



**“Sistema de Información Territorial de Humedales
Altoandinos”**

(<http://sitha.ciren.cl>)

**RECURSOS HÍDRICOS
II REGIÓN DE ANTOFAGASTA**

SEPTIEMBRE- 2016

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 Objetivo	3
1.2 Área de Estudio	4
2. RESULTADOS	5
2.1 Hidrografía	5
2.2 Información Fluviométrica	15
2.3 Información Calidad de Aguas	18
3. CONCLUSIÓN	23
4. BIBLIOGRAFÍA	23

RECURSOS HÍDRICOS

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento es el resultado del análisis de la variable Recursos Hídricos de la Región de Antofagasta, recopilado como parte de la actualización anual de los componentes del Sistema de Información de Humedales Altoandinos- SITHA, financiado por transferencia del Ministerio de Agricultura.

Los rasgos hidrológicos de la región están determinados por sus condiciones climáticas y morfológicas, en donde los cursos de agua permanente son escasos y se limitan, en general, al sector de la Cordillera de Los Andes y son retenidos, en su trayecto al oeste, por la Cordillera de Domeyko. Esta morfología da como resultado la existencia de cuencas endorreicas, las cuales debido a la alta tasa de evaporación, han formado numerosos salares, entre los que destaca el Salar de Atacama por su extensión (DGA, 2004).

Las precipitaciones dentro de las cuencas altiplánicas presentan variaciones espaciales de carácter orográfico y latitudinal, de esta forma las lluvias se manifiestan con mayor intensidad en las zonas altas que en las mesetas y disminuyen su magnitud en sentido norte-sur. Respecto a la variación estacional, las precipitaciones se concentran en el período estival (noviembre a marzo), registrándose entre el 90% y el 95% del total anual (Salazar, 1997). La precipitación en el altiplano posee además un marcado ciclo diario manifestándose generalmente durante horas de la tarde en forma de intensos chubascos de corta duración (Johnson, 2009).

El balance de agua de un humedal se regula mediante el aporte de aguas subterráneas, el escurrimiento, la precipitación, vientos y mareas (si es un humedal costero), pérdida de drenaje, recarga y evapotranspiración. La variación en los niveles de agua, debido tanto a factores externos como al balance hidrológico propio del humedal, afectan la biota superficial visible, los procesos de descomposición, las tasas de acumulación y las emisiones de gas. Los cambios en los niveles de agua no solo cambian la abundancia de ciertas especies, también se produce un cambio en la composición de estas (en especial aves acuáticas).

1.1 Objetivo

Generar un informe acerca de los recursos hídricos del área de estudio de la Región de Antofagasta, en cuanto a las características hidrográficas, hidrológicas y de calidad de aguas, a partir del análisis de la revisión bibliográfica.

1.2 Área de Estudio

El área de estudio corresponde a los sectores de humedales altoandinos ubicados sobre los 2.000 m.s.n.m. de la región de Antofagasta (Figura 1), ocupando una superficie aproximada de 49.500 Km². En el área existen un total de 264 humedales protegidos por la DGA, los cuales se insertan en áreas silvestres protegidas y reservas existentes en esta zona. Los humedales son ecosistemas de gran importancia por los procesos hidrológicos y ecológicos que en ellos ocurren y la diversidad biológica que sustentan (CONAF). Entre los humedales más destacados se encuentran: Salar de Tara, , Salar de Pujsa y el Sistema Hidrológico de Soncor, insertos en la Reserva Nacional Los Flamencos; y el Salar Aguas Calientes IV, contiguo al Parque Nacional Lullailaico, todos ubicados en la zona altoandina de la región.

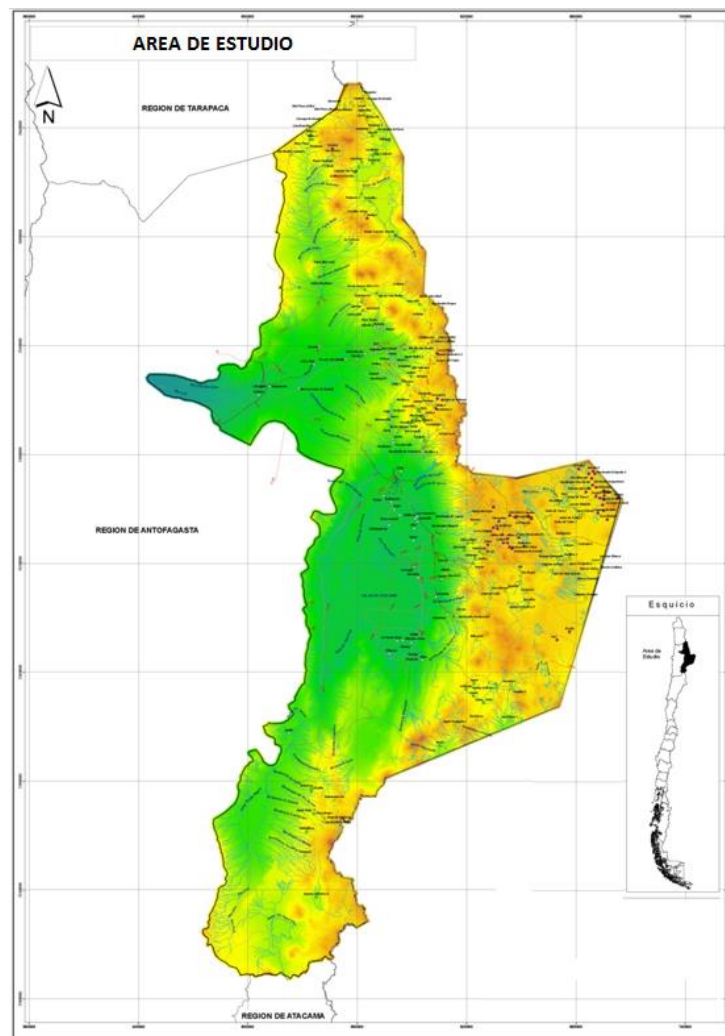


Figura 1. Área de Estudio de la región de Antofagasta

2. RESULTADOS

2.1 Hidrografía

A continuación se presenta una descripción de las principales hoyas hidrográficas con desarrollo en la Región de Antofagasta, basada en las fuentes de información del documento “Levantamiento hidrogeológico para el desarrollo de nuevas fuentes de agua en áreas prioritarias de la zona norte de Chile, regiones XV, I, II y III” realizado por la Dirección General de Aguas. En la Figura 2 se ilustra algunas de estas cuencas.

- 2.1.1 **Salares de Ollagüe – Laguni:** Esta cuenca es parte de un sistema de mayor superficie, correspondiente al salar de Chiguana, ubicado en Bolivia. La definición de sus límites considera todos los flujos que convergen al sector de La Carillana, entre los cerros Arena y Pilaya, al este de la frontera con el país vecino. Dentro de los bordes definidos se encuentra la zona chilena de Ollagüe, el salar de Laguni (o Pajancha) junto a su afluente norte ubicado al sur del salar de Empexa, y el salar de Porcos. Estos últimos dos se encuentran en Potosí, Bolivia. En la parte chilena, los escurrimientos hacia el salar de Ollagüe tienen por principal tributario a la quebrada Amincha (18 km), que corre de poniente a oriente. Otro tributario, poco menos importante, es la quebrada del Inca (12 km). En territorio boliviano, el salar de Laguni y su afluente tienen una inclinación de norte a sur, lo mismo que el salar de Porcos.
- 2.1.2 **Salar de Alconcha:** La cuenca del salar de Alconcha se encuentra en la Cordillera de los Andes al extremo norte de la II Región, en el límite con la Región de Tarapacá. Colinda al este con la cuenca de Michincha y al sur con el nacimiento del río Loa. El salar está parcialmente recubierto por una laguna salada poco profunda y de superficie variable. Ambos se alimentan de algunas vertientes que van desde la ladera norte (cerro Paroma Norte) a la ladera sur (cerro Alconcha), en el recorrido por el lado Este (cerro Tres Moños), y que se infiltran alimentando napas alrededor del salar. Los importantes bofedales aquí presentes en su orilla sur-oeste se reconocen como de las mayores fuentes de evaporación de esta cuenca, además de su única alimentación visible
- 2.1.3 **Salar de Carcote o San Martín:** Esta cuenca endorreica colinda al sur y al este con la cuenca del salar de Ascotán y al oeste con la cuenca del río Loa. Toda esta unidad hidrográfica está constituida de estrato-volcanes andesíticos y dacíticos y los dos más importantes son el Ollagüe y el Aucanquilcha. El salar es de tipo playa, constituido de limos salinos y costras de sales. Cercanas a la orilla se encuentran varias lagunas superficiales, alimentadas por las vertientes que a éste confluyen, siendo la más importante la Laguna Verde. Los principales afluentes provienen desde las laderas de los cerros La Campana, El Almendro, Pabellón (Quebrada. Amarilla) y Chela, además del volcán Aucanquilcha.
- 2.1.4 **Salar de Ascotán o Cebollar:** Corresponde al más grande y más meridional de los salares de lo que hemos llamado el bloque norte del altiplano de la II Región. Estando al sur del salar de Carcote, ambos salares se implantan en la parte más baja de una depresión flanqueada al este y al oeste por cadenas volcánicas terciarias y cuaternarias de

orientación general norte-sur. Al sur del límite de esta cuenca se encuentra la subcuenca del Silala, afluente al río Loa, que nace en Bolivia. La superficie de esta hoya hidrográfica se encuentra casi completamente en Chile (más del 70% del total), pero tiene algunos de sus tributarios naciendo al otro lado de la frontera. Tal es el caso de las laderas occidentales de los cerros de Cañapa y cerro Araral, en el centro y norte de la cuenca, y del cerro Bayo por el sur, al oeste de la boliviana Laguna Khara. La alimentación del salar proviene de una decena de quebradas que bajan tanto desde el cordón occidental como del oriental. Estas últimas penetran en el área de la costra, sustentando un sistema de lagunas superficiales que en su mayoría mantienen una forma alargada en la dirección del escurrimiento de sus afluentes. Otras lagunas menores se encuentran cercanas a la orilla poniente del salar. Al igual que el salar de Carcote, Ascotán se sitúa en el eje paleohidrográfico que unió varios ambientes paleolacustres puneños de mayor desarrollo.

- 2.1.5 Laguna Verde (Bolivia): Se encuentra en el norte del bloque central de las cuencas altiplánicas de la Región de Antofagasta y es casi netamente una cuenca boliviana, con una pequeña área de drenaje dentro de Chile. Dichos aportes bajan por las laderas norte de los cerros Guayaques y Toco Toco, entrando en la Pampa El Vallecito y el Llano de Toco, respectivamente. Estos escurrimientos siguen una dirección sur – norte. Al oriente del volcán Licancabur y norte del volcán Juriques se encuentra en territorio boliviano la laguna propiamente tal. La mayoría de los aportes que la alimentan vienen desde el norte y del este. Su color verde se debe al alto contenido de Magnesio que tienen sus aguas.
- 2.1.6 Laguna Blanca: Su superficie casi completamente se ubica en territorio boliviano. Es una cuenca endorreica, ubicada al este de la cuenca de la Laguna Verde, donde la superficie que se encuentra en Chile hace sus aportes al sur de las pampas Loma Blanca, Redonda y Guayaques. Sin embargo, los principales aportes a la laguna provienen del norte, este y oeste, todo en territorio del país vecino. La laguna se encuentra en el límite de ambos países y es la base de equilibrio de esta cuenca.
- 2.1.7 Salar de Tara: Dentro del altiplano hay sólo 2 cuencas que contienen parte de su superficie en 3 países, siendo el salar de Tara una de ellas. Su territorio lo comparten las repúblicas de Bolivia, Argentina y Chile. Como la mayoría de las unidades con una superficie importante, la cuenca del salar de Tara forma un salar en la parte más baja, que constituye su base de equilibrio. De su extensión total (unos 1.800 km²), más de la mitad está en territorio chileno. La fuente principal de alimentación del salar y de su laguna remanente es el río Zapaleri, que proviene del norte. Este río se origina en Bolivia en la serranía del Dulce Nombre, pasa por Argentina y luego entra en territorio chileno. En el recorrido de sus 20 km por territorio boliviano recibe buena parte de su caudal aportado por numerosos cursos de agua que descienden por la falda oeste de la serranía nombrada. En Chile el Zapaleri recorre unos 20 km en un lecho de escasa pendiente sobre suelos arenosos, donde presenta un desarrollo meándrico en un curso con una dirección orientada inicialmente de N a S y luego de NE-SW. Se considera generalmente que el río Zapaleri es el único aporte relevante al salar de Tara y su caudal es excepcional en el ámbito árido de los Andes del norte chileno, sin embargo, existen

otros aportes que no son despreciables. Por la ribera oriente el salar recibe algunos arroyos que provienen del nevado de Poquis y de la falda occidental de los cerros San Pedro, siendo el principal el Estero Cueva Blanca. Además de las alimentaciones nombradas, la Laguna de Tara recibe vertientes de aguas dulces y tibias a los pies del portezuelo de Tara.

- 2.1.8 Pampa La Bola y Pampa El Vallecito :Esta zona endorreica, ubicada en el llano de Chajñator al sur de la Laguna Verde en Bolivia y al norte del salar de Pujsa, se ha considerado en algunos estudios como parte de esta última unidad morfológica. Corresponde a una zona de baja pendiente, con poco relieve y escasa en escurrimientos, de hecho no forma laguna ni salar. Estas características, además de su importante altura media (4.859 msnm), hacen suponer porqué se han instalado conocidos observatorios astronómicos aquí.
- 2.1.9 Salar de Pujsa: Se ubica en el bloque central de las cuencas cerradas de la II Región, siendo una de las de mayor superficie en esta zona con desarrollo completamente en Chile. Limita al oriente con la cuenca del Salar de Aguas Calientes 1 y al poniente con la cuenca del salar de Atacama. Su punto más alto es el cerro Pili con 6.046 m.s.n.m. El salar propiamente tal es de tipo “playa” y tiene algunas lagunas superficiales. En este existen antiguas islas de hielo que proveen aguas diluidas a las lagunas al derretirse (Hurlbert and Chang, 1984). Su alimentación principal es por el norte, y está dada por la quebrada Quepiaco que recibe aporte de las quebradas Agua Amarga y Peña Blanca antes de llegar al salar. También en el curso de esta quebrada se encuentra con las vegas de Pujsa o de Quepiaco, cuando el curso principal tiene orientación oeste-este antes de tomar su orientación definitiva y encontrarse con la quebrada Agua Amarga. Otros manantiales difusos llegan al salar por el nororiente y suroriente. En el sur poniente de la hoya se encuentra un pequeño cuerpo de agua llamado Laguna Hedionda o Helada, que también es parte del sistema hidrográfico.
- 2.1.10 Salar de Aguas Calientes 1: Se encuentra al norte del salar de Loyoques y en algunas de las referencias usadas se presentan como una única cuenca endorreica. La cuenca está flanqueada por dos cadenas de cerros: el cordón de Quilapana (cerros de Losloyo y Negro) por el este, que la separan de la cuenca del salar de Tara, y cerros de La Pacana por el oeste, que la separan del salar de Pujsa. Por el norte tiene su límite en los cerros de Guayaques y el cerro Incahuasi. La alimentación principal del salar es a través de las quebradas que descienden de las laderas del cerro Incahuasi (quebrada Peña Negra) por el norte y, por el este, la quebrada que corre entre el cerro Losloyo y la Pampa del Morado. Esta última forma importantes vegas en su desembocadura y alimenta la laguna de este extremo. La otra laguna destacable se encuentra al suroeste del área del salar.
- 2.1.11 Laguna Helada: La cuenca de laguna Helada se encuentra en el bloque central altiplánico de la II Región y está flanqueada por el norte y el oeste por el salar de Tara. Es la cuenca endorreica completamente en territorio chileno que se encuentra más al oriente en todo el norte del país. Su punto más alto es el Nevado de Poquis con 5.745 msnm y su litología es exclusivamente volcánica. La pequeña laguna en el lado poniente de la cuenca recibe aportes de quebradas provenientes desde el norte. Existen otros

afloramientos y pozas de menor importancia, que están dispersos en puntos altos de la cuenca, al norte y al este de la laguna.

- 2.1.12 Salar de Loyoques: Esta cuenca también conocida como Quisquiro se encuentra al sur del salar de Tara y del de Aguas Calientes 1, tiene una altura media de 4.430 msnm y su mayor elevación es el cerro Purifica con 5.285 msnm en su límite poniente. En algunos estudios se define en una sola unidad junto a la cuenca del salar de Aguas Calientes 1. El sistema está compuesto por un salar de unos 80 km² que contiene un gran número de lagunas en su interior y dos lagunas fuera de éste en la parte sur de la cuenca. Estas últimas son las lagunas Trinchera y Chivato Muerto, además de los ojos del río Salado, todas tienen relativamente poca superficie (menor a 50 ha). Estas lagunas son pequeñas depresiones con agua salada en las pampas que prolongan la cuenca del salar de Loyoques al sur (pampa del río Salado, pampa Trinchera y pampa Chivato Muerto) y se podrían considerar sus cuencas como subcuencas del salar de Loyoques. Los principales aportes superficiales son el río Salado en el sur, que nace en las vegas Ojos del Salado, y el estero Loyoques en el norte. Además hay aportes de tres quebradas por el poniente que son (de norte a sur) Quebrada de Agua Escondida, Quebrada de Tauna y Quebrada de Quisquiro.
- 2.1.13 Salar de Jama: (Lag. Guachalajte, de Mucar y de Pampa Cien) Corresponde a una de las cuencas del altiplano más grandes que se desarrollan en Chile y Argentina, junto a la cuenca del salar del Rincón (Pampa del Lari). Al poniente comparte límites con las cuencas de la Laguna Helada, salar de Loyoques y Aguas Calientes 2. El principal patrón de drenaje de esta cuenca en territorio chileno es de oeste a este, formando las lagunas de Guachalajte, de Mucar y de Pampa Cien (o Ciénaga) en las depresiones que se encuentran casi alineadas a la frontera en toda su extensión longitudinal. El cordón de Ceja Alta, que separa esta cuenca de la parte sur del salar de Loyoques, da paso a las pampas Mucar y El Pedregal hacia el oriente, las que reciben numerosas quebradas provenientes de este sector. En Argentina el patrón de flujos cambia, orientándose en su mayoría de norte a sur, tomando las aguas que convergen desde los aportes por el este y el oeste. El salar de Jama es el principal sumidero de los escurrimientos, formando la laguna de mayor superficie de la cuenca. También se encuentran otras lagunas menores al sureste del salar de Jama, alimentadas por afluentes que provienen principalmente del lado argentino. El límite sur de la cuenca en el lado argentino, que cierra los escurrimientos en este país en la forma de punto de salida de la cuenca trazada, es la Laguna Ana.
- 2.1.14 Laguna Lejía: Limita con las cuencas del salar de Atacama al oeste y al sur y la del salar Aguas Calientes 2 al este y al norte, de esta última está separada por el cordón montañoso Alto de Toro Blanco. Su superficie es de 197 km² y su cota más elevada es el Volcán Simbao o Aguas Calientes (5.924 msnm), en el límite norte de la cuenca, donde también se encuentra el activo volcán Lascar. La cuenca de drenaje está conformada por una pequeña laguna de unos 2 km² que recibe aportes de quebradas que provienen principalmente del norte y del oeste. Esta alargada hoya en dirección norte – sur, presenta otras señales de erosión, producidas por aportes de agua que se observan en las ladera este de los cerros que rodean la laguna (Cordón Alto de Toro Blanco).

- 2.1.15 Salar de Aguas Calientes 2: Esta cuenca se encuentra al sur del Salar de Pujsa y al poniente de Laguna Lejía en el bloque central de las cuencas endorreicas de la II Región. Abarca una superficie cercana a los 1.000 km² y tiene una altura media de 4.562 msnm. Su punto más alto es el volcán Acamaranchi o cerro Pili ubicado en la línea del límite norte (6.046 msnm). Al norte del salar se encuentra el aporte superficial más importante, el río Pili, que baja por la ladera del cerro del mismo nombre. Otros aportes se producen por el vértice NO del salar, paralelo al cordón Alto de Toro Blanco, y por el oriente (quebrada de Chamaca), al sur del cerro Chamaca o Chivato Muerto, que forma unas vegas poco menos importantes que las del Pili antes de desembocar. El salar es de tipo playa y representa casi un 12% del área de la cuenca con varias lagunas de extensión variable, siendo la más importante la que se encuentra al surponiente, alimentada por vertientes que surgen al pie del cerro Overo y que da vida a los bofedales aquí presentes. Otras fuentes intermitentes desde el sur (pampa Loma Amarilla) también harían sus aportes en los periodos húmedos.
- 2.1.16 Puntas Negras: Al sur de la cuenca del salar de Aguas Calientes 2, se desarrolla esta cuenca endorreica que no forma laguna ni salar. Al igual que otros casos en que ocurre esta situación, los estudios tienden a vincularla con alguna de sus vecinas, en este particular con la del norte. La revisión de los antecedentes presentados y las visitas a terreno efectuadas indican que ambas cuencas están desconectadas, al menos a nivel superficial. Otra confusión que puede producirse es relacionarla con la cuenca de elevación intermedia del Salar de Punta Negra, ubicado al sur del Salar de Atacama y que ocupa el espacio que separa a las cuencas que hemos llamado del bloque central con las del sur del altiplano de la II Región. La cuenca de Puntas Negras recibe su nombre por el cordón de cerros que la cruza, donde el Volcán Puntas Negras ubicado en el límite sur es el de mayor altura (5.852 msnm). Su forma cuadrada y su tamaño son similares a las de la Laguna Helada, ubicada más al norte. A pesar de haber diferencias en la magnitud de las precipitaciones anuales entre ambas, puede pensarse que la inexistencia de una base de equilibrio (salar o laguna) se debe a una mayor infiltración en este sector, posiblemente alimentando a la cuenca del salar de Aguas Calientes 2 de manera subterránea.
- 2.1.17 Laguna Miscanti : Esta cuenca de 268 km² tiene como vecina por el oeste y el norte a la cuenca del salar de Atacama de la que está separada por el cordón Chuculaqui, una cadena de cerros NS y que luego continúa hacia el sur con el nombre de Callejón de Varela. Al sur limita con la cuenca de la pequeña laguna Miñiques y el salar de Aguas Calientes 3 o Talar. Algunos estudios definen ambas cuencas, Miscanti y Miñiques como una sola debido a que la primera se encuentra unos 10 metros más arriba que la segunda. Esta última es una laguna salada y se supone que las aguas drenarían subterráneamente por gravedad de una hacia otra. En la cuenca, la alimentación se hace sobre todo por descarga de napas subterráneas en la laguna, que provendrían de la zona de mayor captación de la cuenca, en el oriente.
- 2.1.18 Laguna Miñiques : Limita en su borde occidental con la cuenca del salar de Atacama, separada de éste, al igual que la cuenca de la laguna Miscanti, por el Cordón de Chuculaqui, una cadena angosta que corre de norte a sur en esta zona dividiendo a la

cuenca de elevación intermedia del Altiplano. Hacia el sur limita con la Pampa Varela, separada por un portal que parece ser un antiguo desagüe. Al norte y al oeste la cuenca está flanqueada con la cuenca de la laguna Miscanti. La cuenca de Laguna Miñique, Meñique o Menique, como ha sido llamada, es de las más pequeñas de las que se desarrollan en el altiplano con sólo 17 km². Tiene una elevación máxima de 5.910 msnm en el cerro Miñiques y la alimentación a la laguna se hace sobre todo por descarga de napas subterráneas.

- 2.1.19 Salar del Rincón (Pampa de Lari): Esta cuenca tiene una característica que comparte con la del salar de Jama, que es una de las mayores que Chile comparte con Argentina en esta Región. Otra similitud está en que dentro de los límites definidos la mayor parte de la superficie cae en territorio del país vecino, en particular su base de equilibrio, el salar del Rincón. La superficie en territorio chileno (Pampa de Lari) contribuye con el drenaje, cuyo patrón de escurrimiento es de oeste a este y de noroeste a sureste. El patrón de escurrimiento en territorio argentino se mantiene, recibiendo algunos aportes de las cadenas de cerros ubicados en el límite oriental de la cuenca.
- 2.1.20 Pampa Varela: Esta cuenca endorreica es otra de las que no forma laguna ni salar. Se encuentra al sur de la laguna Miñiques y tiene al oeste la cuenca del salar de Atacama, de la que la separa el Callejón de Varela, la continuación sur del Cordón de Chuculaqui ubicado más al norte.
- 2.1.21 Salar de Aguas Calientes 3: La hoya del salar de Aguas Calientes 3, también llamada salar de Talar, se encuentra al sur de la cuenca de la laguna Miscanti. Esta cuenca recibe ambos nombres debido al angostamiento del salar, donde la parte sur ha recibido el nombre de Talar (IGM). Esta cuenca tiene una forma alargada de norte a sur, terminando con una leve inclinación hacia el oeste. Los mayores aportes de agua a la zona del salar y sus lagunas provienen del norte, en las quebradas intermitentes que bajan entre los cerros Miñiques y Tuyajto y por el sur las laderas del cordón de Puruchare, que llegan a la pampa del mismo nombre. Las lagunas principales también se forman en los extremos norte y sur del salar. La altura máxima, cuya característica también comparten las cuencas de la laguna Miñiques, Miscanti y Pampa Varela, se encuentra en el límite norte de la cuenca y es el cerro Miñiques con 5.910 msnm. El salar propiamente tiene un área de 46 km² (9 % de la cuenca) con varias lagunas en su interior.
- 2.1.22 Laguna Tuyajto: Esta cuenca se encuentra en el sur del bloque central del Altiplano de la II Región, con su forma de riñón al igual que la cuenca del salar de El Lago ubicado más al oriente, ‘envuelven’ a las cuencas menores de Pampa Colorada y Pampa Las Tecas. Al poniente de ésta se encuentra la Laguna Miscanti por el norte y el salar de Aguas Calientes 3 por el centro y sur. Su superficie es de 249 km² y la altura máxima en su área aportante es el cerro Tuyajto de 5.480 msnm. La única alimentación visible a la laguna es un río en bofedal con varias ramas que drenan el sector norte (quebrada Río Blanco) y oriente de la cuenca.
- 2.1.23 Salar de El Lago: Se encuentra en el rincón sureste del bloque central del Altiplano de la II Región, limita al oriente con la gran hoya del salar del Rincón, ubicado en Argentina y con área aportante desde Chile. Al poniente limita con las cuencas de Tuyajto (norte),

Pampa Colorada (centro) y Pampa las Tecas (sur). Junto a la cuenca de la laguna Tuyajto tiene una forma parecida a un riñón en su vista en planta. La cuenca completa tiene una superficie de 207 km², y alcanza su cota máxima en los 5.852 msnm en su límite norte (volcán Puntas Negras). El salar ubicado en el centro es de tipo playa con una laguna poco profunda y es alimentado por la quebrada del Hueso desde el norponiente y la Quebrada de la Astilla por el poniente.

- 2.1.24 Pampa Colorada y Pampa: Las Tecas Corresponden a cuencas endorreicas de un tamaño medio a bajo en comparación a las demás hoyas hidrográficas definidas en este estudio, del orden de 60 y 110 km², respectivamente. Como se menciona en la descripción anterior, estas cuencas se encuentran rodeadas por la laguna Tuyajto (oeste) y el salar de El Lago (este). La cuenca de Pampa Colorada está sitiada por un anfiteatro de cerros, algunos de los cuales superan los 4.500 msnm, destacando en la dirección suroeste el cerro Las Tecas con 4.747 m de altitud. La red hidrográfica de la cuenca es bastante reducida debido a su pequeña superficie y está compuesta principalmente por pequeñas quebradas que funcionan bajo condiciones de tormenta. Entre estas se encuentra la quebrada La Astilla, que conduce las aguas desde el noreste de la cuenca hacia el valle. La cuenca de Pampa las Tecas limita al norte con el cerro las Tecas (4.747 msnm) y al sur con los cerros Incahuasi (5.676 msnm), Casliri (5.233 msnm) y Lomas de Jeché (4.887 msnm). A la igual que Pampa Colorada, la red hidrográfica de la cuenca es bastante reducida debido a su naturaleza endorreica y a su pequeña superficie, estando compuesta por pequeñas quebradas y arroyos que terminan su curso infiltrándose en la pampa.
- 2.1.25 Pampa de Tunco: Corresponde a una depresión que separa las cuencas a los salares de Capur y Pular del salar de Atacama. Es una cuenca endorreica, con una forma similar a una punta de flecha elongada apuntando hacia el sur, con pequeña inclinación hacia el poniente. Las quebradas que bajan de los cerros de Coransoques alimentan a la zona baja de la cuenca en toda su longitud, la que tiene una inclinación en sentido opuesto a la mencionada flecha, es decir, de sur a norte.
- 2.1.26 Salar de Capur: El salar de Capur se encuentra en el bloque central del Altiplano de la II Región al oeste del Salar Aguas Calientes 3 y al sur de Pampa Varela. Una parte de la cuenca también limita con el salar de Atacama, al poniente. La forma de la cuenca es alargada de norte a sur, aunque con una leve inclinación hacia el oeste. Los aportes al salar y las lagunas superficiales son de carácter subterráneo, como en la mayoría de estos casos de cuencas cerradas, presentándose en forma de afloramientos pocos metros antes de caer en las zonas bajas de cada unidad hidrográfica. Dada la morfología de la cuenca, el salar de tipo playa con lagunas superficiales, ocupa más de un 20% de su superficie de 122 km². El punto más alto es el Cerro Capur con 5.204 msnm. Esta zona es muy poco conocida por su difícil acceso.
- 2.1.27 Salar de Pular: Ubicada en el bloque central de las cuencas cerradas de la Región de Antofagasta, al sur-este de los salares Capur y Talar, la cuenca del Salar de Pular es una cuenca compartida con Argentina. Su superficie alcanza los 728 km², y tiene una altura media de 4.342 msnm, alcanzando la cota más elevada en el Cerro Pular (6.233 msnm) por el poniente. El salar específicamente tiene un área de 30 km² y desde territorio

- chileno llegan a él dos quebradas principales: Agua Delgada, que alimenta al salar por el norte, y Pular que lo hace por el poniente. La laguna que tiene esta cuenca se encuentra en el lado chileno, mientras que el salar es compartido casi en proporciones iguales por ambos países en que se desarrolla.
- 2.1.28 Salar de Incahuasi: Al igual que la cuenca del salar de Pular, con la cual limita al poniente, ésta es una cuenca compartida con Argentina, aunque de mayor extensión (1.066 km²). La mayor parte de la superficie del salar se encuentra en territorio argentino, contrario a lo que ocurre con su mencionada vecina. En territorio chileno, la cuenca tiene mayor pendiente pues contiene una cadena de cerros que cae al sur, a la parte baja que alberga al salar, cuya mayor parte se encuentra en territorio argentino. Las quebradas que alimentan al salar por el lado chileno tienen por nombres Leoncito, Puruchare, Corichico y Medanito, y provienen desde el norte y el noroeste.
- 2.1.29 Laguna Jeche: Esta cuenca pertenece al grupo de aquellas que son compartidas con Argentina. Su posición geográfica es entre las cuencas de los grandes salares de Incahuasi y del Rincón y sus aguas se mueven desde la zona más alta ubicada en Chile a las más bajas en territorio argentino, donde se desarrolla la Pampa y la Laguna Jeche. La forma de la cuenca es alargada de norte a sur, con una leve inclinación hacia el este. Es más ancha en la cabecera (zona más alta), angostándose conforme se va perdiendo cota y convergiendo a un cajón bastante cerrado. De acuerdo a los antecedentes revisados y la metodología aplicada es también una cuenca endorreica.
- 2.1.30 Salar de Aguas Calientes 4: Esta cuenca se ubica en el bloque sur de las cuencas endorreicas de la Región de Antofagasta y colinda con las cuencas Laguna de la Azufrera al sureste y salar de Pajonales al oeste. Su superficie abarca 536 km² con una altura media de 4.224 msnm y el imponente volcán Llullaillaco (6.739 msnm) como su máxima altura, que cierra la cuenca al norte. Su sistema hidrográfico está compuesto por un salar, también de tipo playa, en el centro sur de la cuenca y 3 pequeños cuerpos de agua denominados Lagunillas de San Eulogio ubicados al oeste de la cuenca. La alimentación al salar está dada por vertientes, principalmente por el norte y el este, que alimentan algunas lagunas conectadas entre sí. La quebrada más importante es la de Aguas Calientes, que fluye de norte a sur desde la ladera sur del volcán Llullaillaco y pasa entre los cerros Del León y el de Aguas Calientes antes de caer en el salar.
- 2.1.31 Sub Aguas Calientes 4 : (Altura Pedregal) Se encuentra entre las cadenas de cerros Corrida de Cori, por el este en el límite con Argentina, y el Cordón Aguas Calientes por el oeste, que establece la división de esta cuenca con la del salar de Aguas Calientes 4. Se piensa que es una subcuenca del Salar de Aguas Calientes 4 ya que la ausencia de una laguna o de un salar en el fondo de la depresión indica que las aguas que drenan a ella no se acumulan en su fondo, sino que se infiltran en las formaciones superficiales llegando a su vecina. Alternativamente se ha llamado a esta cuenca Pedregal, tomando el nombre del cerro que se encuentra en el centro del área ocupada por ésta.
- 2.1.32 Laguna de la Azufrera: Cuenca endorreica que no hay que confundir con el salar de la Azufrera en la III Región. Esta hoyo, constituida de rocas volcánicas con abundante azufre, se encuentra al este de la cuenca de Aguas Calientes 4 pegada a la frontera con Argentina. Su superficie es poco mayor a los 200 km² con una altura máxima de 5.789

msnm en el Cerro Negro o Volcán que está en el límite de Chile con el país vecino. Al oeste es un salar de tipo “playa” con sedimentos salinos recubiertos por la laguna de poca profundidad en este sector. Al este la laguna es más profunda, casi un lago con un bofedal en su orilla. El nombre de la laguna se debe a un importante yacimiento de azufre en el volcán Azufre o Lastarria al sur de la laguna, del cual emanan constantes fumarolas. La alimentación hídrica está dada por pequeñas quebradas que en su mayoría drenan desde el norte y el este.

- 2.1.33 Salar de Pajonales: Ubicada en el bloque sur de la Región de Antofagasta constituye la cuenca altiplánica más extensa de esta Región (descontando las que son compartidas con Argentina), con cerca de 2.000 km². Sus límites son al sur con la III Región de Atacama y al este con la cuenca del Salar de Aguas Calientes 4, al oeste y al norte está flanqueada por la cuenca de elevación intermedia del salar de Punta Negra. La cuenca de drenaje del salar de Pajonales es principalmente volcánica. También existen en la cuenca terrenos sedimentarios, pero son de poca extensión, por lo menos superficialmente. Tiene una cota media de 3.909 msnm y su cota máxima es de 5.488 msnm en el cerro del Azufre. El salar tiene una superficie de aproximadamente 103 km², se ubica en el centro de la cuenca y posee una serie de pequeñas lagunas en los bordes y “ojos” en el centro, con altas concentraciones de sal. La quebrada La Burda drena por el norponiente, y algunos afluentes esporádicos bajan por la falda de los cerros Pajonales y de la Pena. También se tiene alimentación por la ladera oriental del cerro El Pampa, la pampa de Pajonales, al oeste de la cuenca. Lo mismo en el sur, con afluentes esporádicos que cruzan el Llano Dos Hermanos. No hay afluentes de importancia al salar por el este, a pesar de que la magnitud anual promedio de las lluvias en este sector es mayor.
- 2.1.34 Salar de Atacama: El Salar de Atacama es una cuenca tectónica cerrada, formada por grandes fallas normales y movimiento diferenciales de bloques de dirección N-S. Se han reconocido 3 sistemas acuíferos albergados en los depósitos del relleno aluvial circundante a la zona del salar y en los depósitos salinos. Estos acuíferos se denominan Acuífero del borde Este, Acuífero del Núcleo del salar y acuífero de Monturaqui-Negrillar-Tilopozo, estando el primero conformado por salmuera y los dos últimos por agua dulce. No se cuenta con antecedentes suficientes para caracterizar el sistema de aguas subterráneas que se desarrolla en la zona oeste y norte del salar, si bien existen antecedentes de que en el Llano de la paciencia las precipitaciones serían escasas y las aguas subterráneas serían altamente salobres, por lo cual, probablemente, no se habrían efectuado exploraciones en esa zona. La recarga proviene del sector este donde se levanta la Alta Cordillera y su descarga se produce principalmente en el borde oriental del salar (DGA, 2012).
- 2.1.35 Salar de Punta Negra: En los subsuperficiales del sector del salar de Pta. Negra se ha estudiado un sistema acuífero el cual puede ser dividido en tres zonas principales, zona norte, zona centro y zona sur, a partir de sus características geológicas e hidrogeológicas. Al norte se distingue un acuífero confinado semiaislado con una compleja hidrogeología. Al centro se reconoce un acuífero menos complejo, el cual es dividido en un acuífero superior libre, en su parte norte, y un acuífero confinado en su

porción sur. Pr último se ha reconocido un acuífero sur, ubicado al sur del cerro Punta Negra, el cual tendría un carácter libre. La recarga del acuífero se ha estimado, a partir de un balance hidrológico, en 240 l/s (D.G.A, 2012).

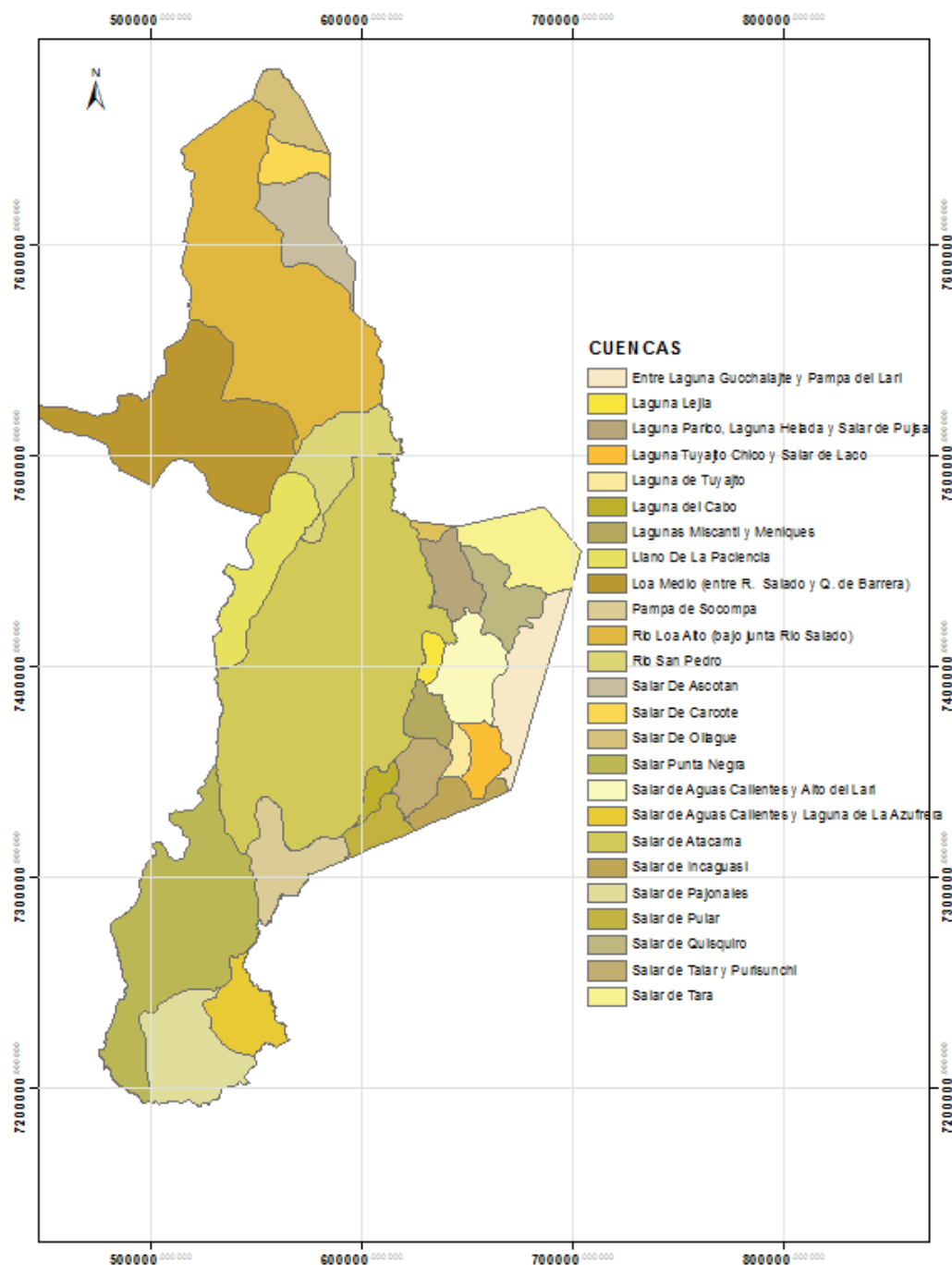


Figura 2. Cuencas hidrográficas chilenas en el área de estudio.

Fuente: D.G.A.

2.2 Información Fluviométrica.

La Dirección General de Aguas, a través del Banco Nacional de Aguas, cuenta con información histórica de los caudales presentes en todas las hoyas hidrográficas en Chile. Existe información de series de datos a nivel mensual y anual de los caudales. Estos datos son utilizados, tanto en estudios hidrológicos como hidrogeológicos, para caracterizar la cuenca.

En el área de estudio existen 46 estaciones fluviométricas, de las cuales 21 se encuentran suspendidas y el resto vigente. Principalmente se encuentran en la cuenca del río Loa (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estaciones fluviométricas identificadas en el área de estudio.

COD_BNA	NOMBRE	UTM_ESTE	UTM_NORTE	ALTITUD	COD_CUEN	COD_SUBC	COD_SSUBC	VIGENCIA
02101001-4	RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	535169	7605577	3020	021	0210	02101	Vigente
02101002-2	RIO LOA EN REPRESA LEQUENA	535261	7604046	3250	021	0210	02101	Suspendida
02102001-K	RIO LOA EN QUEBRADA QUINCHAMALE	540977	7575991	3027	021	0210	02102	Suspendida
02103001-5	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N°1	565454	7570735	3700	021	0210	02103	Vigente
02103002-3	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N°2 (BT. CHILEX)	550384	7573438	3318	021	0210	02103	Vigente
02103003-1	RIO SAN PEDRO EN CAMINO INTERNACIONAL	548215	7574043	3320	021	0210	02103	Suspendida
02103004-K	RIO SAN PEDRO EN SAN PEDRO	545407	7574680	0	021	0210	02103	Suspendida
02103013-9	RIO SILALA ANTES REPRESA INACALIRI	596724	7564237	4000	021	0210	02103	Vigente
02104001-0	RIO LOA EN CONCHI	540612	7568427	3010	021	0210	02104	Suspendida
02104002-9	RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	539309	7564329	2932	021	0210	02104	Vigente
02104003-7	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°2	540537	7569789	2932	021	0210	02104	Vigente
02104004-5	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°1	540611	7569991	2975	021	0210	02104	Suspendida
02104005-3	RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	536042	7527192	2505	021	0210	02104	Suspendida
02105001-6	RIO SALADO ANTES JUNTA RIO CURTI	578206	7536439	0	021	0210	02105	Vigente
02105002-4	RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	567699	7535357	3031	021	0210	02105	Vigente
02105003-2	RIO SALADO ANTES REPRESA CHILEX	584031	7534783	3340	021	0210	02105	Suspendida
02105004-0	RIO SALADO ANTES JUNTA RIO YALQUI	546320	7530957	2560	021	0210	02105	Suspendida

02105005-9	RIO SALADO ANTES JUNTA RIO LOA	536875	7526674	2500	021	0210	02105	Vigente
02105007-5	RIO TOCONCE ANTES REPRESA SENDOS	588216	7536667	0	021	0210	02105	Vigente
02105008-3	VERTIENTE TURI TURI	574106	7541623	0	021	0210	02105	Suspendida
02110001-3	RIO LOA EN ESCORIAL	511475	7518227	2450	021	0211	02110	Vigente
02110002-1	RIO LOA EN YALQUINCHA	512605	7517668	2300	021	0211	02110	Vigente
02110003-K	RIO LOA EN CHINTORASTE	502336	7511495	2200	021	0211	02110	Suspendida
02110004-8	RIO LOA EN FINCA	501130	7511123	2100	021	0211	02110	Vigente
02110007-2	RIO LOA ANTES JUNTA SAN SALVADOR	445661	7523208	1238	021	0211	02110	Vigente
02110008-0	RIO LOA DESPUES JUNTA RIO SALADO (CA)	535295	7525791	2500	021	0211	02110	Suspendida
02110009-9	CANAL YALQUINCHA O.D. N° 1	515576	7517108	2300	021	0211	02110	Suspendida
02110010-2	CANAL YALQUINCHA O.I. N° 2	517077	7516893	2300	021	0211	02110	Suspendida
02111001-9	VERTIENTES OJOS DE OPACHE	500036	7513939	2135	021	0211	02111	Vigente
02111002-7	RIO SAN SALVADOR ANTES JUNTA RIO LOA	445839	7523356	1238	021	0211	02111	Vigente
02500001-3	RIO VILAMA EN VILAMA	583780	7470975	2550	025	0250	02500	Suspendida
02500002-1	CANAL AGUAS BLANCAS	600917	7425944	2415	025	0250	02500	Suspendida
02500003-K	CANAL TULAN EN TILOMONTE	590878	7368740	2450	025	0250	02500	Suspendida
02500004-8	CANAL VILAMA EN VILAMA	584206	7470650	2550	025	0250	02500	Vigente
02500005-6	CANAL CUNO EN SOCAIRE	617632	7388216	3600	025	0250	02500	Vigente
02500006-4	CANAL TILOMONTE ANTES REPRESA	592165	7367965	4000	025	0250	02500	Vigente
02500007-2	QUEBRADA DE JEREZ	603020	7435502	2550	025	0250	02500	Vigente
02500008-0	QUEBRADA DE TALABRE EN TUMBRE	623443	7420467	3570	025	0250	02500	Vigente
02500009-9	QUEBRADA DE CAMAR - VERTIENTE 1	606477	7411548	2755	025	0250	02500	Vigente
02500010-2	QUEBRADA DE CAMAR - VERTIENTE 2	606697	7411667	2730	025	0250	02500	Vigente
02500011-0	VERTIENTE PEINE EN PEINE	596197	7380888	2430	025	0250	02500	Vigente
02510001-8	RIO SAN PEDRO EN CUCHABRACHI	582262	7475884	2585	025	0251	02510	Vigente
02510002-6	RIO GRANDE EN PUEBLO	587348	7496787	3250	025	0251	02510	Suspendida
02510003-4	RIO JAUNA DESPUES DE JUNTA PUTANA	595433	7510391	4196	025	0251	02510	Suspendida
02510004-2	RIO JAUNA ANTES PUTANA	596191	7511615	4000	025	0251	02510	Suspendida
02510005-0	RIO PUTANA ANTES JAUNA	596307	7510274	4000	025	0251	02510	Suspendida

Fuente: D.G.A.

Los valores de caudales medios mensuales recopilados en el área de estudio, para las estaciones fluviométricas del altiplano de la segunda región, para distintas probabilidades de excedencia, indican que las estaciones presentan régimen pluvial con sus mayores caudales entre enero y marzo, producto de las lluvias estivales altiplánicas (invierno boliviano). El resto del año presentan caudales uniformes (Figura 3, Figura 4, Figura 5).

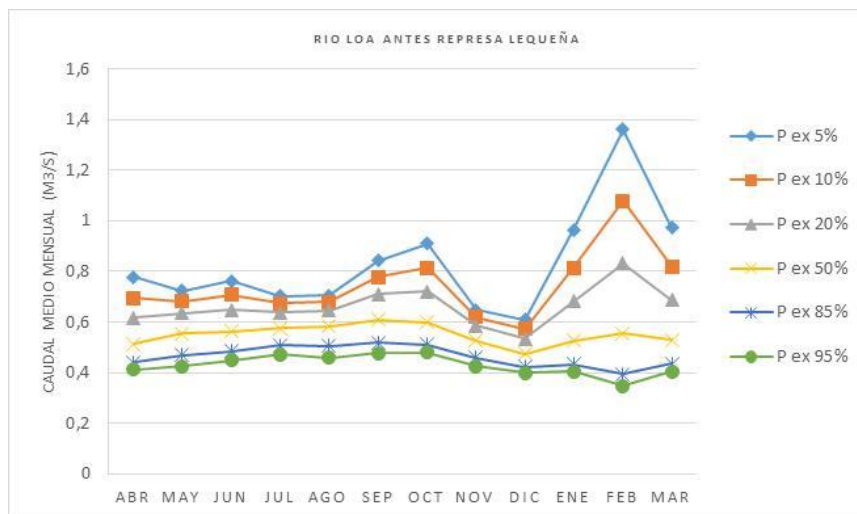


Figura 3. Curva de variación estacional Río Loa antes Represa Lequeña.

Fuente: Diagnóstico y Clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca Río Loa. Realizado por CADE-IDEPE. Consultores en Ingeniería. Dic 2004

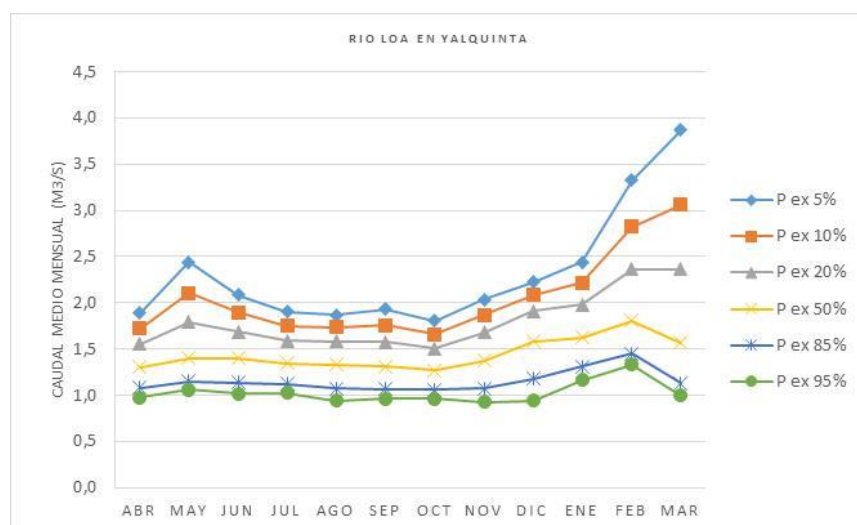


Figura 4. Curva de variación estacional Río Loa en Yalquinta.

Fuente: Diagnóstico y Clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca Río Loa. Realizado por CADE-IDEPE. Consultores en Ingeniería. Dic 2004

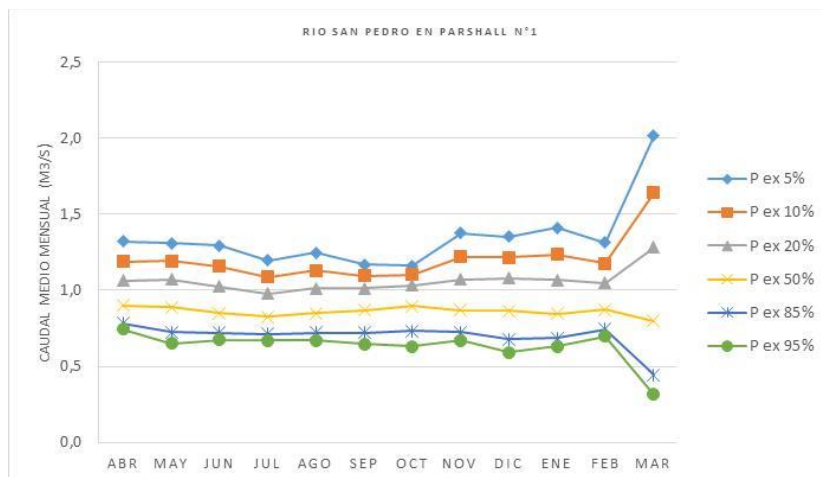


Figura 5. Curva de variación estacional Río San Pedro en Parshall N°1.

Fuente: Diagnóstico y Clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca Río Loa. Realizado por CADE-IDEPE. Consultores en Ingeniería. Dic 2004

En años húmedos se aprecian importantes caudales en febrero y bajos escurrimientos en noviembre y diciembre. En años secos los caudales son más uniformes a lo largo del año, sin presentar variaciones de consideración. Los menores caudales se producen entre enero y marzo, debido a la ausencia de lluvias estivales en años secos (D.G.A, 2004).

2.3 Información Calidad de Aguas

La calidad de las aguas se puede evaluar tomando como referencia los límites máximos establecidos por las normas chilenas de agua potable (NCh409) y para el uso de riego (NCh1333). La Dirección General de Aguas, cuenta con estaciones de monitoreo de parámetros físicos- químicos para evaluar la calidad de aguas presentes en el área de estudio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estaciones de calidad de aguas identificadas al interior del área de estudio.

COD_BNA	NOMBRE	UTM_ESTE	UTM_NORTE	COD_CUEN	COD_SUBC	COD_SSUBC	VIGENCIA
02101001-4	Río Loa antes represa Lequeña	535169	7605577	021	0210	02101	Vigente
02102001-K	Río Loa en Quinchamale	540977	7575991	021	0210	02102	Suspendida
02102002-8	Río Loa despues termas taira	542208	7584116	021	0210	02102	Suspendida
02102003-6	Termas de Taira	543061	7585531	021	0210	02102	Suspendida
02102004-4	Río loa antes río San Pedro	540685	7571825	021	0210	02102	Suspendida
02103001-5	Río San Pedro en Parshall n°1	565454	7570735	021	0210	02103	Vigente
02103002-3	Río San Pedro en Parshall 2	550384	7573438	021	0210	02103	Suspendida
02103003-1	Río San Pedro en camino Internacion	548215	7574043	021	0210	02103	Suspendida

02103004-K	Rio San Pedro en San Pedro	545407	7574680	021	0210	02103	Suspendida
02103005-8	Rio Silala	596115	7564064	021	0210	02103	Suspendida
02103006-6	Rio San Pedro antes rio loa	541588	7571487	021	0210	02103	Suspendida
02104002-9	Rio loa en salida embalse conchi	539309	7564329	021	0210	02104	Vigente
02104003-7	Rio Loa en alcantarilla conchi n"2	540537	7569789	021	0210	02104	Vigente
02104004-5	Rio Loa en alcantarilla conchi n 1	540611	7569991	021	0210	02104	Suspendida
02104005-3	Rio Loa antes junta rio salado	536042	7527192	021	0210	02104	Vigente
02104006-1	Rio Loa despues rio san pedro	540629	7570190	021	0210	02104	Suspendida
02104012-6	Pozo Chiu-chiu	541544	7529880	021	0210	02105	Vigente
02105002-4	Rio Salado en sifon ayquina	567699	7535357	021	0210	02105	Vigente
02105003-2	Rio Salado en represa chilex	549260	7533192	021	0210	02105	Suspendida
02105005-9	Rio Salado antes junta loa	536875	7526674	021	0210	02105	Suspendida
02105006-7	Rio Toconce en represa SENDOS	587754	7536888	021	0210	02105	Suspendida
02105007-5	Rio Toconce antes represa sendos	588216	7536667	021	0210	02105	Vigente
02105009-1	Rio Toconce antes rio salado	581488	7536788	021	0210	02105	Suspendida
02105010-5	Rio salado antes rio toconce	581709	7536146	021	0210	02105	Suspendida
02105011-3	Rio Salado antes rio caspana	576826	7536788	021	0210	02105	Suspendida
02105012-1	Rio Caspana antes rio salado	576304	7536287	021	0210	02105	Suspendida
02110001-3	Rio Loa en escorial	511475	7518227	021	0211	02110	Suspendida
02110002-1	Rio Loa en Yalquincha	512605	7517668	021	0211	02110	Vigente
02110003-K	Rio Loa en chintorastes	508574	7515483	021	0211	02110	Suspendida
02110004-8	Rio Loa en finca	501130	7511123	021	0211	02110	Vigente
02110005-6	Rio Loa en Calama	510290	7517327	021	0211	02110	Suspendida
02110006-4	Rio Loa en terraza municip. Calama	508570	7515480	021	0211	02110	Suspendida
02110007-2	Rio Loa antes junta san salvador	445661	7523208	021	0211	02110	Suspendida
02110008-0	Rio Loa después junta rio salado	535295	7525791	021	0211	02110	Suspendida
02110011-0	Rio loa en angostura	528441	7517860	021	0211	02110	Suspendida
02110012-9	Agua potable Calama	509820	7517402	021	0211	02110	Suspendida
02111001-9	Vertiente ojos de Opache	500036	7513939	021	0211	02111	Suspendida
02111002-7	Rio San Salvador antes junta rio Loa	445839	7523356	021	0211	02111	Vigente
02111003-5	Rio Quentena antes ojos de Opache	498285	7515486	021	0211	02111	Suspendida
02500002-1	Canal Aguas Blancas	600917	7425944	025	0250	02500	Vigente
02500003-K	Canal Tulan en Tilomonte	590878	7368740	025	0250	02500	Suspendida
02500004-8	Canal Vilama en Vilama	584206	7470650	025	0250	02500	Vigente

02500005-6	Canal Cuno en Socaire	617632	7388216	025	0250	02500	Vigente
02500006-4	Canal Tilomonte antes represa	592165	7367965	025	0250	02500	Vigente
02500012-9	Rio Puritama en Huatin	594247	7481918	025	0250	02500	Suspendida
02500013-7	Rio Puripica en Huatin	596010	7482110	025	0250	02500	Suspendida
02500014-5	Quebrada de socaire	613950	7391424	025	0250	02500	Suspendida
02510001-8	Rio San Pedro en Cuchabrachi	582262	7475884	025	0251	02510	Vigente
02510004-2	Rio Jauna antes junta rio Putana	596191	7511615	025	0251	02510	Suspendida
02510005-0	Rio Putana antes junta rio Jauna	596307	7510274	025	0251	02510	Suspendida

Fuente: D.G.A.

Del cuadro anterior (Cuadro 2), solo un 30 % de las estaciones de monitoreo se encuentra vigente, representando 16 estaciones. Los registros de los parámetros físico-químicos son medidos, por lo general, entre tres a cuatro veces al año.

De acuerdo al estudio realizado por la Dirección General de Aguas, el año 2009, “Levantamiento hidrogeológico para el desarrollo de nuevas fuentes de agua en áreas prioritarias de la Zona Norte de Chile, regiones XV, I, II y III”, donde se evalúa la calidad de las aguas para las normas chilenas, casi el 80 % de las muestras analizadas supera las dos normativas de calidad referentes a dos usos concretos (agua de boca y riego). Las razones se encuentran en las condiciones naturales geológicas y climáticas del Altiplano chileno (intensa actividad volcánica, alteración hidrotermal, baja precipitación, alta evaporación, largo tiempo de residencia de las aguas, etc.) que favorecen el desarrollo de aguas poco dulces a salobres, e incluso salinas, excediendo muchas veces los valores de referencia establecidos.

De acuerdo al estudio, las precipitaciones cumplen generalmente con estas dos normativas, sobrepasando en algún caso los valores límite de arsénico y pH de la norma potable, mientras que en una sola muestra el límite del nitrógeno de la norma de riego. Los compuestos que en ningún tipo de agua han sobrepasado los valores límite de la norma de agua potable son el NO_2^- y NH_3 , y para la norma de aguas para riego, el Ba y el Pb. Para la norma de agua potable los parámetros que más sobrepasan los valores límites son: para los ríos Se, As y Cr, para los pozos el CN^- , As, Cr y Mn, y para los manantiales y lagunas el As, STD y Cl. Respecto a la norma de riego: para los ríos el Se, B y Cr, para los pozos el CN^- , B, Cl y Cd, para los manantiales el B, STD y Cl, y para las lagunas, el B, STD, SO_4^{2-} y As. En la figura 6 se identifican los escasos puntos de muestreo de aguas que cumplen con la norma chilena, tanto para agua potable como para el uso riego.

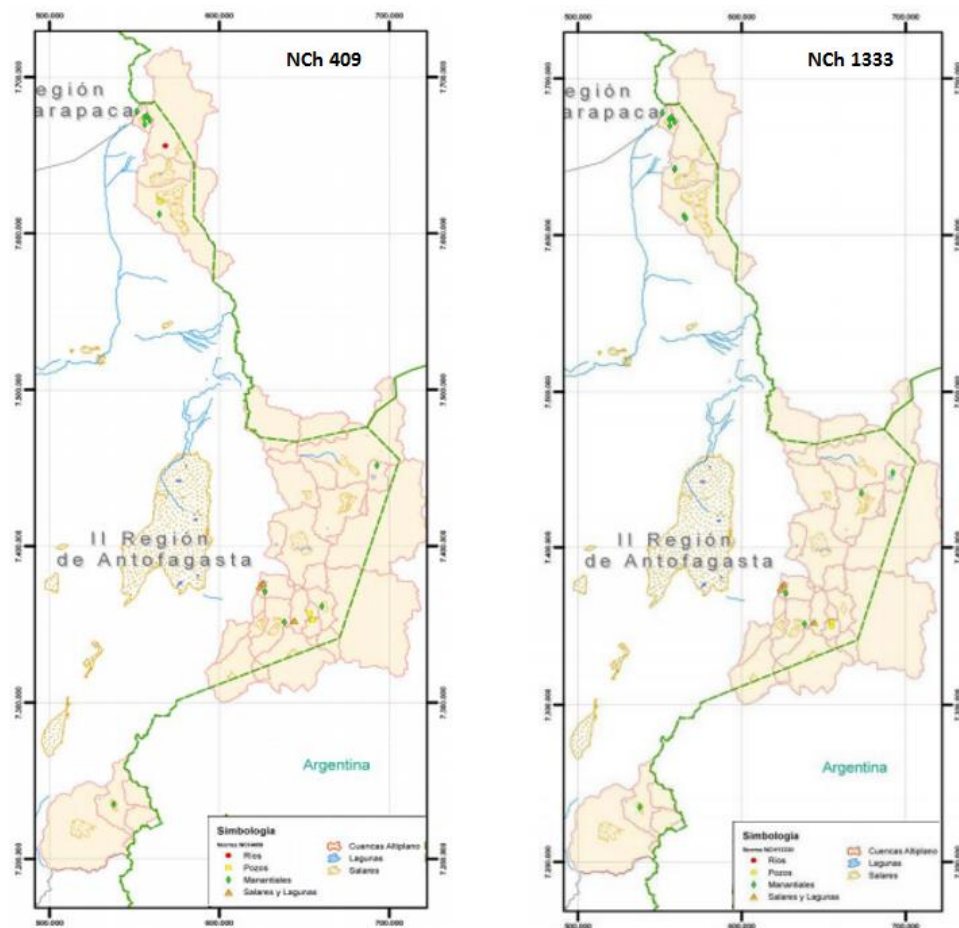


Figura 6. Puntos de muestreo de aguas que cumplen con las normas chilenas NCh 409 y NCh 1333.

Fuente: Levantamiento hidrogeológico para el desarrollo de nuevas fuentes de agua en áreas prioritarias de la Zona Norte de Chile, regiones XV, I, II y III. Etapa 2. Informe Final. Parte IV Hidrogeoquímica e Isotopía Regional del Altiplano de Chile. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental Pontificia Universidad Católica de Chile S.I.T. Nº 195.

De acuerdo al mismo informe, las concentraciones más interesantes para su análisis son los elementos químicos Li y As, ya que, presentan altas concentraciones absolutas en algunas muestras y por los riesgos a la salud humana que puede provocar su ingestión (Figura 7).

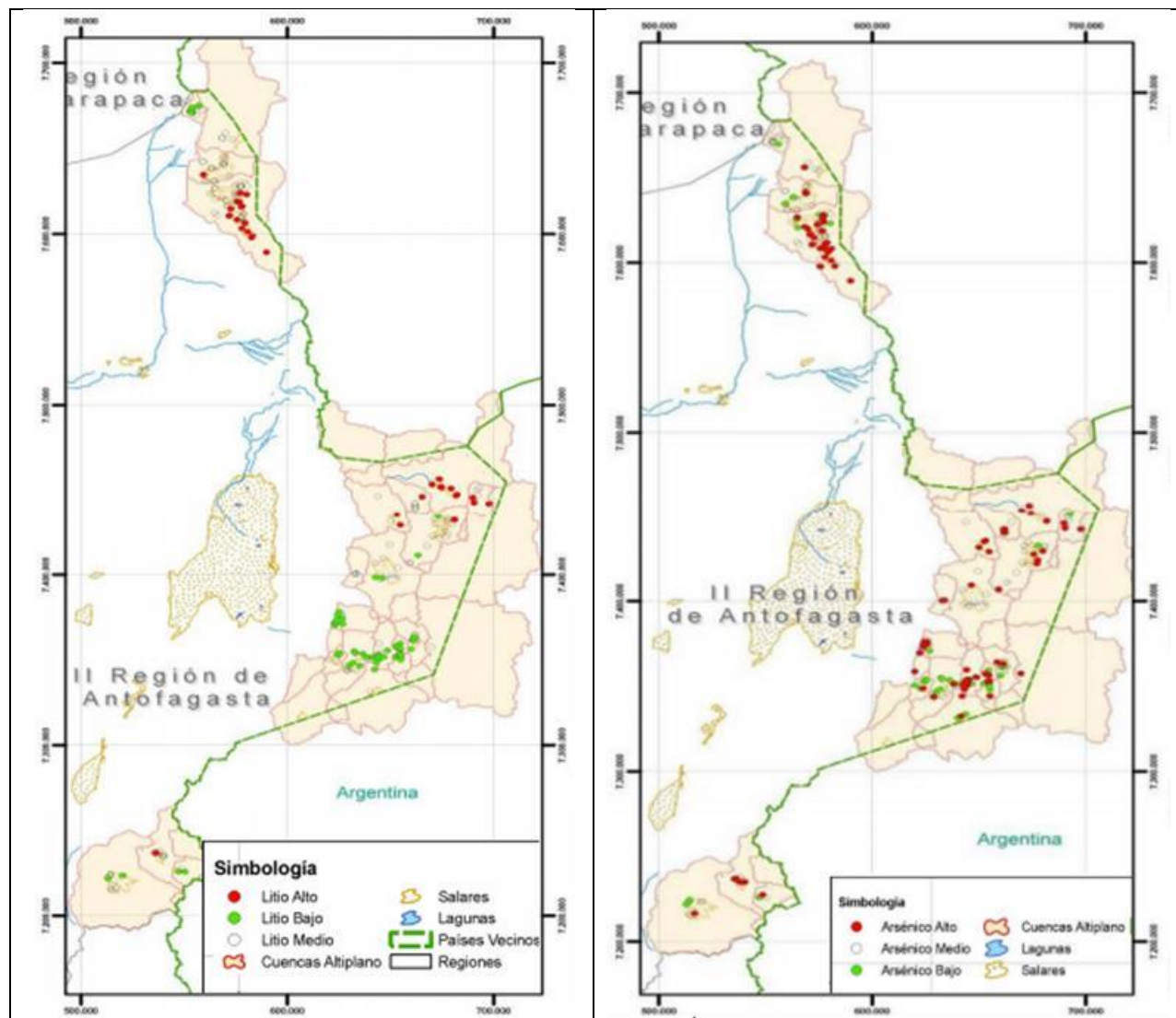


Figura 7. Distribución espacial de las concentraciones relativas de Litio y Arsénico.

Fuente: Levantamiento hidrogeológico para el desarrollo de nuevas fuentes de agua en áreas prioritarias de la Zona Norte de Chile, regiones XV, I, II y III. Etapa 2. Informe Final. Parte IV Hidrogeoquímica e Isotopía Regional del Altiplano de Chile. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental Pontificia Universidad Católica de Chile S.I.T. N° 195

Según el estudio realizado por la D.G.A (1999) los componentes que intervienen mayormente en la limitación de calidad de aguas para riego son la salinidad (1000 mg/l), el boro (0,75 mg/l) y el arsénico (0,100 mg/l). Cabe recalcar que el boro no es un contaminante común para aguas potables (límite de 5 mg/l), pero es el principal limitante para aguas de riego en el norte chileno. Las rocas volcánicas de los Andes Centrales contienen boro fácilmente lixiviable; puede haber concentraciones apreciables en aguas muy diluidas, por ejemplo en aguas de vía carbonatada.

Las aguas subterráneas en la zona de estudio tienen composiciones químicas variables que dependen de: la geoquímica de los materiales que las contienen, el tiempo de transporte y el origen de la recarga. Sin embargo, en general, estas aguas son de mediana calidad (con respecto a la norma NCh 409), de carácter salobre, sulfatocloruradas, con concentraciones altas de arsénico y total de sólidos disueltos sobre los 3000 mg/l (D.G.A, 2004).

3. CONCLUSIÓN

El uso sustentable del agua, la explotación, y en particular la exploración de los recursos hídricos, debe vincularse desde su origen a variables de interés ambiental y cultural. Cabe señalar que el uso de los recursos hídricos en el Altiplano debe considerar por una parte su importancia para el desarrollo económico y social de la región y por otra, la protección y cuidado de los sistemas ambientales sensibles que allí existen.

En cuanto a su calidad, el arsénico es el elemento que más preocupa por encontrarse en altas concentraciones y de manera natural en ríos y fuentes subterráneas. Según un estudio realizado el 2007 por miembros de la Universidad Berkeley de California, con colaboración de la Pontificia Universidad Católica de Chile, los niveles de arsénico presentes en el agua potable han elevado notablemente las muertes de los antofagastinos por cáncer a la vejiga y por cáncer al pulmón, siendo la tasa de mortalidad por cáncer de vejiga seis veces mayor en los hombres y 14 veces más elevada en las mujeres, en relación a otras regiones del país.

4. BIBLIOGRAFÍA

1. D.G.A, 2008. Levantamiento hidrogeológico para el desarrollo de nuevas fuentes de agua en áreas prioritarias de la zona norte de Chile, regiones XV, I, II y III. Etapa 1. Informe Final Parte I. Hidrografía Regional del Altiplano de Chile, realizado por el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental Pontificia Universidad Católica de Chile. S.I.T. N° 157. Disponible en:
<http://documentos.dga.cl/REH5004v3.pdf>
2. D.G.A, 2012. Diagnóstico plan estratégico para la gestión de los recursos hídricos, región de Antofagasta. Resumen Ejecutivo, realizado por: Arrau Ingeniería E.I.R.L. S.I.T. N° 291. Disponible en :
http://www.dga.cl/DGADocumentos/DGA_Antofagasta_IF_Volumen_2.pdf
3. Johnson, Juan. 2009. Evaporación desde napas freáticas someras en cuencas endorreicas del altiplano chileno. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile. Disponible en:
<https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/1366/530503.pdf?sequence=1>

4. D.G.A, 2004. Diagnóstico y Clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca Río Loa. Realizado por CADE-IDEPE. Consultores en Ingeniería. Disponible en: http://www.sinia.cl/1292/articles-31018_Loa.pdf
5. D.G.A, 2009. Levantamiento hidrogeológico para el desarrollo de nuevas fuentes de agua en áreas prioritarias de la Zona Norte de Chile, regiones XV, I, II y III. Etapa 2. Informe Final. Parte IV Hidrogeoquímica e Isotopía Regional del Altiplano de Chile. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental Pontificia Universidad Católica de Chile S.I.T. N° 195. Disponible en: <http://documentos.dga.cl/REH5161v4.pdf>
6. D.G.A, 2009. LEVANTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PARA EL DESARROLLO DE NUEVAS FUENTES DE AGUA EN ÁREAS PRIORITARIAS DE LA ZONA NORTE DE CHILE, REGIONES XV, I, II Y III ETAPA 2 INFORME FINAL PARTE IX Sistema Piloto II Región Salares El Laco y Aguas Calientes 2, Laguna Tuyajto y Pampas Puntas Negras, Las Tecas y Colorada. Realizado por: Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental Pontificia Universidad Católica de Chile S.I.T. N° 195. Disponible en: <http://documentos.dga.cl/REH5161v9.pdf>
7. D.G.A, 1999. Geoquímica de aguas en cuencas cerradas: I, II y III regiones-Chile. Volumen I. Síntesis. Realizado por: François Risacher, Hugo Alonso y Carlos Salazar. DGA S.I.T. N° 51. Disponible en: <http://documentos.dga.cl/CQA1921v1.pdf>
8. D.G.A, 2004. Actualización delimitación de acuíferos alimentadores de vegas y bofedales, II Región. Informe Final. Realizado por: Departamento de Estudios y Planificación. S.T.I. N° 98. Disponible en : <http://documentos.dga.cl/HUM4451.pdf>