



Mesa Multiactor
SALAR DE ATACAMA

INFORME TÉCNICO

UNIDADES TÉCNICAS HÍDRICAS

CONTENIDOS:

- UTH-2: SUBCUENCAS RÍO SAN PEDRO Y RÍO VILAMA
 - UTH-3: SAN PEDRO DE ATACAMA
- UTH-4: BORDE NORTE DEL SALAR Y SISTEMA SONCOR
- UTH-5: BORDE ESTE DE LA CUENCA Y SISTEMA AGUAS DE QUELANA

ELABORADO POR:
SECRETARÍA TÉCNICA

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

NOVIEMBRE, 2022.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. ASPECTOS GENERALES DE ESTE INFORME.....	6
1. Introducción.....	6
2. Objetivos del informe.....	6
3. Consideraciones generales.....	6
4. Área de Estudio.....	7
5. Aspectos Metodológicos.....	7
5.1. Caracterización de las UTH.....	8
5.2. Trabajo Participativo.....	8
5.3. Identificación de brechas de información.....	8
II. UNIDAD TÉCNICA HÍDRICA 2 (UTH-2): SUBCUENCAS DE LOS RÍOS SAN PEDRO Y VILAMA.....	9
1. Área de Estudio UTH 2.....	9
2. Caracterización de la UTH 2.....	9
2.1. Hidrología.....	9
2.1.1. Estaciones de monitoreo.....	9
2.1.2. Hidrografía.....	11
2.1.3. Precipitaciones.....	12
2.1.4. Caudales.....	13
2.1.5. Evaporación.....	17
2.2. Hidrogeología.....	17
2.2.1. Caracterización geológica.....	17
2.2.2. Nivel de aguas subterránea.....	18
2.2.3. Salmueras.....	19
2.3. Derechos de Aprovechamiento y Usos de Agua.....	19
2.4. Características químicas del agua.....	20
3. Trabajo participativo UTH 2.....	22
3.1. Antecedentes Generales.....	22
3.2. Percepciones y problemáticas.....	22
4. Análisis de brechas de información UTH 2.....	23
4.1. Acceso a la información.....	23
4.2. Análisis documental.....	24
4.3. Brechas de información.....	25

5. Respuestas a preguntas desde la Mesa Amplia para la UTH 2.....	25
5.1. Respecto al balance hidrológico, recargas y descargas.....	25
5.2. Respecto a los Modelos Hidrogeológicos.....	26
5.3. Con respecto al cambio climático y su efecto en el agua:.....	26
5.4. Respecto a las exploraciones y derechos de agua:	26
III. UNIDAD TÉCNICA HÍDRICA 3 (UTH-3): SAN PEDRO DE ATACAMA.....	28
1. Área de Estudio UTH 3	28
2. Caracterización de la UTH 3.....	28
2.1. Hidrología	28
2.1.1. Estaciones de monitoreo	28
2.1.2. Hidrografía.....	28
2.1.3. Precipitaciones.....	29
2.1.4. Caudales.....	32
2.1.5. Evaporación	32
2.2. Hidrogeología	35
2.2.1. Caracterización geológica.....	35
2.2.2. Niveles de agua subterránea	36
2.2.3. Salmueras	37
2.3. Derechos de Aprovechamiento y Usos de Agua.....	38
2.4. Composición química de las aguas	39
3. Trabajo participativo UTH 3.....	40
3.1. Antecedentes generales	40
3.2. Percepciones y problemáticas.....	41
3.3. Análisis Causas- Efectos.....	42
4. Análisis de brechas de información UTH 3	43
4.1. Acceso a la información.....	43
4.2. Análisis documental.....	43
4.3. Brechas de información.....	44
5. Respuestas a preguntas desde la Mesa Amplia para la UTH 3.....	44
5.1. Cómo aprovechar mejor el recurso hídrico para los regantes	44
5.2. Como aprovechar el rechazo de la planta de osmosis	45
IV. UNIDAD TÉCNICA HÍDRICA 4 (UTH-4): Borde Norte del Salar Y SISTEMA SONCOR	46
1. Área de Estudio UTH 4	46
2. Caracterización de la UTH 4.....	46

2.1.	Hidrología	46
2.1.1.	Estaciones de monitoreo	46
2.1.2.	Hidrografía	48
2.1.3.	Precipitaciones.....	49
2.1.4.	Caudales.....	51
2.1.5.	Evaporación	53
2.1.6.	Niveles de agua superficial	53
2.2.	Hidrogeología	54
2.2.1.	Caracterización geológica	54
2.2.2.	Niveles de agua subterránea	55
2.2.3.	Salmueras	59
2.3.	Derechos de Aprovechamiento y Usos de Agua.....	60
2.4.	Características químicas de las aguas.....	60
3.	Trabajo participativo UTH 4.....	62
3.1.	Metodología	62
3.2.	Percepciones, problemáticas y sus relaciones causa-efecto.....	63
4.	Respuestas a preguntas desde la Mesa Amplia para la UTH 4.....	63
4.1.	Respecto a la afectación de la vida microbiana producto de la extracción de agua.....	63
5.	Análisis de brechas de información UTH 4	64
5.1.	Acceso a la información.....	64
5.2.	Análisis documental.....	64
5.3.	Brechas de información.....	65
V.	UNIDAD TÉCNICA HÍDRICA 5 (UTH-5): BORDE ESTE DE LA CUENCA Y SISTEMA AGUAS DE QUELANA	66
1.	Área de Estudio UTH 5	66
2.	Caracterización de la UTH 5.....	66
2.1.	Hidrología	66
2.1.1.	Estaciones de monitoreo	66
2.1.2.	Hidrografía	68
2.1.3.	Precipitaciones.....	69
2.1.4.	Caudales.....	71
2.1.5.	Evaporación	71
2.2.	Hidrogeología	72
2.2.1.	Caracterización geológica.....	72

2.2.2. Niveles de agua subterránea	74
2.2.3. Salmueras	75
2.3. Derechos de Aprovechamiento y Usos de Agua.....	76
2.4. Características químicas del agua.....	78
3. Trabajo participativo UTH 5.....	80
3.1. Metodología	80
3.2. Percepciones, problemáticas y sus relaciones causa-efecto.....	81
4. Análisis de brechas de información UTH 5	81
4.1. Acceso a la información.....	81
4.2. Análisis documental.....	82
4.3. Brechas de información.....	83
5. Respuestas a preguntas desde la Mesa Amplia para la UTH 5.....	83
5.1. Respecto a la determinación de presencia de vida microbiana en la zona.....	83
VI. Propuestas de iniciativas.....	85

I. ASPECTOS GENERALES DE ESTE INFORME

1. INTRODUCCIÓN

La Mesa Multiactor es un espacio de diálogo entre representantes de organizaciones, comunidades e instituciones que realizan actividades productivas, sociales y/o culturales en la cuenca del Salar de Atacama, en el cual se busca de manera colaborativa, resolver brechas de información sobre la cuenca y generar acuerdos sobre temas prioritarios para los participantes relacionados con la sustentabilidad del territorio. En primera instancia y por decisión de los y las participantes, el agua fue definida como tema prioritario a tratar, enfocándose así, inicialmente, en la protección del ecosistema.

Parte de las actividades son desarrolladas por la Mesa Técnica, instancia que reúne bimensualmente a diferentes representantes de actores locales, con el objetivo de analizar información, identificar participativamente las problemáticas en cada Unidad Técnica hídrica (UTH) definiendo causas, efectos y posibles acciones para abordarlas. Así también, la Mesa Técnica busca dar respuesta a las inquietudes planteadas por los integrantes de la Mesa Amplia respecto de temas técnicos de interés.

En este informe, elaborado por la Secretaría Técnica (GIZ), se presentan los antecedentes relativos a la UHT-3, San Pedro de Atacama y alrededores, que tiene dentro de sus alcances, sintetizar el trabajo desarrollado en la Mesa Técnica para este territorio.

2. OBJETIVOS DEL INFORME

Este informe tiene por objetivos presentar una caracterización de la situación hídrica de las UTH: 2, 3, 4 y 5, de forma sintética, así como informar del trabajo de diagnóstico realizado por los actores que componen la Mesa Técnica, además de las propuestas de solución que surgieron en la reunión. Se incorporan respuestas a las preguntas planteadas por la Mesa Amplia, así como un análisis respecto de las brechas de información disponible para las distintas UTH.

3. CONSIDERACIONES GENERALES

En el primer encuentro de la Mesa Amplia (MA) se realizaron preguntas y sugerencias a la Mesa Técnica (MT) las cuales fueron asignadas a las UTH correspondientes, que para el caso de las UTH presentadas en este informe, se presentan en la Tabla 1.

TABLA 1 . PREGUNTAS DESDE LA MESA AMPLIA PARA LAS UTH 2, 3, 4, Y 5

UTH	PREGUNTA
UTH 2 – Subcuencas ríos San Pedro y Vilama	Qué pasa con trayecto del agua desde norte hasta San Pedro y núcleo del Salar de Atacama
	Revisar que pasa con los caudales desde las montañas hasta San Pedro
	Cómo afecta el uso humano en los cursos de agua (residuos, uso recreativo)
UTH 3 – San Pedro de Atacama	Como aprovechar mejor el recurso hídrico para los regantes
	Contaminación del pueblo: soluciones cambios de habito/soluciones técnicas
	Cómo aprovechar el rechazo planta osmosis
UTH 4 – Borde norte salar y sistema lacustre Soncor	Cómo afecta la extracción de agua a la vida microbiana
UTH 5 – Borde este de la Cuenca y Sistema Aguas de Quelana	Determinar presencia de vida microbiana en la zona

Fuente: Elaboración Propia.

Las preguntas y sugerencias asignadas para cada UTH fueron consideradas por la Secretaría Técnica para la elaboración de este informe y para la orientación del trabajo desarrollado en la recopilación de antecedentes de cada UTH.

4. ÁREA DE ESTUDIO

Para facilitar el trabajo de análisis se ha dividido el área de estudio en 8 Unidades Técnicas Hídricas (UTH) de las cuales en este informe se abordan las siguientes:

- UTH-2: Subcuencas ríos San Pedro y Vilama
- UTH-3: San Pedro de Atacama
- UTH-4: Borde norte salar y sistema lacustre Soncor
- UTH-5: Borde este de la cuenca y Sistema Aguas de Quelana

En los apartados correspondientes a cada UTH se presenta una descripción específica del área abordada.

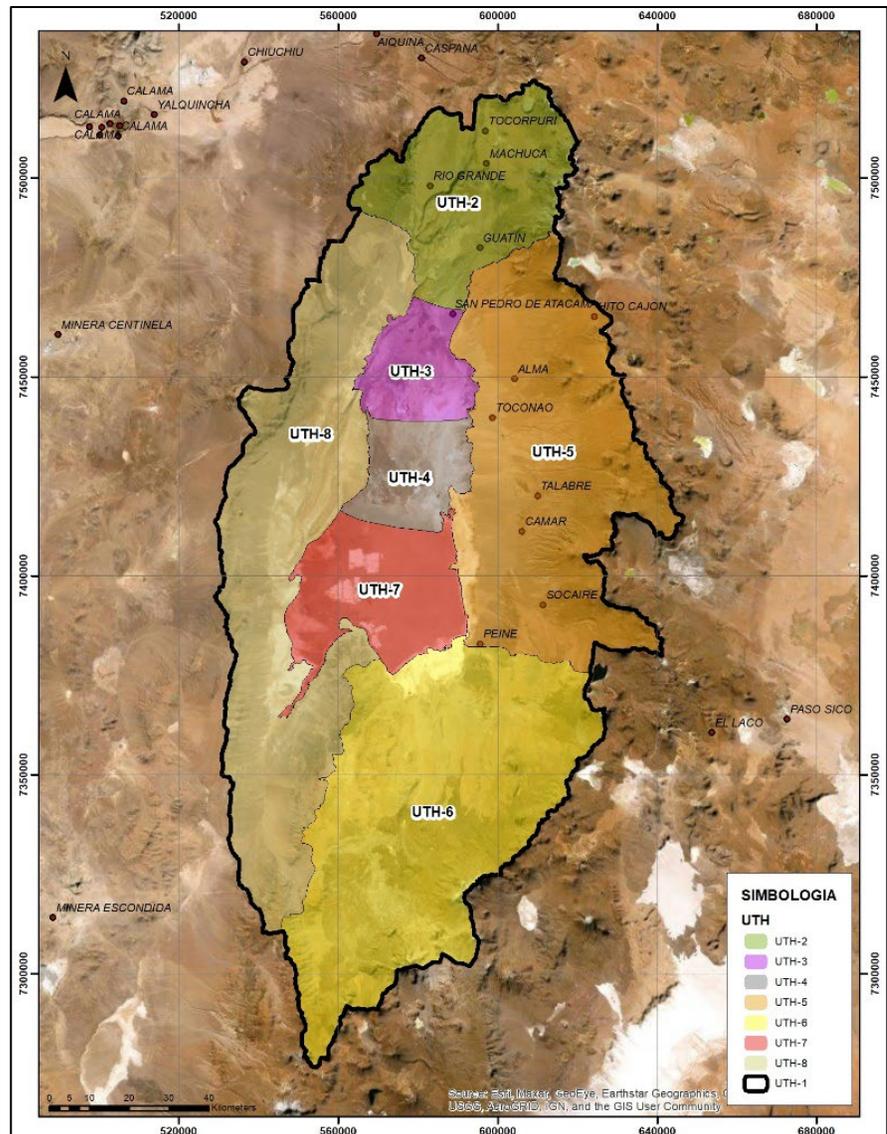


FIGURA 1. LOCALIZACIÓN UTHS

Fuente: Elaboración Propia.

5. ASPECTOS METODOLÓGICOS

El trabajo desarrollado para obtener un diagnóstico de cada una de las UTH, contempla tanto la caracterización basada en antecedentes bibliográficos recopilados y analizados por la Secretaría Técnica, así como el trabajo participativo que se llevó a cabo en cada encuentro de la Mesa Técnica y que permite complementar los antecedentes con los puntos de vista, preocupaciones y propuestas de solución planteadas por diferentes actores presentes en el territorio que se han sumado a la Mesa Multiactor.

5.1. Caracterización de las UTH

Este informe busca ser reflejo de este trabajo, para lo cual en su primera parte presenta una Caracterización del área de estudio, en la cual se presenta una base de información que permite generar una aproximación al estado actual de la situación del agua en cada una de las UTH, además de guiar el trabajo de la Mesa Técnica y avanzar en dar respuesta a las inquietudes planteadas por la Mesa Amplia, recopilando antecedentes respecto de las variables hídricas de estas unidades. Para ello se revisó información relacionada con hidrología, hidrogeología, hidroquímica red de monitoreo, además se menciona una aproximación a los usos del agua en este territorio basada en los derechos de aprovechamiento otorgados. Para esta recopilación, se consultaron fuentes públicas de información, la página web de la Dirección General de Aguas, (<https://dga.mop.gob.cl/Paginas/default.aspx>) la Superintendencia de Medio Ambiente (<https://portal.sma.gob.cl/>), Servicio de Evaluación Ambiental, (<https://www.sea.gob.cl/>) entre otras fuentes públicas de información, donde existe información técnica levantada por el estado, por empresas y otras instituciones.

5.2. Trabajo Participativo

Luego de la caracterización se presenta brevemente detalles del trabajo participativo desarrollado en los encuentros de la Mesa Técnica. Este trabajo participativo se desarrolla tanto de forma presencial y como vía remota, considerando ampliar la participación a quienes por diversos motivos no pueden asistir al taller. En general, cada jornada tuvo tres momentos principales: 1) introducción y contextualización en donde se desarrolla una presentación de antecedentes técnicos que buscan ayudar a comprender el funcionamiento hídrico de la UTH; 2) conversación y desarrollo de ideas separado por mesas de trabajo en donde se ha buscado avanzar hacia un diagnóstico compartido e integral de las problemáticas en torno a la gestión y gobernanza de los recursos hídricos del territorio, identificando y definiendo causas, así como acciones y acuerdos necesarios para reducir las brechas y problemáticas identificadas (p.ej. hídricas, de conocimiento, de información, etc.), propendiendo a la construcción de una visión compartida.; 3) plenaria con la síntesis de la actividad y los hallazgos de esta.

5.3. Identificación de brechas de información

Se construyó una base de información de los antecedentes asociados al recurso hídrico en la Cuenca del Salar de Atacama recopilados por la Secretaría Técnica, disponibles para acceso en línea en sitios de entidades gubernamentales, universidades, centros de investigación, publicaciones científicas, entre otros. Estos documentos fueron revisados respecto de sus objetivos, contenidos, área geográfica abarcada (a qué UTH aporta información), metodología, datos utilizados, resultados y conclusiones.

Luego de esto y considerando la variedad de temáticas, para simplificar la visualización de la información se agruparon antecedentes en 7 grandes categorías: Antecedentes Geológicos (incluyen los antecedentes geológicos, estratigráficos, geofísicos, geología estructural, geomorfológicos, geoquímicos y de teledetección), Antecedentes Hidrológicos (agrupan antecedentes sobre meteorología, hidrología, hidroquímica, calidad de aguas e isotopía correspondientes a estudios relacionados con aguas superficiales), Antecedentes Hidrogeológicos (Hidrogeología, modelo numérico, hidroquímica, calidad de agua e isotopía para las aguas subterráneas), Antecedentes de Gestión Hídrica (Estudios de Balance Hídrico y Planes Estratégicos de Gestión Hídrica), Antecedentes ambientales (Planes de monitoreo y seguimiento ambiental (PSMA), Estudios de Impacto Ambiental (EIA), ciencias ambientales y sistemas vegetacionales) y siguiendo la misma lógica se establecieron también las categorías de Antecedentes de Minería y Antecedentes Socioculturales.

II. UNIDAD TÉCNICA HÍDRICA 2 (UTH-2): SUBCUENCAS DE LOS RÍOS SAN PEDRO Y VILAMA

1. ÁREA DE ESTUDIO UTH 2

El área de estudio que abarca la UTH-2, y que se presentan en la Figura 2, está definida por el límite de las subcuencas de los ríos San Pedro y Vilama. El límite de la UTH-2 hacia el norte, coincide con el límite de la cuenca del Salar de Atacama, y aguas abajo (hacia el sur) se considera hasta la sección de los ríos donde las aguas superficiales de estos se canalizan para riego de las áreas de cultivo que se desarrollan en la comuna de San Pedro de Atacama.

Respecto del origen de los cauces principales de estas subcuencas, el río San Pedro tiene su origen en la vertiente conocida como Ojo de Putana, ubicada a los pies del volcán Putana, el cual se encuentra sobre los 4.000 m.s.n.m. Nace de la confluencia de los ríos Salado y Grande que son sus afluentes. Por su parte, el río Vilama nace de la confluencia del río Puritama y la quebrada Puripica (o Purifica). Esta confluencia se ubica en el sector de Guatín. Su cauce presenta una extensión de 19 km y se forma a partir de los aportes superficiales que provienen de vertientes, tales como las vertientes termales salobres ubicadas en la quebrada Turipite de origen hidrotermal.

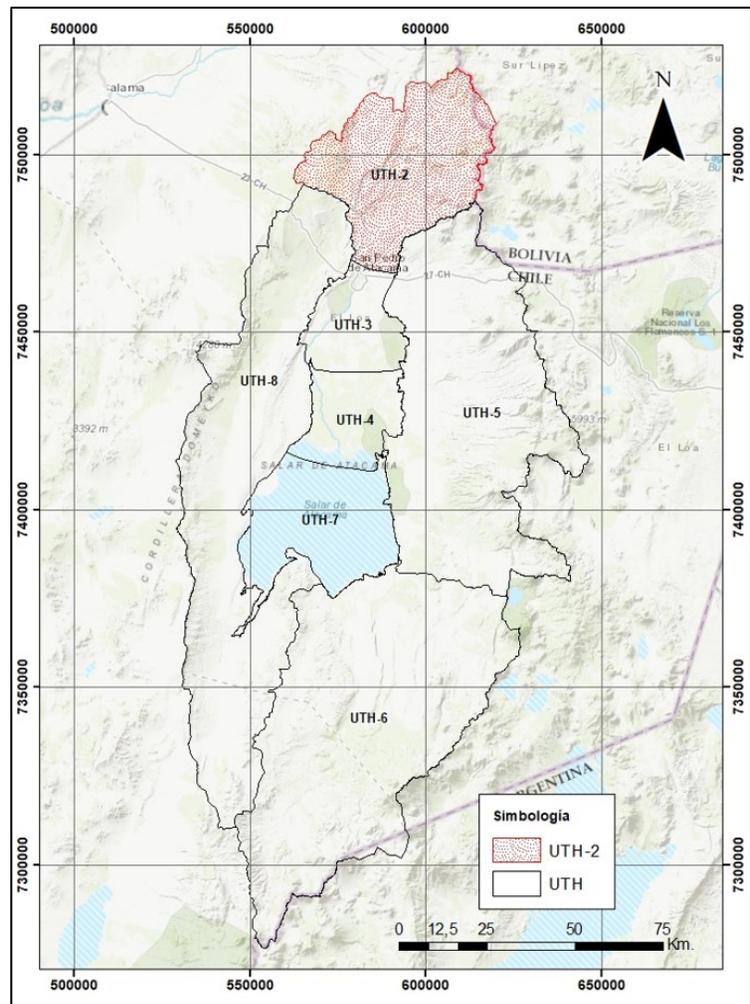


FIGURA 2. LOCALIZACIÓN UTH 2

Fuente: Elaboración Propia.

2. CARACTERIZACIÓN DE LA UTH 2

2.1. Hidrología

2.1.1. Estaciones de monitoreo

En el área correspondiente a la UTH2, con base a la información pública disponible en la plataforma de la Dirección General de Aguas (DGA), Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea, es posible identificar 4 puntos de monitoreo, los que corresponden a 2 estaciones meteorológicas y a 2 estaciones fluviométrica, las que se presentan a continuación en la Tabla 2.

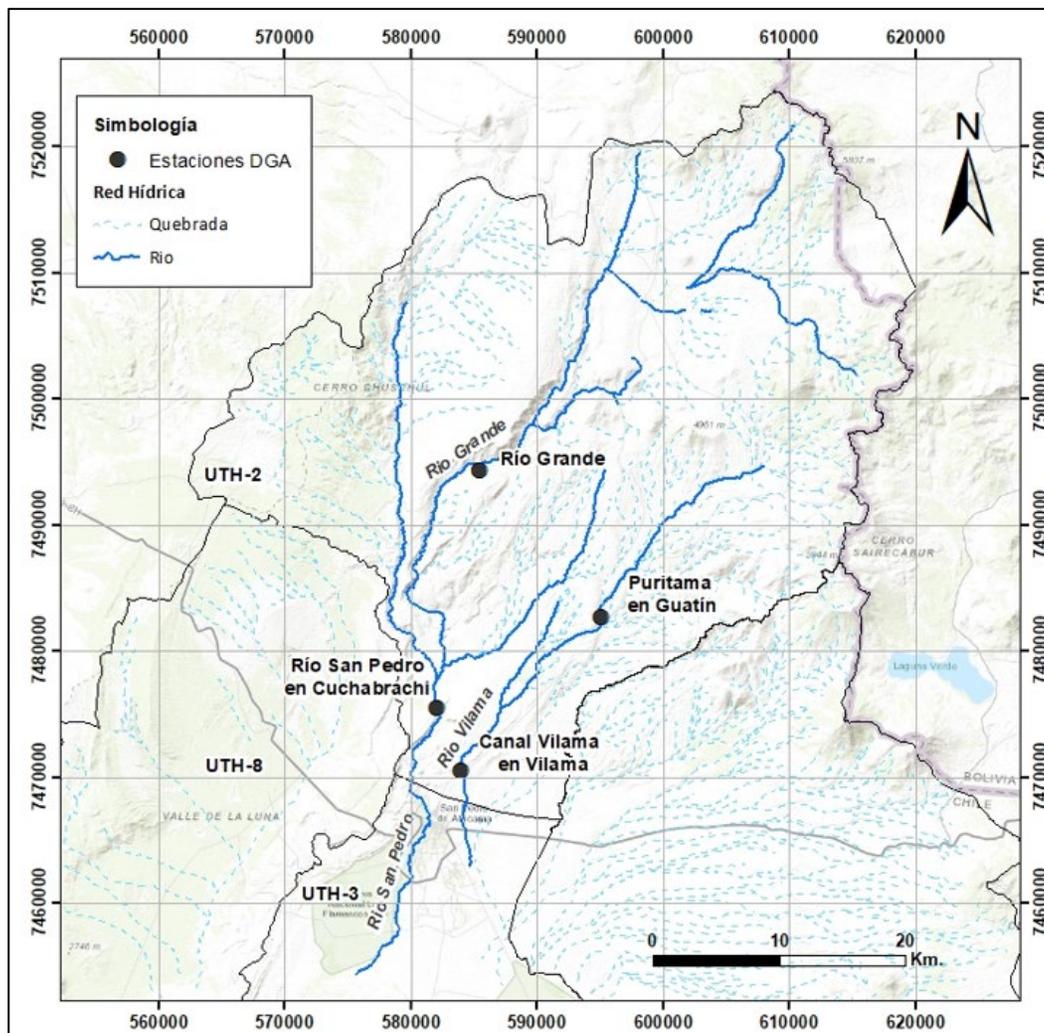
Las estaciones pluviométricas (que registran los datos de precipitaciones) corresponden a las estaciones “Río Grande” y “Guatín” (descontinuada) y las estaciones fluviométricas (medición de caudal) se encuentran cercanas a las bocatomas de los ríos y tienen por nombres “Río San Pedro en Cuchabrachi” y “Canal Vilama en Vilama”. La ubicación de las estaciones se presenta en la Figura 3.

TABLA 2. ESTACIONES DE MONITOREO DGA UTH-2

COD_BNA	Nombre	Coord. Este	Coord. Norte	Variable
02500004-8	Canal Vilama en Vilama	584.003	7.470.301	Fluviométrica - Calidad
02500028-5	Guatín	595.192	7.482.626	Meteorológica
02510001-8	Río San Pedro en Cuchabrachi	582.059	7.475.533	Fluviométrica
02510007-7	Río Grande	585.548	7.494.766	Meteorológica

Fuente: Elaboración Propia, en base a DGA.

FIGURA 3. UBICACIÓN DE ESTACIONES PÚBLICAS DE MONITOREO



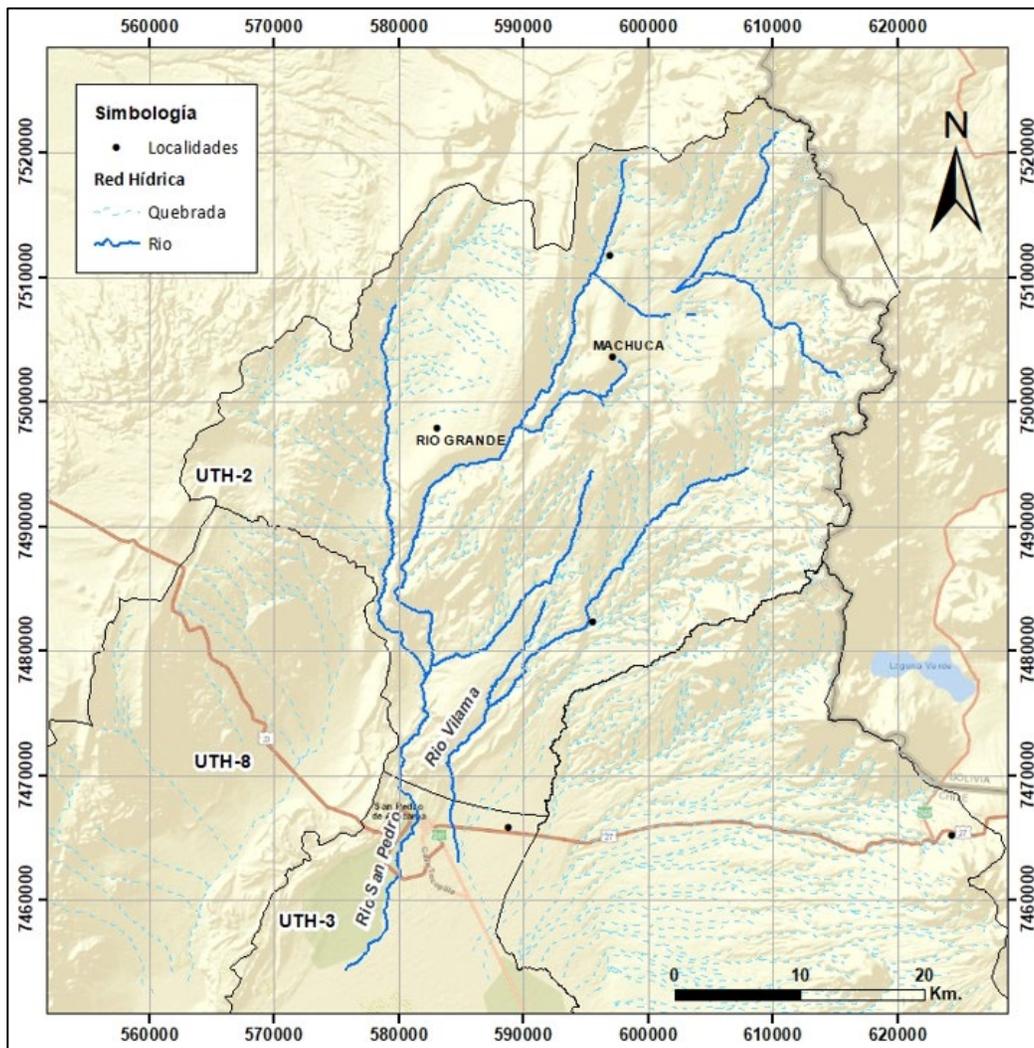
Fuente: Elaboración Propia.

2.1.2. Hidrografía

El sector norte de la cuenca del Salar de Atacama se caracteriza por transportar aguas, de manera superficial y subterráneamente, desde las cabeceras de las cuencas mencionadas, hacia la localidad de San Pedro de Atacama. Es en esta porción de la cuenca en donde se desarrollan los cursos de agua superficiales más importantes del sector norte de la cuenca del Salar de Atacama (Figura 4).

El río San Pedro se genera de la confluencia de los ríos Grande, que viene del noreste, y Salado, que proviene del noroeste. Esta junta se produce a unos 12 km aguas arriba del pueblo de San Pedro de Atacama. A su vez, el río Grande proviene de la reunión en la alta cordillera de los ríos Jauna y Putana. El río San Pedro es el principal aporte superficial al salar y el que sustenta la mayor área regada alrededor del pueblo principal. Por su parte, el río Vilama tiene un cauce paralelo al río San Pedro y desemboca unos 5 km al oriente de la desembocadura de este último. Se origina en Guatín, a unos 22 km al norte del pueblo de San Pedro de Atacama, de la confluencia de los ríos Purifica y Puritana, a 3.370 m de elevación.

FIGURA 4. RÍOS SAN PEDRO Y VILAMA



Fuente: Elaboración Propia

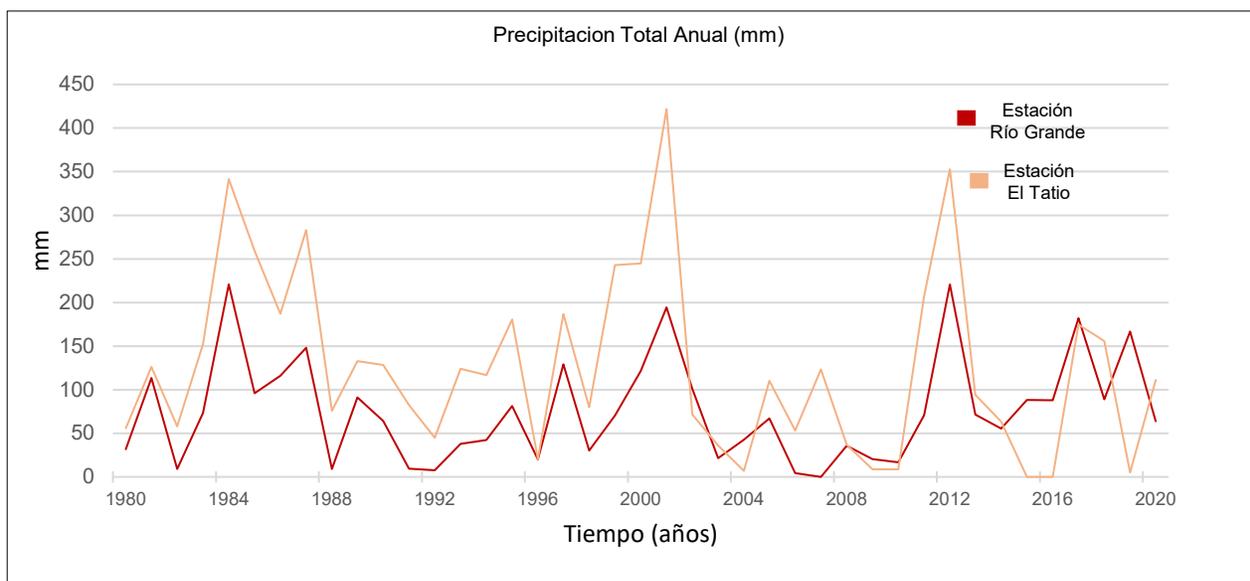
2.1.3. Precipitaciones

Uno de los principales mecanismos de recarga de la cuenca del Salar de Atacama son las precipitaciones, ya sean lluvia o nieve, las cuales ocurren principalmente en las partes altas de la cuenca. La precipitación en la cuenca del Salar de Atacama es principalmente originada de las masas de aire húmedo provenientes del noreste (Amazonas), que ocasionan precipitaciones en los meses de verano (el llamado “Invierno Altiplánico” o “Invierno Boliviano”). Por otro lado, en invierno predominan las precipitaciones sólidas, que se traducen a nieve en la Alta Cordillera producto de las bajas temperaturas, nieve que al derretirse una porción de esta recarga la cuenca y la otra se sublima, traspasándose directamente a la atmosfera como vapor de agua. Es deber señalar, que durante los meses de invierno es posible identificar algunos eventos de precipitación de menor magnitud asociados a masas de aire provenientes del Pacífico.

Se recopilaron y analizaron los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas “Río Grande” y “Guatín” (que se encuentra discontinuada). Además, se incluyen datos de la estación El Tatio ubicada en el sector de las nacientes más arriba del límite de la cuenca del Salar de Atacama, ya que, es representativa de las precipitaciones que ocurren en el sector altoandino considerando la cota (altura) a la que esta se ubica.

Respecto a la precipitación total anual, se compara la cantidad total de agua caída por cada año de registro en las estaciones Río Grande (3.250 msnm) y El Tatio (4.370 msnm) desde el año 1980, donde se observa que tienen un comportamiento similar, donde las precipitaciones anuales en la estación “El Tatio” son en general mayores que los de la estación “Río Grande”, que podría estar relacionado con el gradiente altitudinal de las precipitaciones en la región. A continuación, en la Figura 5 se presenta de manera gráfica los registros de precipitación para las estaciones señaladas.

FIGURA 5. PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL ESTACIONES RÍO GRANDE Y EL TATIO



Fuente: Elaboración Propia

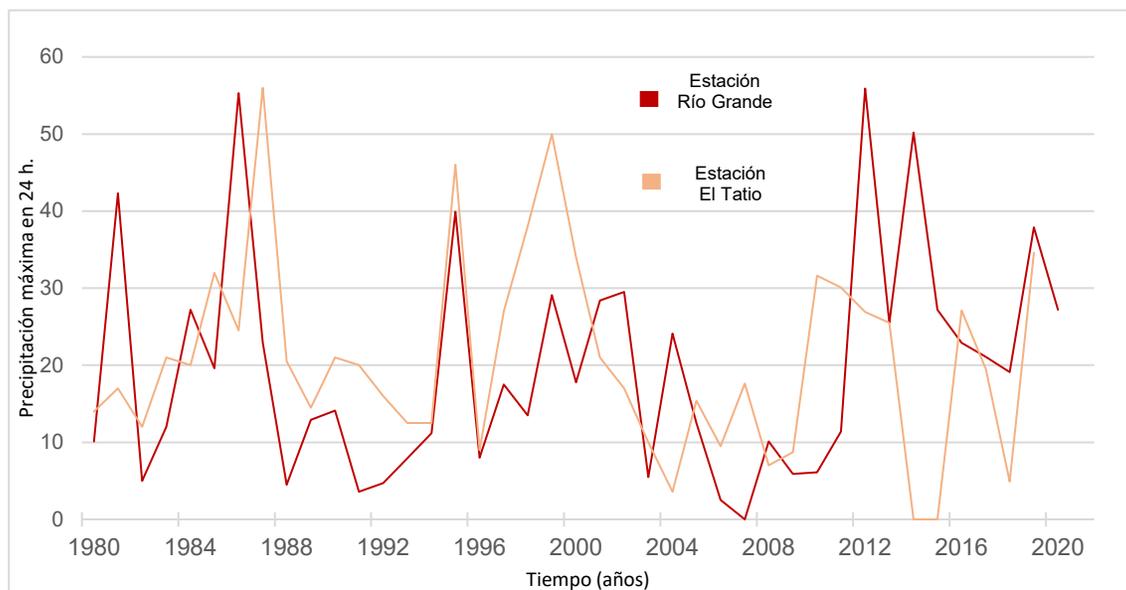
Los registros de precipitaciones de las estaciones analizadas muestran ciclos variables, entre periodos húmedos versus periodos más secos. Se observa que entre los años 1983 y 1988 hay un periodo de abundancia relativa de las precipitaciones, lo mismo se repite entre 1998 y 2003 y posteriormente entre los años 2010 y 2015. Situación contraria o seca se intercala entre las series temporales 1988- 1996, 2003- 2010. Lo anterior

repercute directamente en variables como caudales, evaporación, disponibilidad de agua superficial (riego) entre otras.

Respecto a los eventos de precipitación máximas en 24 h, también conocidos como eventos extremos de precipitación, son reconocidos como posibles gatilladores de crecidas, desencadenando eventos como por ejemplo remociones en masa, aluviones y caída de bloques que pueden modificar los cauces, inhabilitar estaciones de monitoreo y causar daños a la infraestructura hidráulica y también a la infraestructura pública, como caminos, puentes o centros poblados.

A continuación, en la Figura 6 muestran de manera gráfica los eventos máximos en 24 horas, de acuerdo con los registros se aprecia que desde los años 80 los registros muestran eventos extremos por sobre los 50 mm de agua caída en 24 horas. Destacan los eventos de los años 1987 y 2013 como máximos históricos

FIGURA 6. PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS.



Fuente: Elaboración Propia

2.1.4. Caudales

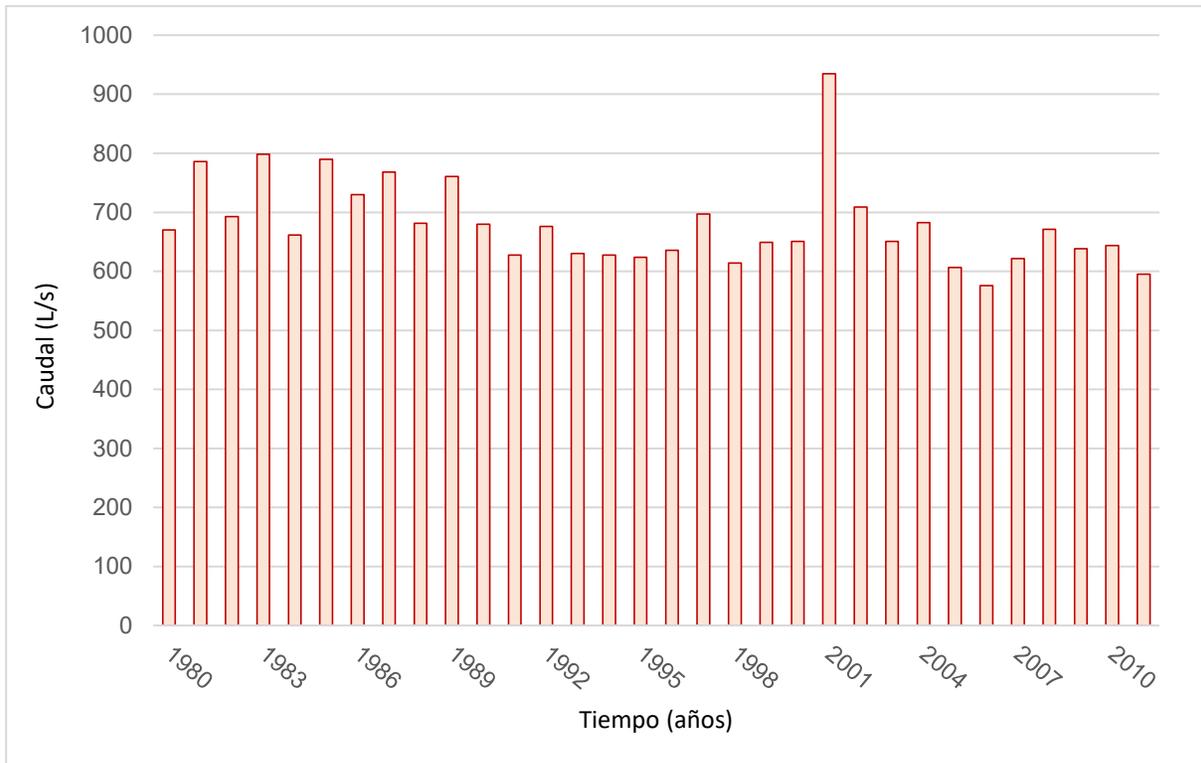
El caudal indica cantidad de agua (volumen) que transporta el río, estero o canal, a través de una sección definida, para una unidad de tiempo determinado. El caudal, en un curso de agua superficial varía durante su transcurso debido a que pueden existir recargas, infiltraciones, extracciones, entre otras.

La escorrentía o escurrimiento superficial, que es la corriente de agua superficial transportada por el río, constituye la fuente principal de agua para la existencia de los ecosistemas asociados a los cauces de los ríos y esteros. Se usa además para el riego, agricultura y ganadería, las que corresponden a actividades culturales y económicas.

Se identifican dos estaciones fluviométricas (medidoras de caudal): “Río San Pedro en Cuchabrachi” y “Canal Vilama en Vilama”, que están ubicadas a poca distancia de las bocatomas respectivas, antes de que las aguas sean captadas para su canalización, ambas estaciones se ubican en la parte baja de las subcuencas de estos ríos. Los registros de ambas estaciones se encuentran discontinuados.

El promedio del caudal anual, registrado en la estación “Río San Pedro en Cuchabrachi” del período 1980-2011 es de aproximadamente 780 l/s. El máximo caudal registrado fue el año 2001, alcanzando 935 l/s. Mientras que el mínimo registrado se observa el año 2006 con 576 l/s coincidiendo también con uno de los años más secos registrados. (ver Figura 7).

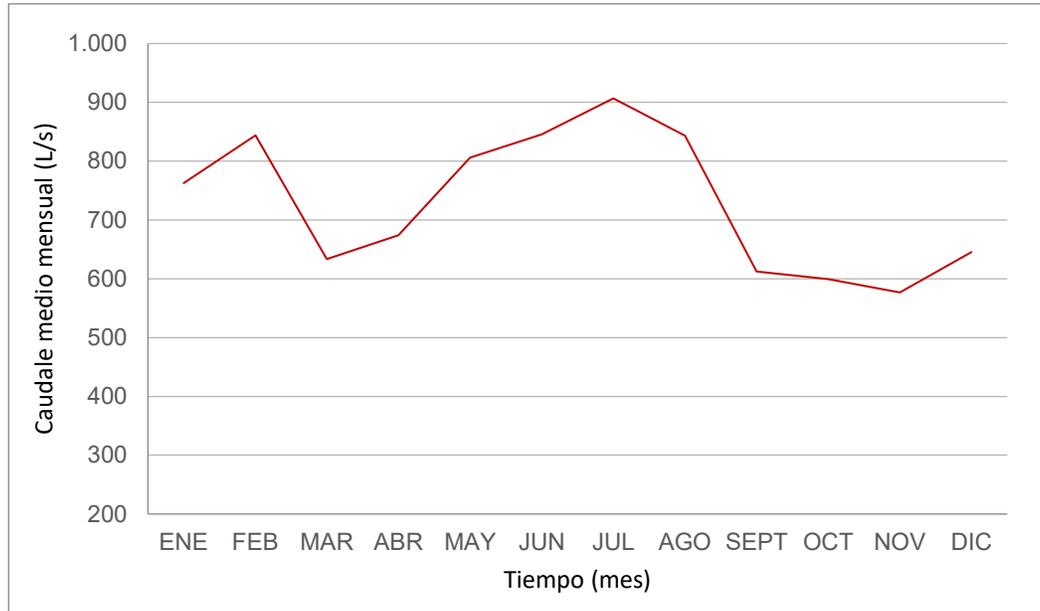
FIGURA 7. CAUDAL MEDIO ANUAL (L/S), ESTACIÓN RÍO SAN PEDRO EN CUCHABRACHI



Fuente: Elaboración Propia

El análisis de los datos intra anuales, que se presentan a continuación en Figura 9, muestran que el caudal aumenta en dos épocas del año: enero-febrero (época estival) y mayo-agosto (época invernal), es decir, se ve influenciado estacionalmente por recargas de lluvia en verano y derretimiento de nieve en invierno. Considerando los valores promedio mensuales que se muestran en el gráfico, los caudales varían más de 300 l/s entre el mes de julio y noviembre, los que muestran caudales medios de 906 y 576 L/s respectivamente.

FIGURA 8. CAUDAL MEDIO MENSUAL, ESTACIÓN RÍO SAN PEDRO EN CUCHABRACHI



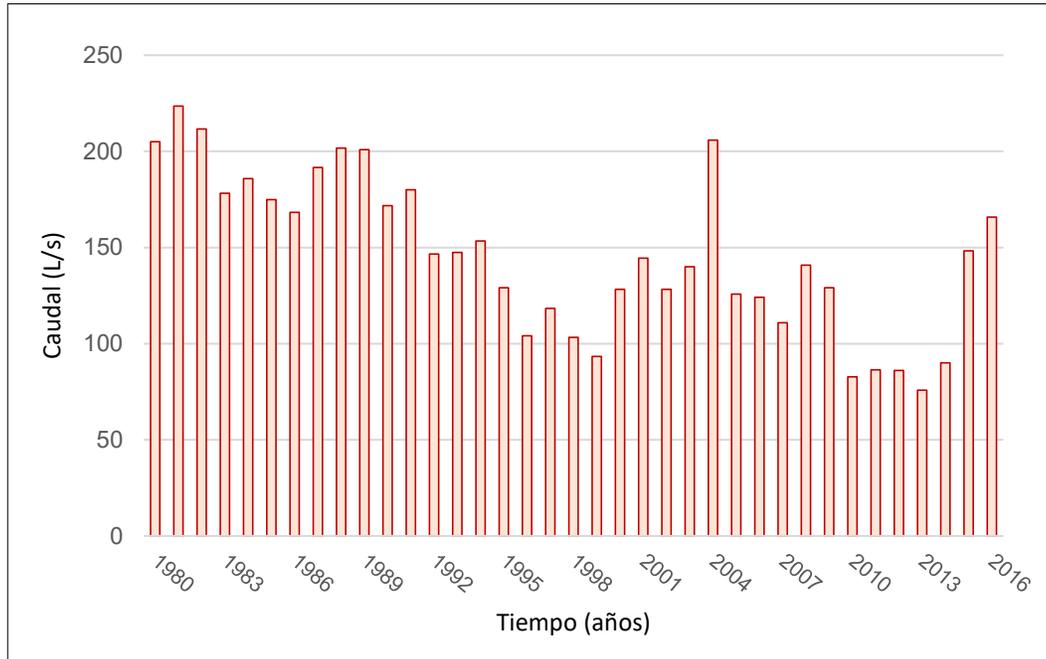
Fuente: Elaboración Propia

Respecto a los datos de caudal de la estación Canal Vilama en Vilama, que se representa a continuación en la Figura 9 el promedio del caudal anual del período 1980-2016 es de cerca de 145 L/s y se observa que han descendido aproximadamente 100 l/s para este período, sin embargo, se registra una recuperación importante en los años 2015 y 2016 donde los caudales se mantienen en torno a los 150 l/s.

Los datos disponibles para el periodo 1980 a 2016 muestran que en general los caudales ahí registrados muestran una tendencia al descenso es decir que el caudal ha disminuido en función del tiempo. Lo anterior podría estar vinculado a dos fenómenos, disminución de las precipitaciones o aumento de las superficies de cultivo que se desarrollan aguas arriba de la estación de monitoreo a la suma de ambos. La media anual máxima de caudal corresponde al año 1981, alcanzando 223 L/s, mientras que el registro mínimo se observa el año 2013 donde solo se registraron 75 L/s como caudal medio anual.

Es importante mencionar que las aguas captadas y transportadas por la cuenca del río San Pedro son de mayor magnitud que las aguas provenientes de la subcuenca del río Vilama, lo anterior se explica principalmente por el tamaño de las cuencas y las características naturales de estas, como por ejemplo la altitud, pendiente media, tamaño (área aportante) entre otras.

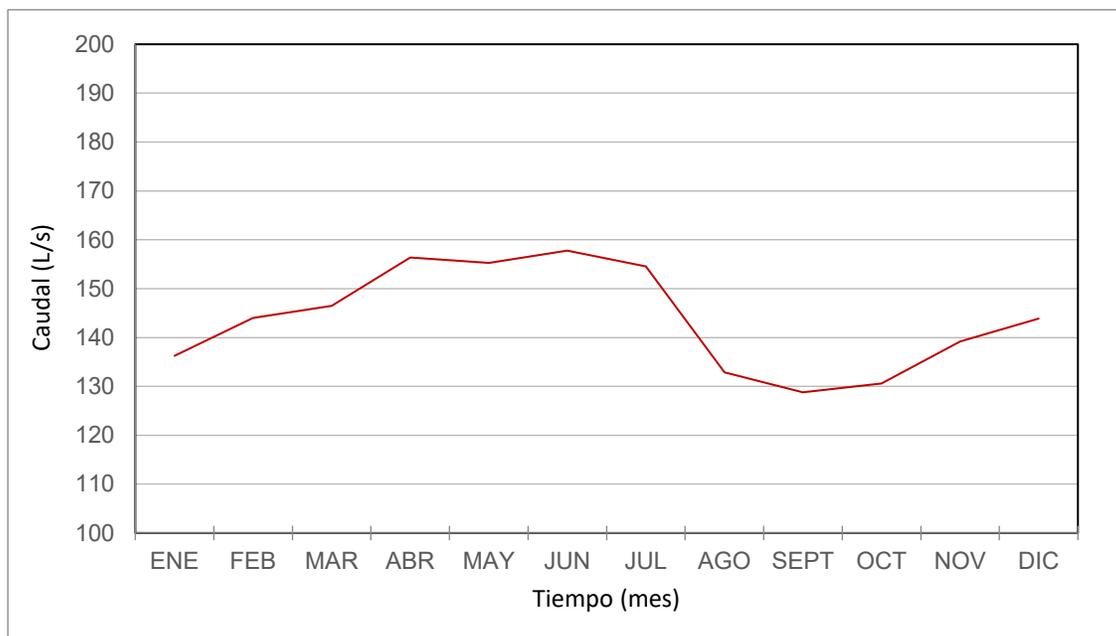
FIGURA 9. CAUDAL MEDIO ANUAL, ESTACIÓN CANAL VILAMA EN VILAMA



Fuente: Elaboración Propia

El análisis de los datos intraanuales que se presentan en la Figura 10, muestran que el caudal es mayor entre abril-julio, y luego desciende para alcanzar valores mínimos entre agosto-octubre. El caudal comienza a aumentar gradualmente desde los 140 L/s promedio entre octubre y abril, luego se mantiene constante hasta julio en torno a los 155 L/s y luego desciende a 130 L/s.

FIGURA 10. CAUDAL MEDIO MENSUAL, ESTACIÓN "CANAL VILAMA EN VILAMA"



Fuente: Elaboración Propia

2.1.5. Evaporación

La evaporación es la cantidad de agua que pasa a la atmósfera, como gas (vapor) para una unidad de tiempo determinado. Para estimar la evaporación potencial, en general se considera la evaporación de bandeja medida en las estaciones meteorológicas y un factor de corrección, que está determinado por la ubicación geográfica de la estación de monitoreo

La tasa de evaporación desde el subsuelo se puede obtener a partir de distintos métodos, ya sea lisímetros, evaporímetros o domo de evaporación. En la UTH-2 se estima que; del total de precipitaciones que ocurren en un evento determinado, el 77% de ésta vuelve a la atmósfera mediante el proceso de evaporación, el 23% restante se transforma en escorrentía e infiltración¹. Otros estudios realizados por DGA, indican que, en el sector norte de la cuenca, donde se ubica la UTH-2 los valores de evaporación se aproximan a 6.370 L/s². Por otra parte, la evaporación desde el Salar, depende de la densidad del agua, del tipo de sedimentos, de la profundidad del agua y de la presencia y características de la costra que lo cubre.

2.2. Hidrogeología

2.2.1. Caracterización geológica

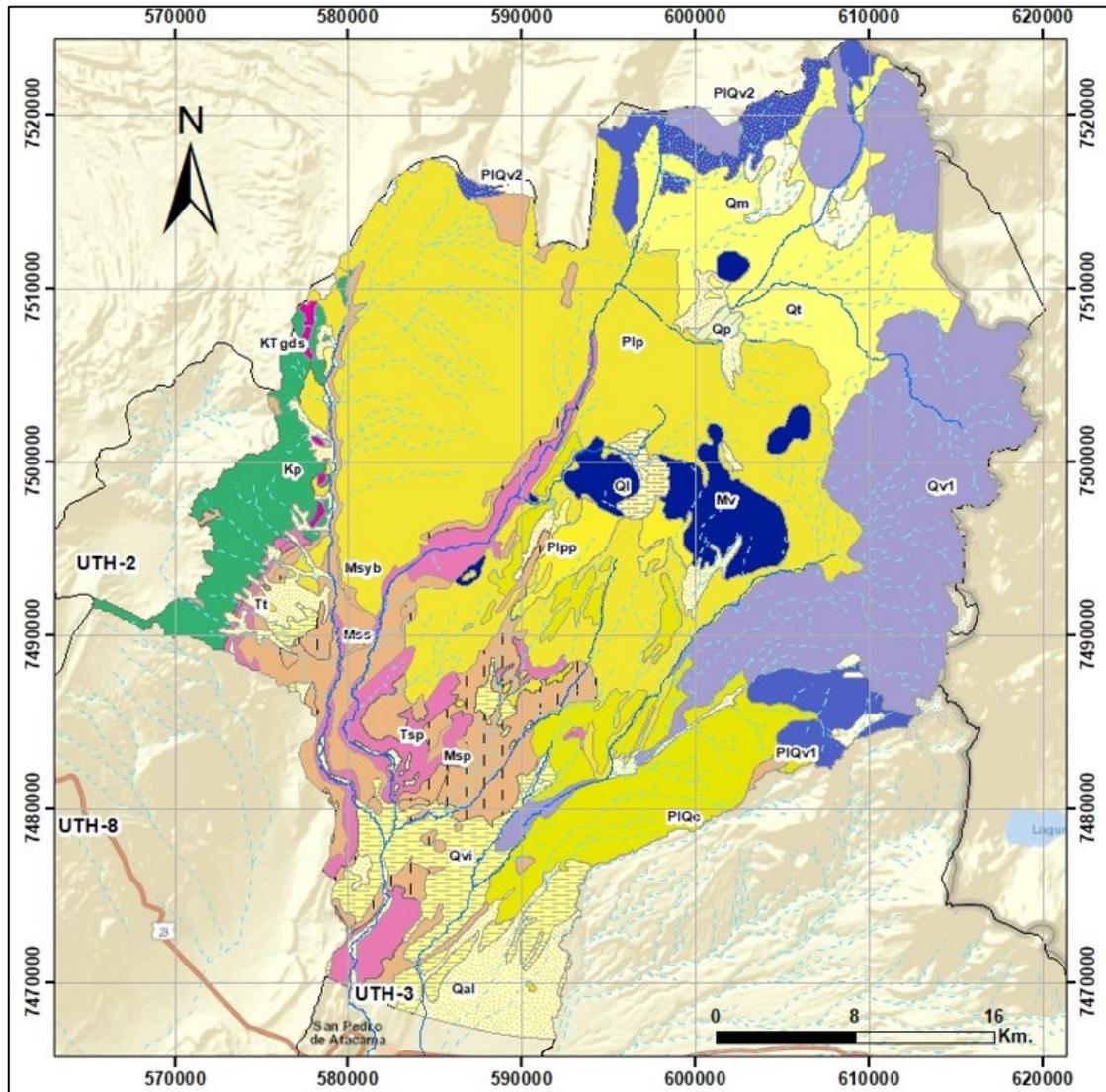
En general la zona norte de la cuenca del Salar de Atacama destaca por presentar materiales de origen volcánico, ya sean coladas de lava, cenizas y otros materiales de tipo sedimentario como areniscas y otras evaporitas que presentan diversos grados de consolidación. El río Vilama y sus Afluentes, como se muestran en la Figura 11, atraviesan las unidades ignimbríticas Puripicar y Chaxas, los cuales consisten en rocas piroclásticas de composición intermedia y ácida, las ignimbríticas en términos simples corresponden a depósitos de cenizas volcánicas que se han consolidado o litificado por efectos del tiempo y de la química de los depósitos. El Río Vilama atraviesa coladas de lavas andesíticas basálticas, las ignimbríticas Pelón de composición ácida y, a la Formación Vilama, que corresponde a areniscas calcáreas poco consolidadas en los horizontes superficiales del suelo.

El río San Pedro también transcurre sobre materiales del mismo origen que el Vilama, no obstante, en su trayecto destacan depósitos evaporíticos que interactúan con las aguas superficiales del río modificando la composición química de estas, producto de la lixiviación o disolución de sales presentes en esta formación. Lo anterior implica un aumento de los sólidos disueltos, aumento en la concentración del ion cloruro, sodio entre otros, los que modifican parámetros como la conductividad eléctrica de las aguas.

¹ Estudio de modelos Hidrogeológicos conceptuales integrados, para los salares de Atacama, Maricunga y Pedernales. CORFO 2018

² Análisis de la oferta hídrica del Salar de Atacama DGA 2013

FIGURA 11. GEOLOGÍA DE LA UTH-2



Fuente: Elaboración propia.

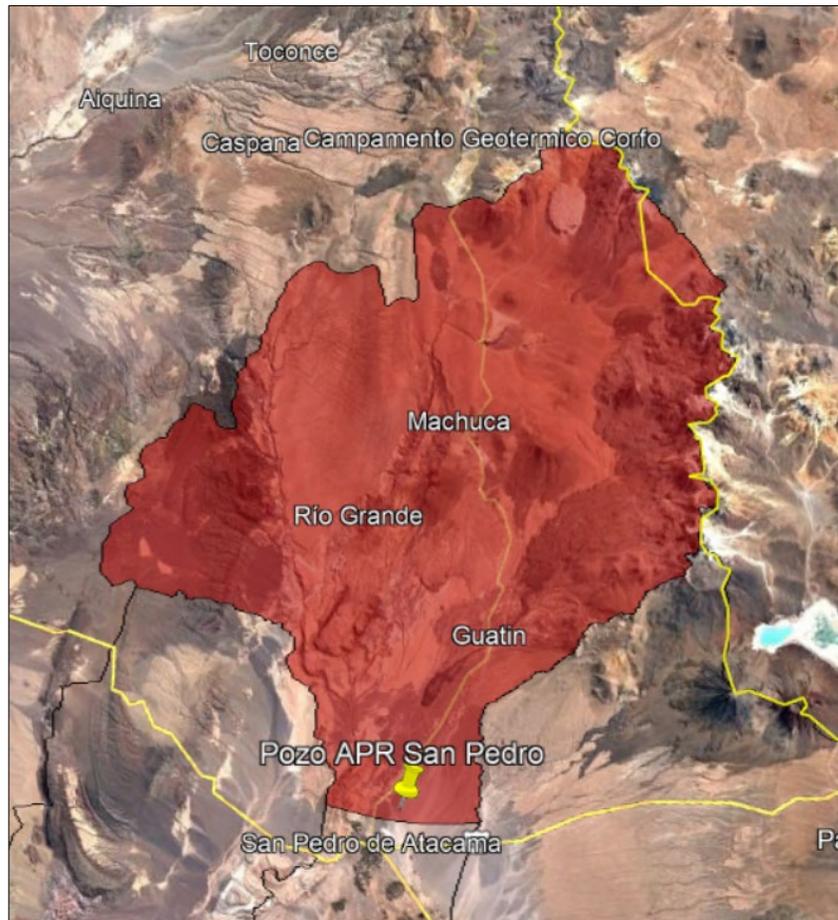
2.2.2. Nivel de aguas subterránea

Es la distancia entre la superficie de la tierra y el límite superior (techo) del acuífero, es decir es la distancia entre el nivel del terreno y el agua subterránea que aloja el medio geológico. La medición periódica o continua de los niveles de salmuera/agua permite conocer como estos varían en el tiempo. En la cuenca del Salar de Atacama se observan niveles que varían estacional e interanualmente debido a la dinámica meteorológica, otros que reportan descensos producto del bombeo asociado a la extracción de aguas subterránea, producto del ejercicio de los derechos.

No existen puntos de monitoreo de niveles de agua subterránea que sean de carácter público registrados en la Red Hidrométrica de la Dirección General de Aguas (https://snia.mop.gob.cl/mapa_prod). No obstante, para poder identificar la profundidad de nivel se ha revisado expedientes de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas de pozos que se ubiquen dentro de la UTH-2, para ello la fuente de información es el Observatorio Georreferenciado de la Dirección General de Aguas (<https://snia.mop.gob.cl/observatorio/>). Al

respecto el punto de referencia de nivel corresponde al expediente ND-0202-1595/1 Pozo APR San Pedro, que en el mes de abril del año 2002 presentó un nivel estático de 29,6 metros. No existen mapas piezométricos (mapas que indican profundidad de referencia del nivel freático) para el sector. A continuación, en la Figura 12 se muestra la ubicación del pozo mencionado en el contexto (área color rojo) de la UTH-2.

FIGURA 12. UBICACIÓN POZO APR SAN PEDRO



Fuente: Elaboración propia

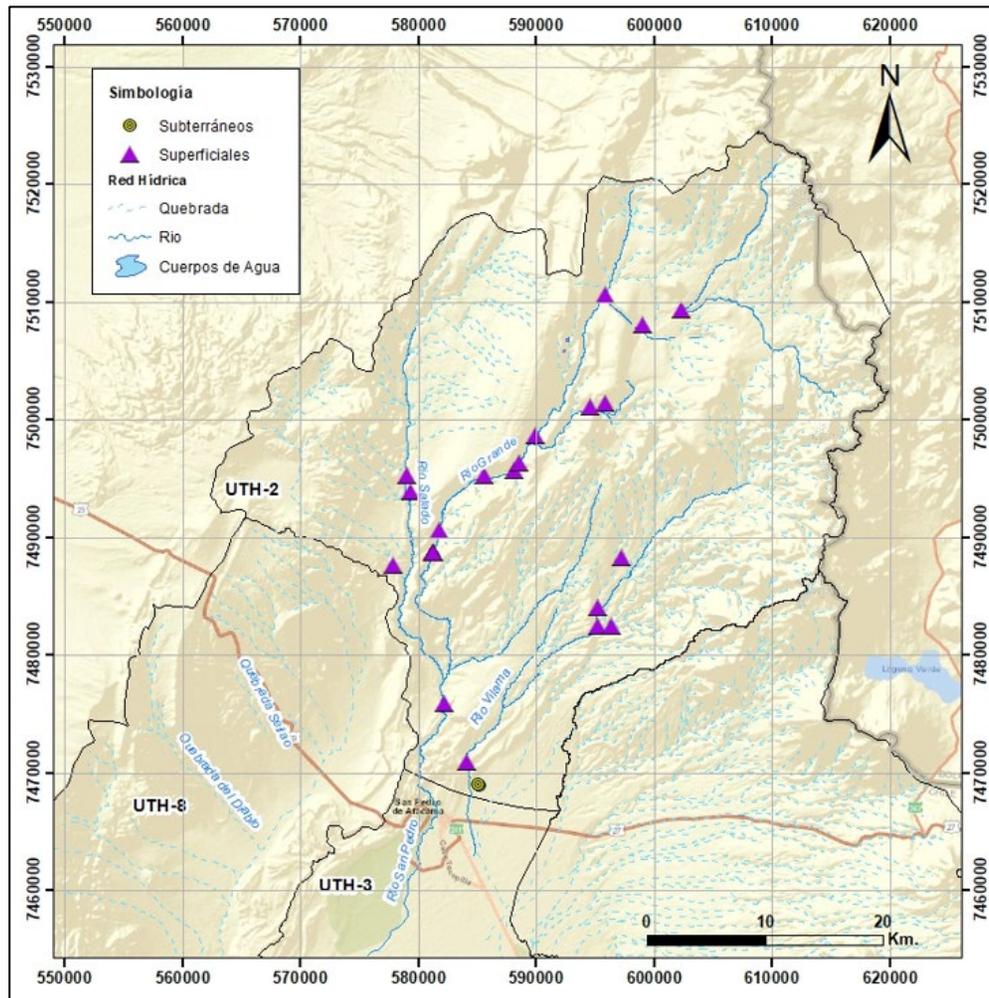
2.2.3. Salmueras

Dentro del área de la UTH-2 no existen antecedentes que demuestren la presencia de niveles freáticos correspondientes a salmuera. En este sector no existe extracción de este recurso mineral. Ni tampoco antecedentes que respalden la presencia de la cuña salina por debajo de los niveles de agua dulce.

2.3. Derechos de Aprovechamiento y Usos de Agua

Para analizar los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas existentes en la UTH-2 se ha tomado como fuente de información el Catastro Público de Aguas (CPA) dependiente de la DGA. En base a esa fuente de información se han posicionado las coordenadas registradas en el catastro, las que se han dispuesto en una cartografía para conocer la ubicación espacial de los derechos, que se presenta en la Figura 13

FIGURA 13. DERECHOS DE AGUA OTORGADOS EN LA UTH-2



Fuente: Elaboración propia en base a DGA.

Es importante mencionar que de acuerdo con la información todos los derechos de agua en la UTH-2 uno es de fuente subterránea y el resto es de fuente superficial, distribuidos en 39 puntos de captación. La suma total de los derechos en la UTH-2, de acuerdo con la información disponible, corresponden a 1.489,9 L/s en total. De este total 40 L/s están inscritos para “otros usos”, 1.395,3 L/s para riego, 0,39 L/s para “silvoagropecuario” y 54.2 L/s no registran uso en su inscripción.

2.4. Características químicas del agua

Antecedentes de la Comisión Nacional de Riego indican que tradicionalmente las aguas de los ríos San Pedro y Vilama se mezclaban y los regantes ocupaban “todo el río”. Ya en la década de 1960, las aguas de los ríos fueron separadas y destinadas a regar Ayllus distintos. Las aguas del río San Pedro, comenzaron a regar los ayllus desde Cuchabrache-Catarpe, hasta Cúcuter., y las aguas del Vilama en cambio se destinaron a regar los ayllus de Vilama, Poconche, Beter y Tulor.

Las aguas de los ríos San Pedro y Vilama, como y es sabido son canalizadas para riego y uso agrícola, zón por la cual es importante conocer su composición química. Se han revisado algunos antecedentes que contienen

datos hidroquímicos puntuales de los ríos San Pedro y Vilama que se remontan a estudios de finales de los años 90 (Hauser, 1997; EDRA, 1997; Risacher, Alonso y Salazar, 1999)

En el contexto de la Mesa Multiactor se han desarrollado diversas iniciativas, entre las que destaca una tesis de estudiantes de Geología de la Universidad Católica del Norte, que está orientada a realizar una caracterización geoquímica de aguas y sedimentos del río Vilama y sus afluentes, la que dentro de sus conclusiones indica que las aguas del río Vilama y sus afluentes son de tipo “cloruradas y sulfatadas sódicas”, es decir que son ricas en cloruros y sulfatos con altos aportes de sodio, estas aguas presentan un pH alcalino a neutro, con alto contenido de sales y metales disueltos, que condicionan los registros de conductividad eléctrica de las muestras colectadas para el estudio. Los altos niveles del cloruro y el Na se encuentran muy relacionados con el clima árido y la escasez de lluvias en el sector. Mientras que el sulfato, está controlada por el volcanismo adyacente a la Cuenca del Salar de Atacama, el cual es facilitado por las Termas de Puritama. Las aguas presentan altos contenidos de Boro, Litio y Arsénico, asociados a un origen natural por la interacción de las aguas con las unidades geológicas presentes en el sector y también producto del aporte de agua hidrotermal a los cauces superficiales.

A continuación, en la Tabla 3 se presenta la estadística del muestreo realizado, considerando los iones mayoritarios, es decir los que representan más del 90% de los elementos que se encuentran disueltos en aguas naturales.

TABLA 3. CONCENTRACIONES DE ELEMENTOS MAYORITARIOS DEL RÍO VILAMA

	Na+	Ca+2	K+	Mg+2	SO4-	Cl-	HCO3-	NO3
	mg/L							
Media	359,990	92,969	37,700	57,340	442,399	260,447	196,992	0,247
Mediana	360,700	92,490	37,740	57,380	466,000	280,900	200,000	0,200
Min	354,200	85,850	35,000	55,520	249,000	170,100	116,000	0,000
Max	364,300	97,230	39,170	58,620	489,000	370,500	234,000	1,800
DS	2,778	2,954	1,050	1,018	60,592	54,871	27,187	0,414

Fuente: Aróstica y Lacouture, 2022.

Respecto al río San Pedro, un estudio del año 2004³, presenta un análisis de calidad de las aguas, basado en antecedentes de 36 muestras de agua superficial colectadas entre los años 1983 y 2002. Respecto para la estación de monitoreo San Pedro en Cuchabrache se ha registrado: la conductividad eléctrica señala que, para el periodo de tiempo analizado, ese parámetro tiene una tendencia estable en el tiempo, registrándose un valor medio de 2.700 μ S/cm, respecto al pH, este parámetro presenta valores estables en el tiempo, con un valor promedio de 8,2 lo que indica que son aguas neutras a ligeramente alcalinas. El parámetro RAS (Razón de adsorción de sodio) es de 9.0 sin tendencia que destaque en el tiempo, la concentración de cloruro es de 650 mg/L, como promedio, valor que es estable en el tiempo. Para el sulfato el valor medio es de 300 mg/L, Boro 2,5 mg/L, para el arsénico el valor medio en ocho años de datos mensuales es de 0,135 mg/L.

Para el río San Pedro, en general las concentraciones de los elementos, que fueron analizados en el estudio citado no muestran tendencias de variaciones que sean significativas, los valores se presentan estables en el tiempo.

³ Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad; DGA- 2004

3. TRABAJO PARTICIPATIVO UTH 2

3.1. Antecedentes Generales

El proceso de diagnóstico participativo de la UTH-2, se realizó durante los días 11, 12 y 17 de noviembre de 2021, jornadas en que se trabajó también en una primera aproximación a las problemáticas de toda la Cuenca (UTH-1) así como respecto del funcionamiento de la Mesa Multiactor. Este trabajo tuvo una primera jornada de recorrido en terreno, en donde se visitó y recorrió el río San Pedro en la parte alta de la cuenca, correspondiente a la UTH-2. El viernes 12 de noviembre se realizaron los diálogos de saberes consistentes en mapeos colectivos. Con el fin de reconocer problemáticas y desafíos de los cuales vislumbrar oportunidades para generar una lluvia de ideas de propuestas que respondan a aquellos anhelos compartidos. El día 17 de noviembre, se completaron los análisis y terminó de trabajar en el análisis del territorio y las propuestas presentadas por los participantes.

3.2. Percepciones y problemáticas

De la conversación sostenida durante las actividades, surgieron una serie de problemáticas y percepciones asociadas, a partir de las cuales poder posteriormente identificar potenciales acciones que puedan ir encaminando posibles soluciones en diferentes niveles. En este caso, se sistematizaron las percepciones planteadas por los participantes y aquellas vinculadas a los recursos hídricos., se presentan en la Tabla 4.

TABLA 4. PROBLEMÁTICAS Y PERCEPCIONES LEVANTADAS

Problemática	Percepciones
Monitoreo, transparencia y acceso a la información	Es necesario complementar la red de estaciones del Estado / Existen pocas estaciones meteorológicas / Información de estaciones DGA se encuentra incompleta
	Preocupación por la autonomía y objetividad de los monitoreos y el manejo de datos
	Las comunidades no acceden a información sobre el estado de la cuenca y sus variaciones, no se comparten con ellos los estudios
	No figuran los niveles de evaporación de las plantas, ni información de los humedales en los balances hídricos
	Validar y complementar los conocimientos técnicos con el conocimiento local
Cantidad y calidad de agua	Falta de entendimiento sobre los factores antrópicos y naturales que inciden en la calidad y cantidad de agua
	Problemas de sedimentos producto de la minería en la zona alta de la cuenca y dudas sobre sus extracciones de agua
	Preocupación por la turbidez del agua, parámetros fisicoquímicos
	Hay muchísimos desechos en el río (neumáticos, animales muertos, etc.)
	Río Salado contamina el Río San Pedro
	Falta promover medidas para reciclar el agua en uso domiciliario
Crecidas y gestión de riesgos	Reforestación de ribera (obras DOH y aluviones)
	Potencial peligro, en la bajada de agua Escalera Felón y Concarencal.
	Preocupación por los efectos de las crecidas
Derechos de Aprovechamiento de Aguas	Se reitera la necesidad de conocer el uso y consumo de los distintos sectores en San Pedro de Atacama
	Se necesita desarrollar un catastro público de los usos reales del agua
	Se requiere claridad sobre los derechos otorgados y el uso actual que tienen
	Poca claridad respecto de las extracciones

TABLA 4. PROBLEMÁTICAS Y PERCEPCIONES LEVANTADAS

Problemática	Percepciones
	Se desconoce la situación de los derechos de agua eventuales
	Recopilar antecedentes para declarar la cuenca agotada
Gestión del uso del agua en el sector turístico	No hay fiscalización sobre el manejo de agua de las empresas del sector turístico
	Existen dudas sobre políticas de sustentabilidad de los hoteles por sus altos consumos de agua
	Falta de coordinación del sector turístico para abordar problemas asociados al uso y contaminación del agua
	Las empresas de turismo no saben cómo cuidar el agua
	No existen baños habilitados para la cantidad de turistas (desechos baños). Manejo de aguas grises.
	Hoteles tienen pozos propios para hacer extracción. Por lo tanto, si hacen extracción legalizada, ésta debe ir a la DGA y notificarla.
Incerteza respecto de la disponibilidad actual, proyecciones y causas de su variación	Preocupación por la disminución del caudal del río Vilama. Actual caudal 180 L/s
	Parte altiplánica, hay disminución de la recarga a largo y corto plazo
	Incertidumbre sobre el impacto de cambio climático
	Balance hídrico: desconocimiento del estado de la cuenca, entradas y extracciones
	Qué factores afectan la cantidad y disponibilidad de agua
	Necesidad de información respecto del estado de las napas subterráneas, para que las comunidades sepan cómo va variando cada año
	Ausencia de caudales ecológicos, afectación a la fauna
Preocupaciones asociadas a la ausencia de gestión hídrica	Deficiente infraestructura para enfrentar la escasez hídrica (acumulación, tratamiento)
	Déficit de información y gestión del agua comunal
	Preocupación por la potencial instalación de nuevos proyectos mineros en la zona norte de la cuenca

Fuente: Elaboración propia.

4. ANÁLISIS DE BRECHAS DE INFORMACIÓN UTH 2

4.1. Acceso a la información

Existe información relacionada con diversos estudios mandatados por diversos organismos del estado, entre los que destacan la Dirección General de Aguas (DGA), la Corporación de fomento a la producción (CORFO), Servicio nacional de geología y minería (SERNAGEOMIN), Comisión nacional de Riego (CNR), Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) entre otras. La información sobre la cuenca del Salar de Atacama y Sobre la UTH-2 se puede encontrar en las respectivas páginas web de los servicios.

- <https://dga.mop.gob.cl/Paginas/default.aspx>
- <https://www.corfo.cl/sites/cpp/homecorfo>
- <https://www.sernageomin.cl/>
- <https://www.cnr.gob.cl/>
- <https://doh.mop.gob.cl/Paginas/default.aspx>

Si bien en la UTH-2 no se han detectado proyecto de inversión que requieran la elaboración de estudios hidrogeológicos para evaluar efectos ambientales, existen al interior de la cuenca, principalmente en el núcleo

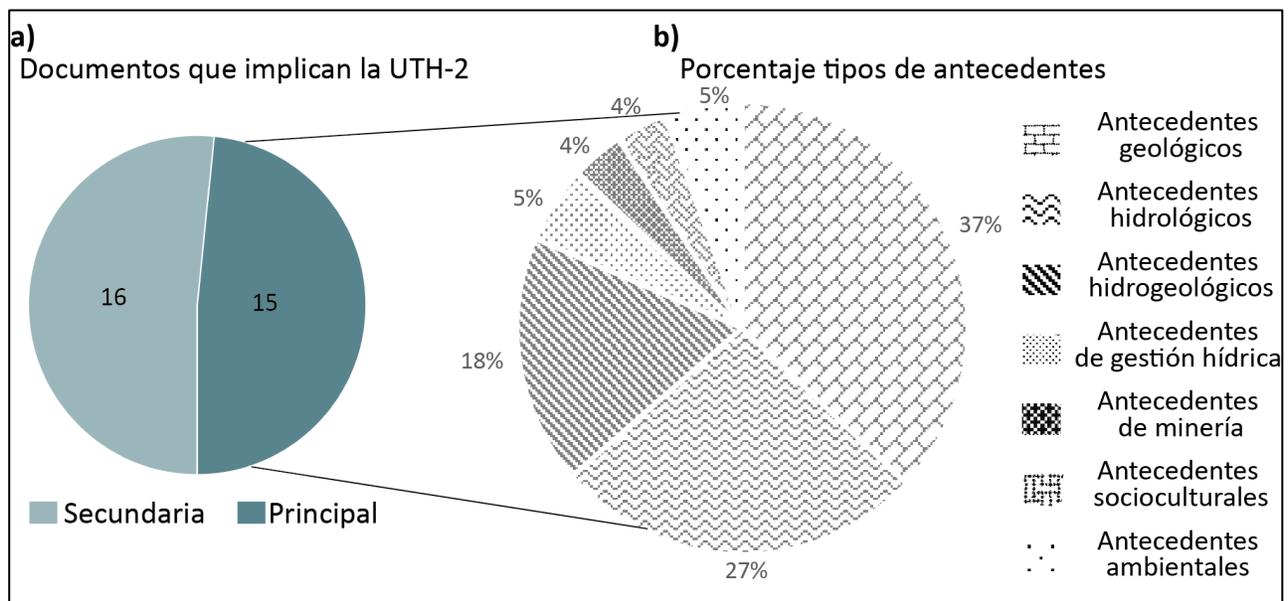
inversiones privadas que han sido sometidas a evaluaciones ambientales, y en este sentido en dichos estudios requeridos podría encontrarse información que esté vinculada a la UTH-2. La información de los estudios ambientales se encuentra disponible en la página web del Servicio de evaluación ambiental (<https://www.sea.gob.cl/>). Respecto a la fiscalización de los proyectos y la información de las variables ambientales que están obligados a reportar se puede encontrar en la web del Sistema nacional de información de fiscalización ambiental (<https://snifa.sma.gob.cl/>).

4.2. Análisis documental

De los 167 documentos actualmente revisados, 31 presentan información relativa a la UTH-2, de los cuales como se observa en la Figura 14 (a), 16 aportan información específica de la unidad, es decir la investigación que da origen al documento fue desarrollada principalmente en esta UTH. De esos 16 documentos se desprenden antecedentes geológicos, hidrológicos, hidrogeológicos, de gestión hídrica, ambientales, socioculturales y de minería, como se observa en la Figura 14b. Los otros 15 documentos si bien están relacionados a la UTH-2, sus resultados no aportan nueva información a la unidad, debido a que su enfoque principal es otra UTH. Esta estructura de clasificación es la misma para las siguientes UTHs.

De la Figura 14(b) el mayor porcentaje de antecedentes corresponde a antecedentes geológicos, donde se detectaron vacíos de información respecto a la estratigrafía y geofísica, información de utilidad para definir los límites de la unidad hidrogeológica, mejorando el entendimiento de la unidad y funcionamiento de la cuenca en general. Respecto a los antecedentes hidrológicos no se identificaron estudios que realicen un diagnóstico del estado actual de calidad de aguas para su aprovechamiento, tampoco monitoreos constantes del nivel de aguas subterráneas, ni de seguimiento ambiental. Existen escasos estudios respecto a los sistemas vegetacionales, flora y fauna del área. Las bajas cantidades de antecedentes de minería se condicen con el bajo nivel de desarrollo de antecedentes en esta en la unidad.

FIGURA 14 ANÁLISIS DOCUMENTAL UTH-2



a) Documentos revisados que presentan información de la UTH-2. b) Porcentajes de antecedentes que tratan los documentos donde la UTH-2 es principal.

Fuente: Elaboración Propia.

4.3. Brechas de información

Considerando el análisis de la información bibliográfica de las distintas fuentes consultadas se puede inferir que existen algunas brechas de información respecto al conocimiento de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de esta porción de la cuenca, a modo de síntesis se señalan los siguientes:

- Escasa información geológica (ausencia de datos geofísicos y estratigráficos).
- Ausencia de monitoreo hidrogeológico (niveles de agua, parámetros hidrogeológicos, límites de unidades hidrogeológicas, etc.).
- Desconocimiento de la disponibilidad y calidad de aguas, según su uso en la actualidad.
- Escasos estudios respecto a los sistemas vegetacionales, flora y fauna del área

5. RESPUESTAS A PREGUNTAS DESDE LA MESA AMPLIA PARA LA UTH 2

Las preguntas y sugerencias asignadas a la UTH-2 se han tomado para guiar la metodología de trabajo de la MT. Se presentan respuestas que abordan de manera general las preguntas y sugerencias realizadas, entendiendo que el análisis más detallado se realizará para cada UTH que compone la cuenca.

5.1. Respecto al balance hidrológico, recargas y descargas

Los balances hidrológicos que se han recopilado toman como unidad de trabajo la cuenca. Es importante mencionar que para el caso de una cuenca en donde exista un Salar, siempre por condición natural el balance hídrico es negativo, es decir las entradas son menores que las salidas. Desde el año 1986 a la fecha se han realizado diversos cálculos donde se observa que, en general, los valores estimados para la precipitación, recarga y evaporación son similares. En la se detallan valores de precipitaciones (recarga) y evaporación (descarga).

TABLA 5 RECOPIACIÓN DE BALANES HÍDRICOS

Autor	Precipitación total sobre las subcuencas (l/s)	Recarga Al Salar (l/s)	% de Precipitación Como aporte al Salar (%)	Evaporación de agua desde el núcleo del Salar (l/s)
Mardones (1986)	-	-	-	5.400
Peña (1986)	-	-	-	5.000
DICTUC (2005)	-	5.700	-	5.700
CPH (2008)	-	-	-	2.900
DGA (2010)	~23.500	5.600	23.8	5.600
DGA (2013)	~31.400	5.200	16.5	5.200
ALB-SGA (2015)	32.300	5.400	17.3	5.600
SQM-CSIC (2017)	23.600	16.200	69.1	15.900
CORFO-Amphos 21 (2017)	29.000	5.700	19.5	5.000-6.300
ALB-SGA (2019)	30.800	5.400	19.5	5.700
ALB-VAI (2021)	32.700	5.200	17.9	5.600
SQM (2021)	23	5.100	22.3	5.300
PEGH DGA (2021)	29.182	6.583		21.066

Fuente: Elaboración Propia.

El balance hidrológico realizado en el estudio SQM-CSIC (2017) presenta las estimaciones más bajas para la precipitación total y a su vez, las recargas y tasas de evaporación más alta.

La metodología de la MT contempla revisar, analizar y resumir los datos disponibles para cada UTH, de manera de poder conocer y analizar la información disponible para estimar valores para los mecanismos de recarga (ej. precipitaciones, capacidad de infiltración de los suelos, caudales) y descarga (ej. evaporación, evapotranspiración).

5.2. Respeto a los Modelos Hidrogeológicos

La metodología de la MT contempla revisar, analizar y resumir los modelos hidrogeológicos disponibles para los sectores que corresponda. Se presentan en la siguiente Tabla 6 los modelos hidrogeológicos que se han recopilado preliminarmente en la cuenca.

TABLA 6. RECOPIACIÓN DE MODELOS HIDROGEOLÓGICOS

Autor	Año
BHP	2020
Albemarle	2016
Minera Zaldívar	2018
CORFO	2018
SQM	2021
CORFO	2021
DGA - Centro Cambio Global UC	2021

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede acceder a los informes de los modelos hidrogeológicos de las empresas de la minería metálica y no-metálica a través de la plataforma de del SEA. Para el caso de las empresas que han presentado más de un modelo en el tiempo, se presenta el año del modelo más reciente.

5.3. Con respecto al cambio climático y su efecto en el agua:

Para evaluar los potenciales efectos del cambio climático sobre el comportamiento de las variables meteorológicas se utilizan Modelos de Circulación General que son desarrollados por paneles de expertos de todo el mundo, quienes representan los procesos que gobiernan a la atmósfera, el océano, las superficies de agua en estado sólido, la vegetación y el ciclo del carbono. Estos modelos están dominados principalmente por las emisiones de gases de efecto invernadero, las cuales representan diferentes escenarios climáticos futuros.

En la UTH2 las proyecciones de cambio climático entregan escenarios diferentes para el caso de las precipitaciones, donde ciertos modelos proyectan un aumento de las lluvias en el mediano plazo, considerando también un aumento de la temperatura media. A Largo plazo los modelos y estudios aún no logran prever con claridad el comportamiento de estas variables

Es importante poder discernir entre los efectos del cambio climático y la intervención humana sobre la disponibilidad y dinámica del agua, de manera de poder determinar las formas de mitigación de posibles impactos.

5.4. Respeto a las exploraciones y derechos de agua:

La solicitud de exploración de aguas subterráneas del Código de Aguas es la única figura legal que se advierte con respecto a exploraciones de derechos de agua. En el marco de las exploraciones de agua subterránea, no se vislumbra afección a los derechos de agua regularizados o constituidos, puesto que la solicitud

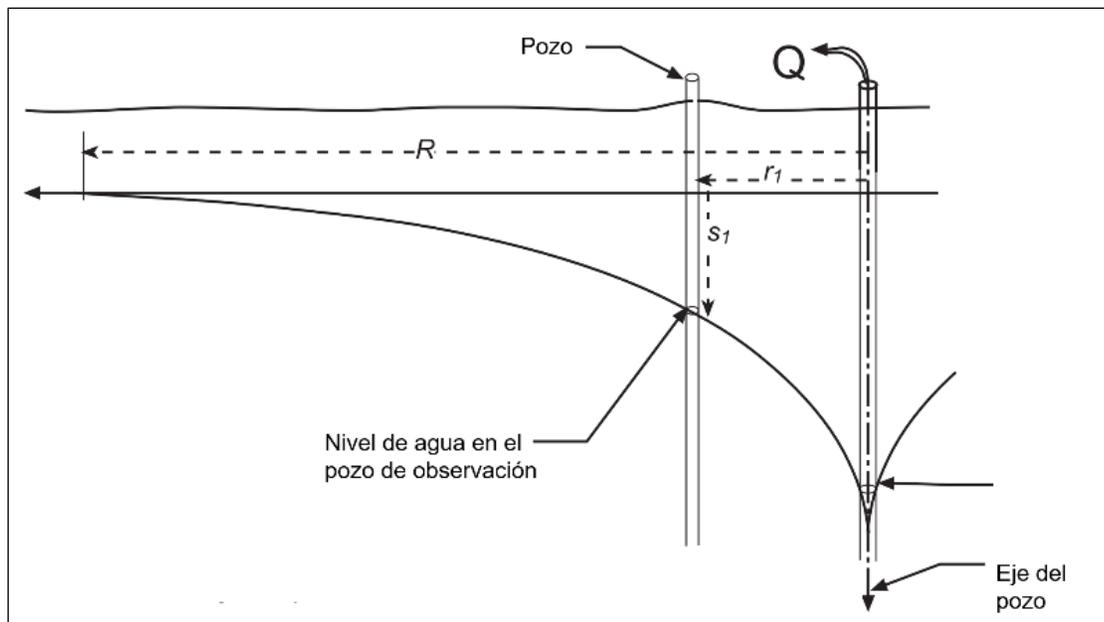
de exploración solo otorga a su titular la prerrogativa de explorar y no de explotar aguas subterráneas, es decir obtener conocimiento acerca de la hidrogeología.

Además, al término de la exploración, el o la titular del permiso deberá presentar un informe completo sobre los trabajos realizados, sus resultados y las conclusiones obtenidas, hasta tres meses después de finalizado el plazo del permiso. Su contenido corresponderá a los objetivos señalados en la memoria técnica y en el cronograma de actividades presentado por el o la titular del permiso, siendo obligatorio aun cuando los resultados hayan sido negativos. La normativa le otorga a un beneficiario de exploración la preferencia para la solicitud del derecho de agua subterránea en el evento que dicha fuente de agua tenga disponibilidad legal para ello. Se establece que, a la fecha, no hay exploraciones de agua subterránea vigentes en la UTH-2

- Respecto a afectación de la extracción mediante pozos profundos:

El bombeo de agua y/o salmuera a partir de pozos produce un descenso de los niveles en los acuíferos. Supongamos que empezamos a bombear en un acuífero cuyo nivel freático inicial es horizontal. El agua comenzará a fluir radialmente hacia el pozo. Transcurrido un tiempo suficiente, el nivel freático adquiere la forma que se muestra en la Figura 15 y que se denomina cono de descenso, el cual a lo largo de un periodo de tiempo de bombeo determinado llegará a estabilizarse, es decir el diámetro del cono de descenso no aumenta. No obstante, si se realizan extracciones simultaneas y sostenidas en el tiempo el nivel freático podría verse afectado tendiendo éste a la disminución (profundización).

FIGURA 15. DIAGRAMA DE BOMBEO Y CONO DE DESCENSO



Fuente: Elaboración Propia.

Se debe calcular un caudal de extracción adecuado, donde este descenso tienda a un equilibrio en el tiempo, y no se produzca un impacto sobre el entorno natural. Para analizar la afectación de la extracción de agua o salmuera a partir de pozos, se debe verificar que los descensos no afecten los componentes ambientales más cercanos. Para ello la herramienta más utilizada al momento de evaluar la relación de los bombeos en función del tiempo son los modelos hidrogeológicos numéricos.

III. UNIDAD TÉCNICA HÍDRICA 3 (UTH-3): SAN PEDRO DE ATACAMA

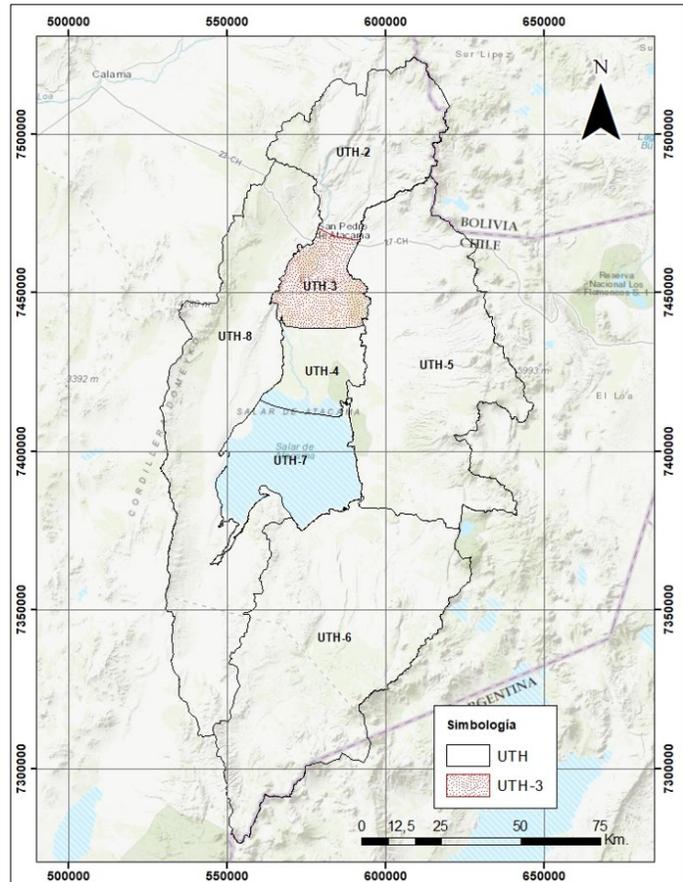
1. ÁREA DE ESTUDIO UTH 3

El área de estudio que abarca la UTH-3, y que se presentan en la Figura 16; abarca parte de la comuna de San Pedro de Atacama, hasta la parte sur del sector de la laguna Tebenquiche. Destaca que en esta área se desarrolla ampliamente la agricultura, por lo cual las aguas de los ríos San Pedro y Vilama se encuentran principalmente canalizados para su mejor aprovechamiento.

Cabe destacar que en esta área de estudio se encuentra la mayor concentración de población en la cuenca, lo anterior se relaciona con la presencia de servicios básicos importantes a nivel comunal, además de la gran concentración de servicios asociados a la población flotante que visita la cuenca y sus alrededores debido al desarrollo de la actividad turística. Lo factores anteriormente mencionados implican que es en esta UTH donde se genera la mayor demanda de agua para el consumo humano a nivel de la cuenca.

FIGURA 16. LOCALIZACIÓN UTH 3

Fuente. Elaboración Propia.



2. CARACTERIZACIÓN DE LA UTH 3

2.1. Hidrología

2.1.1. Estaciones de monitoreo

En el área correspondiente a la UTH-3, con base a la información pública disponible en la plataforma de del observatorio georreferenciado de la Dirección General de Aguas (DGA), y consultado también en otras fuentes de información, en esta UTH no es posible identificar una estación de monitoreo hidrológico (caudales) Existe información disponible dos estaciones meteorológicas denominada como “San Pedro de Atacama” dependiente de la DGA y otra dependiente del instituto Nacional de Investigación Agropecuaria INIA.

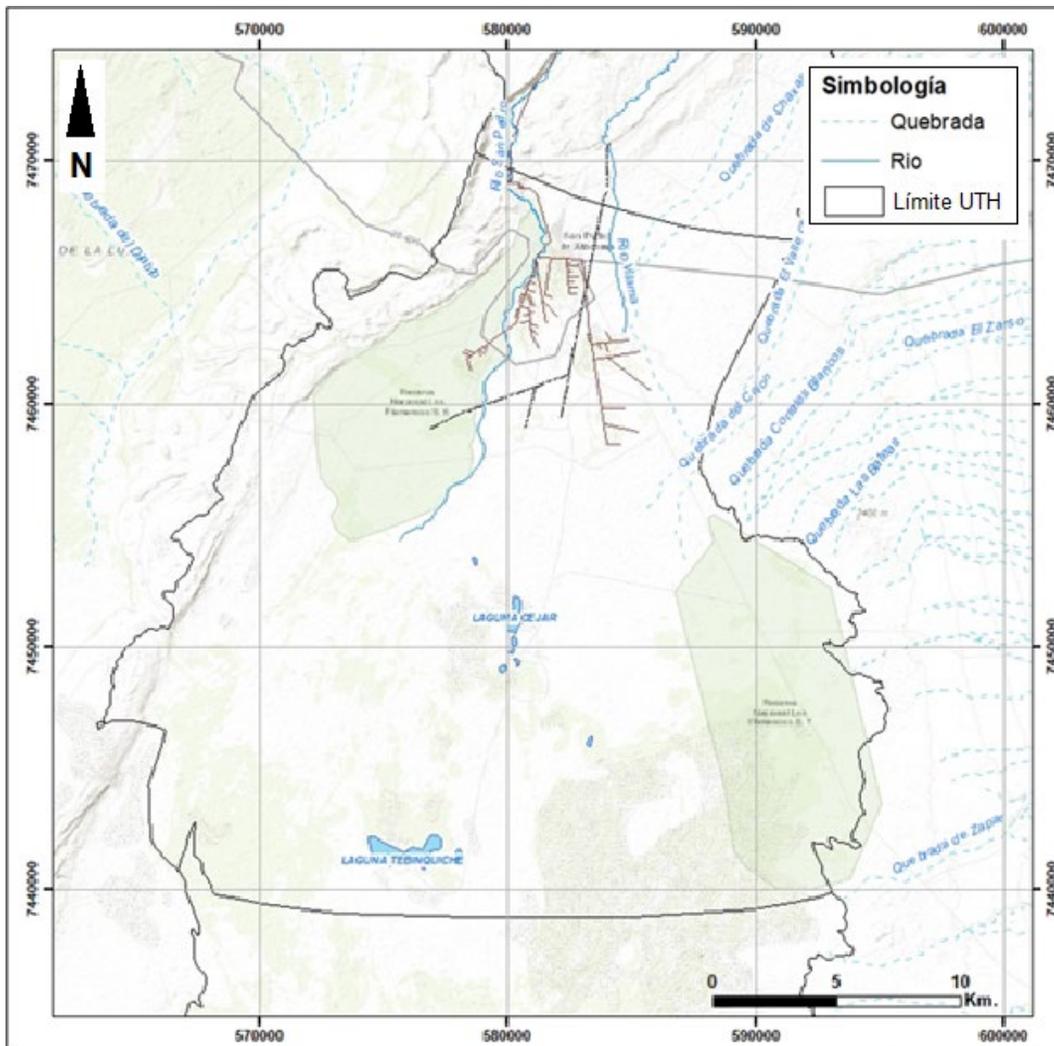
2.1.2. Hidrografía

El área que engloba UTH 3 se desarrolla la parte baja de los cauces importantes que se desarrollan en la parte norte de la cuenca, como lo son los ríos San Pedro y Vilama, ya en este sector estos presentan escurrimiento superficial principalmente en épocas de crecidas intensas producto del efecto de las precipitaciones o en años en que la precipitación de nieve en la parte alta de la cuenca ha sido intensa. Destaca también las lagunas de

Cejar y Tebenquiche que son generadas por afloramientos de agua subterránea en esta área, siendo estas uno de los sectores de interés turístico en esta área.

Un punto importante de destacar son las obras de riego que se encuentran en la UTH-3, donde destacan los canales que distribuyen las aguas de los ríos Vilama y San Pedro en los distintos regantes. En la Figura 17 se presenta a continuación se presenta la distribución de los canales y ríos y quebradas presentes en la UTH.

FIGURA 17. HIDROGRAFÍA UTH-3



Fuente: Elaboración Propia

2.1.3. Precipitaciones

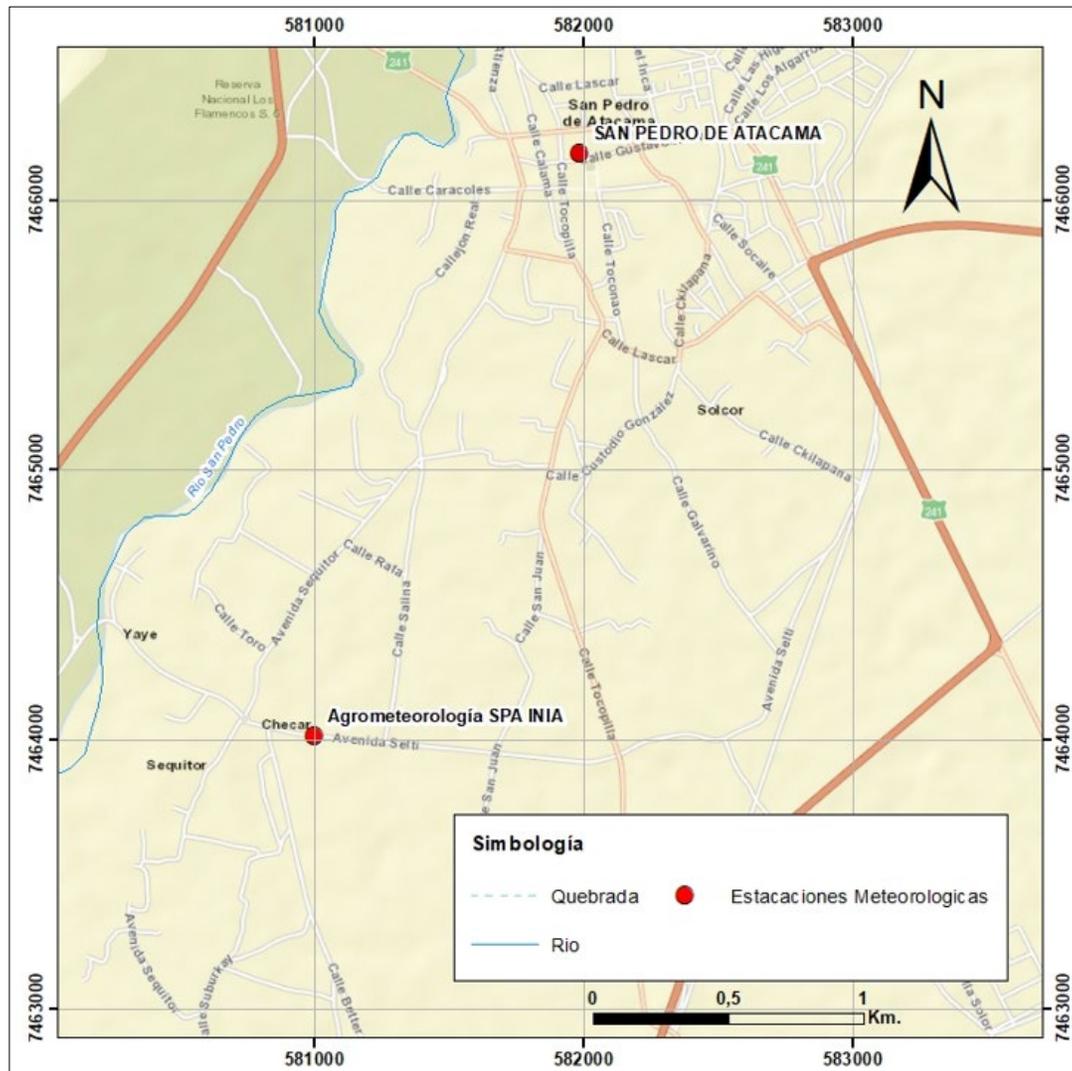
La importancia del conocimiento de las precipitaciones se fundamenta porque es la principal entrada de agua a la cuenca, la que a través de su recorrido influye tanto en los recursos hídricos superficiales como también los subterráneos. Dentro de la UTH-3 existe información pública disponible de dos estaciones meteorológicas, las que se muestran en la Tabla 7 y su ubicación espacial se muestra a continuación en la Figura 18.

TABLA 7. ESTACIONES METEOROLÓGICAS DISPONIBLES EN LA UTH-3

Código BNA	Nombre Estación	Titular	Variable	Coord. Este (WGS84)	Coord. Norte (WGS84)
-	SPA-INIA	INIA	Meteorología	581.003	7.464.012
02510006-9	San Pedro de Atacama	DGA	Meteorología	581.987	7.466.178

Fuente: Elaboración Propia

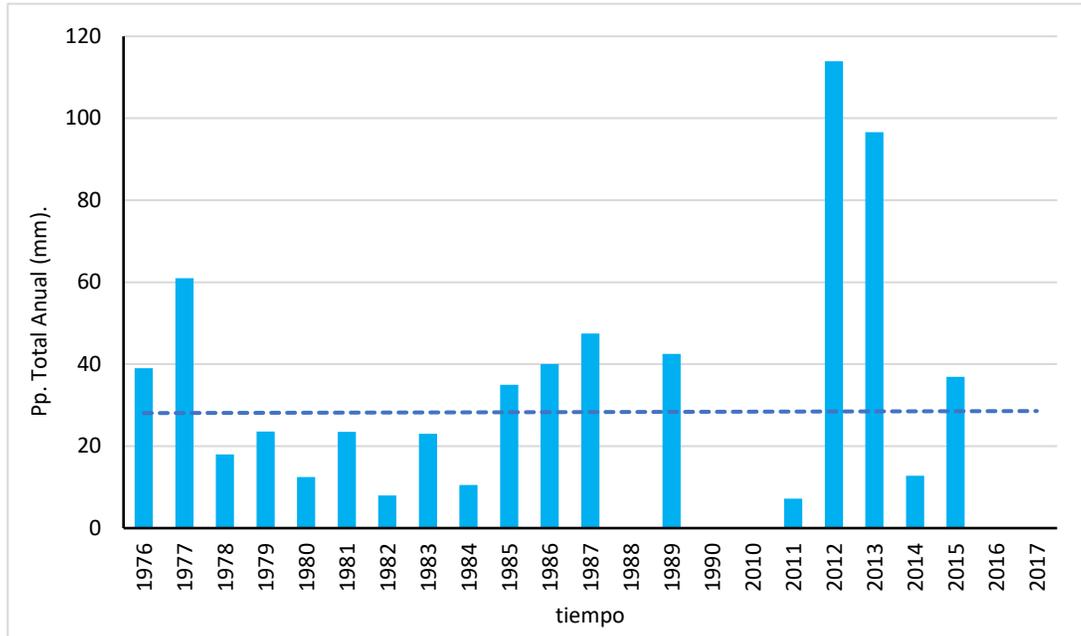
FIGURA 18. UBICACIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS UTH-3



Fuente: Elaboración Propia

Respecto a la estación San Pedro de Atacama, dependiente de la Dirección General de Aguas, esta dispone datos desde enero de 1976 hasta marzo de 1989, y luego desde 2011 hasta 2017. de precipitación media mensual. Es importante mencionar que en algunos años la data no se encuentra completa, como es el caso de los años 1986, 1989, 2011, 2016 y 2017. A continuación, en la Figura 19 se muestra la precipitación total estación San Pedro de Atacama (DGA), donde destaca la precipitación caída en los años 2012 y 2013, con 113 y 97 mm/año respectivamente, siendo estas las más altas de los registros que se disponen para este análisis. El promedio anual que está marcado en el gráfico con línea segmentada alcanza los 34,2 mm/año.

FIGURA 19. PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL, ESTACIÓN SAN PEDRO DE ATACAMA



Fuente: Elaboración Propia en base a datos DGA

En cuanto a la estación Agrometeorología del INIA, esta dispone de datos de precipitación diaria entre los periodos de tiempo de noviembre de 2010 a la fecha. A continuación, en la Figura 20 se muestra de manera gráfica los datos de precipitación mencionados. De acuerdo con estos se aprecia que las precipitaciones más intensas se producen en el mes de febrero. En cuanto a la intensidad de precipitaciones destacan los eventos de 06-02-13 con 39,4 mm/día, es decir que en el sector de San Pedro cayeron 39,4 litros de agua en cada metro cuadrado de superficie de terreno, luego el 23-02-16, con 24,4 mm, y el 31-01-2019 con 27,2 mm.

Los registros muestran que también existen eventos de precipitación durante las épocas más frías del año (invierno mediterráneo), que si bien no son los más intensos tienen importancia por que contribuyen de manera importante a los aportes o recarga de agua que recibe la cuenca del Salar de Atacama, considerando además que en invierno la evaporación disminuye, por lo tanto, la recarga se hace más efectiva.

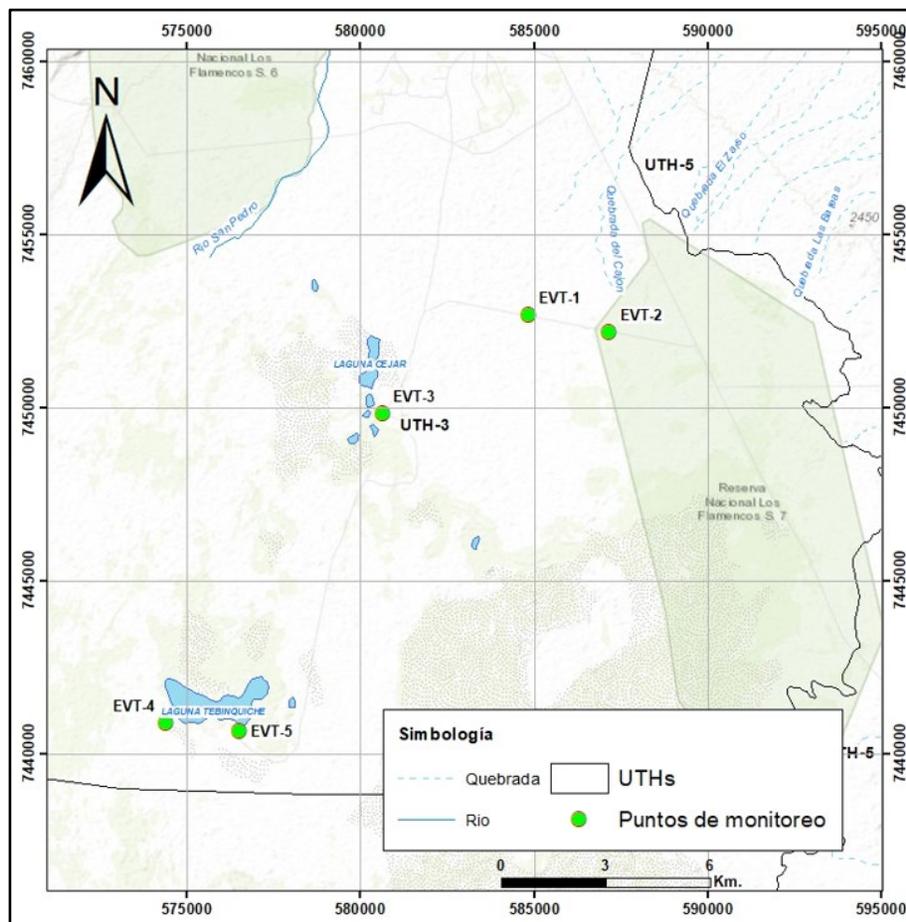
8) que pertenecen a la red de monitoreo de Albemarle y que forman parte de su Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico (PSAH) el cual es reportado y fiscalizado por la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA). El método consiste en instalar una semiesfera, o domo, de acrílico transparente de volumen conocido (de espesor igual o menor a 5 mm) sobre suelo con vegetación (para medición de evapotranspiración) o raso (para medición de evaporación), dependiendo de las características específicas del lugar a monitorear.

TABLA 8. PUNTOS DE MONITOREO DE EVAPORACIÓN EN UTH-3

Nombre Estación	Titular	Variable	Coord. Este (WGS84)	Coord. Norte (WGS84)
EVT-1	Albemarle	Evaporación	584844	7452662
EVT-2	Albemarle	Evaporación	587174	7452186
EVT-3	Albemarle	Evaporación	580655	7449818
EVT-4	Albemarle	Evaporación	574421	7440912
EVT-5	Albemarle	Evaporación	576531	7440666

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 21. UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO DE EVAPORACIÓN EN UTH-3

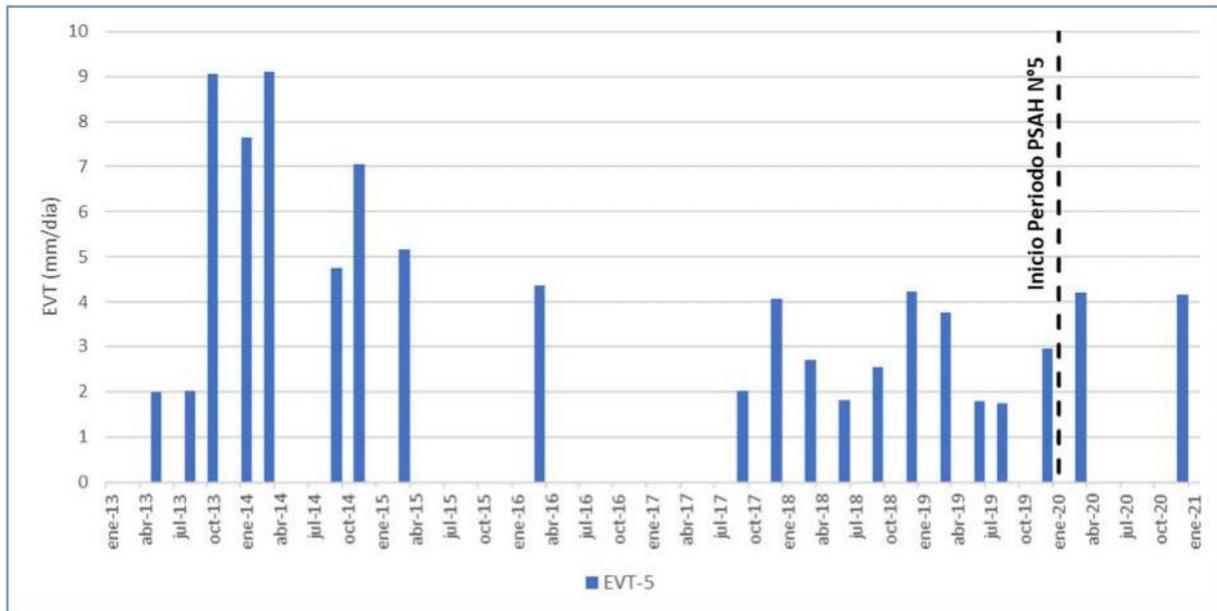


Fuente: Elaboración propia

La información de estos puntos se levanta de manera obligatoria con frecuencia trimestral desde el 2015 en adelante, y de forma voluntaria se realizan estas mediciones desde el 2013 en adelante. De los puntos

indicados el EVT-05 mide evaporación directa desde la superficie lagunar, el resto en vegetación y en suelo desnudo. A continuación, en la Figura 22 se muestran los resultados de monitoreo del punto EVT-05 que mide evaporación directa desde la superficie de la laguna Tebenquiche, en dicho gráfico se aprecia que los valores más altos de evaporación corresponden a los meses de verano, alcanzando magnitudes de evaporación del orden de 4 litros de agua por metro cuadrado de superficie lagunar al día, y como es de esperar los valores más bajos se aprecian en invierno con valores del orden de 2L/m²/d.

FIGURA 22. EVAPORACIÓN EN PUNTO EVT-05 EN UTH-3

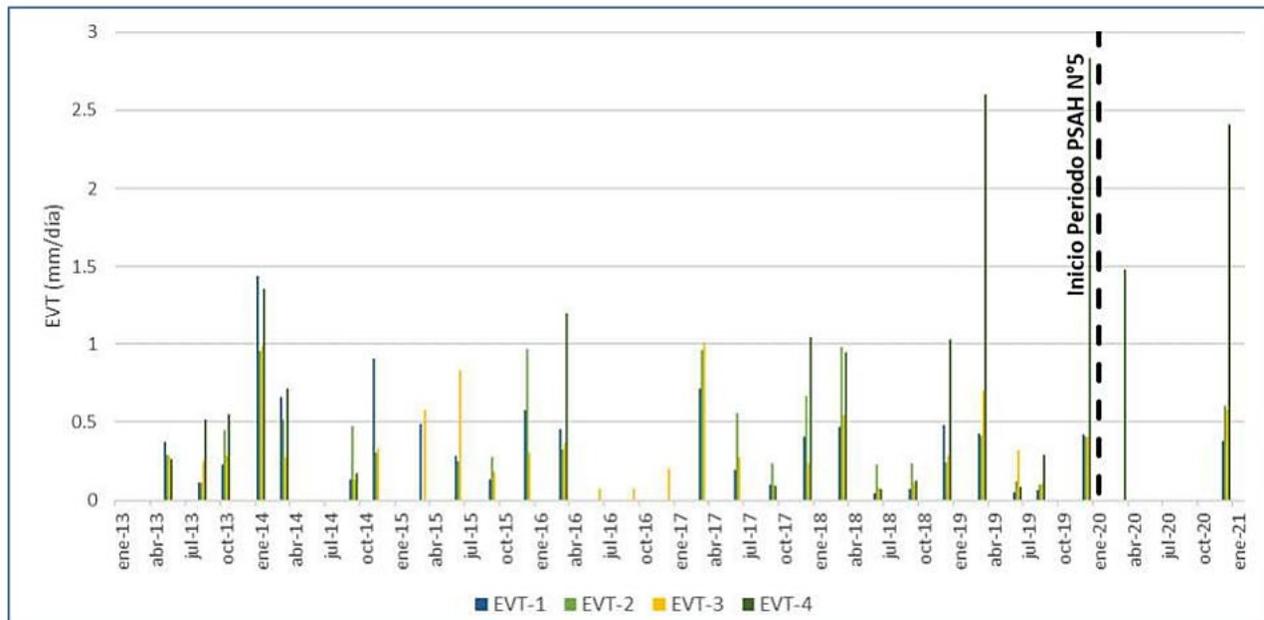


Fuente: Informe N°5 PSAH Albemarle, SNIFA

En la Figura 23 se muestran los valores de evaporación del resto de los puntos monitoreados en el sector, en este se aprecia que los valores más altos se registran en el punto EVT-04, debido a que este representa la variable evapotranspiración considerando que el monitoreo se realiza sobre superficie de terreno cubierta por vegetación que se desarrolla al borde de la laguna Tebenquiche por lo tanto en ese sector hay mayor disponibilidad de agua para el consumo hídrico de las plantas lo que se refleja en la cantidad de agua evaporada. Para el resto de los puntos los valores de evaporación son más bajos que en el punto mencionado, lo que se relaciona con las características de suelo presentes en el punto de medición.

Cabe mencionar que esta información se encuentra disponible y abierta a quien la quiera consultar, ya sea en la página web de Albemarle (<https://www.albemarlelitio.cl/sostenibilidad/medio-ambiente/gestiona-hidrica>) o en la página web del Sistema Nacional de Fiscalización de Información Ambiental (<https://snifa.sma.gob.cl/>).

FIGURA 23. EVAPORACIÓN PUNTOS EVT-1, EVT-2, EVT-3 Y EVT-4 EN UTH-3



Fuente: Informe N°5 PSAH Albemarle, SNIFA

2.2. Hidrogeología

2.2.1. Caracterización geológica

El origen de la cuenca del Salar de Atacama es tectónico, en un ambiente compresivo, y está delimitada por la Cordillera Domeyko por el Oeste y por la Cordillera de los Andes al Este. La cuenca se compone por un conjunto de rocas intrusivas, volcánicas y sedimentarias, originadas durante el Paleozoico Inferior hasta la actualidad. Estas rocas constituyen el basamento hidrogeológico y un relleno sedimentario compuesto por sedimentos clásticos y evaporíticos en el Núcleo del Salar, que se han acumulado desde el Mioceno Superior hasta la actualidad (CORFO-PUC, 2021).

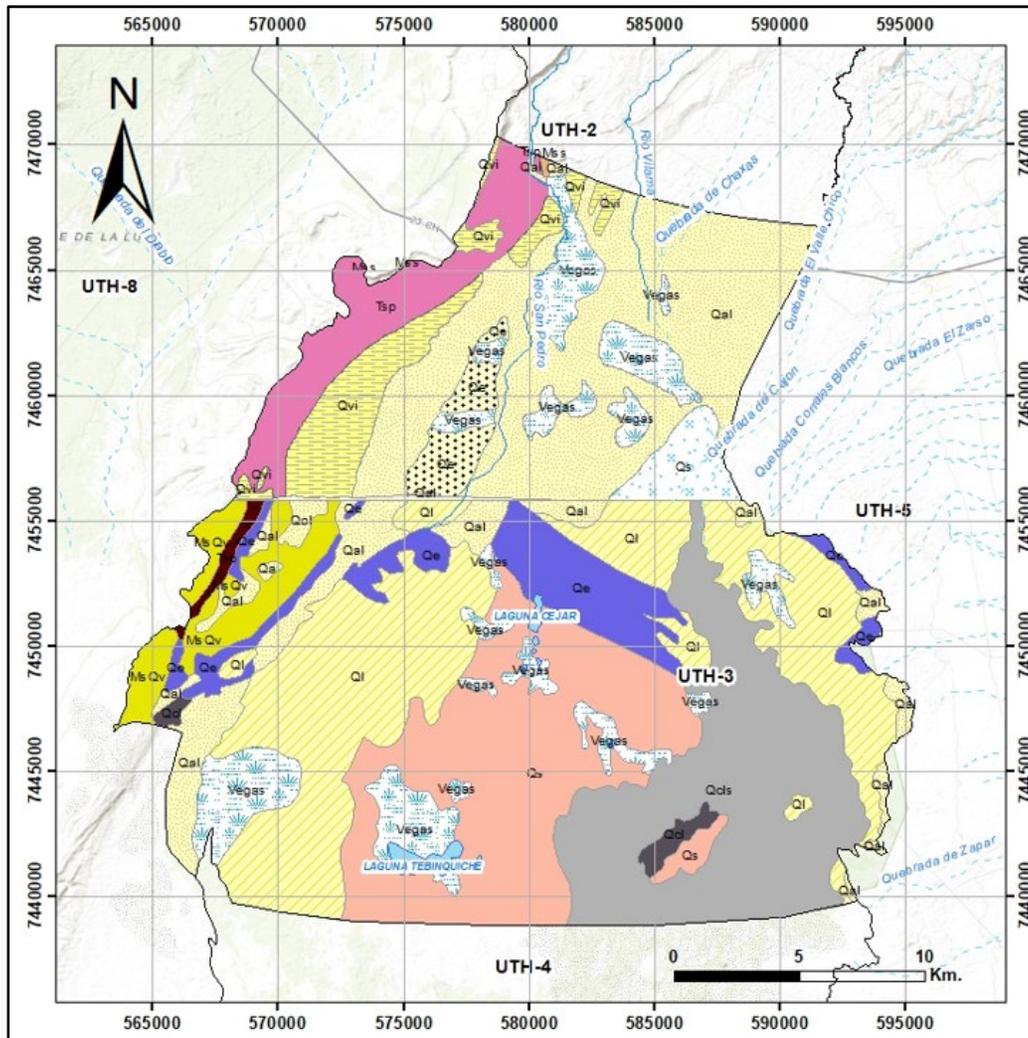
El Salar de Atacama se compone de dos unidades geológicas principalmente: depósitos salinos e ignimbritas. La primera unidad corresponde a depósitos salinos y evaporitas acumulados durante el periodo Eoceno-Oligoceno, los cuales conformaron el núcleo salino y los sistemas lagunares. Debajo de los depósitos salinos del Salar de Atacama se ubica la segunda unidad, compuesta por un conjunto de ignimbritas o rocas piroclásticas (de origen volcánico), las cuales están constituidas principalmente por tobas. Estas rocas se formaron debido a la actividad volcánica de la Cordillera Occidental y en el Arco volcánico actual durante el Mioceno, Plioceno y el Pleistoceno.

En la UTH3 los materiales geológicos que se presentan son principalmente de origen sedimentario ya que esta área se desarrolla en la parte baja de la cuenca, la información que acá se presenta está tomada del Plan de Gestión Hídrica de la cuenca del Salar de Atacama, estudio desarrollado por la DGA y basado para la UTH 3 en las cartas geológicas del SERNAGEOMIN "Hoja de Calama y Hoja de Toconao". A continuación, en la Figura 24 se presenta la geología compilada de la UTH3. El detalle de la simbología y su codificación respecto a los materiales geológicos presentes no fue presentado en la figura mencionada a modo de simplificar el documento.

A modo de síntesis los materiales que predominan son sedimentarios, los que presentan diferentes grados de consolidación (compactación) Destaca la presencia de la formación Vilama (Qvi), formación San Pedro

(Tsp), depósitos sedimentarios transportados por el viento (Qe), materiales finos con depósitos que se originan por la evaporación de aguas (evaporitas, Ql) entre otros. Los materiales sedimentarios destacan por presentar una porosidad mayor que la roca sana y es por ello por lo que, en esta UTH la presencia de escurrimientos de aguas superficiales ocurre principalmente en épocas de fuertes precipitaciones.

FIGURA 24. GEOLOGÍA DE LA UTH-3



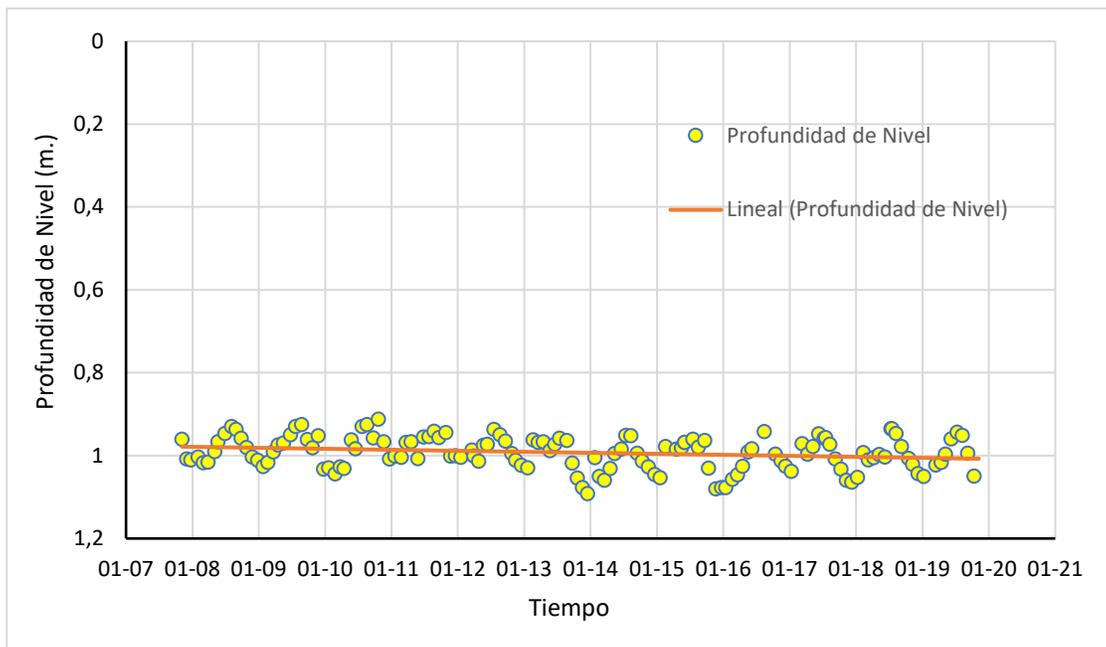
Fuente: Modificado de PEGH Salar de Atacama DGA, 2021.

2.2.2. Niveles de agua subterránea

El nivel freático o nivel de agua subterránea es la distancia entre la superficie de la tierra y el límite superior (techo) del acuífero, es decir es la distancia entre el nivel del terreno y el agua subterránea que aloja el medio geológico. La medición periódica o continua de los niveles de salmuera/agua permite conocer como estos varían en el tiempo. Los niveles de agua subterránea se pueden expresar como la profundidad a la que se encuentra la napa o nivel freático tomando como referencia la superficie del terreno o también se puede expresar como la cota, en relación con el nivel del mar a la que se encuentra la napa, lo que se conoce como cota piezométrica. En la UTH-3, a unos 5 km. Al este de la laguna Tebenquiche, en las coordenadas WGS84; X:581.777, Y: 7.411.708, se encuentra el punto de monitoreo de niveles L11-1 que pertenece al Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico de la empresa SQM. En la Figura 25 se presenta el gráfico que muestra la evolución de la

profundidad a la que es posible encontrar agua subterránea y de acuerdo con los registros se aprecia que la profundidad del agua en ese punto de monitoreo se encuentra aproximadamente a un metro desde la boca del pozo, destaca que los datos registrados muestran oscilaciones que estarían relacionadas con meses de invierno.

FIGURA 25 EVOLUCIÓN DE PROFUNDIDAD DE NIVEL L11-1



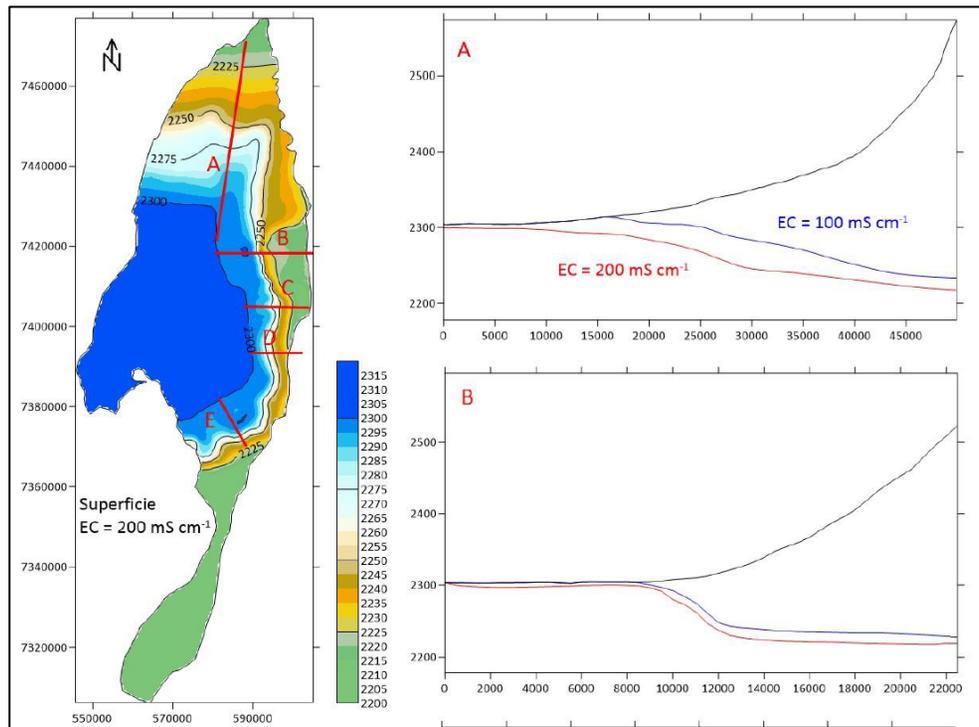
Fuente: Elaboración propia en base a <https://www.sqmsenlinea.com/>.

Es importante mencionar que esta información de niveles y de todos los planes de seguimiento ambiental de las distintas variables a las que se les hace seguimiento son presentadas de manera obligatoria a la autoridad ambiental competente a través del Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA).

2.2.3. Salmueras

Dentro del área de la UTH-3 no hay explotación de salmueras. No obstante, lo anterior la información analizada por CORFO en el año 2021, en su informe “Modelo Hidrogeológico Conceptual y Numérico de la cuenca del Salar de Atacama” señala que en parte de la UTH-3 se extiende por debajo de los niveles de agua “dulce” salmueras con valores de conductividad eléctrica (capacidad de un fluido de conducir la corriente eléctrica) mayores a 200 mS/cm, lo anterior producto de la diferencia de densidad entre ambos fluidos. A continuación, en la Figura 26 se muestra un esquema conceptual de la extensión de salmuera en la parte baja de la cuenca del Salar de Atacama, en donde el perfil A, atraviesa parte de la extensión de la UTH-3.

FIGURA 26. ESQUEMA CONCEPTUAL DE LA EXTENSIÓN DE SALMUERAS



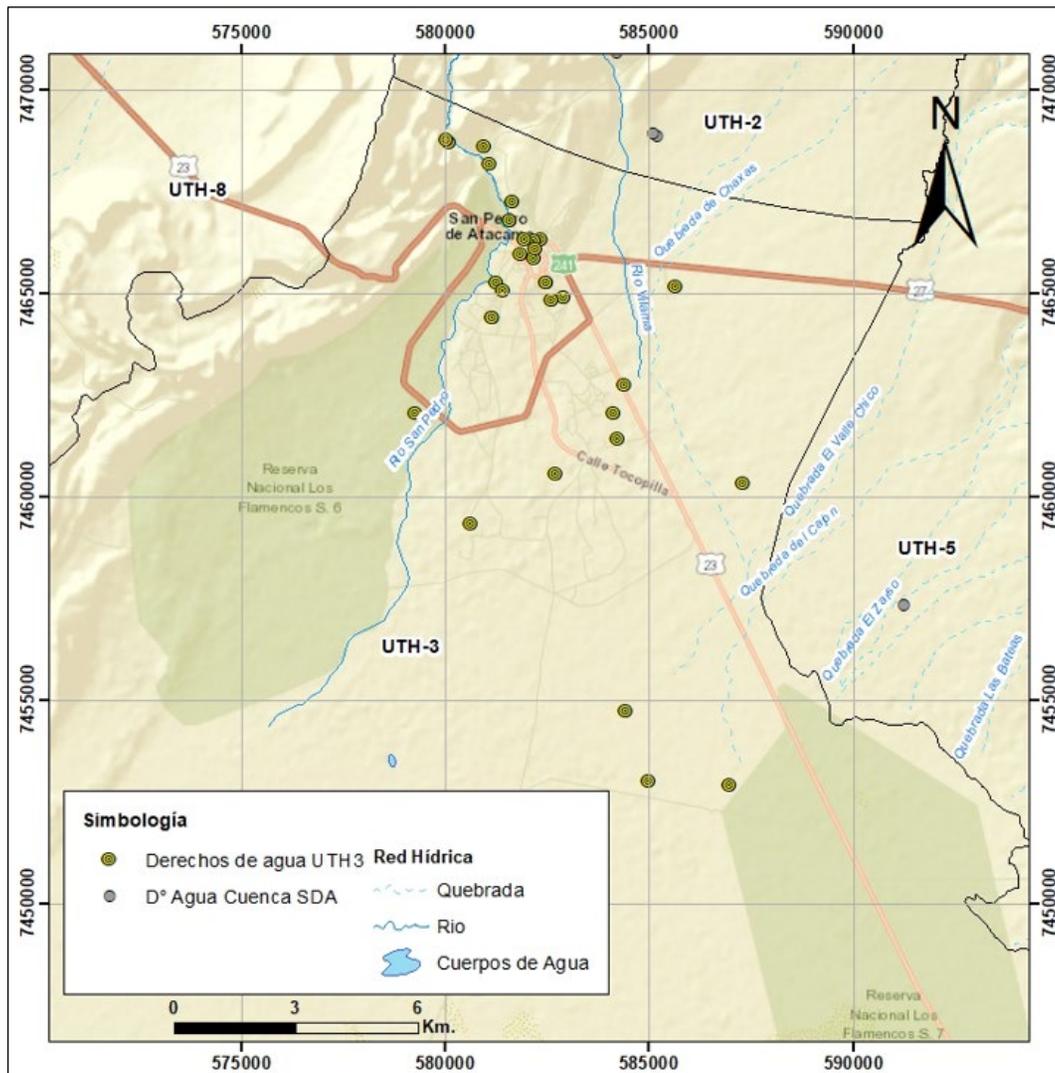
Fuente: CORFO, 2021

2.3. Derechos de Aprovechamiento y Usos de Agua

Para analizar los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas existentes en la UTH-3 se ha tomado como fuente de información lo disponible en el Catastro Público de Aguas (CPA) dependiente de la DGA. En base a esa fuente de información se han posicionado las coordenadas registradas en el catastro, las que se han dispuesto en una cartografía para conocer la ubicación espacial de los derechos, que se presenta en la Figura 27.

Es importante mencionar que de acuerdo con la información todos los derechos de agua en la UTH-3 son del tipo subterráneo, distribuidos en 33 puntos de captación. La suma total de los derechos subterráneos en la UTH-3, de acuerdo con la información disponible, corresponden a 556,6 L/s en total. De este total 466,3 L/s están inscritos para uso minero, 2 L/s para riego, 11,9 L/s para "otros usos" y 76,4 L/s no registran uso en su inscripción.

FIGURA 27. DISTRIBUCIÓN DE DERECHOS DE AGUA OTORGADOS EN LA UTH-3



Fuente: Elaboración propia en base a DGA

2.4. Composición química de las aguas

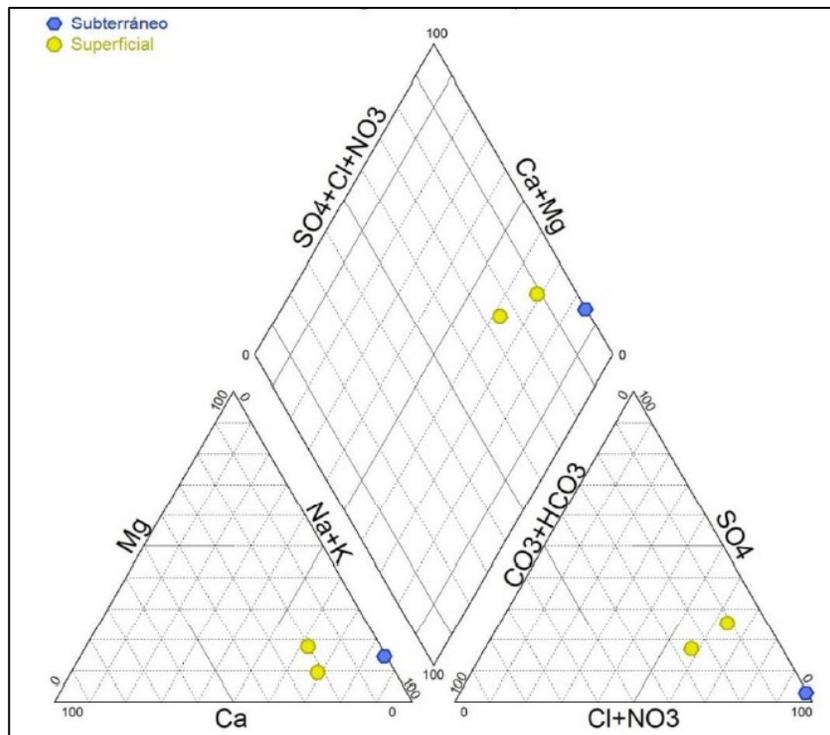
La composición química de las aguas dependerá de diversos factores entre los que destacan los materiales geológicos con los que ha interactuado la molécula de agua hasta el punto en que es captada, también influyen los procesos en los que se ha visto involucrada, como por ejemplo la evaporación que origina la concentración de sales en los cuerpos de agua, la mezcla de aguas de distintas fuentes u orígenes, como por ejemplo la mezcla de aguas de un río con aportes de aguas termales, entre otros.

Cuando se habla de calidad de aguas, es cuando los resultados de un determinado análisis de laboratorio se comparan respecto a una norma de agua, como por ejemplo la Norma Chilena de agua potable NCh 409, o la norma chilena de agua para riego y otros usos, NCh 1.333 (se debe especificar al momento de solicitar el muestreo y análisis) Los resultados del análisis en laboratorio, presentan las concentraciones de los distintos elementos analizados se pueden disponer en gráficos o diagramas que permiten conocer cuáles son los elementos químicos que predominan en la muestra, los que estarán en directa relaciona con la geología atravesada y los procesos en los que se ha visto envuelta la muestra antes de ser colectada.

En la UTH-3 no se han identificado antecedentes que respalden los resultados de un monitoreo permanente de la composición química de las aguas, no obstante CORFO 2021 en el estudio “Modelo Hidrogeológico Conceptual y Numérico de la cuenca del Salar de Atacama” señala que para la parte norte de la cuenca el pH de las aguas varía en un rango entre 6,5 y 9 UpH, lo que significa que las aguas que ahí se encuentran son de tipo neutro a alcalino (básico). Los TDS (Total de sólidos disueltos) están en un rango entre 1.000 y 7.000 mg/L.

El diagrama de Piper es uno de los diagramas que permite clasificar el tipo de agua en función de los elementos químicos que predominan en la muestra. El diagrama presentado en el estudio de CORFO 2021 indica que las aguas de la UTH-3 son de tipo Cloruradas sódicas, es decir, dentro de los elementos químicos con carga negativa (aniones) predomina el cloruro, y de los que tienen carga positiva (cationes) predomina el sodio. (ver Figura 28). Destaca que las aguas subterráneas presentan mayor concentración de estos elementos que las superficiales, lo que se aprecia en la ubicación de las muestras en el diagrama. Cabe mencionar que el cloruro es un elemento conservativo, es decir, que es de los últimos en precipitar respecto a otros minerales como el calcio o el sulfato.

FIGURA 28 DIAGRAMA DE PIPER REPRESENTATIVO DE LA UTH-3



Fuente: CORFO 2021

3. TRABAJO PARTICIPATIVO UTH 3

3.1. Antecedentes generales

Las actividades participativas correspondientes a esta UTH se realizaron en diferentes jornadas, primero los días 17 y 18 de febrero, actividades en formato presencial en donde el primer día se realizó un recorrido de terreno para conversar temáticas de geología y complementar el terreno realizado en la zona de Catarpe durante la Mesa Técnica correspondiente a la UTH-2. Además, se realizaron algunas mediciones en terreno para

comprender los parámetros posibles de identificar en el agua y entender su significado, junto con visitar terrenos agrícolas y sectores de riego de la UTH-3. Durante el día 18 se realizó el trabajo de identificación de percepciones, problemáticas y los efectos en el área, enfocados específicamente en aguas superficiales y subterráneas, trabajo de fue complementado con dos instancias realizadas en modalidad virtual los días 15 de marzo y 27 de abril.

3.2. Percepciones y problemáticas

En esta oportunidad, el trabajo fue guiado teniendo dos ideas guía para las temáticas principales abordadas. En este contexto las percepciones y preocupaciones presentadas fueron:

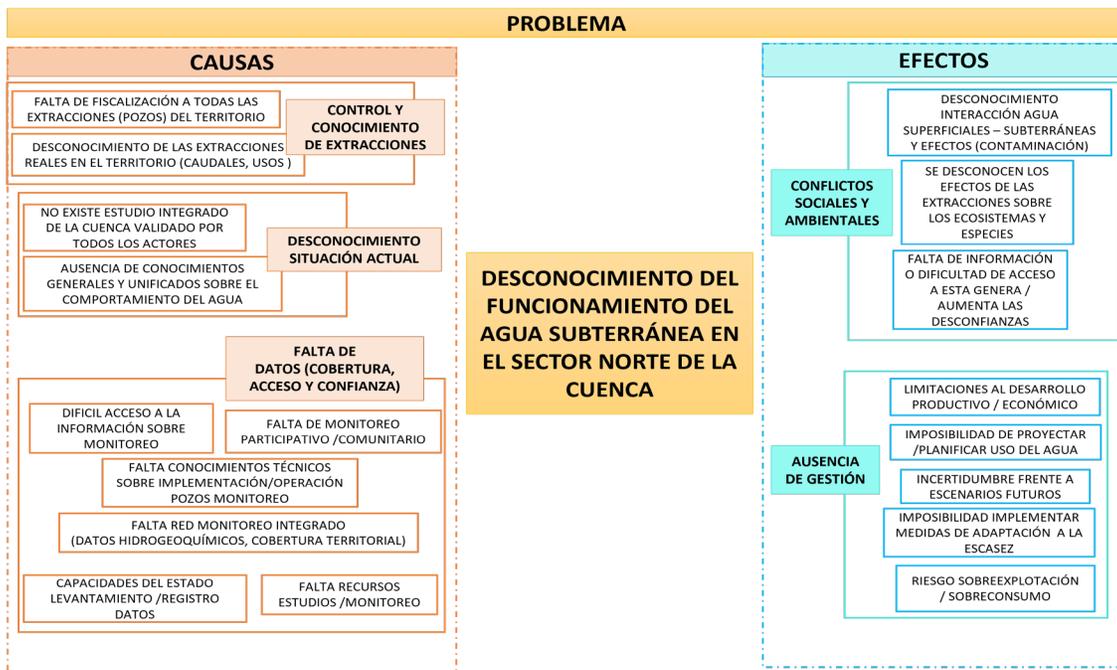
- Aguas superficiales: Insuficiente agua para regar
 - Falta de organización/supervisión en los canales de regadío, problemas distribución, pérdidas por estado de la infraestructura
 - Diversidad de cultivos y tipos de suelo, en los que se desconocen las mejores técnicas para el manejo agrícola y la eficiencia hídrica
 - Existen dificultades para acceder a fondos de financiamiento para el mejoramiento de los sistemas de riego, tanto por desconocimiento de las posibilidades existentes como los requisitos de postulación
 - Calidad de aguas, se desconoce estado actual tanto fisicoquímico como bacteriológico, se requiere una línea base que confirme los problemas de calidad por todos reconocidos y permita buscar medidas de mejoramiento de la calidad de agua de riego.
 - Aumento en la demanda de agua por crecimiento de la población y de la superficie agrícola
- Aguas subterráneas: “Desconocimiento del funcionamiento del agua subterránea en el sector norte de la cuenca”.
 - Desconocimiento técnico sobre monitoreo, implementación de pozos, etc.
 - Ausencia de una red integrada de monitoreo de aguas subterráneas, con información accesible
 - Necesidad de un sistema de monitoreo participativo, que permita tener datos de las variaciones llevado a cabo de manera integrada entre todos).
 - Es necesario un catastro de los pozos existentes en la cuenca.
 - Se requiere una caracterización de usos y demandas de agua subterránea
 - Se desconocen los efectos de las extracciones sobre los ecosistemas y especies

Además, surgieron temas generales que se consideran comunes para aguas superficiales y subterráneas

- Se considera que el Estado tiene bajas capacidades para el levantamiento/registro de datos, además de insuficiente infraestructura pública para el monitoreo a nivel de cobertura territorial
- Relevancia de establecer convenios /acuerdos que permitan desarrollar una red monitoreo integrada y con datos disponibles en línea de fácil acceso
- Se comenta la ausencia de conocimientos generales y unificados sobre el comportamiento del agua
- Adicionalmente se releva la necesidad de tener un Catastro de los derechos de agua, pero no solo los otorgados, también los que efectivamente se están utilizando

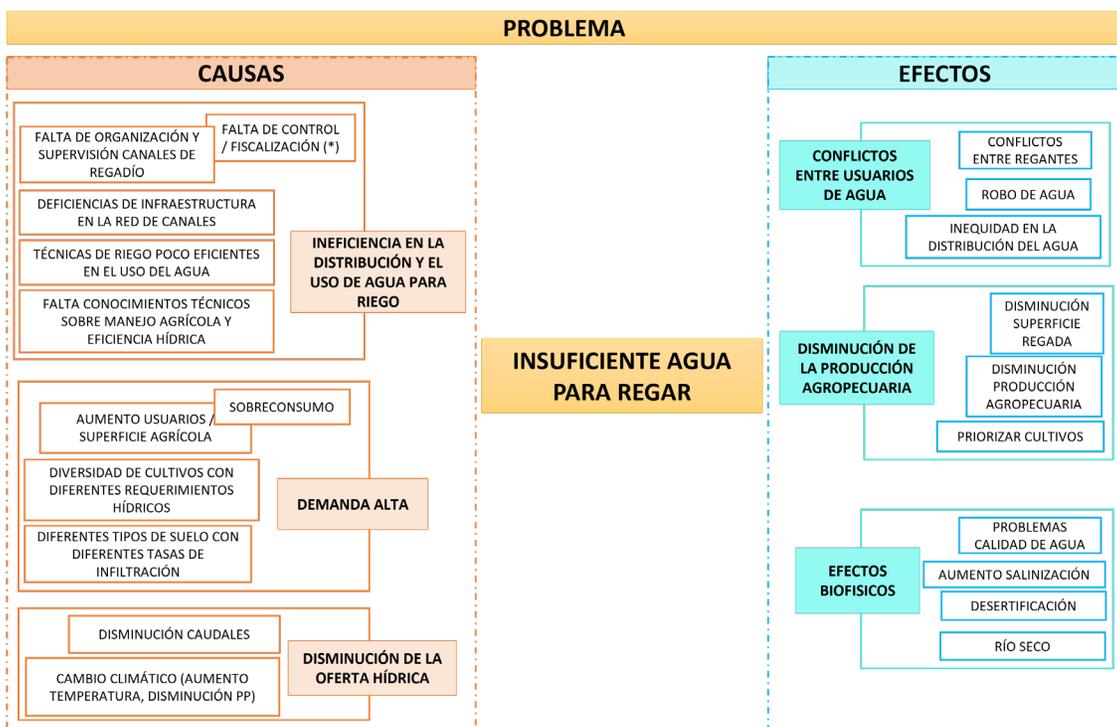
3.3. Análisis Causas- Efectos

FIGURA 29. ANÁLISIS CAUSA EFECTOS AGUAS SUBTERRÁNEAS



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 30. ANÁLISIS CAUSA EFECTOS AGUAS SUPERFICIALES



Fuente: Elaboración propia.

4. ANÁLISIS DE BRECHAS DE INFORMACIÓN UTH 3

4.1. Acceso a la información

Existe información relacionada con diversos estudios mandatados por diversos organismos del estado, entre los que destacan la Dirección General de Aguas (DGA), la Corporación de fomento a la producción (CORFO), Servicio nacional de geología y minería (SERNAGEOMIN), Comisión nacional de Riego (CNR), Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) entre otras. La información sobre la cuenca del Salar de Atacama y Sobre la UTH-3 se puede encontrar en las respectivas páginas web de los servicios y entidades del estado.

- <https://dga.mop.gob.cl/Paginas/default.aspx>
- <https://www.corfo.cl/sites/cpp/homecorfo>
- <https://www.sernageomin.cl/>
- <https://www.cnr.gob.cl/>
- <https://doh.mop.gob.cl/Paginas/default.aspx>

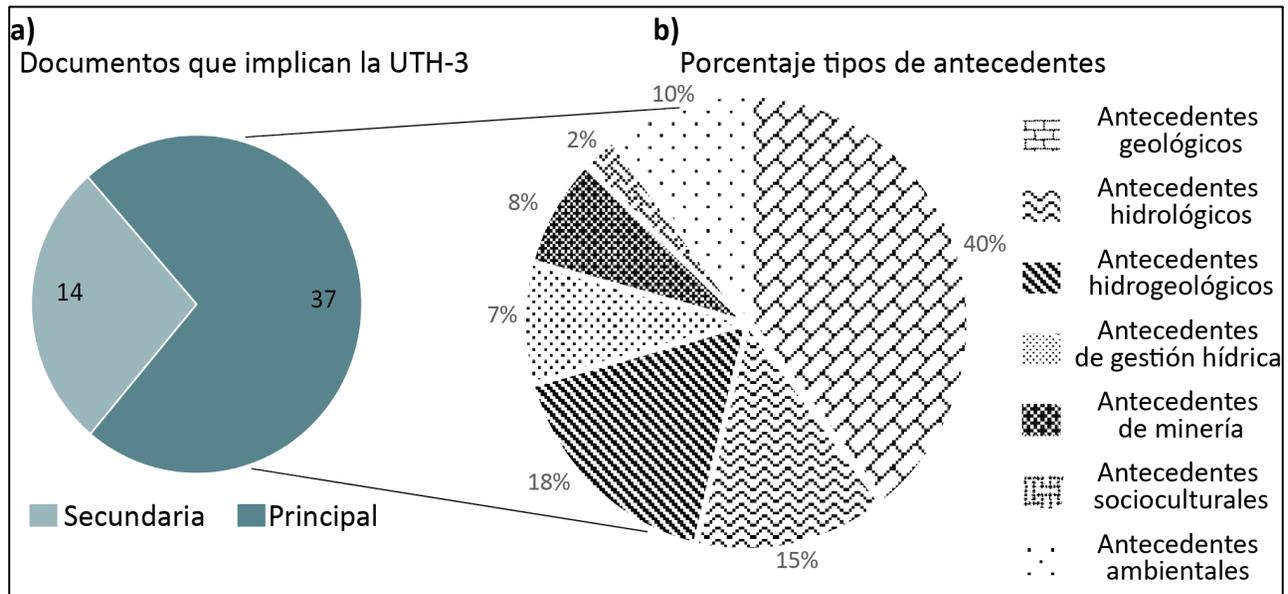
Si bien en la UTH-3 no se han detectado proyecto de inversión que requieran la elaboración de estudios hidrogeológicos para evaluar efectos ambientales, existen al interior de la cuenca, principalmente en el núcleo inversiones privadas que han sido sometidas a evaluaciones ambientales, y en este sentido en dichos estudios requeridos podría encontrarse información que esté vinculada a la UTH-3, como por ejemplo los puntos de monitoreo asociados a los planes de seguimiento ambiental. La información de los estudios ambientales se encuentra disponible en la página web del Servicio de evaluación ambiental (<https://www.sea.gob.cl/>). Respecto a la fiscalización de los proyectos y la información de las variables ambientales que están obligados a reportar se puede encontrar en la web del Sistema nacional de información de fiscalización ambiental (<https://snifa.sma.gob.cl/>).

4.2. Análisis documental

Del total de 167 documentos revisados se identificaron 51 documentos relacionados a la UTH-3, los cuales se dividen como se muestra en la Figura 31 (a), con 37 documentos con información específica para la UTH (principales) y 14 relacionados, pero que sus resultados no aportan datos nuevos, considerados como secundarios.

De los 37 documentos principales se desprende la Figura 31 (b). Los antecedentes geológicos e hidrogeológicos se abordan en la mayor parte de los estudios y los antecedentes socioculturales y mineros son los menos representados. Del análisis de la revisión realizada, se identifican como brechas de información el conocimiento del estado actual de la calidad de aguas, estudios geofísicos, estratigráficos e hidrológicos para una mejor caracterización de la unidad hídrica, y falta de antecedentes socioculturales.

FIGURA 31. ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA UTH-3



a) Documentos revisados que presentan información de la UTH-3. b) Porcentajes de antecedentes que tratan los documentos donde la UTH-3 es principal.

Fuente: Elaboración Propia.

4.3. Brechas de información

Considerando el análisis de la información bibliográfica de las distintas fuentes consultadas se puede inferir que existen algunas brechas de información respecto al conocimiento de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de esta porción de la cuenca, a modo de síntesis se señalan los siguientes:

- Desconocimiento del estado actual de la calidad de agua para su aprovechamiento.
- Ausencia de perfiles geofísicos, baja información estratigráfica a partir de sondajes.
- Escasos antecedentes socioculturales en torno al recurso hídrico.

5. RESPUESTAS A PREGUNTAS DESDE LA MESA AMPLIA PARA LA UTH 3

Las preguntas y sugerencias asignadas a la UTH-3 se han tomado para guiar la metodología de trabajo de la MT. Se presentan respuestas que abordan de manera general las preguntas y sugerencias realizadas, entendiendo que el análisis más detallado se realizará para cada UTH que compone la cuenca.

5.1. Cómo aprovechar mejor el recurso hídrico para los regantes

Para poder dar un mejor uso del recurso hídrico para la agricultura es necesario tener claridad de cuanto se dispone y cuáles son las características de este, es decir, poder conocer y entender de buena forma el recurso para poder gestionarlo. En el sentido del recurso hídrico para riego no sólo es importante conocer el agua sino también las características físicas y químicas del suelo. Una forma de optimizar el uso del agua es conocer de forma detallada cuales son los requerimientos hídricos de los cultivos a regar y en función de eso definir el tipo de riego y la frecuencia.

Es imposible conocer exactamente de cuánta agua se dispondrá para la temporada de riego con certeza, si es posible considerar antecedentes históricos y el análisis que se realiza en el Balance Hídrico de la cuenca, que, si bien no entregará un dato exacto, entrega proyecciones que pueden orientar la planificación y gestión del agua. Respecto de la calidad, diferentes estudios que como parte de sus labores han realizado análisis de calidad de aguas en la zona abastecida por los ríos San Pedro y Vilama, indican que el agua contiene una alta conductividad eléctrica y sobrepasa la NCH1333, que define la calidad de agua para riego en diversos parámetros.

En el caso del Río San Pedro, el “Estudio de Prefactibilidad Mejoramiento Sistema de Riego en Río San Pedro, San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta” (CNR, 2014) en sus muestreos de calidad de agua, indica que los parámetros más relevantes para la producción agrícola que se sobrepasan son el Sodio, Boro y los Cloruros. Situación similar sucede para el Río Vilama, en donde durante el presente año estudiantes de la Universidad Católica del Norte realizaron un trabajo denominado “Caracterización Geoquímica de Agua y Sedimento de la Cuenca del Río Vilama y sus Afluentes” en donde se indica que para el caso del Río Vilama el Arsénico, Boro y Cloruros.

Respecto de los suelos, conocer sus características físicas que permiten retener y circular el agua para los cultivos son factores que permitirán saber si el riego aplicado es efectivo, si se está regando demasiado, etc. Esto se puede saber con algunos ensayos en terreno, realizados por especialistas del área agronómica, que en conjunto con el análisis de los cultivos permitirá optimizar los riegos y con ello mejorar la eficiencia hídrica.

Es relevante señalar que en esta zona los cultivos desarrollados ancestralmente, se encontrarían adaptados a las condiciones tanto de escasez como de calidad de las aguas utilizadas para riego, por lo cual estas condiciones serían limitantes para el establecimiento de nuevos cultivos, que deben ser analizados previamente respecto de su tolerancia a los metales señalados, como sus requerimientos hídricos.

Entendiendo el contexto desértico en que se encuentra la Cuenca del Salar de Atacama, el agua es siempre un recurso escaso por lo cual se deben priorizar cultivos que se encuentren adaptados a esta condición, pero siempre es posible incorporar nuevas tecnologías de riego que permitan satisfacer las necesidades de las plantas y al mismo tiempo “ahorrar” agua. En mayo de 2021, el Instituto Nacional de Propiedad Intelectual, publicó un documento denominado “Tecnologías de Riego para Zonas Áridas”, que contiene un compilado de tecnologías de dominio público para riego, donde se presentan diversas técnicas de riego por goteo, sistemas, riego por elementos porosos, sistemas y técnicas de retención de agua, etc. Que podrían ser un aporte para la eficiencia hídrica en la agricultura de la cuenca.

5.2. Como aprovechar el rechazo de la planta de osmosis

Para poder dar un uso responsable del rechazo de la planta de osmosis es necesario caracterizar los elementos químicos que se encuentran presentes en ese descarte del proceso. Y en función de los resultados poder determinar el uso para el cual se va a destinar el recurso. Sumado a lo anterior es necesario conocer los volúmenes disponibles en función del tiempo, con el fin de poder planificar una acción determinada respecto al rechazo generado. Actualmente el agua de rechazo de la planta de osmosis de CAPRA es utilizada para el riego de caminos y otros usos industriales que no requieren agua de una calidad determinada.

IV. UNIDAD TÉCNICA HÍDRICA 4 (UTH-4): BORDE NORTE DEL SALAR Y SISTEMA SONCOR

1. ÁREA DE ESTUDIO UTH 4

El territorio abarcado por la UTH-4 (Figura 32), corresponde al sector norte del Salar de Atacama, área en que se encuentra el delta del Río San Pedro y el Sistema Soncor, como principales características que definen su funcionamiento.

El delta del río San Pedro, corresponde a la zona en que, durante épocas de crecidas, llega el agua de este río hasta el Salar, aportando además de agua, sedimentos finos que se van depositando en la superficie.

Hacia el borde Este de la UTH 4, se encuentra el Sistema Soncor, que corresponde a un sistema lagunar que se desarrolla en la zona marginal, donde interactúan las salmueras y aguas salobres del Salar con los aportes de agua proveniente desde las quebradas del borde este.

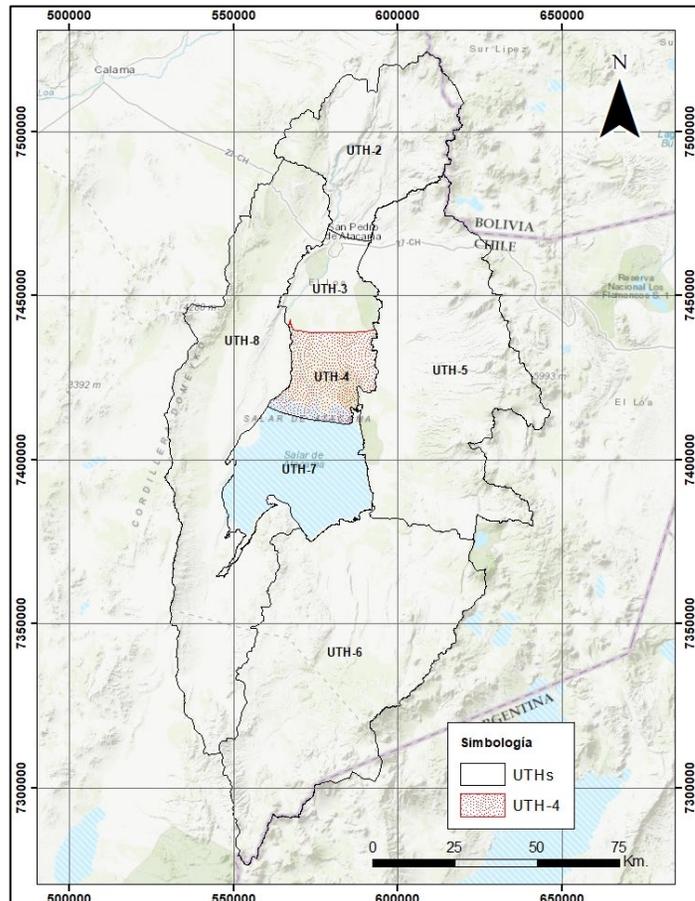


FIGURA 32. LOCALIZACIÓN UTH 4

Fuente: Elaboración propia.

2. CARACTERIZACIÓN DE LA UTH 4

2.1. Hidrología

2.1.1. Estaciones de monitoreo

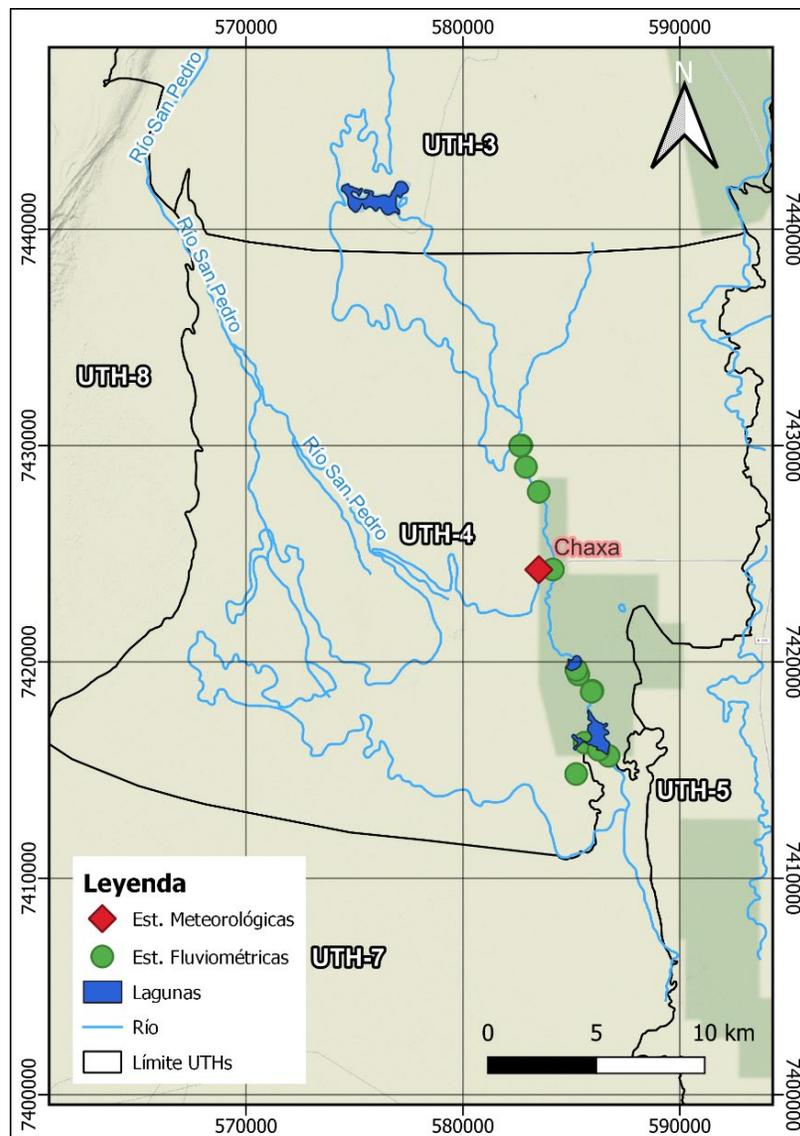
En la UTH-4, no se identificaron estaciones de monitoreo pertenecientes a la Red Hidrométrica Nacional, las estaciones que actualmente entregan datos del área pertenecen a las empresas SQM y Albemarle, cuyos datos son de acceso público a través de páginas web y de SNIFA. En cuanto a información meteorológica, solamente se identifica la estación Chaxa, ubicada al este del Delta San Pedro y al norte del sistema de agua superficial Soncor. Esta estación pertenece a SQM y cuenta con información de precipitación, evaporación de tanque y temperatura media, la que tiene acceso público desde la plataforma SQM en línea. Respecto a estaciones fluviométricas en el territorio (caudales de ríos), sólo se cuentan con datos registrados por SQM desde estaciones de aforo. Además, en la UTH existe monitoreo sobre niveles superficiales en el sistema Lagunar Soncor, proveniente de reglillas de CONAF y SQM y de estaciones de Albemarle. En la Tabla 9 se presentan las estaciones de aforo fluviométrico y de niveles superficiales, y en la Figura 33 se visualizan las estaciones de monitoreo de la UTH.

TABLA 9. ESTACIONES DE MONITOREO UTH-4

Estación	Propietario	Estación	Propietario
Aforo APSA 2	SQM	Aforo Barros Negros Cola De Pez	SQM
Aforo APSA 3	SQM	Aforo Barros Negros Sur	SQM
Aforo APSA 4	SQM	Aforo Puento San Luis	SQM
Aforo APSA 5	SQM	LM-11	Albemarle
Aforo Barros Negros	SQM	LM-12	Albemarle

Fuente: Elaboración propia en base a SMA, 2022

FIGURA 33. UBICACIÓN ESTACIONES DE MONITOREO UTH 4



Fuente: Elaboración Propia en base a DGA, 2022

2.1.2. Hidrografía

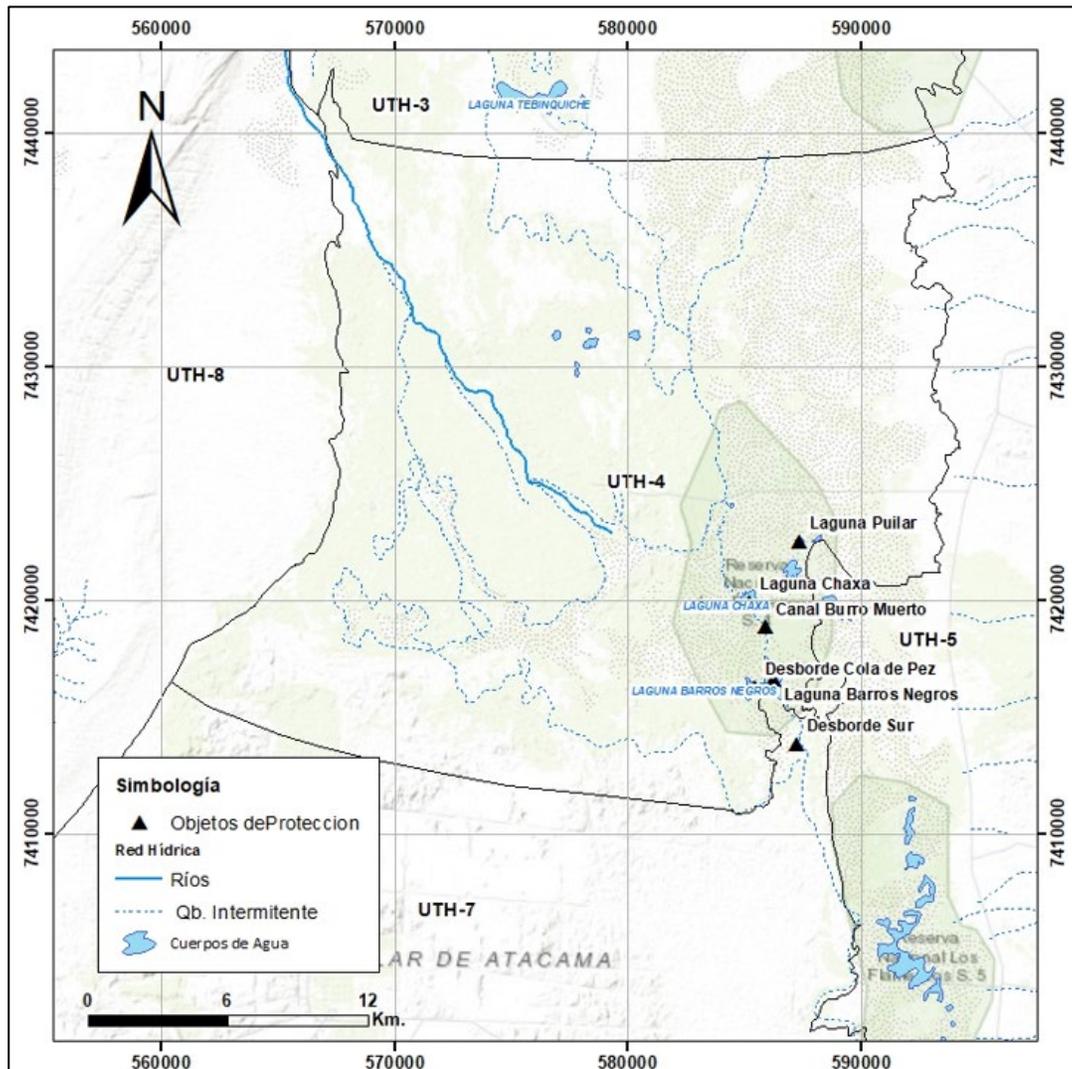
La UTH 4 se caracteriza por contener la zona norte del Salar, el Delta río San Pedro y parte del sistema de agua superficial Soncor (ver Figura 34). Este sistema, está conformado por tres lagunas de importancia ecológica: Puilar, Chaxa y Barros Negros, estando conectadas superficialmente y alimentadas entre sí las lagunas Chaxa y Barros Negros a través del Canal de Burro Muerto. En el caso de la laguna Puilar, esta es de menor tamaño y se alimenta del agua que aflora desde el acuífero del Borde Este, sin tener conexión superficial con las demás.

Sobre el Sistema Soncor, este resulta de la confluencia de numerosos cauces subterráneos, originados por las precipitaciones en las zonas altas de la cuenca (al norte y noreste de ésta), las cuales se infiltran y afloran nuevamente al norte y noreste del Salar de Atacama. Las primeras afloraciones de agua subterránea se producen en el Llano del Tambillo, dando origen a 2 canales que aguas abajo forman el canal de Burro Muerto, el cual representa la alimentación principal de este sistema. Este caudal fluye superficialmente hacia Puente San Luis, incrementando el flujo por distintos aportes subsuperficiales y subterráneos, hasta llegar a la laguna Barros Negros. Además, el sistema posee una recarga menor proveniente de flujos subterráneos desde el este, los cuales dan origen al canal que alimenta la laguna Puilar y a una serie de pequeños canales que se observan al este de Barros Negros. Estos últimos sólo son importantes en episodios de altos caudales y en su mayor parte se evaporan.

Además, el sistema posee una recarga menor proveniente de flujos subterráneos desde el este, los cuales dan origen al canal que alimenta la laguna Puilar y a una serie de pequeños canales que se observan al este de Barros Negros. Estos últimos sólo son importantes en episodios de altos caudales y en su mayor parte se evaporan.

Cabe mencionar que, en épocas de altas precipitaciones se producen desbordes de agua superficial desde la laguna Barros Negros hacia zonas fuera de ésta, generando lagunas no permanentes. Estas lagunas, hasta el año 2012, se formaban al oeste de la laguna Barros Negros, en un sector denominado “Cola de Pez”. Sin embargo, por cambios en la dinámica hídrica, estos desbordes comenzaron a desarrollarse hacia el sur de la laguna, generando una pérdida de la recarga superficial en el sector de Cola de Pez. Estos desbordes son relevantes ya que se estima que sus infiltraciones tienen un efecto promedio de largo plazo relevante en la interacción con la salmuera subyacente.

FIGURA 34. HIDROGRAFÍA UTH 4



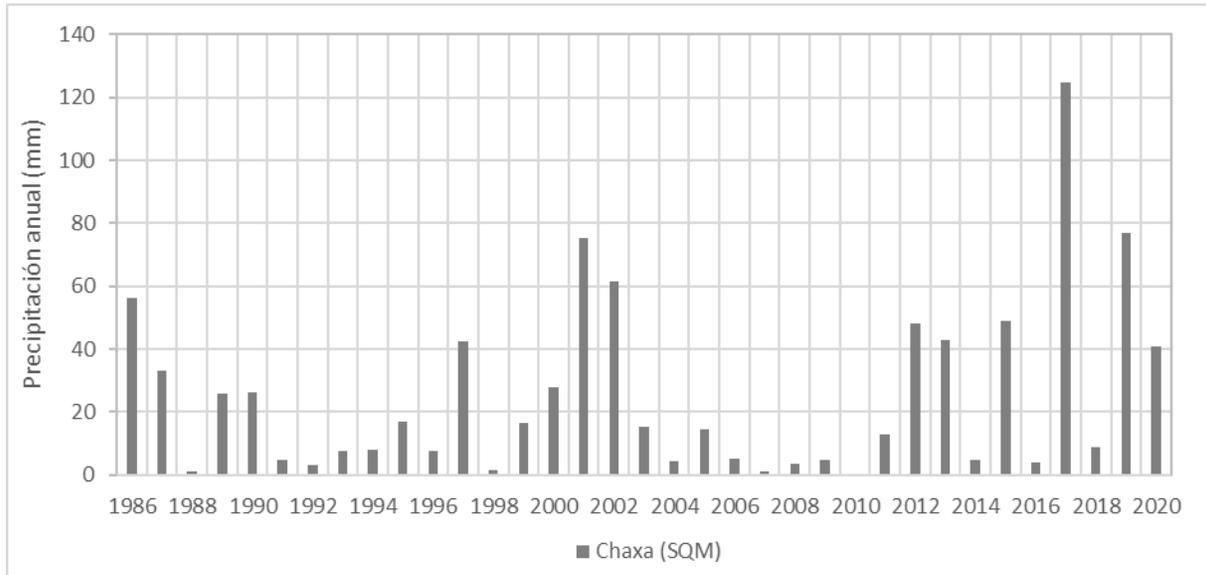
Fuente: Elaboración Propia en base a DGA, 2022

2.1.3. Precipitaciones

En la Figura 35 se presentan los registros de precipitación acumulada anual de la estación Chaxa, los cuales varían en un rango de 0 a 125 mm y promedian anualmente 25 mm aproximadamente. Además, se aprecia que el valor máximo registrado en las últimas décadas corresponde al año 2017, superior en más de 40 mm del siguiente registro más alto, por lo que el valor promedio anual se puede ver afectado por esta gran magnitud de agua caída.

Por otra parte, en la Figura 36 se presenta la distribución espacial de las precipitaciones medias anuales para la cuenca del Salar de Atacama mediante líneas de igual valor, indicando la extensión de la UTH en estudio. Además, se observa que el promedio anual para el periodo 1986 – 2019 de agua caída en la UTH varía entre 12 y 30 mm aproximadamente, junto con evidenciar que los principales aportes por lluvias ocurren en la zona este de la zona de estudio.

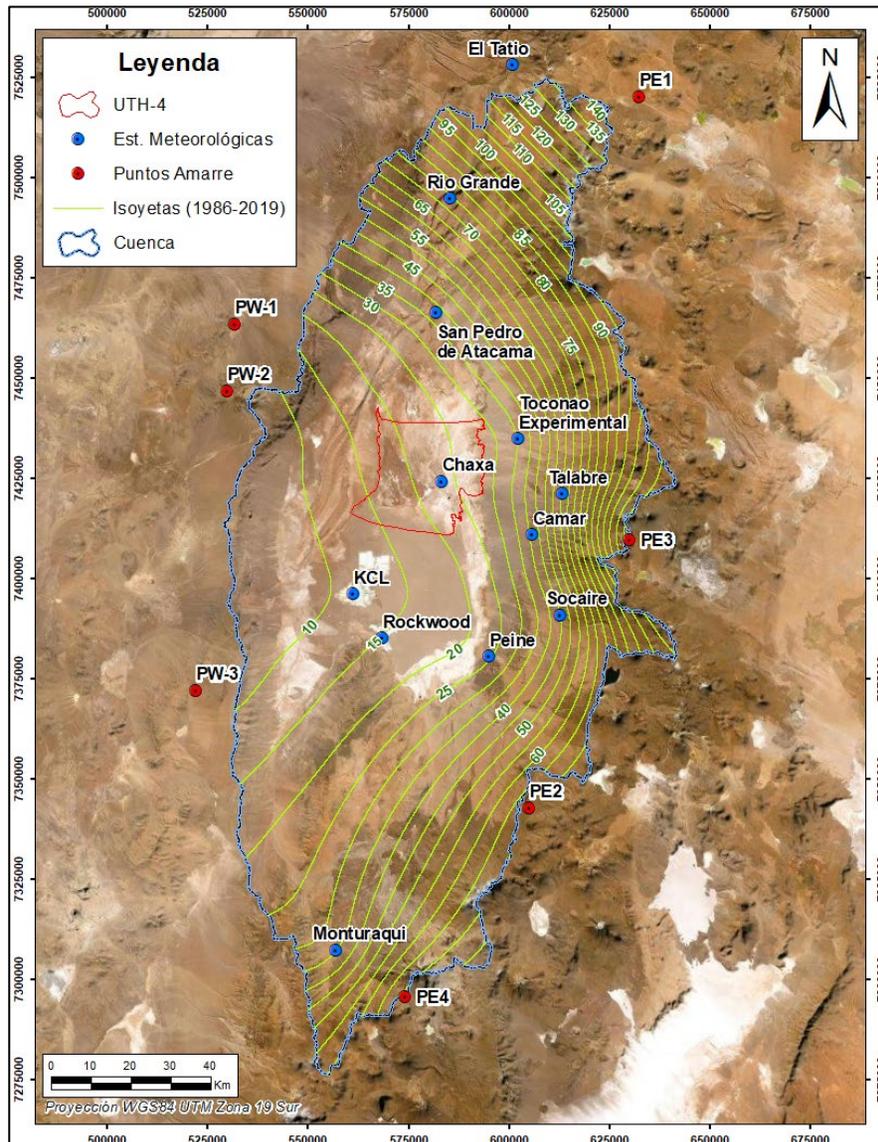
FIGURA 35. SERIE DE PRECIPITACIÓN ANUAL DE ESTACIÓN METEOROLÓGICA CHAXA



Fuente: SMA, 2022

Cabe destacar que, la caracterización de precipitación se hace en base a los registros de sólo una estación meteorológica, ubicada en la zona media del área de estudio, por lo tanto, es posible que las magnitudes de precipitación subestimen los datos de la UTH5.

FIGURA 36. DISTRIBUCIÓN DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL PARA LA CUENCA DEL SALAR DE ATACAMA



Fuente: Elaboración propia en base a SMA, 2022

2.1.4. Caudales

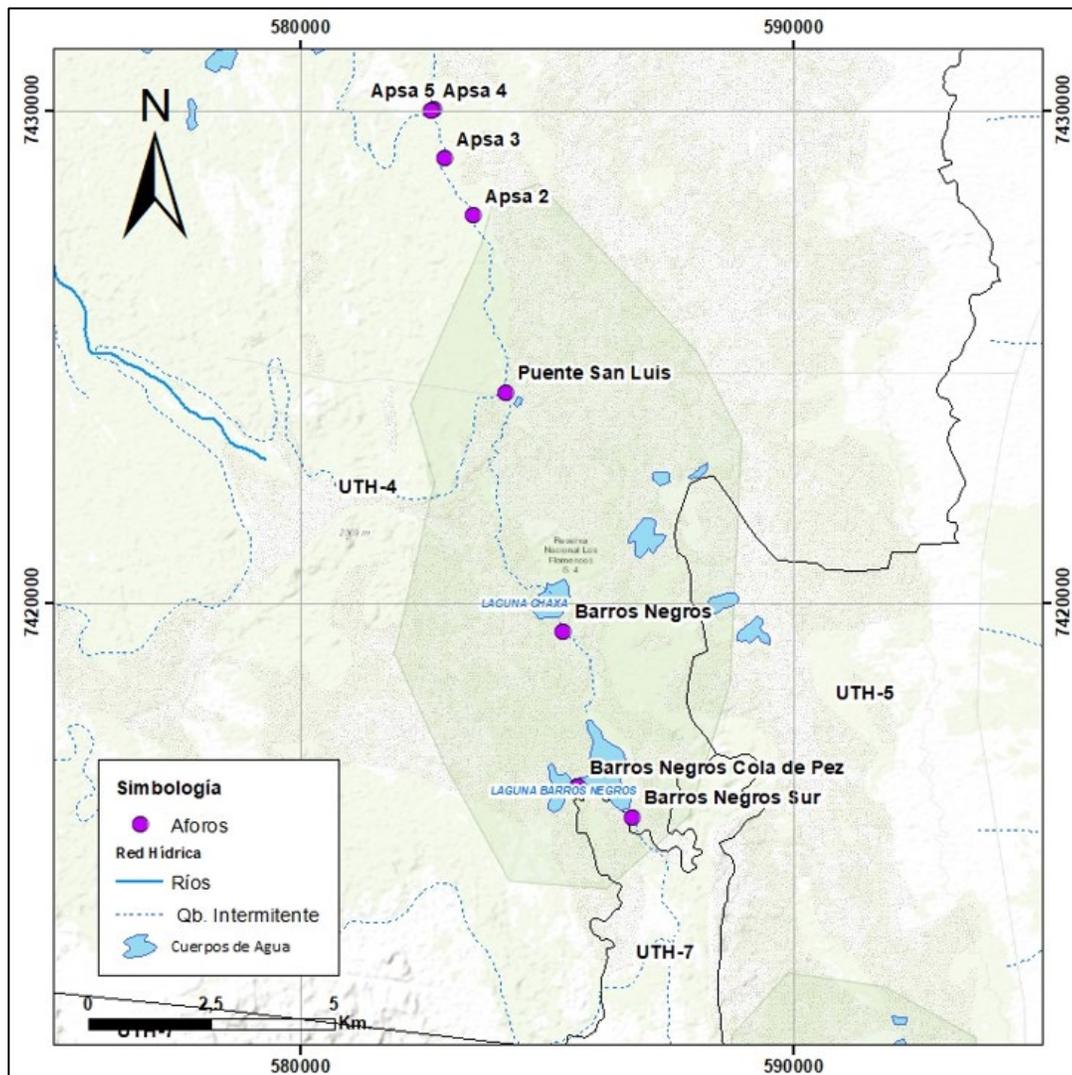
Para la caracterización y medición de caudales, se utilizaron los registros provenientes de los 8 puntos de aforo pertenecientes a SQM (ver Tabla 10). Cabe destacar que, la DGA no cuenta con estaciones fluviométricas en este sector de la cuenca. A continuación, en la Figura 37 se presenta la ubicación y datos estadísticos obtenidos de estas estaciones de aforo.

TABLA 10. CAUDALES DE LAS ESTACIONES DE AFORO EN LA UTH-4

Estación de aforo	N° de datos	Fecha		Caudal (L/s)		
		Desde	Hasta	Mín.	Máx.	Mediana
Aforo APSA 2	47	5-04-2012	25-02-2019	55	289	153
Aforo APSA 3	46	25-04-2012	25-02-2019	64	333	184
Aforo APSA 4	46	25-04-2012	25-02-2019	9	126	69,5
Aforo APSA 5	46	25-04-2012	25-02-2019	49	177	89,5
Aforo Barros Negros	126	08-09-2007	15-10-2019	57,2	392,7	191,1
Aforo Barros Negros Cola De Pez	65	18-05-2011	27-10-2018	0	395	95
Aforo Barros Negros Sur	70	19-05-2011	27-10-2018	0	230	97,5
Aforo Puente San Luis	222.247	20-09-2007	27-05-2020	35	299,5	140,8

Fuente: SMA, 2022

FIGURA 37. PUNTOS DE AFORO EN UTH-4



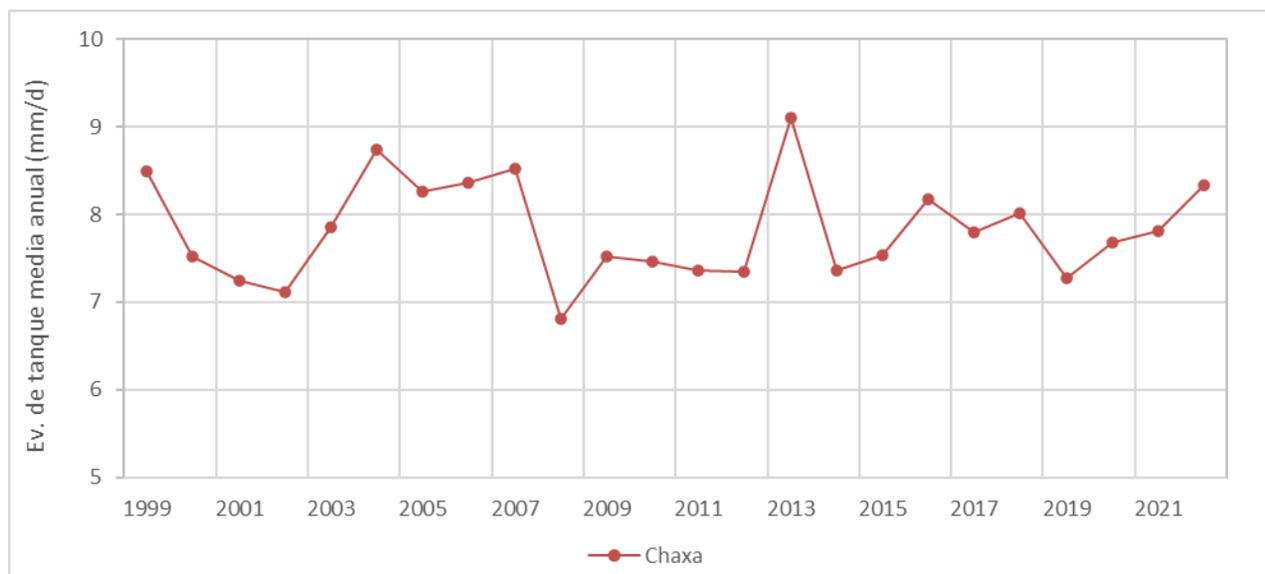
Fuente: Elaboración Propia en base a SMA, 2022

2.1.5. Evaporación

En el caso de la evaporación, la estación meteorológica Chaxa cuenta con información desde agosto 1999 a 2022 (ver Figura 38). En este tiempo se observa que la evaporación de tanque media anual osciló entre 6,8 mm/día y 9,1 mm/día, con un promedio histórico de 7,8 mm/día, lo que equivale a que en un área de 1 metro cuadrado de superficie, se evaporan 7,8 litros por día.

Es necesario destacar que, al revisar los datos mensuales, se identifica que las tasas máximas ocurren en los meses más cálidos (noviembre, diciembre, enero), mientras que las tasas mínimas ocurren en los meses más fríos (mayo, junio, julio). Además, hay que considerar que el análisis se hace en base a sólo una estación evaluada, por lo tanto, es probable que los datos no representen certeramente el área de estudio.

FIGURA 38. SERIE DE EVAPORACIÓN DE TANQUE MEDIA ANUAL DE ESTACIÓN METEOROLÓGICA REPRESENTATIVA DE LA UTH-4



Fuente: SMA, 2022

2.1.6. Niveles de agua superficial

Para la caracterización de niveles de agua superficial en el sistema Soncor, se cuenta con la información de acceso público sobre las reglillas de SQM y CONAF, ubicadas en el canal Burro Muerto, laguna Chaxa y laguna Barros Negros, y con datos de estaciones desde Albemarle.

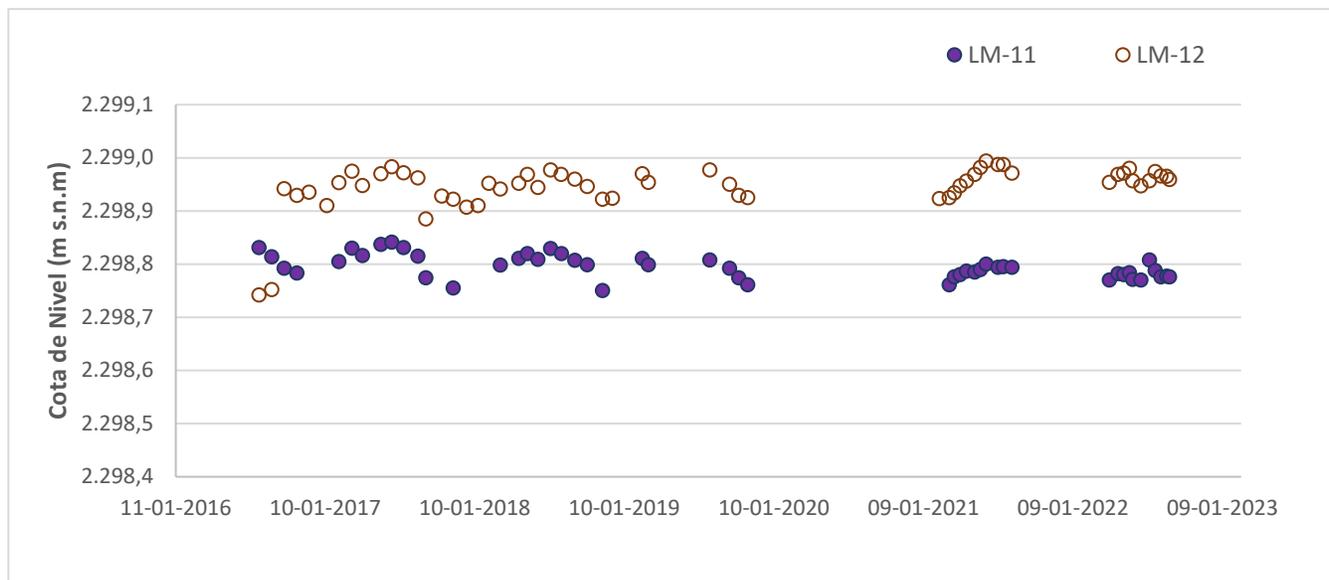
De estos registros, se obtiene que el nivel del canal Burro Muerto varía estacionalmente, presentando los máximos en los meses de inviernos y mínimos en los meses de verano, evidenciando una relación directa del aumento de la recarga con las mayores precipitaciones caídas en los años respectivos. Además, se identifica una variación desde los 2301,17 m.s.n.m. al año 1996 (inicio de las mediciones) hasta su nivel máximo de 2301,31 m.s.n.m. para el año 2020, una variación cercana a los 15 cm.

Las mediciones de la laguna Chaxa y Barros Negros presentan un comportamiento similar a lo largo del tiempo, en la cual ambas tienen una definida variación estacional. En el caso de Laguna Chaxa, su nivel máximo alcanza los 2300,25 m.s.n.m. y el mínimo 2300,10 m.s.n.m., manteniéndose estable en el tiempo y promediando un aproximado de 2300,16 m.s.n.m. Por otro lado, laguna Barros Negros presenta un mínimo que alcanza los

2299,9 m.s.n.m. y un máximo de 2300,10 m.s.n.m. El nivel promedio de largo plazo corresponde a 2300,03 m.s.n.m. Cabe destacar, que la variación del nivel en torno al promedio de ambas lagunas es de aproximadamente +/- 5 cm.

Por otro lado, en la Figura 39 se observa que los puntos de control LM-11 y LM-12, ubicados en la inmediatez de la laguna Barros negros y Chaxa, respectivamente, presentan un comportamiento parejo entre ellas con variaciones estacionales, estabilizándose en el largo plazo en torno a los 2.298,8 m.s.n.m (LM-11) y en torno a 2.298,95 m.s.n.m. (LM-12). Además, presentan una amplitud entre cotas máxima y mínima del orden de 0,071 (medido en LM-12) m, calculadas para el año 2021.

FIGURA 39. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE NIVEL LIMNIMÉTRICO EN SISTEMA SONCOR



Fuente: SMA, 2022

2.2. Hidrogeología

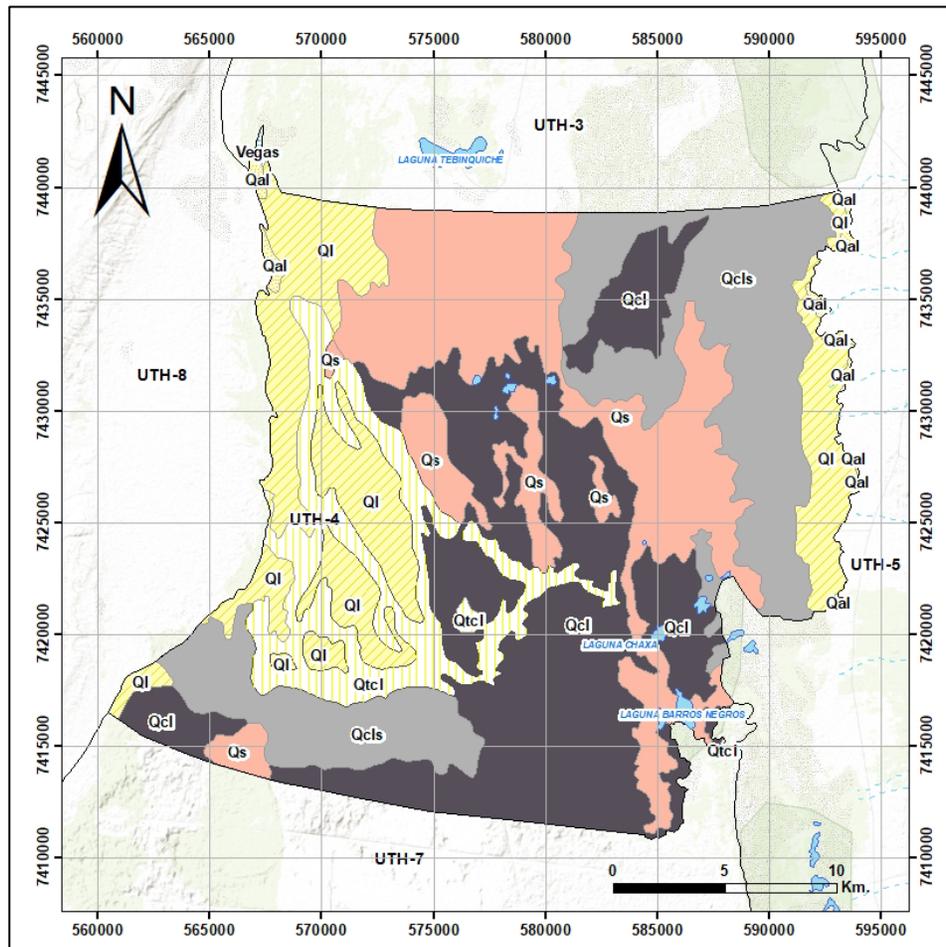
2.2.1. Caracterización geológica

La geología superficial y subterránea de la UTH en estudio se caracteriza por presentar las unidades geológicas -distintas formaciones rocosas- una correspondiente al Delta río San Pedro (piezas sedimentarias) y otras formaciones rocosas cuyo origen se relaciona también con la existencia del Salar y sus minerales que corresponden a Depósitos cuaternarios evaporíticos (cloruros, sulfatos y carbonatos) (ver Figura 9).

La unidad Delta río San Pedro, concentrada principalmente al borde oeste de la UTH, agrupa los depósitos de este delta, que consisten en cloruros, carbonatos, arenas, limos y arcillas. En el mapa son las superficies clasificadas como Ql, Qal y Qtcl, principalmente. Se observa en superficie como una costra rugosa de color café oscuro rojizo, con una matriz arcillosa, limosa y con algo de arenas, con halita microcristalina (sal tipo cristal) y en forma de cemento.

En cuanto a la unidad de Depósitos cuaternarios evaporíticos, distribuido en la zona media y este de la UTH, presenta una zonación química desde el núcleo del Salar hasta la zona marginal, con un orden de sur a norte que va por: rocas cloruradas (Qcl), la de mayor extensión en el salar y que conforma el núcleo del salar; sulfatadas (Qs); y carbonatadas (Qcls), la franja más externa del salar.

FIGURA 40. DISTRIBUCIÓN DE GEOLOGÍA DE SUPERFICIE EN UTH-4



Fuente: Elaboración Propia en base a SERNAGEOMIN, 2022

2.2.2. Niveles de agua subterránea

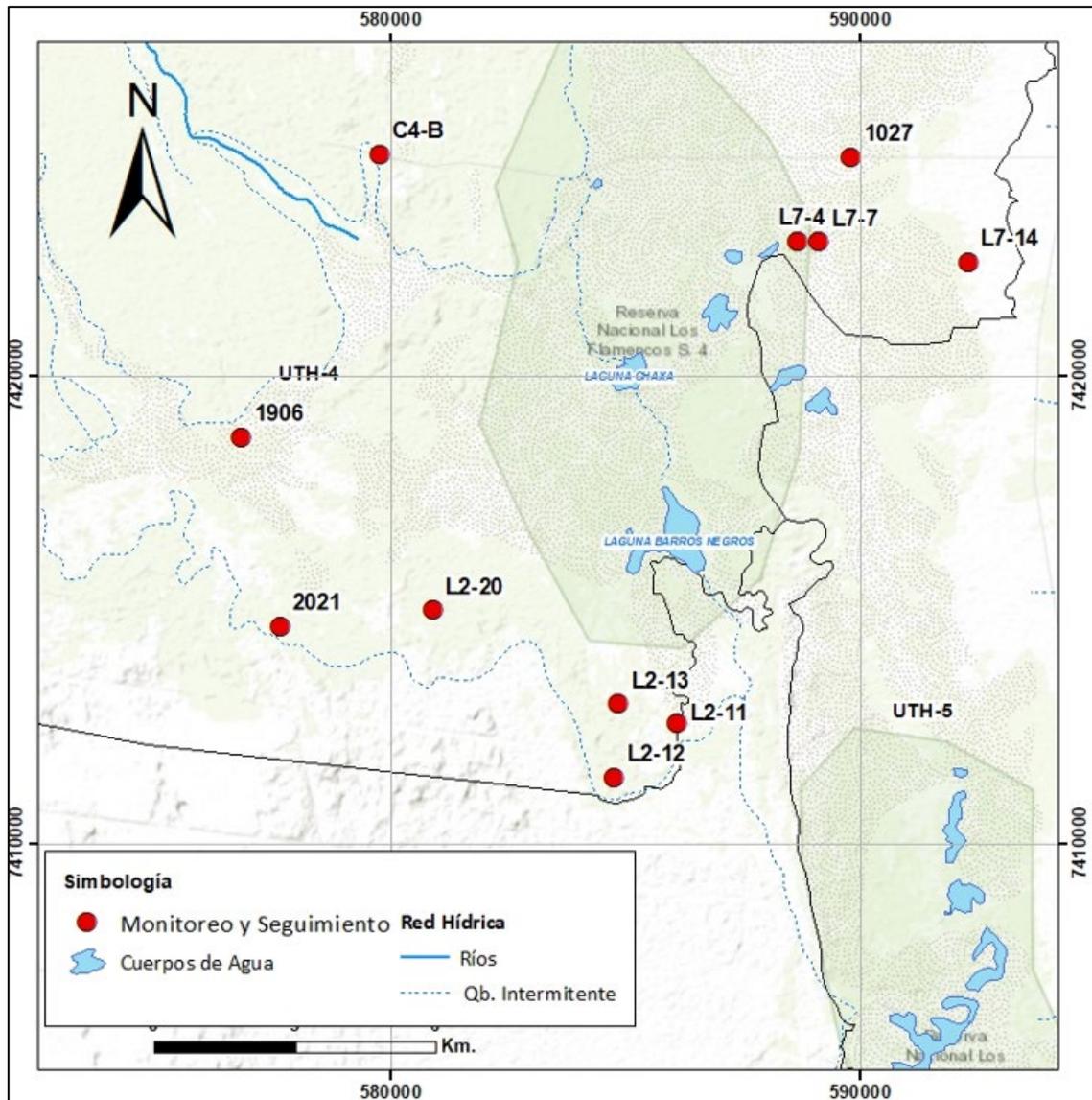
Para el análisis de los niveles de agua subterránea en la UTH, los datos disponibles corresponden a información levantada por la empresa SQM, que son de acceso público. Considerando la cantidad de pozos y datos presentes en el territorio, se seleccionaron pozos representativos para cada sector de la UTH. En la Figura 41 se presenta la ubicación de los pozos de SQM. En las Figuras 42, 43 y 44 se grafican los niveles de estos pozos. Es importante señalar que dentro de los Planes de Seguimiento Ambiental SQM cuenta con una mayor cantidad de puntos de monitoreo que los presentados en la figura mencionada.

La medición de niveles de agua subterránea puede ser expresada en profundidad de nivel, que refleja la distancia en metros que existe entre la superficie del terreno y la presencia de agua subterránea o en cota de nivel que refleja la altura respecto al nivel del mar a la que está presente el agua subterránea. Los gráficos a continuación presentan la información en función de la cota piezométrica o cota a la cual se encuentra el agua subterránea (altura en función del nivel del mar).

Para los pozos de la zona Delta río San Pedro (1), se utilizó la información de los pozos C4-B y 1906. El primero de estos se ubica en la zona central de la UTH, el cual registra aumentos en su nivel que se pueden relacionar con la recarga por precipitaciones, sin embargo, estos se registran como leves aumentos de hasta unos

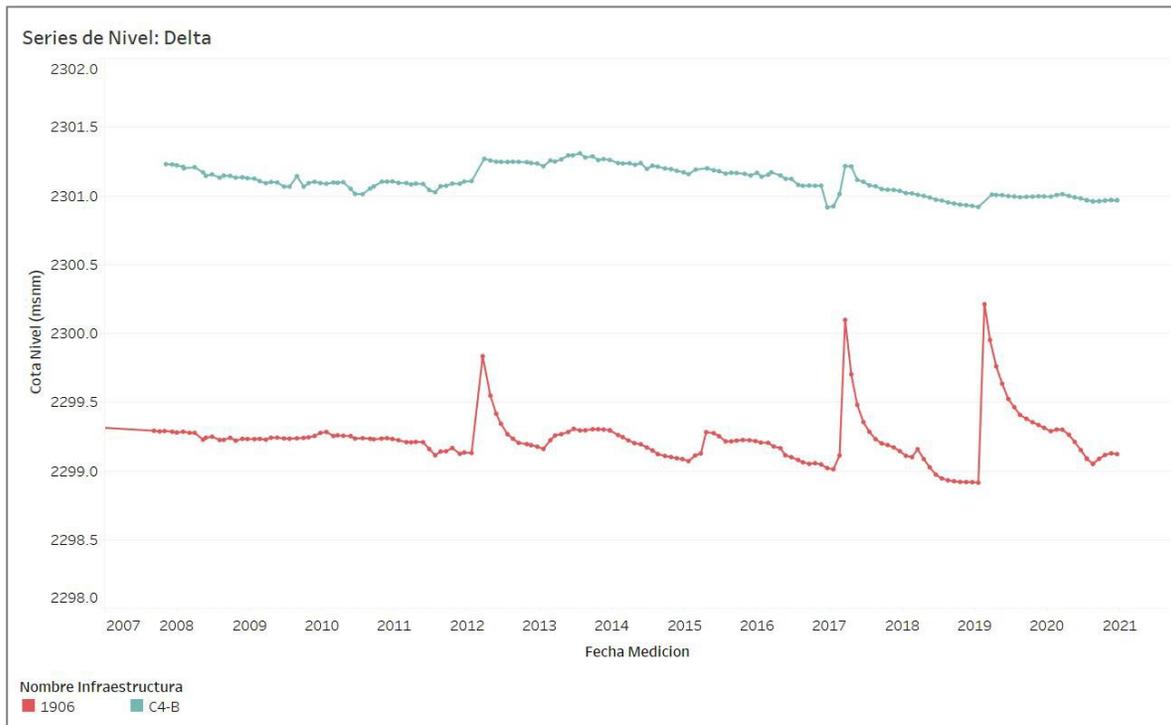
15 cm. El pozo 1906 presenta un comportamiento de tipo núcleo, es decir, muestra descenso en el tiempo asociado al bombeo y respuestas rápidas y directas a las precipitaciones. Ambos pozos tienen descensos similares de aproximadamente 0,4 m en 13 años en promedio. En la Figura 42 se presenta las series de nivel para estos pozos en los últimos años, la línea superior corresponde al pozo C4-B y la inferior al pozo 1906.

FIGURA 41. PUNTOS NIVELES DE POZO DE SQM



Fuente: Elaboración Propia en base a SMA, 2022

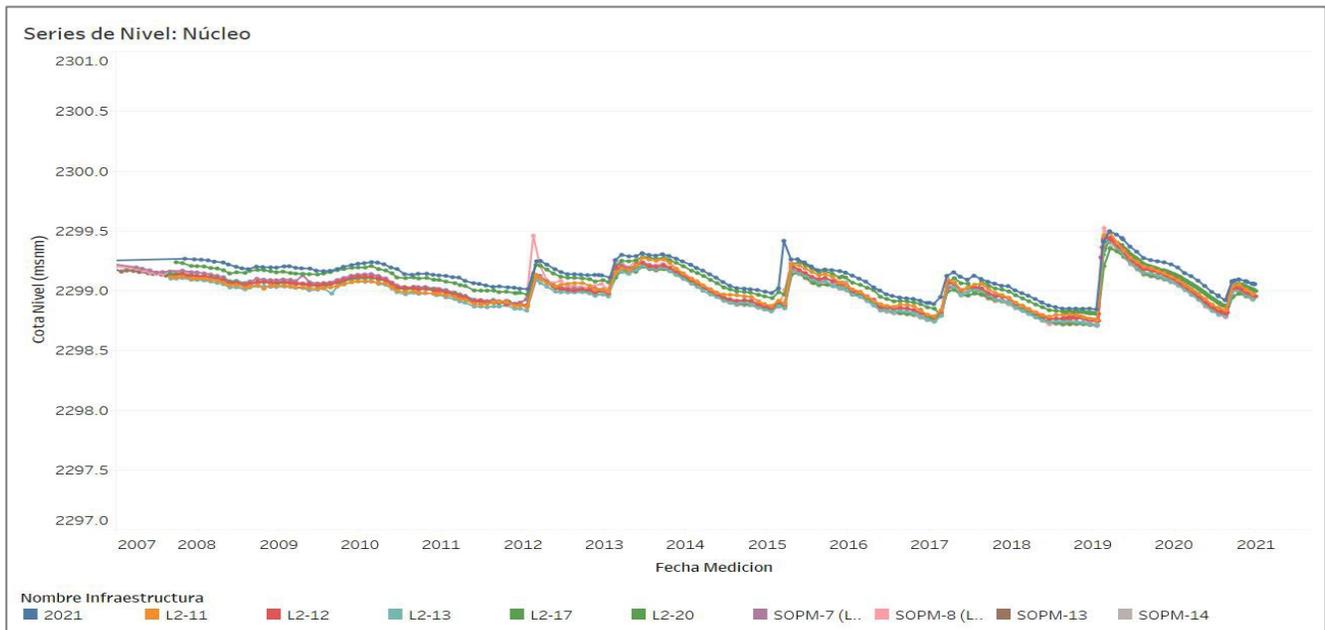
FIGURA 42. SERIES DE NIVEL DE LA ZONA DELTA (1)



Fuente: SMA, 2022

Los pozos analizados en la zona núcleo-transición este de la UTH, se caracterizan principalmente por su comportamiento tipo núcleo, por lo que su tendencia general es al descenso, debido a las extracciones de salmuera. Sin embargo, al comienzo de su registro se evidencia que el sector se ve afectado por la presencia de desbordes desde los cuerpos lagunares cercanos. Que el patrón haya pasado a ser tipo núcleo implica que los desbordes dejaron de ocurrir en la misma dirección y/o con la misma magnitud que en el pasado.

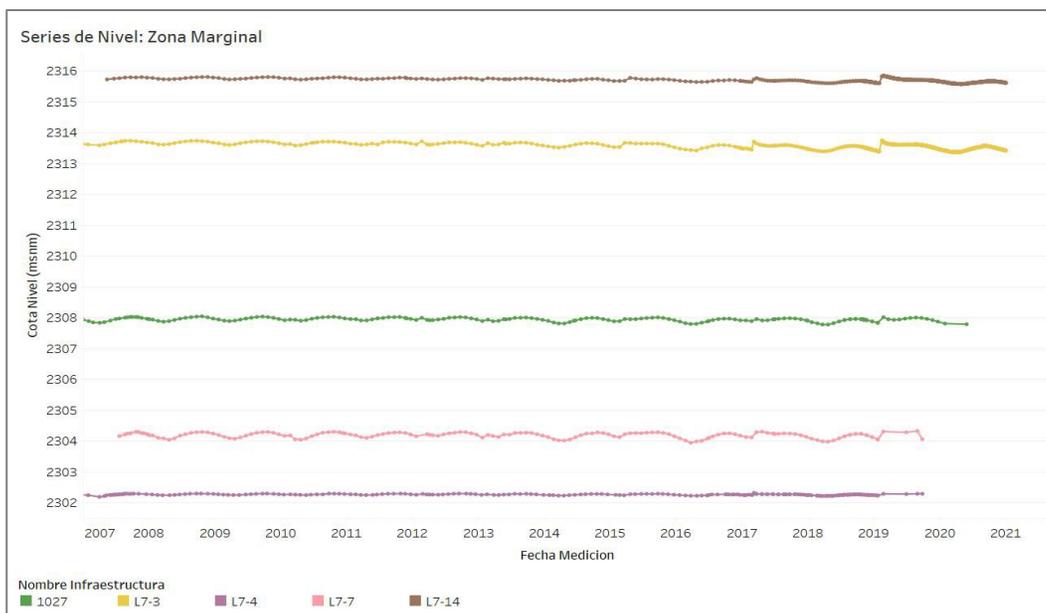
FIGURA 43. SERIES DE NIVEL DE LA ZONA NÚCLEO (2)



Fuente: SMA, 2022.

Por último, respecto del comportamiento de los niveles en la zona marginal, se identifica un comportamiento estacional relativamente estable. Se destaca que, a pesar de la cercanía con los pozos tipo núcleo (afectados por las extracciones de salmuera), los pozos de este sector no se ven afectados por las variaciones que ocurren en el núcleo. Por ende, su régimen depende exclusivamente de la cantidad de agua precipitada y la evaporación. En la Figura 44 se presenta la variación de estos puntos. El orden de los niveles de pozos en la figura, de arriba hacia abajo, es L7-14, L7-3, 1027, L7-7 y L7-4.

FIGURA 44. SERIES DE NIVEL DE LA ZONA MARGINAL (3)



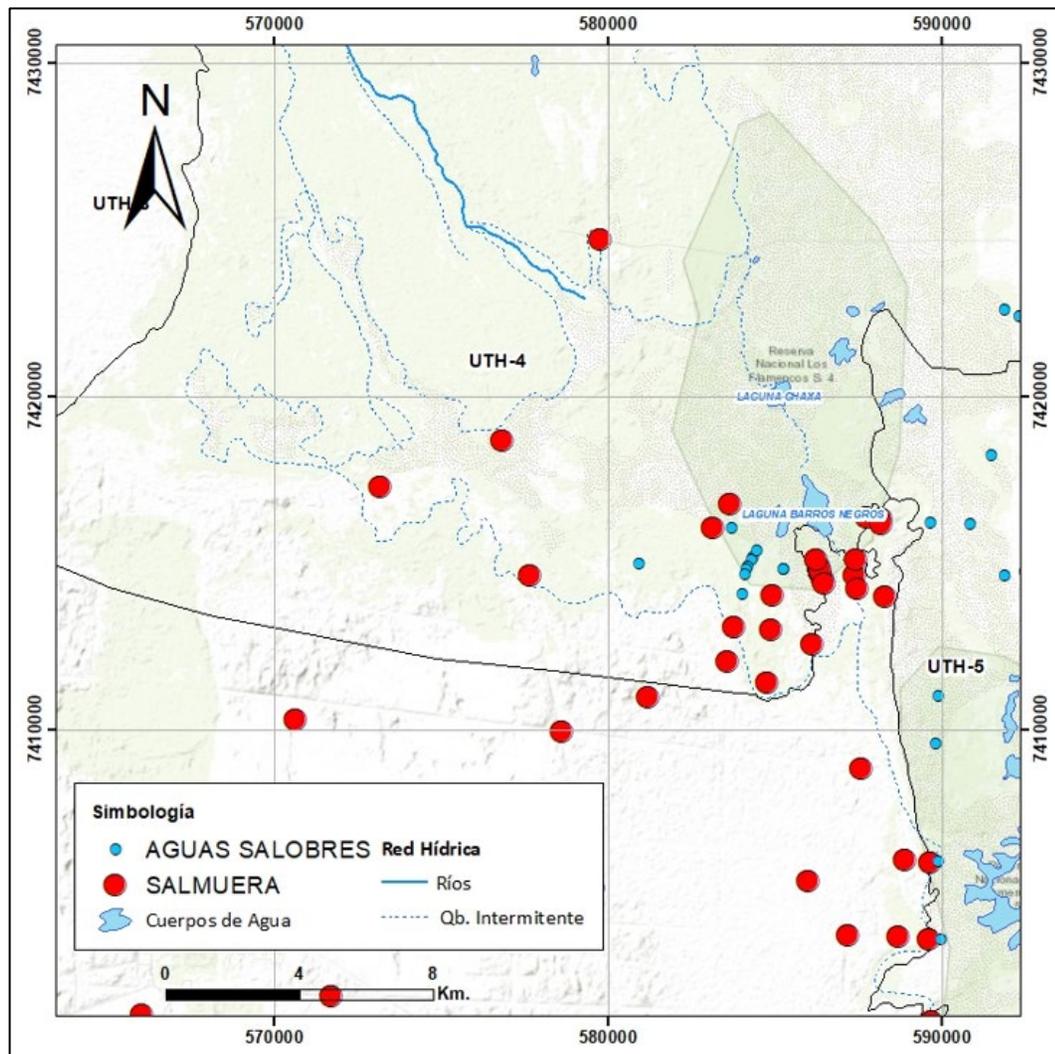
Fuente: SMA, 2022

Cabe destacar que, el comportamiento de los niveles en el sector de Soncor está determinado principalmente por la evaporación y la dinámica natural de las lagunas del sistema: Puilar, Chaxa y Barros Negros, y los desbordes de esta. La ocurrencia de desbordes podría influir en los niveles del acuífero, ya que son flujos transportados en superficie con potencial de infiltrarse y/o evaporarse fuera del área de la laguna.

2.2.3. Salmueras

De la información consultada no se logró identificar antecedentes que evidencien que dentro de la UTH-4 se realice la extracción de salmueras. No obstante, en esta UTH los efectos potenciales de la extracción de salmueras que se realizan en el núcleo son monitoreados por los planes de seguimiento ambiental de las compañías mineras que extraen salmueras desde el núcleo (UTH-7). Los antecedentes que dispone SQM y que reporta al SNIFA indican que al interior de esta UTH a nivel superficial hay presencia de salmueras que se introducen hacia el norte de la UTH-4. A continuación en la Figura 45 se muestran los puntos de monitoreo con presencia de salmueras en esta área.

FIGURA 45 PRESENCIA DE SALMUERAS EN UTH-4



Fuente: SMA, 2022

2.3. Derechos de Aprovechamiento y Usos de Agua

En esta UTH a partir no se presentan Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA) constituidos, según el Catastro Público de Aguas de la DGA⁴. Esto se condice con las restricciones de acuíferos protegidos por parte de la legislación hídrica, que impide la constitución de DAA.

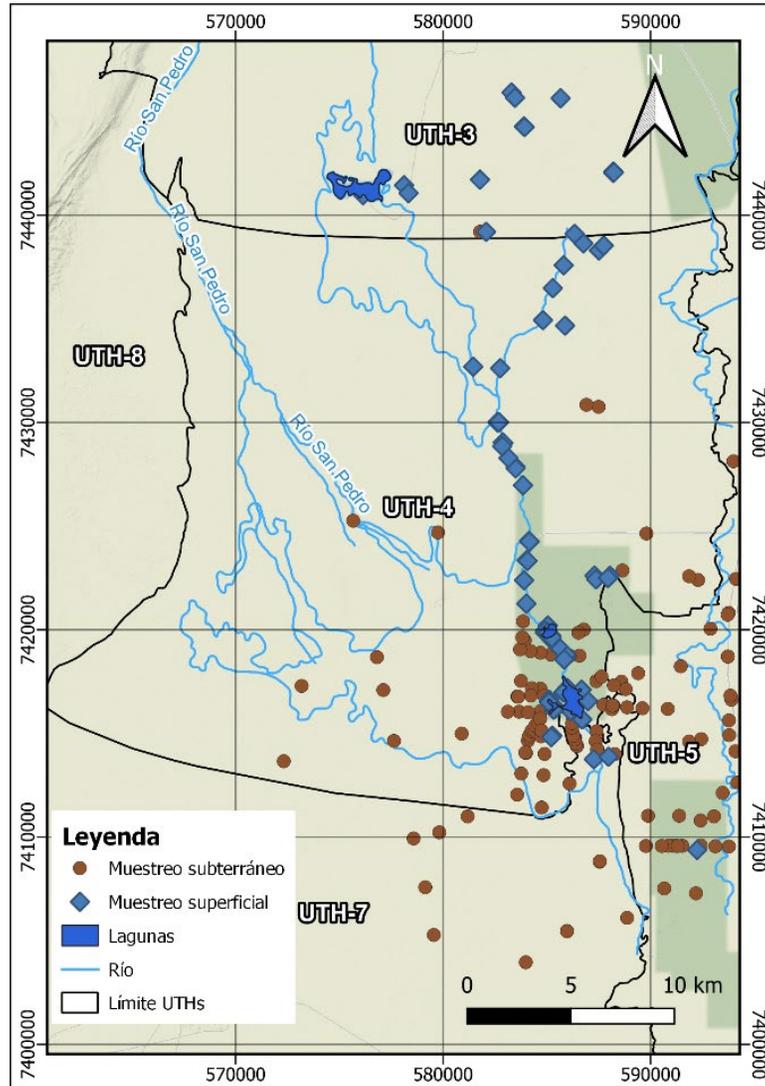
En cuanto a los usos generales que se le da al agua, enmarcados en el contexto sociocultural propio de la UTH, se destaca el uso de las vegas bajas (como vega de Olar y de Tapar) para la ganadería y pastoreo de animales en verano. Por otro lado, el paisaje vinculado a los cuerpos de agua ha consolidado la actividad turística en torno al Sistema Soncor, sitio Ramsar y parte de la Reserva Nacional Los Flamencos, en donde el agua además es parte fundamental de especies de aves migratorias.

2.4. Características químicas de las aguas

Para la caracterización y análisis hidroquímica de la UTH 4, se utilizaron las muestras de 99 puntos de monitoreo desde diferentes fuentes (PSAH, SQM, Terceros para SQM y otras empresas), tanto para las fuentes superficiales como subterráneas. En la Figura 46 se presenta la distribución espacial de estos puntos.

⁴ Disponible en: https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx

FIGURA 46. DISTRIBUCIÓN PUNTOS CON INFORMACIÓN HIDROQUÍMICA EN LA UTH-4



Fuente: Elaboración Propia en base a SMA, 2022

Sobre los parámetros fisicoquímicos, la mayoría de las zonas presenta un pH que varían entre 7 a 8, es decir, son neutros a levemente básicos. Sin embargo, hay puntos de muestro ubicados en la cercanía del cauce, antes del puente San Luis en el sector medio de la UTH, que alcanzan valores de 9, considerándose alcalinos.

Al hacer un análisis de las concentraciones de cloruro en las lagunas del sistema Soncor, se concluye que el sistema de agua superficial se encuentra poco conectado con el acuífero, por lo que no existe en términos generales aportes notables desde el sistema superficial al subterráneo. Respecto a aportes desde el acuífero a las aguas superficiales, se infiere que sería poco importantes, en especial para las zonas que presentan mayor fluctuación. Esto implica que la alimentación de los sistemas de agua superficial se realiza a través del canal Burro Muerto.

Por otro lado, en cuanto a la revisión del cumplimiento de normas de riego (NCh1333) y agua potable (NCh409) presente en la UTH, se realiza en base a dos puntos de monitoreo de agua superficiales pertenecientes a CONAF-SQM, Reglilla Puilar y Reglilla Chaxas, ubicados después de las lagunas con el mismo nombre. La

información de estos parámetros se encuentra en línea, sin embargo, el análisis se hizo con información proveniente del PEGH Salar de Atacama. En la Tabla 11 y Tabla 12 se presentan el resumen de cumplimiento de estos puntos.

A modos generales, se identifica que las concentraciones de magnesio y arsénico, de acuerdo a la norma de agua potable, es sobrepasado en ambas estaciones. Junto con ello, la cantidad de cloruro y sulfato para ambas estaciones superan los parámetros de las dos normas, siendo reglilla Chaxas que presenta con creces mayor concentración de sulfato.

Por último, estas estaciones registran conductividades eléctricas por sobre el límite asociado a agua fresca y por debajo del límite asociado para salmuera, escapando de los límites de la norma de riego, pero que se asocia con agua salobre que puede ser utilizada en cultivos tolerantes con suelo permeable y métodos de manejo.

TABLA 11. RESUMEN DE CUMPLIMIENTO PARA LA NORMA DE AGUA POTABLE (NCH 409) EN LA UTH 4

Estación	Propietario	Parámetros													
		As	Cl-	Cr	Cd	Cu	Fe	Mg	Mn	Hg	pH	Pb	Se	SO4	Zn
Reglilla Puilar	CONAF-SQM	NC	NC					NC			NC			NC	
Reglilla Chaxas	CONAF-SQM	NC	NC				NC	NC	C		C			NC	C

C: Cumple con la norma; NC: no cumple con la norma

Fuente: Elaboración Propia en base DGA, 2021

TABLA 12. RESUMEN DE CUMPLIMIENTO PARA LA NORMA DE RIEGO (NCH 1333) EN LA UTH 4

Estación	Prop.	Parámetros																				
		As	Cl-	Al	B	Co	Cr	Cd	Cu	CE	Fe	Mn	Hg	Mo	Ni	pH	Ag	Pb	SDT	Se	SO4	Zn
Reglilla Puilar	CONAF-SQM	NC	NC						NC						C				NC		NC	
Reglilla Chax	CONAF-SQM	NC	NC						NC	C	C				C				NC		NC	C

C: Cumple con la norma; NC: no cumple con la norma

Fuente: Elaboración Propia en base DGA, 2021

Cabe mencionar que, pese a que este corresponde al análisis realizado con información en dos puntos relevantes de la UTH, cercanos a las lagunas del sistema Soncor y midiendo concentraciones en el núcleo del salar, estos están limitados sólo al sector sureste de la UTH y a cursos de agua superficiales, por lo que las características químicas en otros cuerpos de agua podrían ser diferentes a los indicados, subestimando o sobreestimando el cumplimiento de las normas. Además, que los muestreos sobrepasen las concentraciones de las normas no significa necesariamente que las aguas estén contaminadas, ya que puede ser la condición natural de ellas.

3. TRABAJO PARTICIPATIVO UTH 4

3.1. Metodología

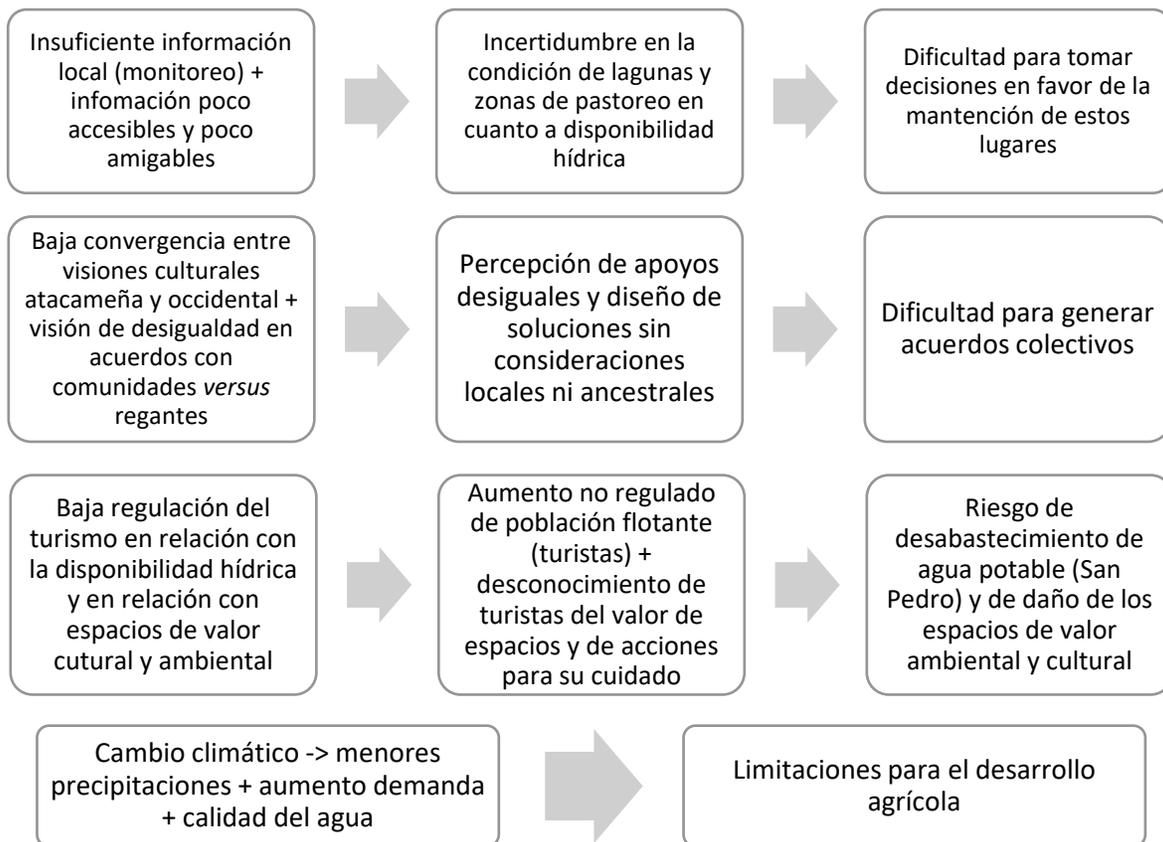
La jornada participativa del miércoles 28 de septiembre se desarrolló en un formato híbrido, presencial y *online*. El objetivo del taller fue abordar las problemáticas hídricas de la UTH presentes y futuras, identificando y definiendo causas y soluciones para ellas, propendiendo a la construcción de una visión compartida entre todos los asistentes. El taller tuvo tres momentos principales: el primero consistió en una introducción y contextualización territorial hídrica y del proyecto que se está llevando a cabo; un segundo momento práctico

presencial, experimentando con la composición de la salmuera; y por último una instancia de conversación y desarrollo de ideas en grupos de trabajo (tanto en línea como presencial).

3.2. Percepciones, problemáticas y sus relaciones causa-efecto

Del diálogo desarrollado tanto en la instancia presencial como *online* se presenta una síntesis simplificada de las visiones de las y los participantes sobre sus problemas y preocupaciones relacionadas con el recurso hídrico y sus posibles causas y/o efectos:

FIGURA 47. PROBLEMÁTICAS Y PERCEPCIONES EXPRESADAS, SUS FACTORES CAUSALES Y/O EFECTOS



Fuente: Elaboración propia, 2022

Lo presentado resume, un diálogo que no solo se enfocó en estos aspectos, sino que también en sus soluciones que se presentan al final de este informe, de forma integrada a las otras instancias de diálogo por UTH. Existen aspectos estructurales y transversales a todas las problemáticas como la necesidad de información más completa y accesible, que permita generar mejores regulaciones a las actividades existentes y mejorar el conocimiento sobre la disponibilidad hídrica, entre otras.

4. RESPUESTAS A PREGUNTAS DESDE LA MESA AMPLIA PARA LA UTH 4

Las preguntas y sugerencias asignadas a la UTH-4 se han tomado para guiar la metodología de trabajo de la MT. Se presentan respuestas que abordan de manera general las preguntas y sugerencias realizadas, entendiendo que el análisis más detallado se realizará para cada UTH que compone la cuenca.

4.1. Respecto a la afectación de la vida microbiana producto de la extracción de agua

Los estudios de impacto ambiental realizados por la empresa Albemarle y El Centro de Ecología Aplicada han generado información respecto a la vida microbiana del Salar de Atacama. En estos se expone caracterizaciones del hábitat del género *Heleobia sp*, identificación de componentes de relevancia en la distribución y abundancia, y su variación de presencia en base a concentración de sal, cantidad de oxígeno disponible, vegetación y sustrato. A su vez realizan una descripción de los Ecosistemas Microbianos Extremófilos (EME). En estos estudios no existe información que relacione directamente la extracción de agua con la abundancia y/o presencia de vida microbiana. Sin embargo, se indican en las conclusiones algunos elementos considerados relevantes en el hábitat del género *Heleobia*:

- La presencia de vegetación es un componente de relevancia en la presencia del género *Heleobia*
- Las zonas con afloramiento de agua subterránea y mayor densidad vegetal tienen una mayor frecuencia de ocurrencia de *Heleobia sp*.
- La mayor abundancia promedio del género *Heleobia sp* y *Heleobia atacamensis* se relaciona a una menor concentración de sal en el agua (entre 4,3 – 30 mS/cm) y una mayor cantidad de oxígeno (sobre los 10 mg/L.)
- Es importante indicar que concentración de sal, cantidad de oxígeno y la presencia de vegetación por sí solas no explican la preferencia de hábitat del género *Heleobia*.

5. ANÁLISIS DE BRECHAS DE INFORMACIÓN UTH 4

5.1. Acceso a la información

Existe información relacionada con diversos estudios mandados por diversos organismos del estado, entre los que destacan la Dirección General de Aguas (DGA), la Corporación de fomento a la producción (CORFO), Servicio nacional de geología y minería (SERNAGEOMIN), Comisión nacional de Riego (CNR), Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) entre otras. La información sobre la cuenca del Salar de Atacama y Sobre la UTH-4 se puede encontrar en las respectivas páginas web de los servicios y entidades del estado.

- <https://dga.mop.gob.cl/Paginas/default.aspx>
- <https://www.corfo.cl/sites/cpp/homecorfo>
- <https://www.sernageomin.cl/>
- <https://www.cnr.gob.cl/>
- <https://doh.mop.gob.cl/Paginas/default.aspx>

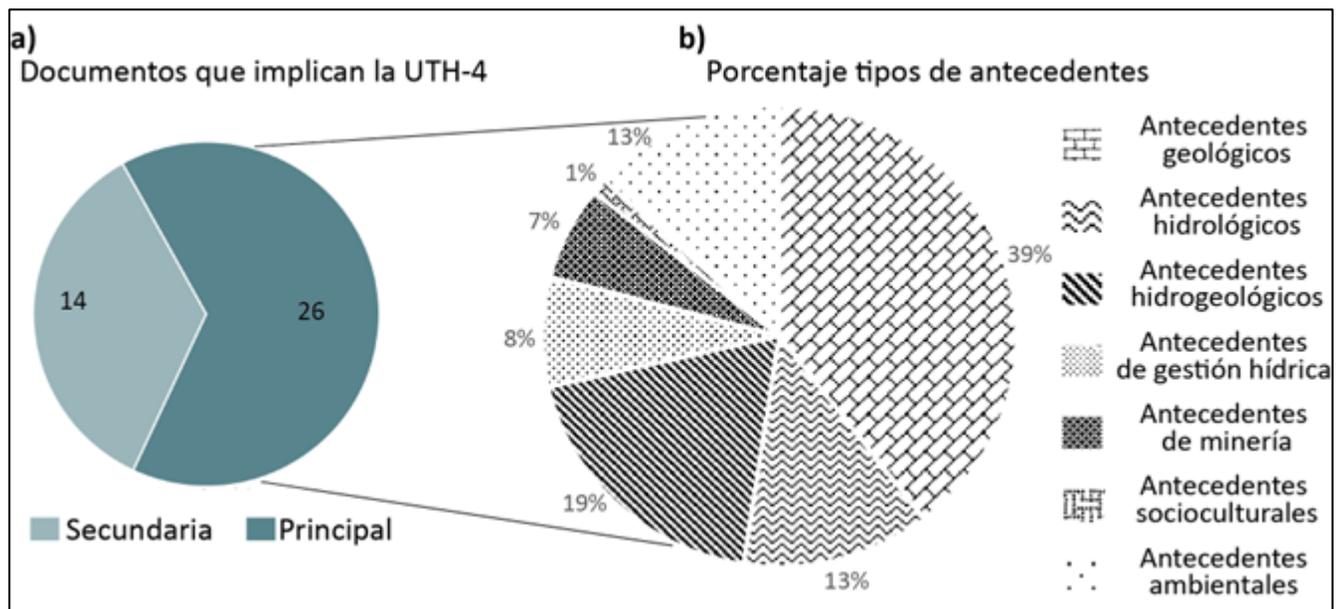
Si bien en la UTH-4 no se han detectado proyectos de inversión que requieran la elaboración de estudios hidrogeológicos para evaluar efectos ambientales, existen al interior de la cuenca, principalmente en el núcleo inversiones privadas que han sido sometidas a evaluaciones ambientales, y en este sentido en dichos estudios requeridos podría encontrarse información que esté vinculada a la UTH-4, como por ejemplo los puntos de monitoreo asociados a los planes de seguimiento ambiental. La información de los estudios ambientales se encuentra disponible en la página web del Servicio de evaluación ambiental (<https://www.sea.gob.cl/>). Respecto a la fiscalización de los proyectos y la información de las variables ambientales que están obligados a reportar se puede encontrar en la web del Sistema nacional de información de fiscalización ambiental (<https://snifa.sma.gob.cl/>).

5.2. Análisis documental

De 167 documentos revisados a la fecha se identificaron 40 documentos relacionados a la UTH-4, 26 principales y 14 secundarios. Se resumen en la Figura 48 los grupos de antecedentes presentes en los 26 documentos principales, siendo los de mayor porcentaje los antecedentes geológicos e hidrogeológicos y el de menor porcentaje antecedentes socioculturales.

Los documentos revisados para esta UTH se encuentran bastante completos en antecedentes geológicos, hídricos, tanto superficiales como subterráneos y su gestión, así como los antecedentes de minería y ambientales. Existe un alto monitoreo de diversos parámetros en esta unidad por parte de privados, ya que corresponde al borde marginal del salar de Atacama, sin embargo, se puede considerar esto como una brecha de información, ya que la información es frágil al estar supeditada a lo que el SEA solicita a los privados, no encontrándose documentos generados por organismos públicos o centros de investigación que contrasten estos datos. A la fecha no se han identificado investigaciones que estudien o monitoreen la influencia de las extracciones de salmuera en el salar sobre los microorganismos presentes en la UTH.

FIGURA 48. ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA UTH 4



a) Documentos revisados que presentan información de la UTH-4. b) Porcentajes de antecedentes que tratan los documentos donde la UTH-4 es principal. Fuente: Elaboración propia.

5.3. Brechas de información

Considerando el análisis de la información bibliográfica de las distintas fuentes consultadas se puede inferir que existen algunas brechas de información respecto al conocimiento de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de esta porción de la cuenca, a modo de síntesis se señalan los siguientes:

- La información de monitoreos y estudios de impacto ambiental están supeditados de las obligaciones de empresas privadas con el SEA.
- Existe una ausencia de otras entidades, ya sea públicas o privadas, que investiguen y contrasten los datos provenientes del monitoreo tanto hídrico como ambiental de las empresas privadas.
 - Hay una falta de investigaciones que estudien o monitoreen la influencia de las extracciones de salmuera en el salar sobre los microorganismos presentes en la UTH.

V. UNIDAD TÉCNICA HÍDRICA 5 (UTH-5): BORDE ESTE DE LA CUENCA Y SISTEMA AGUAS DE QUELANA

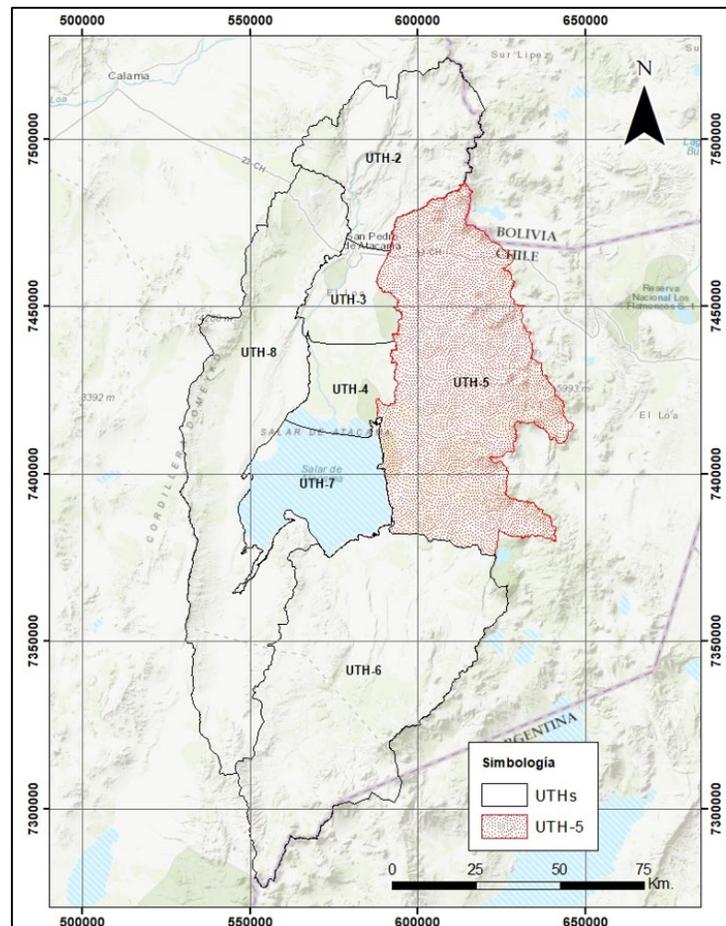
1. ÁREA DE ESTUDIO UTH 5

La UTH 5 corresponde a la zona representada por el Borde Este del Salar de Atacama. Se sitúa al oriente del Salar, comprende zona cordillerana, zona aluvial y parcialmente la “Zona Marginal” correspondiente a las zonas lacustres protegidas (margen este del Salar). Se destacan diversas comunidades atacameñas y asociaciones de regantes y agricultores. Además, esta unidad alberga los pueblos y comunidades de Toconao, Talabre, Camar, Socaire (Figura 49).

Es importante destacar que el Borde Este del Salar representa una de las recargas de aguas subterráneas más relevantes, a partir de las precipitaciones altiplánicas en las partes altas de la UTH 5, concentradas en los meses estivales, con eventos de precipitación conocidos localmente como invierno altiplánico. No obstante, en la época invernal igualmente se presentan algunos eventos de precipitación.

FIGURA 49. LOCALIZACIÓN UTH 5

Fuente: Elaboración propia.



2. CARACTERIZACIÓN DE LA UTH 5

2.1. Hidrología

2.1.1. Estaciones de monitoreo

En el área correspondiente a la UTH5, con base a la información pública disponible en la plataforma de la Dirección General de Aguas (DGA), es posible identificar 13 puntos de monitoreo, los que corresponden a 7 estaciones meteorológicas y a 6 estaciones fluviométricas.

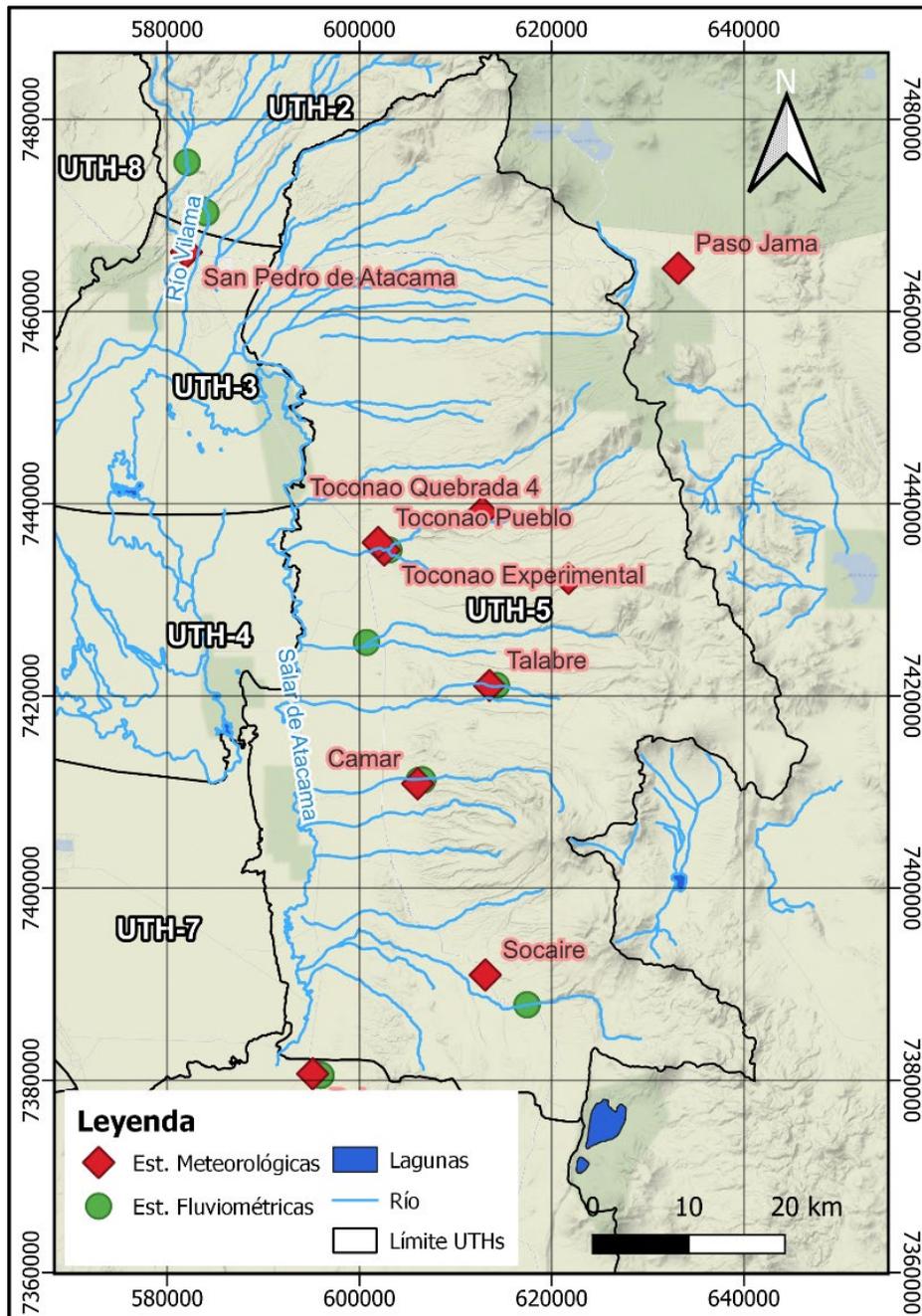
Las estaciones meteorológicas vigentes, que registran principalmente los datos de precipitaciones, corresponden a las estaciones Camar, Talabre, Toconao Reten, Toconao Pueblo, Toconao Quebrada 4, Toconao Quebrada 1 y Socaire. Por otro lado, las estaciones fluviométricas, que corresponden a la medición de caudal, se encuentran en las principales quebradas y vertientes del Este, con las estaciones Quebrada de Jeréz, Quebrada de Talabre en Tumbre, Canal Aguas Blancas, Quebrada de Camar Vertiente 1, Quebrada de Camar Vertiente 2 y Canal Cuno en Socaire. En la Tabla 13 se presenta las estaciones de monitoreo de la UTH y en la Figura 50 la ubicación de estas.

TABLA 13. ESTACIONES DE MONITOREO EN LA UTH-5

Código	Nombre	Tipo
02500017-K	Camar	Meteorológica
02500019-6	Socaire	Meteorológica
02500021-8	Talabre	Meteorológica
02500016-1	Toconao Experimental	Meteorológica
02500027-7	Toconao Pueblo	Meteorológica
02500025-0	Toconao Quebrada 1	Meteorológica
02500026-9	Toconao Quebrada 4	Meteorológica
02500019-6	Socaire	Meteorológica
02500005-6	Canal Cuno en Socaire	Fluviométrica
02500007-2	Quebrada de Jerez	Fluviométrica
02500008-0	Quebrada de Talabre en Tumbre	Fluviométrica
02500009-9	Quebrada de Camar - Vertiente 1	Fluviométrica
02500010-2	Quebrada de Camar - Vertiente 2	Fluviométrica
s/i	Canal Aguas Blancas	Fluviométrica

Fuente: Elaboración propia en base a SMA, 2022 y DGA, 2022

FIGURA 50. UBICACIÓN DE ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS Y PLUVIOMÉTRICAS DGA VIGENTES



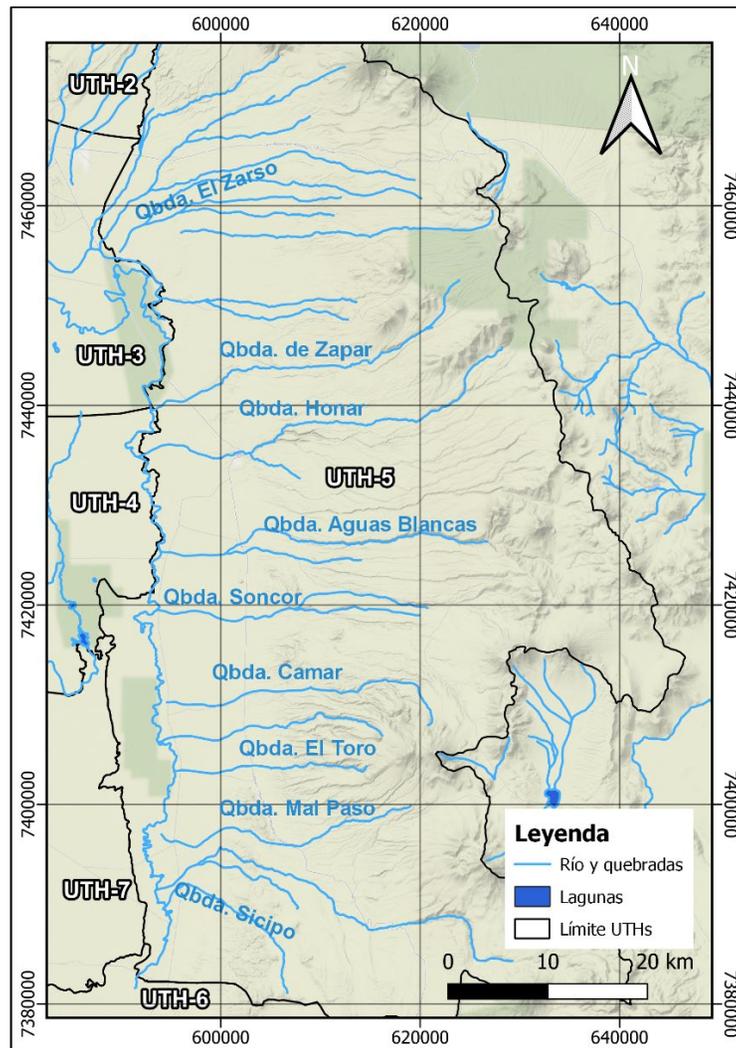
Fuente: Elaboración propia en base a DGA, 2022

2.1.2. Hidrografía

Como se presenta en la Figura 51, la UTH 5 está conformada por una serie de quebradas de carácter intermitente, que se activan con las precipitaciones o deshielos. El escurrimiento de agua va en dirección este-oeste, desde la zona alta de la cuenca hacia el Salar, el cual en su trayecto infiltra de manera subterránea o subsuperficial. Las principales quebradas que se identifican, de norte a sur, son: Quebrada de Zapar, Quebrada de Aguas Blancas, Quebrada de Soncor, Quebrada Camar, Quebrada El Toro, Quebrada Mal Paso y Quebrada Sicipo.

Cabe destacar que, en la zona aluvial de esta UTH, antes del borde del núcleo, se realizan extracciones de agua subterránea. Además, en el borde oeste, hacia donde drenan los cursos de agua, se desarrollan vegas y bofedales, ecosistemas relevantes para el territorio.

FIGURA 51. HIDROGRAFÍA UTH 5



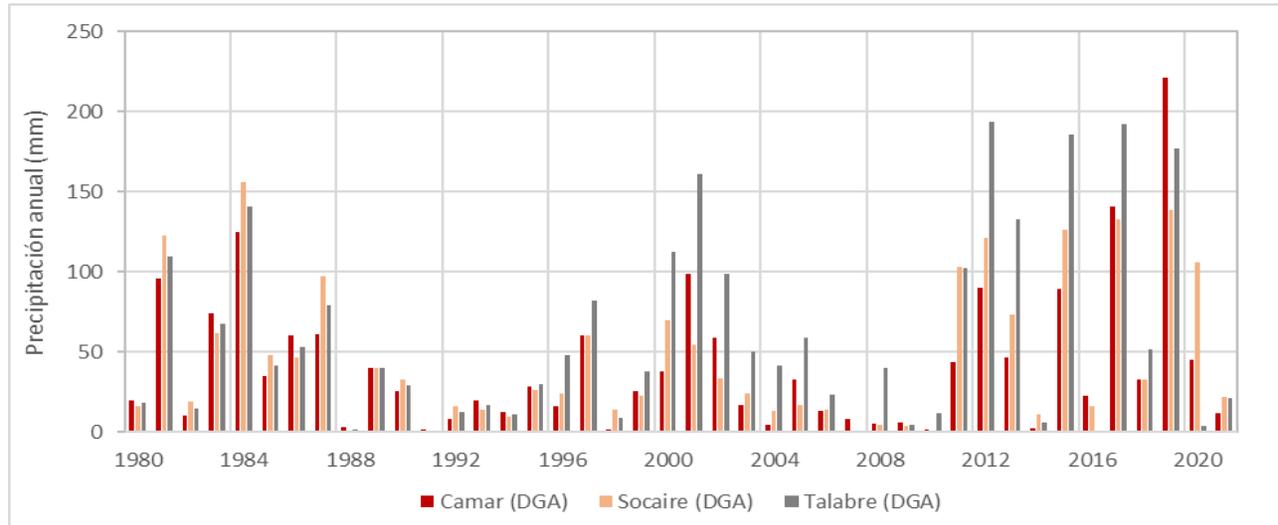
Fuente: Elaboración propia en base a DGA, 2022

2.1.3. Precipitaciones

Para el análisis de la UTH 5, se presentan los registros de tres estaciones meteorológicas (Camar, Socaire y Talabre) para el periodo 1980-2021 (ver Figura 52).

Del registro, se desprende un comportamiento oscilante similar entre las estaciones a lo largo del tiempo estudiado, en donde las diferencias se asocian principalmente a la ubicación y altitud de estas (por ejemplo, la estación Talabre es la que se encuentra a mayor altura y ubicación noreste respecto a las otras estaciones). El promedio anual estimado corresponde a 42 mm, 46 mm y 60 mm para las estaciones de Camar, Socaire y Talabre, respectivamente. Además, se identifican periodos secos durante 1988-1996 y 2003-2010, junto con un aumento del agua caída posterior a este último periodo, sobre todo en la estación de Talabre.

FIGURA 52. PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL ESTACIONES CAMAR, SOCAIRE Y TALABRE

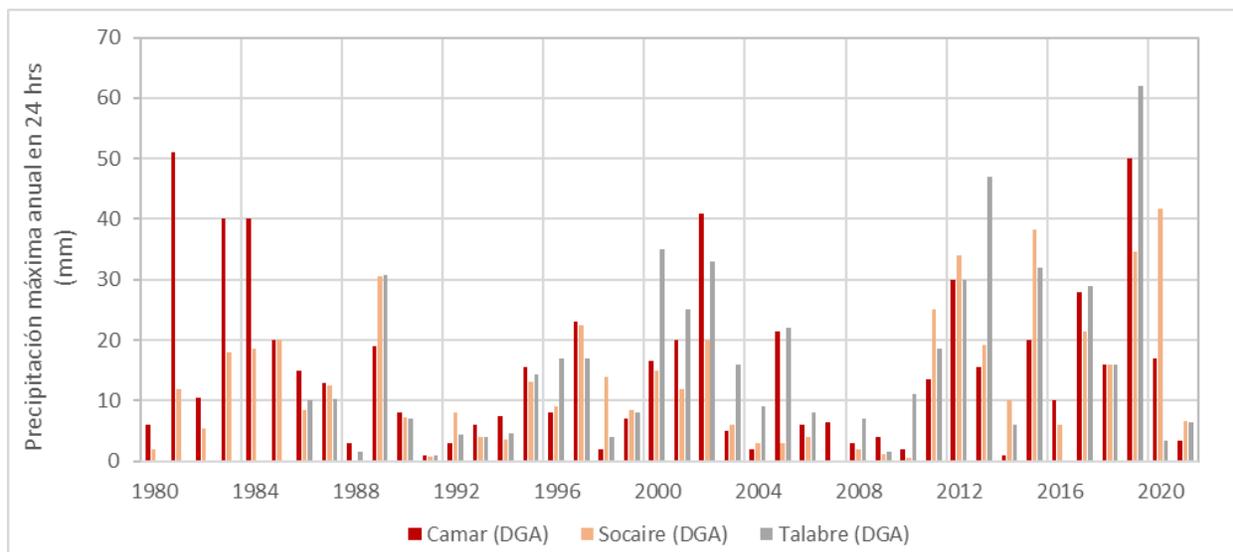


Fuente: SMA, 2022

Cabe destacar que, las estaciones evaluadas se ubican en la zona media del área de estudio, por ende, es posible que las magnitudes de precipitación subestimen los datos de la UTH5.

Como se mencionó, durante la última década, el promedio de las precipitaciones anuales en estas estaciones ha sido superior a la media en el periodo histórico, es decir, ha llovido más respecto a los últimos 40 años. Sin embargo, estos corresponden a eventos extremos, acumulándose gran magnitud de agua caída en un periodo corto de tiempo, y no a lo largo de todo el año respectivo. De acuerdo con la Figura 53, estos eventos de gran intensidad han ocurrido durante todo el periodo del registro disponible, donde en ocasiones una o dos estaciones presentan eventos máximos, sin necesariamente observarlo en otras.

FIGURA 53. SERIE DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL EN 24 HRS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS REPRESENTATIVAS DE LA UTH5



Fuente: SMA, 2022.

2.1.4. Caudales

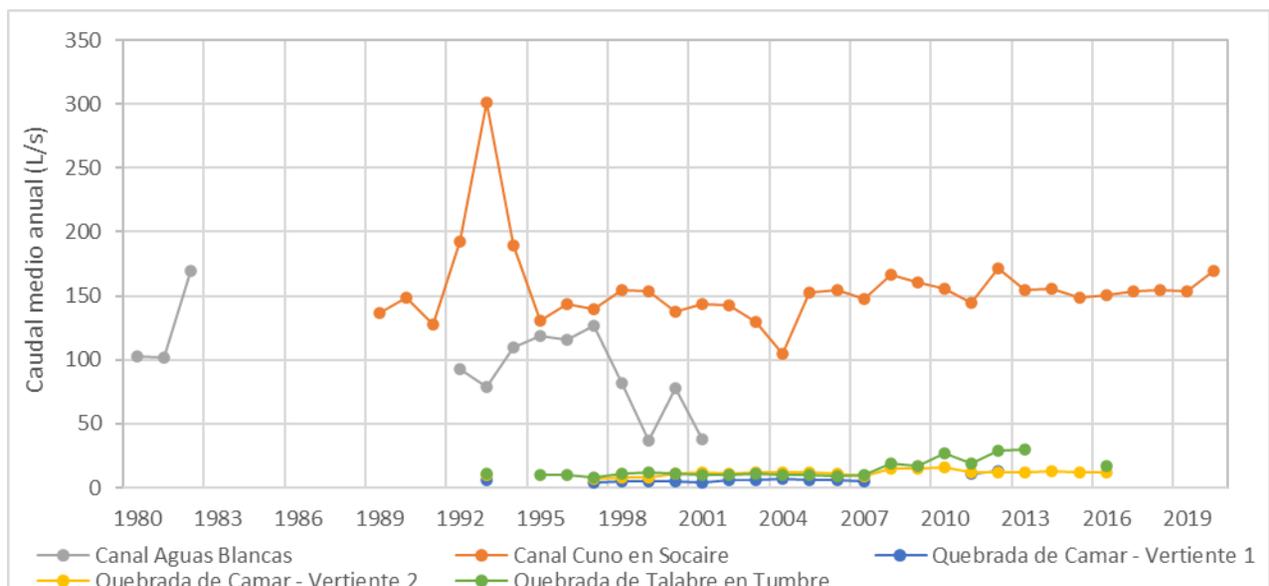
Para la caracterización de caudales de la UTH 5, se utilizó el registro de datos de cinco de las estaciones fluviométricas que hay en territorio, correspondientes a: Canal Aguas Blancas, Canal Cuno en Socaire, Quebrada de Camar – Vertiente 1, Quebrada de Camar – Vertiente 2 y Quebrada de Talabre en Tumbre. Estas se ubican en distintas secciones de los ríos, cercanos a las bocatomas, pero antes que las aguas sean canalizadas.

De los datos de caudales medios mensuales, obtenidos desde la DGA, se calcularon los caudales medios anuales para el periodo 1980-2020 (ver Figura 54). En el gráfico, se evidencia la diferencia en la extensión temporal de cada uno de los registros, incluyendo los vacíos temporales respectivos, y las magnitudes registradas por cada estación. Al estimar el promedio del caudal medio anual, se obtiene que las estaciones de Canal Cuno en Socaire y Canal Aguas Blancas son las con mayor caudal registrado, alcanzando los 155 L/s y 96 L/s, respectivamente. Por su parte, las estaciones de Quebrada de Camar – Vertiente 1 y Quebrada de Talabre en Tumbre, rodean los 6 L/s y 15 L/s.

Con respecto a los años con mayor magnitud en los caudales, estos se encuentran en el periodo 1982-1993, para las estaciones de Canal Aguas Blancas y Canal Cuno en Socaire, sin relacionarse con la precipitación caída en esos años. Para las demás estaciones, estos periodos se concentran entre el 2010 y 2013, coincidentes con los años que presentan mayores magnitudes de precipitación. Pese a esto, hay que considerar que las mediciones discontinuas en estas estaciones influyen al relacionar la respuesta de los escurrimientos frente a los eventos de precipitación.

Cabe mencionar que, se aprecia un comportamiento estable entre el registro de las estaciones analizadas, mostrando mayores aumentos durante los meses de invierno continental y otros leves en los meses de invierno altiplánico.

FIGURA 54. CAUDAL MEDIO ANUAL (L/S), EN ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS PRESENTES EN LA UTH-5



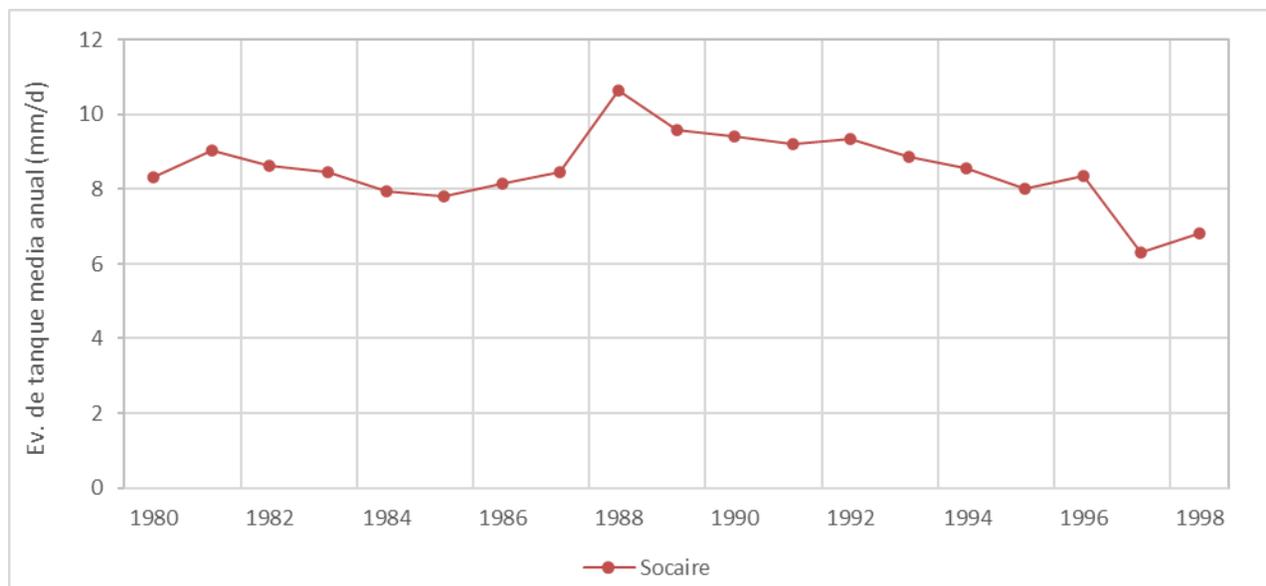
Fuente: SMA, 2022

2.1.5. Evaporación

En la UTH estudiada, la única estación meteorológica pública que cuenta con estos registros es la de Socaire, cuyos datos van desde 1980 a 1998. En la Figura 55 se presenta la variación de la evaporación de tanque media anual para esta estación, la cual estuvo entre 6,3 mm/d y 10,7 mm/d, con un promedio histórico equivalente a 8,5 mm/d. Para una mejor comprensión de la magnitud de la evaporación es importante recordar que 1 mm/d, es equivalente a 1 litro de agua en una superficie de 1m².

Es necesario destacar, que la estación evaluada se ubica en la zona media de la UTH, por lo tanto, es probable que los datos no sean tan representativos para toda el área de estudio. Además, al contar con los datos hasta 1998, no es posible relacionar estos registros con los aumentos de temperatura media identificados a nivel mundial durante las últimas décadas que impactan en la evaporación y consiguientemente en la recarga de agua dulce a la cuenca.

FIGURA 55. EVAPORACIÓN DE TANQUEY, MEDIA ANUAL DE ESTACIÓN SOCAIRE



Fuente: SMA, 2022

2.2. Hidrogeología

2.2.1. Caracterización geológica

El sector de la cuenca donde se emplaza la UTH 5, se caracteriza por presentar materiales geológicos de origen volcánico, (ver Figura 56) condicionando el tipo de suelo y la calidad de agua que podemos encontrar por la composición química del medio natural. Las características de estos materiales rocosos y sus formas (su geomorfología) influyen en el comportamiento del agua una vez que entra en contacto con estas zonas.

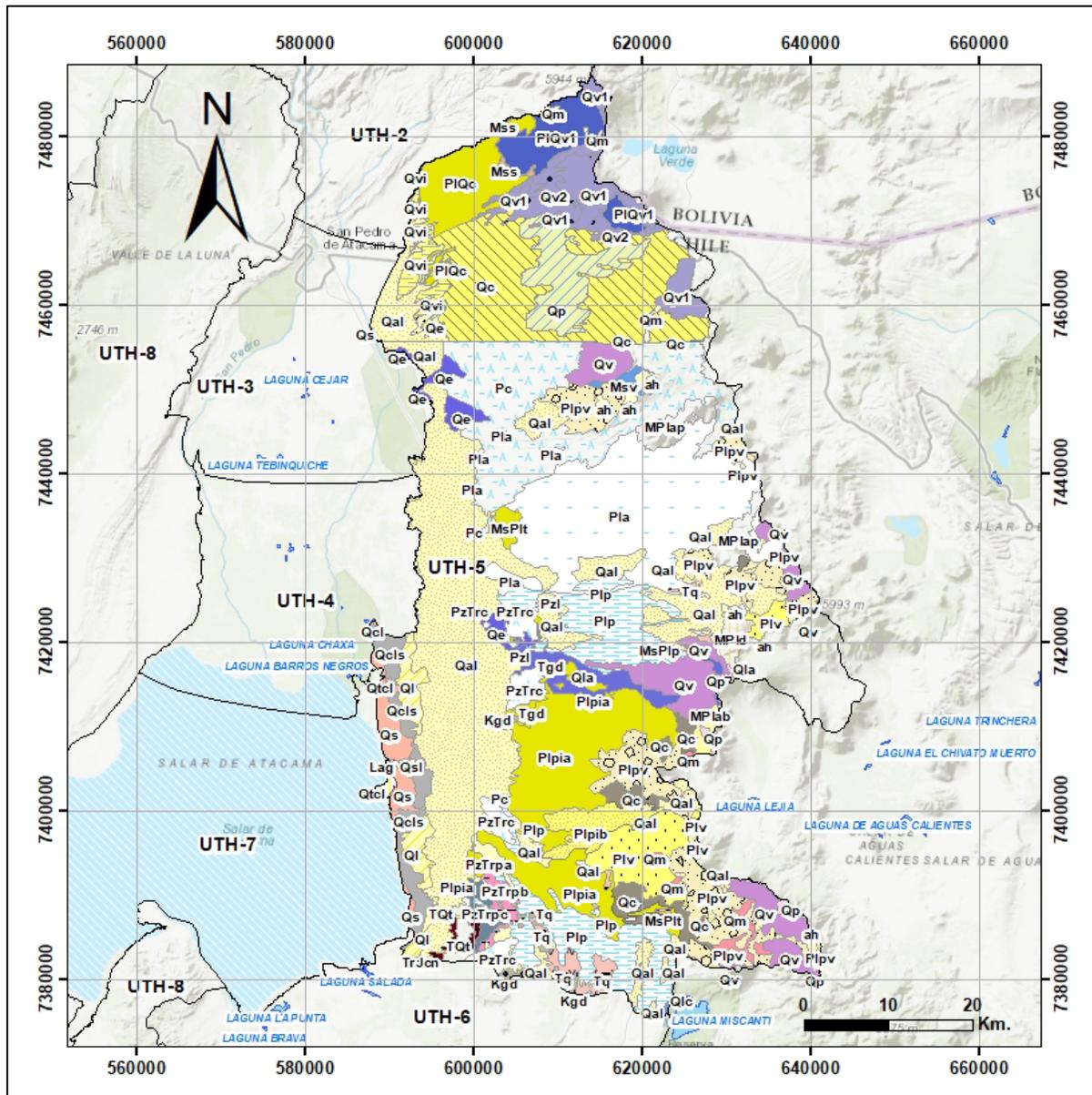
En la UTH 5 se presentan tres zonas geológicas relevantes, la zona aluvial, marginal y Cordillera occidental. Estas últimas dos son extensiones más reducidas en la UTH.

- La zona Aluvial, sector medio y más representativo de la UTH, presenta una leve pendiente hacia el oeste a suroeste, agrupando los depósitos que provienen de la Cordillera Occidental, principalmente detríticos (sedimentos de rocas) propios de las zonas aluviales y rocas de origen volcánico (Pla, Plpia, Qc, Qv, etc.). Debido a sus características geológicas menos permeables, al precipitar en esta zona y en la parte alta de la cuenca, se provoca un escurrimiento superficial

hasta las formaciones sedimentarias cercanas al Salar para infiltrar subterránea o subsuperficialmente.

- La Zona Marginal, contiene unidades de rocas carbonáticas y sulfatadas ubicadas entre la Península de Tilocalar y el borde norte del Salar de Atacama. Esta zona corresponde al borde más cercano al Salar, la cual posee una formación proveniente de rocas sedimentarias (Qal) caracterizadas por una mayor porosidad, facilitando la infiltración de las precipitaciones y de las crecidas.
- En la Cordillera Occidental, zona alta de la cuenca, se encuentran los depósitos del actual arco volcánico, presentando secuencias de lava y rocas ignimbríticas. Todas estas secuencias están separadas por quebradas y cubiertas por depósitos aluviales de la cordillera.

FIGURA 56. UNIDADES GEOLÓGICAS IDENTIFICADAS EN LA UTH 5

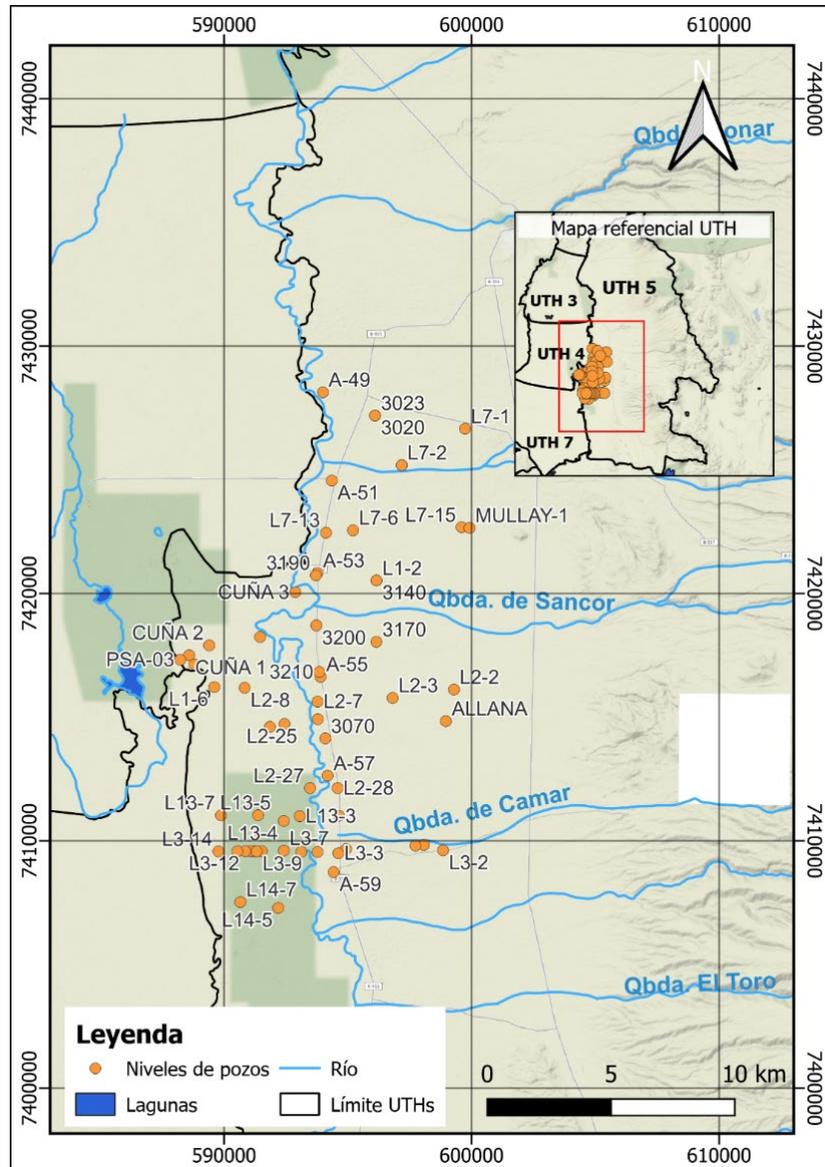


Fuente: Elaboración Propia en base a SERNAGEOMIN, 2022

2.2.2. Niveles de agua subterránea

Para el análisis de niveles se cuenta con información de pozos de monitoreo pertenecientes a SQM, información que es de acceso público y se encuentra en línea. En la Figura 57 se muestra la ubicación de los pozos de monitoreo en la UTH5, distribuidos entre la zona aluvial y la zona marginal.

FIGURA 57. UBICACIÓN DE POZOS DE SQM EN UTH 5



Fuente: Elaboración Propia en base a SMA, 2022

De acuerdo con los registros de los puntos de monitoreo disponibles, se identifica, a modo general, que el comportamiento en la zona aluvial dependerá del sector de esta. Es así, que los pozos ubicados en la zona aluvial media presentan un nivel entre los 2.334 y 2.323 m.s.n.m., con una disminución promedio en los últimos años cercana a los 1,5 metros respecto de su nivel inicial (desde el año 2000 al 2020). Estas variaciones se relacionan directamente con el inicio y el fin de las actividades de los pozos de extracción de SQM. Por otro lado, también existen pozos cuyos niveles presentan una evidente oscilación natural, debido a que están más próximos

a la superficie y son más susceptibles a los efectos de la evaporación, provocando una estacionalidad entre invierno (menor evaporación) y verano (mayor evaporación). Para la zona aluvial sur, el comportamiento de los pozos es prácticamente estable, sin una tendencia al descenso o al ascenso, presentando un nivel aproximado de 2.309 ms.n.m. en los últimos 12 años.

En la zona marginal de la UTH, en cambio, existe una mayor cantidad de pozos y diferencias entre ellos. En general, el comportamiento de estos puntos se asocia al efecto de la evapotranspiración y de los eventos de precipitación. Sus niveles van desde los 2.310 a 2.300 m.s.n.m., con un leve descenso del nivel de pozo en los últimos años, cercano a los 30 cm desde el comienzo de su operación. Incluso, en algunos casos se ha evidenciado un aumento de los niveles en los últimos registros, lo que se asocia a la disminución de extracciones de agua de los pozos aguas arriba de ellos.

En síntesis, la evolución de las series de niveles de pozos se ve influenciada por causas naturales, como evaporación y precipitaciones caídas, como por las actividades de los pozos de extracción cercanos a estos puntos. En general, los niveles de pozos se han estabilizado en los últimos años, pero con una leve tendencia al descenso.

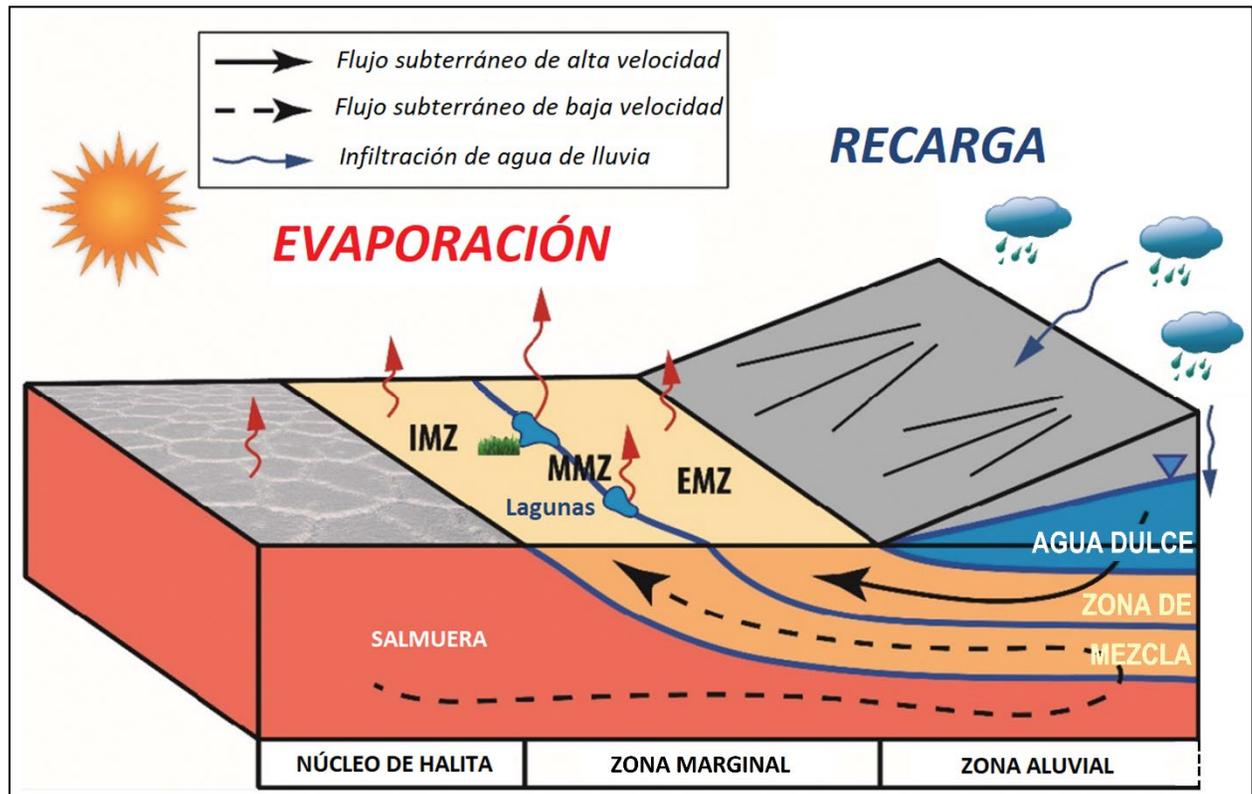
2.2.3. Salmueras

De la información consultada no se logró identificar antecedentes que evidencien que dentro de la UTH-5 se realice la extracción de salmueras. No obstante, en esta UTH los efectos potenciales de la extracción de salmueras que se realizan en el núcleo son monitoreados por los planes de seguimiento ambiental de las compañías mineras que extraen salmueras desde el núcleo (UTH-7). Los monitoreos que se realizan y se reportan a la plataforma digital del SNIFA respaldan lo descrito en los modelos hidrogeológicos conceptuales que se han desarrollado del sistema subterráneo, indicando que a nivel superficial no hay presencia de salmueras en esta UTH.

No obstante, lo anterior es importante mencionar que, en la zona marginal del salar, es decir entre la UTH-7 y UTH-5 la salmuera se acuña en profundidad por debajo de los niveles de agua dulce-salobre que proviene desde el borde este de acuerdo con el esquema conceptual que se presenta en la Figura 58. Lo anterior se produce por dos factores que condicionan la dinámica de los flujos subterráneos, por un lado, las diferencias de densidad que existe entre ambos fluidos; 1,2 gr/cc para la salmuera y 1 gr/cc para el agua dulce de recarga; y por otro las diferencias de permeabilidad que existe entre los acuíferos de agua dulce y el núcleo de salmueras, diferencia que se origina por la presencia de limos, arcillas y arenas que están en la parte más baja de los depósitos aluviales del borde este.

El contacto entre estos dos tipos de fluidos forja una zona de mezcla, generando aguas salobres que tiende a aflorar en la zona marginal del núcleo (límites entre UTH-7 y UTH-5) permitiendo el desarrollo de los ecosistemas que actualmente cuentan con protección ambiental según la legislación chilena. (ley 19.300). la descarga de esta zona de mezcla se produce prácticamente en su totalidad por los procesos de evaporación y evapotranspiración.

FIGURA 58. ESQUEMA CONCEPTUAL CUÑA SALINA UTH-5



Fuente: Marazuela 2019

2.3. Derechos de Aprovechamiento y Usos de Agua

En torno a los usos del agua, se realizó la aproximación a ellos a partir de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA) registrados en el Catastro Público de Aguas (CPA) de la DGA⁵, para el primer semestre del 2022. Esta base de datos fue depurada, dado que no todos los derechos cuentan con una georreferenciación adecuada. Además, la base de datos puede no estar actualizada en cuanto al propietario actual del DAA. Dicho lo anterior, en la UTH-5 existen 23 DAA de naturaleza superficial que totalizan 507,15 L/s de caudal promedio anual y 10 DAA de naturaleza subterránea que totalizan 494 L/s como caudal promedio anual. Todos los DAA catastrado son de carácter consuntivo y de ejercicio permanente y continuo. En cuanto a los titulares de los DAA, en las siguientes Tablas se diferencian en función de la naturaleza de las aguas.

En cuanto a las aguas superficiales (ver Tabla 14), es posible observar que la mayor parte del caudal y DAA son propiedad de las comunidades atacameñas y, en menor proporción, de asociaciones de regantes y de titulares individuales. En cuanto al uso del DAA, cabe destacar que el otorgamiento de DAA no necesariamente se condice con el tipo de uso que se le da al DAA, no obstante, para el caso de las comunidades y asociaciones, es probable que el uso sea de agua para riego.

⁵ Disponible en: https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx

TABLA 14. TITULARES DAA SUPERFICIALES EN UTH 5

Titular DAA superficiales	N° Derechos	Caudal (L/s)
ASOC. ATACAMEÑA DE REGANTES Y AGRICULTORES DE AGUAS BLANCAS	1	110
ASOCIACION ATACAMEÑA DE REGANTES Y AGRICULTORES DE CELESTE	2	6,48
ASOCIACION ATACAMEÑA DE REGANTES Y AGRICULTORES DE SONCOR	1	12,3
ASOCIACION INDIGENA DE REGANTES Y AGRICULTORES PASO JAMA	1	1,3
BERNARDA MAMANI MAMANI Y OTROS	1	5,7
COMUNIDAD ATACAMEÑA DE CAMAR	5	26,6
COMUNIDAD ATACAMEÑA DE SOCAIRE	2	135
COMUNIDAD ATACAMEÑA DE TALABRE	4	46,3
COMUNIDAD ATACAMEÑA DE TOCONAO	2	125
JUNTA DE VECINOS DE TOCONAO	1	8
ORLANDO DIEGO MONDACA ARAYA Y OTROS	1	10
PRELATURA DE CALAMA	1	20
SENDOS II REGION	1	0,47
Total	23	507,15

Fuente: Elaboración propia en base a DGA, 2022

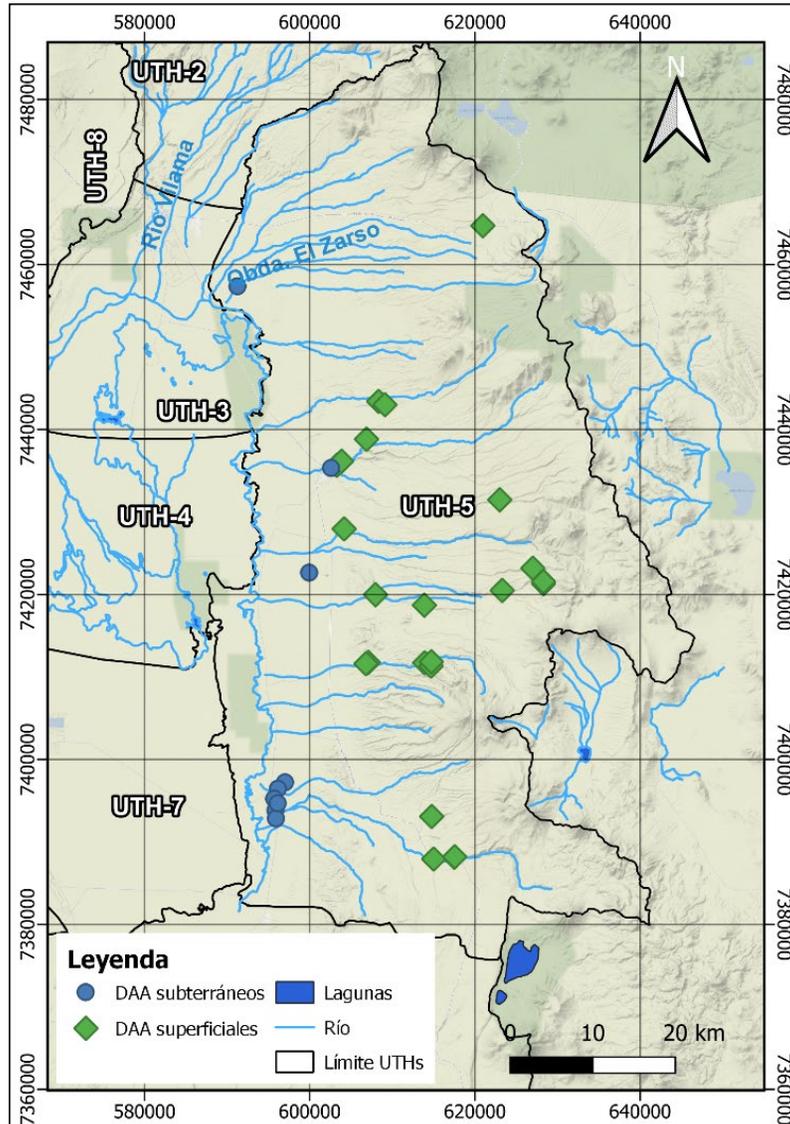
Por otro lado, en cuanto a las aguas subterráneas (ver Tabla 15), existen dos propietarios, Exploraciones San Pedro y SQM Salar S.A. En el caso de este último, cabe destacar que la RCA vigente autoriza la extracción de 240 L/s a través de los pozos Mullay-1, Allana-1, Camar-2, Socaire-5 y CA2015 situados en el acuífero aluvial del margen Este del Salar. Además, está en proyecto disminuir aún más la extracción de agua dulce de algunos pozos, como es el caso de Camar-2. En la Figura 59 se presenta la distribución espacial de los DAA según si son derechos superficiales o subterráneos.

TABLA 15. TITULARES DAA SUBTERRÁNEOS EN UTH 5

Titular DAA Subterráneos	N° Derechos	Caudal (L/s)
EXPLORACIONES SAN PEDRO S.A.	1	150
SQM SALAR S.A.	9	344
Total	10	494

Fuente: Elaboración propia en base a DGA, 2022

FIGURA 59. DERECHOS DE APROVECHAMIENTOS DE AGUAS EN UTH5



Fuente: Elaboración propia en base a DGA, 2022

2.4. Características químicas del agua

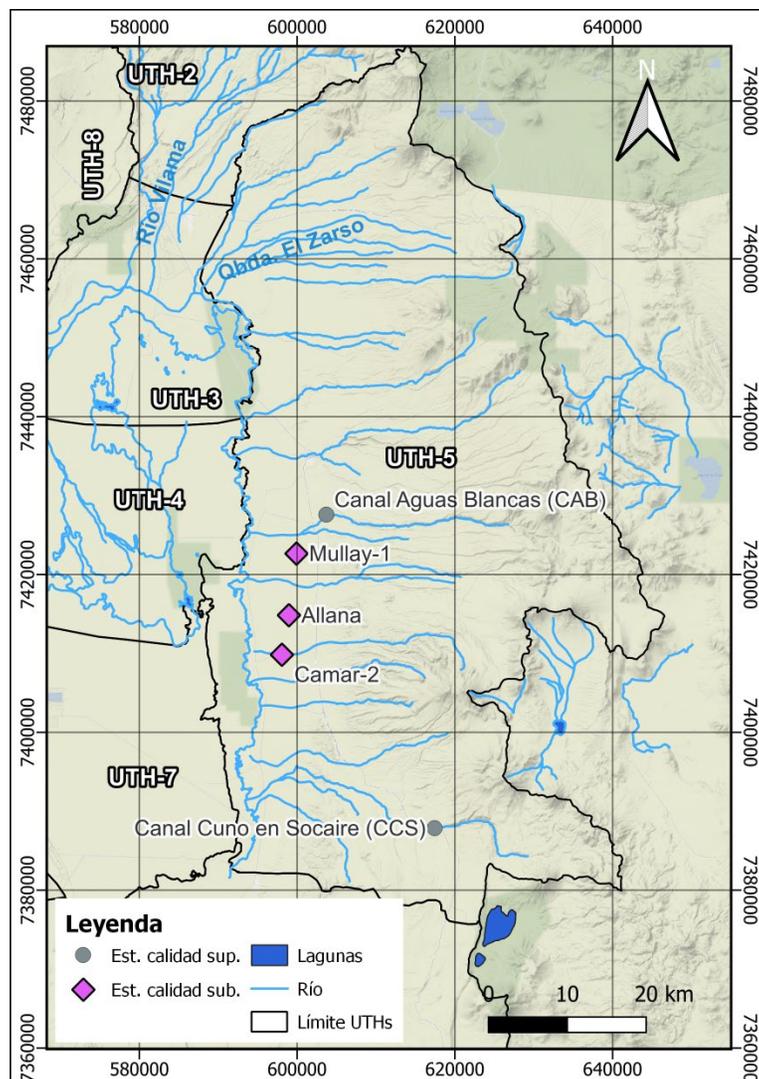
Para el análisis de las características químicas del agua de la UTH 5, se consideraron el registro de 5 estaciones de calidad, tanto superficiales como subterráneas, provenientes de registro público y privado. Las estaciones superficiales son dos y pertenecen a la DGA, mientras que las 3 estaciones subterráneas restantes corresponden a SQM (ver Figura 60). La caracterización química se evalúa principalmente según los parámetros de las normas de agua potable (NCh409) y de riego (NCh1333).

La calidad de agua superficial se caracteriza según los registros de las estaciones del canal Aguas Blancas (CAB) y canal Cuno en Socaire (CCS). De acuerdo con la información obtenida del PEGH Salar de Atacama, ambas estaciones cumplen las dos normas sobre la concentración de metales, pero sobre los metaloides (arsénico y boro) y conductividad eléctrica, las dos estaciones superan las normas. Además, sólo la estación CAB supera la

concentración de cloruro total según la norma de riego, pero no la de sulfato, en cambio, la concentración de sulfato según la norma NCh1333, es superada en la estación CCS.

Para las aguas subterráneas, se tiene información sobre las estaciones de Mullay, Allana y Camar, todas pertenecientes a SQM. Del registro se obtiene que la concentración de metales, según la norma de agua potable, es superada sólo por Allana; mientras que, para la concentración de arsénico, Mullay y Socaire superan ambas normas y Allana sólo la NCh409. De los parámetros orgánicos de ambas normas, las tres estaciones superan los máximos permitidos de cloruro, pero en los sulfatos sólo Mullay no supera ninguna norma. Por último, de los parámetros fisicoquímicos (conductividad eléctrica y sólidos disueltos), en las 3 estaciones se supera la norma de riego. En las Tablas 16 y 17 se presenta el resumen de cumplimiento de los pozos que se tiene registro.

FIGURA 60. ESTACIONES DE CALIDAD SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS EN LA UTH5



Fuente: Elaboración propia en base a DGA, 2022

TABLA 16. RESUMEN DE CUMPLIMIENTO PARA LA NORMA DE AGUA POTABLE EN LA UTH 5

NCh409															
Estación	Propietario	As	Cl-	Cr	Cd	Cu	Fe	Mg	Mn	Hg	pH	Pb	Se	SO4	Zn
CCS	DGA	NC	C	C	C	C	C	C	C	C	NC	C	C	C	C
CAB	DGA	NC	C	C	C	C	NC	C	C	C	NC	C		C	C
Camar	SQM	NC	NC				NC	NC	C		C			C	C
Allana	SQM	NC	NC				NC	NC	C		C			NC	C
Mullay	SQM	NC	NC				C	C	C		C			C	C

C: Cumple con la norma; NC: no cumple con la norma

Fuente: Elaboración Propia en base a DGA, 2021

TABLA 17 RESUMEN DE CUMPLIMIENTO PARA LA NORMA DE RIEGO EN LA UTH 5

NCh1333																						
Estac.	Prop.	As	Cl-	Al	B	Co	Cr	Cd	Cu	CE	Fe	Mn	Hg	Mo	Ni	pH	Ag	Pb	SDT	Se	SO4	Zn
CCS	DGA	NC	C	C	NC	C	C	C	C	NC	C	C	C	NC	C	C	C	C		C	NC	C
CAB	DGA	NC	NC	C	NC	C	C	C	C	NC	C	C	C	NC	C	C	C	C			C	C
Camar	SQM	NC	NC							NC	C	C				C			NC		NC	C
Allana	SQM	C	NC							NC	C	C				C			NC		NC	C
Mullay	SQM	NC	NC							NC	C	C							NC		NC	C

C: Cumple con la norma; NC: no cumple con la norma

Fuente: Elaboración Propia en base a DGA, 2021

3. TRABAJO PARTICIPATIVO UTH 5

3.1. Metodología

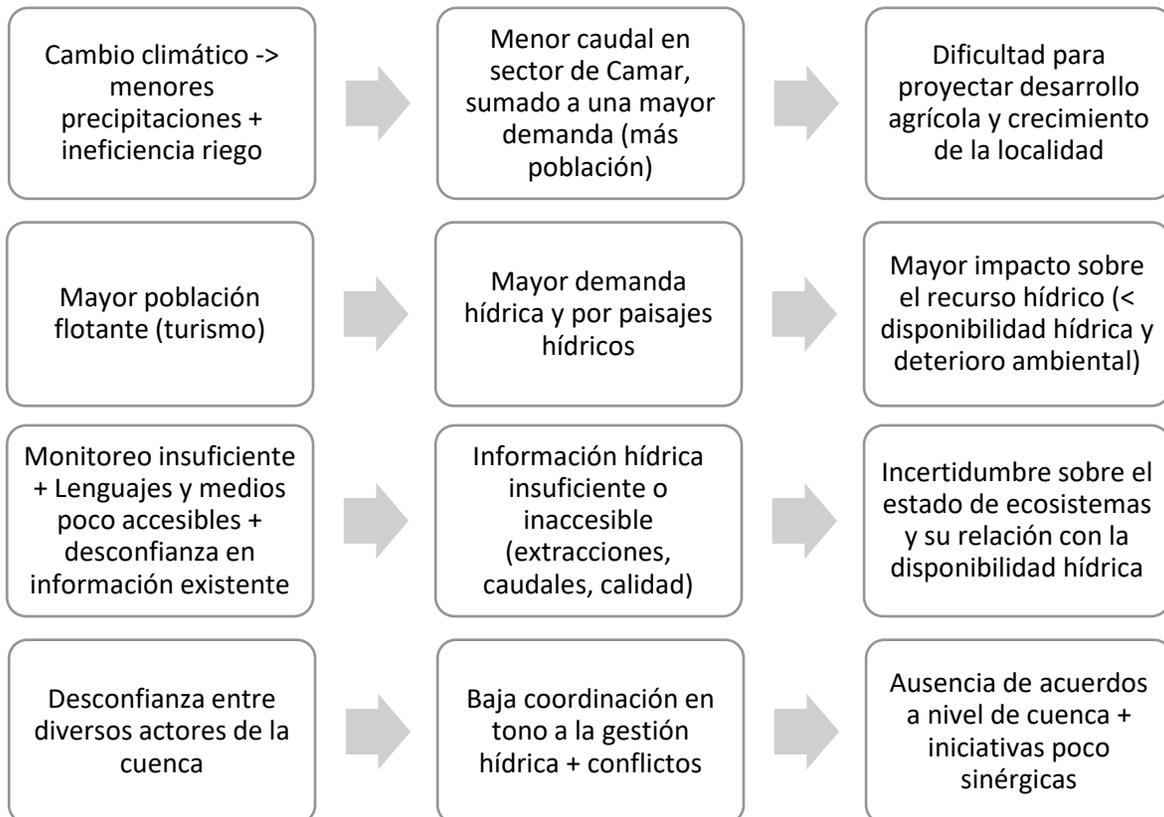
La Mesa Técnica en la cual se trabajó la información relacionada con la UTH-5 se conformó por un primer día de terreno (27 de julio en la localidad de Camar) con parte de los actores convocados, en el que se generaron diálogos informales de acercamiento y preparatorios a la vez, de los temas a considerar en el taller del día siguiente que correspondió a la instancia central. El diálogo de esa jornada estuvo guiado por un recorrido planificado por el equipo GIZ, con las respectivas autorizaciones de la comunidad de Camar, en torno a puntos de interés que motivara el diálogo respecto a temáticas vinculadas al uso del agua para satisfacer necesidades de agua potable y de agricultura. Desde una perspectiva histórica y actual, se buscó motivar la conversación y reflexión entre asistentes que representaban tanto a la comunidad como a privados. De aquí se reconocieron ciertas preocupaciones que fueron consideradas una base para el trabajo participativo del día siguiente.

Por su parte, el taller participativo (realizado el día 28 de julio en el Hotel Don Esteban ubicado en San Pedro de Atacama), se abordaron aspectos claves del día anterior. En el taller participativo híbrido (presencial y online) se buscó avanzar hacia un diagnóstico compartido e integral de las problemáticas en torno a la gestión y gobernanza de los recursos hídricos de la UTH-5 de la cuenca del Salar de Atacama, identificando y definiendo causas, así como acciones y acuerdos necesarios para reducir las brechas identificadas (p.ej. hídricas, de conocimiento, de información, etc.), propendiendo a la construcción de una visión compartida. La jornada tuvo tres momentos principales: el primero consistió en una introducción y contextualización territorial hídrica y del proyecto que se está llevando a cabo; un segundo momento de conversación y desarrollo de ideas separado por mesas de trabajo; y por último una plenaria con la síntesis de la actividad y los hallazgos de esta.

3.2. Percepciones, problemáticas y sus relaciones causa-efecto

Del diálogo desarrollado en ambas jornadas se presenta una síntesis de las visiones de las y los participantes sobre sus problemas y preocupaciones relacionadas con el recurso hídrico y sus posibles causas y/o efectos:

FIGURA 61. PROBLEMÁTICAS Y PERCEPCIONES EXPRESADAS, SUS FACTORES CAUSALES Y/O EFECTOS



Fuente: Elaboración propia, 2022

Lo presentado es una simplificación de la serie de interacciones entre problemas y sus factores influyentes, habiendo aquellos que resultan transversales para los problemas identificados. Es el caso, por ejemplo, de la información insuficiente o los niveles de desconfianza y conflicto entre los actores. Ambos terminan generando influencias en aspectos diversos como la falta de acciones coordinadas, incertidumbre respecto a la disponibilidad hídrica para diversos usos, imposibilidad de tomar decisiones en favor de una gestión hídrica más sustentable, entre otras.

4. ANÁLISIS DE BRECHAS DE INFORMACIÓN UTH 5

4.1. Acceso a la información

Existe información relacionada con diversos estudios mandados por diversos organismos del Estado, entre los que destacan la Dirección General de Aguas (DGA), la Corporación de Fomento a la Producción (CORFO), Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Comisión Nacional de Riego (CNR), Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) entre otras. La información sobre la cuenca del Salar de Atacama y Sobre la UTH-5 se puede encontrar en las respectivas páginas web de estos servicios del estado.

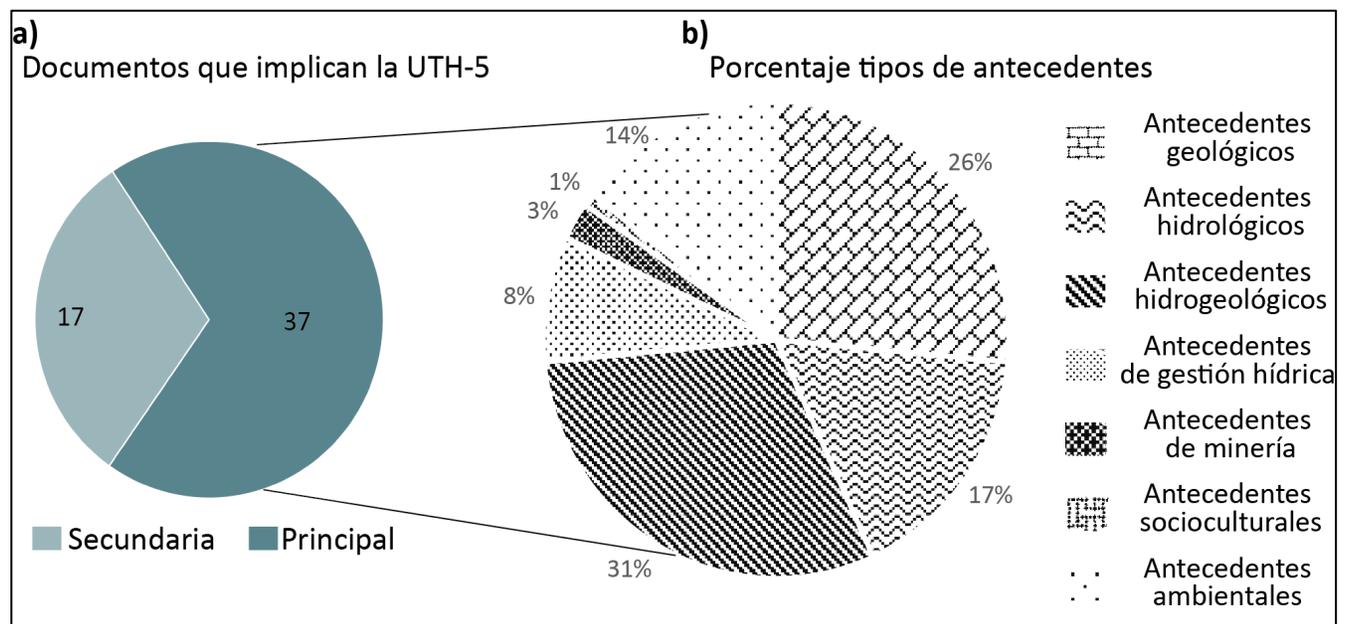
- <https://dga.mop.gob.cl/Paginas/default.aspx>
- <https://www.corfo.cl/sites/cpp/homecorfo>
- <https://www.sernageomin.cl/>
- <https://www.cnr.gob.cl/>
- <https://doh.mop.gob.cl/Paginas/default.aspx>

Si bien en la UTH-5 no se han detectado proyecto de inversión que requieran la elaboración de estudios hidrogeológicos para evaluar efectos ambientales, existen al interior de la cuenca, principalmente en el núcleo inversiones privadas que han sido sometidas a evaluaciones ambientales, y en este sentido en dichos estudios requeridos podría encontrarse información que esté vinculada a la UTH-5, como por ejemplo los puntos de monitoreo asociados a los planes de seguimiento ambiental. La información de los estudios ambientales se encuentra disponible en la página web del Servicio de evaluación ambiental (<https://www.sea.gob.cl/>). Respecto a la fiscalización de los proyectos y la información de las variables ambientales que están obligados a reportar se puede encontrar en la web del Sistema nacional de información de fiscalización ambiental (<https://snifa.sma.gob.cl/>).

4.2. Análisis documental

Del total de documentos revisados a la fecha (167), 54 de ellos se relacionan con la UTH-5, donde 37 aportan información directa de la unidad y 17 son considerados secundarios como se resume en la FIGURA 62. Del análisis de los 37 documentos principales se desprende que, de los antecedentes mencionados en los documentos, son los antecedentes geológicos, hídricos y ambientales los más abundantes en la UTH lo cual se condice con los numerosos monitoreos que existen en el borde este debido a la extracción de agua dulce en esta UTH, asociada a procesos mineros en el salar.

FIGURA 62. ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA UTH-5



a) Documentos revisados que presentan información de la UTH-2. b) Porcentajes de antecedentes que tratan los documentos donde la UTH-2 es principal.

Fuente: Elaboración Propia.

4.3. Brechas de información

Considerando el análisis de la información bibliográfica de las distintas fuentes consultadas se puede inferir que existen algunas brechas o limitaciones de información respecto al conocimiento de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de esta porción de la cuenca, a modo de síntesis se señalan los siguientes:

- La información de monitoreos y líneas base se concentran en los estudios de impacto ambiental (EIA) los cuales están supeditados la normativa que las empresas privadas deben cumplir ante el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).
- Hay una brecha de información respecto a datos provenientes del monitoreo tanto hídrico como ambiental que pueda ser realizado por entidades ya sea públicas o privadas y que permita contrastar los datos obtenidos por las empresas privadas.

A estas brechas específicas de la UTH-5 se unen las que se encuentran a nivel de cuenca, tales como la accesibilidad a la información pública, pues se encuentra disgregada en distintas fuentes y su método de acceso puede ser complicado para algunos usuarios. Otra brecha de información se relaciona con los derechos de aguas concedidos en la cuenca, la cual se encuentra en algunos casos incompleta.

5. RESPUESTAS A PREGUNTAS DESDE LA MESA AMPLIA PARA LA UTH 5

Las preguntas y sugerencias asignadas a la UTH-5 se han tomado para guiar la metodología de trabajo de la MT. Se presentan respuestas que abordan de manera general las preguntas y sugerencias realizadas, entendiendo que el análisis más detallado se realizará para cada UTH que compone la cuenca.

5.1. Respetto a la determinación de presencia de vida microbiana en la zona

La presencia de vida microbiana en el salar de Atacama es estudiada a través de campañas de terreno en las cuales se realizan muestreos en diferentes puntos del salar, épocas del año contrapuestas y en una serie de años. El objetivo de estos es reconocer las especies, el hábitat de las especies, su abundancia y distribución. En las campañas de terreno los puntos de muestreo se escogen en base a la identificación de sitios potenciales, en el caso del género *Heleobia*, corresponde a aquellos que presentan vegetación y/o tapetes orgánicos con sustrato esponjoso. A su vez se incluyen puntos de muestreos con características diferentes de sustrato con el fin de identificar el rango de distribución de las especies en estudio, por ende, su hábitat

Los estudios realizados en torno a la vida microbiana, además de la determinación de hábitats, indagan en la abundancia de los individuos y su distribución. En el Estudio de Impacto Ambiental del año 2018 de la empresa Albemarle para la evaluación de abundancia de organismos del género *Heleobia* se utilizan métodos diferenciados dependiendo del sustrato, incorporando en el proceso un tamizado utilizando un instrumento de 1mm de luz de malla. Posteriormente se realiza el conteo de individuos por metro cuadrado y son devueltos al sitio desde donde fueron encontrados.

Los estudios de impacto ambiental que se han desarrollado en el Salar han permitido caracterizar el hábitat de especies, como es el caso del género *Heleobia sp*, y reconocer que los elementos de mayor relevancia en el hábitat de este género corresponden al tipo de sustrato y la profundidad de la columna de agua.

Dentro de las conclusiones de los estudios de impacto ambiental de la empresa Albermale, desarrollados por el Centro de Ecología Aplicada, algunos elementos que se pueden mencionar asociados a la presencia del género *Heleobia* son:

- Las zonas con afloramiento de agua subterránea y mayor densidad vegetacional tienen una mayor frecuencia de ocurrencia de *Heleobia sp.*
- La mayor abundancia promedio del género *Heleobia sp.* y *Heleobia atacamensis* se relaciona a una menor concentración de sal en el agua (entre 4,3 – 30 mS/cm) y una mayor cantidad de oxígeno (sobre los 10 mg/L.)
- Es importante indicar que concentración de sal, cantidad de oxígeno y la presencia de vegetación por si solas no explican la preferencia de hábitat del género *Heleobia*.

En el Estudio de Ecosistemas Extremófilos se expone que durante las campañas a terreno realizadas por el Centro de Ecología Aplicada fueron identificadas diatomeas, cianobacterias, bacterias y arqueas. Esta identificación comprende una serie de pasos metodológicos en los cuales se caracteriza el sustrato y las comunidades presentes en estos. En este sentido la presencia de estas comunidades microbianas se determina a través de estudios como el mencionado anteriormente. En el estudio mencionado se indica una serie de bioindicadores por cambios de diversidad microbiana en el Salar de Atacama e indicadores de diversidad.

VI. PROPUESTAS DE INICIATIVAS

Del análisis del trabajo desarrollado por la Secretaría Técnica y la Mesa Técnica para las UTH 2, 3, 4 y 5, surgió un listado de iniciativas que buscan, de la mano de los objetivos del diálogo y de la Mesa Multiactor, proponer una serie de proyectos, estudios, capacitaciones, etc. que recogen las preocupaciones, problemáticas y propuestas de solución planteadas por los diversos actores territoriales que participan de la Mesa Multiactor y buscan ser un aporte que permita avanzar hacia la sustentabilidad de la cuenca.

Este listado se construyó, analizando las propuestas de acciones surgidas en cada una de las Mesas Técnicas, reconociendo puntos en común e integraciones, pues cabe destacar que en las distintas instancias han surgido acciones que han resultado de interés transversal independiente de la UTH, y otras de carácter más específicos. Esto da cuenta también de la claridad de los participantes respecto de las necesidades existentes en materia de sustentabilidad hídrica.

El listado de iniciativas propuesta, presentado en la Tabla 18, será trabajado de forma conjunta en la Mesa Técnica del día 24 de noviembre, para posteriormente ser entregadas a la Mesa Amplia, instancia de decisión participativa de la Mesa Multiactor.

TABLA 18. LISTADO DE INICIATIVAS PROPUESTAS A PARTIR DE UTH 2, 3, 4 Y 5

#	Nombre Iniciativa	Objetivo
1	Estudio sobre los usos, demanda y extracciones del agua superficial y subterránea	Caracterizar los usos de agua subterránea y superficial en la cuenca, estimando las demandas actuales y futuras en un escenario de cambio climático
2	Estimar la disponibilidad hídrica en la cuenca, actual y proyectada, para orientar las decisiones de gestión hídrica	Estimar la disponibilidad hídrica superficial y subterránea actual y proyectada del área de estudio, considerando un escenario de cambio climático y necesidades ambientales, utilizando modelos disponibles para la cuenca, sistemas de información geográfica y otras herramientas que permitan actualizar las variables involucradas para orientar las decisiones de gestión hídrica en la Cuenca del Salar de Atacama.
3	Capacitación sobre temáticas de gestión hídrica	Desarrollar un programa de capacitación que entregue conocimientos de gestión hídrica (monitoreo de aguas, manejo de datos y plataformas de información disponibles, código de aguas, etc) enfocando el proceso a todos los actores interesados en la Cuenca, para aportar al diálogo con una base común
4	Plan de gestión hídrica para el turismo	Desarrollar un Plan de Gestión Hídrica para el turismo integrando los distintos actores de la cuenca, para promover el uso sostenible de los recursos hídricos y la valoración de estos en un territorio desértico.
5	Capacitación y diseño de proyectos de autogestión de aguas grises domiciliarias	Capacitar a la población en técnicas para el aprovechamiento de aguas grises domiciliarias, mediante actividades en espacios colectivos (unidad demostrativa en colegio, sede comunitaria, etc.) para promover el aprendizaje y aplicación a pequeña escala de procesos de recuperación de aguas grises.
6	Aumento de la eficiencia hídrica agrícola mediante el mejoramiento de la infraestructura extrapredial comunitaria	Diseñar proyectos de mejoramiento de la infraestructura extrapredial comunitaria de riego, para mejorar la eficiencia en el uso agrícola (disminuir pérdidas, regular la distribución, etc.) mediante el trabajo colaborativo entre la comunidad y un equipo técnico.

TABLA 18. LISTADO DE INICIATIVAS PROPUESTAS A PARTIR DE UTH 2, 3, 4 Y 5

#	Nombre Iniciativa	Objetivo
7	Plan de mejora y aumento de la red de monitoreo de variables hidrológicas /climáticas	Avanzar en el mejoramiento la red de monitoreo presente en la cuenca, promoviendo la reactivación de estaciones y el establecimiento de nuevos puntos de control mediante el trabajo conjunto y colaborativo de los actores presentes en la cuenca, para mejorar los niveles de información pública disponible.
8	Diseño de indicadores de sustentabilidad hídrica para cada sector productivo	Diseñar indicadores de sustentabilidad hídrica para cada sector productivo, para mejorar la eficiencia en el consumo hídrico de manera integral, mediante el trabajo colaborativo entre un equipo técnico y representantes de los diferentes sectores productivos en la cuenca.
9	Plataforma integral de información hídrica pública	Generar una plataforma accesible, amigable y de alcance local que centralice toda la información que sea de interés en torno al agua, para aportar difusión de este tipo de antecedentes como un insumo para la toma de decisiones.
10	Estudios sobre el estado de los ecosistemas lagunares y biodiversidad, actual y proyectado, desde una perspectiva local y ancestral	presentes en el territorio para disminuir la incertidumbre científica que producen las brechas de información existente sobre la realidad hídrica
11	Estudio control aluvional de quebradas afluentes a los ríos san pedro y vilama	Caracterizar las quebradas afluentes a ambos cauces principales, conocer su comportamiento en eventos aluvionales y proponer medidas que busquen prevenir y reducir sus impactos, mediante estudios de terreno y modelación.
12	Caracterización de la calidad de aguas superficiales y subterráneas	Caracterizar la calidad de las aguas superficiales y subterráneas considerando parámetros fisicoquímicos y biológicos, mediante muestreo en terreno y análisis en laboratorio, para conocer las potenciales limitaciones al uso
13	Mejoramiento de la eficiencia hídrica en la producción agrícola e intercambio de experiencias	Mejorar la eficiencia en el uso del agua de riego, mediante la caracterización de los suelos en las zonas agrícolas, así como de los cultivos implementados en la zona, para conocer las demandas hídricas. Ejecutando actividades de sociabilización de conocimiento de técnicas para la eficiencia hídrica a través de instancias participativas (gira tecnológica)-

Fuente: Elaboración propia.