entonces disponibilidad de recursos hídricos subterráneos para otorgar nuevos derechos de aprovechamiento en calidad de definitivos.

En cuanto a derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas de tipo provisionales, cabe señalar que este Servicio una vez que ha otorgado la totalidad del volumen sustentable en calidad de derechos de aprovechamiento de aguas de tipo definitivos, puede declarar el sector acuífero como área de restricción y otorgar derechos provisionales sólo si se estima prudente, analizando aspectos tales como los niveles de explotación del acuífero y niveles de aguas subterráneas.

Con el fin de evaluar el volumen de aguas subterráneas susceptible de ser otorgado como derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en calidad de provisionales, de acuerdo al procedimiento establecido en el Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos de este Departamento, modificado según la Resolución DGA (Exenta) N°2.455/2011, se tiene que los derechos provisionales factibles de otorgar, podrán quedar determinados al emplear otro sector hidrogeológico de aprovechamiento común como patrón o referencia.

Lo anterior podrá aplicarse en la medida que las características de este sector hidrogeológico sean comparables, que no existan antecedentes que indiquen afección a derechos de terceros ni a la fuente. El sector patrón se definirá en función de las características hidrogeológicas, régimen hídrico, características morfológicas, ubicación geográfica e interrelación con fuentes superficiales, y la relación existente entre el volumen sustentable y la demanda comprometida.

Sin embargo, sobre un sector acuífero que presente características particulares que no permitan asociar un sector hidrogeológico a utilizar como patrón o referencia, se podrán otorgar derechos provisionales en magnitud equivalente a su volumen sustentable, esto, sobre la base de que se implementará un monitoreo efectivo del acuífero, y dado que pueden ser dejados sin efecto en caso de detectarse afección a derechos de terceros.

En lo que respecta al sector acuífero denominado Salar de Aguas Calientes y Laguna de la Azufrera, sus características hidrogeológicas, régimen hídrico, morfología, ubicación geográfica e interrelación con fuentes superficiales, y la relación existente entre el volumen sustentable y la demanda comprometida, se concluye que el sector hidrogeológico de aprovechamiento común aquí analizado, presenta características particulares que no permiten establecer un sector a utilizar como patrón.

Así, para el sector acuífero en cuestión, y en virtud de sus características particulares, no existe un sector hidrológico de aprovechamiento común patrón con el cual asociarlo, estimando los derechos provisionales en una magnitud equivalente al volumen sustentable de dicho sector.

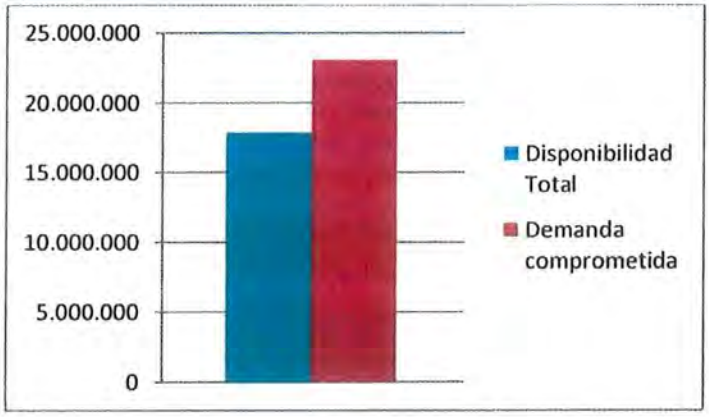
A continuación se presenta el volumen total factible de otorgar como derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas para el sector acuífero.

Tabla N°3.6.2: Volumen total factible de otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas

Sector Acuífero	Volumen Sustentable [m3/año]	Factor	Disponibilidad Total (definitivos + provisionales) [m3/año]
Salar de Aguas Calientes y Laguna de la Azufrera	8.924.688	2	17.849.376

En cuanto al volumen susceptible de ser constituido como derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas de tipo provisionales, cabe señalar que éste correspondería a la diferencia que se tiene entre el volumen asociado a la Disponibilidad Total y a la Demanda Comprometida, valores que se han presentado en las tablas 3.6.2 y 3.6.1 respectivamente, y los cuales se pueden apreciar gráficamente a continuación.

Gráfico N°3.6.2: Disponibilidad Total v/s Demanda Comprometida [m^3/año]



Sin embargo, dado que la Disponibilidad Total es significativamente inferior a la Demanda Comprometida, se tiene que tampoco es factible el otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas de tipo provisionales.

4.- CONCLUSIONES

El análisis desarrollado sobre esta cuenca altiplánica, cuyas aguas subterráneas se constituyen en el Sector Acuífero de Cuenca Endorreica Salar de Aguas Calientes y Laguna de La Azufrera, se traduce en síntesis en que:

- El caudal máximo admisible conservando un nivel de explotación sustentable es de 283 [l/s], equivalente a 8.924.688 [m3/año].

- Se tiene un alto volumen de agua otorgado como derechos de aprovechamiento de aguas, y conforme al inciso 3° del Artículo 63 del Código de Aguas: "Las zonas que correspondan a acuíferos que alimenten vegas y los llamados bofedales de las Regiones de Tarapacá y Antofagasta se entenderán prohibidas para mayores extracciones que las autorizadas, así como para nuevas explotaciones, sin necesidad de declaración expresa".

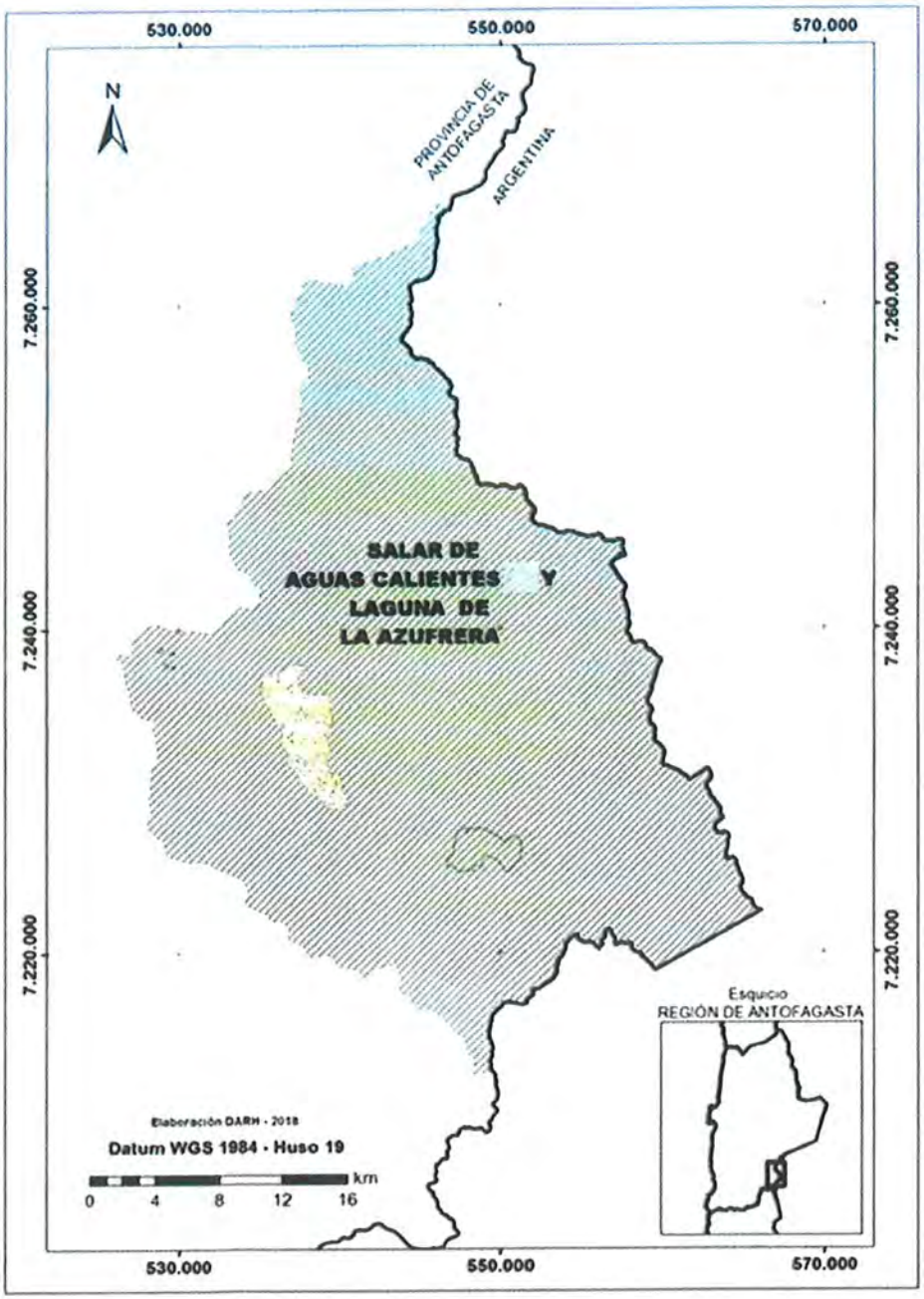
- Las cuencas cerradas en las cuales se han originado lagunas y salares, como es en este caso, pueden considerarse como pozas de evaporación para las aguas superficiales y subterráneas que fluyen en la cuenca, por lo que no es posible la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas puesto que con lo ya otorgado a la fecha, se tiene riesgo de afectación ambiental en el largo plazo para un área bajo Protección Oficial. Dicho sitio se denomina Salar de Aguas Calientes IV, y corresponde a un humedal de importancia internacional conforme a la Convención Ramsar.

- En el sector acuífero en análisis, el cual corresponde a un único sector hidrogeológico de aprovechamiento común denominado Cuenca Endorreica Salar de Aguas Calientes y Laguna de La Azufrera, se han constituido a la fecha derechos de aprovechamiento de aguas que comprometen toda la disponibilidad determinada por este Servicio para el otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas, tanto definitivos como provisionales, por lo cual en virtud del Artículo 35 del Decreto Supremo MOP N°203/2013, procede declarar Zona de Prohibición para el sector hidrogeológico de aprovechamiento común de Cuenca Endorreica Salar de Aguas Calientes y Laguna de La Azufrera, el cual queda definido geográficamente en el mapa N°1 presentado en Anexos.

Pablo Enrique Schnake Gálvez
Departamento de Administración
de Recursos Hídricos
Dirección General de Aguas

LMR/ CFF/ LMH/ PSG/ psg

1.- Mapa N°1: Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común



2.- Referencias

Los siguientes documentos han sido revisados para efectos del desarrollo del presente análisis:

1. S.I.T N°51: Geoquímica de Aguas en Cuencas Cerradas: I, II y III Regiones – Chile. Volumen I: Síntesis; Volumen III: Estudio de Cuencas de la II Región. Enero de 1999.

2. S.I.T. N°111: Actualización Delimitación de Acuíferos que Alimentan Vegas y Bofedales de la Región de Antofagasta, Año 2006. Enero de 2006.

3. S.I.T. N°157: Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II, III. Etapa 1.- Hidrografía Regional del Altiplano de Chile. Diciembre de 2008.

4. Estrategia Regional y Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de la Región de Antofagasta (CONAMA II Región, Septiembre de 2002).

5. SIT N° 291: Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta, Diciembre de 2012.

6. Balance Hídrico de Chile, Dirección General de Aguas, 1987.

7. Mapa Hidrogeológico de Chile, Dirección General de Aguas, 1986.

8. Estudio del Mapa Hidrogeológico Nacional, DGA, 1986.

9. Res. DGA N°87/2006.- Modifica Resolución DGA N°529 de 2003 en el sentido de actualizar Identificación y Delimitación de Acuíferos que Alimentan Vegas y Bofedales de la II Región de Antofagasta.

10. Análisis de Requerimientos Hídricos de Vegas y Bofedales en el Norte de Chile. DEP – DGA, 2000.