

Humanidad en las cuencas

Usos y abusos

RÍO LOA

Humanidad en las Cuencas: Usos y Abusos RÍO LOA



ECOSISTEMAS



Humanidad en las cuencas
Usos y abusos **RÍO LOA**



Investigación

Matías Calderón Seguel

Investigación y edición

Mitzi Urtubia Salinas

Juan Pablo Orrego Silva

Diagramación

Catalina Unwin Carvallo

Fotografía

Tomás Munita Philippi

Francisco Gallardo Ibáñez

Matías Calderon S.

Agradecimientos

Agradecemos la contribución de
Manuel Prieto M.

Tomás Munita P.

Francisco Gallardo I.,

por sus fotografías y conocimientos sobre esta mística
cuenca nortina.

Humanidad en las Cuencas – Usos y Abusos: Río Loa es
una publicación de Ecosistemas con el auspicio de las
Fundaciones Lush Charity Pot, Marisla y Weeden.

Registro de Propiedad Intelectual:

ISBN:

Foto Portada: @Tomás Munita

Clemencia Aymane, una de las últimas pastoras de Taira.

CONTENIDO

Prólogo.....	6
Introducción.....	8
I. Geografía.....	9
II. Dimensión humana.....	14
2.1 Minería y conflictos.....	19
2.2 Agricultura y ganadería.....	28
III. Características y estado de las aguas.....	33
3.1 Hidrología.....	33
3.2 Calidad de las aguas.....	35
3.3 Presencia de metales.....	35
3.4 Hidrogeología.....	37
3.5 Humedales.....	43
3.6 Glaciares.....	44
IV. Ecosistemas.....	46
4.1 Pisos ecológicos.....	46
4.2 Conservación y zonas protegidas.....	52
V. Usos y abusos.....	60
5.1 Privatización del agua.....	60
5.2 Demanda y uso de agua.....	66
5.2.1 Bebida y saneamiento.....	66
5.3 Uso agrícola.....	72
5.4 Minería.....	74
5.5 Aguas servidas.....	80
5.6 Contaminación hídrica y atmosférica.....	80
Conclusiones.....	88
Bibliografía.....	91

PRÓLOGO

Manuel Prieto Montt

¿Qué es un desierto? Las ciencias ambientales responden por medio de la caracterización del clima, de los sistemas de drenaje, de los procesos de descomposición de minerales y rocas, de las particularidades de las comunidades ecológicas, entre otros. En la mayoría de las observaciones y definiciones hay un denominador común: la falta de humedad. Mediante un análisis empírico y crítico del estado y gestión de las aguas en una de las cuencas más icónicas y conflictivas del país -la del río Loa-, este libro invita a añadir otro factor a la comprensión de cómo se produce un desierto: la intervención humana del ciclo hídrico.

El desierto de Atacama ha sido caracterizado como el más árido del mundo o, utilizando una metáfora de la NASA, como "el lugar más parecido al planeta Marte sobre la Tierra"¹. Esta hiper aridez se ha explicado a partir de la combinación de múltiples factores: una capa de inversión térmica que impide a la neblina costera ingresar al continente, vientos oceánicos que desvían la humedad marina hacia el oeste, un cordón cordillerano costero que bloquea la humedad del océano Pacífico, y la cordillera de los Andes que opera como una barrera geológica a la humedad que emana del Océano Atlántico y de la cuenca Amazónica.

Si bien estos factores son importantes protagonistas, reducir la explicación de la ausencia de humedad en esta región únicamente a ellos, reproduce la idea común de que su sequedad es el resultado inevitable de un fenómeno natural aleatorio y anejado. Esto es problemático para la sustentabilidad de los ecosistemas desérticos, la de todos los organismos que los habitan, incluyendo los seres humanos, y para la justicia hídrica. Ello, en la medida, en que, con este constructo cultural se eyecta

de la ecuación de las relaciones de poder social involucradas en el control del agua, y se presenta al desierto como un paisaje intrínsecamente vacío, desprovisto de vida. En línea con estudios críticos de las relaciones entre naturaleza y sociedad, este libro contribuye a problematizar estos dos falsos imaginarios.

En primer lugar, en las siguientes páginas se cuestiona que la escasez hídrica del desierto de Atacama sea un fenómeno predado, apolítico, desasociado de los tejes y manejes de la sociedad humana. La historia aquí contada muestra del cómo la aridez y el estado de las aguas en un importante sector del desierto de Atacama, son el resultado de complejos ensamblajes entre factores naturales y el desarrollo de un modelo de economía política extractivista y colonialista, que ha *usado y abusado* -como dice el título- del ciclo hidrológico en la cuenca del río Loa. Ciclo, y cuenca, que son una sumatoria de ecosistemas, flora, fauna, comunidades humanas, y diversos cuerpos y fuentes de agua.

Este trabajo muestra que factores tales como el desarrollo descontrolado de la minería, asociado a masivas extracciones de agua, cambios de uso de suelo, y la expansión urbana, así como a marcos legales e institucionales de gestión del territorio, han jugado un rol también protagónico en la *producción de este desierto*.

Se muestra cómo el desierto no es un territorio inerte, sino biológica y culturalmente rico y diverso. Riqueza y diversidad, justamente, que han sido puestas en riesgo por la destrucción de ecosistemas hídricos que, paradójicamente, a pesar de estar en el así llamado desierto, abundan en agua, tales como como vegas, bofedales, salares,

1 Too dry for life; the Atacama Desert and Mars. Ad Astra, 14, 30-33, McKay & NASA, 2002, p. 31.

ríos, quebradas aluvionales estacionales. Es en, y alrededor de estos paisajes hídricos donde, desde tiempos prehispánicos, las comunidades andinas desarrollaron una notable cultura hídrica de manejo y veneración de las aguas y cuerpos de agua, fundamentales, tanto para el mantenimiento de la sustentabilidad ecosistémica, como, en consecuencia, de la sostenibilidad de sus actividades agropastoriles. Invisibilizar esta realidad y este fuerte contraste cultural e histórico, se presta para que Atacama siga siendo el abusado patio trasero de un sistema económico lineal de alta entropía -lo opuesto a una economía circular-, de un modelo de 'desarrollo' extractivista, que se reproducen ciegamente, ignorando los ciclos naturales, los ecosistemas hídricos, la biodiversidad, y a las poblaciones humanas locales, cuyas sabias costumbres y prácticas, que son realmente 'milenarias', están aún latentes, y permitirían restaurar en parte lo perdido y degradado.

En resumen, este libro estimula a examinar el fantástico ámbito del río Loa como una cuenca en la que los flujos de agua y humedad son indivisibles de los flujos socioculturales y del capitalismo in-

dustrial que han marcado todo el territorio chileno desde la llegada de los europeos. En este ensamblaje, el desierto de Atacama deja de ser el "lugar más parecido al Planeta Marte sobre la Tierra" creado por un capricho de la naturaleza, para verse como uno que tiende a mayor aridez por causa de la ansiedad de quienes abusan del ciclo de agua para mantener lubricada la lucrativa megaminería. Así, no es solamente el desierto que se torna más árido, sino que también el paisaje humano se hace más injusto.

Reflexiones como estas, que develan duras realidades, sirven para invitar a deconstruirlas, en pos de lograr a futuro hacer florecer ensamblajes socioambientales más auspiciosos, más orgánicos y equilibrados... ojalá más húmedos.

Cruz de Mayo, Quillagua @Francisco Gallardo



INTRODUCCIÓN

Esta publicación es la segunda² investigación del proyecto "Usos y abusos - Humanidad en las Cuencas" a través del cual Ecosistemas busca documentar como la humanidad ha habitado -usado y abusado- los ecosistemas fluviales y cuencas hidrológicas en nuestro país.

En esta ocasión, por muchos motivos, nos convocó la emblemática cuenca del río Loa, el más largo de Chile -400 km- que, como es tradicional en nuestro país, fluye de cordillera a mar, pero haciendo un complejo recorrido en forma de U, lo que explica su longitud. De hecho, es la mayor cuenca de Chile, con 33.570 km², y la única cuenca exorreica de la región, es decir, que desemboca en la mar. El Loa atraviesa el fascinante desierto de Atacama, con una historia humana y socioambiental de larga data, que se remonta a 12.000 a. C., que en tiempos contemporáneos ha sido radicalmente alterada por la minería a gran escala y la explosiva expansión urbana asociada. Todo esto en una región de extrema aridez, pero rica en diversos y frágiles cuerpos y fuentes de agua. Los antiguos administraron con gran habilidad el tesoro de las aguas en el 'desierto más árido del mundo'. El abuso de la cuenca del río Loa, que comienza desde la llegada de los europeos al territorio, y se consolida con el desarrollo de la República de Chile, ha puesto en jaque la sustentabilidad de los ecosistemas, de las aguas, y de la calidad de vida, tanto de los pueblos

tradicionales, como de la población que ha llegado desde más de un siglo a prestar servicios a la gran minería en grandes números a la Región de Antofagasta -la segunda más grande del país, con 126.000 km², y en particular a la cuenca del Loa que ésta alberga. Hoy se requiere con urgencia concientización respecto de la abusada condición de la cuenca, y de un sólido compromiso de todos los sectores de nuestra sociedad para detener los abusos y la degradación, para comenzar a restaurar los equilibrios de los paisajes ecológicos y humanos.

Usos y abusos - Humanidad en las cuencas: Río Loa, es una radiografía tenue de la cuenca, que a través de investigación secundaria con perspectiva histórica esboza sus componentes geográficos, hidrológicos, ecosistémicos, antropológicos, y sociológicos, para terminar con reflexiones y propuestas orientadas a promover la deconstrucción de los abusos, la reversión de los procesos de grave degradación y contaminación que afectan negativamente la cuenca y la diversidad de comunidades humanas y no-humanas que la habitan.

Como sucede en todos los territorios, pero particularmente en la cuenca del río Loa, en el así llamado desierto de Atacama, las aguas son el hilo conductor de toda vida. En este trabajo, por lo tanto, son las protagonistas.

2 La primera siendo "Humanidad en las cuencas - Usos y abusos: Río Maipo", Ecosistemas, verano 2021 www.ecosistemas.cl

I. GEOGRAFÍA

La cuenca del río Loa se ubica en el Desierto de Atacama en el Norte de Chile (entre 20°52' y 22°57' L.S. y 68°00' y 70°02' L.O). Su extensión de cordillera a mar es de 440 km aproximadamente. Es una cuenca exorreica³ con una superficie de 33.082,8 km²; 18% en la Región de Tarapacá, en torno al origen del río, y 82% en la Región de Antofagasta⁴. Es la única cuenca de en la Región de Antofagasta que desemboca en el Océano Pacífico.

La Dirección General de Aguas (DGA) reconoce tres subcuencas: i) Río Loa Alto (bajo junta río Salado) de 8.131,6 km²; ii) Loa Medio (entre río Salado y quebrada de Barrera) de 24.409 km²; y iii) Loa Bajo (entre quebrada Amarga y su desembocadura) de 542,3 km². Cada una de ellas con sus respectivas sub-sub-cuencas (Mapa 1 y Tabla 1).

Imagen 1: Vista satelital de la cuenca del Río Loa.

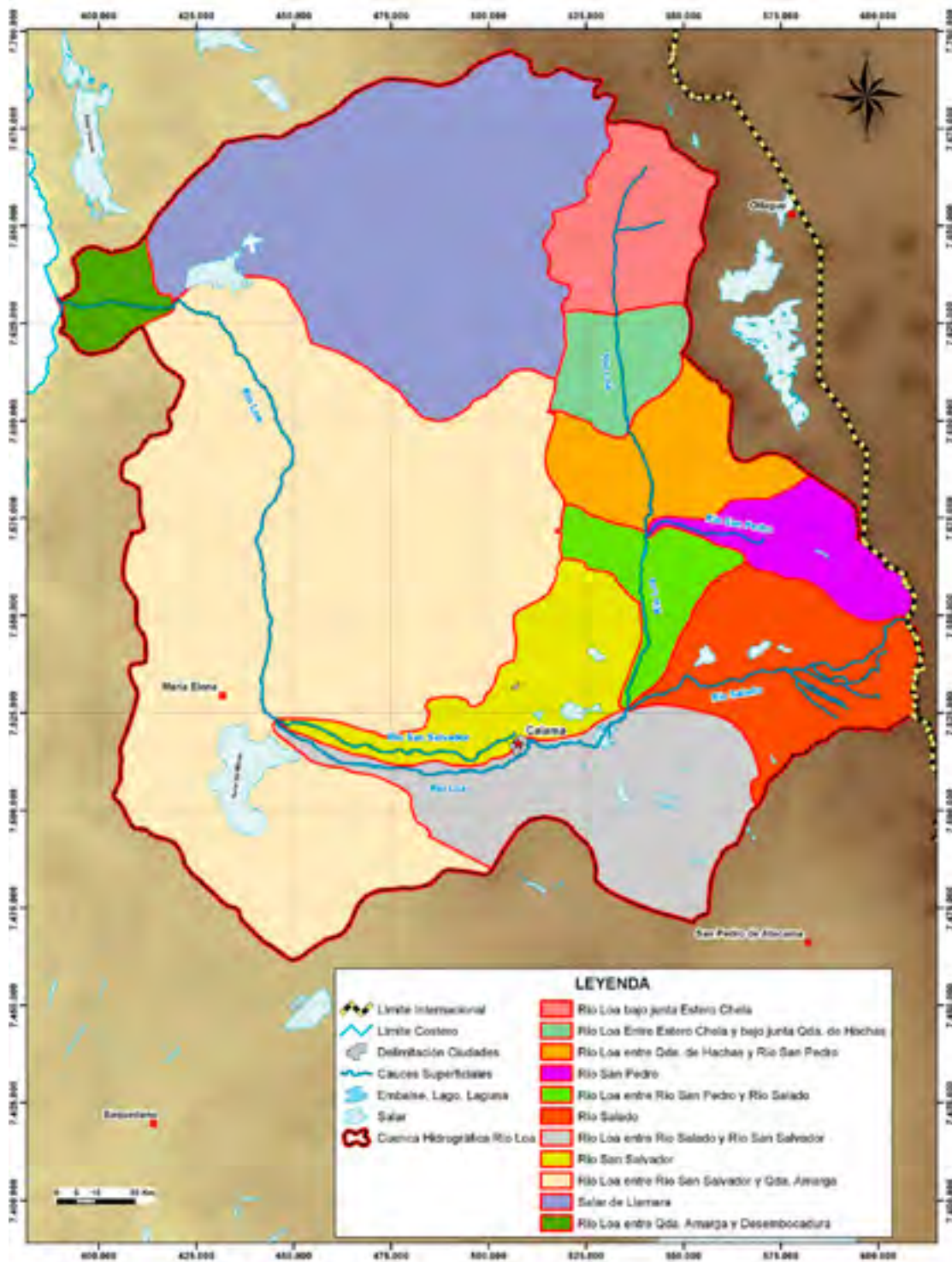


Fuente: Google Earth [31/7/2019].

3 Cuyo río principal desemboca en el océano.

4 La información respecto de las características físicas de la cuenca del río Loa y sus afluentes presentada en este capítulo se puede consultar en Niemeyer (1979), DGA (2014) y Cade-Idepe (2004).

Mapa 1: Subunidades de la cuenca



Fuente: Knight Piésold S.A. (2014a: 4-6)

Los principales tributarios del Loa son los ríos San Pedro de Inacaliri y Salado, ambos emplazados en la primera sección de la cuenca, o Loa Alto, cuyas cuencas ocupan 1.056 km² y 2.288 km², respectivamente. Como suele suceder en las cuencas exorreicas, sea cual sea su extensión, la mayor parte de las aguas que fluyen por la cuenca del río Loa, y por el río mismo, proviene de la cabecera de la cuenca.

Cabe relevar que en los sectores altos del río Loa y sus afluentes –preferentemente, no exclusivamente–, es donde se ha emplazado desde tiempos remotos y hasta la actualidad la población indígena de base sociocultural andina⁵. Es importante especificar, eso sí, que nos referimos desde el período colonial en adelante, ya que en tiempos prehispánicos se hacía un uso generalizado del territorio. A su vez, como efecto de las dinámicas tratadas en este informe, parte relevante de la población indígena habita actualmente en el espacio urbano de Calama, lo que no ha significado perder los nexos socioculturales con sus localidades de origen.

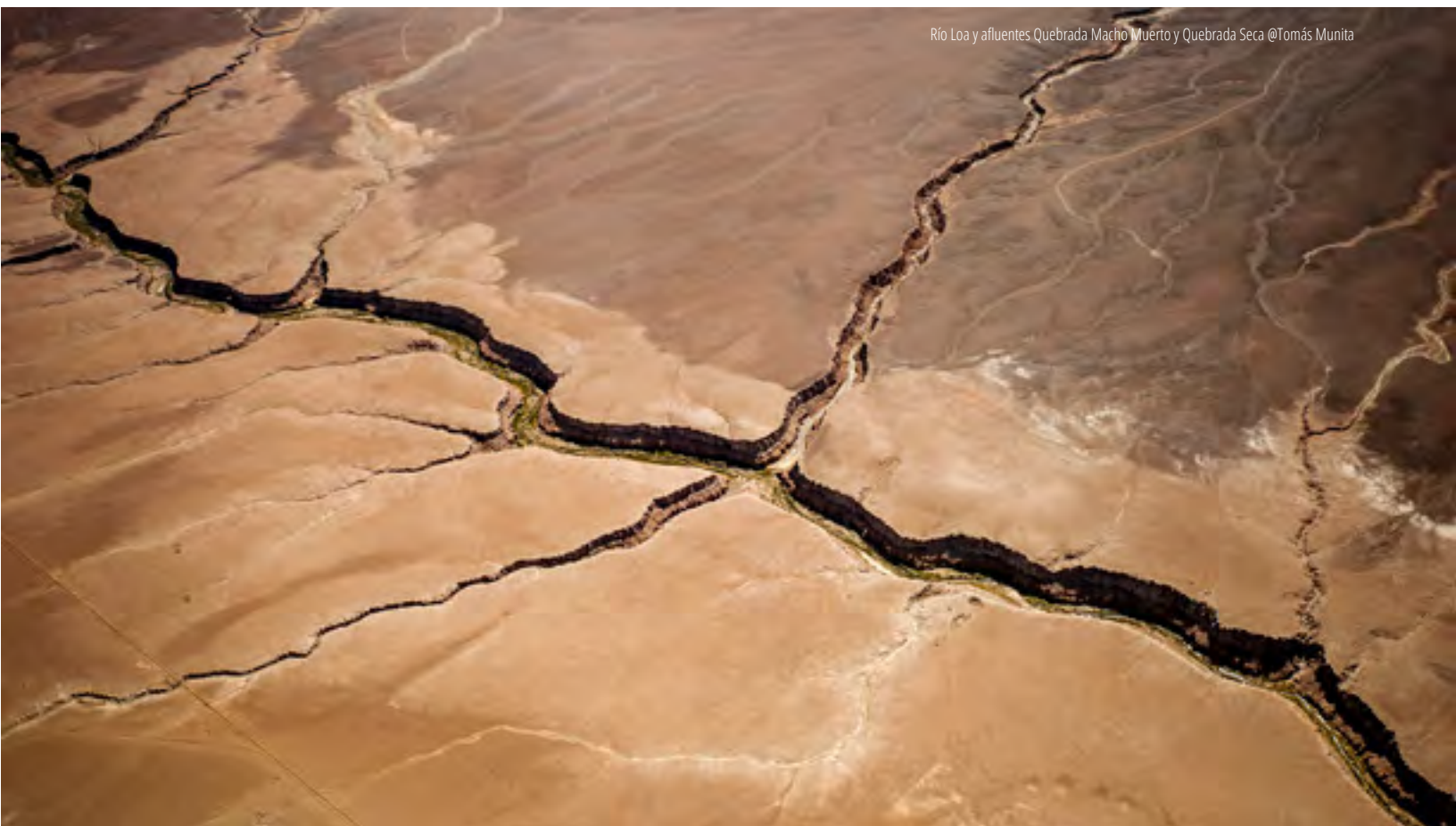
En términos geográfico-físicos (Imagen 1), el río Loa nace en la falda norte del Volcán Miño –Ojos del

Miño– cerca del límite entre las regiones de Antofagasta y Tarapacá. Su sección superior fluye en un cañón profundo de alturas variables, donde recorre con dirección norte-sur casi 150 km desde su nacimiento hasta el poblado de Chiu Chiu. La hoya superior se desarrolla entre dos cadenas montañosas. Al Oeste, la llamada Cordillera del Medio, que corre paralela al río hasta los cerros de Quetena (desde 3.600 a 4.600 m.s.n.m.). Al Este, se encuentra una estribación, o cadena, de la Cordillera Andina Occidental, que se desprende del macizo de Aucanquilcha (6.148 m.s.n.m.) y se extiende desde Ollagüe hasta el volcán Likancabur.

La cadena Este separa la hoya del Loa de las cuencas cerradas de los salares de Ascotán y San Martín. De esta cadena se desprenden dos estribaciones de emplazamiento oriente-poniente, que se aproximan a las riberas del río Loa. La estribación de más al norte se desprende del cerro Inacaliri (5.593 m.s.n.m.) y estructura la subsubcuenca del río San Pedro Inacaliri. El cordón de más al sur corre relativamente paralelo al anterior, es el flanco sur de la hoya del río San Pedro de Inacaliri y la separa de la cuenca del río Salado.

5

Un estudio con perspectiva de cuenca que aborda su poblamiento se encuentra en Molina (2005).



Poco después de su conexión con el río Salado, el río Loa toma orientación Este-Oeste, transitando a su sección media. En este tramo el Loa sigue su curso por unos 115 km, hasta el sector de Chacance, donde se conecta con el río San Salvador⁶. Desde ahí el río Loa toma rumbo Norte. Avanza 80 km hasta el oasis de Quillagua. Luego realiza un gran arco, tomando progresiva y nuevamente rumbo Este-Oeste, desembocando finalmente en el océano Pacífico en Caleta Huelén. La subcuenca Loa Bajo corresponde a este último tramo, cuando el Loa -luego de conectar con quebrada Amarga- toma definitivamente una orientación Este-Oeste que mantiene hasta su desembocadura.

A principios del siglo XX, según el Diccionario Geográfico de Luis Risopatrón (1924), el caudal del río Loa que desembocaba en el océano era de 2 m³/s aproximadamente. En la actualidad bordea los 0,5 m³/s. Antes de la llegada de los foráneos -europeos y chilenos- las aguas del río, a orillas del Océano Pacífico, favorecieron un estuario de alta productividad, rico en nutrientes y biodiversidad terrestre y marina. La extensa cadena trófica sustentada por el ecosistema fluvial más largo de Chile, de 440 km de largo, congregó una numerosa población de cazadores recolectores marinos en la desembocadura, cuya presencia se remonta al menos 6.000 años A.P., según vestigios arqueológicos estudiados. La productividad de la actividad pesquera era tal, que una cantidad importante de pescado seco era transportado hacia los oasis del interior, y formaba parte sustantiva de la dieta de agro-pastores altoandinos desde el 2.000 A.P. hasta los tiempos de los Inca, que termina con la invasión española en 1535. La significativa merma de los caudales del río Loa en los tiempos contemporáneos solo se explica por las masivas extracciones para la minería y el consumo humano en ciudades de explosivo crecimiento asociadas a este sector. La extracción industrial irresponsable de las aguas del río Loa han degradado la cuenca y sus subcuencas, así como el río principal y sus afluentes, a todo lo largo y ancho del territorio hidrológico, y han convertido la desembocadura del otrora magnífico río en un desierto marino.

Francisco Gallardo Ibáñez

A lo largo de la cuenca del río Loa y sus variaciones altitudinales, de costa a cordillera, se han identificado cuatro tipos climáticos: a) desértico costero nuboso; b) desértico interior; c) desértico marginal de altura; y d) de estepa de altura. Sus principales características son las siguientes⁷:

a) Desértico costero nuboso: se da en el sector costero de la cuenca, con temperaturas medias anuales de 18°C, y precipitaciones anuales habituales de 0 mm, con un máximo registrado de 2,6 mm. Se caracteriza por abundante humedad atmosférica debido a las neblinas matinales, llamadas camanchaca, que se elevan de las aguas frías de la corriente de Humboldt, y a la presencia del anticiclón semipermanente del Pacífico sur⁸, que genera estabilidad atmosférica.

b) Desértico interior: clima desértico propiamente tal, se da en la pampa sobre los 1.000 m.s.n.m., sin influencia oceánica costera. Presenta extrema aridez, ausencia de humedad; gran sequedad atmosférica. La temperatura diurna puede alcanzar los 30°C y la nocturna 1 o 2°C. Precipitaciones anuales de 0 mm y humedad relativa⁹ inferior al 50%.

c) Desértico marginal de altura: se emplaza sobre los 2.000 m.s.n.m. hasta 3.500 m.s.n.m. Las precipitaciones anuales fluctúan entre 50 y 100 mm, concentrándose en los meses de verano.

d) Estepa de altura: se da sobre los 3.000 m.s.n.m., lo que corresponde a la denominada puna. Se caracteriza por bajas temperaturas (media anual 2°C) y una amplitud térmica entre el día y la noche de más de 20°C. Las precipitaciones pueden alcanzar los 300 mm anuales y se concentran en verano.

Las características de flora y fauna asociadas a cada uno de estos climas, como también las posibilidades y limitaciones que implican para la vida humana, han llevado a que para la zona andina en general y para la cuenca del Loa en particular, se hable de pisos ecológicos y de diferentes formas de ocupación humana y de articulación comunitaria para habitarlos, principalmente por poblaciones indígenas presentes en la zona desde tiempos prehispánicos hasta la actualidad¹⁰. Haremos una descripción de los distintos pisos ecológicos que se reconocen en la cuenca del Loa en el capítulo IV Ecosistemas.

6 El río San Salvador se forma a la altura de Calama en la confluencia de diversas quebradas secas. Corre paralelo al norte del río Loa a 5 km de distancia por unos 56 km hasta su interconexión en Chacance.

7 Caracterización en base a Cade-Idepe (2004) y Biblioteca del Congreso Nacional (s/f).

8 Ubicado frente a las costas de la zona norte de Chile. Es uno de los factores que modifica el clima, debido a las condiciones de estabilidad atmosférica y a las masas de aire seco que genera.

9 Relación entre la cantidad de vapor de agua contenida en el aire (humedad absoluta) y la máxima cantidad que el aire sería capaz de contener a esa temperatura (humedad absoluta de saturación).

10 Referencias al tema en Núñez y Santoro (1988), Villagrán y Castro (1997) y Castro y Martínez (1996).



▲ Desembocadura Río Loa @Francisco Gallardo

Procesión de Santa Cecilia, Iglesia de Caspana @Tomás Munita ▼



II. DIMENSIÓN HUMANA

En este capítulo abordamos algunos aspectos clave para entender la ocupación humana del territorio, y de la configuración de la cuenca con relación a ello. Se tratan características generales de la población, la minería en la zona y los conflictos que esta genera, y las actividades agropecuarias.

Características Generales de la Población

El ambiente desértico que recorre el río Loa ha significado que la distribución histórica de la población en el territorio -en una mirada de largo plazo- se ha dado en aquellos lugares que por sus características ecológicas permiten la vida humana, y el desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas. Sin embargo, desde fines del siglo XIX, con la industria del

salitre, y durante los siglos XX y XXI, con la industria del cobre y la minería no metálica, se sumó a este patrón de poblamiento el desarrollo de centros urbanos y asentamientos mineros en los lugares de extracción de minerales. Actualmente, en esta última categoría destacan la ciudad de Calama y el centro urbano-minero María Elena (Mapa 3).

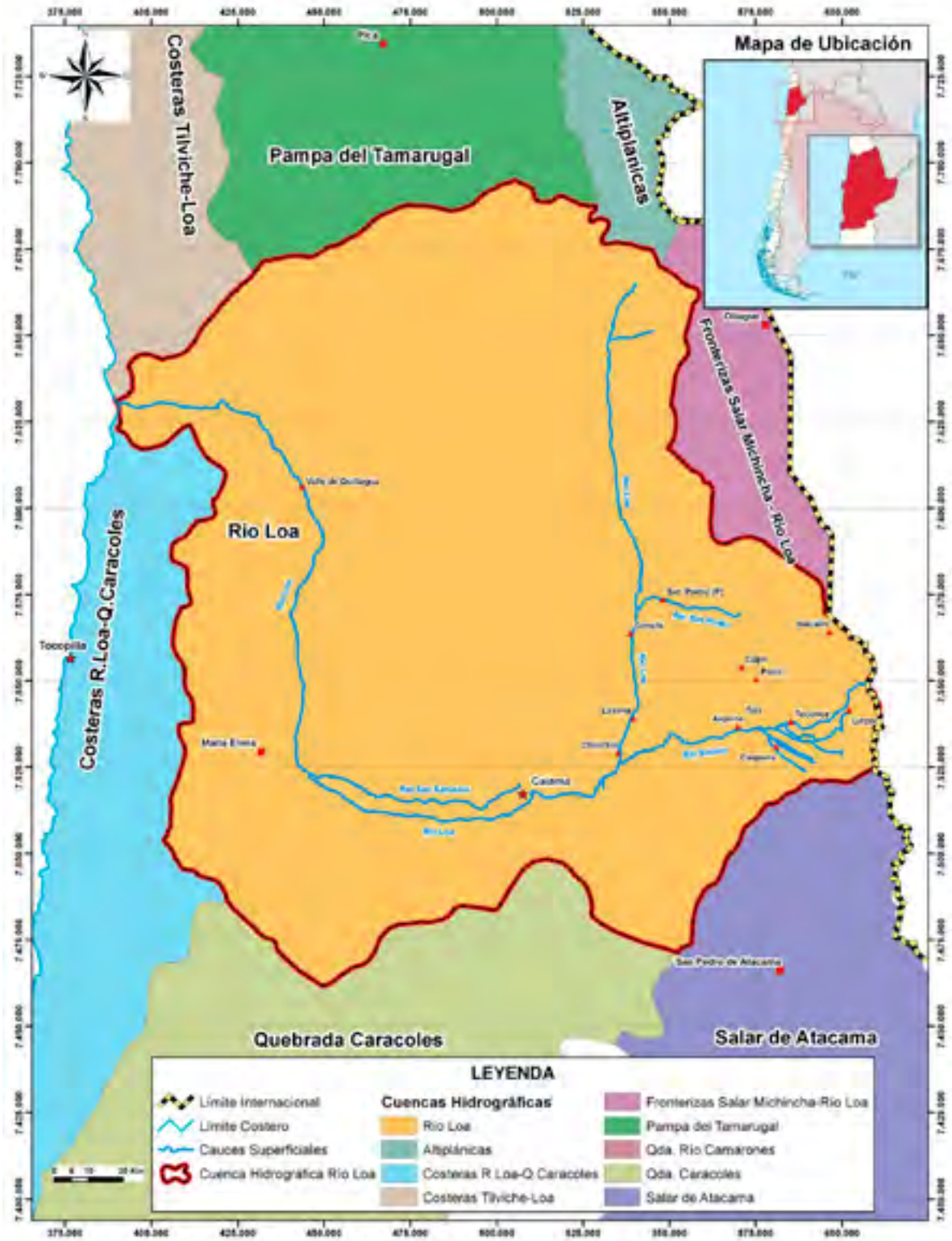
Al año 2017, se contabilizaron 166.055 personas en los distintos asentamientos emplazados a lo largo de la cuenca. De ellos, 2.643 personas habitaban los espacios rurales agrupados en entidades propias de la cultura andina, y 163.412 en los espacios urbanos. Su distribución en los principales centros poblados, siguiendo un orden desde las tierras más bajas a las más altas, es la siguiente:

Tabla 1: Habitantes por centros poblados en la cuenca

Centro poblado	Número de personas	Categoría del asentamiento	Sector de la cuenca	Comuna
Quillagua	141	Rural	Loa medio (entre Río San Salvador y Quebrada Amarga)	María Elena
María Elena (y campamentos mineros circundantes)	4.925	Urbano		
Entidades rurales en el oasis de Calama	1.604	Rural	Loa medio (entre Río San Salvador y Quebrada Amarga)	Calama
Calama ciudad	158.487	Urbano		
Chiu Chiu	529	Rural	Loa alto (entre Río San Pedro y Quebrada Amarga)	
Lasana	108	Rural		
Ayquina	29	Rural	Loa alto (Río Salado)	
Turi	39	Rural		
Cupo / Panire	14	Rural		
Caspana	119	Rural		
Toconce	60	Rural		

Fuente: Elaboración propia con datos del Censo de Población y Vivienda del año 2017 del Instituto Nacional de Estadísticas (INE).

Mapa 2: Principales centros poblados en la cuenca



Fuente: Knight Piésold S.A. (2014a: 1-1)

La alta afluencia de población externa al territorio, provocada por la actividad minera, hace que en los centros urbanos y mineros predomine la población no indígena. En la comuna de Calama, se estima que el 21,7% es indígena y el 78,3% no indígena. En María Elena la población indígena representa el 3% y la no indígena el 97%¹¹.

Respecto de la población indígena en cada comuna, en el censo de 2017 en Calama el 45,6% se declaró Likan antai, 18,1% Quechua, 12,4% Aymara y un 11,1% Mapuche. En la comuna de María Elena un 40,3% se declaró Aymara, un 31% Mapuche y un 8,9% Diaguita¹². La población Mapuche en ambas comunas, y la Diaguita en María Elena, llega de afuera de la región motivada por la actividad minera y el crecimiento urbano, formando parte de los procesos permanentes o estacionales de inmigración a la región.

En este agreste territorio, la presencia de larga data de pueblos originarios ha llevado en tiempos contemporáneos a la conformación de diversas comunidades, enmarcadas en la Ley Indígena 19.253 de 1993 (detalle en Tabla 2).

Para comprender el estado actual de la cuenca del río Loa es determinante considerar las distintas formas en que los seres humanos han hecho ocupación del territorio, con qué objetivos y formas de acceder, gestionar y usar los bienes naturales. Es fundamental distinguir, por una parte, las actividades agrícolas y pastoriles practicadas en la cuenca por la población campesina-indígena desde tiempos prehispánicos hasta la actualidad¹³, y, por otra, la minería a gran escala -privada y estatal- que se expande a lo largo de los siglos XX y XXI.

Si las actividades productivas tradicionales se han caracterizado por ser a baja escala, con prácticas adaptadas al contexto desértico y a los ecosistemas de la cuenca, a la minería a gran escala, en cambio, se la vincula a una serie de procesos intensivos/agresivos tales como el uso indiscriminado de bienes naturales -destacando el agua-, el crecimiento urbano vertiginoso, y la configuración de una serie de pasivos ambientales: tranques de relaves, contaminación de fuentes de aguas, destrucción de bofedales, descargas de aguas servidas urbanas, transformaciones radicales de los paisajes, por nombrar los principales. Esta última constelación de dinámicas ha ejercido presiones negativas de gran envergadura sobre la cuenca y sus ecosistemas, lo cual ha transformado progresivamente los modos de vida de la población indígena del territorio, demasiadas veces también en forma negativa.

11 Cálculos en base a la encuesta CASEN 2015 disponibles en el Sistema Integrado de Información de la CONADI (<http://siic.conadi.cl/>).

12 Censo 2017 por país, regiones y comunas. <http://resultados.censo2017.cl/Region?R=R02>.

13 En la actualidad, la mayoría de la población indígena que habita en la ciudad de Calama se ocupa principalmente en empleos urbanos, y si practican agricultura, lo hacen como actividad secundaria. En el caso de la población indígena rural la situación es del todo diferente, ya que la actividad agrícola -y en menor medida pastoril- suele ser la ocupación más importante.

Tabla 2: Comunidades indígenas por sector de la cuenca, comuna y etnia

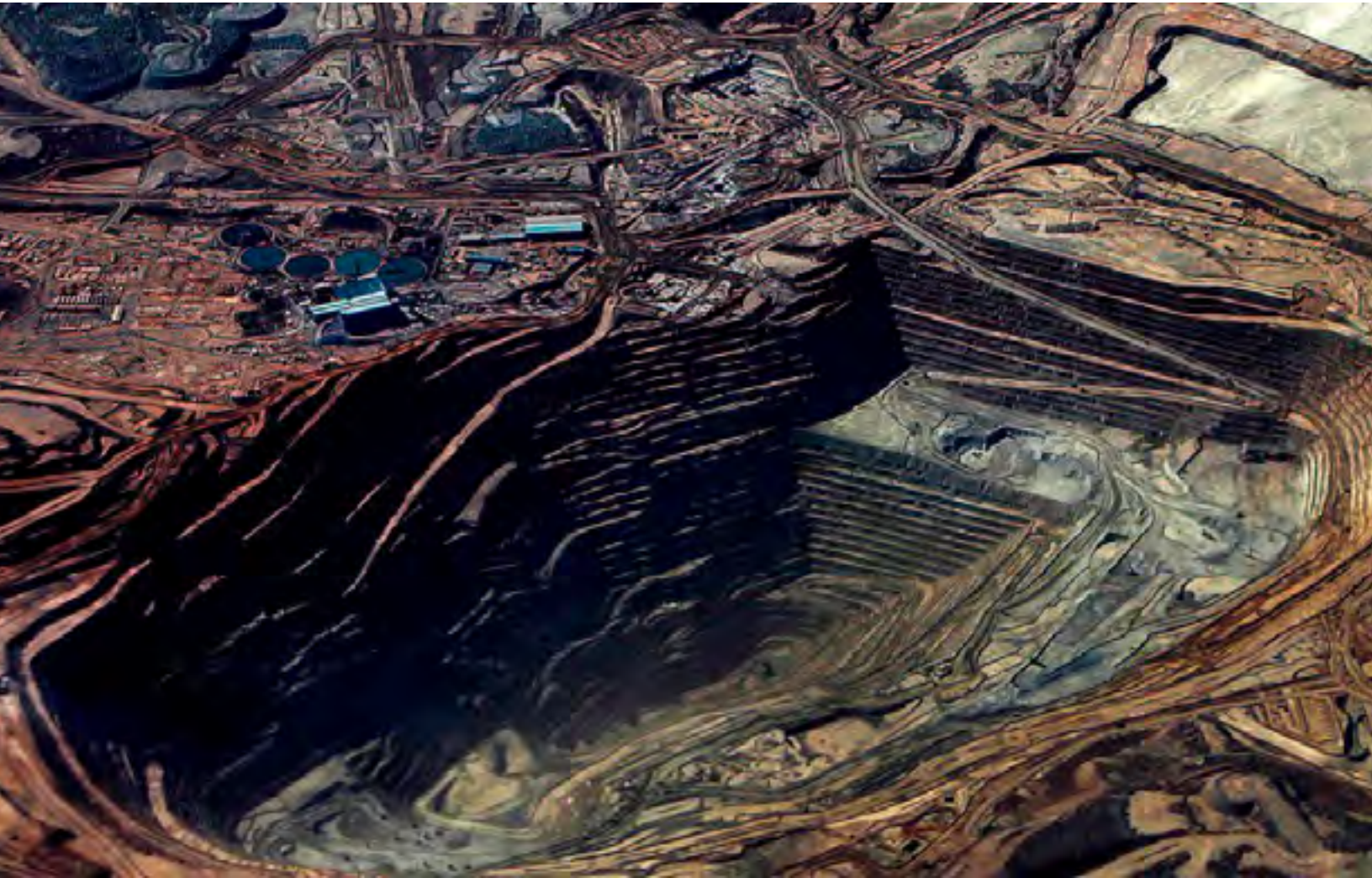
Comuna	Nombre de la comunidad	Sector de la cuenca localidad de origen	Tipo asentamiento origen	Etnia
María Elena	Comunidad Aymara de Quillagua	Loa medio (entre Río San Salvador y Quebrada Amarga)	Rural	Aymara
Calama	Comunidad Indígena Sumac-Llajta	Loa medio (entre Río Salado y Río San Salvador)	Urbano	Atacameño
	Comunidad Indígena de La Banda	Loa medio (entre Río Salado y Río San Salvador)	Urbano	Atacameño
	Comunidad Atacameña agrícola y cultural Kamac Mayu Hijos de Yalquincha	Loa medio (entre Río Salado y Río San Salvador)	Urbano	Atacameño
	Comunidad Indígena Chunchuri	Loa medio (entre Río Salado y Río San Salvador)	Calama Rural	Atacameño
	Comunidad de Indios Atacameños en el Sector De Chunchuri	Loa medio (entre Río Salado y Río San Salvador)	Calama Rural	Atacameño
	Comunidad Indígena Pankara Loa	Loa medio (entre Río Salado y Río San Salvador)	Calama Rural	Aymara
	Yalquincha Lickan Ichai Paatcha	s/i	s/i	Atacameño
	Comunidad Atacameña San Francisco De Chiu-Chiu	Loa alto (entre Río San Pedro y Río Salado)	Rural	Atacameño
	Comunidad Atacameña de Lasana	Loa alto (entre Río San Pedro y Río Salado)	Rural	Atacameño
	Comunidad Atacameña de Conchi-Viejo	Loa alto (entre Río San Pedro y Río Salado)	Rural	Atacameño
	Comunidad Indígena Atacameña Taira	Loa alto (entre Río San Pedro y Río Salado)	Rural	Atacameño
	Comunidad Atacameña de Ayquina-Turi	Loa alto (Río Salado)	Rural	Atacameño
	Comunidad Atacameña de Cupo	Loa alto (Río Salado)	Rural	Atacameño
	Comunidad Atacameña de Caspana	Loa alto (Río Salado)	Rural	Atacameño
	Comunidad Atacameña de Toconce	Loa alto (Río Salado)	Rural	Atacameño
Comunidad Indígena del Pueblo De San Pedro	Loa alto (Río San Pedro)	Rural	Atacameño	

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema Integrado de Información de la CONADI (<http://siic.conadi.cl/>).



▲ Chiu Chiu @Matias Calderón

Mina Chuquicamata www.duna.cl ▼



2.1 Minería y conflictos

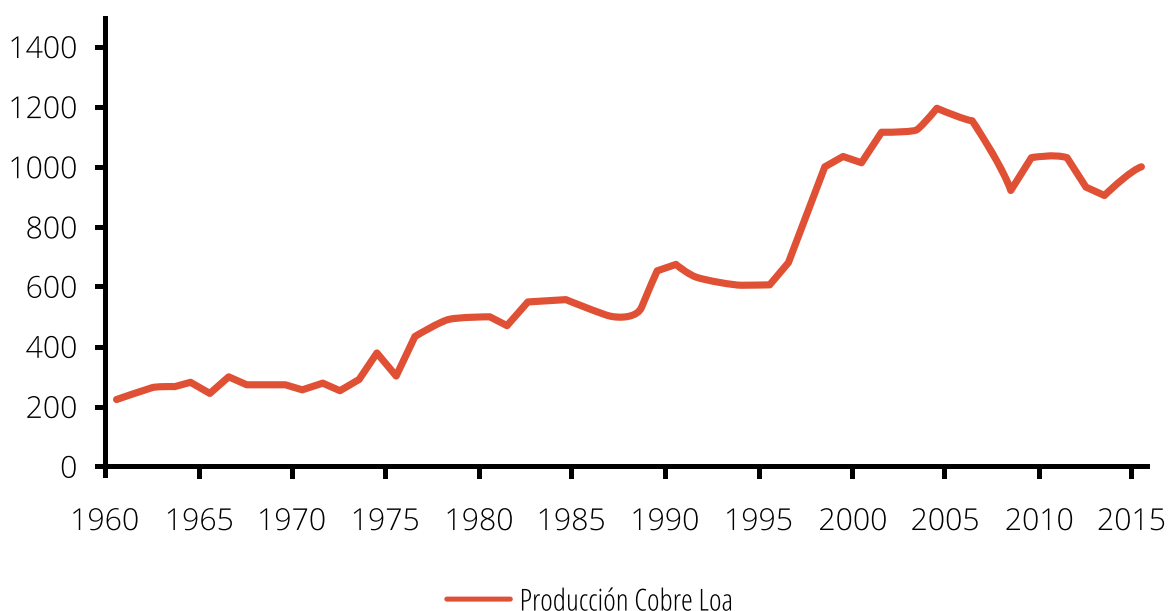
Como se ha dicho, la minería en la cuenca del río Loa despegó a fines del siglo XIX con la explotación del salitre, que se mantuvo bastante activa hasta la crisis de 1929¹⁴. De hecho, uno de los primeros estudios hídricos, y la elaboración de los reglamentos sobre el uso del agua en la cuenca, fueron financiados por el Instituto Científico e Industrial del Salitre¹⁵. Sin embargo, la escala de los impactos de la minería en la cuenca cambió radicalmente desde 1915 en adelante, con el comienzo de la operación de la mina Chuquicamata, encaramada encima del entonces ‘pueblo’ de Calama. Durante todo el siglo XX ‘Chuqui’ fue la principal mina del país y la operación a rajo abierto más grande del mundo¹⁶.

Durante su funcionamiento, la producción cuprífera, y, en menor medida, de molibdeno, ha aumentado progresivamente, pero con distintas intensidades a lo largo de los años. Incluso en momentos específicos la producción ha disminuido, pero solo para volver a incrementarse en años siguientes (Gráfico 1). En 1960, se extraían de Chuquicamata

231 miles de toneladas métricas (TM) de cobre al año, llegando en 2018 a una extracción de 320 mil TM¹⁷. La producción total cuprífera en la cuenca del río Loa para 2018 alcanzó 940 mil TM y combina el mineral extraído de las divisiones Chuquicamata (CODELCO), El Abra (Freeport-McMoRan y CODELCO), Radomiro Tomic (CODELCO) y Ministro Hales (CODELCO). Las operaciones que entraron en funcionamiento desde los ‘90 en adelante son El Abra (1996), Radomiro Tomic (1997), y Ministro Hales (2013).

El polo de desarrollo de la gran minería de cobre se ubica en el sector medio de la cuenca, cerca de Calama¹⁸ (Chuquicamata, Radomiro Tomic y Ministro Hales), con excepción de El Abra que está a mayor altura. Esta impresionante expansión de la minería cuprífera ha implicado una creciente demanda, uso, y consumo de agua, lo cual ha sido reconocido como un problema por el propio Estado y el Servicio Nacional de Minería (SONAMI), gremio que agrupa al sector¹⁹. Incluso estas instancias, favora-

Gráfico 1: Producción de cobre de minas ubicadas en la cuenca del Río Loa (miles TM) 1960 - 2015



Fuente: Elaboración propia con datos de COCHILCO (s/f).

- 14 Un estudio que aborda este tema se puede revisar en Sanhueza y Gundermann (2007).
 15 Se encuentra en el informe desarrollado por Lira (1921).
 16 Ver antecedentes básicos de Chuquicamata en el contexto minero nacional en Millán (2006).
 17 Anuario de Estadísticas del cobre y otros minerales 1999-2018, Cochilco.
 18 Para ubicación de operaciones mineras ver Mapas 4 y 5.
 19 Ver informes de COCHILCO (2019) y SONAMI (2019).



Fundición Chuquicamata @Tomás Munita

bles a la expansión extractiva, han visualizado –desde su particular posicionamiento– que la presencia, y estado de las aguas, de los cuerpos y fuentes de agua, son temas cada vez más álgidos que deben ser enfrentados con sentido de gran urgencia.

Chile ocupa el lugar 18, calificado con riesgo alto en su índice de estrés hídrico (water stress) WRI (2019), entre los países con más riesgo de crisis²⁰.

El consumo nacional de agua destinado a la minería del cobre al año 2019 fue de 69.830 l/s. Este consumo, según el origen de la fuente de agua, se desglosa en 53.071 l/s de aguas recirculadas, 12.569 l/s de aguas continentales, y 4.190 l/s de aguas de mar²¹.

El consumo de agua del sector es liderado por la región de Antofagasta (41%), donde se produce el 54% del cobre en Chile, seguido por las regiones de O´Higgins (16%), Tarapacá (11) y Atacama (10%).

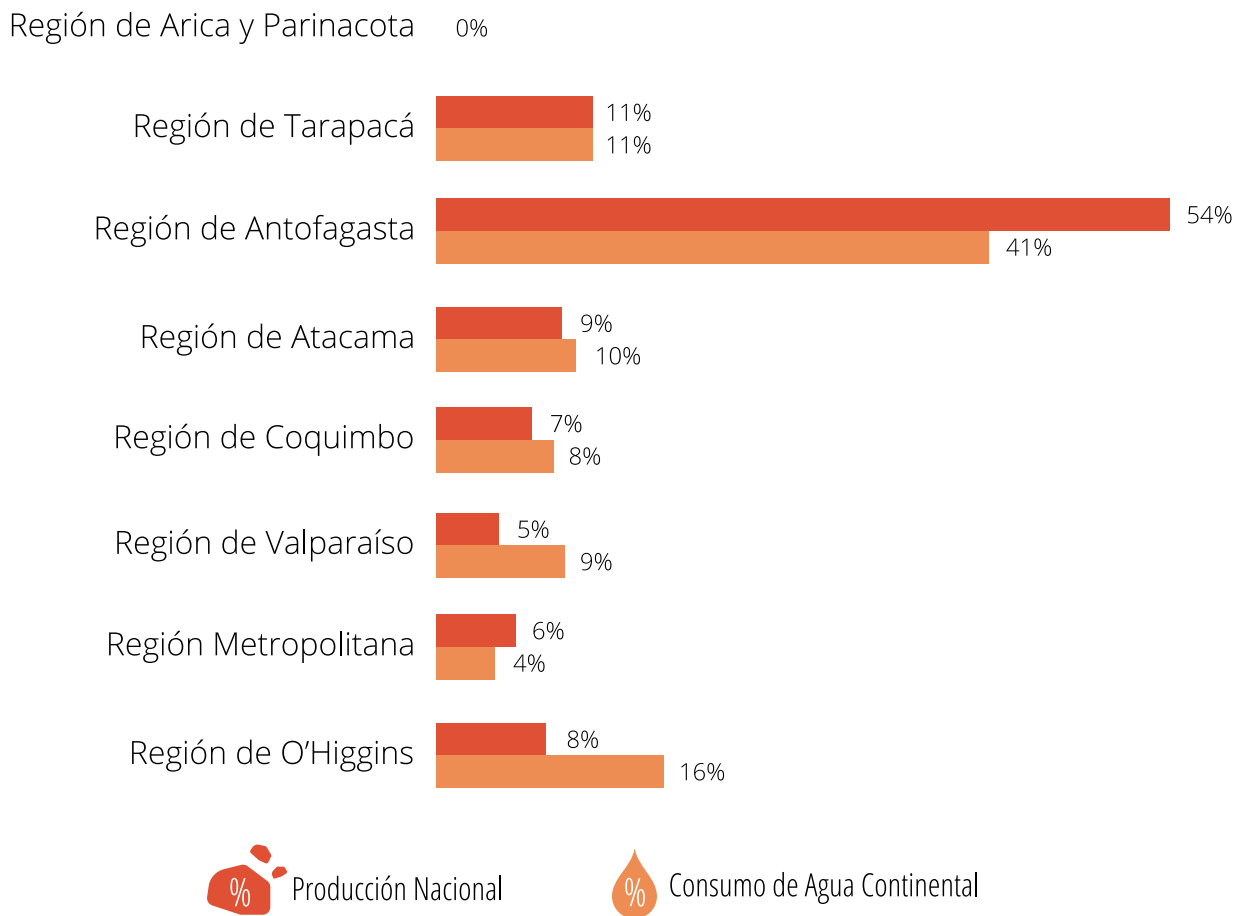
En la región de Antofagasta, el agua ocupada por la minería está distribuida en un 42% de agua de mar, 40% agua subterránea, 9% agua superficial y 9% agua adquirida a terceros.

Debido a la escasez de agua en esta árida zona, la que ha sido acrecentada por la combinación de alta demanda industrial y los efectos del cambio climático, la minería ha optado por utilizar agua de mar en sus procesos de extracción de cobre y elaboración de productos. Existen 13 plantas desaladoras en la cuenca asociadas a la minería de cobre –de las 16 que hay en Chile para esta industria– y 5 operando para agua potable. A éstas se suman 3 proyectos de desalación en distintas etapas de avance.

20 World Resources Institute, Water Risk Atlas 2019.

21 https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/2020%2010%2030%20Consumo%20de%20agua%20en%20la%20mineria%20del%20cobre%20al%202019_version%20final.pdf

Figura 11: **Distribución porcentual de la producción de cobre y consumo de agua continental para la producción de cobre Año 2019**



Fuente: Elaborado por DEyPP, Cochilco 2020.



Además de los importantes impactos negativos a los ecosistemas costeros que causa el vertido de salmueras desde las plantas desaladoras, tanto el proceso de desalinización como la impulsión del agua a las faenas mineras ubicadas lejos de la costa o a gran altura, trae consigo una alta demanda de electricidad. La proyección de esta relación proporcional de uso de agua salada para la minería y demanda de energía eléctrica para los diversos procesos asociados revela que a partir del año 2018 la demanda se elevaría desde 0,8 TWh a 3,1 TWh hacia 2029²². Si la proyección del gremio minero se hace realidad, hacia 2030 la desalación sería el segundo proceso de mayor consumo energético en nuestro país, después de la concentración del co-

bre. Esto explica que la minería sea la industria que más consume electricidad en Chile, siendo además responsable de crear la necesidad de la construcción y mantenimiento de numerosas fuentes de generación eléctrica, sean estas hidroeléctricas de embalse, termoeléctricas, o fuentes renovables, como solares y eólicas, que actualmente proliferan en el país.

La región de Antofagasta concentra la mayor parte de la producción de cobre del país y consecuentemente es la que más consume energía eléctrica. Su consumo al año 2018 alcanza el 54,3 % de la demanda eléctrica nacional, con 12,3 TWh -de 18,3 TWh país-.



Planta desaladora de Escondida, Puerto Coloso, Antofagasta www.paiscircular.cl

Otro de los efectos a gran escala que ha generado el desarrollo de la megaminería en la cuenca del río Loa ha sido el crecimiento vertiginoso de la población urbana (Gráfico 2), principalmente en base a la expansión de la ciudad de Calama en el sector medio de la cuenca, y del campamento de Chuquicamata que alcanzó a tener categoría de ciudad²⁴. Sin embargo, en 2007, después de 92 años de funcionamiento de la mina la población del ‘campamento’ fue relocalizada en Calama, debido al crecimiento mismo del rajo abierto, y al grave impacto de las cercanas faenas en la salud de sus habitantes, por el plomo y otras emisiones de los minerales extraídos, y crecimiento exponencial de los botaderos y acopio de relaves. Además de estos centros urbanos principales, debe considerarse el surgimiento de otros campamentos mineros de menor tamaño y existencia más volátil. El importante crecimiento de la ciudad de Calama, más allá de la población que trabaja directamente en la minería, se debe a que muchas personas que llegan a la zona no se emplean exclusivamente en esta actividad, sino que también en un sinnúmero de ocupaciones de apoyo, o anexos, al igual que en servicios urbanos públicos y privados de distintos tipos²⁵.

Como ha sido mencionado, el crecimiento de la población urbana ha sido otro elemento que ha intensificado las demandas, extracciones y usos de las aguas de la cuenca. A esto se le añade la descarga de aguas servidas que resultan del funcionamiento de la ciudad (mayores detalles en el capítulo V Usos y abusos).

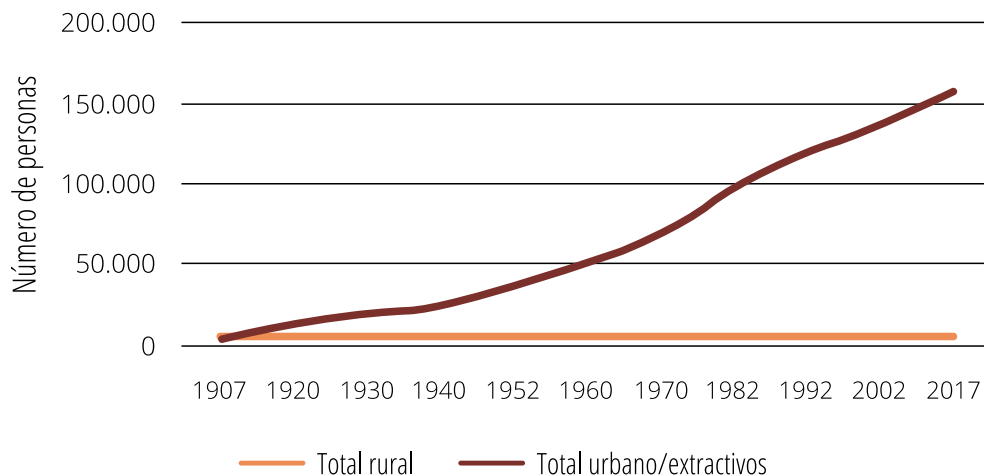
Además de la actividad cuprífera, hay operaciones de minería no metálica ubicadas en el sector medio-bajo de la cuenca. En la comuna de María Elena están las operaciones de nitrato María Elena y Pedro de Valdivia (SQM Industrial), Coya Sur de yodo (SQM) y Sulfatera Petronila de sulfato de potasio (Sulfatos del Norte). En la comuna de Tocopilla, en el último tramo de la cuenca, se emplaza la Minera Capacho Viejo, donde ese explota sulfato de cobre. Además, al año 2011 se contabilizan numerosas faenas de extracción o procesamiento, de tamaño medio, pequeño, o sin actividad; con un total de 39 en la comuna de Calama y 22 en la comuna María Elena²³.

23 Listado de grandes minas de cobre y no metálicas se basa en el estudio de Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012), mientras que el conteo de faenas de tamaño medio, pequeño o sin actividad, en SERNAGEOMIN (2011).

24 Tuvo un máximo de 24.798 habitantes en 1960, año en que Calama tenía 13.000 (datos de Censos de Población y Vivienda de 1960, INE).

25 Para un acercamiento a la estructura ocupacional de la ciudad se pueden revisar los Planes de Desarrollo Comunal de la Municipalidad de Calama (INGEOP, 2016; Ilustre Municipalidad de Calama, s/f).

Gráfico 2: **Evolución de la población urbana y rural en la cuenca del Río Loa 1907 - 2017**

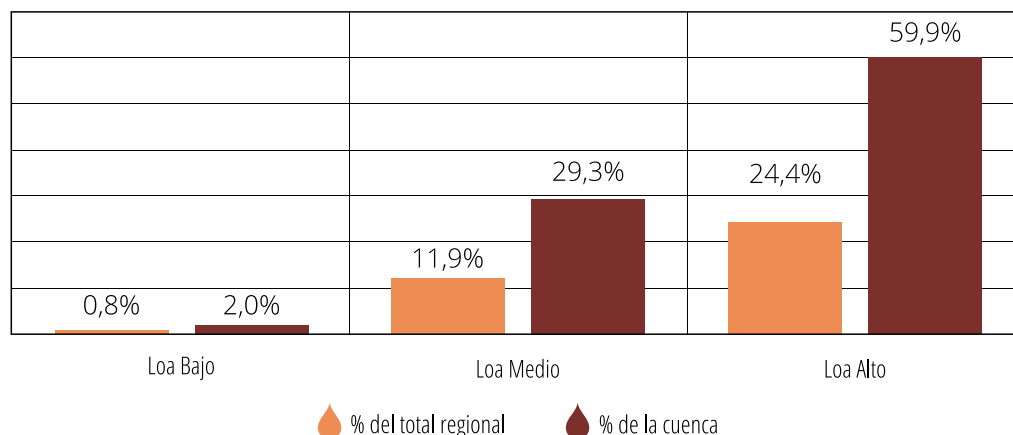


Fuente: Elaboración propia con datos del INE sobre censos de población y vivienda respectivos.

Las fuentes que han proveído de agua a la minería, industrias asociadas y ciudades que se expanden a su alero, se encuentran principalmente en los sectores altos de la cuenca. Esto se constata al observar la distribución de los derechos de aprovechamiento de aguas otorgados por el Estado en la cuenca²⁶ (Gráfico 3 y 4).

El siguiente gráfico 3 nos muestra el porcentaje de derechos de agua otorgados en los distintos sectores de la cuenca. La barra roja muestra el porcentaje de estos respecto del total regional de derechos otorgados, mientras que la barra verde el porcentaje del total de derechos asignados en la cuenca del río Loa.

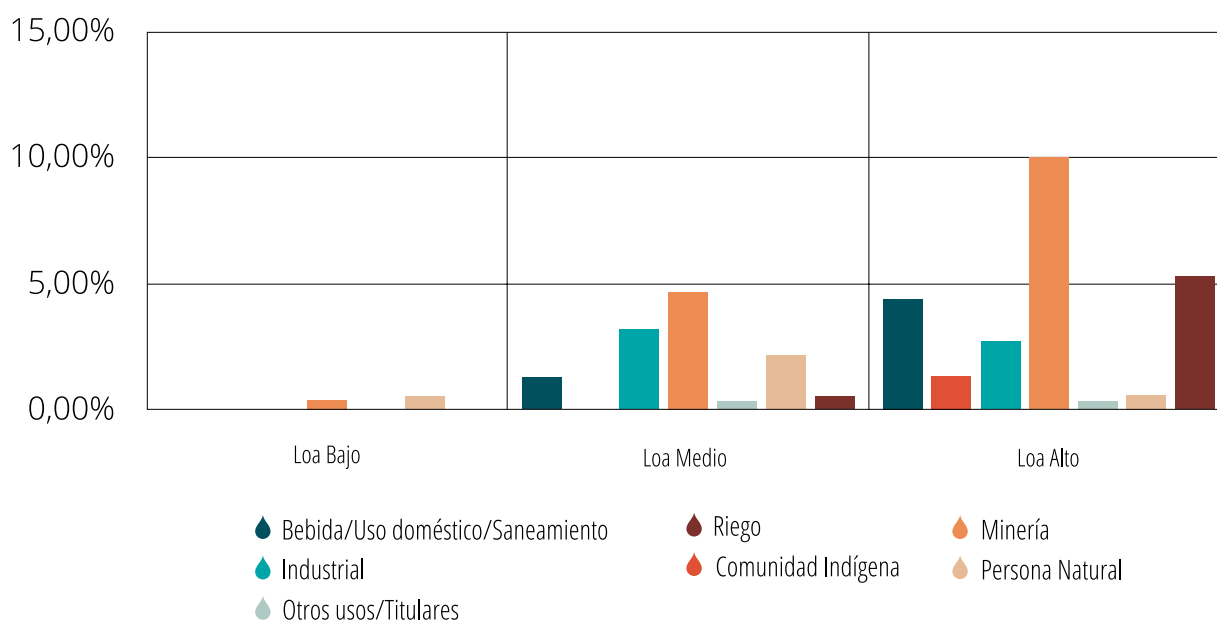
Gráfico 3: **Derechos de agua por subcuencas del Río Loa, Región de Antofagasta (% lt./seg.) 1905 - 2018**



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA
http://www.dga.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx.

26 Para mayor información ver Derechos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales (consuntivos) otorgados en la cuenca del río Loa y sus tributarios en https://mma.gob.cl/antofa-doc/2020_07_GOA002_INF_V1_InfFinal.pdf

Gráfico 4: **Derechos de agua por subcuencas del Río Loa según su uso, Región de Antofagasta (% lt./seg. del total regional) 1905 - 2018**



Fuente: *Elaboración propia con datos de la DGA*
 (http://www.dga.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx)

Es por lo señalado que, en el pasado, y actualmente, se han generado conflictos socioambientales abiertos y latentes entre actores locales, empresas mineras y el Estado en torno a la gran minería y sus distintos impactos en el territorio y comunidades, y también en torno a actividades asociadas. Entre los impactos destacan el despojo efectivo o jurídico del agua, y de otros bienes naturales, como los bofedales, y la generación de importantes pasivos ambientales. Se incluye una tabla –que no pretende ser exhaustiva– de los principales conflictos detectados en la cuenca (Tabla 3)²⁷. Es importante considerar que las características y alcances de estas situaciones varían en función de distintos factores, como la diversidad y número de actores involucrados, la intervención del Estado, las acciones emprendidas de lado y lado –movilizaciones, huelgas, vía judicial-institucional o ambas, negociación, etc.–, el alcance mediático, entre otros.

Se entiende como conflicto socioambiental abierto aquellos episodios donde los actores locales se han articulado, y tomado posicionamiento respecto de un evento o proceso que implica daño o amenaza al medioambiente y a los grupos humanos que lo habitan, y a su vez, ejecutado acciones colectivas para impedir, detener o revertir la situación. Por su parte, conflictos socioambientales latentes, son aquellos episodios o procesos en los que, existiendo daño o amenaza al medioambiente y sus habitantes, no ha emergido un proceso de articulación y acciones colectivas tendientes a impedir, detener y/o revertir la situación. Un conflicto latente puede mantenerse así por largos períodos, o madurar gradualmente, o eclosionar súbitamente a conflicto abierto. Los factores que explican estas dinámicas son complejos y diversos –históricos, sociales, políticos, culturales, económicos, entre otros–, y deben abordarse caso a caso.

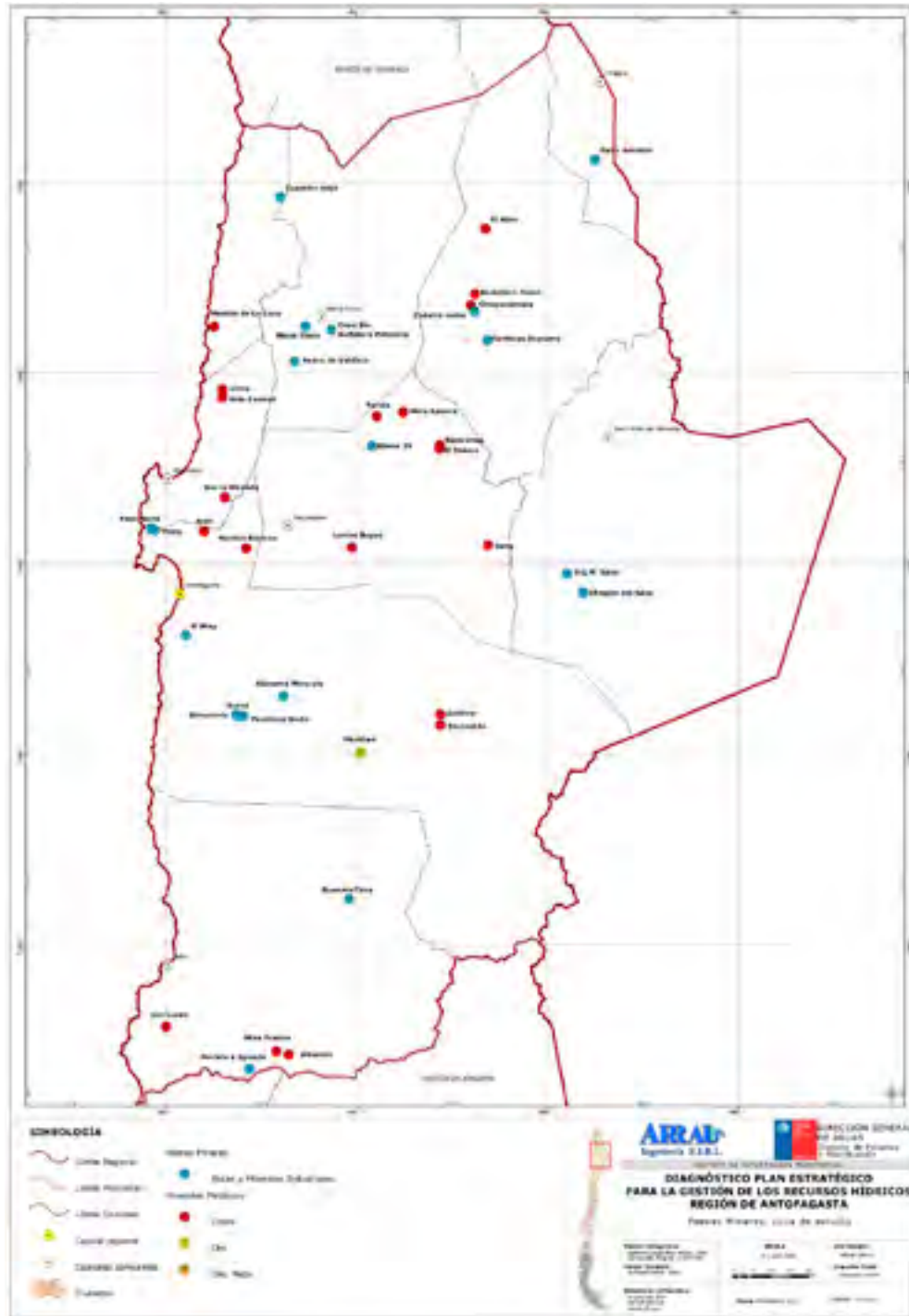
27 Este estudio no cubre otras situaciones de conflicto, también vinculadas a la minería y procesos relacionados, que están ocurriendo en otros lugares de la Región de Antofagasta.

Tabla 3: Principales conflictos socioambientales en la cuenca

Lugar	Descripción	Inicio daño o año episodio	Sector Cuenca
Salar de Llamara / Quebrada Amarga	Extracción del agua del salar por la minería no metálica.	2006	Loa medio (Salar de Llamara)
Quillagua	Contaminación y despojo hídrico por parte de la minería del cobre y no metálica.	1997	Loa medio (entre Río San Salvador y Quebrada Amarga)
Calama	Amenaza de traslado de comunidad atacameña de Likantatay por expansión cupífera.	2007	Loa medio (entre Río Salado y Río San Salvador)
Cercanía Chiu Chiu (6 km)	Tranque de relaves Talabre (y continuas ampliaciones), contaminación de aguas y sectores cercanos.	1952 / 2004	Loa medio (entre Río Salado y Río San Salvador)
Chiu Chiu	Desecamiento de parte de vegas y despojo del agua, extracción minería cupífera y sanitarias.	1983	Loa alto (entre Río San Pedro y Río Salado)
Sector acuífero Pampa Puno	Extracción de agua para la industria cuprífera, amenaza de desecamiento.	2005	Loa alto (bajo junta Estero Chela)
Lequena	Amenaza de desabastecimiento de agua potable por acuerdo de venta y traslado Aguas Antofagasta - Minera Doña Inés de Collahuasi.	2012	Loa alto (entre Estero Chela y bajo junta Quebrada de Hachas)
Río San Pedro Inacaliri	Desecamiento de la cuenca por extracción de agua para la industria cuprífera.	1915	Loa alto (San Pedro)
Turi	Amenaza por proyecto de extracción de agua desde vegas para minería cuprífera.	1985	Loa alto (Río Salado)
Toconce	Extracción de agua para sanitarias, despojo comunidad, desecamiento humedales.	1967	Loa alto (Río Salado)
Sector El Tatio	Geotermia en El Tatio.	2007	Loa alto (Río Salado)

Fuente: Elaboración propia en base a información del Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina (<https://www.ocmal.org/>), Mapa de Conflictos Socioambientales en Chile 2015 (INDH, 2016), Aldunate (1985), Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012), Carrasco (2009), Molina (2005), Prieto (2015), Prieto et al. (2019), Yañez y Molina (2011).

Mapa 3: Principales faenas mineras en la Región de Antofagasta



Fuente: Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012: 3-96)

2.2 Agricultura y ganadería

En lo que respecta a las actividades agropecuarias, los principales espacios agrícolas y ganaderos en torno al Loa -propiamente tal- han sido históricamente Quillagua, Calama, Chiu Chiu y Lasana. Por su parte, en la subcuenca de su afluente río Salado, y de los sistemas de quebradas relacionados, en las localidades de Ayquina, Turi, Cupo, Panire, Toconce y Caspana, se practica la agricultura y el pastoreo desde épocas prehispánicas. Así lo evidencia la infraestructura de larga data que aún opera -con modificaciones- en las localidades, tales como terrazas y canales, y en los espacios circundantes vinculados al pastoreo, por ejemplo, las estancias cercanas a humedales. Además de la existencia de evidencia arqueológica que da cuenta de diversos usos sociales del territorio desde tiempos remotos.

En la subcuenca del otro tributario importante del Loa, el río San Pedro de Inacaliri, hay vestigios arqueológicos y referencias históricas respecto de

su ocupación como espacio, preferentemente, de pastoreo. Sin embargo, en la actualidad, la cuenca de este río está -en términos ecológicos- prácticamente destruida por la actividad minera y la extracción masiva y permanente de sus aguas. En consecuencia, ya no tiene la capacidad de sustentar los usos agropecuarios de las comunidades²⁸. La destrucción del sistema hidrológico, de sus funciones ecosistémicas y servicios ambientales, implica directamente la desaparición de los habitantes históricos de la zona, y potencialmente, de comunidades y asentamientos. Gravísimas pérdidas bioculturales.

Es importante resaltar que la cuenca del Río Loa, junto con la cuenca del Salar de Atacama, son los principales -y prácticamente únicos- espacios agrícolas de la Región de Antofagasta (Mapa 5), y han cumplido un papel estratégico en el abastecimiento de alimentos a la población regional desde fines del siglo XIX y parte importante del siglo XX²⁹.

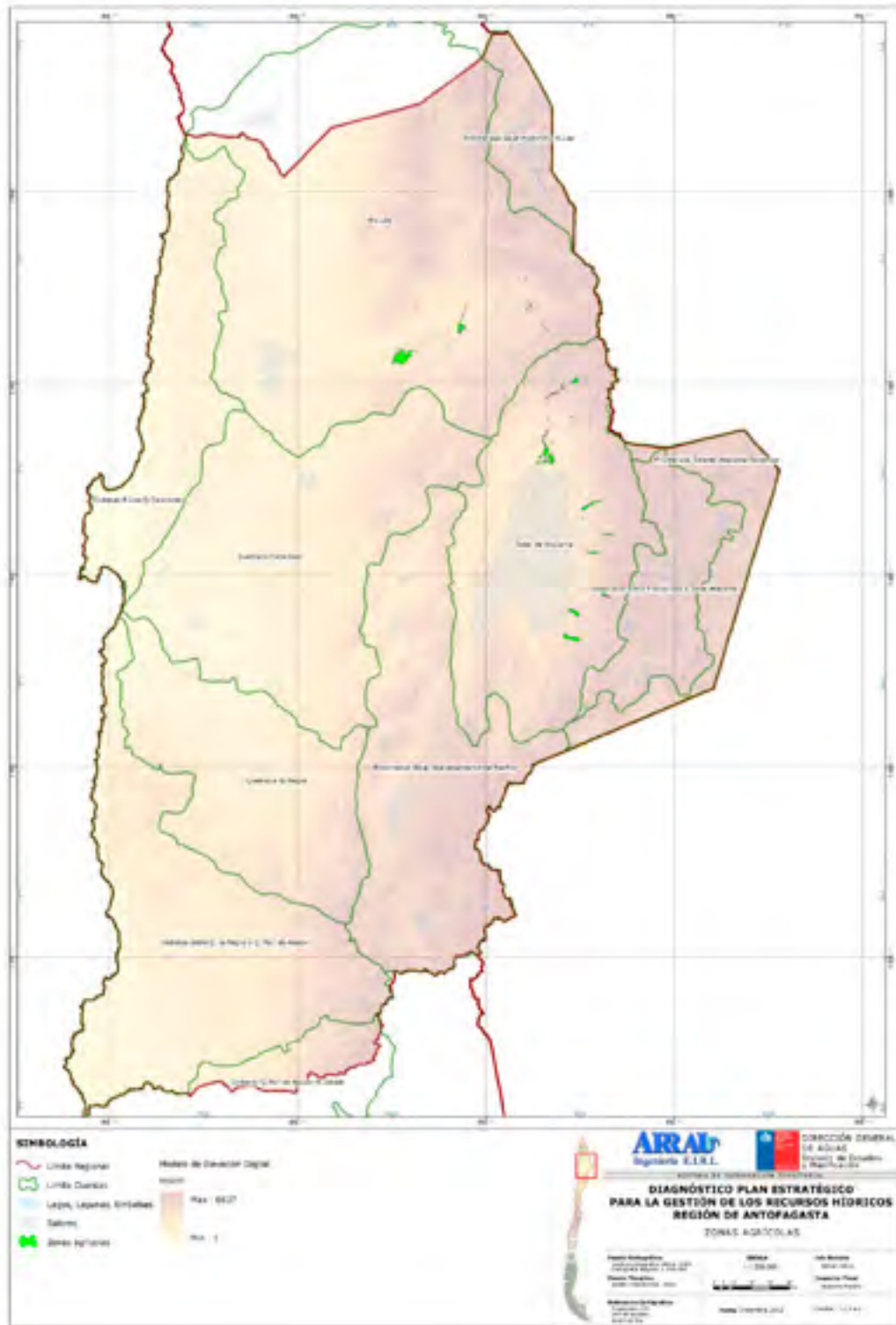


Yaiquicha Llamas Alto Loa @Francisco Gallardo

28 Algunas referencias que dan una mirada general al estado y variación de las actividades agropecuarias de la zona se encuentran en Castro y Martínez (1996), Gundermann (1998), Amphos (2017), Calderón y Prieto (2019). Existen otros estudios sobre localidades que se señalan más adelante.

29 De acuerdo con el último censo agrícola disponible (2007), la superficie de riego registrada en la cuenca del Salar de Atacama casi duplica la del río Loa (Amphos, 2017). De todas formas, la cuenca del referido salar vive sus propios procesos de debilitamiento agrícola, por otras causas (Sepúlveda et al., 2015).

Mapa 5: Zonas agrícolas en la Región de Antofagasta según cuencas



Fuente: Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012: 3-74)



Ana Anza cosechando ajos, Oasis de Caspana @Tomás Munilla

A lo largo de los siglos XX y XXI, tanto en la agricultura como en la ganadería, se observa en términos generales un debilitamiento en el rol que ocupan estas actividades en la subsistencia de las familias indígenas. Sin embargo, es interesante indicar que en algunas localidades, en momentos específicos, se ha detectado un aumento de la actividad agrícola, impulsada por las necesidades alimentarias de los habitantes de campamentos mineros y urbanos. Actualmente, durante el trabajo de campo se ha observado agricultura comercial con distinta intensidad en algunos espacios del oasis de Calama, en Caspana, Chiu Chiu, y Lasana; resaltando Chiu Chiu y luego Lasana.

Ejemplos de casos de debilitamiento agrícola y ganadero -lista no excluyente-, son: Quillagua, por la privatización y contaminación del agua; Calama, por la expansión de la ciudad sobre suelos agrícolas; Chiu Chiu, por desecamiento de parte de sus vegas forrajeras; Turi, por desecamiento de parte de las vegas; Lasana, por falta de personas dedicadas preferentemente a la agricultura; Río San Pedro de Inacaliri, por desecamiento completo de la cuenca; Toconce, por despojo del

agua y desecamiento de humedales; y, en general, por la configuración de un estado crítico de los humedales alto-andinos del Alto Loa³⁰.

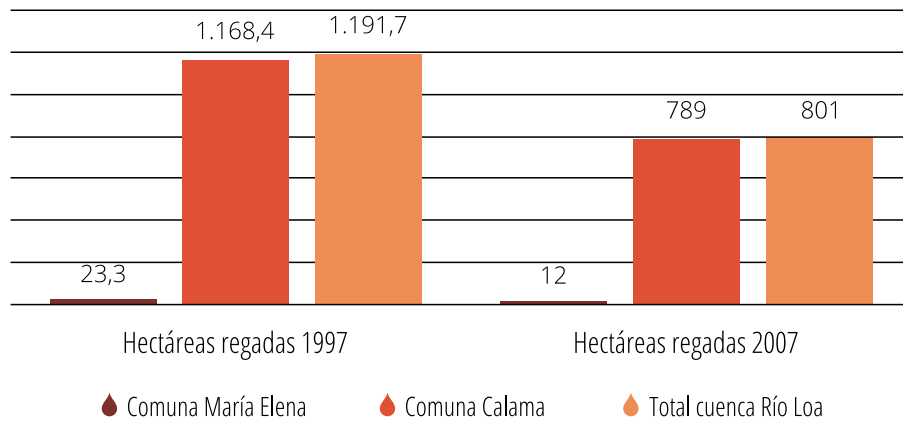
Como reacción a lo anterior, se debe destacar y reiterar que estos procesos han ido a la par, sobre todo desde 1993 en adelante con la promulgación de la Ley Indígena, de reivindicaciones de las comunidades para recuperar sus aguas y derechos territoriales, además de movilizaciones diversas en respuesta a daños y amenazas a los ecosistemas.

Para constatar en cifras la disminución de la actividad agropecuaria en la cuenca del río Loa, revisamos dos variables clave en los últimos censos disponibles de 1997 y 2007: las hectáreas regadas y el ganado ovino³¹. Los datos para la comuna de María Elena corresponden exclusivamente al valle de Quillagua, mientras que los de la comuna de Calama comprenden el oasis de Calama, Chiu Chiu, Lasana, Ayquina, Turi, Toconce, Cupo, Panire y Caspana. Por el mayor número de lugares que comprende, la comuna de Calama tiene muchas más hectáreas en uso agropecuario, y animales, que María Elena.

30 Antecedentes para las localidades mencionadas, en Carmona (2016) para Quillagua, en Araya (2006 cit. en Prieto, 2016) para Calama, en Prieto (2015) para Chiu Chiu, en Aldunate (1985) para Turi, en Prieto et al. (2019) sobre el río San Pedro Inacaliri, en González (1999) y Villagrán y Castro (1997) respecto de Toconce y Alto Loa. La información sobre Lasana fue registrada en trabajo de campo de M. Calderón.

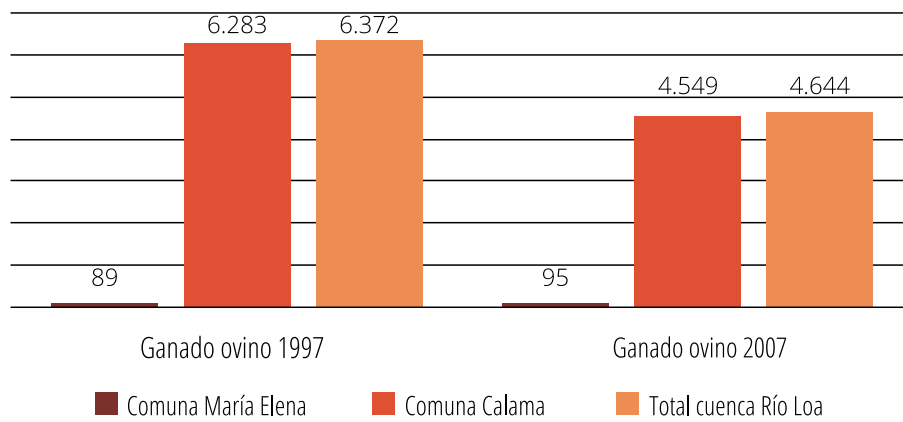
31 Seleccionamos esta especie animal ya que presenta el mayor número de cabezas.

Gráfico 5: Cantidad de hectáreas regadas cuenca del Río Loa y comunas 1997 - 2007



Fuente: Elaboración propia con datos del INE (<http://icet.odepa.gob.cl/>)

Gráfico 6: Ganado ovino cuenca del Río Loa y comunas (1997 - 2007)



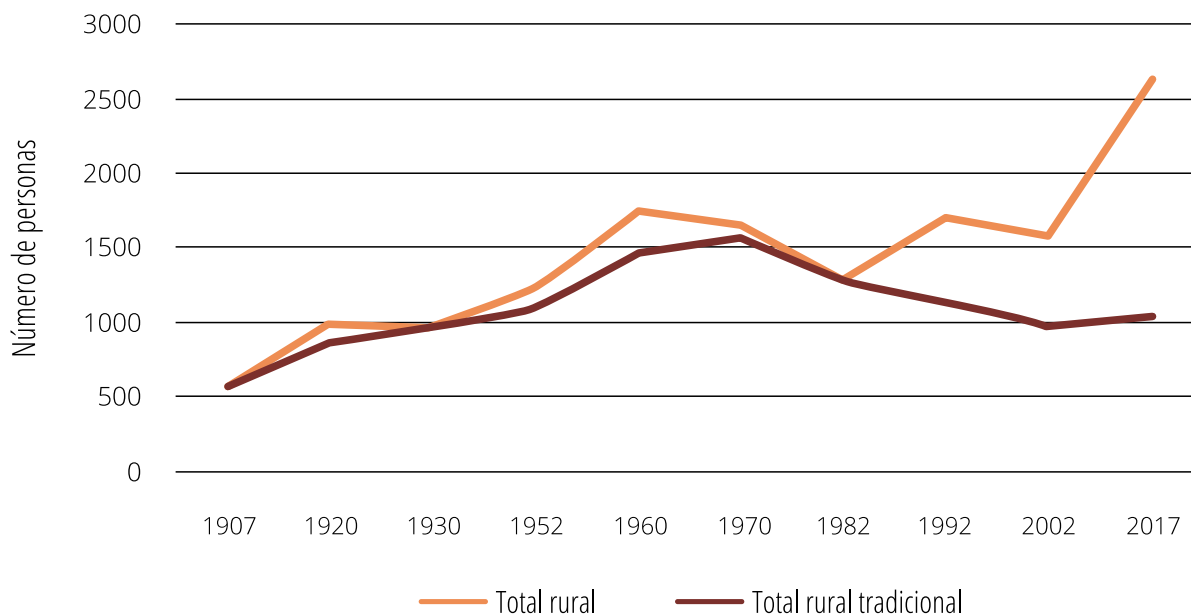
Fuente: Elaboración propia con datos del INE (<http://icet.odepa.gob.cl/>)

Es por el debilitamiento de lo agrario, como también por la atracción de los empleos y modos de vida urbanos, que la residencia preferentemente rural de las poblaciones indígenas en el pasado ha transitado, durante el siglo XX y con mayor fuerza desde su segunda mitad hasta la actualidad, a emplazamientos preferentemente urbanos. Las ocupaciones también han transitado principalmente a aquellas vinculadas a servicios de distinto tipo vía contratistas en torno a la minería, y, en menor medida, directo en la minería³².

El Gráfico 5 muestra como desde 1970 han disminuido los habitantes en los espacios rurales tradicionales. Con esto nos referimos a las localidades de Quillagua, Chiu Chiu, Lasana, Cupo, Panire, Ayquina, Toconce y Caspana. Dentro de ellos, la única excepción en términos de población es Chiu Chiu, donde ha aumentado en el último período intercensal. Esto se debe a la llegada de población del

interior de la cuenca y del sur de Bolivia para trabajar en la agricultura. Por otro lado, en el mismo gráfico, se destaca el aumento de la población rural total desde 1982, en contraposición a la baja de la población en localidades rurales tradicionales. Esto último se debe a que la cifra de población rural total integra –además de las localidades tradicionales indicadas– los asentamientos rurales ubicados en el oasis de Calama, emplazados en torno y como apéndices de la ciudad. Si bien en muchos de ellos se practica agricultura y ganadería, el aumento de su población no se debe precisamente a un fortalecimiento de la actividad agroganadera, sino más bien al erigimiento de nuevos espacios de habitación por parte de población que ha llegado de las localidades rurales de sectores más altos, como también por el crecimiento de la población de la ciudad, y los problemas de acceso a la vivienda en el Calama urbano³³.

Gráfico 5: **Evolución de la población rural total y población rural tradicional en la cuenca del Río Loa 1907 - 2017**



Fuente: Elaboración propia con datos del INE sobre los censos de población y vivienda respectivos.

32 Algunas cifras, específicamente para la población likan antai (abarca la comuna de Calama y San Pedro de Atacama), en el capítulo de Gundermann (2013) en estudio del PNUD.

33 Sobre el problema de vivienda una noticia en <https://www.eldesconcierto.cl/2019/07/30/carabineros-desaloja-campamento-frei-bonn-en-calama-ante-reclamos-de-los-vecinos/>.

III. CARACTERÍSTICAS Y ESTADO DE LAS AGUAS

En el presente capítulo se abordan las características y estado de las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río Loa, como también la situación de otros cuerpos de agua como son los humedales y glaciares³⁴.

3.1 Hidrología

En términos pluviométricos (medición de precipitaciones)³⁵, luego de un análisis de los registros existentes entre 1974 y 2012, se constata que las precipitaciones se concentran en los sectores medios y principalmente altos de la cuenca, particularmente entre los meses de enero a marzo, durante el llamado invierno altiplánico. Entre octubre y noviembre, se generan escasas precipitaciones en los sectores medios y altos, y prácticamente nulas en las áreas de menor altura. El menor valor de precipitaciones medias anuales se registra en la estación de Quillagua con 0,2 mm a 802 m.s.n.m., mientras que el máximo en la estación de Linzor con 180,3 mm a 4.100 m.s.n.m. A su vez, el mínimo se dio en Quillagua con 2,1 mm y el máximo en Linzor con 550 mm.

En términos fluviométricos (medición de nivel y caudal de ríos), gran parte de las mediciones expresan un régimen pluvial (basado en las lluvias) para los años húmedos, con máximos entre los meses de febrero a marzo. En los años secos, no hay variación sustancial de caudales, a la vez que los valores máximos se presentan entre junio y agosto. Esto muestra que la cuenca tiene un régimen fundamentalmente pluvial, donde los períodos secos se vinculan a bajas precipitaciones, y los con mayores caudales a mayores precipitaciones. Una excepción a este comportamiento fluviométrico, es la dinámica uniforme -es decir sin variaciones entre años húmedos o secos- expresada en la estación ubicada en la cuenca del río San Pedro de Inacaliri, antaño importante afluente del río Loa. Esta estación muestra un régimen hidrológico artificial debido a que el caudal del San Pedro de Inacaliri ha sido

capturado por la industria cuprífera prácticamente en su totalidad en el sector de Ojo de San Pedro mediante drenes y pozos.

También en términos fluviométricos, pero ahora con una perspectiva temporal, los gráficos 6 y 7 muestran las variaciones de caudal entre 1983/84 y 2009/10 medidas en algunas estaciones de la cuenca.

El Gráfico 6 muestra la evolución de caudales en dos estaciones ubicadas en el río Loa propiamente tal, y en el sector alto y medio³⁶, en las estaciones Salida Embalse Conchi y en Yalquincha, respectivamente. En ambas se observa una dinámica similar, donde luego de reducirse fuertemente los caudales desde inicios de la década de 1980, estos tendieron a aumentar desde mediados de los '90 hasta mediados del 2000, para luego volver a mostrar un descenso. Si tomamos exclusivamente el contexto sociopolítico como referente de análisis -es decir sin considerar años húmedos o secos en lo que respecta a precipitaciones-, una posible explicación de esta dinámica -una presunción-, puede ser el relacionar parte de la baja durante la década de 1980 a la implementación del Código de Aguas de 1981; y el aumento durante la segunda mitad de la década de 1990 hasta la segunda mitad del 2000 al efecto de las restituciones mediante la Ley Indígena de 1993 y la declaración de agotamiento del 2000.

Es fundamental destacar que al margen de toda la información anterior, el año 2000, a solicitud de la Comunidad Atacameña San Francisco de Chiu Chiu, fue declarado el agotamiento de las aguas superficiales del cauce natural del río Loa y sus afluentes, ya que según se indica en la Resolución Exenta N° 197 del año 2000 de la DGA, "los estudios técnicos realizados han demostrado que en el cauce del río Loa y de sus afluentes no existen recursos para constituir nuevos derechos consuntivos permanentes"³⁷.

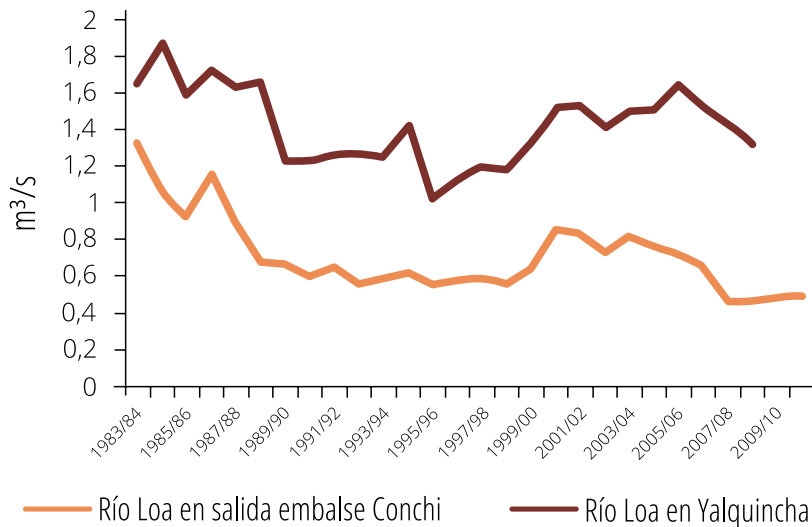
34 Se entiende por hidrología al estudio de las aguas de la tierra, tanto en la superficie terrestre propiamente tal, la atmósfera y los océanos. Mientras que la hidrogeología corresponde al estudio de las aguas subterráneas.

35 Análisis pluviométricos y fluviométricos tomados de Knight Piésold S.A. (2014b)

36 Se seleccionan estaciones con mayor continuidad de mediciones en el período.

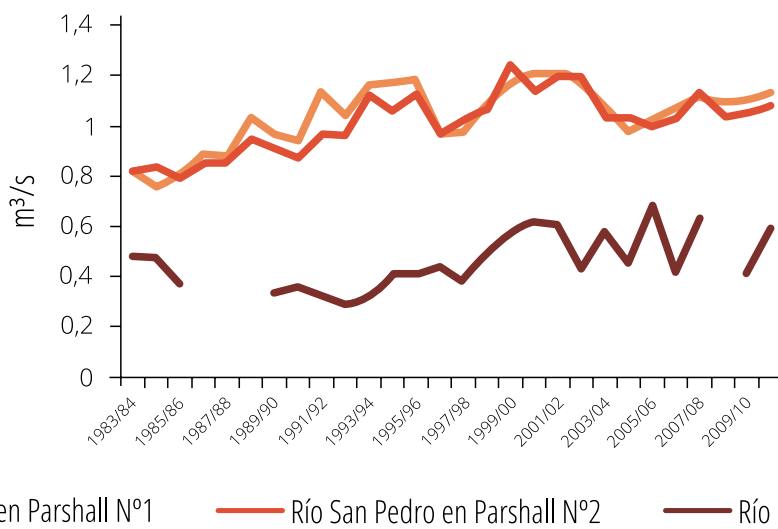
37 <http://www.dga.cl/administracionrecursoshidricos/asuperficiales/Documents/Resolucionloa.pdf>.

Gráfico 6: Caudales medios anuales (m³/s) 1989/90 - 2010/11 Estaciones seleccionadas Río Loa



Fuente: Elaboración propia con datos de Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012)

Gráfico 7: Caudales medios anuales (m³/s) 1989/90 - 2010/11 Estaciones seleccionadas Río San Pedro y Salado



Fuente: Elaboración propia con datos de Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012)

Por su parte, el Gráfico 7 expresa el comportamiento de dos estaciones emplazadas en el río San Pedro Inacaliri y una en el río Salado. Es importante recordar que las estaciones ubicadas en la cuenca San Pedro de Inacaliri (Parshall N° 1 y N° 2) son difíciles de interpretar ya que miden un caudal manejado en forma completamente artificial por las extracciones y entubamiento del río. La estación emplazada en el río Salado tiende a mostrar bajas en las mediciones durante la década de 1980, y aumentos durante la década de 1990, para luego mostrarse oscilante. La baja durante la década de los '80 y el aumento durante la de los '90, pueden deberse, al menos parcialmente, a la implementación del Código de Aguas y la Ley Indígena, respectivamente.

3.2 Calidad de las aguas

En lo que refiere a la calidad de las aguas superficiales, se exponen análisis disponibles para algunos de los parámetros fisicoquímicos más relevantes: pH, conductividad eléctrica, presencia de arsénico, boro, cloruro, cobre, mercurio, sulfatos y oxígeno disuelto³⁸. Relacionamos algunos de estos hallazgos con el impacto que está provocando esta contaminación en la salud de la población.

Los valores de pH no tienen grandes variaciones a lo largo de la cuenca, son levemente alcalinos (pH superior a 7), y no hay un patrón de aumento o disminución a lo largo de ella. Sin embargo, algunos valores específicos han superado la norma para riego y vida acuática en las estaciones de Represa Lequena, en La Finca, en Quillagua y en Desembocadura.

3.3 Presencia de metales

La conductividad eléctrica da cuenta del contenido salino en una solución. Altos contenidos de sales en las aguas pueden afectar cultivos, obstruir sistemas de riego por goteo y salinizar los suelos. Las mediciones muestran que el contenido salino se incrementa desde la estación Loa en represa Lequena hasta la desembocadura. **En todas las estaciones se sobrepasa el valor promedio que determinan las normas³⁹, el 99% de los parámetros son superiores a los establecidos. En Yalquincha⁴⁰ (oasis de Calama) el agua puede ser utilizada solo en cultivos tolerantes, en Quillagua ya no es recomendable el riego por reducción de los rendimientos.**

38 Se utilizan los análisis presentados en el estudio de Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012), en el cual se establecen los rangos máximos admisibles en función de las normas NCh 1.333 (Norma chilena sobre requisitos de calidad del agua para diferentes usos), NCh409 (Norma chilena de calidad del agua potable) y recomendaciones de FAO en Water Quality for Agriculture de 1987.

39 NCh 409, NCh 1333

40 <https://www.latercera.com/laboratoriodecontenidos/noticia/comunidad-indigena-yalquincha-busca-convertir-su-territorio-en-zona-de-interes-turistico/6VNNWI5XIJGHXGFORZZYLXJTQE/>



De acuerdo con el informe usado como referencia, la principal causa de contaminación serían procesos naturales de disolución y lixiviación de gran cantidad de minerales -el río Salado es de alto contenido salino, incidiendo de modo importante en la calidad de las aguas-. Sin embargo, por sentido común, no es posible descartar una influencia negativa de los procesos extractivos en esta contaminación, dada la gran escala, extensión e intensidad de la actividad minera desarrollada en numerosos sectores de la cuenca alta y media del río Loa.

El exceso de arsénico puede producir impactos graves en la salud, sobre todo a partir de su exposición prolongada. Problemas cutáneos serios, incluso cáncer a la piel, cáncer de vejiga, riñón y pulmón, enfermedades vasculares, entre otros. Sus efectos en la salud humana son irreversibles. En lo que respecta a las mediciones, la situación es altamente preocupante. **El arsénico supera los valores promedio en todas las estaciones analizadas, lo cual se incrementa por acumulación a medida que las aguas transitan de la cuenca alta a la secciones media y baja. Supera la norma⁴¹ más de 25 veces en la estación Quillagua. Un factor central en la configuración de esta situación es la actividad minera cuprífera, constituyéndose en una de las principales fuentes contaminantes.**

El alto nivel de boro puede provocar problemas en ciertos cultivos, siendo de interés económico en la cuenca los siguientes: cebolla, ajo, trigo, cebada, porotos, arvejas, zanahorias, y papas, entre otros. Los valores de boro están sobre las normas⁴² en el 100% de las muestras en todas las estaciones. A medida que se baja por el río, la cantidad de boro va en aumento. En Quillagua y Desembocadura supera el valor promedio en cerca de 50 veces. Esto se explica por causas naturales (depósito de bórax y ácido bórico presente en salares y rocas), y antrópicas (destacan los drenajes difusos de materiales de acopio de estériles de yacimientos de bórax en los alrededores del río Salado). Afecta en gran medida a cultivos sensibles provocando crecimiento lento, malformación de hojas, y marchitez, entre otros.

Los altos niveles de cloruro pueden afectar el rendimiento de determinados cultivos. En la cuenca son relevantes la cebolla, lechuga, papas, espinaca,

alfalfa y maíz. Los niveles de cloruro van aumentando aguas abajo, sobrepasando la norma de 200 mg/l⁴³ en todas las estaciones, con excepción de río Loa en Represa Lequena. Los efectos negativos del cloruro sobre la agricultura podrían verse sinergizados por su combinación con fertilizantes, y, en condiciones de sequía, afectar cultivos de mayor sensibilidad como cebolla, alfalfa, y maíz, entre otros.

La alta presencia de cobre⁴⁴ puede resultar tóxica para algunos peces y vida acuática en general, y para ciertos cultivos. El cobre presenta niveles preocupantes en toda la cuenca. En su sector medio está uno de los principales polos de depósitos de cobre y de gran minería cuprífera. Su presencia en el río se explica, tanto por causas naturales, como por acción humana. En lo primero, destacan los procesos de lixiviación⁴⁵ de los filones mineralizados y minerales de pirita oxidada que aportan cobre a todos los cauces de la cuenca, y en lo segundo, los distintos procesos que conlleva la extracción y procesamiento de cobre por parte de las grandes mineras.

La presencia excesiva de mercurio puede afectar negativamente a las zanahorias, lechugas, porotos, cebada, entre otros. Además, es un elemento de alto riesgo para la vida humana, puede impactar negativamente el desarrollo del feto en el útero y durante la infancia. Este mineral supera la norma de riego⁴⁶ en todas las estaciones de la cuenca. El valor mayor es cientos de veces superior a la norma, ubicándose los promedios más altos en el sector medio (Yalquincha) y bajo (Desembocadura). Se indican causas naturales y humanas. Sin embargo, hay evidencias que una de las principales es la contaminación asociada a la minería.

Los sulfatos pueden incidir en una mayor acidificación de los suelos y aumentar la salinidad del agua. El valor de los sulfatos aumenta a medida que se baja por el río, alcanzando su peor nivel desde Quillagua hacia la desembocadura. Las causas naturales corresponden a los sulfatos que existen en las rocas volcánicas, rocas sedimentarias del desierto, y al volcanismo de los sectores altos de la cuenca. Los factores humanos corresponden a la contaminación por parte de tranques de relave que añaden metales, iones y sulfatos antes y después de Calama.

41 NCh 409

42 NCh 1333/78, modificada en 1987

43 NCh 409

44 Ibídem

45 Extracción de la materia soluble de una mezcla mediante la acción de un disolvente líquido.

46 NCh 1333/78

Finalmente, los valores promedio que se han registrado de oxígeno disuelto cumplen con la norma, aunque hay valores específicos que lo superan. Llama la atención una medición del año 2000 asociada a un proceso de contaminación química del agua, que sugiere contaminación desde los relaves de El Indio y Talabre.

Se observa como la mayoría de los químicos analizados se encuentran en concentraciones excesivas, lo que configura un panorama altamente preocupante. Por una parte, instalando un escenario de alto riesgo para la salud humana, tanto en la cuenca como en la región, y, por otra, para el desarrollo agropecuario y actividades de subsistencia de las familias -principalmente indígenas- que habitan estos espacios.

A continuación, algunos datos epidemiológicos de la Región de Antofagasta que evidencian la gravedad de la situación:

- Entre 1990 y 2015 tuvo la mayor tasa de mortalidad de Chile por tumores malignos ajustada por edad, para hombres y mujeres. Entre 2003 y 2007 presentó el nivel más alto de incidencia de cáncer en hombres y la tercera en mujeres⁴⁷.
- A inicios del 2000, la tasa de incidencia de cáncer broncopulmonar era la más alta del país, llegando a triplicar el promedio nacional. En la ciudad de Antofagasta, en 1994, fue la primera causa de defunción, y en la región, la segunda causa después del infarto al miocardio⁴⁸.
- El cáncer vesical muestra una tasa de incidencia cuatro veces superior al promedio nacional. Los tumores de vesícula constituyen la primera causa de consulta en el policlínico de especialidades del Hospital Regional de Antofagasta.
- El impacto que tiene el arsénico sobre la mortalidad es el mayor que se haya identificado por exposición a un cancerígeno en cualquier otra región del país.
- Los efectos del arsénico en la salud de la población son los más estudiados, sin embargo, las aguas están contaminadas por otros metales pesados que evidentemente impactan la salud de las personas.

En síntesis, como se expresa en uno de los estudios que hemos revisado, **“la cuenca del río Loa se encuentra antropogénica y significativamente intervenida por una serie de actividades industriales que la utiliza de diversas formas. Respecto de las sustancias contaminantes orgánicas xenobióticas⁴⁹ encontradas en distintos puntos del curso del río Loa y a sus concentraciones, se puede concluir que el fenómeno obedece a una contaminación de origen antropogénico”⁵⁰.**

En febrero de 2006 se publicó en el Diario Oficial el anteproyecto de la Norma Secundaria de Calidad para la protección de las Aguas del Río Loa⁵¹, abriéndose con ello el período de 60 días de consulta pública. Sin embargo, la iniciativa no avanzó para lograr que se dictara la norma en una de las regiones que presenta uno de los peores índices de calidad de agua en nuestro país, según la Metodología de Construcción de Índice de Calidad para Aguas Superficiales realizado por Fundación Chile en 2018, para Escenarios Hídricos 2030.

3.4 Hidrogeología

El Mapa 8 muestra los acuíferos que han sido identificados en la cuenca⁵², confeccionado en base a sus elementos geofísicos. Así se determinaron sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común (SHAC) dentro de un mismo sector acuífero. Se han establecido diez SHAC:

- SHAC Pampa Puno
- SHAC Loa Aguas Arriba Embalse Conchi
- SHAC Río San Pedro Inacaliri
- SHAC Río Salado
- SHAC Calama
- SHAC Pampa Llalqui
- SHAC Salar de Miraje
- SHAC Salar de Llamara
- SHAC Loa desde María Elena hasta Quillagua
- SHAC Loa desde Quillagua hasta Desembocadura

47 Ministerio de Salud (2018).

48 Para este punto y los tres siguientes la fuente es Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012).

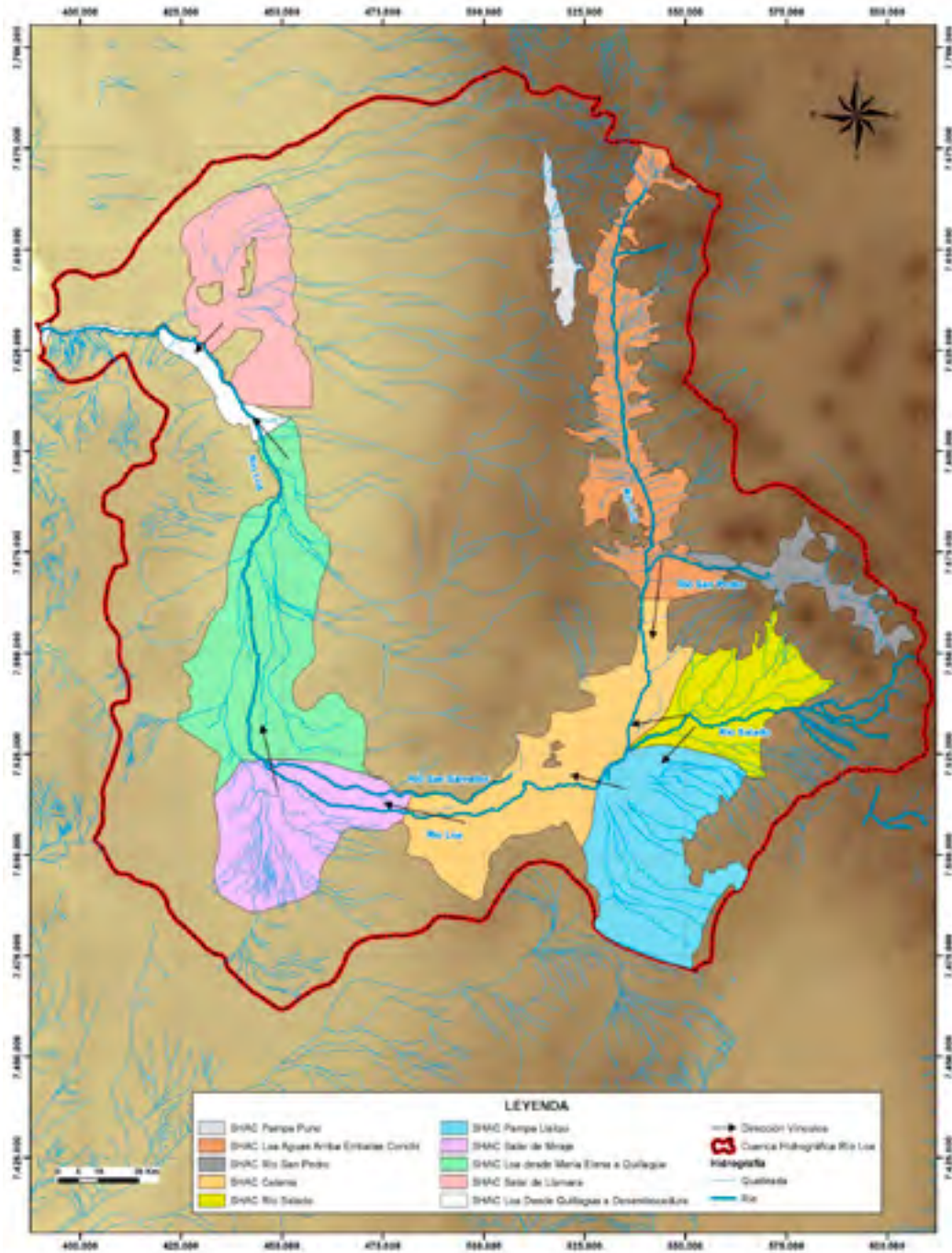
49 Xenobióticos son compuestos químicos antropogénicos, persistentes en el ambiente y resistentes a la biodegradación. Pueden tener diversos efectos tóxicos en la salud humana, por ser carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos.

50 Texto de Román y Valdovinos (2001) citado en Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012: 4-27).

51 Resolución N°260, CONAMA

52 En base a Knight Piésold S.A. (2014a).

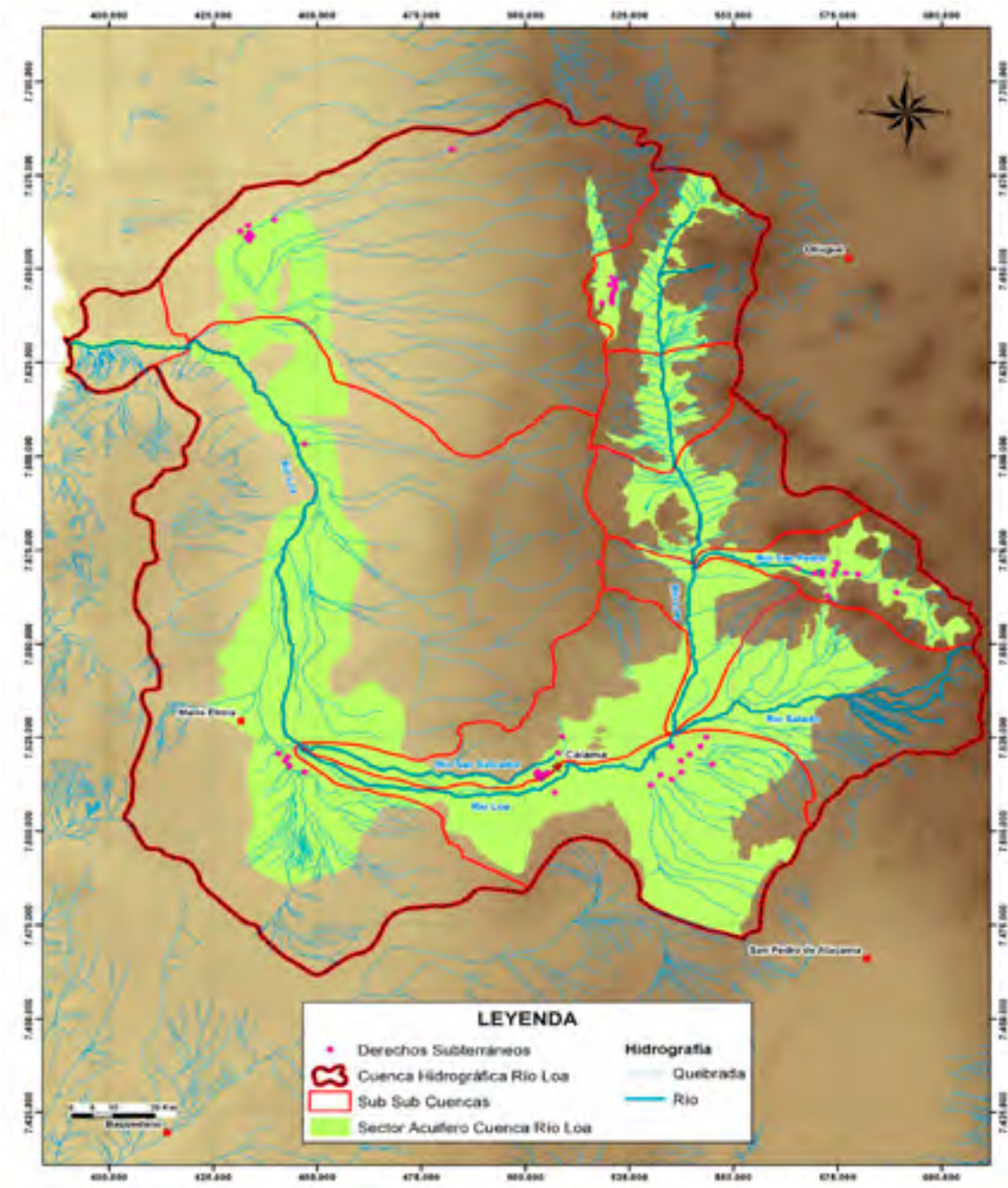
Mapa 7: SHACs en la cuenca, y sus vínculos



Fuente: Knight Piésold S.A. (2014a: 4-33)

El Mapa 8 muestra los pozos con derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas. Un primer aspecto que se destaca al relacionar los acuíferos con los puntos de extracción es que se detectan sectores con concentración de pozos, específicamente en Pampa Puno, Ojos de San Pedro, Pampa Llalqui, Calama, Salar de Miraje y Salar de Llamara. Por otra parte, hay zonas con ausencia de pozos, lo que da cuenta de su bajo potencial hidrogeológico.

Mapa 8: Acuíferos con pozos subterráneos con DAA en la cuenca



Fuente: Knight Piésold S.A. (2014a: 4-27)

Es importante tener presente que los distintos acuíferos están conectados entre sí, por ende, la extracción de agua en unos no le es indiferente al conjunto⁵³. Enfatizar las conexiones entre acuíferos es relevante ya que muestra el impacto sistémico que tiene la extracción de agua subterránea, más allá de los puntos de concentración de pozos/derechos, lo cual hace urgente una gestión hídrica a nivel de cuenca, tanto de aguas superficiales como subterráneas.

Por su parte, los SHAC Pampa Puno y San Pedro Inacaliri no presentan actualmente conexiones claras. **El caso más dramático es el del SHAC San Pedro de Inacaliri que se encuentra “desconectado” actualmente de la dinámica hidrogeológica de la cuenca por la sobreexplotación**⁵⁴.

En lo que respecta a los volúmenes embalsados en los acuíferos, hay cálculos que estiman lo siguiente⁵⁵:

Profundizaremos en el análisis sobre el estado de los acuíferos en función de las extracciones en el subcapítulo 5.4 Minería.

En lo que atañe a la calidad de las aguas subterráneas, existen datos para el acuífero del río Loa en general⁵⁶.

Se tomaron muestras en 38 puntos del acuífero, correspondientes a sus sectores medio y alto, debido a la mayor disponibilidad de antecedentes y por presentar más riesgo de afectación humana. Se analizaron los parámetros de sólidos disueltos totales, cloruros, sulfatos, calcio, sodio, magnesio,

Tabla 4: Volumen embalsado en sectores acuíferos de la cuenca

SHAC	Altura Media (m)	Área (km ²)	Volumen (Mm ³)	Coefficiente Porosidad	Volumen Almacenado (Mm ³)
Pampa Puno	132	1.063	140.506	50%	70.253
Río Salado	140	535	75.175	50%	37.587
Pampa Llalqui	168	608	101.917	50%	50.959
Calama	163	1.181	192.567	50%	96.284
Salar de Miraje	106	920	97.859	50%	48.929
Salar de Llamara	143	1.074	153.662	50%	76.831
Río Loa desde M. Elena hasta Quillagua	145	1.242	197.817	50%	98.909

Fuente: Knight Piésold S.A., 2014a: 7-10

53 Desde aguas arriba, el caudal saliente del SHAC Loa Aguas Arriba Embalse Conchi aporta al SHAC Calama, al igual que el SHAC Pampa Llalqui, el cual recibe el aporte del SHAC Río Salado. La salida subterránea del SHAC de Calama aporta al SHAC Salar de Miraje, que a su vez aporta al SHAC Loa desde María Elena hasta Quillagua, continuando hacia el SHAC Loa desde Quillagua a Desembocadura. Este último recibe aportes desde el SHAC Salar de Llamara en las cercanías de Quillagua y Quebrada Amarga.

54 Pampa Puno posee un flujo subterráneo con dirección sur-norte aflorando en la Quebrada Sacapunta, generando una conexión superficial con el SHAC Loa Aguas Arriba Embalse Conchi.

55 No se han efectuado cálculos para los SHAC Loa Aguas Arriba Embalse Conchi, río San Pedro y Loa desde Quillagua hasta Desembocadura.

56 Tomados de Geohidrología Consultores LTDA. (2009). Este acuífero fue seleccionado en una muestra nacional. Se desarrolló y aplicó una metodología para caracterizar acuíferos en lo que refiere a calidad química, para establecer recomendaciones para su protección.

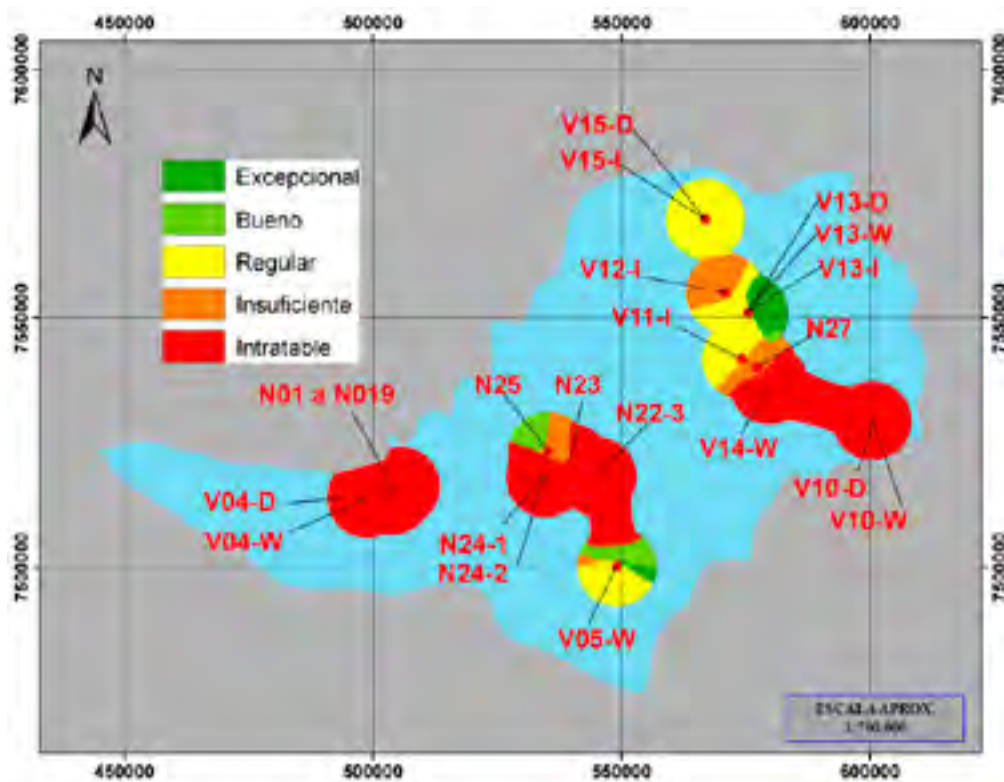
nitrate y arsénico. Se estableció un índice de calidad a partir de la comparación de la concentración de los elementos químicos con normas o referencias oficiales sobre calidad de aguas en función de sus usos, como también, en relación con los tratamientos posibles para mejorar el estado del agua. Se establecen cinco calidades del agua posibles en el acuífero: excepcional, buena, regular, insuficiente e intratable.

El índice de calidad general del acuífero de El Loa (análisis combinado de los distintos parámetros químicos) muestra que las aguas subterráneas de la cuenca tienen mala calidad debido a que son mayoritarias las zonas con niveles regular e intratable (Mapa 10), debido a los altos niveles de sólidos disueltos totales, cloruros y arsénico. El cloruro y los sólidos disueltos totales tienen origen natural pro-

ducto de condiciones hidrogeoquímicas del acuífero. Por su parte, los altos niveles de arsénico son resultado, tanto de factores naturales, como de la industria minera. Igualmente, la presencia de nitrato es de origen antrópico (industria o urbano), y los sulfatos de origen natural y antrópico (minero).

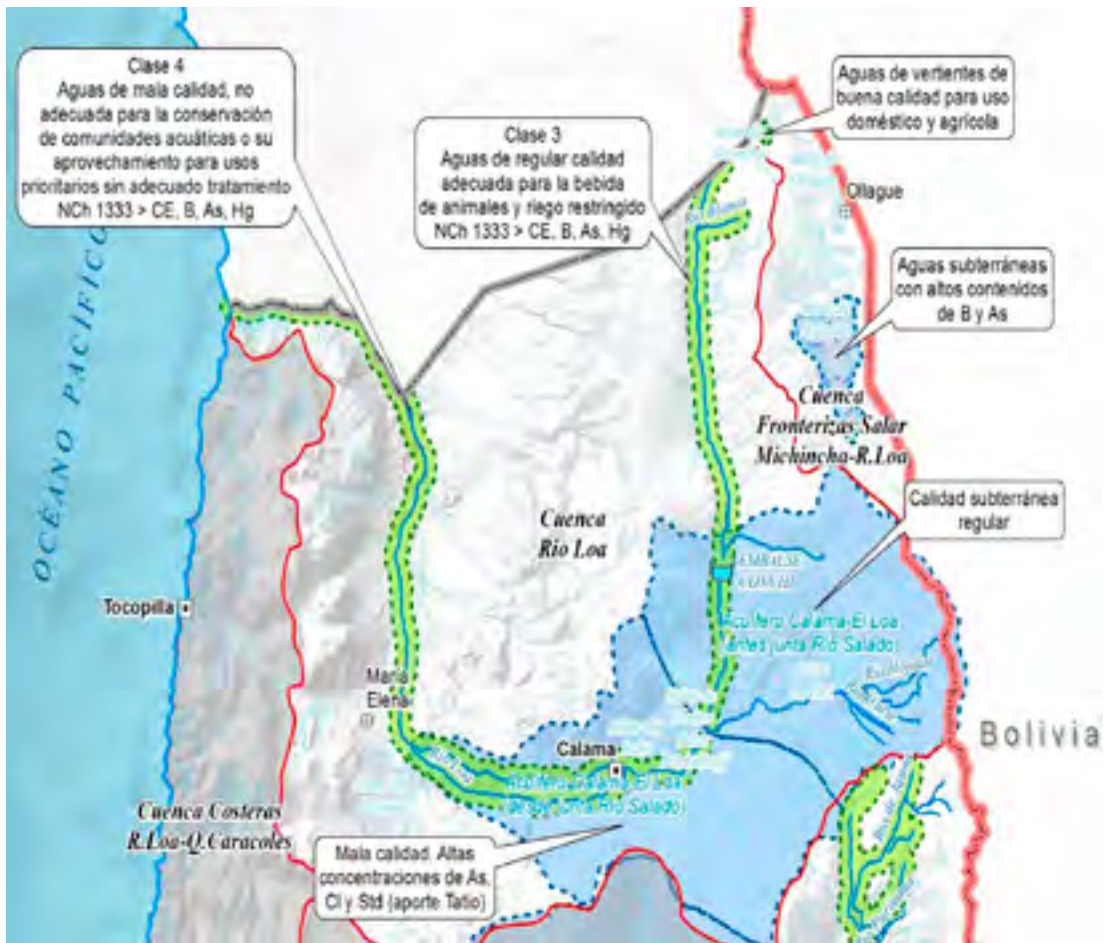
Si tomamos en conjunto la calidad de las aguas superficiales y subterráneas que se han presentado en las anteriores subsecciones (Mapa 10), se puede establecer que **las aguas superficiales presentan niveles de calidad adecuados solo en el punto de nacimiento del río**. Su calidad va empeorando progresivamente a medida que se desciende desde los pisos más altos, alcanzando niveles regulares y malos en los más bajos. Las aguas subterráneas, por su parte, presentan –más allá de la ubicación altitudinal- calidades regulares y malas.

Mapa 9: Índice de calidad general para sector acuífero El Loa



Fuente: Geohidrología Consultores LTDA (2009: 86)

Mapa 10: Calidad de las aguas en la cuenca



Fuente: Arcadis (2016: 47)

3.5 Humedales

Tanto vegas como bofedales son humedales altoandinos, ecosistemas que presentan una saturación hídrica permanente. Están emplazados en la zona cordillerana del sur de Perú, sur de Bolivia, norte de Chile y noroeste de Argentina. Tienen gran diversidad biológica propia. A su vez, son zonas de pastoreo y abrevadero de animales domesticados y silvestres. Estos humedales tienen alta significancia económica y cultural para las poblaciones indígenas, además de brindar importantes funciones ecosistémicas globales, y relevantes servicios ambientales a las comunidades humanas. Es por lo anterior que son ecosistemas estratégicos de alta

vulnerabilidad, que requieren de conservación y manejo sustentable⁵⁷.

En lo que respecta a la cuenca del río Loa, se identifican 59 humedales, distribuidos de la siguiente manera:

Se han destacado como principales servicios ambientales de los humedales altoandinos en la Región de Antofagasta, los siguientes: a) control de inundaciones, b) filtración de aguas, c) biodiversidad, d) hábitat o refugio, e) oferta de agua, f) pesca recreacional, g) provisión de materiales y h) recreación⁵⁸.

Tabla 5: Humedales en la cuenca por sectores y comunidades indígenas asociadas

Sub-Cuenca	Subsub-Cuenca	Comunidades Indígenas	Cantidad
Loa alto (bajo junta Río Salado)	Río Loa bajo junta Estero Chela	Quechua de Ollagüe	10
	Río Loa entre Estero Chela y bajo junta Quebrada de Hachas		
	Río Loa entre Quebrada de Hachas y Río San Pedro	Atacameña de Conchi-Viejo	2
		s/í	1
	Río San Pedro	Atacameña de Cupo	2
		Atacameña de Toconce	5
	Río Loa entre Río San Pedro y Río Salado	Atacameña de Lasana	1
		Atacameña San Francisco de Chiu Chiu	1
	Río Salado	Atacameña de Cupo	5
		Atacameña de Toconce	7
Atacameña de Ayquina-Turi		8	
Atacameña de Caspana		14	
Loa medio (entre Río Salado y Quebrada de Barrera)	Río Loa entre Río Salado y Río San Salvador	Atacameña San Francisco de Chiu Chiu	1
		s/í (área de Calama)	2
Total			59

Fuente: Elaboración propia en base a CIREN (2010).

Existe una estrecha relación de los pueblos originarios con los ríos y otros cuerpos de agua "Un factor común que tienen las etnias indígenas presentes en la cuenca, principalmente Aymaras, Atacameños y Quechuas es su visión del río como un ente viviente, que es capaz de proveer una serie de grandes beneficios para estas comunidades (Gleisner 2014). Algunos de los ritos que se celebran en torno a las aguas, es la limpieza de canales, la cual se hace en familia o en comunidad y tiene por objetivo limpiar de obstáculos los canales de manera que el agua fluya sin problemas y llegue a las zonas de regadío sin desbordarse o encharcarse. También se realizan diversos ritos en los que se hacen ofrendas a la pachamama y al río, para pedir permiso del uso de sus aguas y agradecer los beneficios que provee a las comunidades (Gleisner 2014). Sin embargo, las constantes presiones sobre las aguas, que producen la disminución en cantidad y en calidad, afectan directamente a estas costumbres, ya que muchos comuneros se han sentido agobiados por esta situación y han optado por vender sus derechos de aprovechamiento de aguas migrando, y de esta forma mermando la cultura ancestral" (Carrasco y Fernández 2009)⁵⁹.

La extracción de recursos hídricos superficiales y subterráneos para la industria extractiva y desarrollo urbano en general, y especialmente desde la promulgación del Código de Aguas en 1981, "tuvo un fuerte impacto sobre los humedales existentes en esta área, que se caracterizan por ser ecosistemas frágiles y dependientes del recurso hídrico"⁶⁰.

Como reacción se ha intentado su protección en base a diferentes instrumentos comentados en el próximo capítulo.

3.6 Glaciares

Tal como se reconoce en la Estrategia Nacional de Glaciares⁶¹, estos están prácticamente ausentes en la Región de Antofagasta –debido a su aridez- Sin embargo, la relevancia de esta zona desde el punto de vista glaciológico surge justamente por su extrema aridez. Son particularmente importantes por su contribución a los caudales de escorrentía (aún poco estudiada), por su valor paisajístico al encontrarse en zonas desérticas, por los riesgos potenciales y conflictos ambientales provocados por exploraciones y explotaciones mineras que los afectan. La mayoría de los glaciares de la zona son pequeños, con áreas inferiores a 1 km², se han identificado muy pocos glaciares en el rango de tamaños entre 1 y 10 km² (Rivera et al., 2002), siendo el glaciar Del Potro, de 4,88 km², el mayor de ellos (Vivero, 2008).

En un estudio reciente, se informa de dos pequeños glaciares rocosos en los volcanes de San Pedro y San Pablo, ubicados en la parte alta de la cuenca del río Loa. Empero, no hay datos respecto su estado actual⁶². El primero se extiende entre 4.904 y 4.749 m.s.n.m. y presenta características morfológicas tanto en su superficie (cordones y surcos) como frontales (escarpe de derrumbamiento), las que evidencian actividad. El segundo glaciar se ex-



Celebración de San Antonio de Padua en Ojos de San Pedro de Inacaliri. Fiesta tradicional de limpieza de canales, que en el pasado sustentaron actividades agropastoriles. Después de la limpia, se liberan las aguas y se entregan ofrendas al río y a la Pachamama @Tomás Munita

- 58 Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012)
 59 Diagnóstico del caudal ambiental del río Loa, región de Antofagasta, Centro de Ecología Aplicada (2020)
 60 Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012: 6-63)
 61 Elaborada por el Centro de Estudios Científicos (2009)
 62 Ver Ferrando (2017)
 63 Azócar y Brenning (2010)
 64 Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012) y CIREN (2010; 2016)

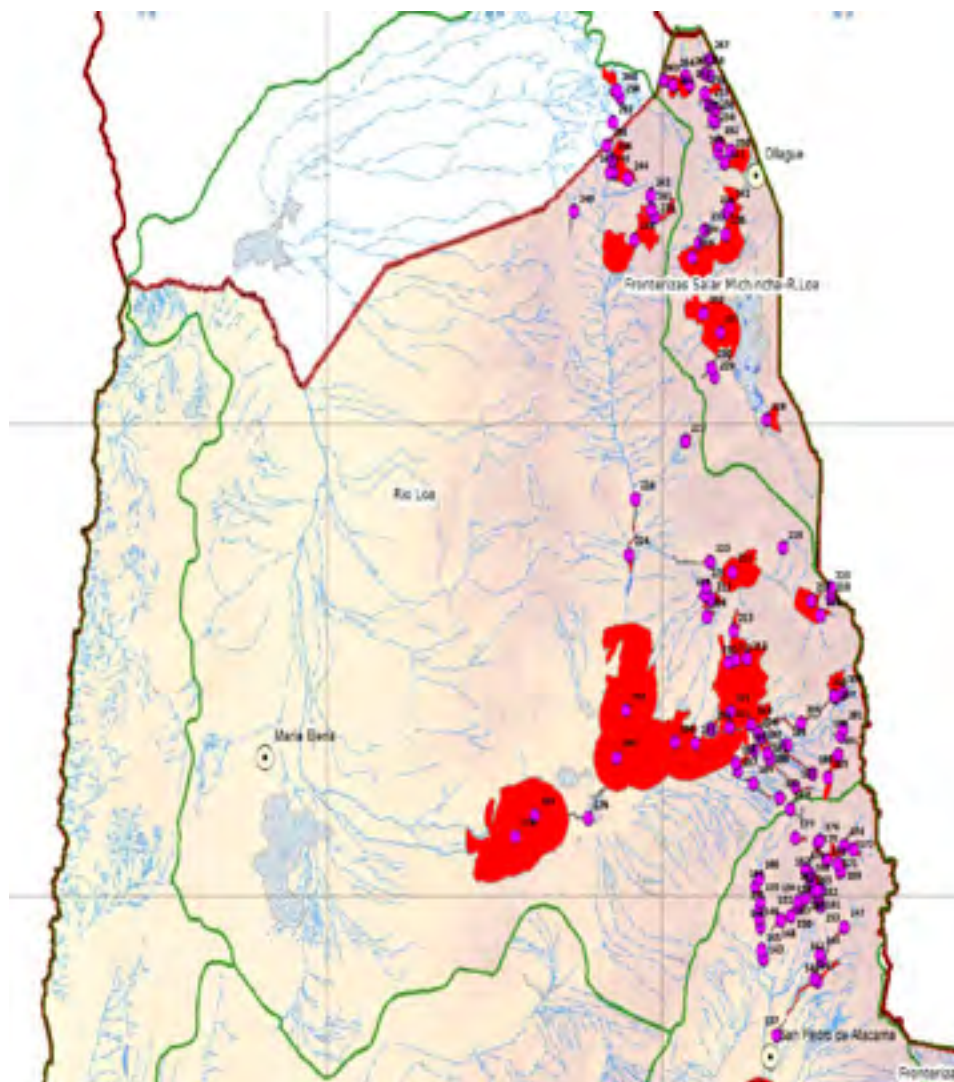
tiende entre 4.764 y 4.647 msnm, y sus características morfológicas indican inactividad, pudiendo ser catalogado de glaciar rocoso fósil o glaciar de escombros⁶³.

En lo que respecta a los sistemas de humedales protegidos por la DGA⁶⁴, es relevante indicar que su resguardo se relaciona con la modificación del Código de Aguas de 1992, y la prohibición de la explotación de acuíferos que alimentan sistemas de humedales en las regiones de Tarapacá y Antofagasta (artículos 58 y 63). Luego, el año 1996, mediante la Resolución 909, la DGA prohíbe explotar acuíferos que nutren humedales, abarcando 167 de ellos. El año 2001 se hace una actualización de los límites de los acuíferos que alimentan humedales, aumen-

tando la superficie protegida de 2.798 km² a 5.149 km². El 2004, en el marco de una nueva actualización de los límites de acuíferos asociados a humedales, se llega a 227 humedales protegidos, de un total de 264 vegas y bofedales identificados en la Región de Antofagasta, mediante la Resolución 87 de la DGA. A la fecha, los 264 humedales regionales están –al menos nominalmente– “protegidos”.

De la totalidad de humedales identificados en la región, tal como se expresa en la Tabla 5, 59 están emplazados en la cuenca del río Loa, de ellos, 56 se ubican en el Loa Alto y 3 en el Loa Medio. Ver emplazamiento de los humedales protegidos en Mapa 11 y detalle por cuenca en Tabla 5.

Mapa 11: Vegas y bofedales protegidas por la DGA en la cuenca



Fuente: Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012: 6-64)

En morado los humedales protegidos; en rojo los acuíferos protegidos

IV. ECOSISTEMAS

Este capítulo se desarrolla en dos partes. En primer lugar, se describen los distintos pisos ecológicos que se observan en la cuenca, y su estado. Luego, revisan los principales instrumentos públicos para la protección o conservación de estos ecosistemas, o de sus componentes.

4.1 Pisos ecológicos

En el capítulo primero hemos visto como en la cuenca del río Loa se observan pisos ecológicos con distintas características y biodiversidad, así como potencialidades y restricciones para la vida en general. Los ecosistemas de esta área se caracterizan por presentar una baja diversidad de especies y elevado nivel del endemismo -algo que es característico de Chile en general debido a su aislamiento geográfico o condición insular-. Un elemento central son las diferencias en las lluvias en función de la altura. Como se dijo, existe una tendencia a mayores precipitaciones a más altura -150 mm en zonas altas y solo 2 mm en zonas bajas-, las que se concentran en los meses estivales. A mayor altura, menor temperatura.

El río Loa y sus tributarios, son de alta relevancia para la existencia y mantención de ecosistemas riparianos o ribereños; en las riberas de los cuerpos de agua: oasis, vegas y bofedales, en torno a los cuales se desarrolla la mayor parte de la actividad biológica, y de la ocupación humana. En función de las cualidades físicas del entorno -precipitaciones, aportes hídricos, vegetación y fauna-, se identifican tres grandes tipos de ecosistemas distribuidos a lo largo y ancho de la gradiente altitudinal: ecosistemas de lomas, riparianos y de puna:

- Ecosistemas de lomas: en la costa, entre los 8° y 30° Sur existe una alta humedad relativa por causa de las neblinas mojadoras costeras (garúa o camanchaca), lo que se ve acentuado por elementos topográficos tales como la Cordillera de la Costa, que retiene la humedad. Esto genera ecosistemas suficientemente húmedos, con comunidades vegetales de relativa diversidad, especializadas para la vida en el desierto. En la Región de Antofagasta, los ecosistemas



de lomas abarcan un rango de altitud entre los 300 y 800 metros. Las comunidades vegetales son abundantes en géneros endémicos de líquenes. También presenta número importante de herbáceas anuales, arbustos, cactáceas y bromeliáceas⁶⁵.

- Ecosistemas riparianos: son áreas de transición entre ecosistemas acuáticos y terrestres, que en este caso serían el desierto absoluto entre los 0 y 3.000 metros de altura. Los ecosistemas ribereños son frágiles. Dependen de la existencia de cursos de agua; en gran medida su dinámica está determinada por las magnitudes de sus flujos y las calidades de las aguas. Funcionan como corredores ecológicos para flora y fauna. En la cuenca del Loa, sustentan parte relevante de las actividades agropecuarias tradicionales, por ende, son altamente vulnerables a la acción humana foránea. Estos ecosistemas albergan distintos tipos de roedores, aves insectívoras, insectos, reptiles, aves acuáticas, aves granívoras, diversas plantas, y animales domésticos⁶⁶.

65 Sobre Líquenes, Redon (1982 cit. en Marquet et al. 1998) registró 28 especies entre Papos y Taltal, y Follman (1967 cit. en Marquet et al. 1998) 144 especies en Cerro Moreno. En herbáceas anuales se menciona *Viola* sp., *Solanum remyanum*, *Oxalis breana*, *Chaetanthera* cf *moenchioides*, *Palana dissecta* y *Alstroemeria violacea*. En arbustos *Euphorbia lactiflua*, *Oxalis gigantea* y *Balbisia peduncularis*. Respecto las cactáceas se señala a la *Copiapoa haseltoniana*, *Eulychnia iquiquensis* y *Trichocereus coquimbanus*. Dentro de las se destacan la bromeliáceas *Tillandsia geissei* y *Puya boliviensis*.

66 Ver trama trófica simplificada para Chiu Chiu con detalle de especies en Marquet et al. (1998: 602).



- Ecosistemas de puna: común en los Andes Centrales, se emplazan sobre los 3.500 m.s.n.m. Las precipitaciones anuales totales, concentradas en verano, varían entre 150 y 1.000 mm, aumentando en sentido sur-norte desde la latitud 27° a 5° S. En la Región de Antofagasta, por causa de la penetración altitudinal del desierto, las precipitaciones alcanzan un máximo de 150 mm. La vegetación se compone de extensos matorrales de arbustos enanos, formaciones vegetacionales abiertas, dominadas por gramíneas cespitosas, plantas de cojín y formaciones azonales de vegas y bofedales. Fisonómicamente, se caracteriza por la presencia de distintos cinturones vegetacionales: a) pre-puneño, donde predominan matorral de baja cobertura y abundantes cactáceas; b) puneño, donde predominan grandes extensiones arbustivas tipo "tolar"; c) altoandino, en el que predominan las gramíneas cespitosas y plantas de cojín; y d) subnivel casi sin vegetación⁶⁷.
- Ecosistemas de salares y lagunas, presentes desde los 2.100 m.s.n.m., de los cuales hay poca información disponible y actualizada. Es importante destacar que cada salar se caracteriza por un tipo de sal dominante: cloruro de sodio, sulfatos de sodio, sulfato de calcio, boro, litio, etc. Estos componentes pueden provenir de la alteración de rocas volcánicas y sedimentarias, de la redisolución de antiguas evaporitas⁶⁸, de la oxidación del azufre y de minerales sulfurados, y de cuñas salinas.
- En Chile existen al menos 70 salares, ubicados entre las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Atacama y Antofagasta, sin embargo, no hay documentación específica sobre éstos. En la cuenca del río Loa se identifican al menos 10 salares: de Aguas Calientes 1, 2 y 3, de Pujsa, de Loyocques, de Tara, de Talar, de Laco, de Atacama, de Capur, y de Imilac. Sin embargo, en análisis hidroquímicos de estos ecosistemas se alerta justamente la presencia de arsénico, uno de los mayores contaminantes en el norte de Chile.
- Las lagunas superficiales de los salares constituyen verdaderos oasis que albergan ecosistemas complejos y variados, desde microorganismos

67 Ver trama trófica de caso de estudio ubicado en la Puna en Marquet et al. (1998: 603).

68 Sedimento resultante de la evaporación del agua salina. La mayoría de las evaporitas tienen origen marino, pero, bajo condiciones especiales, los lagos pueden dar lugar a masas de boratos, minerales de carbonato sódico y otros tipos similares.

mos que sirven de alimentos a los flamencos y otras aves, reptiles hasta mamíferos como vicuñas, guanacos y zorros, para los cuales los manantiales constituyen la única fuente de agua.

Flora y fauna acuática presente en el río Loa⁶⁹:

- Flora: Se han identificado las siguientes especies: junco (*Scirpus americanus*), graminia filomentosa (*Ruppia maritima*), yaro (*Acacia macracantha*), pino de agua (*Characea sp.*), helecho de agua (*Azolla sp.*), lama verde delgada (*Stygeoclonium sp.*), lama azul delgada (*Spirogira sp.*), yana (*Elodea sp.*), cola de zorro acuática (*Miryophyllum aquaticum*), junco o la totora (*Scirpus americanus*) y (*Ruppia maritima*).
- Fauna: trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), trucha café (*Salmo trutta*), pejerrey del Loa (*Basilichthys semitilus*), pez mosquito (*Gambusia affinis*), gupy (*Poecilia reticulata*), bagrecito (*Trichomycterus rivulatus*) y lisa (*Mugil cephalus*). Uno de los organismos bentónicos más característicos es el caracol de agua dulce *Littoridina loaensis*, y dentro de los anfibios, el sapo *Telmatobius halli* y el sapo de rulo Bufo atacamensis. El crustáceo camarón de río del Norte (*Cryphiops caementarius*).

Sobre el estado general de los ecosistemas de la cuenca o de sus componentes, existe información escasa, poco detallada y desactualizada, a pesar de que muchos sectores están amenazados, deteriorados o destruidos por los impactos de la gran industria minera y las actividades asociadas, y el crecimiento urbano desregulado. Basta recordar que la mayoría de las mediciones de presencia en aire y agua de minerales de alto riesgo para la salud humana, actividades agrícolas y vida en general, muestran valores sobre lo permitido, en gran parte de la cuenca. Y lo “permitido” ya puede ser dañino para la salud.

Hay un caso, tristemente claro, que delata el alto riesgo actual de destrucción de ecosistemas en la cuenca del río Loa que instala nada más que la extracción indiscriminada de agua por parte de la

industria minera y afines: la destrucción de ecosistemas fluviales en la cuenca del río San Pedro de Inacaliri, uno de los más importantes tributarios del río Loa⁷⁰. A fines del siglo XIX esta cuenca era habitada por, al menos, 8 familias extensas, que pastoreaban miles de cabezas de ganado, y tenía una rica presencia de fuentes y cuerpos de agua, de flora y fauna. Un dato nítido, que evidencia la catástrofe de estos ecosistemas, es que la vega de Inacaliri tenía una capacidad de carga para 1.099 llamas antes de su desecamiento provocado por las extracciones para la minería que comienzan en 1940⁷¹. Al año '97 solo tenía una capacidad de carga para 22 llamas. A su vez, como efecto de las interconexiones de los acuíferos, los impactos no quedaron confinados a este afluente. Por ejemplo, la vega de Turi, ubicada en pisos más bajos en el río Salado, antes del desecamiento del río San Pedro de Inacaliri ofrecía 3.500 hectáreas de forraje; en 1997 quedaban solo 1.500 ha.

Otro caso digno de mencionar en relación con deterioro ecosistémico grave es el oasis de Quillagua. Tal como se detalla en el capítulo anterior sobre la presencia de minerales peligrosos en las aguas (que están por sobre lo permitido en toda la cuenca), Quillagua siempre presentó los valores más altos. Junto a la mala calidad de las aguas, por efecto de distintos focos de contaminación que se vinculan a la minería en general, y del cobre en específico, debe mencionarse que los habitantes de la localidad, indígenas aymaras, fueron despojados de la propiedad de sus aguas por las empresas de minería no metálica que operan en la zona, en el marco de la privatización amparada por el Código de Aguas de 1981. Tanto por la contaminación, como por la escasez hídrica, toda la vida del río en esa zona se ha visto profundamente impactada, como también, las posibilidades de desarrollar actividades agrícolas y ganaderas. En 1970 habitaban 625 personas en el oasis; en 2017 la población se había reducido a 141. Si en 1975 habían 129 ha de alfalfa, en 2007 solo quedaban 7. En 1975 había casi 1.000 cabezas de ganado; en 2007 solo 78⁷². Parte de esta historia se puede ver en el documental *Las cruces de Quillagua* de Jorge Marzuca⁷³.

69 Cade-Idepe (2004).

70 Sobre este proceso se puede revisar Cavieres (1985), Prieto et al. (2019) o Villagrán y Castro (1997). Para esta ejemplificación hemos usado Villagrán y Castro (1997) y sus referencias.

71 Reseña Minería del Cobre en el Pueblo de Toconce https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73562014000200006

72 Reseña del caso de Quillagua en https://mapa.conflictosmineros.net/ocmal_db-v2/conflicto/view/190. En específico para la crisis agrícola Carmona (2016).

73 Documental en <https://vimeo.com/97678285>.



Flora y fauna terrestre

A continuación, se presenta una breve caracterización regional de las condiciones de especies de flora y fauna terrestre, lo que nos sirve de aproximación del estado de la cuenca⁷⁴.

En invertebrados, el camarón de río del norte (*Cryphiops caementarius*) está en condición vulnerable. De los peces de agua dulce, destacamos el género *Orestias* que está en peligro. La mayoría de las especies de anfibios presentes está altamente amenazada.

En mamíferos, cabe mencionar las especies *Chinchilla brevicaudata*, *Vicugna vicugna*, *Lontra felina*, *Lynchallurus colocolo*, y *Chaetophractus nationi*, por sus bajas poblaciones. Están sometidas a presiones por caza furtiva y pérdida de hábitat, pero, sin



Quirquincho Andino @Tawantinsuyoflorayfauna, Chinchilla www.deanimalia.cl



Camarón de Río @DiarioElDía, Vicuña https://www.borispatagonia.com/es/lamas-alpacas-guanacos-y-vicunas

duda, la causa principal de su precaria situación poblacional es la sobreexplotación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos por parte de la minería y la expansión urbana relacionada.

De la flora vascular en peligro y vulnerable, para la zona altoandina destacan las especies *Azorella compacta* (yareta), *Echinopsis atacamensis*, del género *Prosopis* y *Polylepis tarapacana*, entre otras.

La historia de la *Azorella compacta*, conocida también como yareta o llareta, es aleccionadora, ya que nos muestra como los usos/abusos de los bienes naturales en la cuenca del río Loa no se limitan solo al agua. La yareta es una planta que se encuentra en los humedales altoandinos de Bolivia, Perú, Argentina y Chile. Históricamente, fue usada por la población local como combustible, con baja intensidad de explotación. Sin embargo, desde que se desarrollan el ferrocarril Antofagasta-Bolivia, las grandes industrias extractivas y los centros urbanos asociados, la yareta empieza a ser explotada ávidamente. Fue también el principal combustible usado por el campamento de Chuquicamata, con una utilización creciente que se ralentiza recién a

74 Ministerio de Obras Públicas (2012).



fin de la década de 1950, cuando comienzan a ejecutarse algunas acciones de regulación/protección debido al riesgo de desaparición que presentaba la especie. A comienzos de la década de 1950 se estima el uso y sobreexplotación de la yareta en 7.000 a 9.000 toneladas al año en Chuquicamata. A fines de la misma década, eran 1.000 TM por mes⁷⁵. Actualmente en Chile está clasificada como una especie nativa vulnerable⁷⁶.

Por otro lado, debido a su condición de especie en peligro de extinción, un anfibio que ha cobrado relativo interés científico y mediático es la llamada "rana de El Loa" (*Telmatobius dankoi*), especie endémica de la zona que vive exclusivamente en el sector Las Cascadas, 3 km al Sur de Calama⁷⁷. Denuncias posteriores y estudios sobre esta especie han alertado que se encuentra en peligro de extinción debido a la falta de agua en la cuenca, así como por la intervención y contaminación del vital elemento, y, por lo tanto, de los ecosistemas requeridos para su reproducción. Lo anterior ha llevado a la ejecución de acciones desesperadas de conservación, que igualmente son superficiales e insuficientes para asegurar su preservación. En 2019 se optó por trasladar, primero los últimos 64 ejemplares hacia Ojos de Apache, a seis kilómetros de distancia de su hábitat, y, posteriormente las 14 ranas que sobrevivieron fueron trasladadas al Centro de Reproducción de Anfibios Nativos del Parque Metropolitano de Santiago para su reproducción. Gracias a este esfuerzo, nacieron cerca de 200 crías a fines del 2020. Esta especie es el vertebrado con mayor riesgo de extinción en el país⁷⁸, en un escenario donde, los anfibios "forman parte de cadenas tróficas fundamentales (...). Si los anfibios están mal es porque muchas otras partes del ecosistema están en muy mal estado"⁷⁹. Hoy el desafío y la urgencia es recuperar los ecosistemas de la cuenca del río Loa, el macro hábitat que necesita la rana del Loa para su existencia. Los anfibios son altamente sensibles, respiran a través de su piel húmeda. Los contaminantes presentes en el agua de su ambiente ingresan directamente a su flujo sanguíneo, intoxicándolos y matándolos. Cabe destacar que, por este motivo, desde hace décadas los anfibios son uno de los grupos de animales con más altas tasas de disminución poblacional. Están desapareciendo en todo el mundo. Claramente son un bioindicador



Kerfua o Queñoa @LaderaSur, Yareta o LaderaSur, Cardón de la Puna o de la Sierra www.atacamaphoto.com

75 Datos de Rudolph (1951) y Hodge (1960) citados en Calderón y Prieto (2019).
76 http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/ficha_independ.aspx?Especied=242&Version=1
77 Más antecedentes en la Ficha de Especie Clasificada del Ministerio de Medio Ambiente en http://www.mma.gob.cl/clasificacionesespecies/fichas7proceso/fichas_pac/Telmatobius_dankoi_P07.pdf
78 Información en <https://www.latercera.com/que-pasa/noticia/rana-del-loa-peligro-critico-extincion-al-rescate-las-ultimas-sobrevivientes/769562/>; <https://www.publimetro.cl/cl/noticias/2019/08/05/plan-salvacion-llegaron-santiago-los-ultimos-ejemplares-las-ranas-del-loa-evitar-inminente-extincion.html>.
79 Alejandra Montalva, directora del Zoológico de Santiago (<https://www.t13.cl/noticia/nacional/zoologico-nacional-rescata-ultimas-ranas-del-loa-evitar-su-extincion>).



Rana del Loa: www.veterinaria.udchile.cl

que está alertando sobre la crisis hídrica global; crisis que se expresa tanto en términos cuantitativos (caudales, flujos, presencia) como cualitativos (calidad).

4.2 Conservación y áreas protegidas

Se describen distintos mecanismos de protección, y los espacios bajo algún régimen de conservación. Para evaluar la aplicación efectiva de estos instrumentos, es necesario contrastar con lo presentado en el siguiente capítulo Pasivos Ambientales.

Sobre el particular, podemos adelantar que **las áreas que tienen algún tipo de protección son las mismas que presentan problemas serios, tanto por sobre extracción de recursos hídricos superficiales y subterráneos, como de calidad de aguas** (algunos ya descritos en secciones previas).

En la Región de Antofagasta existen aproximadamente 429.991 ha que cuentan con protección

oficial del Estado en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE), en sus distintas categorías⁸⁰. De ellas, ninguna está en la cuenca del río Loa. Sin embargo, en esta cuenca existen unidades identificadas como relevantes de protección o conservación, pero que no forman parte del SNASPE, y, en consecuencia, no cuentan con protección oficial del Estado. Corresponden, por una parte, a los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad establecidos en la Estrategia Regional de Biodiversidad del 2002⁸¹. Y, por otra, a los Sistemas de Humedales Protegidos, principalmente a través de instrumentos administrativos de la DGA⁸².

Dentro de los 14 sitios prioritarios para la diversidad que se reconocen en la Región de Antofagasta, 5 se encuentran en la cuenca del río Loa (Mapa 13):

80 Parques y Reservas Nacionales, Monumentos Naturales, Santuarios de la Naturaleza, Bienes Nacionales Protegidos, Reservas Marinas y Sitios Ramsar.
 81 La importancia de esta figura es que la Ley 20.417 establece que todo proyecto de inversión que se quiera ejecutar en ellos o en sus proximidades debería presentarse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).
 82 Información tomada de Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012).

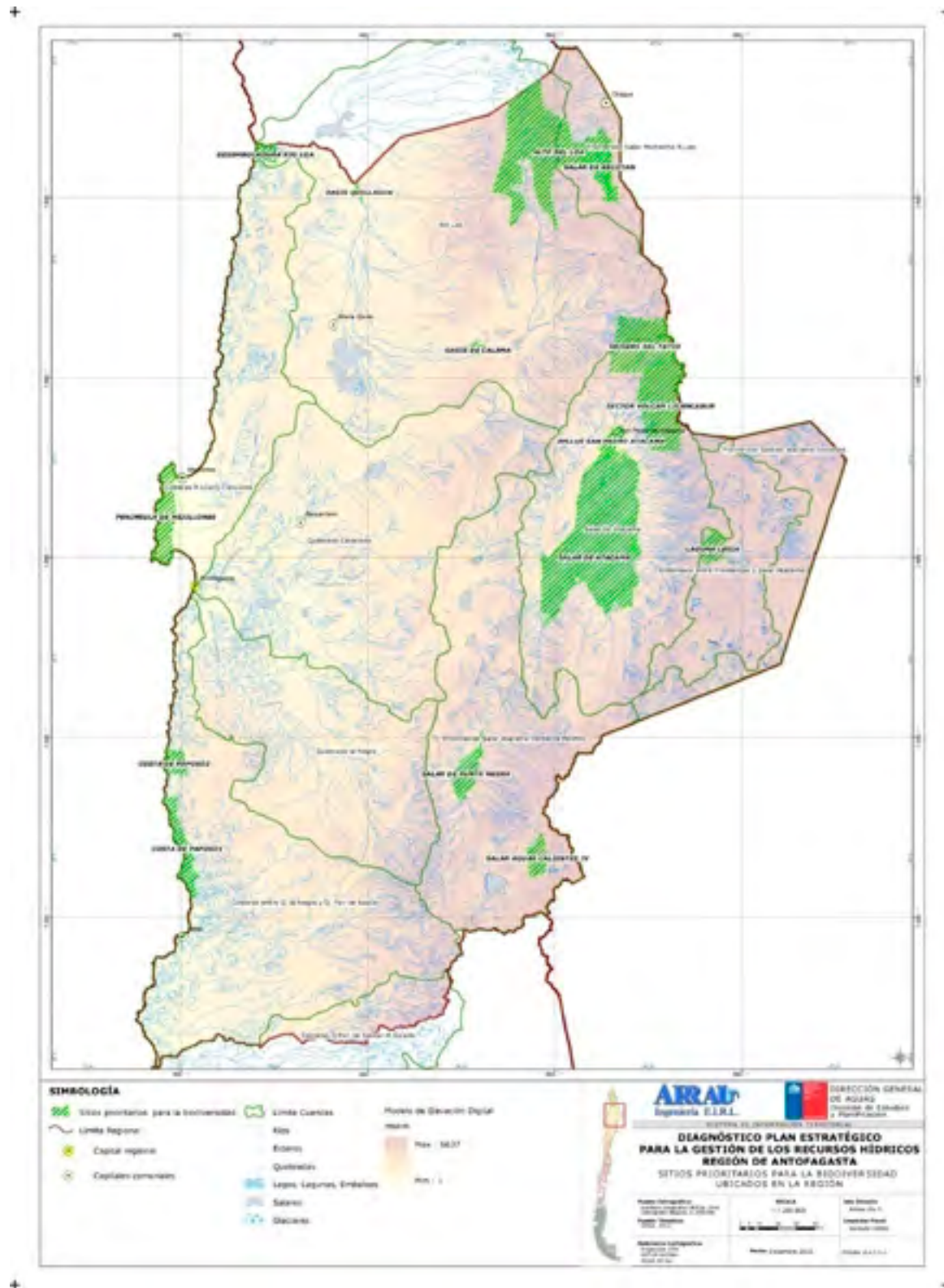
Tabla 6: Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad en la cuenca

Nombre	Comunas	Superficie (ha)
Desembocadura del Río Loa	Tocopilla	10.857
Oasis Quillagua	María Elena	1.822
Cuenca Alto Loa	Calama-Ollagüe	207.440
Oasis de Calama	Calama	4.576
Geiser del Tatio	Calama, San Pedro Atacama	83.948

Fuente: Adaptación de Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012).

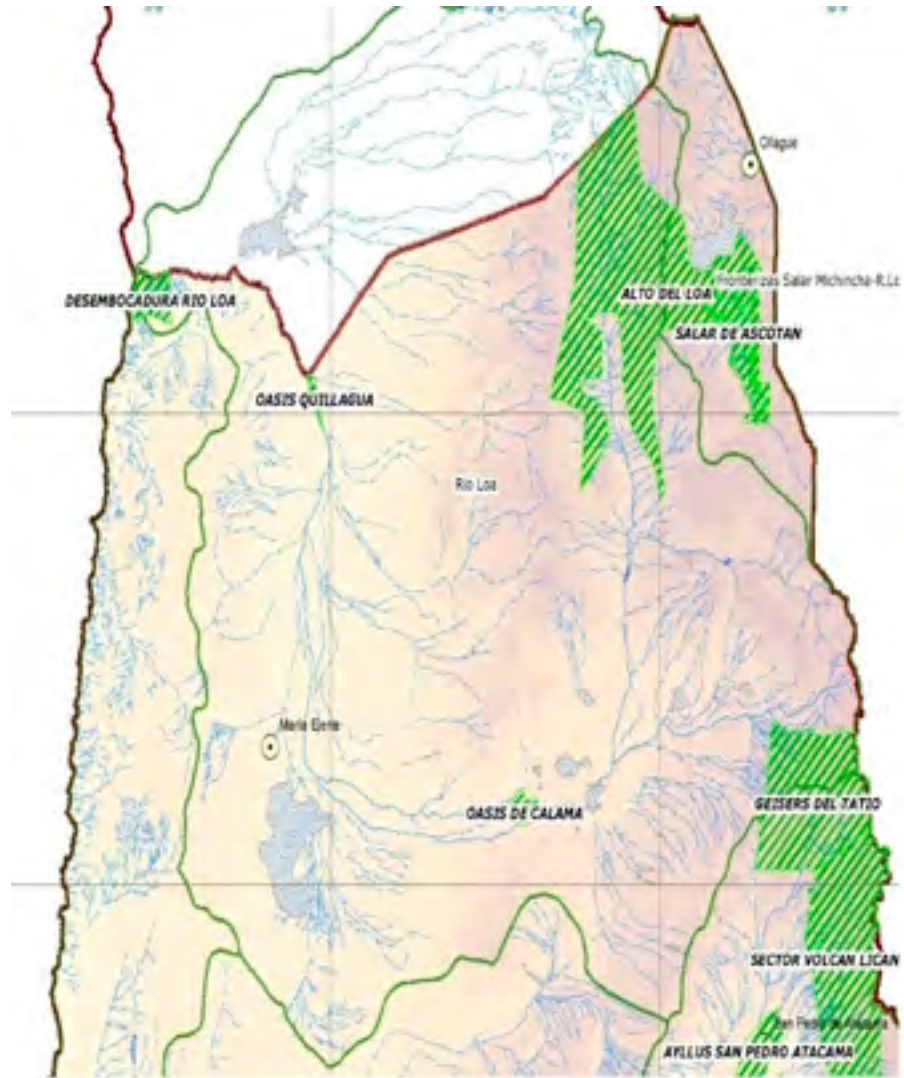


Mapa 12: Sitios prioritarios para la biodiversidad, Región de Antofagasta



Fuente: Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012: 6-55)

Mapa 13: Aproximación a los sitios prioritarios para la biodiversidad en la cuenca



Fuente: Acercamiento del Mapa 12

Otro instrumento vinculado a la protección y conservación de la cuenca son los Planes de Alerta Temprana (PAT) de la DGA⁸³. En términos generales, es un instrumento de seguimiento de la evolución de acuíferos, que tiene como objetivo realizar el pronóstico, evaluación y verificación de los efectos o impactos previstos al momento de otorgar un derecho de aprovechamiento de agua subterránea⁸⁴. Esto, porque los acuíferos presentan un alto nivel de “estrés” hídrico debido a la gran cantidad de derechos otorgados y explotaciones en curso o proyectadas, la capacidad del acuífero, la baja recarga, etc. Por lo cual, la constitución y ejercicio de los derechos de agua está condicionada a estos PAT.

Los PAT vigentes en la región consideran tres fases: a) Monitoreo del comportamiento del acuífero y áreas sensibles; b) Predicción, evaluación de impactos y medidas de corrección, y; c) Revisión y actualización periódica.

La Región de Antofagasta cuenta con seis PAT y, según documentos analizados, hay otros tres en proceso.

En el Mapa 14 se puede observar la ubicación referencial de los PAT en la cuenca del río Loa⁸⁵.

En el caso específico del acuífero Pampa Puno, primero, en 2002, la DGA otorgó a Codelco, la extracción de un caudal medio anual de 300 l/s, y un caudal instantáneo de 399 l/s⁸⁶, para su mina de cobre y plata a rajo abierto División Ministro Hales. Posteriormente, en 2005, se aprueba el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto “Suministro, Construcción y Operación Aducción de Agua Pampa Puno”⁸⁷, “que identifica como susceptibles de impacto los poblados de Lequena, Estación San Pedro, Santa Bárbara, Conchi Viejo, Quinchamale, Estación Conchi y Chela. El proyecto de extracción de aguas subterráneas se emplaza en territorios ancestrales de la comunidad indígena de Taira, situados en la cuenca superior del Loa”⁸⁸. Los problemas generados por la extracción de un caudal de 400 l/s desde nueve pozos, llevan a la Comunidad indígena atacameña Taira, en 2016, a solicitar ante el SEA la suspensión inmediata y total de toda extracción de recursos hídricos para la correcta evaluación de los daños producidos y eventuales alternativas de mitigación y restauración de los ecosistemas vulnerados⁸⁹. En esta misma línea, a comienzos del 2018, la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) solicitó cerrar dos pozos⁹⁰, y el Primer Tribunal Ambiental determinó la detención total de la extracción de los pozos en Pampa Puno⁹¹.



Sistema impulsión y aducción, Pampa Puno, Ministro Hales, Ericksho.com

83 Sobre PAT ver DGA (2012).

84 Análisis Preliminar de Planes de Alerta Temprana con Condicionamiento de Derechos, División de Estudios y Planificación, SDT N° 335, MOP.

85 No incluye Pampa Llalqui por falta de información.

86 859/2002

87 Res. COREMA II Región N° 2603/2005

88 Extracto Conflictos por el Agua en Chile, Entre los Derechos Humanos y las Reglas del Mercado, 2010. Chile Sustentable.

89 https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/adjuntos/paginas-estaticas/13_solicita_medida_provisional_21_de_julio_de_2016.pdf

90 <http://www.mch.cl/2018/02/09/solicitaron-cerrar-dos-pozos-codelco-pampa-puno-riesgo-medioambiental/#>

91 <https://www.1ta.cl/1ta-dicta-medidas-innovativas-en-caso-codelco-vega-sapunta/>

Tabla 7: Planes de Alerta Temprana en la cuenca

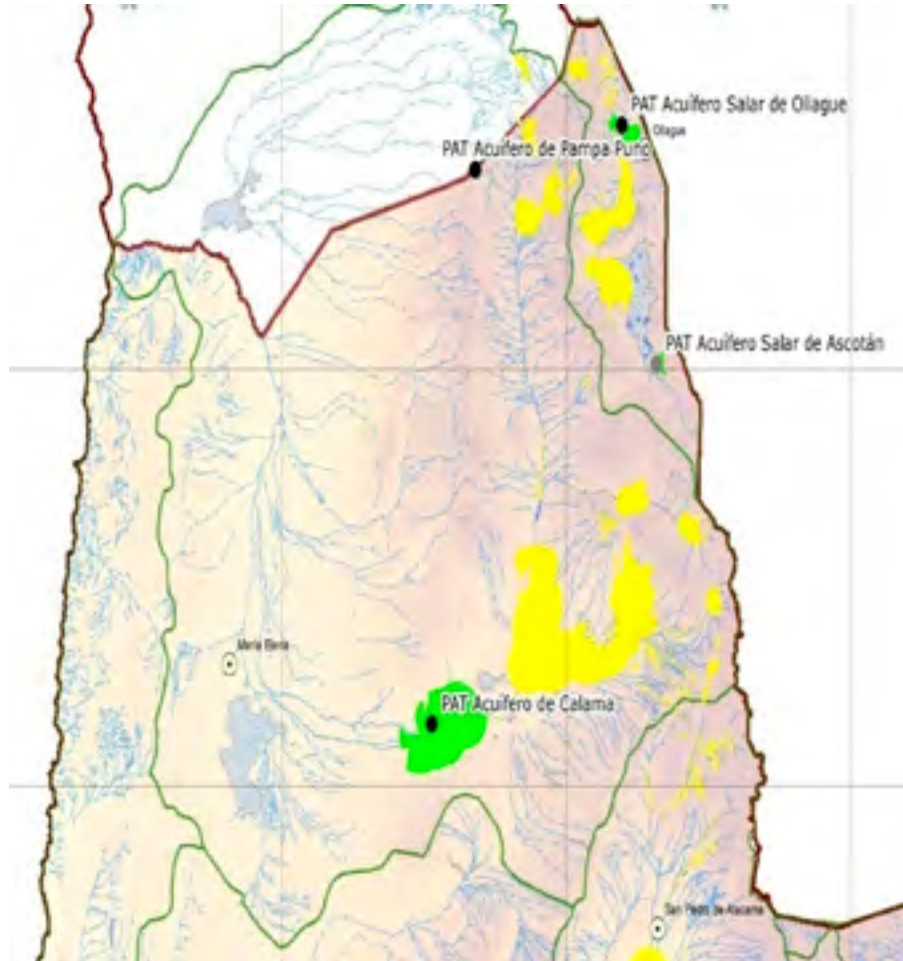
Acuífero	Titular Extracción	Estado PAT
Calama	Compañía Contractual Minera Leonor (CCML); Minera El Tesoro Pozo P - 10	Disponible
	Lomas Bayas	No
Pampa Puno	Codelco / No hay extracciones	Disponible
Salar de Ollagüe	Codelco	
Elvira	Codelco / Proyecto Gaby	
Los Morros	Codelco / Proyecto Gaby	
Acuífero de Monturaqui Negrillar Tilopozo	Minera Escondida Ltda Compañía Minera Zaldívar Sociedad Chilena del Litio	
Pampa Llalqui	s/i	En proceso

Fuente: Elaboración con propia en base a Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012)



Petroglifo en Taira @Tomás Munita

Mapa 14: Aproximación a la ubicación referencial de PAT en la cuenca



Fuente: Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012: 6-23)

En verde acuíferos con PAT activo y amarillo sin PAT activo a la fecha del estudio citado

V. USOS Y ABUSOS

El término pasivo ambiental no tiene una acepción única. Es usado por los estamentos del Estado, por las propias empresas extractivas y organismos internacionales, como también organizaciones ecológicas, activistas y académicos⁹². En este caso, nos interesa el concepto en la medida que permite abordar los componentes perjudiciales en términos de lo que se extrae, deposita y vierte en el río -los usos y abusos de la cuenca y el río- resultado de las actividades de mayor impacto, como la gran minería y la expansión urbana.

Se revisan antecedentes referentes a la privatización de las aguas, las extracciones, la demanda y el consumo, el vertimiento de aguas servidas, como también, otros datos relacionados con pasivos ambientales.

5.1 Privatización del agua

Para dar cuenta de la situación de la extracción de agua en la cuenca comenzaremos caracterizando el estado de los derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) que se han otorgado en el sector.

A escala regional, los DAA vigentes al 2018 equivalen a un total de 28.244,46 l/s. De ellos, 11.484,50 l/s, **están otorgados en la cuenca del río Loa, lo que representa el 41% de los DAA de la Región de Antofagasta, siendo la principal cuenca de la región en términos de aguas asignadas.**

Como se observa en la siguiente tabla, la concentración de DAA en la cuenca del río Loa no tiene una distribución homogénea, sino que se agrupan principalmente en su sección alta, y en la sección media. En la subcuenca Loa Medio están 32,1% de los l/s otorgados en la cuenca total, mientras que en la subcuenca Loa Alto está el 65,72% de los l/s totales. A su vez, los l/s asignados en la cuenca media del Loa representan el 11,9% del total regional, y los de la cuenca alta el 24,37%. Vemos una alta presión sobre el sector medio, y más aún sobre el alto. **En la cuenca del tributario San Pedro de Inacaliri están asignados el 38,71% de los l/s de la cuenca del Loa en general y el 14,35% del total de la Región de Antofagasta. Esto explica la dramática situación en que se encuentra este importante afluente del río Loa.**



Tubería Codetco Chuquicamata@Manuel Prieto

92 Por ejemplo, en Chile, empresas y Estado están entendiendo los pasivos ambientales mineros como “una faena minera abandonada o paralizada que constituye un riesgo para la vida y la salud de las personas, así como para el medio ambiente”. La CEPAL, en una línea similar señala que se refiere “a los impactos ambientales generados por las operaciones mineras abandonadas con o sin dueño u operador identificable y en donde no se haya realizado un cierre de minas reglamentado y certificado por la autoridad correspondiente” (Oblasser y Chaparro, 2008: 9-10). Desde un enfoque crítico, Russi y Martínez-Alier (2003) los han concebido “como la suma de los daños no compensados producidos por una empresa al medio ambiente a lo largo de su historia, en su actividad normal o en caso de accidente. En otras palabras, se trata de sus deudas hacia la comunidad donde opera” (Russi y Martínez-Alier, 2003: 125).

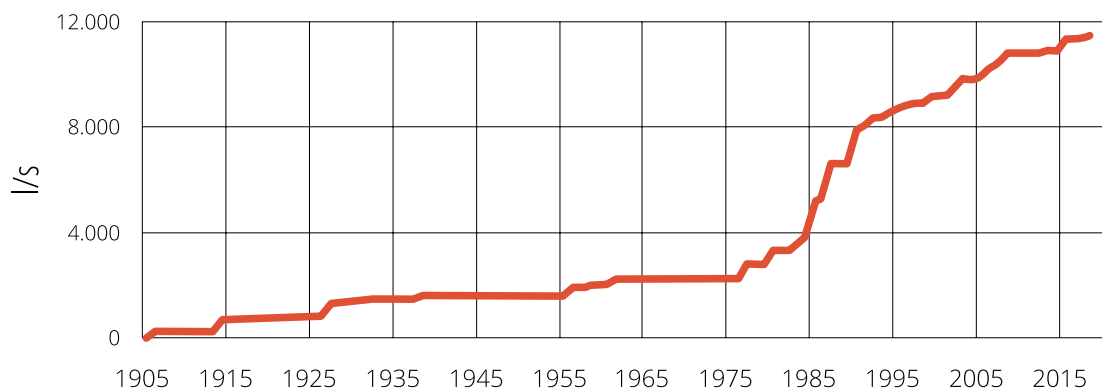
Tabla 8: Distribución de los DAA en la cuenca en l/s absolutos y porcentuales

Sub-Cuenca	Subsub-Cuenca	1/s Total	% 1/s del Total Loa	% 1/s del Total Regional
Loa Bajo	Río Loa entre Quebrada Amarga y Desembocadura	228,3156	2,18%	0,81%
	Total Loa Bajo	228,3156	2,18%	0,81%
Loa Medio	Río Loa entre Río Salado y Río San Salvador	2235,1522	21,34%	7,91%
	Río Loa entre Río San Salvador y Quebrada Amarga	412,2486	3,94%	1,46%
	Río San Salvador	713,7967	6,82%	2,53%
Total Loa Medio		3361,1975	32,10%	11,90%
Loa Alto	Río Loa bajo junta Estero Chela	408	3,90%	1,44%
	Río Loa entre Quebrada de Hachas y Río San Pedro	7,0951	0,07%	0,03%
	Río Loa entre Río San Pedro y Río Salado	689,526	6,58%	2,44%
	Río Salado	1724,4697	16,47%	6,11%
	Río San Pedro	4053,0939	38,71%	14,35%
Total Loa Alto		6882,1847	65,72%	24,37%

Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA.

En lo que respecta a la evolución en el tiempo de la asignación de DAA en la cuenca del río Loa, el Gráfico 8 denota que, si bien hay un aumento sostenido desde 1905 en adelante, es desde 1975 que se experimenta un significativo incremento del ritmo de otorgamiento de DAA, lo cual se agudiza desde 1985 en el marco del Código de Aguas de 1981, es decir, prácticamente desde los inicios de la dictadura en 1973.

Gráfico 8: **Evolución de los derechos de agua acumulados (l/s) en la cuenca del Río Loa, Región de Antofagasta (1905 - 2018)**



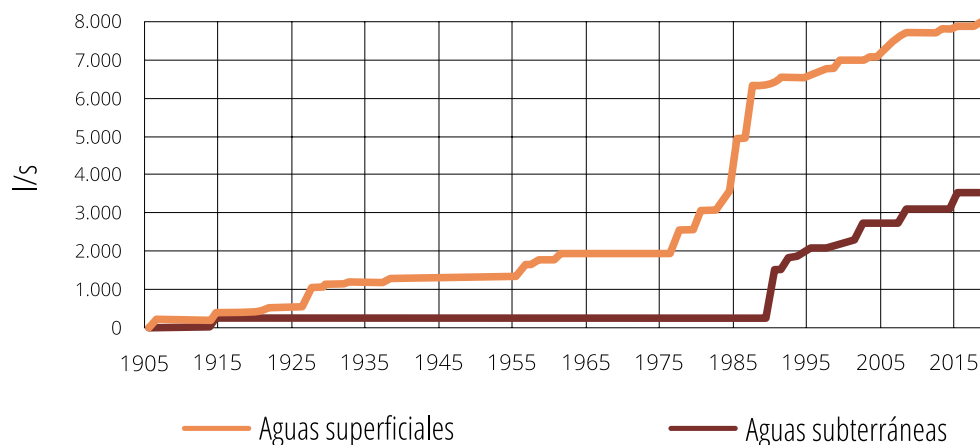
Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección General de Aguas.

Por su parte, el Gráfico 9 expresa que la **aceleración del otorgamiento de DAA durante la década de 1980 configura un nuevo escenario marcado por la rápida privatización de las aguas subterráneas, las cuales tenían muy baja demanda previo a este período, que corresponde a la dictadura, y su agresiva potenciación del extractivismo en todas sus formas y, en particular, de la megaminería.**

En el Gráfico 10 podemos observar cómo el crecimiento del otorgamiento de DDA en la cuenca se debe fundamentalmente a la expansión del rubro minero. En términos de registro de DDA, hasta mediados de la década de 1970 tenemos una demanda relativamente similar de industria y minería, de hecho, imperando el primer uso. Desde la vigencia del Código de Aguas de 1981 –y en paralelo a la

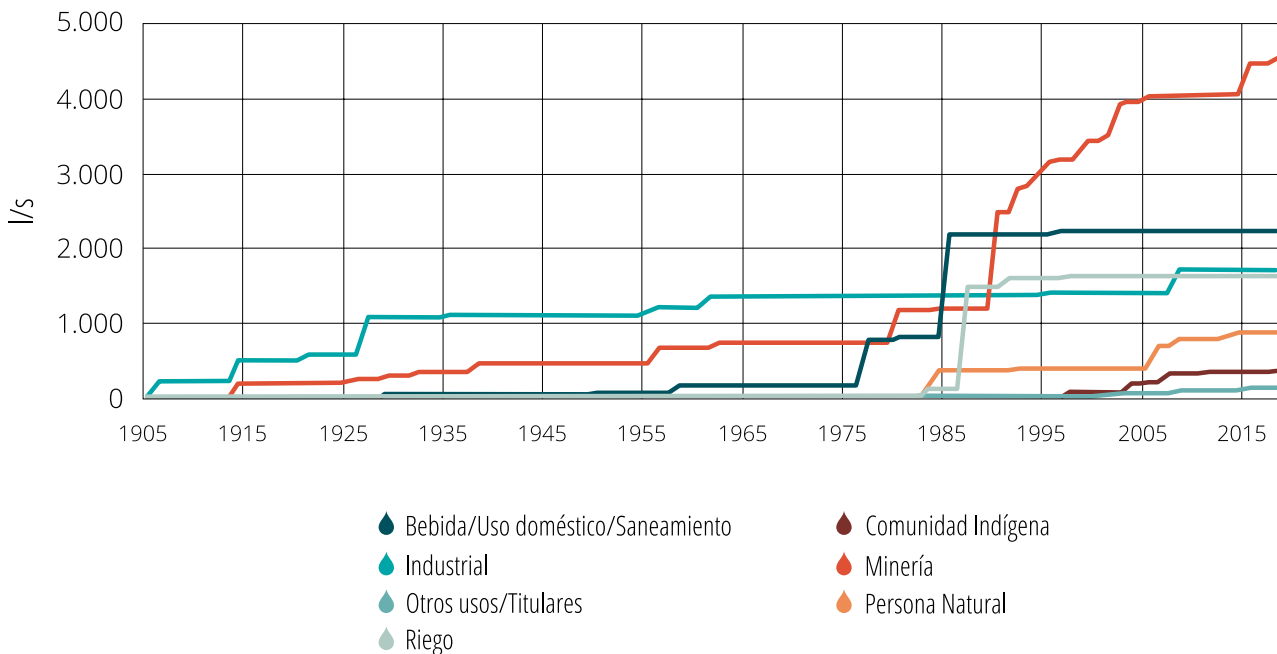
explosión de la actividad minera en el mismo período- se identifica un crecimiento vertiginoso de uso de las aguas por parte de la minería, como también, el asociado a bebida/saneamiento, vinculados al crecimiento urbano, proporcional a la expansión minera. Durante la vigencia de esta normativa, y hasta la actualidad, también se configuran nuevos propietarios como son, por ejemplo, las comunidades indígenas en vinculación a lo establecido por la Ley Indígena de 1993. A su vez, otros usos existentes en la cuenca desde tiempos inmemoriales, como el riego, que hasta esa fecha no se repartían con DDA, sino con sistemas tradicionales, son asignados de esta forma moderna, con DAA, en el proceso de implementación del Código de Aguas de 1981.

Gráfico 9: Evolución de los DAA acumulados (l/s) aguas superficiales y subterráneas en la cuenca (1905 - 2018)



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA.

Gráfico 10: Evolución de derechos de agua acumulados en la cuenca según usos y propietarios (1905 - 2018)



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA.

Mapa 15: Derechos de aprovechamiento de aguas, Región de Antofagasta



Fuente: Arcadis (2016: 33)

En los Mapas 15, 16 y 17, se puede observar la ubicación de los DAA vigentes en la Región de Antofagasta y cuenca del río Loa, respectivamente. Se distinguen las aguas superficiales y subterráneas.

Mapa 16: Aproximación a los DAA en la cuenca



Fuente: Acercamiento del Mapa 16



Ojos de Opache, Calama @Francisco Gallardo

5.2 Demanda y uso de aguas

Se analizan las demandas hídricas según los tipos de usos: bebida y saneamiento, agricultura y minería.

5.2.1 Bebida y saneamiento

En lo que respecta al agua potable y servicios sanitarios, Aguas Antofagasta, la empresa encargada de la provisión de estos servicios, registró al año 2019 un total de 179.000 clientes, de los cuales 48.330 se ubicaban en la comuna de Calama (27%)⁹³.

En lo que respecta a la cobertura de servicios sanitarios en la ciudad de Calama, el año 2017, sobre

un total de 44.072 clientes residenciales de agua potable, se estimó una población abastecida de 149.379 personas. En lo referente a la cobertura de alcantarillado para el mismo año, de un total de 43.914 clientes residenciales, se calculó una población de 148.844 personas con este servicio. El total de estos inmuebles y personas recibió tratamiento de aguas servidas⁹⁴. Como se aprecia en el siguiente cuadro, a nivel regional Calama es el segundo demandante de agua potable y servicios sanitarios después de Antofagasta. Es relevante tener en consideración la demanda regional general, ya que sus principales centros urbanos se abastecen con agua potable que provee la cuenca del río Loa (Mapa 18).

93 Aguas Antofagasta (2019).

94 SISS (2017).

Tabla 9: Abastecimiento de agua potable y saneamiento por ciudad, Región de Antofagasta

Ciudad	Agua Potable		Alcantarillado		Aguas Servidas (tratamiento)	
	Clientes Residenciales	Población Abastecida	Clientes Residenciales	Población Abastecida	Clientes Residenciales	Población Abastecida
Antofagasta	108.495	337.437	108.460	337.328	108.460	337.328
Calama	44.072	149.379	43.914	148.844	43.914	148.844
Mejillones	3.402	11.209	3.398	11.196	3.398	11.196
Tal Tal	3.207	8.877	3.187	8.821	3.187	8.821
Sierra Gorda	263	582	262	580	262	580
Baquedano	235	978	235	978	235	978
Tocopilla	8.850	23.423	8.830	23.370	8.830	23.370
Total Regional	168.524	531.885	168.286	531.116	168.286	531.116

Fuente: Elaboración propia con datos de SISS (2017).

A nivel regional, esto se expresó en una producción de 54.393.000 m³ de agua y un consumo de 39.593.000 m³ el año 2016 ⁹⁵.

Dentro del sistema de abastecimiento regional, la cuenca del río Loa corresponde al Sistema de Producción Norte, el principal abastecedor de aguas a la región. No se encontraron cifras actualizadas que den cuenta de los procesos de extracción en

este sistema. Los últimos datos disponibles muestran que al año 2011 se extraía un total de 1.686 l/s, de los cuales 1.086 l/s provenían de la cuenca del Loa. El saldo de 600 l/s corresponde a la planta desaladora de agua de mar La Chimba. Por su parte, el Sistema de Producción Sur de la Región de Antofagasta, para el mismo año 2011, captó solo 36 l/s.

95 Datos INE informe-anual-de-medio-ambiente-2017.pdf https://www.ine.cl/docs/default-source/variables-basicas-ambientales/publicaciones-y-anuarios/informe-anual-de-medio-ambiente/informe-anual-de-medio-ambiente-2017.pdf?sfvrsn=43cc748f_3

Tabla 10: Extracción de agua para fines sanitarios en la cuenca

Punto de Extracción	l/s	% dentro de la Cuenca Loa	% del Total Sistema Norte	% del Total Regional (Sistema Norte + Sistema Sur)
Lequena	428	39%	25%	24,9%
Quinchamale	232	21%	14%	13,5%
Toconce	296	27%	18%	17,2%
San Pedro (CODELCO)	90	8%	5%	5,2%
Puente Negro	40,0	4%	2%	2,3%
Total	1.086	100%	64%	63,1%

Fuente: Elaboración propia en base a Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012).

Dentro de los usos de bebida y saneamiento, también deben considerarse los sistemas de Agua Potable Rural (APR) que abastecen a las localidades rurales de la región, en este caso, de la cuenca del río Loa. Sin embargo, tanto por los volúmenes de uso de agua, como por los mecanismos de gestión de los sistemas, las APR son bastante diferentes de las sanitarias. Por un lado, las cantidades de agua que distribuyen son muy menores en comparación a lo que sucede en las ciudades, a la vez que las APRs son gestionadas por las comunidades para su subsistencia, y para sus actividades agropecuarias, a diferencia de las sanitarias que son empresas con fines de lucro.

Algunas proyecciones sobre la producción de agua potable para el Sistema Norte, en función de la demanda estimada, muestran un escenario de creciente presión sobre los recursos hídricos de la cuenca.

Tabla 11: Servicios de APR en la cuenca

Nombre APR	Estado	Nº Arranques	Beneficiarios	Derechos l/s
Chunchuri	Operativo	98	295	s/i
Caspana	Operativo	189	250	2
Toconce	Operativo	s/i	100	s/i
Ayquina-Turi	No Operativo	115	150	s/i
Cupo	No Operativo	s/i	97	s/i
Lasana	Operativo	117	431	2
Chiu Chiu	Operativo	184	1200	
Verdes Campiñas (Calama peri urbano)	No Operativo	155	660	s/i
Yalquincha	No Operativo	18	89	s/i
Quillagua	Operativo	20	120	s/i

Fuente: Elaboración propia en base a Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012) y Arcadis (2016).

**Tabla 12: Proyección de producción de agua potable (l/s)
Sistema Norte de la Región de Antofagasta**

Caudal	2012	2016	2026
Medio Anual	1.402	1.513,2	1.856,9
Máximo Diario	1.668,2	1.802,9	2.216,5

Fuente: Adaptación en base a Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012).

Mapa 17: Fuentes de agua potable y red de distribución Región de Antofagasta



Fuente: Arcadis (2016: 71)

Mapa 18: Aproximación a fuentes de agua potable y red de distribución regional en la cuenca



Fuente: Acercamiento del Mapa 18

5.3 Uso agrícola

A escala regional, las estimaciones de demanda de agua para fines agrícolas se concentran en un 67% en la cuenca del Salar de Atacama y un 32% en el río Loa, lo cual tiene relación con la distribución actual de las hectáreas bajo riego. En el resto de las cuencas con demanda de agua para riego, esta no alcanza el 1%.

Tabla 13: Demandas de agua de riego por cuenca

Cuenca	Demanda Anual Ajustada (m ³ /año)	% Demanda Anual Ajustada (m ³ /año)
Fronteriza - Salar Michincha - Río Loa	26.328,53	0,1%
Río Loa	16.144.875,97	32,4%
Costera - Loa - Caracoles	82.447,23	0,2%
Salar de Atacama	33.537.340,85	67,3%
Quebrada Caracoles	1.748,75	0,0%
Costera - Quebrada La Negra - Quebrada Pan de Azúcar	68.946,61	0,1%
Total	49.861.687,94	100,0%

Fuente: Adaptado de Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012).

En el mapas 19 se observa la ubicación de la infraestructura de riego regional, así como en la cuenca del Loa, respectivamente.

Estudios han establecido una proyección ascendente de la demanda del agua de riego a partir de una estimación del aumento gradual de las hectáreas regadas. Abajo se presenta esta información. Sin embargo, a partir de otros estudios e información de campo, estas proyecciones no parecen ajustarse a la realidad.

Tabla 14: Proyección de superficie y demanda hídrica agrícola 2012-2032

Superficie Agrícola Proyectada (ha)				Demanda Hídrica Agrícola Proyectada (m ³ /año)			
2012	2017	2022	2032	2012	2017	2022	2032
880,7	939,94	989,8	1.124,03	16.055.980,84	17.278.759,15	18.459.152,7	21.415.042,23

Fuente: Adaptación de Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012: 5-5).

Mapa 19: Aproximación a la infraestructura de riego en la cuenca



Fuente: Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012: 5-5). En rojo canales de regadío

5.4 Minería

En toda la Región de Antofagasta se estima un consumo de agua de 6.355,8 l/s por parte de la gran minería cuprífera⁹⁶. De este consumo, 2.671,3 l/s están asociados a las grandes minas de cobre presentes en la cuenca del río Loa.

Se observa que tan solo tres grandes operaciones mineras, Codelco Chuquicamata, Radomiro To-

mic, y El Abra, son responsables del 42% del consumo total de agua en la Región de Antofagasta.

Si analizamos la distribución de los consumos de agua en función de la ubicación de las fuentes, observamos el rol preponderante que ocupa la cuenca del Loa, con el 52% del total regional (Tabla 16).

Tabla 15: Consumo de agua de grandes minas de cobre en la cuenca

	Consumo l/s	% Consumo l/s del Total Regional	Cuenca de Extracción
Codelco Chuquicamata	2.141,2	33,7%	Loa
R. Tomic	453,7	7,1%	Loa
El Abra	76,4	1,2%	Fronterizas Salar Michincha Río Loa
Total	2.671,3	42,0%	

Fuente: Adaptación de Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012).

Tabla 16: Consumo de agua de la minería del cobre por cuenca

Cuenca	Consumo en l/s	% Consumo l/s
Río Loa	2.760	52,1%
Fronterizas Salar Michincha - Río Loa	76	1,4%
Salar de Atacama	1.406	26,5%
Endorreicas Salar de Atacama - Vertiente Pacífico	1.027	19,4%
Quebrada La Negra	33	0,6%
Total	5.302	100,0%

Fuente: Adaptación de Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012).

96 Este valor considera el consumo de agua por parte de Minera Esperanza y Michilla, las cuales ocupan agua desalada en sus procesos.



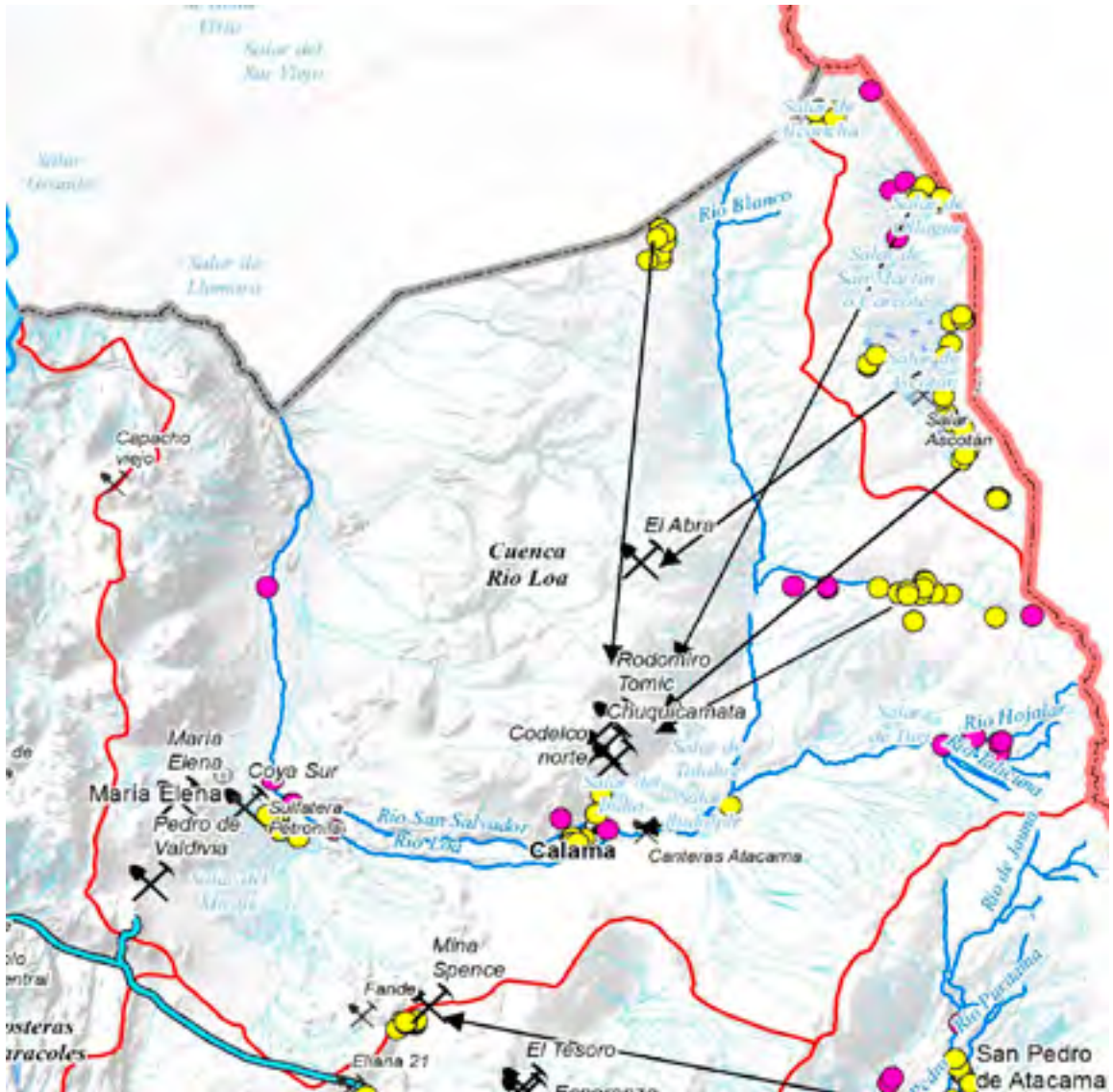
En los Mapas 20 y 21 se muestra el emplazamiento de las faenas mineras, sus derechos de agua y el flujo de las aducciones en la Región de Antofagasta y cuenca del río Loa, respectivamente.

Mapa 20: Faenas mineras, derechos de agua asociados y flujos de aducciones, Región de Antofagasta



Fuente: Arcadis (2016: 75)

Mapa 21: Aproximación a las faenas mineras, derechos de agua asociados, y flujos de aducciones en la cuenca



Fuente: Acercamiento del Mapa 21

Tabla 17: Estimación de extracción de agua en la cuenca por sector

Sector	Extracción 1/s	Extracción 1/s en %
Sanitario	1.086	25%
Agrícola	511,91	12%
Minerap	2.760	63%
Total	4.357,9	100%

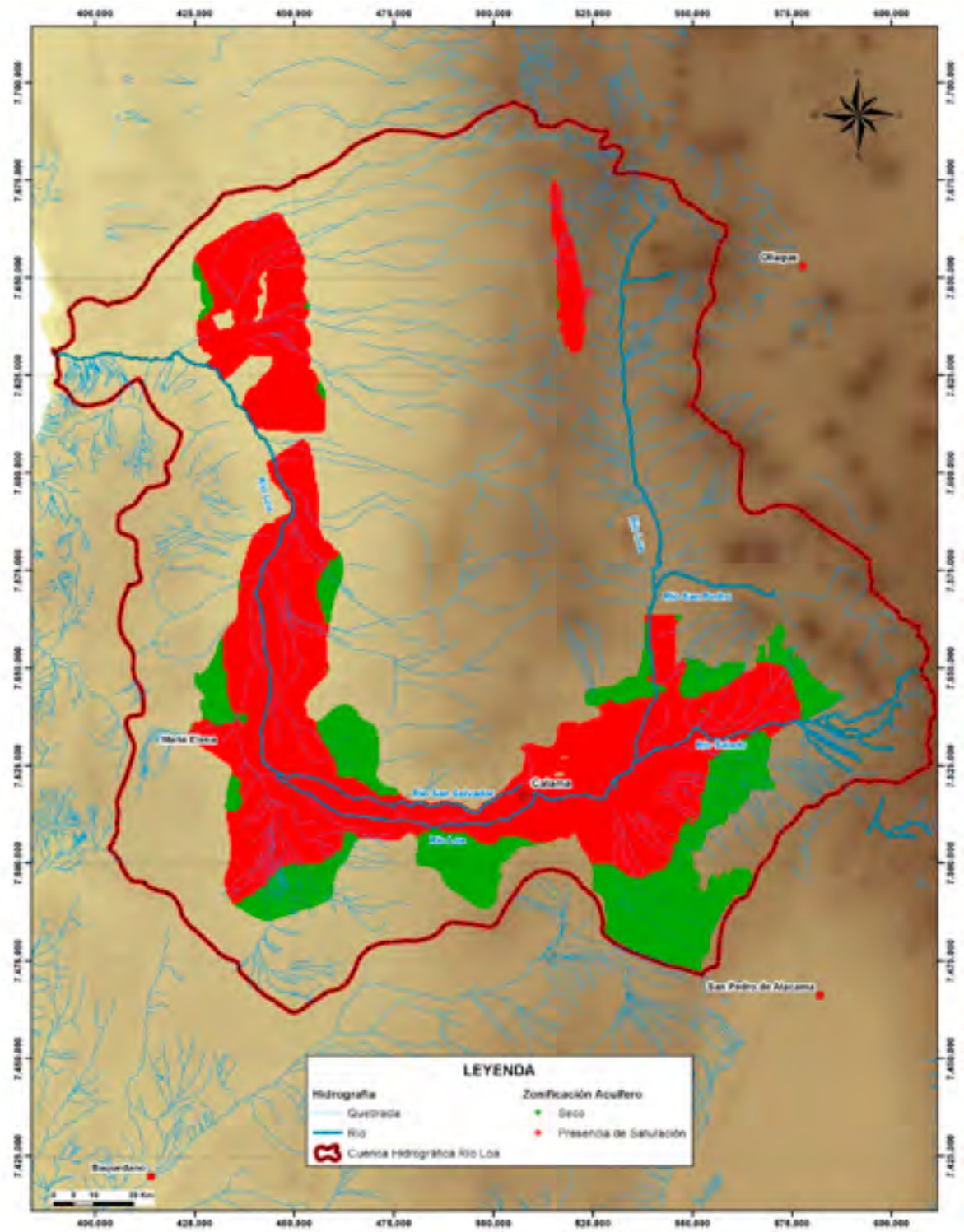
Fuente: Elaboración propia en base a Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012).

A partir de los datos presentados previamente, se incluye el siguiente cuadro síntesis de estimaciones de extracción de agua por sector de la cuenca del río Loa.

Hemos observado que existe una alta demanda de los recursos hídricos de la cuenca del río Loa. El principal consumidor es, sin duda, la gran minería, cuyo consumo debiera ser calificado de excesivo, ya que compite con, o impide, los múltiples otros usos que demandan, tanto los ecosistemas, como las comunidades indígenas y población en general. El siguiente mayor consumo proviene del sector urbano. El riego y consumo de la población rural es a baja escala en comparación a los anteriores, además de ser cualitativamente diferentes, ya que se vinculan a las actividades tradicionales y ocupación humana histórica del territorio por parte de poblaciones indígenas.

El escenario que configura la información revisada permite entender a cabalidad que el año 2000, a solicitud de la Comunidad Atacameña San Francisco de Chiu Chiu, se haya declarado el agotamiento de las aguas superficiales del cauce natural del río Loa y sus afluentes, ya que según se indica en la Resolución Exenta N°197 del año 2000 de la Dirección General de Aguas, “los estudios técnicos realizados han demostrado que en el cauce del río Loa y de sus afluentes no existen recursos para constituir nuevos derechos consuntivos permanentes”⁹⁷. A su vez, los altos volúmenes de extracción de aguas superficiales han conducido a que gran parte de los sectores acuíferos de la cuenca estén catalogados como secos o sobreexplotados en términos de su capacidad de extracción (ver Mapa 22).

Mapa 22: Acuíferos secos o saturados de contaminación en la cuenca



Fuente: Knight Piésold S.A. (2014a: 7-9)

Por falta de antecedentes la estimación no fue realizada para los sectores de Loa Aguas Arriba Embalse Conchi, río San Pedro y Loa desde Quillagua hasta Desembocadura.

5.5 Aguas servidas

Es indudable que el mejoramiento de las condiciones de vida de la población urbana, con mejoras tales como el acceso a agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas, es un aspecto que debe ser destacado si nos ponemos en la perspectiva de esta población. Sin embargo, debe considerarse que a medida que aumenta la población de las ciudades y se incrementan sus necesidades por servicios básicos, crecen –como ya vimos– las demandas por consumo de agua potable –por ende, su extracción– y a la vez, la descarga de aguas servidas, las cuales también generan efectos nocivos sobre los ecosistemas y la población. Desde una perspectiva más amplia, cabe preguntarse por la necesidad de políticas que regulen el crecimiento de las urbes en concordancia con la capacidad de sostenerlas que tienen, tanto los servicios públicos, como los servicios ambientales que provee el entorno ecológico, y en particular los ecosistemas hídricos. Es claro que la planificación urbana debe contemplar la capacidad de carga del territorio y las necesidades de las comunidades preexistentes, con mayor razón si se trata de pueblos originarios de ancestro precolombino.

En relación con las aguas servidas, según información de la SISS, en la cuenca del río Loa se emplaza exclusivamente la planta de tratamiento de aguas servidas (PTAS) de Calama, operada por la empresa Tratacal S.A. La planta descarga sus aguas en la quebrada Quetena, en las afueras de la ciudad de Calama. Entre 2014 y 2018 los volúmenes informa-

dos de tratamiento y descarga alcanzan un promedio mensual en torno a 800.000 m³/mes⁹⁸.

Un estudio anterior respecto del cumplimiento de los estándares que regulan el funcionamiento de la planta muestra que en el 15% de los episodios estudiados no se cumple con ellos⁹⁹.

5.6 Contaminación hídrica y atmosférica

Como hemos visto en el capítulo de hidrología e hidrogeología, uno de los aspectos más problemáticos que se observan en la cuenca del río Loa, tiene que ver con la contaminación de sus aguas, lo cual implica riesgos para los ecosistemas en general, para la salud pública y para las actividades agrícolas. Se ha señalado que en gran medida los agentes causantes son residuos de la actividad minera. En tal sentido, a continuación, se señalan fuentes de contaminación, efectiva o que representan una amenaza.

En los Mapas 23 y 24 se muestra el emplazamiento de las fuentes de contaminación de aguas en la Región de Antofagasta y cuenca del río Loa, respectivamente.

98 Estimaciones propias en base a información proporcionada por la SISS vía Ley de Transparencia.

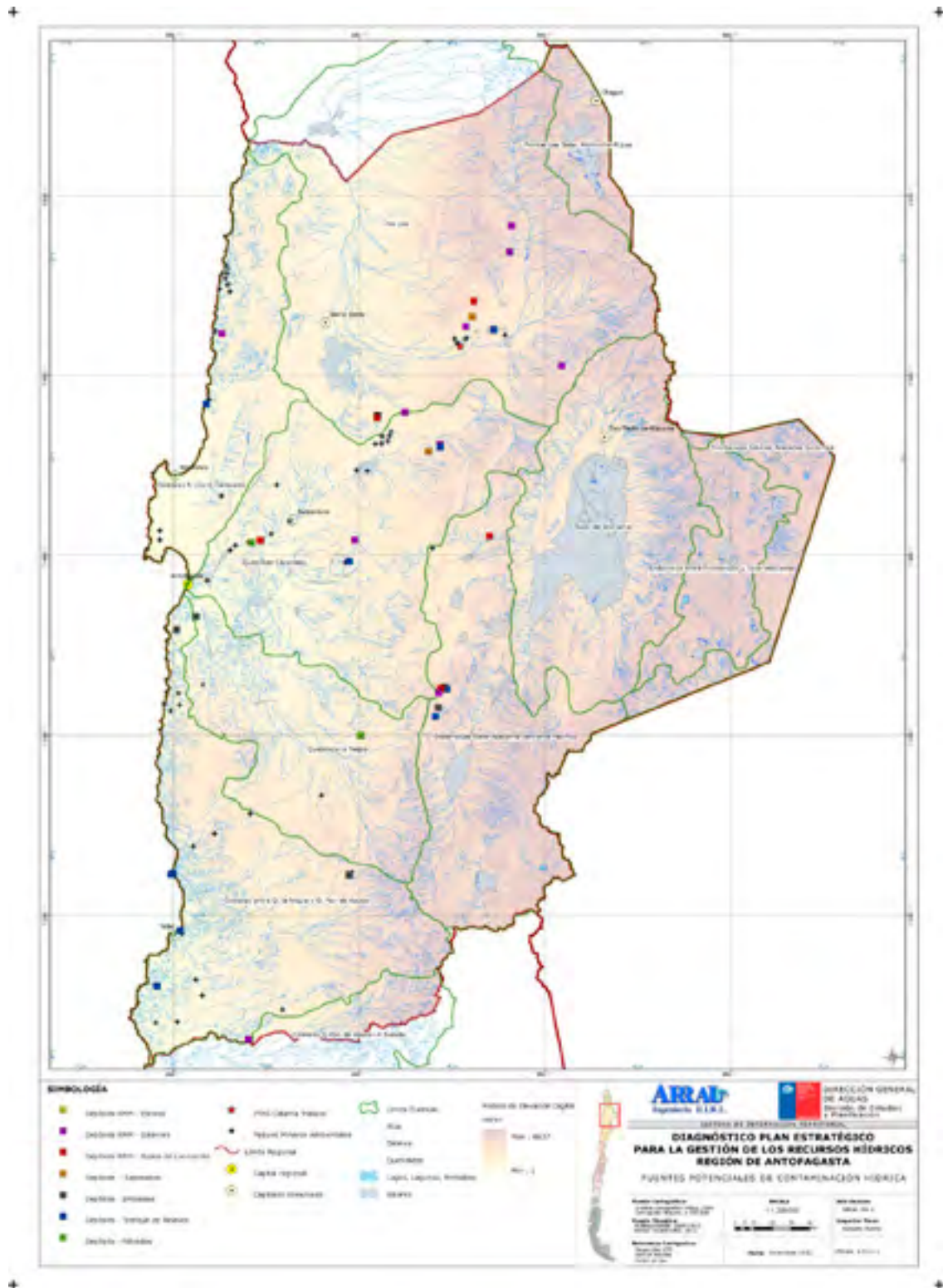
99 Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012).

Tabla 18: Fuentes de contaminación hídrica

Nombre Empresa	Nombre Faena	Nombre Instalación	Tipo de Instalación	Comuna Faena	Pasta de Origen	Estado
Codelco Norte	Chuquicamata	Talabre	Depósito/Tranque de Relaves	Calama	CU	Activo
Enami Taltal	J.A.M.	Tjm 2	Depósito/Tranque de Relaves	Calama	CU	Activo
Codelco	División Ministro Hales	Depósitos	Depósito rmm - Estériles	Calama	CU	Activo
Codelco	División Radomiro Tomic	Depósito	Depósito rmm - Ripios de Lixiviación	Calama	CU	Activo
Codelco	División Chuquicamata	Depósitos - Ripios	Depósito rmm - Ripios de Lixiviación	Calama	CU	Activo
Codelco	División Chuquicamata	Depósitos - Estériles	Depósito rmm - Estériles	Calama	CU	Activo
Codelco	División Chuquicamata	Depósitos - Escoria	Depósito rmm - Escoria	Calama	CU	Activo
Codelco	División Chuquicamata	Depósito - Filtrados	Depósito - Filtrados	Calama	CU	Activo
Codelco	División Chuquicamata	Depósitos - Espesados	Depósito Espesados	Calama	CU	Activo
Explotaciones Mineras Ltda.	Mina Cecilia 1 al 8	Botadero	Depósito rmm - Estériles	Calama	CU	Activo
Héctor San Francisco Ahumada E.I.R.L.	Mina Dinko	Botadero	Depósito rmm - Estériles	Calama	CU	Activo
SCM El Abra	El Abra	Depósitos - Ripios	Depósito rmm - Ripios de Lixiviación	Calama	CU	Activo
SCM El Abra	El Abra	Depósito - Estériles	Depósito rmm - Estériles	Calama	CU	Activo

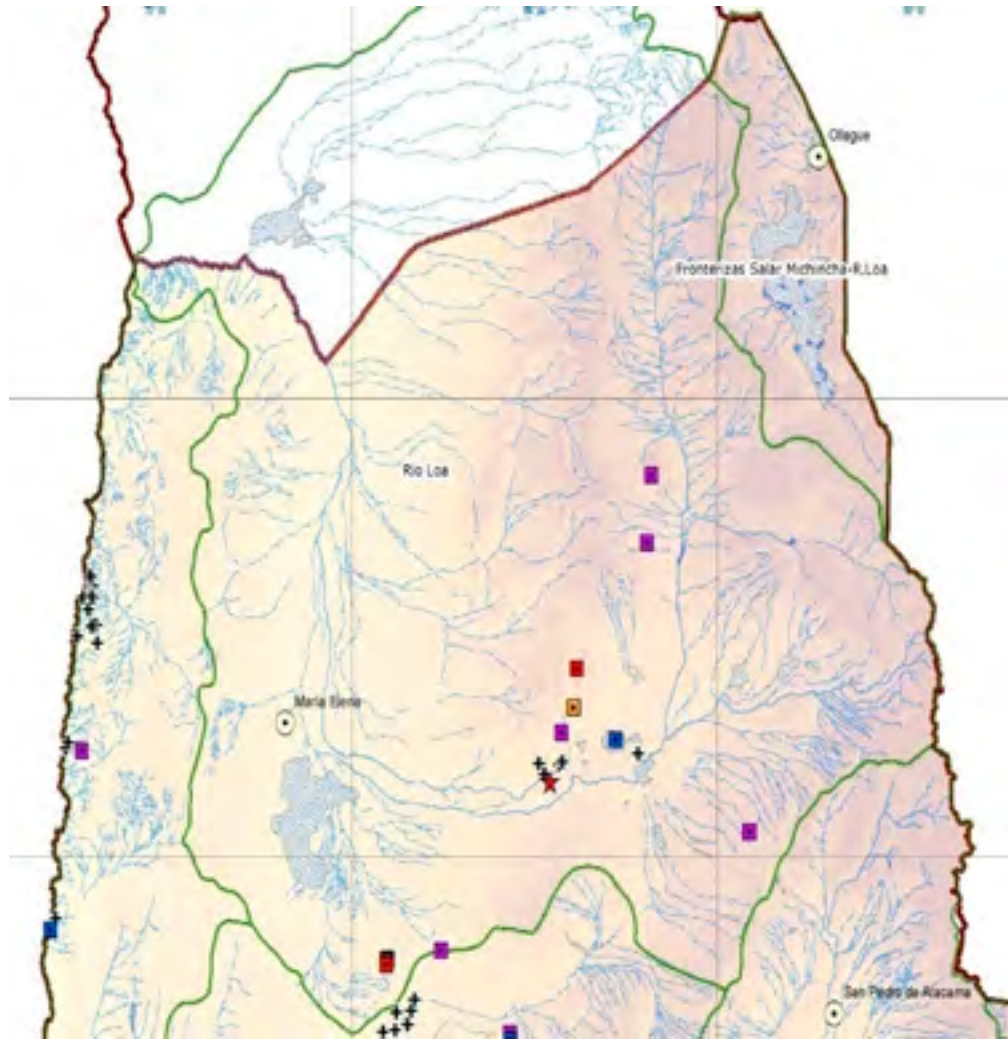
Fuente: Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012).

Mapa 23: Fuentes de contaminación de aguas, Región de Antofagasta



Fuente: Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012: 6-94)

Mapa 24: Aproximación a las fuentes de contaminación de aguas en la cuenca



Fuente: Acercamiento del Mapa 24

La actividad minera también puede presentar un riesgo de contaminación atmosférica. Se identifican 22 operaciones mineras en la Región de Antofagasta susceptibles de generar este tipo de contaminación. De ellas tres están en la cuenca del río Loa.

En Mapas 25 y 26 se observa la ubicación de las fuentes potenciales de contaminación atmosférica en la Región de Antofagasta y cuenca del río Loa respectivamente.

Tabla 19: Operaciones mineras con riesgo de contaminación atmosférica en la cuenca

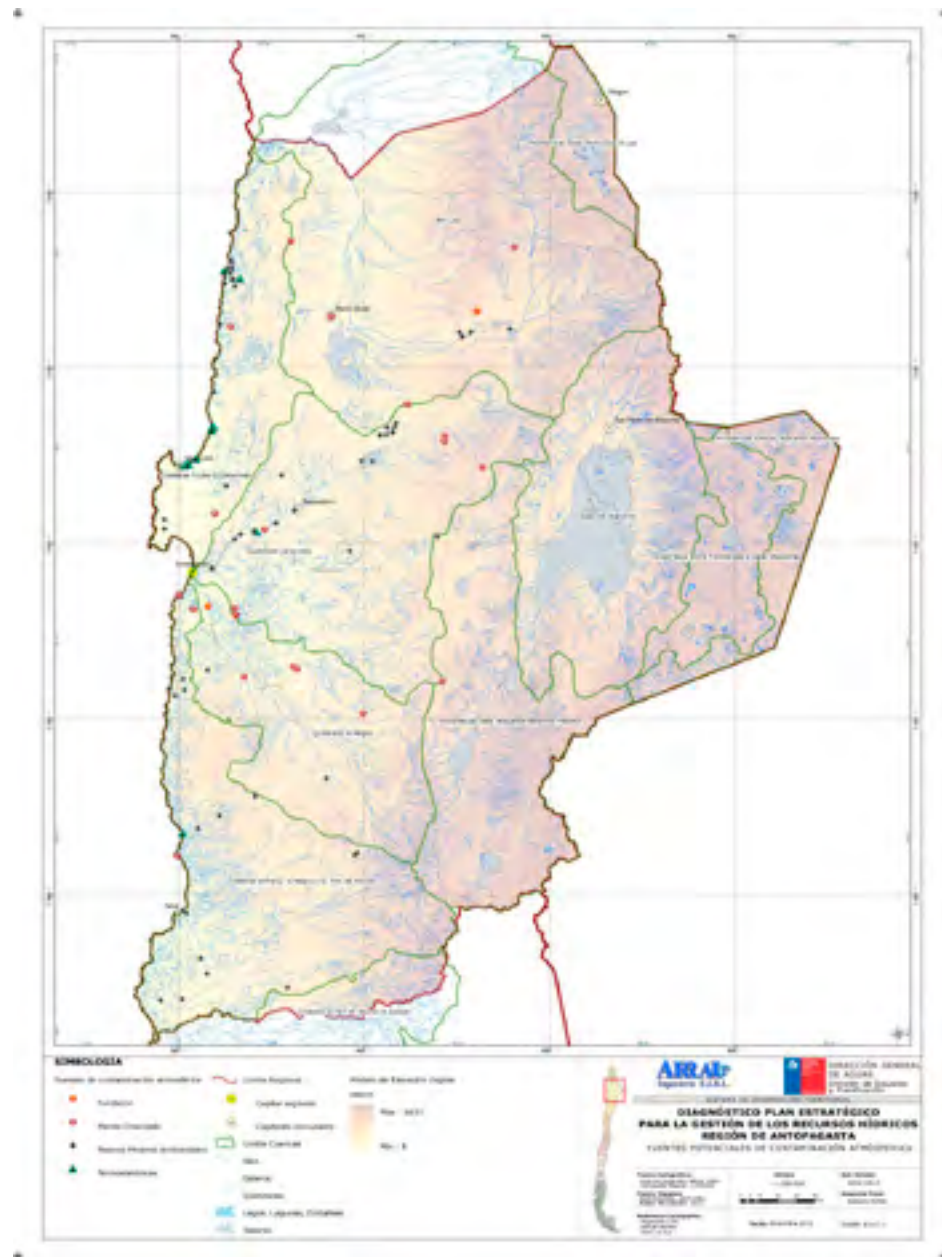
Nombre Empresa	Común a Faena	Nombre Faena	Nombre Instalación	Tipo Instalación	Pasta Principal	Tipo Minería
Corporación Nacional de Cobre (CODELCO)	Calama	Codelco Chile División Chuquicamata	Fundición	Fundición	Obsoleto Cobre	Metálico
SCM El Abra	Calama	El Abra	Planta Beneficio Área Seca	Planta Chancado	Obsoleto Cobre	Metálico
SQM Industrial S.A.	María Elena	SQM Industrial II Región	Planta de Chancado P. Valdivia	Planta Chancado	Caliche	No Metálico

Fuente: Adaptación de Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012).



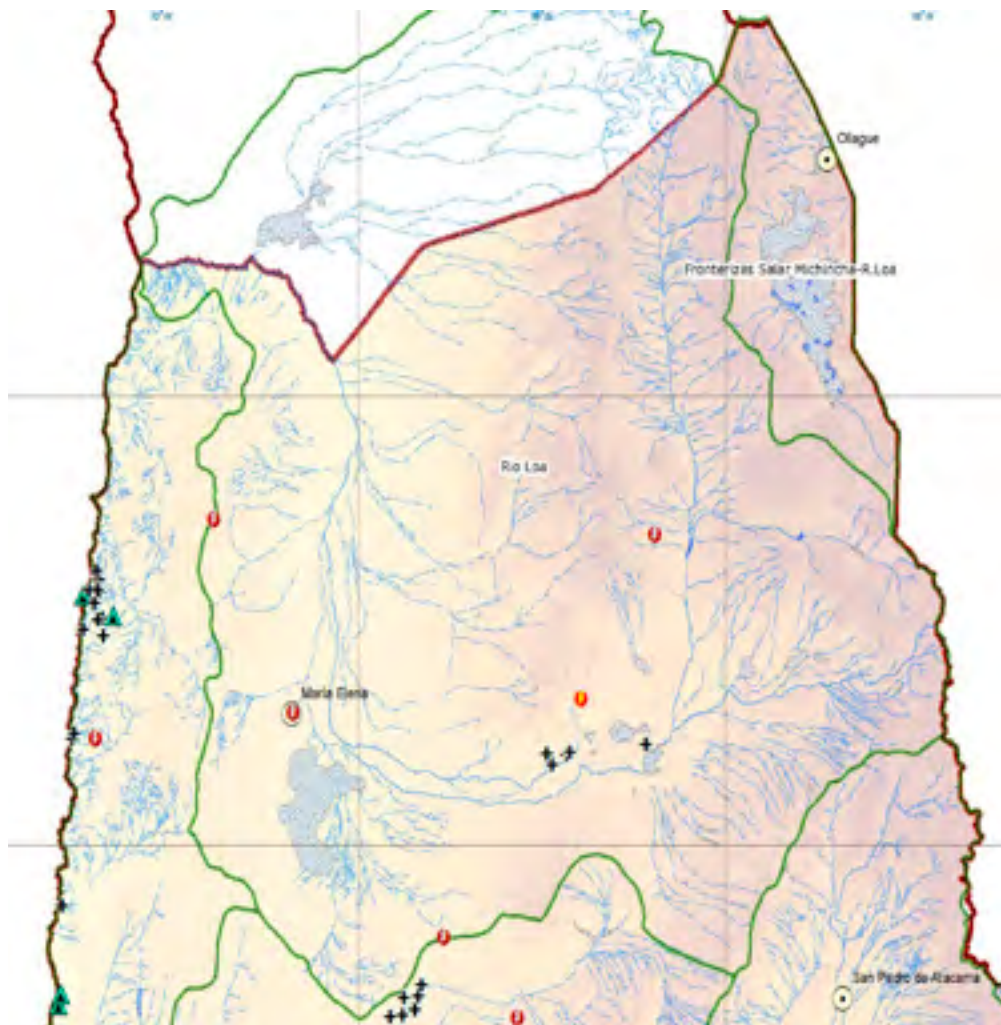
Tranque de relave Talabre www.genialegroup.cl

Mapa 25: Potenciales fuentes de contaminación atmosférica en la Región de Antofagasta



Fuente: Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012:6-104)

Mapa 26: Aproximación a potenciales fuentes de contaminación atmosférica en la cuenca



Fuente: Acercamiento del Mapa 26

La grave situación presentada aquí ha llevado a que incluso en instrumentos estatales de planificación, tales como el *Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos de la Región de Antofagasta*, se explicita el mal estado de la cuenca. Se ha señalado que **“el creciente incremento de la demanda y la contaminación de las fuentes de agua forman parte de las principales preocupaciones a nivel de los usuarios, particularmente por los efectos que tienen sobre la calidad de vida de los habitantes de los centros poblados, sobre los usos de menor escala a nivel regional como la agricultura y por el riesgo de pérdida del patrimonio ambiental y cultural de la región”**¹⁰⁰.

Sin embargo, si bien el reconocimiento de lo que ocurre es un primer paso, no tiene resultado alguno si no se toman con urgencia medidas efectivas para detener el daño a los ecosistemas de la cuenca e impulsar su restauración y conservación.

Tarea nada fácil considerando que el principal agente destructor es la gran minería, principalmente del cobre. Sabemos el peso que tiene esta actividad en la economía y la política en Chile.

CONCLUSIONES

Uno de los indicadores más claros del mal estado actual de la cuenca del río Loa es que el año 2000 se haya declarado el agotamiento de las aguas superficiales para el otorgamiento de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas, como también que en el 2014 se haya concluido que la mayoría de sus acuíferos están saturados o secos. Los dramáticos ejemplos del río San Pedro de Inacaliri o del oasis de Quillagua en el Loa, son testimonios territoriales del grave panorama socioambiental. La historia de la yareta o de la rana del Loa, también atestiguan lo anterior.

Sin embargo, al revisar la situación en la actualidad en lo que respecta a privatización del agua, extracciones masivas, contaminación, tranques de relave, depósitos de aguas servidas, y de otros pasivos ambientales, parece evidente que no basta con detener el proceso de abuso de la cuenca para que vuelva a una buena condición, sino que se requiere aplicar también medidas para su protección y restauración.

Proyectar la situación presente hacia el futuro instala un escenario ominoso. Implica prever mayores impactos negativos y probable destrucción definitiva de valiosísimos ecosistemas en una de las zonas más áridas del mundo. Seguir degradando los cursos de agua superficiales y los acuíferos, así como bofedales, vegetación nativa y ecosistemas en general, pone en aún mayor riesgo la habitabilidad del territorio, y, en particular, los recursos hídricos de la cuenca del río Loa que, como hemos visto, abastecen prácticamente a toda la población de la Región de Antofagasta, incluida la de los mayores centros urbanos.

La principal causa para la configuración del estado actual de la cuenca es la expansión de la gran minería metálica (principalmente cobre), y no metálica, a lo largo del siglo veinte y veintiuno, donde, actualmente, la explotación a gran escala del litio merece especial atención, así como la intensificación del uso de bienes naturales, y la expansión urbana desregulada asociada a la minería. Esta última implica fuertes presiones sobre las aguas en una región con disponibilidad limitada. Además, hay otros pasivos ambientales asociados a la minería -e.g. contaminación- que inutilizan los recursos hídricos.

Es justamente esta región -que alberga el 82% de la cuenca del Loa-, la que concentra la mayor producción de cobre del país (54%) y, consecuentemente, la que ostenta la mayor demanda de energía eléctrica para la minería a nivel nacional -más del 54%-. Es también la región que muestra y proyecta a nivel nacional el mayor consumo de agua en procesos mineros, y en los múltiples usos asociados al sector, lo que desde tiempos recientes incluye agua de mar desalada. Esto último debido a que las fuentes de agua superficiales y subterráneas han sido sobreexplotadas por el sector, encontrándose ambas al límite de su capacidad de sostenibilidad y recarga.

En relación con las poblaciones indígenas que habitan el territorio, se constata un despojo de sus derechos territoriales, como también una pérdida del control y acceso a los bienes naturales, empezando por las aguas. A partir de ello, sus modos de vida tradicionales se han visto sostenida y crecientemente afectados por el deterioro de la calidad y

cantidad de los bienes naturales. Esto también, debido a la existencia de otras dinámicas asociadas a la minería que han incidido negativamente en lo socioambiental y cultural, como es la atracción de las formas de vida urbanas, y de la creciente dependencia de empleo asalariado, provocado por el mismo deterioro de las actividades tradicionales. Es destacable la persistente resistencia de las comunidades a los procesos de despojo, las que sin embargo no han podido hasta ahora frenar de forma más eficaz la embestida monolítica del sector minero y su vasta red de influencias, amparada en el actual entramado constitucional y legal.

Respecto a estos procesos es necesario, justamente, explicitar el rol clave del Estado y de sus regulaciones a lo largo del tiempo en la configuración del difícil escenario actual. Claro ejemplo de ello son el Estatuto de Inversión Extranjera de 1974, el Código de Aguas de 1981, la Nueva Ley de Concesiones Mineras de 1982 y el Nuevo Código de Minería de 1983. Este entramado regulatorio y legal es el que ha facilitado la expansión escasamente controlada de la gran minería y faenas anexas, como los tranques de relave, que se hace evidente desde 1980 en adelante. Sin embargo, es importante reiterar que este proceso tiene sus orígenes desde, al menos, inicios del siglo XX con la apertura de Chuquibambilla en 1915. Aunque, tal como se señaló, las primeras presiones sobre los recursos hídricos y modos de vida de las comunidades tradicionales aparecieron años antes, de la mano de la industria salitrera.

Dada la creciente degradación socioambiental, desde la década de 1990 en adelante, a través de leyes y otros instrumentos normativos, el Estado ha intentado instalar ciertas regulaciones para frenar el deterioro de la cuenca. Sin embargo, como hemos visto, el impacto positivo efectivo de estas iniciativas es muy acotado. Por ejemplo, a través de la Ley Indígena de 1993 y mediante la Ley de Medio Ambiente de 1994 y modificaciones posteriores, algunas comunidades han recuperado territorios y aguas. También se han establecido algunas regulaciones a la explotación de bienes naturales o modestas compensaciones a las comunidades afectadas, entre otros.

Sin embargo, la ineficacia de éstas y otras iniciativas queda de manifiesto si analizamos los distintos instrumentos de protección o conservación, y tomamos conciencia de que las áreas nominal-

mente protegidas se superponen a los espacios de extracción de minerales y aguas, de crecimiento urbano o presencia de los otros pasivos ambientales mencionados. Como se indicó anteriormente, se requiere de medidas que permitan recuperar los ecosistemas de la cuenca, lo cual implica acciones cualitativamente diferentes.

Esto solo puede iniciarse conociendo cabalmente el estado actual de la cuenca, porque su vulnerabilidad se inicia con la falta de información -aguas, salares y humedales en general, biodiversidad, pasivos ambientales, proyectos en desarrollo, estado de las comunidades humanas tradicionales y no-tradicionales-. Esta información se encuentra desactualizada, desagregada y dispersa a través de los servicios públicos, así como de una diversidad de estudios científicos y documentos académicos. Es más, datos parciales sobre la biodiversidad de la cuenca del Loa están disponibles en los estudios de evaluación ambiental de proyectos extractivistas, cuya objetividad y profundidad son motivo de duda. Urge que el Estado tome la iniciativa, a través de sus ministerios, y financie, fomente, y promueva la asociatividad entre los servicios públicos, los centros de estudio, las comunidades, y la sociedad civil en general para que se investigue, compile y ponga a disposición de la ciudadanía información fidedigna sobre algo tan relevante y sensible -hoy algo crítico- como es el estado de las cuencas de nuestro país. Con mayor o menor conciencia todas y todos los chilenos habitamos una cuenca hidrológica y nuestra calidad de vida depende directamente de su integridad ecológica.

Es fundamental tener conciencia de que el destino de la cuenca no se puede separar de una política nacional de desarrollo sustentable que asume el anacronismo de nuestra dependencia de la extracción, procesamiento primario y exportación de materias primas. Respecto de la magnífica cuenca del río Loa, a la que nos asomamos en este trabajo, es incomprensible, e incluso insensato, seguir dejando su suerte en manos de empresas mineras. Ahora la explotación a gran escala del litio podría profundizar y sellar la triste historia de degradación ecosistémica y de despojo de lugares de alta significación cultural y espiritual para las comunidades andinas, como son los salares y los territorios aledaños donde se emplazan las comunidades desde tiempos remotos.

La cuenca del río Loa puede servir como piloto para levantar una iniciativa que permita iniciar un proceso de protección, conservación y restauración del tramo alto del río, donde sean las comunidades y representantes de pueblos ancestrales locales quienes vuelvan a velar por la salud de los ecosistemas y de las aguas. Experiencias, a menor escala, como la protección de la rana del Loa, demuestran que la suma de voluntades, con objetivos y planificación adecuada, y la debida diligencia, logran asegurar la sobrevivencia de una especie endémica de nuestro país, relevando la necesidad imperiosa de conservar los ecosistemas que la albergan.

Vemos con esperanza que en Chile se amplía y profundiza una mirada integral sobre cuencas, en particular en ciertos sectores como la ciudadanía organizada, los servicios públicos y la academia. En un contexto de replanteamiento profundo de la estructura política, económica, social y cultural de nuestro país surge la oportunidad de cuestionar la actual ingobernabilidad de las aguas y del territorio, así como el extractivismo como base de la economía, y de proponer como nuevos pilares los derechos de la naturaleza -y en particular los de las fuentes y cuerpos de agua-, así como los derechos de los pueblos originarios, los derechos humanos en general, y la justicia socioambiental.

En el contexto de la crisis socioambiental global y nacional se vislumbra un potencial escenario propicio para convocar transversalmente a todos los actores sociales para trabajar en el desarrollo de la gobernanza integrada de cuencas y de los recursos hídricos, como forma de ordenar nuestro frágil territorio y las aguas que lo nutren, conciliando objetivos ambientales, sociales y económicos, procurando, por cierto, mejorar la calidad de vida de todos los habitantes de las cuencas; algo que depende directamente de la integridad de los ecosistemas, y del uso informado, justo e inteligente de los bienes naturales comunes.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguas Antofagasta. (2018). *Memoria Anual Aguas Antofagasta*. En http://www3.aguasantofagasta.cl/files/MEMORIA_ADASA_2018.pdf. [Consulta: 30/7/2019].
- Aldunate, C. (1985). "Desecación de las Vegas de Turi". En *Revista Chungará*, N° 14, pp. 135-139.
- Amphos²¹ (2017). *Diagnóstico para desarrollar un Plan de gestión de riego en la Región de Antofagasta. Informe Final*. Comisión Nacional de Riego: s/i.
- Arcadis. (2016). *Plan Estratégico para la gestión de los recursos hídricos, Región de Antofagasta. Informe Final*. S.I.T. N° 379, DGA: Santiago.
- Arrau Ingeniería E.I.R.L. (2012). *Diagnóstico Plan Estratégico para la gestión de los recursos hídricos Región de Antofagasta. Informe Final, Volumen 2*. S.I.T. N° 291, DGA: Santiago.
- Biblioteca del Congreso Nacional. (s/f). *Clima y vegetación Región de Antofagasta*. En <https://www.bcn.cl/siit/nuestro-pais/region2/clima.htm> [Consulta: 11/6/2019].
- Cade – Idepe Consultores en Ingeniería. (2004). *Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca río Loa*. DGA: s/i.
- Calderón, M. y M. Prieto. (2019). "La cuestión agraria y el cobre en la Provincia de El Loa (1929/30 – 2006/07). Andes centro-sur, norte de Chile". Manuscrito en evaluación.
- Carmona, J. (2016). "Minería industrial y estructuras agrarias "locales" en el desierto de Atacama. Genealogía de una crisis agrícola (Quillagua, s.XIX-XXI)". *Estudios Atacameños* N° 52, pp. 91-112.
- Carrasco, A. (2009). "Estrategias de resistencia indígena frente al desarrollo minero. La comunidad de likanantay ante un posible traslado forzoso". *Estudios Atacameños* N° 38, pp. 75-92.
- Castro, V. y J.L. Martínez (1996). "Poblaciones indígenas de Atacama". En Hidalgo, J., Schiappacasse, V., Niemeyer, H., Aldunate, C. y P. Mege (eds.). *Culturas de Chile. Etnografía. Sociedades Indígenas Contemporáneas y su Ideología*. Editorial Andrés Bello: Santiago, pp. 69-109.
- Cavieres, A. (1985). *Informe Final proyecto W.U.S.-A.H.C. Estudio del efecto de las políticas de uso de los recursos hídricos del altiplano chileno sobre las comunidades de pastores aymaras*. Santiago: CODEFF.
- Centro de Estudios Científicos (CESC). (2009). *Estrategia Nacional de Glaciares*. S.I.T. N° 205, DGA: Santiago.
- CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales). (2010). *Caracterización base de vegas y bofedales altoandinos para una gestión sostenible de los recursos hídricos. Primera parte: Región de Antofagasta. Informe Final*. CIREN/Innova Chile/DGA: s/i.
- CIREN. (2016). *Áreas protegidas II Región de Antofagasta*. CIREN: s/i.

COCHILCO (Comisión Chilena del Cobre). (s/f). "Producción cobre de mina por empresa". En <https://www.cochilco.cl/Paginas/Estadisticas/Bases%20de%20Datos/Produccion%20de%20Cobre-Minera.aspx> [Consulta: noviembre, 2016].

COCHILCO. (2016). *Consumo de agua en la minería del cobre al 2015*. Edición digital COCHILCO. <https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Consumo%20de%20agua%20en%20la%20mineria%20del%20cobre%20al%202015.pdf> [Consulta: diciembre, 2016].

DGA (Dirección General de Aguas). (2012). *Informe Técnico. Análisis preliminar de Planes de Alerta Temprana con Condicionamiento de Derechos*. S.D.T. N° 335, DGA: Santiago.

DGA (2014). *Inventario de Cuencas, Subcuencas, y Subsubcuencas de Chile*. S.D.T. N° 364, DGA: Santiago.

Ferrando, F. (2017). "Sobre la distribución de Glaciares Rocosos en Chile, análisis de la situación y reconocimiento de nuevas localizaciones". *Investigaciones Geográficas*, (54), 127-144.

Figueiredo Ferraz Consultoría e Ingeniería de Proyecto Ltda. (1996). *Análisis de la oferta y demanda de recursos hídricos en cuencas críticas de Loa, Rapel y Mataquito. Volumen I. Cuenca del Río Loa*. S.I.T. N° 31, DGA: Santiago.

Geohidrología Consultores LTDA. (2009). *Diagnóstico y clasificación de sectores acuíferos. Volumen I*. S.I.T. N° 183, DGA: Santiago.

González, H. (1999). "Toconce: la transformación de un sistema agroganadero". En *Estudios Atacameños*, N° 17, pp. 41-59.

Gundermann, H. (1998). "Pastoralismo andino y transformaciones sociales en el norte de Chile". En *Estudios Atacameños*, N° 16, pp. 293-319.

Gundermann, Hans. (2013). "Los atacameños y sus relaciones interétnicas" en Durston, John (coordinador general). *Pueblos originarios y sociedad nacional en Chile. La interculturalidad en las prácticas sociales*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Santiago. pp. 80-97.

Ilustre Municipalidad de Calama. (s/f). *Plan de Desarrollo Comunal de Calama 2010-2017*. Ilustre Municipalidad de Calama: s/i.

INDH (Instituto Nacional de Derechos Humanos). (2016). *Mapa de conflictos socioambientales en Chile 2015*. INDH: Santiago.

INGEOP (2016). *Plan de Desarrollo Comunal de María Elena 2015-2019*. Ilustre Municipalidad de María Elena: s/i.

Knight Piésold S.A. (2014a). *Sectorización de los acuíferos de la Cuenca del río Loa*. S.I.T. N° 358, DGA: Santiago.

Knight Piésold S.A. (2014b). *Análisis integrado río Loa, Región de Antofagasta. Informe Final*. DGA: Santiago.

Lira, G. (1921). *Aguas del río Loa. Informe sobre el río Loa. Reglamento del uso de aguadas en las provincias del Norte y aguas del río Loa*. Instituto Científico del Salitre: Santiago.

Marquet, P. et al. (1998). "Los ecosistemas del desierto de Atacama y área andina adyacente en el norte de Chile". *Revista Chilena de Historia Natural* N° 71, pp. 593-617.

Millán, A. (2006). *La minería metálica en Chile en el siglo XX*. Editorial Universitaria: Santiago.

Ministerio de Obras Públicas. (2012). *Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021. Región de Antofagasta*. Ministerio de Obras Públicas: s/i.

Ministerio de Salud. (2018). *Plan Nacional de Cáncer 2018-2028*. Ministerio de Salud: s/i.

Molina, R. (2005). *El río Loa. Repartos, usos y conflictos por el agua en el Desierto de Atacama. Comunidades atacameñas, ciudades, pueblos y centros mineros e industriales*. Informe Final de proyecto Visión Social del Agua: s/i.

Niemeyer, H. (1979). *Estudio de racionalización del área de riego del río Loa. II Región de Chile*. DGA: s/i.

Núñez, L. y C. Santoro. (1988). "Cazadores de la Puna Seca y Salada del área Centro Sur Andina (norte de Chile)". *Estudios Atacameños* N° 9, pp. 13-65.

- Oblasser, A. y E. Chaparro. (2008). *Estudio comparativo de la gestión de los pasivos ambientales mineros en Bolivia, Chile, Perú y Estados Unidos*. Serie Recursos Naturales e Infraestructura 131. CEPAL: Santiago.
- Prieto, M. (2015). "Privatizing Water in the Chilean Andes: The Case of Las Vegas de Chiu-Chiu". En *Mountain Research and Development*, 35(3), pp. 220-229.
- Prieto, M. (2016). "Transando el agua, produciendo territorios e identidades indígenas: el modelo de aguas chileno y los atacameños de Calama". En *Revista de Estudios Sociales*, N° 55, pp. 88-103.
- Prieto, M. (2017). "La ecología (a)Política del modelo de aguas chileno". En Bustos, B.; Prieto, M. y J. Barton (eds.). *Ecología política en Chile. Naturaleza, propiedad, conocimiento y poder*. Editorial Universitaria: Santiago, pp. 143-164.
- Prieto, M. Salazar, D. y M. Valenzuela. (2019). "The dispossession of the San Pedro de Inacaliri River: Political Ecology, Extractivism and Archaeology". *The Extractive Industries and Society* Vol.6 (2), pp. 562-572.
- Romero, H.; Méndez, M.; Smith, P. y M. Mendonca (2012). "Enfoque ecológico-social de la variabilidad climática, extracciones de agua y demandas territoriales en las cuencas del Desierto de Atacama". *Revista GeoNorte* Vol. 4, N° 4, pp. 261-287.
- Russi, D. y J. Martínez-Alier. (2003). "Los pasivos ambientales". Íconos. *Revista de Ciencias Sociales*, pp. 123-131.
- Sanhueza, C. y H. Gundermann. (2007). "Estado, expansión capitalista y sujetos sociales en Atacama (1879-1928)". En *Estudios Atacameños*, N° 34, pp. 113-136.
- Sepúlveda, I., Molina, R., Delgado-Serrano, M. y J. Guerrero. (2015). "Aguas, riego y cultivos: cambios y permanencias en los ayllus de San Pedro de Atacama". En *Estudios Atacameños*, N° 51, pp. 185-206.
- SISS (Superintendencia de Servicios Sanitarios). (2017). *Informe de Coberturas Sanitarias 2017*. SISS: Santiago.
- SISS. (s/f). Información financiera y operacional del sector sanitario. <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6415.html> [Consulta: 30/7/2019].
- SONAMI (Sociedad Nacional de Minería). (2017). *Fundamentos y desafíos para el desarrollo minero*. Edición digital: Sonami.
- Thomson, I. (2006). "Los ferrocarriles del Capricornio Andino". En Cabeza, A.; Hernández, M.; Nuñez, L. y M. Vásquez (comité editor). *Las rutas del Capricornio Andino. Huellas milenarias de Antofagasta, San Pedro de Atacama, Jujuy y Salta*, pp. 139-149. Edición CMN: Santiago.
- Villagrán, C. y V. Castro. (1997). "Etnobotánica y manejo ganadero de las vegas, bofedales y quebradas en el Loa superior, Andes de Antofagasta, Segunda Región, Chile". *Chungará* Volumen 29, N° 2, pp. 275-304.
- Yañez, N. y R. Molina (comp.). (2011). *Las aguas indígenas en Chile*. LOM: Santiago.

