



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

**Estimación de la recarga de aguas subterráneas y
determinación del sector hidrogeológico
aprovechamiento común
Laguna Lagunillas de la cuenca del Salar de Huasco
en la Región de Tarapacá**

INFORME TECNICO N° 84

**DARH
SDT N° 446**

Santiago, Marzo 2022

ÍNDICE

1	ANTECEDENTES	3
2	OBJETIVOS.....	3
3	DISPONIBILIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA	4
3.1	Sectorización.....	4
3.2	Precipitación Media	6
3.3	Coeficiente de Infiltración	9
3.4	Caudal de explotación sustentable.....	10
4	DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	11
4.1	Demanda Comprometida de Recursos Hídricos.....	11
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	13
6	ANEXO.....	14



Informe Técnico DARH N° 84

Estimación de la recarga de aguas subterránea y Determinación del sector hidrogeológico de aprovechamiento común Laguna Lagunillas de la cuenca del Salar de Huasco en la Región de Tarapacá.

SSD N° 15061026

Santiago, 17 de marzo de 2022

1. ANTECEDENTES

Entre las atribuciones y funciones de la Dirección General de Aguas entregadas por el Código de Aguas, en el artículo 299 letra a) se encuentra la planificación del desarrollo del recurso de las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento, por lo que la DGA ha permanecido en el estudio continuo de las fuentes de agua a fin de que sean aprovechadas de manera sustentable.

De esta manera, en el norte del país la mayor disponibilidad del recurso hídrico corresponde a aguas subterráneas, por lo que los estudios de este recurso se centran principalmente en la hidrogeología. Hacia el centro y sur del país, dichos estudios se han basado principalmente en la hidrología de las aguas superficiales, tomando relevancia actualmente también los estudios de aguas subterráneas.

Para dar cumplimiento al Reglamento sobre Normas de Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas, Decreto MOP N°203, 2014 artículo 20 c) y d) la Dirección General de Aguas, modificado por el DS N° 224 de fecha 05 de noviembre de 2021, necesita contar con estudios que permitan avanzar en la constitución de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas de manera sustentable.

Tomándose como base metodología, aquella utilizada en el SDT N° 359, de julio de 2014 "Estimación preliminar de las recargas de aguas subterráneas y determinación de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común de las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos", dicha metodología base, permite generar estudios en aquellos sectores acuíferos que no se encuentren con volúmenes de recarga y que presentan demanda de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.

2. OJETIVOS

El presente informe busca:

- a) Delimitar y definir el sector hidrogeológico de aprovechamiento común Laguna Lagunillas de la cuenca del Salar de Huasco en la Región de Tarapacá, donde no

existe estudio y se presentan solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.

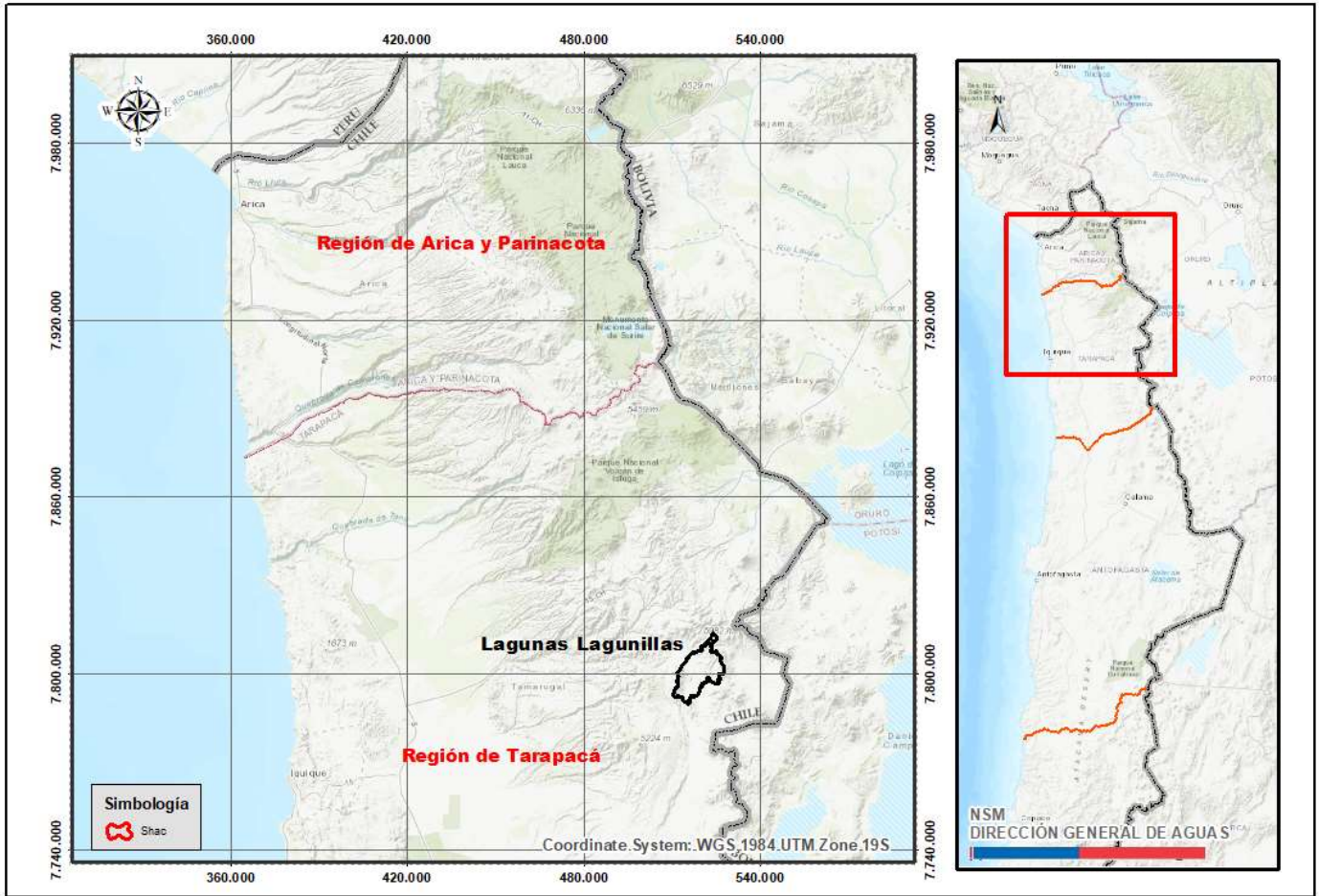
- b) Obtener valores de recarga y establecer la demanda de los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas que se encuentran en este sector, con el propósito de avanzar sustentablemente en la resolución de las solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.

3.- DISPONIBILIDAD DE RECURSOS SUBTERRÁNEOS.

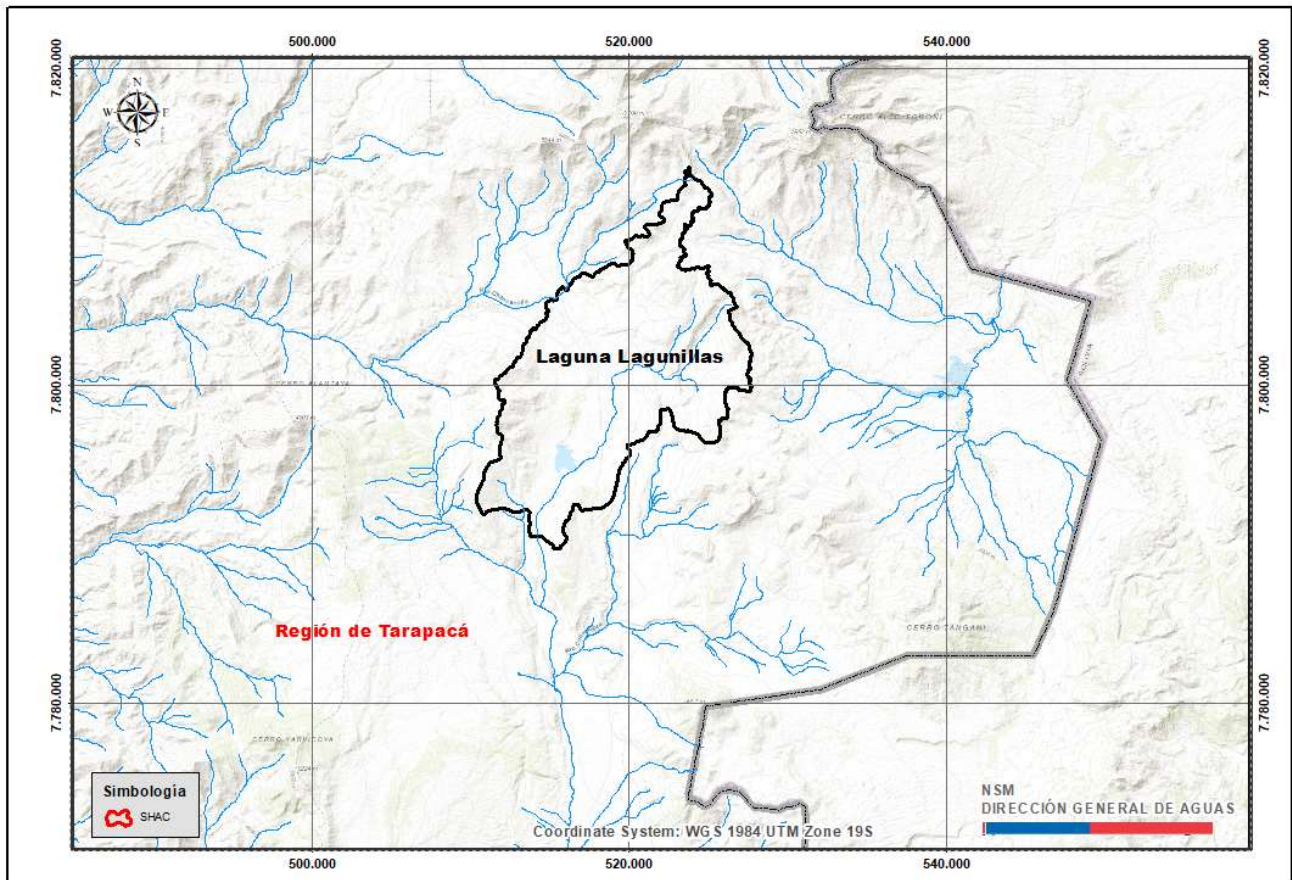
La Dirección General de Aguas en relación con la explotación de las aguas subterráneas debe compatibilizar las exigencias legales, con las características físicas de dicho recurso y que tome en consideración las necesidades y los intereses superiores de la Nación. De acuerdo a lo anterior, la acción 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.

3.1 Sectorización

Se realiza la delimitación del sector hidrogeológico de aprovechamiento común denominado Laguna Lagunillas de la cuenca del Salar de Huasco en la Región de Tarapacá, teniendo en consideración el informe SIT N° 157 de 2008, denominado "Levantamiento Hidrogeológico para el desarrollo de nuevas fuentes de agua en áreas prioritarias de la zona norte de Chile, Regiones XV, I, II y III". Etapa 1 Hidrografía Regional del Altiplano de Chile y también el informe "Actualización Modelo Hidrogeológico de la cuenca de Laguna Lagunillas", Anexo 2, Adenda 4 de fecha noviembre de 2021, sector que no cuenta con estudio y cuya localización geográfica se muestra en los mapas N°1 y 2 siguientes.



Mapa N°1 Localización geográfica del sector hidrogeológico de aprovechamiento común Laguna Lagunillas de la cuenca del Salar de Huasco en la Región de Tarapacá.



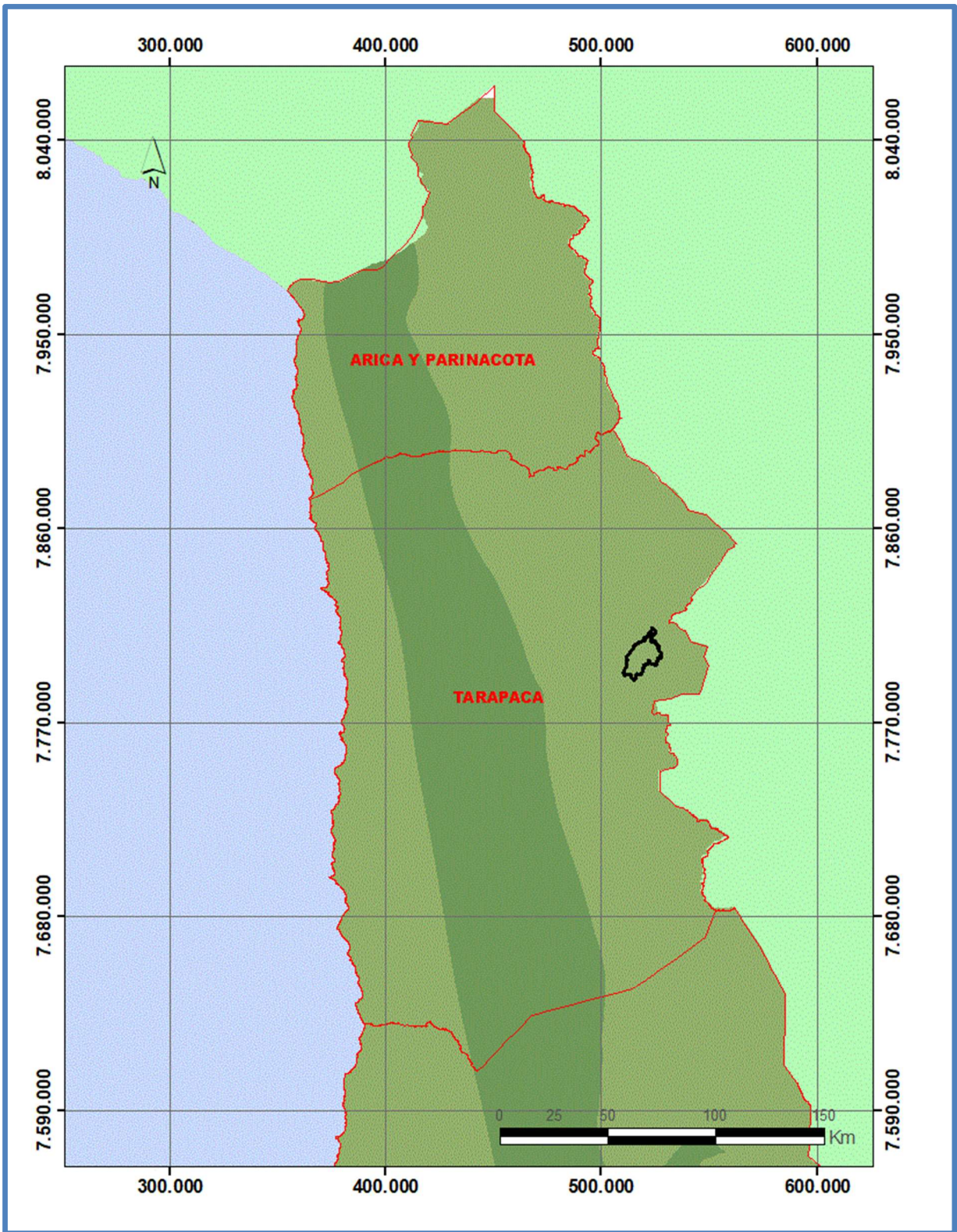
Mapa N°2 Sectorización hidrogeológica de aprovechamiento común Laguna Lagunillas de la cuenca del Salar de Huasco en la Región de Tarapacá.

3.2 Precipitación Media

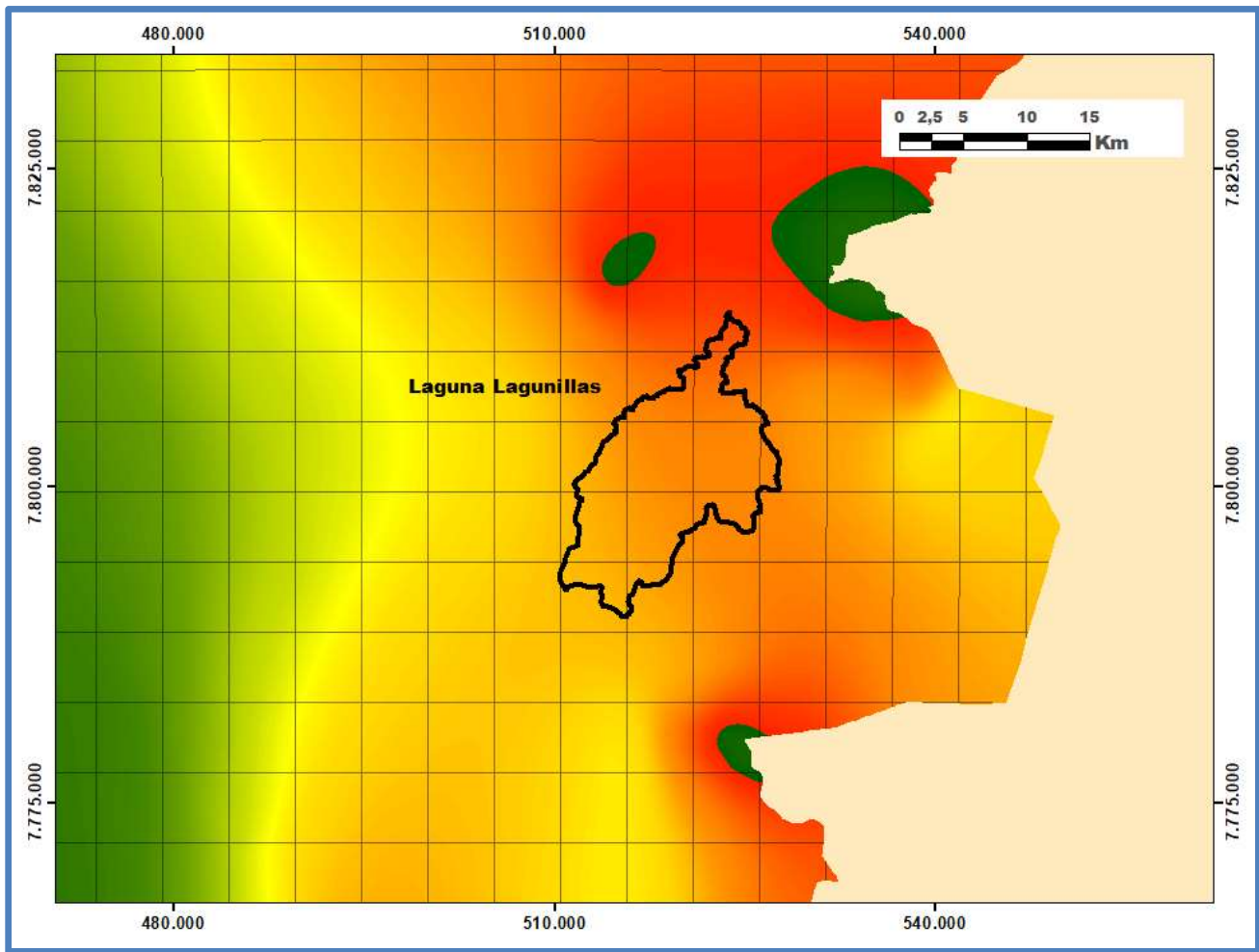
Para la estimación de las precipitaciones medias se utilizaron los datos obtenidos del informe denominado SIT N° 417 "Actualización del Balance Hídrico Nacional" realizado conjuntamente por la Dirección General de Aguas, la Universidad de Chile y la Pontificia Universidad Católica de Chile, 2017.

Por medio de la información histórica de la precipitación media anual y mediante la extensión Spatial Analyst Tools de ArcGIS 10.8, se realizó la interpolación de los datos, para el cálculo de dicha precipitación en el sector estudiado.

Los mapas N° 3 y 4 muestran la distribución de la precipitación media anual, obtenida del informe Actualización del Balance Hídrico Nacional, DGA-UCH-PUC 2017, correspondientes a la Región de Tarapacá analizada en el presente informe y el sector hidrogeológico de aprovechamiento común aquí estudiado.



Mapa N°3 Precipitaciones medias anuales Región de Tarapacá.



Mapa N° 4. Grillo de las Precipitaciones medias anuales en el sector hidrogeológico de aprovechamiento común Laguna Lagunillas de la cuenca del Salar de Huasco en la Región de Tarapacá.

En la tabla N°1, se muestran los resultados obtenidos de la estimación de la precipitación media anual, como también el área obtenida para el sector hidrogeológico de aprovechamiento común estudiado en el presente informe.

SECTOR	Área km ²	Precipitación media anual m
Laguna Lagunillas	193.7	0.168

Tabla N°1 Precipitación Media y Áreas km² en el Sector hidrogeológico de aprovechamiento común de Laguna Lagunillas de la cuenca del Salar de Huasco en la Región de Tarapacá.

3.3 Coeficiente de Infiltración

El coeficiente de infiltración utilizado en el informe Técnico DARH N° 381, de noviembre de 2020 "Estimación de la recarga de aguas subterráneas y delimitación del sector hidrogeológico de aprovechamiento común Río Camarones" en la Región de Arica y Parinacota, corresponde a 3.75% y será este el coeficiente de infiltración que aquí utilizaremos.

La expresión de cálculo de recarga es la siguiente:

$$\text{Recarga} = A * Pp * Ci$$

Donde A es el área de la cuenca en m², Pp es la precipitación en m/año y Ci el coeficiente de infiltración que es adimensional, obteniéndose de esta manera la recarga expresada en m³/año.

3.4 Caudal de explotación sustentable.

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 conocido 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.

A continuación, se procede a la determinación del caudal de explotación sustentable para el sector en análisis de la Región de Tarapacá. El referido caudal, da respaldo físico a los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas a otorgar, no genera afección a derechos de terceros y no produce impactos no deseados a la fuente, en este caso acuífero, y al medioambiente.

Realizado el análisis de los parámetros involucrados (área, precipitación y coeficiente de infiltración) se determinó la recarga media anual ($m^3/año$) para cada sector y se muestra a continuación.

SECTOR	Recarga $m^3/año$
Laguna Lagunillas	1.220.310

Tabla N° 3 – Recarga del Sector hidrogeológico de aprovechamiento común Laguna Lagunillas de la cuenca del Salar de Huasco en la de Región de Tarapacá.

4 Derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.

En relación a la constitución de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas, es importante destacar que la Dirección General de Aguas, para constituir nuevos derechos realiza un balance considerando el caudal de explotación sustentable del acuífero y los aprovechamientos comprometidos; ya que es obligación del Servicio evitar la sobreexplotación de los acuíferos tanto por razones de sustentabilidad en el largo plazo de los aprovechamientos, como por la necesidad de resguardar los derechos de los usuarios existentes.

La determinación del caudal susceptible de explotar desde una obra de captación de aguas subterráneas, es una condición necesaria pero no suficiente para poder constituir un derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas. Lo anterior en atención a que con las pruebas de bombeo de un pozo, es posible determinar cuál es el caudal que se puede explotar desde dicho pozo; pero evidentemente que no determina si existe o no recurso disponible a nivel de fuente.

En consecuencia, para la constitución de derechos sobre aguas subterráneas es necesario saber cuánta agua es posible extraer desde un pozo y además saber cuánta agua hay disponible a nivel de fuente; única manera de cumplir con lo dispuesto en el artículos 22 y 140 del Código de Aguas y en el Reglamento sobre Normas de Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas, Decreto MOP N°203, 2014 artículo 20 c) y d), modificado por el DS N° 224 de fecha 05 de noviembre de 2021, en el sentido de que la DGA puede constituir un derecho de aprovechamiento cuando la solicitud sea legalmente procedente, cuando hay recursos disponibles y no pudiendo perjudicar ni menoscabar derechos de terceros.

Para constituir derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en un sector acuífero, la Dirección General de Aguas establece entonces, la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo o volumen sustentable, como aquel volumen que permite un equilibrio de largo plazo del sistema, otorgando respaldo físico a los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas constituidos, no generando afección a derechos de terceros, tanto superficiales como subterráneos, y no produciendo impactos que no se desean a la fuente y al medio ambiente.

4.1 Demanda Comprometida de Recursos Hídricos.

Para realizar un balance de recursos hídricos, la Dirección General de Aguas, además de contar con la oferta de volúmenes disponibles, se debe determinar la demanda de aguas subterráneas a respetar. Dicha demanda considera los derechos constituidos y reconocidos en un sector hidrogeológico de aprovechamiento común, como la sumatoria de todos los caudales de agua aprovechables traducidos en volúmenes totales anuales, considerando además las reservas de caudales que comprometen la disponibilidad del recurso hídrico a un determinado uso, junto con los derechos susceptibles de ser constituidos de acuerdo a lo indicado en el artículo 54 del Decreto Supremo MOP N°203, de 20 de mayo de 2013, modificado por el Decreto Supremo MOP N° 224, de 5 de noviembre de 2021, publicado

con fecha 26 de enero de 2022.

La siguiente tabla presenta la demanda comprometida al 15 de marzo de 2022. En el anexo se adjuntan el listado correspondiente.

Sector	Volumen Sustentable m3/año	Demanda Comprometida m3/año
Laguna Lagunillas	1.220.310	9.460.800

Tabla N° 4 Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida

El sector hidrogeológico de aprovechamiento común definido como Laguna Lagunillas de la cuenca del Salar de Huasco en la de Región Tarapacá, presenta una demanda sobre el recurso hídrico subterráneo, en que la demanda comprometida supera ampliamente el volumen sustentable determinado en el presente informe.

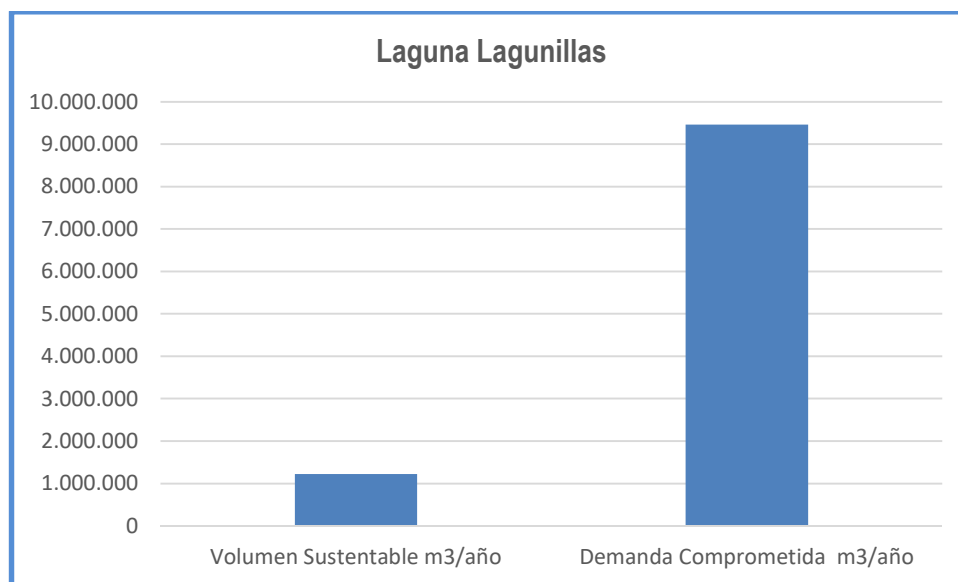


Gráfico N°1 - Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida.

Se deja constancia que al considerar la estimación de las precipitaciones medias del Balance Hídrico de Chile, DGA 1987, el volumen sustentable para el sector hidrogeológico de aprovechamiento común Laguna Lagunillas de la cuenca del Salar de Huasco, respecto de la demanda comprometida en el sector sigue siendo ampliamente superada, de manera que tampoco es posible avanzar en la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas como se muestra en la tabla siguiente.

Sector	Precipitación media anual BH 1987	Volumen Sustentable BH 1987 m3/año	Demanda Comprometida m3/año
Laguna Lagunillas	196	1.423.135	9.460.800

Tabla N° 5 Oferta de recursos hídricos BH 1987 v/s demanda comprometida

Por lo todo lo señalado precedentemente, en el sector hidrogeológico de aprovechamiento común Laguna Lagunillas de la cuenca del Salar de Huasco, no es posible avanzar en la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas, pues este acto perjudica los derechos de terceros que ya se encuentran constituidos yendo en directo desmedro de sistema acuífero aquí individualizado.

En este sentido, dado que se encuentra comprometida toda la disponibilidad que se puede otorgar tanto para la constitución de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en carácter de permanente y definitivos, como también para el volumen total anual que se puede otorgar en derechos de aprovechamiento de carácter provisional, y de acuerdo a lo establecido en el artículo 63 del Código de Aguas y en el artículo 35 del Decreto Supremo MOP N°203 de fecha 20 de mayo de 2013, modificado por el DS N° 224 de fecha 05 de noviembre de 2021, se debe proceder a proteger el sector hidrogeológico de aprovechamiento común denominado Laguna Lagunillas de la cuenca del Salar de Huasco y declararlo como zona de prohibición para nuevas explotaciones de aguas subterráneas.

5.- Conclusiones y Recomendaciones

En el presente informe se ha desarrollado un balance hídrico, que permite establecer de forma conservadora la recarga sustentable de explotación en el sector acuífero individualizado, que concluye que es imposible avanzar en la resolución de nuevos derechos de aprovechamiento de agua subterránea.

En este sentido, este trabajo ha permitido incluir un nuevo sector hidrogeológico de aprovechamiento común perteneciente a la Región de Tarapacá, que a la fecha presenta solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas y que no contaba con estudio.

Realizada la actualización de la demanda de aguas subterráneas en el sector hidrogeológico de aprovechamiento común Laguna Lagunillas de la cuenca del Salar de Huasco y considerando que en dicho sector se han constituido derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas que comprometen toda la disponibilidad determinada por la Dirección General de Aguas para la constitución de derechos de aprovechamiento tanto definitivos como provisionales, es deber de este Servicio proceder de acuerdo a los artículos 63 del Código de Aguas y 35 del Decreto Supremo MOP N°203 de fecha 20 de mayo de 2013, modificado por el DS N° 224 de fecha 05 de noviembre de 2021, declarar Zona de Prohibición para nuevas explotaciones de aguas subterráneas, el sector hidrogeológico de aprovechamiento común Laguna Lagunillas de la cuenca del Salar de Huasco.



Rodrigo Sanhueza Bravo
Agente de Expedientes DARH
Dirección General de Aguas



Nury Salazar Martínez
Depto. Adm. de Rec. Hídricos
Dirección General de Aguas

CFF/RSB/NSM/nsm

SSD N°:

ANEXO
DEMANDA DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
SECTOR HIDROGEOLÓGICO DE APROVECHAMIENTO COMÚN
LAGUNA LAGUNILLAS DE LA CUENCA DEL SALAR DE HUASCO, REGIÓN DE TARAPACÁ.

DEMANDA SECTOR HIDROGEOLÓGICO DE APROVECHAMIENTO COMUN LAGUNA LAGUNILLAS

	Expediente	Peticionario	Fecha Ingreso	Caudal Solicitado Promedio (lt/s)	Caudal Otorgado Original (Lts/s)	Ley N° 20.017	Sit. Actual	N° Res.	Fecha Resolución	Volumen Total Anual Solicitado (m³/año)	Volumen Total Anual Otorgado (m³/año)	Volumen Acumulado (m³/año)
1	ND-0103-3330	COMPAÑIA MINERA CERRO COLORADO LTDA	01-01-1982	75,00	75,00		A	425	15-10-82	2.365.200	2.365.200	2.365.200
2	ND-0103-3330	COMPAÑIA MINERA CERRO COLORADO LTDA	01-01-1982	75,00	75,00		A	425	15-10-82	2.365.200	2.365.200	4.730.400
3	ND-0103-3330	COMPAÑIA MINERA CERRO COLORADO LTDA	01-01-1982	75,00	75,00		A	425	15-10-82	2.365.200	1.729.434	6.459.834
4	VPC-0104-86	COMPAÑIA MINERA CERRO COLORADO LTDA	01-01-1982	25,00	20,16		A-RR	354	22-12-20	788.400	635.766	7.095.600
5	ND-0103-3330	COMPAÑIA MINERA CERRO COLORADO LTDA	01-01-1982	75,00	75,00		A	425	15-10-82	2.365.200	2.365.200	9.460.800
6	UA-0103-53	CODELCO CHILE, DIVISION SALVADOR	25-06-1981	50,00			D	283	30-06-11	1.576.800	0	9.460.800
7	UA-0103-53	CODELCO CHILE, DIVISION SALVADOR	25-06-1981	50,00			D	283	30-06-11	1.576.800	0	9.460.800
8	UA-0103-53	CODELCO CHILE, DIVISION SALVADOR	25-06-1981	50,00			D	283	30-06-11	1.576.800	0	9.460.800
9	UA-0103-53	CODELCO CHILE, DIVISION SALVADOR	25-06-1981	50,00			D	283	30-06-11	1.576.800	0	9.460.800
10	ND-0103-2001	MELVA DEL CARMEN AGUIRRE BRETON	25-11-2005	2,00		4°T	D	612	28-11-13	63.072	0	9.460.800
11	ND-0103-2262	FERNANDO MIRANDA QUIROGA	14-12-2005	2,00		CONADI	D	805	02-11-09	63.072	0	9.460.800
12	ND-0103-2263	FERNANDO MIRANDA QUIROGA	14-12-2005	2,00		CONADI	D	804	02-11-09	63.072	0	9.460.800
13	ND-0103-1211	COMPAÑIA MINERA DOÑA INES DE COLLAHUASI S.A	17-10-2000	15,70			D	771	23-12-13	495.115	0	9.460.800
14	ND-0103-1212	COMPAÑIA MINERA DOÑA INES DE COLLAHUASI S.A	17-10-2000	95,00			D	772	23-12-13	2.995.920	0	9.460.800
15	ND-0103-1213	COMPAÑIA MINERA DOÑA INES DE COLLAHUASI S.A	17-10-2000	95,00			D	776	23-12-13	2.995.920	0	9.460.800
16	ND-0103-1214	COMPAÑIA MINERA DOÑA INES DE COLLAHUASI S.A	17-10-2000	95,00			D	773	23-12-13	2.995.920	0	9.460.800
17	ND-0103-1215	COMPAÑIA MINERA DOÑA INES DE COLLAHUASI S.A	17-10-2000	95,00			D	775	23-12-13	2.995.920	0	9.460.800
18	ND-0103-1257	COMPAÑIA MINERA DOÑA INES DE COLLAHUASI S.A	23-03-2001	75,00			D	785	23-12-13	2.365.200	0	9.460.800
19	ND-0103-1258	COMPAÑIA MINERA DOÑA INES DE COLLAHUASI S.A	23-03-2001	60,00			D	777	23-12-13	1.892.160	0	9.460.800
20	ND-0103-1259	COMPAÑIA MINERA DOÑA INES DE COLLAHUASI S.A	23-03-2001	70,00			D	778	23-12-13	2.207.520	0	9.460.800
21	ND-0103-1260	COMPAÑIA MINERA DOÑA INES DE COLLAHUASI S.A	23-03-2001	17,50			D	770	23-12-13	551.880	0	9.460.800
22	ND-0103-1370	COMPAÑIA MINERA DOÑA INES DE COLLAHUASI S.A	16-04-2002	50,00			D	774	23-12-13	1.576.800	0	9.460.800
23	ND-0103-1371	COMPAÑIA MINERA DOÑA INES DE COLLAHUASI S.A	16-04-2002	60,00			D	780	23-12-13	1.892.160	0	9.460.800
24	ND-0103-1372	COMPAÑIA MINERA DOÑA INES DE COLLAHUASI S.A	16-04-2002	50,00			D	779	23-12-13	1.576.800	0	9.460.800
25	ND-0103-1373	COMPAÑIA MINERA DOÑA INES DE COLLAHUASI S.A	16-04-2002	40,00			D	781	23-12-13	1.261.440	0	9.460.800
26	ND-0103-1393	COMPAÑIA MINERA DOÑA INES DE COLLAHUASI S.A	05-08-2002	85,00			D	782	23-12-13	2.680.560	0	9.460.800
27	ND-0103-746	CONSTRUCTORA BESALCO	13-06-1996	20,00			D	67	30-01-98	630.720	0	9.460.800
28	ND-0103-746	CONSTRUCTORA BESALCO	13-06-1996	20,00			D	67	30-01-98	630.720	0	9.460.800