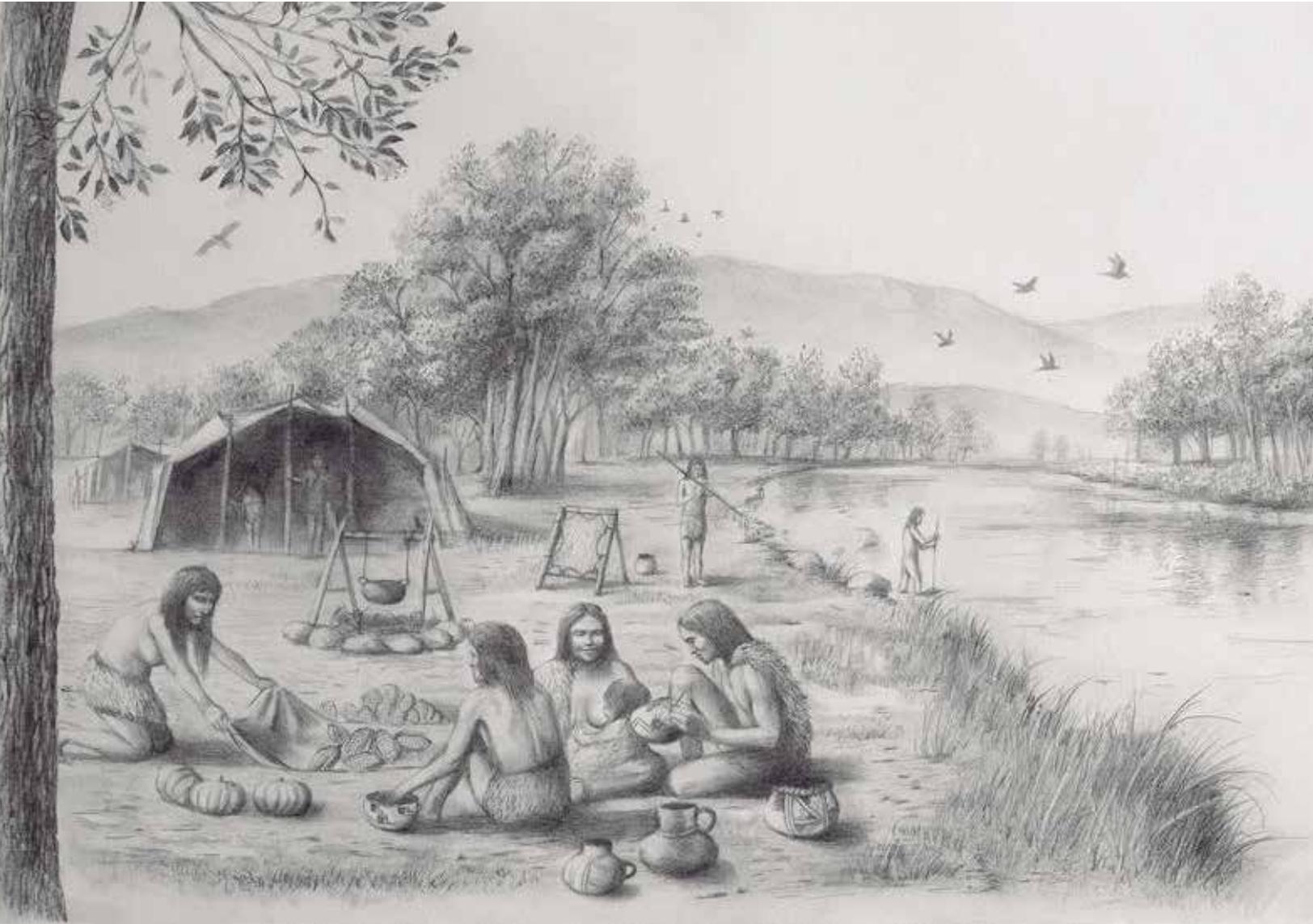


# USOS Y ABUSOS HUMANIDAD EN LAS CUENCAS Río Maipo



ECOSISTEMAS





**USOS Y ABUSOS  
HUMANIDAD EN LAS CUENCAS**

Cuenca del Río Maipo

*“Con Santiago hemos cubierto con una lápida de cemento los mejores suelos del mundo, que se encuentran solo en el 11% de la corteza terrestre”.*

- Eduardo Astorga Barriga.

Esta publicación es una contribución desde la sociedad civil al conocimiento de la cuenca del río Maipo que cobija a 7 millones de personas y miles de especies de todos los reinos de lo viviente. Humanidad en las Cuencas – Usos y Abusos releva la urgencia de conocer más profundamente nuestro territorio y su estado actual; es una invitación a conocer apropiadamente las magníficas 101 cuencas principales de nuestro país, muchas de ellas en muy mal estado por una constelación de agresiones que tienen su origen en el desconocimiento y la consiguiente desvalorización. Hacer este recorrido profundo, de cordillera a mar, por el río Maipo es, por un lado, una travesía dolorosa, pero aproximarse más a la realidad dura de su estado actual con una perspectiva socioambiental histórica abre la posibilidad del cambio de rumbo, de encontrar soluciones a problemas, de recuperar lo perdido y restaurar lo que sea posible dado los cambios macro que están ocurriendo, tales como la megasequía producto del cambio climático provocado por la humanidad.

Invitamos a sumarse activamente a conocer, valorar y proteger esta cuenca, y las otras 100 cuencas principales que literalmente le dan la vida, y el agua, que es prácticamente lo mismo, a nuestro país entero.

Usos y abusos - Humanidad en las Cuencas - Río Maipo, es una publicación de Ecosistemas con el auspicio de las Fundaciones Lush Charity Pot, Marisla, Patagonia Inc. y Weeden.

Registro de Propiedad Intelectual: A-9022

ISBN: 978-956-09578-0-1

Investigación y mapas: Paulo Urrutia Barceló

Investigación, edición y coordinación: Juan Pablo Orrego Silva

Asistente investigación y edición: Mitzi Urtubia Salinas

Diseño y diagramación: Constanza Concha Sahli

Fotografía: Paulo Urrutia B., Diego Astorga C., Guy Wenborne, José Gerstle.

Ilustración contraportada: Benjamín Contador Cortés

Revisión de contenidos: Pilar Valenzuela Delpiano

**VERANO 2021**

## CONTENIDOS

1· Humanidad en la cuenca	6
1.1 Poblamiento de la cuenca	6
1.2 Breve historia del Cajón del Maipo	16
1.3 Situación poblacional actual en la cuenca	21
2· Cuenca del río Maipo	24
2.1 Caracterización de la cuenca	28
2.2 Clima	29
2.3 Geología y geomorfología	30
2.4 Biodiversidad	34
2.5 Áreas protegidas	36
2.6 Aguas superficiales	40
2.7 Aguas subterráneas	42
2.8 Agua sólida	48
2.9 Variabilidad hídrica	54
3· Usos y abusos en la cuenca	58
3.1 Agua potable	59
3.2 Aguas servidas	62
3.3 Riego	62
3.4 Fuentes de generación	65
3.5 Actividad industrial	67
3.6 Rellenos sanitarios y vertederos	68
3.7 Extracción de áridos	69
3.8 Actividad minera	72
3.9 Combustibles	74
4· Calidad de las aguas	76
5· Legislación del agua	80
6· Cambio climático	86
7· Gestión integrada de cuencas	90
8· Conflictos socioambientales	96
Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo	97
Los Bronces Integrado	99
Humedal Ojos de Mar - Estuario río Maipo	102
Laguna de Aculeo	104
Centro Integral de Gestión de Residuos Industriales	106
9· Conclusiones	108
10· Bibliografía	114



alfarería. Los grupos Llolleo, sedentarios, dependientes de los cultivos. Los grupos Bato, menos dependientes de la horticultura mantuvieron algo de la movilidad de los antiguos cazadores recolectores. En torno al río Mapocho se encuentran sitios Bato (Quinta Normal) y Llolleo (Sitio El Mercurio).

Existían también otros grupos que mantuvieron hasta la colonia una forma de vida nómada. Cazadores recolectores 'tardíos' que no adoptaron el modo de vida hortícola y siguieron ocupando las tierras montañosas de norte y este de la cuenca. Se han encontrado vestigios de ellos en aleros en la cordillera: en El Manzano, El Arrayán, Los Queltehues, cordón de Chacabuco, en sitios con piedras tacitas como Rungue y Montenegro.

**¡Todos estos grupos compartieron el territorio e intercambiaron elementos culturales!**

A finales del primer milenio, del siglo X de nuestra era, el panorama cultural había cambiado: mayor población e importancia de los cultivos. Los grupos Llolleo comienzan a ejercer más control en sus territorios agrícolas. Se detecta creciente influencia

de poblaciones del norte en los habitantes de la cuenca del Maipo/Mapocho: cambian el estilo de los entierros y la forma y decoración de la alfarería. Surge el diseño *trinacrio*, y aparecen platos esféricos, cementerios, y tumbas con pequeños túmulos funerarios. Además de la caza y la pesca, los principales cultivos son el maíz, los porotos, las calabazas y zapallos, la quinua y la papa.



Puco o escudilla con diseño trinacrio · Museo Historia Natural Valparaíso

Aparece la cultura Aconcagua, cuyas primeras evidencias se encuentran en el valle del río Aconcagua, pero cuyo territorio más propio fue la cuenca Maipo/Mapocho, desde los valles bajos de la cordillera hasta la costa. Sus asentamientos se dispersan más ampliamente en la cuenca, con sistemas de riego que permitían cultivar tierras más alejadas de los cursos de agua y utilizar las vertientes. Habitaban caseríos familiares,

300 a.C.



Grupos Llolleo y Bato  
Sedentarismo  
Alfarería y horticultura

1000



Aparece cultura Aconcagua  
Mayor influencia del norte  
Aumento de población y cultivos  
Persisten cazadores recolectores nómades  
Evolución de sistemas de riego

con viviendas con bases de piedra y muros de ramas con barro, o "quincha", similares a las que se encuentran hoy en viviendas rurales en la Región de Coquimbo<sup>2</sup>. Los Aconcagua, fundamentalmente horticultores, no ocuparon de manera sistemática los valles altos de la cordillera, dejándolos libres para los cazadores recolectores que siguieron viviendo en ellos hasta la colonia, y con quienes hacían intercambios, particularmente para obtener obsidiana y rocas silíceas para la elaboración de puntas de flecha.

Entre las primeras décadas del s. XV e inicios del s. XVI, Chile central fue anexado al Tawantinsuyu ("imperio incaico") por los Inka, que para la conquista utilizaban una combinación de poderío militar, persuasión -que incluía elementos mitológicos, mágicos, religiosos- y diplomacia. En el encuentro entre Inkas y Aconcagua, dada la continuidad de muchos elementos de esta cultura local de la zona central de Chile, se piensa que "la anexión no fue una aplastante conquista militar"<sup>3</sup>.

La dominación efectiva del Chile central por los Inka fue realizada con la ayuda de los Diaguita, población de los valles de los ríos Elqui, Limarí y Choapa. Ellos fueron también los principales aliados de los Inka en sus incursiones en la actual Bolivia y parte de Argentina.

Surge un sincretismo cultural Inka/Diaguita/Aconcagua en diversos ámbitos, tal como en la cerámica. Uno de los motivos de la

entrada Inka a Chile central era la búsqueda de minerales, particularmente cobre y oro - ¡ellos trajeron la minería a nuestro país! -. Endurecían el oro con cobre para múltiples usos. Parte de la población local debía forzosamente dedicarse a la minería bajo su tutela.

Los Inka trajeron su forma de organización territorial, dividiendo los valles en dos secciones interconectadas, superior e inferior, con dirigentes o curacas, sobre los que existía una autoridad imperial. El curaca de la sección superior tenía predominancia sobre el de la inferior. En esos años, en la cuenca del Maipo/Mapocho, Vitacura habría sido autoridad local, y Quilikanta representante del imperio. Los Inka mantenían presencia militar en los pukaras, tales como el de Cerro Chena. Construyeron un sistema de caminos -Qhapaq Ñan, 'camino principal' en Quechua- por los que transitaban tributos, ejércitos y funcionarios. Desde el norte el camino llegaba a Santiago por la actual Av. Independencia para alcanzar directamente el nodo administrativo, o tambo (refugio), en el centro de la cuenca, de la actual ciudad de Santiago.

El medio de dominación Inka más poderoso estaba en lo simbólico/religioso<sup>4</sup>. Se han encontrado muchos vestigios de ritualidad incaica en la cuenca. Wakas en el Cerro Huelén y otros, para propiciar la agricultura y el agua. Particularmente significativo es el hallazgo en el cerro tutelar de la cuenca, a 5450 msnm, del "Niño del Cerro El Plomo", acompañado de diversas ofrendas, lo que

1400



Inkas anexan Chile central al Tawantinsuyo



Inkas acompañados por Huarpes y Diaguitas



Surge sincretismo cultural Inka, Diaguita, Aconcagua



Inicio actividad minera: oro y cobre



Camino del Inka llega a Chile central

<sup>2</sup> H. Rodríguez, "Santiago de Chile – Catorce Mil Años"-, MChAPC, 2010

<sup>3</sup> Gonzáles, 2000, y Planella y Stehberg 1997

<sup>4</sup> Cornejo, 2010

corresponde a la costumbre inkaika -kapaqocha u "obligación real"- de hacer sacrificios humanos a modo de ofrenda y ruego en sitios montañosos estratégicos.

El complejo panorama social, político y cultural surgido en Chile central con la invasión Inka -que también venían acompañados de poblaciones Huarpes de la actual provincia de Cuyo en Argentina-, tuvo corta existencia. En 1535, cien años después que el Tawantinsuyu incorporara la cuenca de Santiago a sus dominios, Cuzco fue invadido por los españoles, lo que puso fin al imperio incaico. Pese a esto, seis años después, en 1541, cuando Pedro de Valdivia, llega a Chile central, aún imperaba aquí la estructura política y económica impuesta por los Inka. Se supone que fueron los Diaguita quienes la mantuvieron.

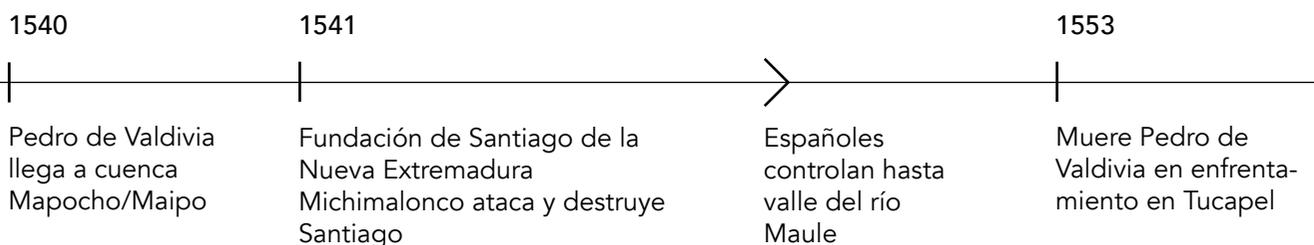
En diciembre de 1540, Pedro de Valdivia viajó desde Cuzco por el Camino del Inka, pasando por Copiapó, valles de Limarí y Choapa, Quillota, y llegó por los cerros de Batuco hasta el extenso llano de la cuenca de los ríos Mapocho y Maipo. "Enorme y verde territorio profusamente cultivado... la comarca estaba en plenitud, todavía en primavera, el suelo cubierto de pasto tierno y floridos árboles y arbustos, con agua abundante cantando en cauces y acequias que regaban generosas chacras de maíz y quinua. Por sobre el tupido follaje de quillayes y peumos, debieron verse numerosas columnas de humo, delatando hogares de los indígenas locales y yanaconas, hasta ese momento súbditos del Tawantinsuyu"<sup>5</sup>.



Niño del Cerro El Plomo · [www.patrimoniodechile.cl](http://www.patrimoniodechile.cl)

Valdivia funda Santiago de la Nueva Extremadura el 24 de febrero de 1541. "A la ceremonia que se realizó en el Valle del Mapocho acudieron Quilakanta, gobernador del Inka, y 12 caciques y señores de la tierra. El cacique Huelén Huara entregó sus tierras para el lugar de esta fundación, y el representante del Inka lo compensó con similar cantidad de tierra en Talagante, río abajo"<sup>6</sup>. En septiembre de 1541 Michimalonco ataca Santiago y destruye todo lo construido.

Santiago comienza su larga resistencia y sería refundado numerosas veces. En 1549 se logra un acuerdo fugaz con Michimalonco, pero Valdivia muere en 1553 luchando con-



<sup>5</sup> H. Rodríguez, "Santiago de Chile – Catorce Mil Años"-, MChAPC, 2010

<sup>6</sup> Ibíd

tra los Mapuche en Tucapel. A esa fecha los españoles controlaban hasta el valle del río Maule.

El marco triangular de la primera traza de Santiago fueron el cerro Huelén, el río Mapocho al norte, y La Cañada, su brazo esporádico de crecidas al sur, que, después de besar el contorno poniente del cerro Huelén, descendía hacia el oeste por la actual Alameda. "... el agua fue siempre una presencia constante en la ciudad"<sup>7</sup>. ¡Antiguas casas señoriales con sus portadas dando privilegiadamente a calles con sentido este-oeste, en la dirección que corrían naturalmente las torrenciales aguas del Mapocho desbordado, causando así menos daños!

La Plaza de Armas se instala como kilómetro cero de todas las distancias en Chile. A fines del siglo XVI Santiago tenía 3.800 habitantes: ochocientos españoles, en doscientas casas, y tres mil indios y mestizos viviendo en rancherías. Gran levantamiento mapuche en 1599, quienes derrotan a los españoles en Curalaba. Pérdida de ciudades y fuertes al sur del Biobío.

Pese a todo, en 1609 Santiago es declarado capital de Chile. Se van instalando seis ermitas. Varias sobre adoratorios indígenas, como en los cerros Huelén y Blanco. En 100 años de vida Santiago acogió dos parroquias y siete órdenes religiosas. Seis de estas instituciones ocupan hoy los mismos terrenos. Surgen vinculadas a salud y educación.

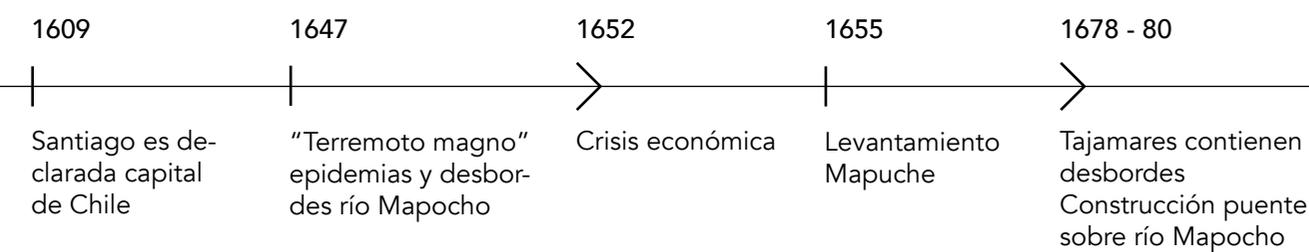
Grandes problemas de Santiago en la época: guerra de Arauco, desbordes del río Mapocho (mayores en 1574, 1609, 1620) y terremotos (mayores en 1575, 1580, 1643 y 1647). El "terremoto magno" de 1647, abarca desde el valle del Choapa hasta el Maule y provoca mil muertos en Santiago, entre 15 y 25% de la población. También lluvias copiosas, nevazones, y epidemia de tifus que causó 2 mil muertos.

Desde 1635 los precios de los productos santiaguinos caen en el mercado de Lima. En 1652 la Corona devalúa la moneda. Crisis económica, pobreza y hambre en arrabales. Levantamiento Mapuche en 1655. ¡Terremotos, tifus, alzamiento mapuche, crisis económica, desbordes del Mapocho! La ciudad es refundada una y otra vez. Algunos opinaban que había que abandonar el lugar indomable. Desde 1613 a 1678 se construyen y amplían sucesivamente los Tajamares para contener al Mapocho.

"Entre 1670 y 1672 se implementaron las acequias y tuberías que trajeron [a Santiago centro] agua desde la Quebrada de Ramón, cristalina y no barrosa, como la del río [Mapocho]".

En 1680 se construye un puente sobre el Mapocho que conectó lo que hoy es Av. Mac Iver con Av. Recoleta.

En 1690, un cronista, mirando desde el Cerro Huelén, describió la ciudad como "cubierta de árboles frutales y proyectada ha-



<sup>7</sup> Ibid.

cia el horizonte en infinitos jardines con un sistema de acequias que permiten todos los agrados del campo, frutas y verduras”.

La Plaza de Armas era a la vez mercado, centro de empleo e información (a través de los pregones), corral de toros, campo de juegos y fiestas, escenario de procesiones y desfiles militares. Allí se agrupaban los gremios del comercio que hacia 1654 incluían a carpinteros, silleros, bronceros, hojalateros, herradores, plateros de oro y plata, barberos, sastres, zapateros, sombrereros, se-  
deros, santeros, carroceros y coheteros<sup>8</sup>.

Hacia la segunda mitad del siglo XVII la ‘nobleza fundacional’ de Santiago fue reemplazada por funcionarios de la corona y comerciantes. Santiago era la sede de la gobernación y de la Audiencia del llamado Reino de Chile, pero la mayoría de los gobernadores vivían en Concepción donde estaba el ejército en permanente conflicto con el pueblo Mapuche.

Hacia 1700 la ciudad tenía aproximadamente 12 mil habitantes: 56% españoles (6720), 19,5% indios (2340), 14% mulatos (1680), 6,5% negros (780) y 4% mestizos (480)<sup>9</sup>.

Plano de 1712 muestra canal que sacaba agua del río Mapocho para regar jardines y limpiar las calles. Tres terremotos en 1730 entre La Serena y Concepción, este último acompañado de maremoto que asoló poblaciones de la costa. Solo 3 muertos, pero todas las construcciones en Santiago da-



Santiago abierto hacia el río con sus llanuras fluviales  
© Amadeo Frezier

ñadas. Nueva reconstrucción. Casa de Moneda inaugurada en 1749.

Primer censo en 1778: 23.991 habitantes: 62% españoles (14874), 15% mestizos (3599), 5% indios (1200), 18% mulatos (4318). En 1778 es construido el Puente de Calicanto, que fue demolido en 1888. En 1783 se produjo la llamada “avenida grande” que dejó a Santiago convertido en un mar.

Durante el siglo XVIII la aspiración de los santiaguinos era la construcción de un canal que llevara aguas del río Maipo al río Mapocho para asegurar el abastecimiento de la población y la agricultura, ya que a pesar de las grandes crecidas invernales y durante los deshielos primaverales, el caudal estival del vital Mapocho podía ser “chico y ruin” como dijo un cronista. Además, las numerosas extracciones y la deforestación de las cuencas probablemente ya estaban

1712

Canal desde río Mapocho para riego y limpieza

1730

Tres terremotos: nueva reconstrucción de Santiago

1749

Inauguración Casa de Moneda

1778

Primer censo: 23.991 habitantes  
Construcción Puente Calicanto

<sup>8</sup> Ibíd.

<sup>9</sup> De Ramón, 2007

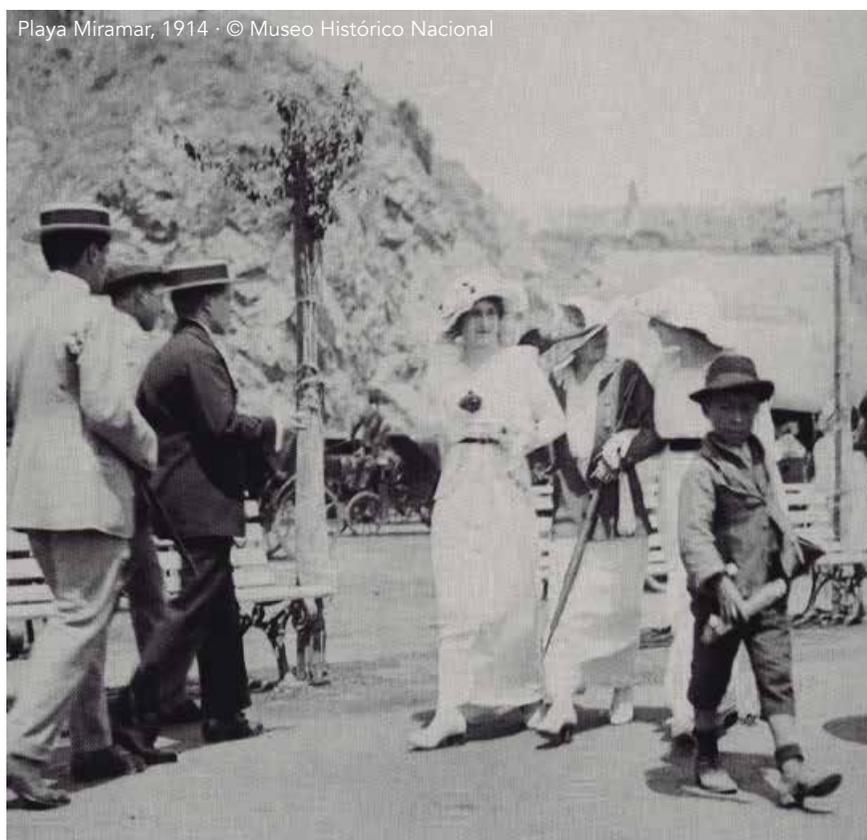
causando la disminución de sus caudales. Para estos efectos se inician obras en 1802, que terminan veinte años después en 1822, y se aumenta el caudal del Mapocho con aguas del Maipo. Miles de hectáreas improductivas del “Pedregal” o “Llano del Maipo”, entre el Zanjón de la Aguada y la ribera del río Maipo, desde los faldeos cordilleranos hasta los cerros de Chena, se convirtieron en terrenos fértiles, cambiando el paisaje y el clima<sup>10</sup>.

A inicios del siglo XIX Santiago tenía un contorno no mayor a 5 km y avenidas de no más de 1.5 km.

**“Santiaguinos afables y caballerosos, las niñas muy bonitas, tienen muy buen humor y son muy amables”  
S. Haigh, comerciante inglés, 1817.**

En septiembre de 1810 se funda la República de Chile. En 1814 tras la derrota de las fuerzas patriotas en Rancagua, el jefe militar realista Mariano Osorio asumió como gobernador del país restaurando la monarquía.

En 1817 las tropas del Ejército de los Andes entran a Santiago después de vencer a los realistas en la batalla de Chacabuco. Reinstauración de la República.



1810

Instauración de la República de Chile

1814

Restauración de la Monarquía

1817

Restauración de la República

1818

Inicio obras Alameda de las Delicias

1821

Instalación Cementerio General

1822

Canal San Carlos para llevar agua del río Maipo al Mapocho

<sup>10</sup> H. Rodríguez, “Santiago de Chile – Catorce Mil Años”-, MChAPC, 2010

En 1818, el brazo sur del Mapocho, La Cañada, está seco, porque el río ha sido contenido con tajamares y ya no se desborda. O'Higgins inicia la construcción de la Avenida "Alameda de las Delicias". En 1821 se instala el Cementerio General, a pesar de la resistencia de la población acostumbrada a enterrar a los fallecidos en las iglesias y alrededor de ellas.

En 1835, Santiago tenía 70.000 habitantes. Se abandona el uso del adobe y se adopta el ladrillo. En 1860 se implementa alumbrado a gas (90%) y a parafina. En 1857, se construye el Gran Teatro Municipal, destruido en 1870 por un incendio, a raíz de lo cual se crea el cuerpo de bomberos. En 1863 se incendia la Iglesia de la Compañía de Jesús repleta de feligreses, causando dos mil muertos.

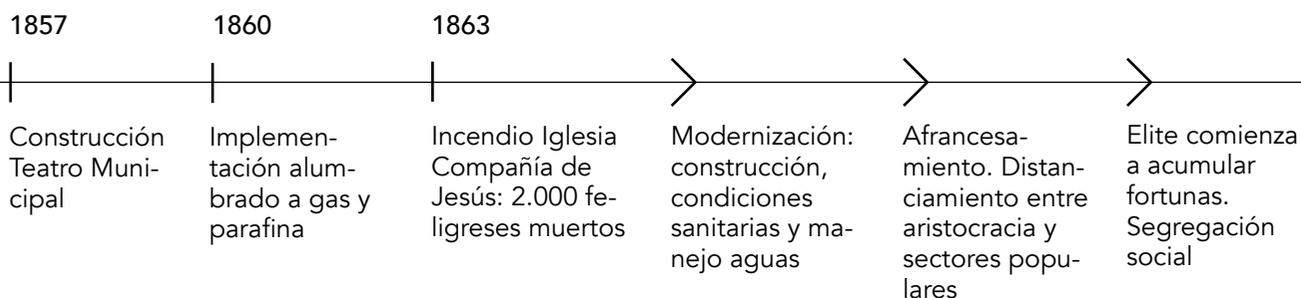
**Afrancesamiento general. "La sugestión ejercida por lo francés los empujó [a los miembros de la aristocracia] hacia un mayor lujo y refinamiento que los distanció material y espiritualmente de los sectores populares"<sup>11</sup>.**

Se contienen en buena medida los efectos de los fenómenos naturales -las crecidas del Mapocho, con la canalización, y los estragos de los terremotos, con las nuevas técnicas de construcción-, mejoran las condiciones sanitarias frente a las epidemias (mejor manejo de aguas limpias y servidas), y disminuye la resistencia Mapuche.

Desde 1870 en adelante todo esto permite por primera vez la acumulación de fortunas en manos de una elite de comerciantes e industriales. Paradójicamente este proceso llevó a la pérdida de la sobriedad y modestia que había distinguido a la aristocracia 'chilena' hasta entonces y generó segregación social. La lucha contra la adversidad había mantenido la cohesión social a pesar de las enormes diferencias entre los distintos sectores poblacionales. Esta prosperidad perduraría hasta el inicio de la Primera Guerra Mundial en 1914.

A inicios del s. XX, se produce un explosivo crecimiento de chozas y conventillos alrededor de la ciudad, y un aumento paulatino y sostenido de la pobreza y la marginalidad. Este fenómeno comienza a ser enunciado por autoridades y pensadores como "la cuestión social". Para el Centenario de 1910, Santiago mostraba, por un lado, un esplendor y grandeza que llamaban la atención a nivel nacional e internacional. Sin embargo, ya se avanzaba velozmente hacia peores tiempos. La pobreza, e incluso miseria, empezaron a rodear Santiago por varios costados, evidenciándose desde entonces un sistema político ineficaz, que nunca supo remediar este desequilibrio socioeconómico que ha perdurado hasta hoy, s. XXI.

Entre 1891 y 1901 se crearon las comunas de Ñuñoa, Providencia, Las Condes, Renca, Barrancas, Maipú, San Miguel, La Florida, La Granja y Puente Alto. Se hace minería en La Disputada y El Volcán, se instalan industrias en Providencia y Puente Alto, fae-



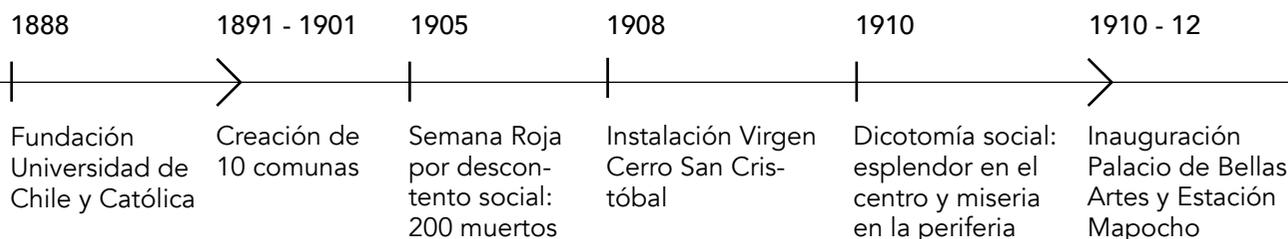
<sup>11</sup> Eyzaguirre, 1955.

nas de generación eléctrica en el Cajón del Maipo, agricultura en San Bernardo, Buin y Melipilla, lugares donde llegaba el tren<sup>12</sup>. “Si en el siglo XIX el ferrocarril y el gas habían sido símbolos de la modernidad, en el XX lo fueron el teléfono, el asfalto, los automóviles y la electricidad”<sup>13</sup>. Era de trenes, tranvías y plazas. En 1892 se construye la Plaza Colón en Vicuña Mackenna con Alameda, renombrada como Plaza Italia en 1910, y posteriormente Plaza Baquedano.

En 1905, en la “semana roja” o “huelga de la carne”, mueren más de 200 personas en manifestaciones por la pobreza y desigualdad reinantes. Terremoto de Valparaíso en 1906 y “noche de terror” en Santiago cambian el sistema constructivo, pasando al hormigón, cemento armado y el uso de estructuras metálicas. Se construyen puentes metálicos sobre el Mapocho. Los andenes de Estación Central en 1900, diseñados por Schneider Creusot. Se erige la Virgen del San Cristóbal, de hierro fundido, en 1908. Se inaugura la Estación Mapocho en 1912, puerta internacional de Santiago, que conectaba la ciudad con el Puerto de Valparaíso y con el Ferrocarril Trasandino que empezó a operar en 1910. Para la celebración del centenario colonias extranjeras inauguran monumentos y plazas: Italia reconstruye la plaza Colón que pasa a llamarse Italia, Francia, monumento frente al Museo de Bellas Artes, Alemania, fuente en Parque Forestal, Suiza, monumento en Alameda. Surgen diarios, revistas, cines, circos, pistas de baile, salones de patinaje, canchas de fútbol. Comienza la influencia neo-

yorquina ilustrada en el Edificio Ariztía de 1921, en calle Nueva York.

Desde 1940 comienza una explosión demográfica. Migración campo-ciudad. Cesantes del salitre. Santiago crece ocupando terrenos agrícolas. Segregación poblacional espacial relacionada, ya en los años 60, con la condición socioeconómica. Elite pudiente se desplaza primero del centro a Providencia y Las Condes, luego cada vez más al oriente hasta alcanzar los contrafuertes cordilleranos, y sigue encaramándose en las décadas posteriores hacia Vitacura, Lo Curro, La Dehesa, El Arrayán, y La Reina. Santiago Centro se transforma en área de gobierno, comercio, servicios y negocios. Clase media en Ñuñoa. Masas inmigrantes a la periferia semirural. Surgen las “poblaciones callampa” o “campamentos” en condiciones de existencia infrahumana<sup>14</sup>. Por la necesidad de ampliar el transporte desde las periferias al centro y “barrios altos” se crea la Empresa de Transportes del Estado, sector que desde los años 70 es entregado paulatinamente al mercado. Las comunas Renca, Cerro Navia, Pudahuel, Puente Alto y otras, concentran a las poblaciones más modestas y “marginales”. Surgen los malls y los barrios industriales. Alcantarillados, tranvía y electricidad marcan el inicio del proceso de modernización, seguido por el teléfono, gas, y creciente infraestructura vial. El segundo milenio trae el metro y las ciclovías. En 2007 el Transantiago<sup>15</sup>.



<sup>12</sup> De Ramón, 2000

<sup>13</sup> Rodríguez, “Santiago de Chile – Catorce Mil Años”, MChAPC, 2010

<sup>14</sup> R. Sagredo, Santiago Catorce Mil Años, MChAPC, 2010

<sup>15</sup> Íbid.

Plaza Italia, 1926 · © Foto Publimetro



Plaza Baquedano, 18 Octubre 2019 · © El Dínamo



1921

Influencia neo-yorkina: Edificio Ariztía

1940

Explosión demográfica, migración campo ciudad y cesantes del salitre

1960

Desplazamiento de elite hacia el oriente de Santiago y precordillera

1970

Creación Empresa de Transportes del Estado

1980

Malls y barrios industriales

2000

Modernización transporte: metro y ciclovías



Expedición a Laguna Negra y Laguna Encañado · © Museo de Historia Natural

## 1.2 Breve historia del Cajón del Maipo

Como se ha dicho, hace unos 14 mil años grupos humanos recorrieron los valles y costas de Chile central, tal como lo atestiguan los hallazgos en San Vicente, Región de O'Higgins, valle del Cachapoal. En los antiguos sedimentos de lo que fuera la gran laguna de Tagua Tagua se encontraron vestigios de presencia humana que se remontan a 13.000 -11.000 años.

Sin embargo, la llegada de los primeros humanos a la cuenca alta del Maipo/Mapocho es posterior porque la entrada a la cordillera era limitada por grandes glaciares. Con el tiempo las masas de hielo disminuyeron y las aguas derretidas bajo sus vientres tallaron valles fluviales, facilitando las condiciones para el crecimiento de vegetación, llegada de fauna e incursión de seres humanos.

Desde el inicio del siglo XVIII los españoles empezaron a desarrollar la minería en la cuenca del Maipo, con minas como San Simón, El Cristo, La Carlota y Merceditas. San José de Maipo es fundado en 1792 por el Gobernador de Chile y futuro Virrey del

Perú, Ambrosio O'Higgins, quién le otorgó calidad de Villa para darle empuje a la minería, particularmente a la extracción de plata en el cerro San Pedro Nolasco, a las alturas del actual poblado del Ingenio. Se necesitaban asentamientos para acoger y proveer servicios a los mineros y sus familias. La Villa de San José de Maipo fue el principal. Hoy alberga el gobierno comunal en la Municipalidad del mismo nombre.

Así, la impronta fundacional moderna del Cajón del Maipo es la actividad minera. Los arrieros cordilleranos, con su conocimiento del terreno y capacidad de observación jugaron un rol protagónico en esta historia. Muchas vetas metalíferas fueron descubiertas por ellos.

Desde entonces, en toda la cuenca del río Maipo los bosques, flora, fauna, fungi, y comunidades humanas, sufrirían las consecuencias de esta intensa actividad minera. Madera para levantar casas; leña para los hogares y los hornos para fundir metales; vigas para sostener los piques de las minas; carbón para locomotoras y todo tipo de

maquinarias a vapor, no solamente las utilizadas en el valle sino también en Santiago

Hoy cuesta hoy imaginar los tres valles principales y subcuencas del Maipo, con sus tramos medios y bajos cubiertos de bosques con diversas e imponentes especies arbóreas y rica fauna y hongos asociados, recorridos por cazadores recolectores trashumantes o nómades. Los ecosistemas boscosos originarios, bien adaptados al clima y régimen pluvial -lluvias siempre escasas en el largo y cálido verano-, han sido relegados a quebradas y sustituidos en fondo de valle por una diversidad de árboles frutales y ornamentales dependientes de la mano humana y de riego frecuente. Lluvia y riego escasean ahora por el proceso de desertificación que afecta la cuenca y zona central de Chile. El promedio 1981-2010 fue de 340 mm/a. Desde 2009, con 273 mm, se desploma la pluviometría, llegando a 82 mm en 2019<sup>16</sup>.

Villa San José de Maipo, se emplazó con una distribución de 27 manzanas de 84 metros por lado. Luego se distribuyeron solares (sitios) y se otorgaron los dos primeros para erigir la iglesia y casa parroquial, situadas hasta hoy en la Plaza de Armas.

El actual poblado de El Volcán, a 1400 m de altura, a 80 km de Santiago y 30 de San José de Maipo, fue el asentamiento de más de mil trabajadores de la mediana minería de cobre, una de las principales minas productoras del metal rojo a nivel nacional a fines del 1800 y principios del 1900. Según testimonios recogidos por historiadores, algunos de los indígenas cazadores recolectores que habitaban o recorrían estas tierras antes de la llegada de los europeos se plugaron a la explotación artesanal de la plata y cobre que refinaban y fundían artesanalmente en hornos de piedra.

La historia oral también consigna la segregación socioeconómica temprana entre los

dueños de las minas y los mineros asalariados. De hecho, según una historia contada a un antropólogo por la más antigua pobladora del El Volcán, Sra. Adriana, en esos años, alrededor de 1884, el creador y director de la Compañía Minera Maipo, Gregorio Donoso, tenía trato frecuente con el diablo mismo, que llegaba "en una carroza negra tirada por dos caballos negros muy lindos. En esa carroza iba un caballero grande vestido con esmoquin, sombrero de copa y zapatos y hebillas brillantes... todo de negro"<sup>17</sup>. Según el relato, Don Gregorio, bajito y de bastón, lo esperaba varias veces a la semana a las doce de la noche en la puerta de la oficina de la minera para reunirse con él... 'Mito' con resonancias sicosociales interesantes. Entre los pueblos andinos persiste la noción que la minería, con su profanación de la Pachamama, es del diablo. Hasta hoy en las minas modernas se aplaca al "tío" de diversas maneras, incluyendo elaboradas instalaciones en altares votivos.

Durante el s. XIX la zona es escenario de acontecimientos importantes para la independencia de Chile. Por su cercanía y conexión cordillerana con Argentina, una columna del Ejército de los Andes ingresó a Chile por el Paso del Portillo logrando que la guardia realista se batiera en retirada en San Gabriel.

A inicios del s. XX, debido a la pureza y sequedad de sus aires, y su altitud, se instaló un sanatorio especializado para enfermos respiratorios provenientes de todo Chile, principalmente para aliviar la tuberculosis, enfermedad prácticamente incurable, mortal, en esa época, antes del desarrollo de los antibióticos modernos.

Ya en el s. XX, la electrificación de Santiago impulsó la construcción de las centrales hidroeléctricas Maitenes, Queltehues y Volcán en la cuenca. La necesidad de agua pura de la capital de Chile motivó la cons-

<sup>16</sup> [www.pauta.cl/calidad-de-vida/2019-el-ano-en-que-en-santiago-llovio-como-en-dubai](http://www.pauta.cl/calidad-de-vida/2019-el-ano-en-que-en-santiago-llovio-como-en-dubai)

<sup>17</sup> <https://dedaldeoro.cl/ed41-nuestra-historia.htm>

trucción del acueducto que conduce las aguas cristalinas de la Laguna Negra a Santiago, fundamental para el abastecimiento de la capital de Chile.

Desde los tiempos coloniales la ganadería fue una actividad importante en la zona, a pesar de las limitaciones que imponían la geografía y el clima de la cuenca, y la ausencia de vastas praderas, que era suplida con los pastos de los bofedales altoandinos. Audaces y hábiles arrieros movían ganado vacuno y equino entre Chile y Argentina, y, como se ha dicho, contribuyeron con sus conocimientos y habilidades al desarrollo de la minería. Otros baqueanos se dedicaron a la crianza de cabras, pese a la abrupta morfología de la cordillera. La tradición arriera ha sobrevivido, pero en general la ganadería se ha ido reduciendo con los drásticos cambios ocurridos en toda la cuenca, y las diversas intervenciones, incluyendo la construcción de Alto Maipo que ha afectado gravemente la ganadería en el valle del río Colorado, por ejemplo. La pérdida de vegetación y la sequía se han sumado a la crisis de la ganadería local. En agosto 2019, representantes del sector hicieron una dramática interpelación al alcalde y consejo de la Municipalidad de San José de Maipo solicitando apoyo para paliar esta adversa situación, que el cambio climático amenaza con empeorar.

La crianza de cabras -especie muy 'aguantadora' por su capacidad de alimentarse de una gran diversidad de vegetales- se está haciendo cada vez a mayor altura en las cabeceras de las subcuencas, tal como a la entrada del Valle de las Arenas, subcuenca del río Volcán, por aguerridas familias de cabreros cuya tradición se remonta a los inicios de la historia moderna de la cuenca del río Maipo. Cabe preguntarse si algunos cazadores recolectores, presentes en la sección alta de la cuenca en tiempos coloniales, se plegaron a las actividades ganaderas en sus inicios, tal como sucedió con la minería. Con su cultura de alta cordillera, resistencia, conocimiento profundo

de la cuenca y capacidad adaptativa, eran insuperables para cumplir un rol destacado tanto en la ganadería como en la minería.

Así, sin que muchos lo sepan ni se den cuenta, la cuenca alta del río Maipo ha dado su vida, sus bosques, biodiversidad y aguas, para el bienestar de los habitantes de sus tres secciones, pero particularmente, dada la masividad de la población en éstas, el de las secciones media y baja.

El ferrocarril de Puente Alto al Volcán también cambió la vida de los habitantes de la cuenca para siempre, al potenciar aún más al sector minero, facilitando el traslado de minerales e insumos. En 1912 se construyó el primer tramo hasta San José de Maipo, y en 1922 la vía se extendió hasta el poblado minero cuprífero El Volcán.

Actualmente, la minería metálica no tiene la intensidad de antaño. Sin embargo, la minería no-metálica es desarrollada en forma intensa en los sectores altos de las subcuencas del Maipo donde se encuentran los más importantes yacimientos de yeso y caliza a nivel nacional, particularmente en los sectores del río Colorado, en la subcuenca del mismo nombre, y El Volcán y Lo Valdés, en la subcuenca del río Volcán. Las mayores empresas son Cementos Biobío S. A. (yacimiento La Perla), Yesos Andinos SpA (controlada por la alemana Knauf), la Compañía Industrial El Volcán S.A. y las Sociedades Industriales Pizarreño/Romeral controladas por la empresa belga, Etex.

El impacto socioecológico local de estas faenas es alto. En lo Valdés, con la apertura de vertiginosos socavones, la explotación subterránea está haciendo colapsar la vertiente sur de las montañas hacia el interior, lugar que alberga uno de los mayores tesoros paleontológicos del Cajón del Maipo; fósiles de antiguos sedimentos de fondo marino que se remontan hasta 150 millones de años atrás. Algunos argumentan que todo el polvo que emanan constantemente las faenas está impactando los gla-

ciaras circundantes. Por otro lado, el incesante tránsito de camiones de alto tonelaje que mueven cientos de miles de toneladas de yeso y caliza por las tres vías principales –camino a Maitenes, Camino Al Volcán y ruta por El Toyo- que sirven a toda la comunidad residente y a los visitantes, las deterioran y las congestionan, instalando un alto riesgo de accidentes viales, durante todo el año. Como es típico en Chile, las empresas no tributan en la comuna, sino en las de sus casas matrices. Es cierto que algunas de estas mineras llegaron tempranamente a la cuenca del Maipo, pero es también un hecho que la vocación de la cuenca mutó y es hoy residencial, turística y proveedora de diversos servicios ambientales vitales para toda la RM. Agua, aire, biodiversidad, esparcimiento, conexión con lo ‘no humano’. Las empresas de la minería no-metálica deben buscar otra forma, social y ecológicamente apropiada, para explotar y trasladar sus productos e insumos, que hoy realizan solo en enormes camiones que no paran jamás de circular por las atochadas rutas del Cajón del Maipo. En todo caso, la primera consideración de cualquier desarrollo en la cuenca del Maipo, u otras, y hoy más que nunca, debe ser la protección y conservación de las fuentes de agua, glaciares, lagunas, ríos, esteros, vertientes, humedales, vegetación, y el apoyo a las comunidades locales.

El año 2018 en la RM se produjeron 839.560 toneladas de yeso, que representan el 92% de la producción nacional y 1.559.666 toneladas de caliza, que corresponden al 25% de la producción del país<sup>18</sup>.

La Región Metropolitana concentra la mayor actividad turística del país (seguida por Valparaíso y la Región de Los Lagos. Para el año 2017 el turismo de la RM registra un número de llegadas y pernoctaciones de 3.604.077 y 7.877.439, respectivamente<sup>19</sup>.

La identidad cajonina ha evolucionado con el tiempo. El año 2014 la comuna de San José de Maipo es declarada Zona de Interés Turístico<sup>20</sup> (ZOIT) por sus atributos ambientales, que atraen durante todo el año a miles de turistas nacionales y extranjeros a realizar diversas actividades deportivas y recreativas, tales como rafting y kayak en el río Maipo, cabalgatas en los cajones cordilleranos, caminatas y escalada en la zona de Lo Valdés y otras, ciclismo de montaña, y visitas a las áreas silvestres protegidas de la zona, a sus ríos, esteros, lagunas, humedales, y termas.

El año 2018 la municipalidad, junto con la Dirección Regional de SERNATUR iniciaron el proceso de actualización de la ZOIT para San José de Maipo, la que se encuentra en trámite. Sin embargo, por motivos que la ciudadanía desconoce, el polígono de cobertura contempla un radical ajuste de los límites, y ya no abarcaría toda la comuna, desprotegiendo zonas importantes.



<sup>18</sup> SERNAGEOMIN, Anuario de la Minería 2018.

<sup>19</sup> Subsecretaría de Turismo, Servicio Nacional de Turismo, Anuario 2017

<sup>20</sup> Resolución Exenta 1138 [www.sernatur.cl/transparencia/archivos/marco-normativo/actos-y-documentos/1138.pdf](http://www.sernatur.cl/transparencia/archivos/marco-normativo/actos-y-documentos/1138.pdf)

## Atractivos destacados

Nieve y Montaña	Lagunillas, San José, Marmolejo, Tupungato, y demás cumbres emblemáticas de la zona.
Áreas Silvestres Protegidas	Sistema administrado por CONAF: Monumento Natural El Morado y dos santuarios de Naturaleza.
Aguas Termales	Baños Morales, Termas de Colina, y Baños del Plomo, con servicios asociados.
Ríos y Lagunas	El río Maipo y sus afluentes son el principal atractivo de la zona, a la que se suman la Laguna Negra y el Embalse El Yeso, así como quebradas y humedales.
Patrimonio Cultural	Siete monumentos históricos que datan del siglo XIX. Zona típica de San José de Maipo, fiestas costumbristas, ferias de artesanías y gastronomía típica.



En esta línea, actualmente se están tramitando dos nuevos proyectos: a) el que busca que la comuna sea reconocida como Geoparque Mundial por la UNESCO -territorios del mundo donde se gestionan sitios de relevancia geológica internacional con un concepto holístico de protección, educación y desarrollo económico sostenible, principalmente a través del turismo-. Los proponentes e investigadores del proyecto ya identificaron 40 geositos de relevancia

vancia en 10 áreas temáticas diferentes, con al menos 5 de importancia científica internacional; b) ¡Queremos Parque! que busca proteger 142.000 ha de tierras fiscales de las subcuencas de los ríos Colorado y Olivares bajo la figura de Parque Nacional, que sería el primero en la RM, donde solamente el 1,56% está bajo protección del Estado; el sector incluye 300 glaciares, y en él se han detectado 430 especies de plantas y 135 especies de animales.

### 1.3 Situación poblacional actual en la cuenca

Hoy, la cuenca del río Maipo alberga 163 localidades pobladas; 22 son ciudades y el resto poblados y asentamientos rurales. Las comunas con mayor cantidad de habitantes son:



En general los asentamientos se emplazan próximos al río Maipo y a sus principales tributarios. Santiago, capital de Chile, concentra la mayor población a nivel regional y nacional, y es el principal núcleo administrativo, institucional, industrial y comercial del país.

Al año 2017, la población de la RM alcanza a 7.112.808 habitantes, 40% del total nacional. Santiago es cinco veces mayor que la siguiente mayor ciudad y genera cerca del 50% del PIB nacional. La superficie de la RM bordea los 15.403 km<sup>2</sup>, con una densidad promedio de 461,77 habitantes por km<sup>2</sup>. Un dato curioso, que delata la total falta de ordenamiento territorial -poblacional, espacial y ambiental- en nuestro país, es que la población de la RM y de la con-

tigua Región de Valparaíso suma 8.928.712 personas, casi el 50% de la población total de nuestro país, que ocupa solo 31.799 km<sup>2</sup> de los 756.950 km<sup>2</sup> totales de la superficie nacional continental y oceánica (sin incluir la Antártica chilena). Es decir, el 50% de la población de Chile se aglomera muy gregariamente en un 4,2% del territorio nacional, en un cuadrante de no más de 172 km de ancho, o longitudinales (Norte/Sur), y 230 km de largo, o latitudinales (Este/Oeste). Si ampliamos el cuadrante longitudinalmente en solo 25 km, considerándolo desde San Felipe de los Andes en el norte a San Fernando en el sur, la población representa el 60% del total nacional, en un cuadrante de 172 km por 254. Esto delata una centralización extrema, típica de país 'tercermundista', una verdadera patología

socioambiental -desorden territorial- con repercusiones negativas para todo el país en todos los ámbitos de nuestra sociedad.

En cuanto a presencia indígena, la RM concentra la mayor población de pueblo Mapuche de Chile, con 615 mil personas, 38% de quienes se identifican actualmente con este pueblo originario, el más numeroso del país. En contraste, en la Región de la Araucanía habitan 314 mil personas, el 14% de quienes se identifican como Mapuche<sup>21</sup>. En 2017 en todo Chile la población de pueblos originarios alcanza a 2.185.792 indígenas, el 12,8% de la población total. La población mapuche alcanza a 1.745.147, el 9,9% de la población total<sup>22</sup>.

Desde su fundación el 12 de febrero de 1541, Santiago tuvo un crecimiento lento, a partir de las 150 personas de nacionalidad española que llegaron con Pedro de Valdivia y de la diversa población que acompañó la avanzada. Hasta los primeros años del siglo XVII el asentamiento mantuvo una tasa de crecimiento de un 2,68% anual, la que se estanca con tasas inferiores a 2% hasta fines del siglo XIX, cuando la ciudad comienza a crecer en forma acelerada, con una tasa superior al 3% anual. En 1940 Santiago tenía 952.075 habitantes, y su crecimiento se dispara. Solo entre 1952 y 1992 la población se cuadruplicó. Al 2002 Santiago albergaba ya 5.822.316 hab. (4.870.241 hab. más que en 1940, solo 62 años después). Este incremento poblacional durante los siglos XX y XXI no se debe solamente al crecimiento vegetativo de la población, sino también al aumento acelerado de la inmigración desde otras regiones de Chile, y desde el extranjero. Según el censo del 2017, ese año Santiago, en sus 32 comunas, albergaba 6.257.516 hab. (35,6% del total nacional y 88% del total regional) y la RM albergaba 7.112.808 habitantes de los 17.574.003 del total nacional.

El crecimiento poblacional trae aparejado la expansión de la ciudad y cambios en la densidad de ocupación del espacio. A 50 años de su fundación, en 1591, Santiago ocupaba 218 ha, con una densidad de 6,8 hab./ha. En 1700, no se había extendido mayormente, pero la densidad había incrementado a 66,6 hab./ha. A fines del siglo XVIII, ocupaba 400 ha y la densidad era mayor a 100 hab./ha. A principios del siglo XX ocupaba aprox. 4.000 ha y comenzaba el surgimiento de núcleos satélites, como Puente Alto y San Bernardo, por el sur, y Maipú por el oeste, que fueron fusionándose gradualmente con el núcleo central. En 1940 la ciudad ocupaba 11.348 ha; en 1950, más de 13.000, y se incrementaba la densidad demográfica en el centro de la ciudad; en 1980 ocupaba 45.000 ha; en 1991 49.346; al 2005 70.000; y al 2017 casi 84.000 ha. Al 2017 la densidad poblacional de la RM era de 462 hab./ha. A pesar de todos los problemas socioambientales graves que afectan a Santiago y a la RM la población y la densidad siguen aumentando. Hasta la fecha actual el país no ha sabido resolver el centralismo a pesar de la plétora de problemas que acarrea, tanto para la capital como para todas las otras regiones de Chile.

<sup>21</sup> INE, Censo 2017.

<sup>22</sup> Radiografía de Género: Pueblos Originarios en Chile, INE 2017



Gráfico 1: Población indígena en porcentaje del total de la RM

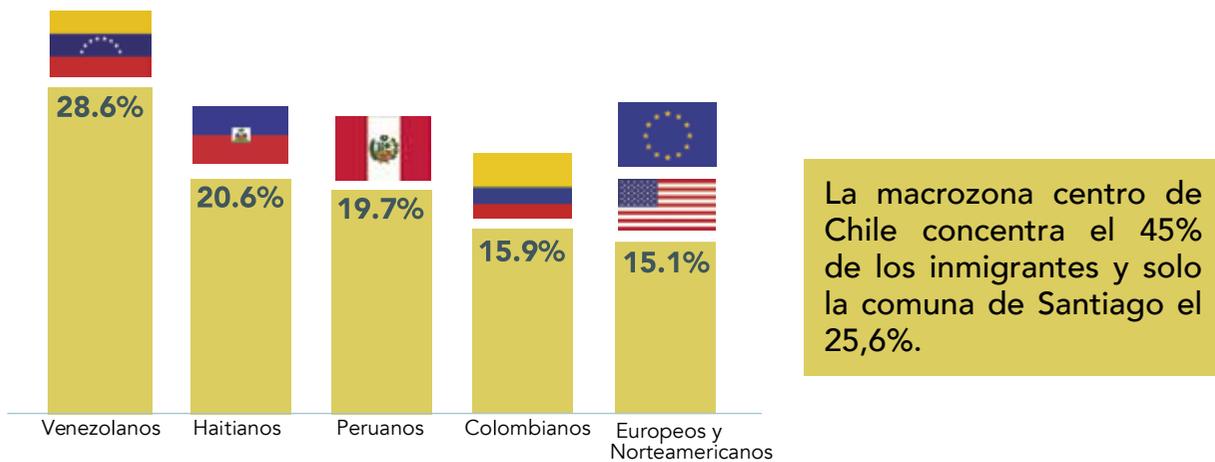


Gráfico 2: Población de origen extranjero residente en la RM

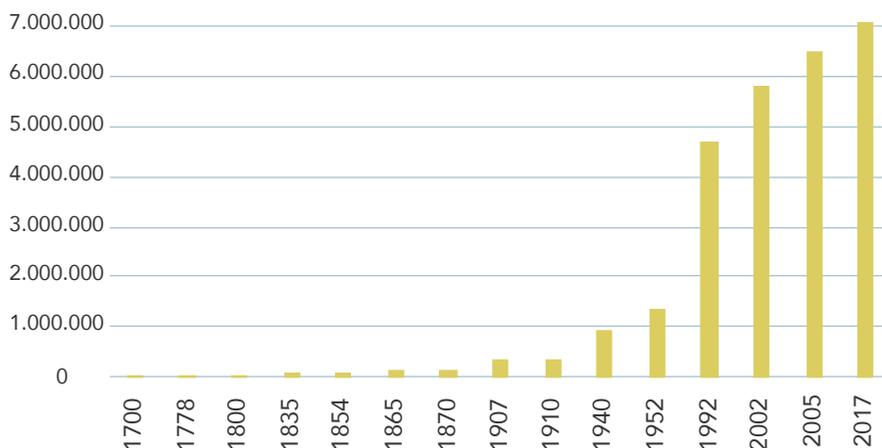


Gráfico 3: Crecimiento poblacional en la RM

<sup>23</sup> Ibid.

<sup>24</sup> INE, Mapa de la Inmigración en Santiago – Localización Espacial Inmigrantes, Censo 2017.



Glaciar Nieves Negras, Volcán San José. © Paulo Urrutia

## 2. Cuenca del río Maipo

El agua en las cuencas se presenta en sus tres estados, abarcando diversos espacios, generando así el ciclo hidrológico, en constante transformación y movimiento. El agua es un elemento extremadamente dinámico en el tiempo y el espacio. Sin interferencia, el ciclo hidrológico global -que se puede percibir como constituido por ciclos hidrológicos locales y regionales- se autorregula para que el agua sustente las necesidades de la miríada de distintos seres vivos (de hecho, basados en agua), que habitan un territorio.

Sin embargo, el ciclo global y los ciclos regionales y locales de las aguas se han visto alterados por un actor planetario que se ha convertido en el competidor casi "monopólico" de todos los demás: **la humanidad**.

Desde tiempos inmemoriales, nuestros padres han buscado agruparse alrededor o cerca de las aguas, beneficiándose de todas las bondades que este vital elemento nos entrega. No siempre disponible directamente en nuestros asentamientos, muchas veces hemos tenido que transportarla a través de grandes distancias.

Desde la revolución industrial, la humanidad adoptó un patrón de desarrollo que muchos llaman "occidental", aludiendo a su origen europeo, donde la 'creación' y satisfacción de interminables necesidades presenta un crecimiento exponencial; proceso acompañado de gravísimos impactos socioambientales negativos, incluyendo el cambio climático. Y en la base de todo están las aguas. En este complejo escena-



como con otros cuerpos de agua presentes en la cuenca, tales como lagos y humedales.

En nuestro país la delimitación de las cuencas se basa en parámetros político-administrativos que no siempre coinciden con sus límites naturales.

Es importante aclarar desde esta introducción que en Chile aún no existe normativa para la gestión integrada de recursos hídricos a nivel de cuenca. Lo que sucede en ellas y con sus aguas se rige por una pléthora de leyes y normas sectoriales disgregadas en diversos cuerpos legales.

Una cuenca alberga un ecosistema hipercomplejo en el que interactúan procesos abióticos, como los geológicos, hídricos y atmosféricos, con los bióticos, es decir, con los diversos organismos que la habitan. En los segundos nos encontramos los humanos, quienes añadimos un grado mayor de complejidad al sistema, asociado a los innumerables usos que le damos a las cuencas y sus aguas, dependiendo de procesos históricos, sociales, y culturales propios de cada grupo.

rio, el rol de las aguas, que siempre ha sido clave, se está tornando crítico para todos los actores y las múltiples actividades que desarrollan las sociedades humanas. Su disponibilidad y demanda es diversa y heterogénea, pero universal.

Para estudiar y comprender las distintas dinámicas que ocurren en torno al agua en un territorio es fundamental la perspectiva de cuenca hidrológica. **Se ha definido una cuenca hidrológica como el área que abarca todos los cursos de agua -afluentes- que drenan y convergen desde hitos geográficos, que llamamos divisorias de las aguas hacia un río principal.** Es importante considerar que estas aguas superficiales están íntimamente relacionadas con las aguas subterráneas y sus afloramientos, así

En el viaje de las aguas a través de las cuencas, éstas fluyen e interactúan con diversos elementos en sus tres estados, en forma de vapor en la atmósfera, en forma líquida, por cursos superficiales y subterráneos, y en forma sólida como hielo y nieve. En este sentido, los ríos son una de las manifestaciones terrestres más visibles de los múltiples procesos hídricos que ocurren en una cuenca. Ellos transportan agua rica en nutrientes y sedimentos inorgánicos indispensables para el desarrollo de toda la vida en la Tierra. A pesar que los ríos representan, según distintas estimaciones, entre un ínfimo 0,0001% y 0,0002% del agua que existe en nuestro planeta, son un "bioindicador" crucial de la salud de nuestras cuencas y de nuestro territorio.

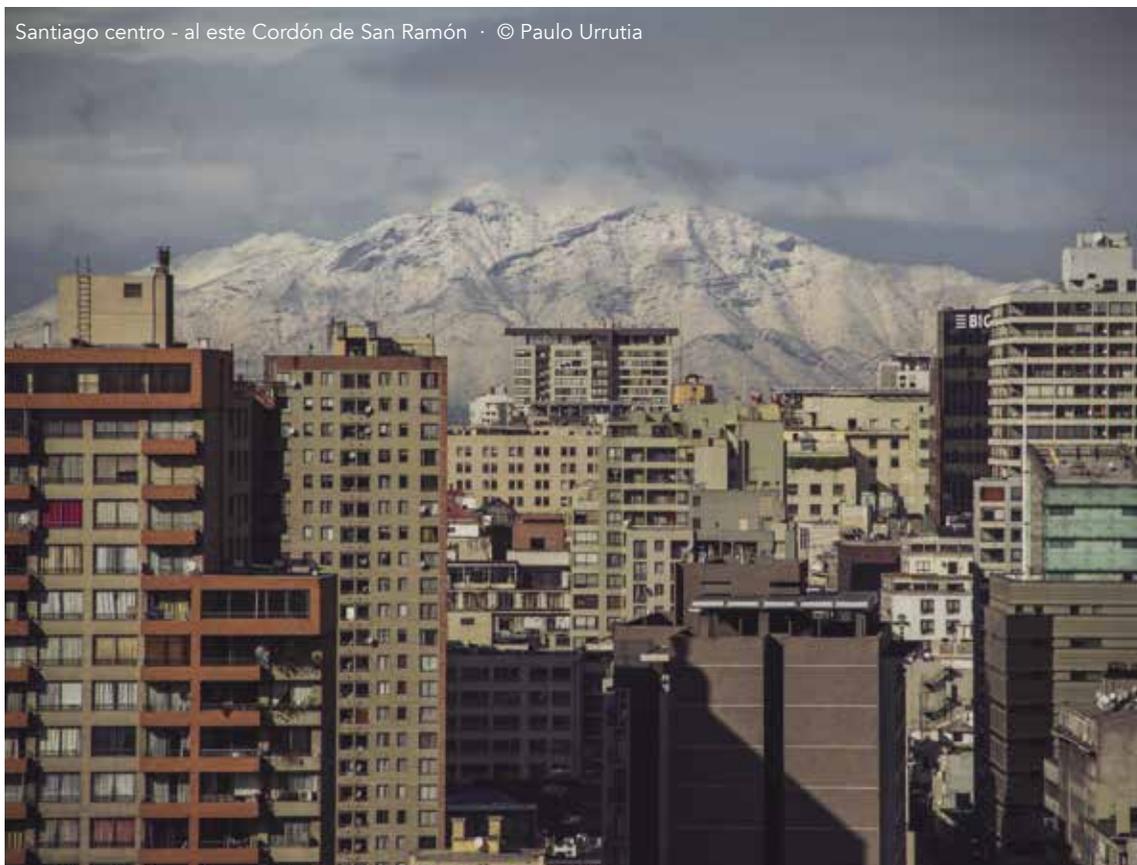
El río Maipo fluye desde los pies del Volcán Maipo en la Cordillera de los Andes hasta su desembocadura en el Océano Pacífico en el sector de Llole. A lo largo de su recorrido recibe las aguas de afluentes de distintos tamaños. La superficie de la cuenca alcanza unos 15.304 km<sup>2</sup>, abarcando el cien por ciento de la Región Metropolitana (RM) y pequeñas superficies de las regiones de Valparaíso (Provincia de San Antonio y Valparaíso), y del Libertador Bernardo O'Higgins (Provincia de Cachapoal).

Nos parece importante hacer notar que la desembocadura y el ecosistema estuarino del río Maipo se encuentran en extremo mal estado, evidenciando una inexcusable negligencia por parte de la autoridad y también de la población. En la desembocadura y humedales se ha permitido la instalación de una chipeadora y de un enorme estacionamiento de camiones de alto tonelaje, que sirven al Puerto de San Antonio, ubicado inmediatamente al norte. Todo el lugar se encuentra colmado de basura domiciliaria. La calidad de las aguas en la desembocadura del río Maipo -algo que le ocurre a muchos ríos de nuestro país- es lamentable, afectada por diversos impactos derivados de su contacto con numerosas comunidades humanas que habitan en las inmediaciones del río a lo largo de todo su trayecto, incluyendo vertimientos de residuos líquidos industriales y aguas servidas, percolación de vertederos y de tranques de relaves, masivas extracciones de agua del Maipo para agua potable y riego, y otras intervenciones intensas, tales como la extracción de áridos desde su cauce. Finalmente, argumentando la necesidad de proteger a la población de potenciales tsunamis, la autoridad portuaria construyó con rocas una gigantesca obra de canalización de la desembocadura, que alteró drásticamente su

morfología y la dirección del flujo del caudal del río Maipo en su encuentro con el Océano Pacífico. Los defensores locales de la desembocadura y los humedales argumentan que esta invasiva obra se hizo como preparativo para el proyecto de ampliación del Puerto de San Antonio de la autoridad portuaria, que para estos efectos pretende cubrir con cemento lo que queda del humedal.

Y, como sabemos, en estos momentos AES Gener, a través de su filial Alto Maipo, con autorización gubernamental, y aval de sucesivos gobiernos, construye en estos momentos una central hidroeléctrica de pasada a gran escala que genera trasvases de las aguas de tres ríos, degradando severamente las cabeceras de las tres principales subcuencas de la gran cuenca del río Maipo, que está siendo afectada severamente por la sequía que se ha instalado en la zona nor-centro y centro sur de Chile.





Paradójicamente, la cuenca del Maipo alberga los principales centros políticos, educacionales, comerciales, industriales, portuarios y de comunicaciones del país, concentrando el 40,3% de la población en el 1,6% del territorio nacional. El río Maipo constituye la fuente primordial de agua potable de la RM, la más habitada de nuestro país. Con las aguas del Maipo se abastece alrededor del 70% de la demanda actual de agua potable, y cerca de un 90% de las demandas de regadío del gran Santiago<sup>25</sup>.

La RM cuenta con una población aproximada de 7.1 millones de habitantes, la cual ha aumentado casi un 30% desde el censo de 1992<sup>26</sup>.

Este constante crecimiento demográfico provoca un consecuente aumento de la demanda hídrica, y de expansión urbana e industrial en zonas ambientalmente vulnerables. Las altas tasas de consumo hídrico del sector agrícola, junto con las proyecciones de crecimiento del sector industrial, minero y residencial, alertan que los conflictos por el agua en la cuenca van a acentuarse en el futuro. Por ende, es fundamental avanzar en comprender la diversidad de procesos que ocurren en la cuenca de manera holística, considerando sus componentes políticos, económicos, sociales, culturales y ambientales.

<sup>25</sup> García, R; Stern, J. (2008). Cambio Climático, caso río Maipo. Chile sustentable.

<sup>26</sup> Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (22 de diciembre de 2017).

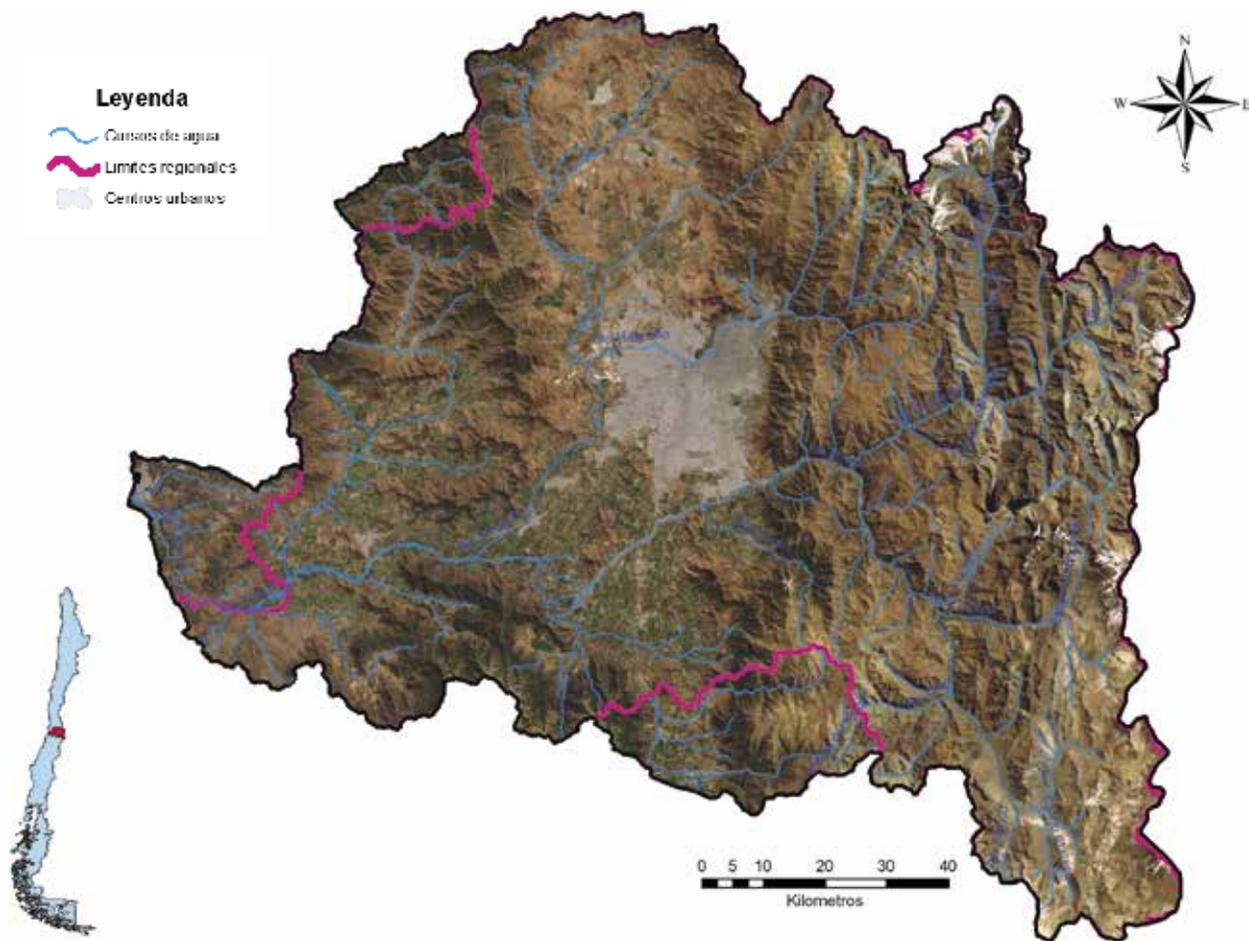
## 2.1 Caracterización

Esta cuenca se encuentra situada en la zona central de Chile, entre 32°55' - 34°15' de latitud Sur y 69°46' - 71°43' de longitud Oeste, siendo prácticamente coincidente en sus límites con la Región Metropolitana de Santiago (Figura 1).

El río Maipo nace en las laderas del volcán Maipo, a una altitud aproximada de 5.623 msnm, y luego de un recorrido de 250 km a través de montañas y llanos, entre comunidades humanas y no humanas, desemboca en el Océano Pacífico en las inmediaciones de la localidad de Llole, al sur del puerto de San Antonio.

En este viaje recibe aportes principalmente de los ríos Volcán, Yeso, Colorado, Clarillo y Mapocho. En su desembocadura, el río Maipo se funde con la mar, generando un estuario con un humedal de alto valor ecológico -desde 2002 "Parque Humedal Río Maipo" y declarado en 2019, Santuario de la Naturaleza- hábitat de aves marinas y de agua dulce, muchas de ellas migratorias. La descarga promedio anual en la desembocadura es de 127m<sup>3</sup>/s<sup>27</sup> con máximas entre junio a septiembre, en época de lluvias invernales. El Maipo presenta un estuario marino somero con profundidades cercanas a los 1.4 m y una amplitud de unos 250 m de ancho<sup>28</sup>.

Figura 1: Límites naturales, político-administrativos y cursos de agua en la cuenca.



<sup>27</sup> Dirección General de Aguas (DGA). Reportes Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea.

<sup>28</sup> Brice, 2010. Finite volume modeling of variable density shallowwater flow equations for a well-mixed estuary: application to the río Maipo estuary in central Chile

## 2.2 Clima

Las condiciones climáticas características en la cuenca del río Maipo están influenciadas por la latitud y el pronunciado relieve de la Cordillera de los Andes. La zona media y baja de la cuenca se caracteriza por la presencia de una estación seca prolongada y un invierno bien marcado con temperaturas que llegan a cero grados. En la zona alta, la Cordillera de los Andes supera los 3.000 msnm, con temperaturas bajo cero y precipitaciones sólidas en forma de nieve, y mantos de hielo en cumbres y quebradas. Las precipitaciones en la cuenca se concentran durante la época invernal entre mayo a agosto, las que aumentan proporcionalmente con la altura. Santiago registra una temperatura media anual de 14, 5° C, llegando a alcanzar en verano máximas superiores a 30° C durante el día.

32°55' - 34°15' L.S.  
69°46' - 71°43' L.O.

El comportamiento climático de la parte alta de la cuenca se puede observar en la estación meteorológica Embalse El Yeso. En la cordillera, la temperatura media mensual decrece a medida que la precipitación media mensual aumenta. Esta situación es característica de inviernos lluviosos y veranos secos (Gráfico 4). Para más detalles, revisar el Anexo I: Estaciones meteorológicas.

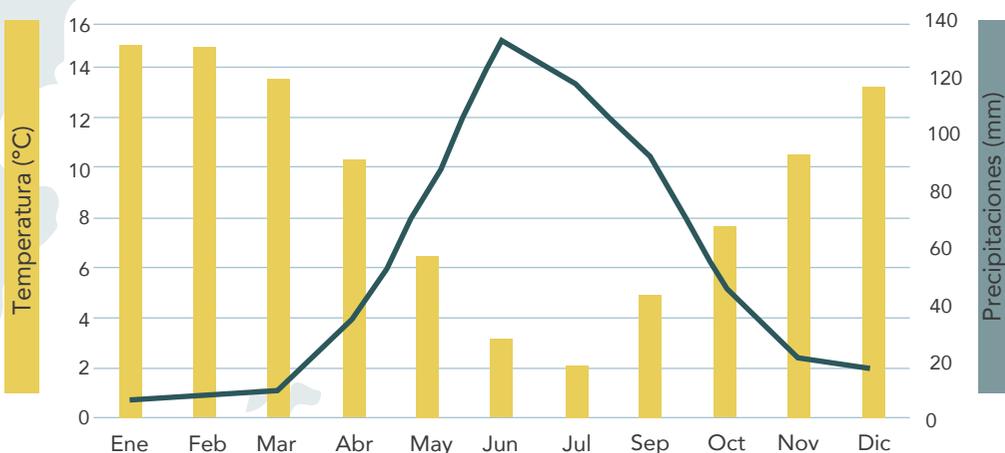


Gráfico 4: Climograma estación Embalse El Yeso.

### 2.3 Geología y geomorfología

La geología y geomorfología de la cuenca del Maipo se encuentran actualmente definidas por el choque entre la placa oceánica Nazca, que se hunde bajo la placa continental Sudamericana. Este proceso, que se conoce como subducción, es el responsable de la ocurrencia de volcanismo, fallas geológicas y sismicidad en la zona.

La subducción da lugar a un arco volcánico continental, que se divide en cuatro unidades morfoestructurales: Planicie Fluvio-marina, Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia y Cordillera de los Andes. En gran medida, estas morfo-estructuras determinan la forma en que los distintos cursos de agua se mueven a través de la cuenca.

En la zona cordillerana se puede observar la presencia volcánica en macizos como el Tupungato y Marmolejo (extintos), Tupungatito, San José y Maipo (activos). Estos complejos volcánicos superan los 5.000 msnm y algunos de ellos muestran su actividad en forma de fumarolas. Las formaciones geológicas se disponen en dirección norte sur (Figura 3).

En la parte superior de la cuenca, por donde fluyen los ríos Colorado, Olivares, Colina, Volcán y Yeso, afloran rocas sedimentarias marinas de aproximadamente 160 millones de años AP (Antes del Presente). Éstos siguen atravesando el macizo andino hacia occidente, constituido luego por rocas volcánicas, con intercalaciones de rocas sedimentarias continentales, con edades que fluctúan entre los 60 y 20 millones de años AP.

Desde su nacimiento hasta la boca del Cajón del Maipo el río fluye en dirección noroeste. Luego, en la depresión intermedia, los ríos

Maipo y Mapocho fluyen hacia el sur a través de sedimentos recientes de origen fluvial, lacustre, glacial y esporádicamente de origen piroclástico. Coexisten, en el área de Santiago, con cerros islas más antiguos y rocas intrusivas de la misma edad.

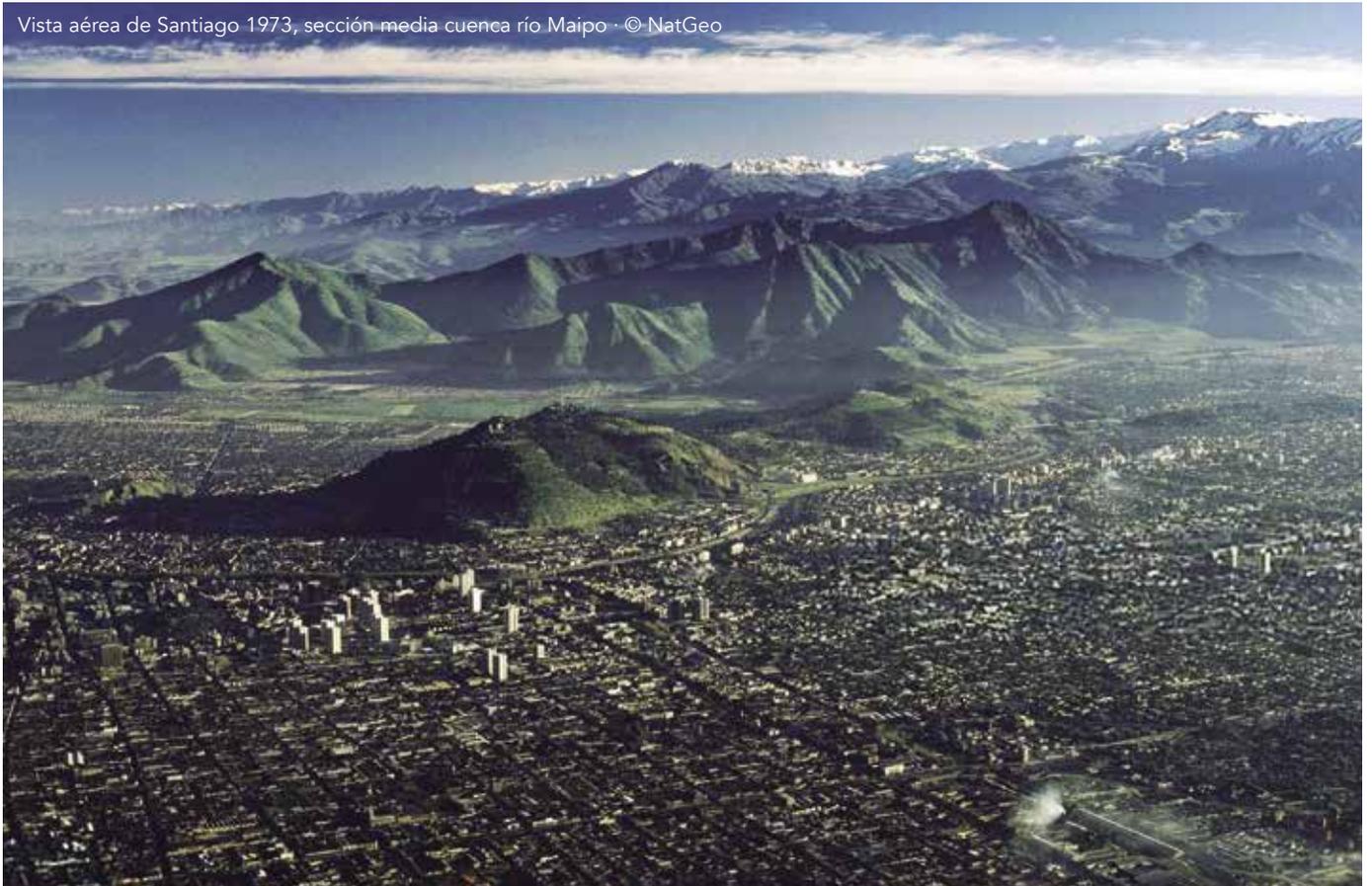
En la Cordillera de la Costa, el Maipo es alimentado por esteros que nacen en rocas principalmente intrusivas graníticas y, en menor medida, en rocas metamórficas del Paleozoico. La dureza y compactación de estas rocas condiciona y limita el movimiento del río Maipo hacia el sur. Luego de atravesar la Cordillera de la Costa, el Maipo vuelve a fluir brevemente hacia el norte, para después tomar curso, también brevemente, hacia el oeste, con un último tramo de orientación noroeste que lo lleva finalmente a su desembocadura, donde mezcla sus aguas cargadas de sedimentos con las aguas salinas de la mar, en el estuario en el sector de Llolleo.

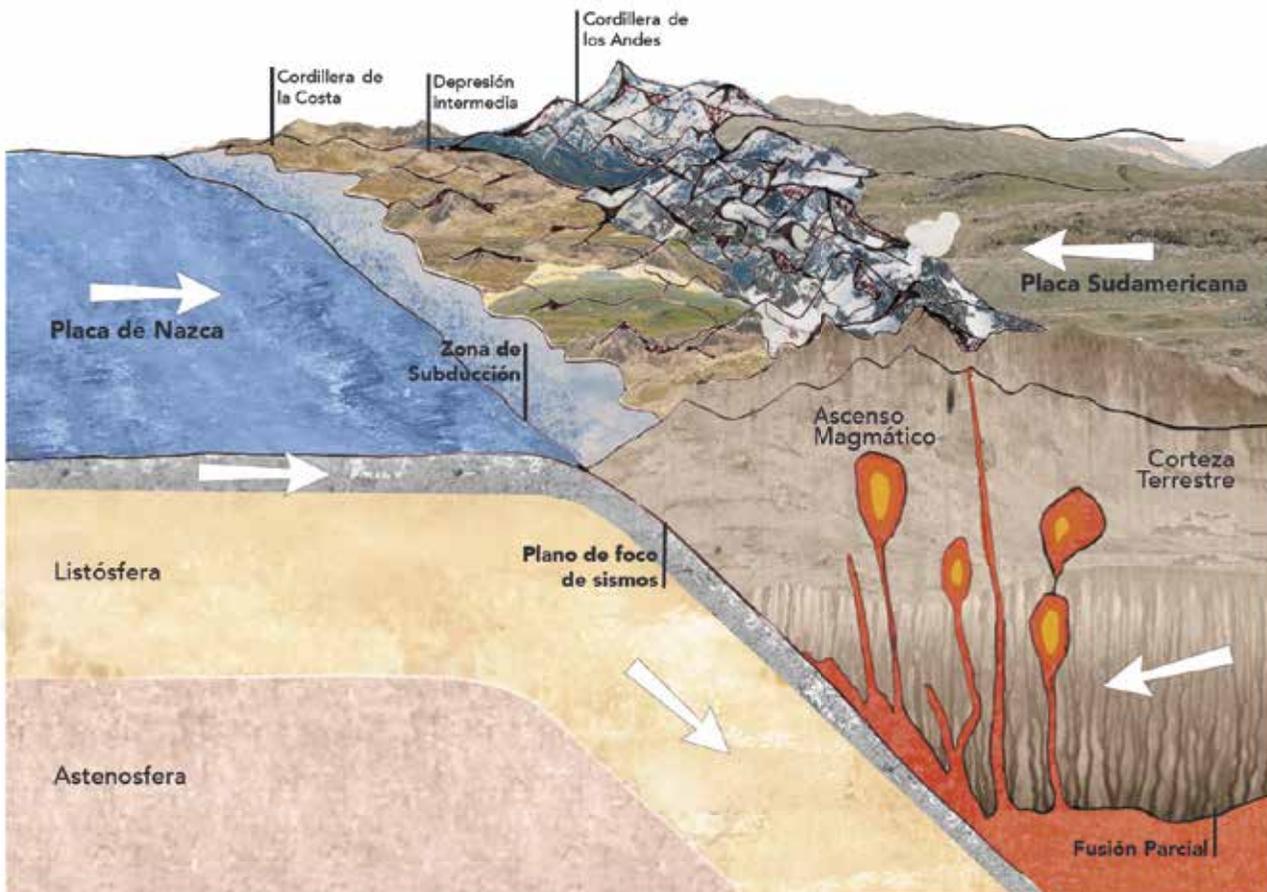
Si bien el viaje superficial terrestre del río Maipo finaliza aquí, sus aguas impetuosas siguen fluyendo sobre la plataforma continental hacia las profundidades del mar, esculpiendo un valle submarino, denominado Cañón de San Antonio. Los sedimentos del Maipo, sus nutrientes, y las huellas de la humanidad que acarrea el río, atraviesan los cañones submarinos hasta la fosa, lugar donde son incorporados nuevamente al canal de subducción y así continua este ciclo geológico-hídrico que se remonta a millones de años.

Vista aérea sector El Manzano, sección alta cuenca río Maipo · © Guy Wenborne



Vista aérea de Santiago 1973, sección media cuenca río Maipo · © NatGeo





Subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana.

Figura 2: Unidades geomorfológicas.

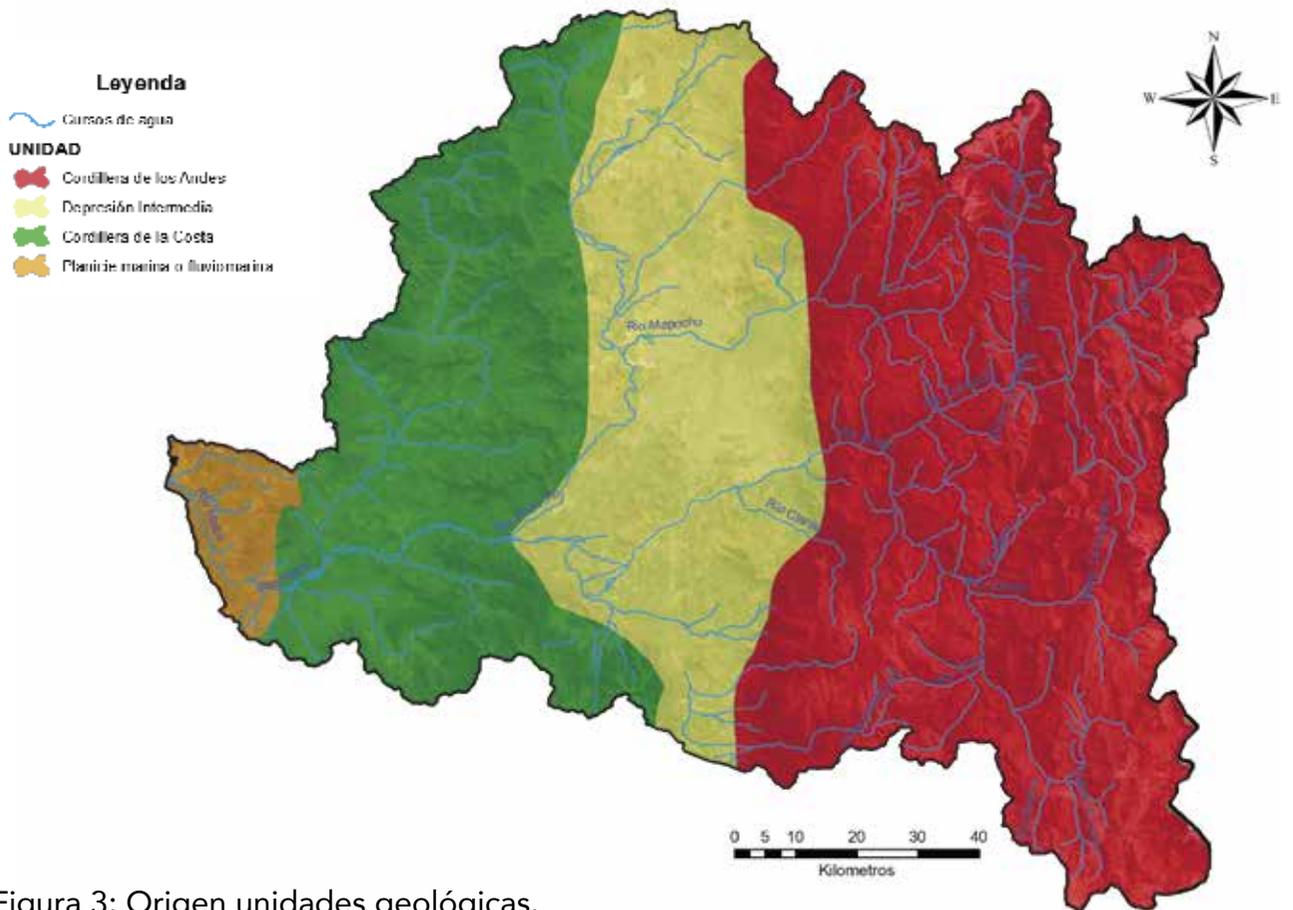
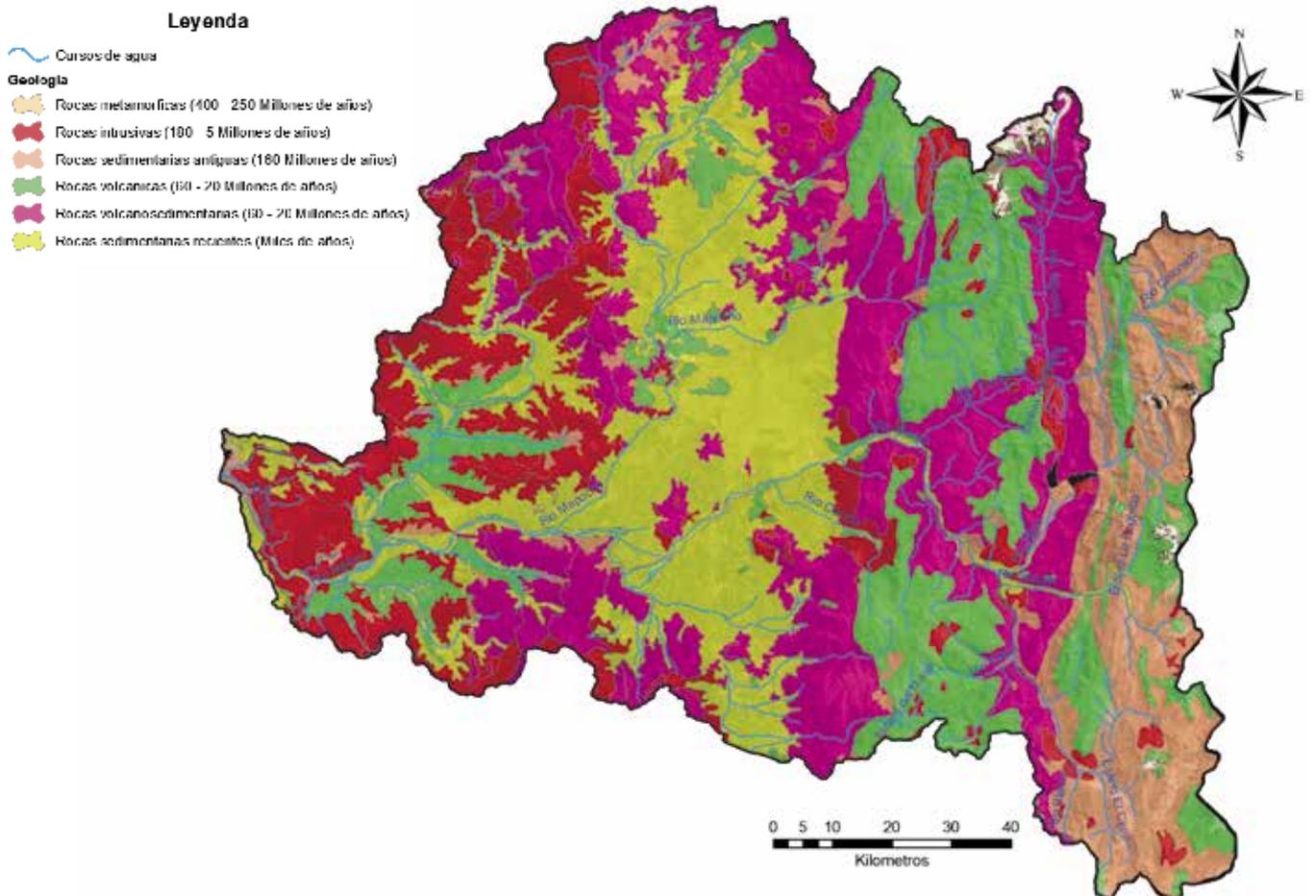


Figura 3: Origen unidades geológicas.



## 2.4 Biodiversidad

Chile se caracteriza por tener tasas moderadas de biodiversidad a causa de la condición insular del territorio nacional, y por un alto número de especies endémicas, las cuales habitan en ecosistemas muy variados y de tamaño reducido, dando origen a una gran riqueza de ambientes marinos, costeros, terrestres e insulares, que albergan alrededor de 30.000 especies entre plantas, animales y hongos<sup>29</sup>. Entre éstas, la zona centro y sur de nuestro país es considerada como uno de los 35 puntos de biodiversidad más importantes a nivel mundial por la ONG "Conservation International"<sup>30</sup>. Sin embargo, su estado de conservación es crítico, por lo que ha sido clasificada también como una de las más amenazadas por la Iniciativa Global 200 de WWF y el Banco Mundial.

Es particularmente difícil conocer la biodiversidad de la cuenca del Maipo debido a que la información existente está desagregada en las bases de datos algunas entidades públicas y privadas, y abordada con distintos enfoques y grados de profundidad. Sin embargo, respecto de su riqueza ecosistémica, un estudio establece que solo para la comuna de San José de Maipo, la flora vascular está compuesta de unas 443 especies, donde alrededor del 50% es endémica; en cuanto a la fauna, identifica 138 vertebrados terrestres, donde el 18,1% es endémica de nuestro país<sup>31</sup>.

**En la cuenca del Maipo, casi el 50% de las especies categorizadas de los reinos animal y vegetal, y un 10% del reino fungi se encuentran amenazadas. Las causas son diversas, aunque las más determinantes son la destrucción, fragmentación y reducción de la diversidad de sus hábitats**

**a través de la masiva deforestación, la urbanización de zonas ambientalmente vulnerables, la instalación de infraestructura vial e industrial, la regulación (desregulación desde el punto de vista ecológico) y canalización de caudales, la extracción de áridos, los vertimientos industriales y contaminación de cursos de agua.**

Según su estado de conservación, las especies de plantas son clasificadas como 'en peligro', 'peligro crítico', 'vulnerable', 'casi amenazada', con 'preocupación menor' y 'extinta'. De un total de 71 especies de plantas categorizadas en la cuenca, el 1% se encuentra en peligro crítico, 20% en peligro, 28% en estado vulnerable, 11% casi amenazada, 38% con preocupación menor y un 1% extinta (Gráfico 5). Para mayor detalle revisar Anexo I: Registro de especies.

Para el caso de la fauna, según su estado de conservación, las especies son categorizadas en 'en peligro', 'peligro crítico', 'vulnerable', 'amenazada', 'casi amenazada' y 'preocupación menor'. De un total de 114 especies registradas en la cuenca, 3% se encuentra en peligro crítico, 24% en peligro, 18% en estado vulnerable, 11% casi amenazada, 39% con preocupación menor, y 3% rara (Gráfico 6).

Sobre el reino Fungi existen pocos registros disponibles para la cuenca del Maipo. La información arroja solo un total de 20 especies reconocidas, 5% en peligro, 5% casi amenazada y 90 % con preocupación menor.

<sup>29</sup> Ministerio del Medio Ambiente, 2014. Quinto informe nacional de biodiversidad de Chile.

<sup>30</sup> Mittermeier, R. A., Turner, W. R., Larsen, F. W., Brooks, T. M., & Gascon, C. (2011). Conservación de la biodiversidad global: el rol crítico de los hotspots.

<sup>31</sup> Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Sept 2011. Plan de Manejo Integral Hacienda Río Colorado.

Se estima que a la llegada de los españoles la superficie de bosque nativo en Chile cubría unos 30-35 millones de hectáreas<sup>32</sup>.

importantes extensiones de bosque nativo de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes<sup>33</sup>.

Actualmente, los ecosistemas con vegetación nativa representan alrededor del 76% de la superficie total del ambiente terrestre. De este porcentaje, los bosques nativos corresponden a alrededor de un 20% (14 millones de hectáreas, incluye bosque adulto y renoval). Sin embargo, estas cifras no son representativas de la realidad nacional ya que se obtienen al sumar al promedio las

En la zona central, diversos estudios han reportado una pérdida de 3,8% de bosque nativo en los últimos 20 años, causada por la conversión de bosques a monocultivos y la expansión urbana<sup>34</sup>. **La superficie de bosque nativo en la cuenca del Maipo no sobrepasa el 1,4% de su superficie, es decir, 204 km<sup>2</sup> aprox., el cual es de tipo renoval o joven<sup>35</sup>.**

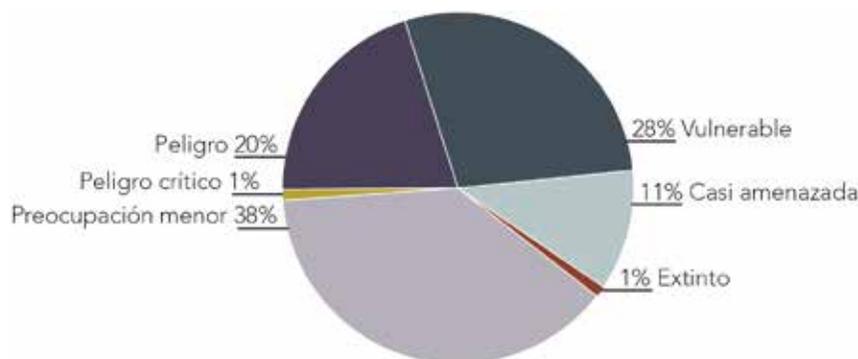


Gráfico 5: Estado de conservación de especies del reino plantae.

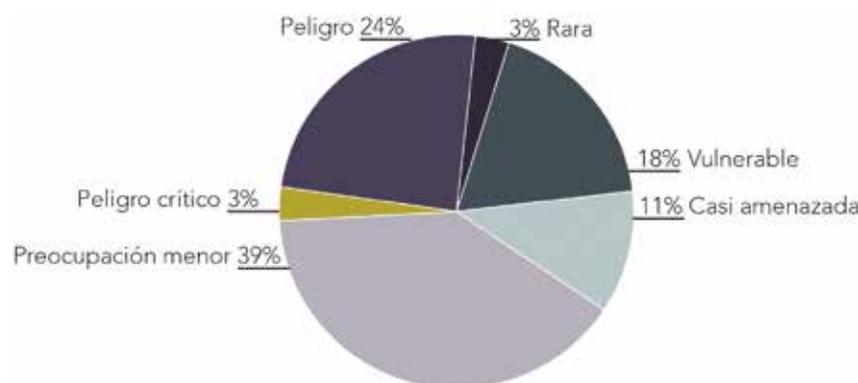


Gráfico 6: Estado de conservación de especies del reino animalia.

<sup>32</sup> Torrejón, F. Cisternas, M. 2003. Impacto ambiental temprano en la Araucanía deducido de crónicas españolas y estudios historiográficos.

<sup>33</sup> Ministerio del Medio Ambiente, 2014. Quinto informe nacional de biodiversidad de Chile.

<sup>34</sup> Pliscoff, Patricio. 2020. Análisis del estado actual de los ecosistemas terrestres, asociados a dos cuencas en Chile central: Maipo y Maule.

<sup>35</sup> Corporación Nacional Forestal, 2011. Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile, período 1997- 2011

## 2.5 Áreas protegidas

En términos generales, podríamos decir que Chile es un país que se preocupa de la protección y conservación de sus ecosistemas. **El Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), abarca una superficie aproximada de 14,7 millones de ha, el 19,2% del territorio continental.** Sin embargo, existe una distribución muy dispareja de las áreas protegidas a nivel nacional: el 82% se concentra en las regiones de Aysén y Magallanes.

Cabe destacar, eso sí, que del total de la superficie de áreas protegidas en esas zonas australes un 34% está cubierto de hielo.

Este desbalance en la distribución de áreas protegidas implica una incompleta representación en el SNASPE de ecosistemas vulnerables y de alto valor ecológico del resto del país, y, por ende, su desprotección.

Entre las regiones de Coquimbo y Biobío, donde vive tres cuartas partes de la población de Chile, solo el 1,57% del territorio es parte del SNASPE, lo que significa que esta unidad territorial está prácticamente desprotegida, a pesar de estar sufriendo la mayor presión del país por cambios de uso de suelo, industrialización, y masivas demandas de agua.

Categorización de lugares protegidos	
Reserva Nacional	Zonas establecidas para la conservación, y utilización, bajo vigilancia oficial, de sus riquezas naturales; en éstas se dará a la flora y la fauna toda protección que sea compatible con los fines para los que la reserva es creada.
Monumento Natural	Zonas, objetos, o especies vivas de animales o plantas de interés estético o valor histórico o científico, a los cuales se les da protección absoluta. Se crean con el fin de conservar un objeto específico, o una especie determinada de flora o fauna, declarándolas monumento natural inviolable excepto para realizar investigaciones científicas debidamente autorizadas, o inspecciones gubernamentales.
Santuario de la Naturaleza	Sitios terrestres o marinos que ofrecen posibilidades especiales para estudios e investigaciones científicas: geológicas, paleontológicas, zoológicas, botánicas, o ecológicas, o que posean formaciones naturales, cuya conservación sea de interés para la ciencia o para el Estado.
Bienes Nacionales Protegidos	Subsistema de propiedad pública y administración privada de áreas de conservación, a través de un proceso de toma de decisiones participativo que permite la incorporación de privados a la administración de áreas y al manejo sustentable de los recursos patrimoniales fiscales contenidos en los predios protegidos.
Iniciativas de Conservación Privada (ICP)	Tierras de cualquier tamaño que: i) está gestionada con el fin primordial de conservar la biodiversidad; ii) está protegida con o sin reconocimiento formal del gobierno; y, iii) que está gestionada por, o a través de, personas individuales, comunidades, corporaciones u organizaciones no gubernamentales. Sin tener una base legal, son iniciativas privadas catastradas el año 2013 por el proyecto conjunto de ASI Conserva Chile A.G., para el Proyecto MMA PNUD / GEF SNAP.

La cuenca del Maipo cuenta con áreas protegidas por el Estado, Santuarios de la Naturaleza e Iniciativas de Conservación Privada (Figura 4). Sin embargo, **la cuenca de la cual depende el agua que sustenta las actividades económicas de la región, tiene solamente un 5,76% de su superficie protegida, menos de la mitad que el promedio nacional.**

Figura 4: Áreas protegidas.

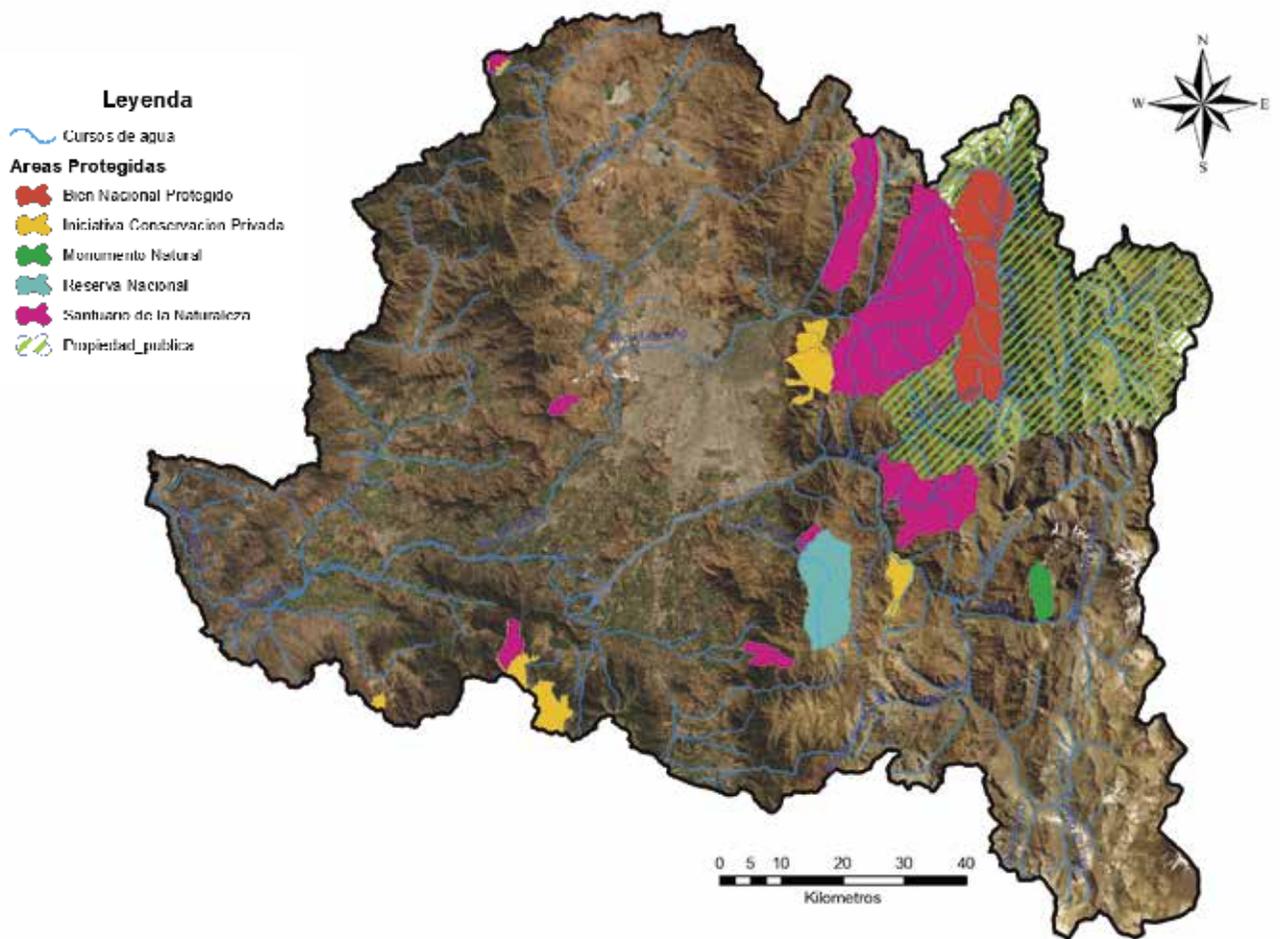


Tabla 1: Áreas de conservación.		
Figura de Protección	Nombre	Área (ha)
Monumento Natural	Monumento Natural El Morado	3.009
Reserva Natural	Reserva Nacional Río Clarillo	10.185
Santuario de la Naturaleza	Horcón de Piedra - Alto de Cantillana	2.743
	Las Torcazas de Pirque	827
	El Ajial	2.134
	Los Nogales	11.025
	Cascada de las Ánimas	3.600
	San Francisco de Lagunillas y Quillay	13.426
	Quebrada de la Plata	1.110,7
	Sector Cerro el Roble	996,1
Iniciativas de Conservación Privada	Yerba Loca	39.029
	Humedal Río Maipo	33,36
	Cantalao	330,3
	Parque Natural Aguas de Ramón	3.655,8
	Predio Palmar de Lillahue	500
	Puente Ñilhue	990,6
Quebrada Macul	496,8	
San Carlos de Apoquindo	1.042,8	

Fuente: Registro nacional de áreas protegidas.

Estas áreas protegen los remanentes de bosque esclerófilo y de estepa altoandina de la cuenca, así como matorral costero y diversas especies de avifauna. La rica fauna incluye especies propias de la región: lagarto gruñidor de valeria, endémico y en peligro; sapito de cuatro ojos y sapo arriero, endémicos y en peligro; torcaza, loro trichahue y choroy, todas en peligro; cóndor, vulnerable; gato colocolo, gato andino, güiña y puma, en peligro; quique, en estado vulnerable; zorros culpeo y zorro chilla, yaca, vizcacha y ratón chinchilla<sup>36</sup>.

El Santuario de la Naturaleza Horcón de Piedra–Altos de Cantillana se encuentra en un Sitio Prioritario para la Conservación de la

Biodiversidad "Cordón de Cantillana" donde el 40% de su flora es endémica, o sea, sólo se encuentra en ese lugar.

Adicionalmente, la meseta de la Cordillera de la Costa 'Altos de Cantillana' se ubica en la Ecorregión Mediterránea de Chile Central, considerada como una de las 35 zonas más significativas del mundo para concentrar esfuerzos de conservación de biodiversidad. El Santuario 'El Ajial', se ubica en el Sitio Prioritario "Corredor Limítrofe Sur (Angostura)". Este sitio prioritario, de 8.388 ha, se ubica en el extremo sur de la RM, al sur de la comuna de Paine, y representa el 2% de la superficie regional de la formación Bosque Esclerófilo Andino.

<sup>36</sup> Catastro de monumentos históricos de Chile, 2019. Consejo de Monumentos Nacionales: <https://www.monumentos.gob.cl/monumentos>.

Las áreas protegidas aportan a la integridad ambiental manteniendo sanas zonas tan valiosas ecológicamente como vulnerables, que entregan importantes servicios ambientales a los habitantes de la cuenca. Albergan una superficie significativa de vegetación nativa que protege los suelos, facilita la infiltración de las aguas lluvia, y aumenta la recarga y disponibilidad de las aguas para todos los sectores, incluyendo el agrícola.

En sectores de piedemonte, la vegetación evita o reduce la creciente ocurrencia de inundaciones y aluviones que afectan los sectores bajos de la cuenca. Existen incipientes proyectos de recuperación de erosión e introducción de especies en peligro de extinción, en consonancia con el compromiso de conservación que establece el reglamento de áreas silvestres protegidas.

Laguna Morales en el Monumento Natural El Morado · © Paulo Urrutia



## 2.6 Aguas superficiales

Vale la pena reiterar que la presencia del agua en la Tierra se puede visualizar a través del ciclo hidrológico, en el que ésta fluye o se almacena en alguno de sus tres estados. Sus residencias son las nubes, los océanos y mares, glaciares, campos de hielo, lagos, ríos, humedales, suelos, aguas subterráneas, salares, y todos los organismos vivos que estamos constituidos en gran medida del vital elemento.

En el entorno de una cuenca las aguas participan, median y potencian variados procesos de interacción entre los elementos bióticos y abióticos, entre los distintos elementos del territorio, tales como los glaciares en las alturas, los sustratos rocosos bajo el suelo, las formaciones vegetales, la biodiversidad silvestre y las comunidades humanas. El agua se mueve y cambia de estado desde una residencia a otra, a través de la evaporación, condensación, precipitación, escorrentía, infiltración, sublimación, transpiración, fusión, y flujos subterráneos (Tabla 2).

Como se ha dicho una de las formas más visibles de las aguas en los continentes son

los ríos y esteros, y los cuerpos de agua lacustres. Éstos son nombrados de acuerdo a su cauce superficial, en este caso el río Maipo, con una extensión de 250 km y un caudal medio anual en la estación "Maipo en el Manzano" de 110,7 m<sup>3</sup>/s (Anexo III). La red de drenaje superficial de la cuenca consta de afluentes distribuidos por sección. En la parte alta los afluentes principales son los ríos Volcán, Yeso y Colorado, y en la parte media el afluente principal es el Río Mapocho. En la zona media baja, los afluentes son el río Angostura, y los esteros Lampa, Puangue y Colina.

En 1983 la DGA declaró el agotamiento de la primera sección del río Mapocho (DGA, N°383, 27/09/1983). Por este motivo, en el período estival, desde el empalme del Canal San Carlos (a los pies del Costanera Center) con el río Mapocho hacia abajo, las aguas de este último provienen en su mayor parte del río Maipo. Es una situación bastante curiosa porque el Mapocho es afluente del Maipo, y, sin embargo, le devuelve sus propias aguas al río Maipo a la altura de la localidad de El Monte.

**Tabla 2: Permanencia del agua en períodos de tiempo promedio<sup>37</sup>.**

Reservorio	Tiempo Promedio
Glaciares	20 a 100 años
Cubierta de nieve	2 a 6 meses
Humedad del suelo	1 a 2 meses
Agua subterránea superficial	100 a 200 años
Agua subterránea profunda	10.000 años
Lagos	50 a 100 años
Ríos	2 a 6 meses

<sup>37</sup> Pidwirny, M. (2006). El Ciclo Hidrológico. Fundamentos de Geografía Física.

<sup>38</sup> DOH, 2016.

El agua superficial se acumula naturalmente en cuerpos de agua, lagos y lagunas. En términos técnicos, una laguna, corresponde a un cuerpo de agua salobre ubicado en zonas costeras marinas. Este concepto, que proviene del anglosajón "lagoon", se utiliza también para referirse a cuerpos de agua dulce de menores dimensiones, en contraposición a un lago. Dentro de éstos destacan la Laguna de Aculeo (12 km<sup>2</sup>), Laguna Negra (5 km<sup>2</sup>), Laguna de Batuco (1km<sup>2</sup>) y Laguna Caren (0,4 km<sup>2</sup>). Estos cuerpos de agua lacustres en buen estado cumplen una función regulatoria del ciclo hidrológico en la cuenca y ecosistemas locales, permitiendo disponer de agua en épocas de estío. Debido a que los humanos durante las épocas de estío utilizamos mayor cantidad de agua que la disponible, hemos desarrollado formas de intervenir los vertimientos naturales de lagos, y formas artificiales de acumular aguas invernales o primaverales para el verano.

También se construyen reservorios especiales para acumular residuos de procesos mineros mezclados con agua, conocidos como tranques de relaves.

En la cuenca existen 192 embalses. Diecinueve corresponden a tranques de relaves, 4 para abastecimiento de agua potable/sanitarias, 119 para riego y para el resto no se dispone de información. El embalse que presenta mayor altura de pretil es el Yeso, con 61 metros. Luego le siguen Chada y Peralillo con 40 y 29 m respectivamente. En total, 30 embalses presentan alturas de pretil mayores a 10 metros<sup>38</sup>.

En Chile existen más de 40 mil humedales, los que cubren una superficie aproximada de 4,5 millones de hectáreas, un 5,9% del territorio nacional. En la RM se han catatrado 13.889 ha de humedales, de los cuales solo 763 ha se encuentran en áreas protegidas, un porcentaje ínfimo, 5,5% de la superficie total de los humedales presentes en la región. Algo alarmante considerando las vitales funciones ecológicas y servicios ambientales que entregan estos ecosistemas acuáticos<sup>39</sup>.

---

<sup>39</sup> Plan Nacional de Protección de Humedales 2018-2022, Ministerio del Medio Ambiente, 2018.

## 2.7 Aguas subterráneas

Las aguas de una cuenca que no escurren por el suelo hacia los cauces superficiales, y que logran infiltrarse bajo tierra, a veces a gran profundidad, se van moviendo y también acumulando a través de los poros y estructuras de ciertos tipos de sedimentos y rocas del subsuelo. **Un grupo de rocas o sedimentos que permiten que el agua fluya por gravedad a través de ellas, constituye un acuífero.** El tipo de roca, su grado de compactación, disposición y otros factores, condicionan la residencia y flujos del agua en los acuíferos. **La capacidad de un grupo de rocas o sedimentos de actuar como un reservorio de agua se conoce como potencial hidrogeológico.**

En la Cordillera de la Costa, la mayor parte de los materiales sólidos que afloran corresponden a rocas intrusivas de edades comprendidas entre el Paleozoico y Cretácico, con bajo a nulo potencial hidrogeológico. Las rocas volcano-sedimentarias con intercalaciones de sedimentos continentales y marinos pueden presentar un potencial hidrogeológico de bajo a medio. Las rocas con potencial hidrogeológico alto o muy alto corresponden a sedimentos no consolidados ubicados en los valles, asociados a depósitos fluviales. En la depresión central se encuentran los sedimentos no consolidados provenientes de los ríos Maipo y Mapocho con un potencial hidrogeológico alto a muy alto.

De estos depósitos emergen “cerros isla” de materiales intrusivos y volcano-sedimentarios con muy escasa extensión y potencial hidrogeológico medio a nulo. En la cordillera andina, los materiales que afloran mayoritariamente en la zona de estudio corresponden a secuencias volcano-sedimentarias del Mioceno, con intercalación de se-

edimentos continentales, que se consideran de potencial hidrogeológico medio a bajo. En contraste, como se ha dicho los materiales con potencial hidrogeológico alto o muy alto corresponden a depósitos no consolidados localizados en los fondos de los valles<sup>40</sup> (Figura 5).

La cuenca cuenta con un gran acuífero: el del Maipo, dividido en distintos acuíferos, y éstos en subsistemas que presentan propiedades hidrogeológicas similares. No coinciden necesariamente con los límites político-administrativos superficiales de la cuenca. La DGA reconoce 37 sistemas acuíferos distribuidos en las distintas subcuencas (Tabla 3).

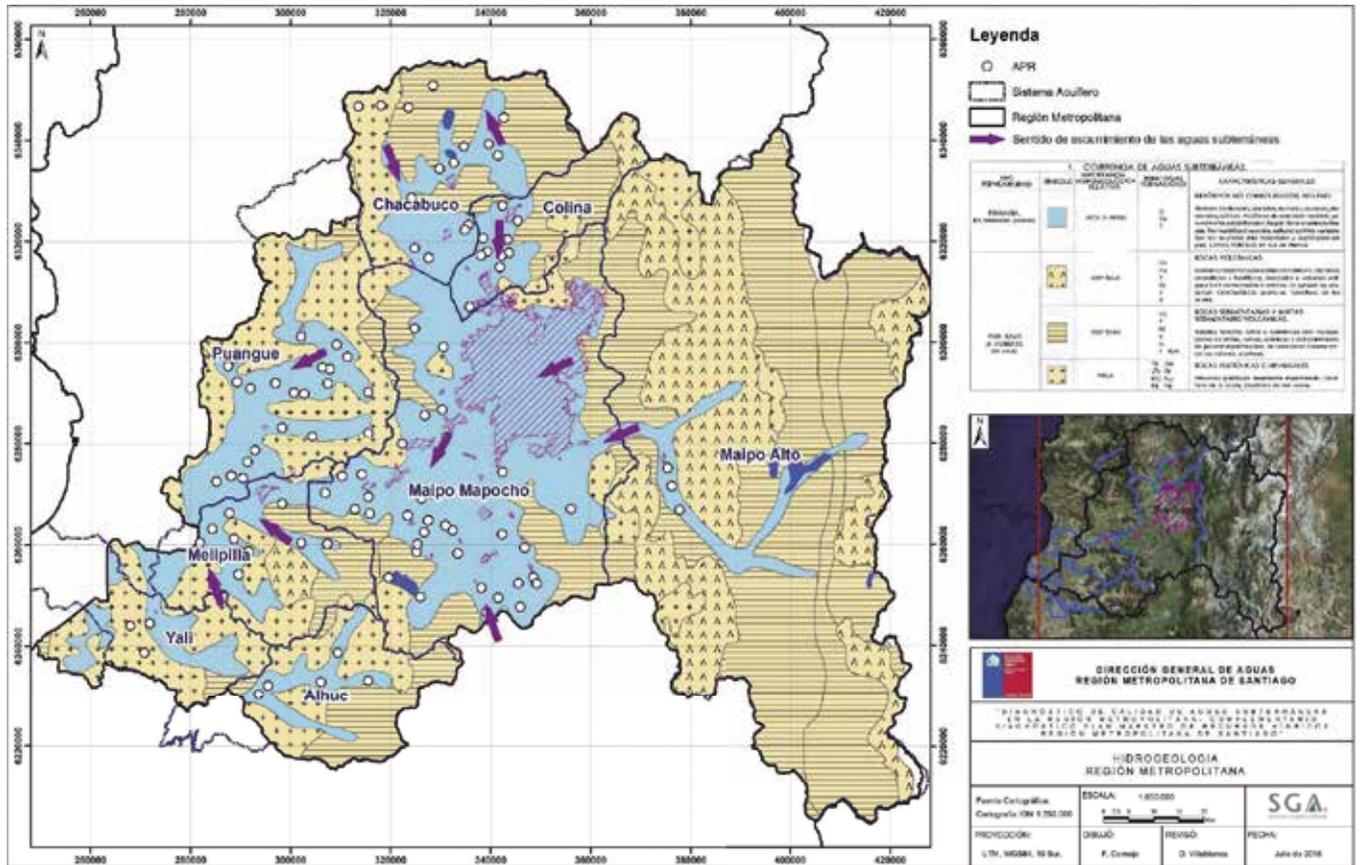
Muchas veces, el flujo de las aguas subterráneas puede traspasar los límites de la divisoria de las aguas mapeados para una cuenca, o pueden tener comportamientos independientes de las unidades colindantes. Este es el caso de los acuíferos Alhué y Yali, que son independientes del comportamiento de los acuíferos en el resto de la cuenca del Maipo (Figura 5).

La subcuenca del Mapocho se caracteriza por presentar muchos afloramientos de acuíferos aguas abajo de Rinconada de Maipú [...] por lo cual la calidad de las aguas en la parte alta de la cuenca -que está dominada por fenómenos superficiales-, no tiene una relación directa con la calidad del río desde Rinconada hasta la confluencia con el Maipo, que está dominada por la calidad de las aguas subterráneas<sup>41</sup>.

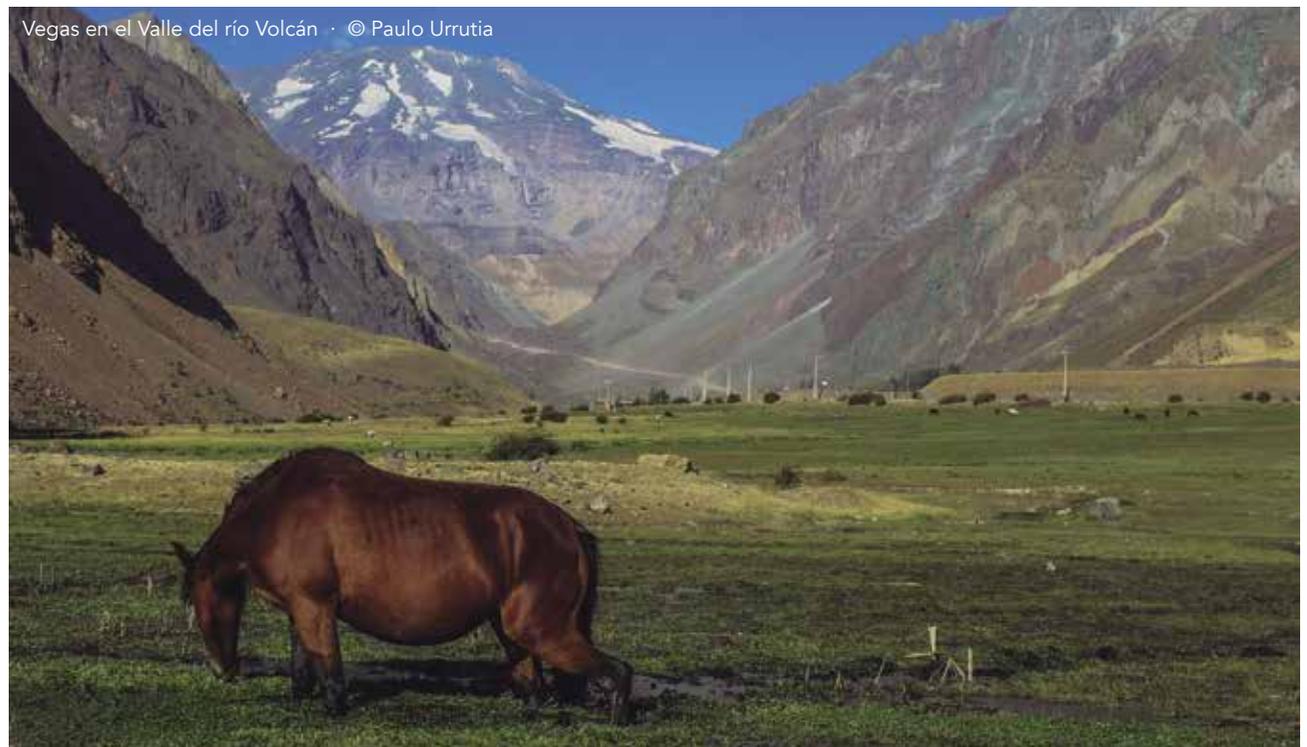
<sup>40</sup> SGA S.A., 2016. Diagnóstico de calidad de aguas subterráneas en la Región Metropolitana- complementario diagnóstico plan maestro de recursos hídricos Región Metropolitana de Santiago.

<sup>41</sup> Ibid.

Figura 5: Sectores hidrogeológicos de la Región Metropolitana. Flechas indican dirección de flujo de las aguas subterráneas y la litología en función a su permeabilidad.



Fuente: DGA, 2016. Diagnóstico de calidad de aguas

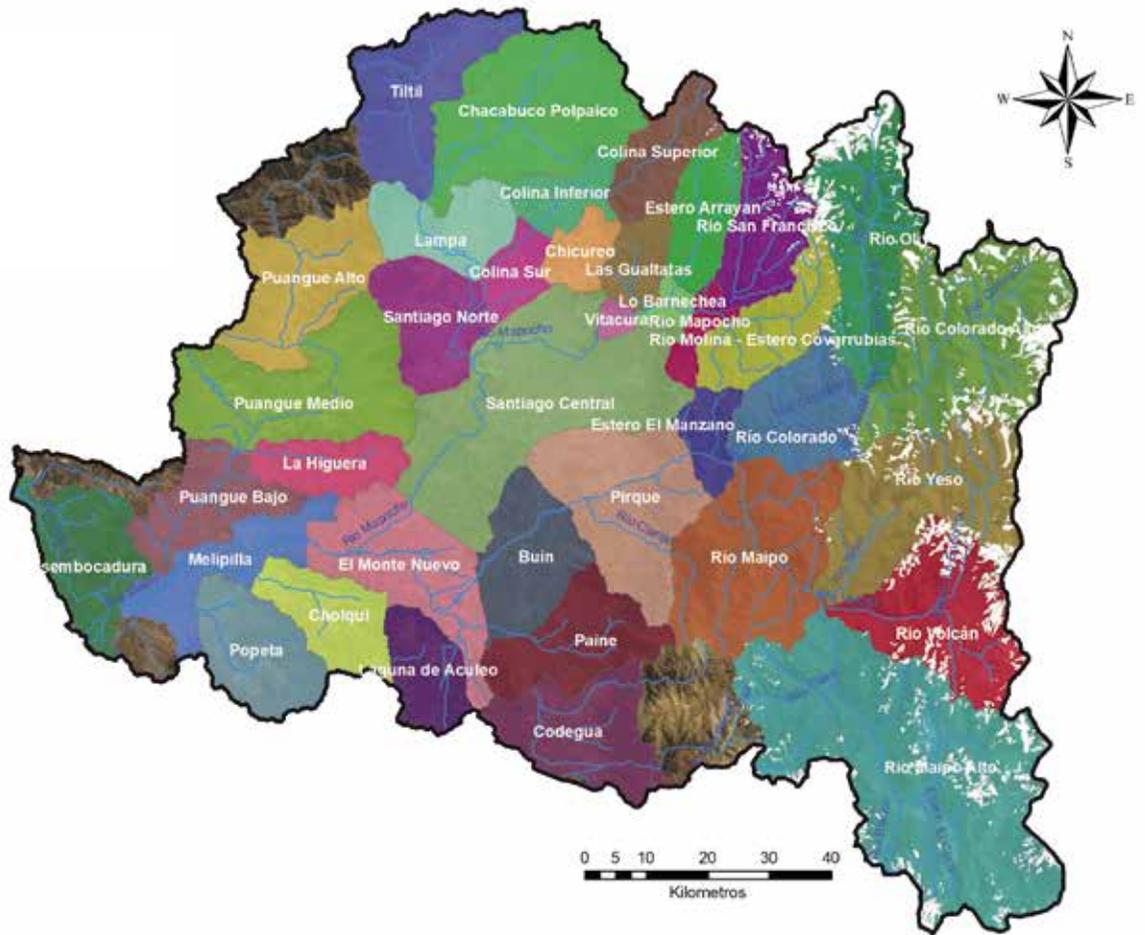


**Tabla 3: Acuíferos de la cuenca del Maipo clasificados de acuerdo con el sistema y subcuenca al que pertenecen.**

Acuífero	Sistema	Subcuenca		
Til-Til Polpaico Chacabuco Lampa	Sistema Chacabuco	Río Mapocho Bajo		
Colina Inferior Colina Sur Santiago Norte Chicureo Colina Superior	Sistema Colina			
Las Hualtatas Lo Barnechea Vitacura Santiago Central Buin El Monte Nuevo Laguna de Aculeo Pirque Paine Codegua Río San Francisco Estero Covarrubias- Río Molina Río Olivares Estero El Manzano Río Colorado Río El Yeso Río Volcán Río Maipo Alto Estero Arrayán Río Maipo Río Mapocho Río Colorado Alto	Sistema Maipo - Mapocho	Río Mapocho Alto		
		Río Mapocho Medio		
		Río Maipo Medio		
		Río Maipo Alto		
		Puangué Alto Puangué Medio Puangué Bajo La Higuera	Sistema Puangué	Río Maipo Bajo (entre río Mapocho y desembocadura)
		Melipilla Estero Cholqui Estero Popeta	Sistema Melipilla	

Fuente: Datos DGA.

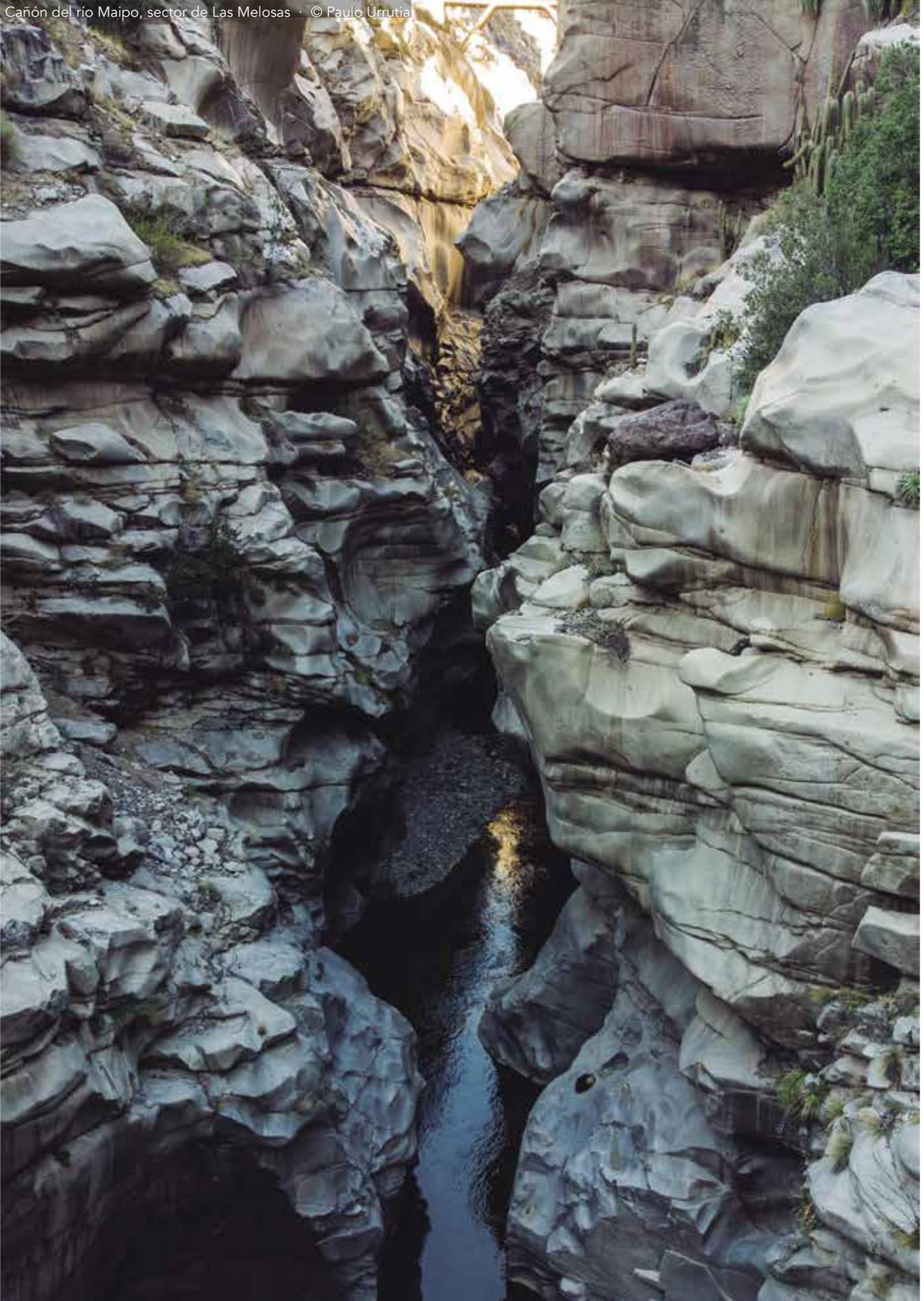
Figura 6: Divisiones del acuífero Maipo.



El agua subterránea de los acuíferos tiene un cierto nivel de protección frente a los contaminantes, dado que el medio físico -ciertos materiales o sedimentos bajo tierra- puede constituir una barrera natural frente a potenciales impactos de origen antropogénico.

Esta "barrera" de protección está condicionada por factores como la profundidad del agua subterránea, parámetros hidráulicos de la roca, tamaño de grano y tipo de sedimento/roca del acuífero y adyacentes a éste, entre otros. Evidentemente, esta barrera no es infranqueable y la vulnerabilidad del acuífero está relacionada con la veloci-

dad con la que un contaminante puede entrar en contacto con las aguas subterráneas, por ejemplo, por percolación desde un tranque de relaves.

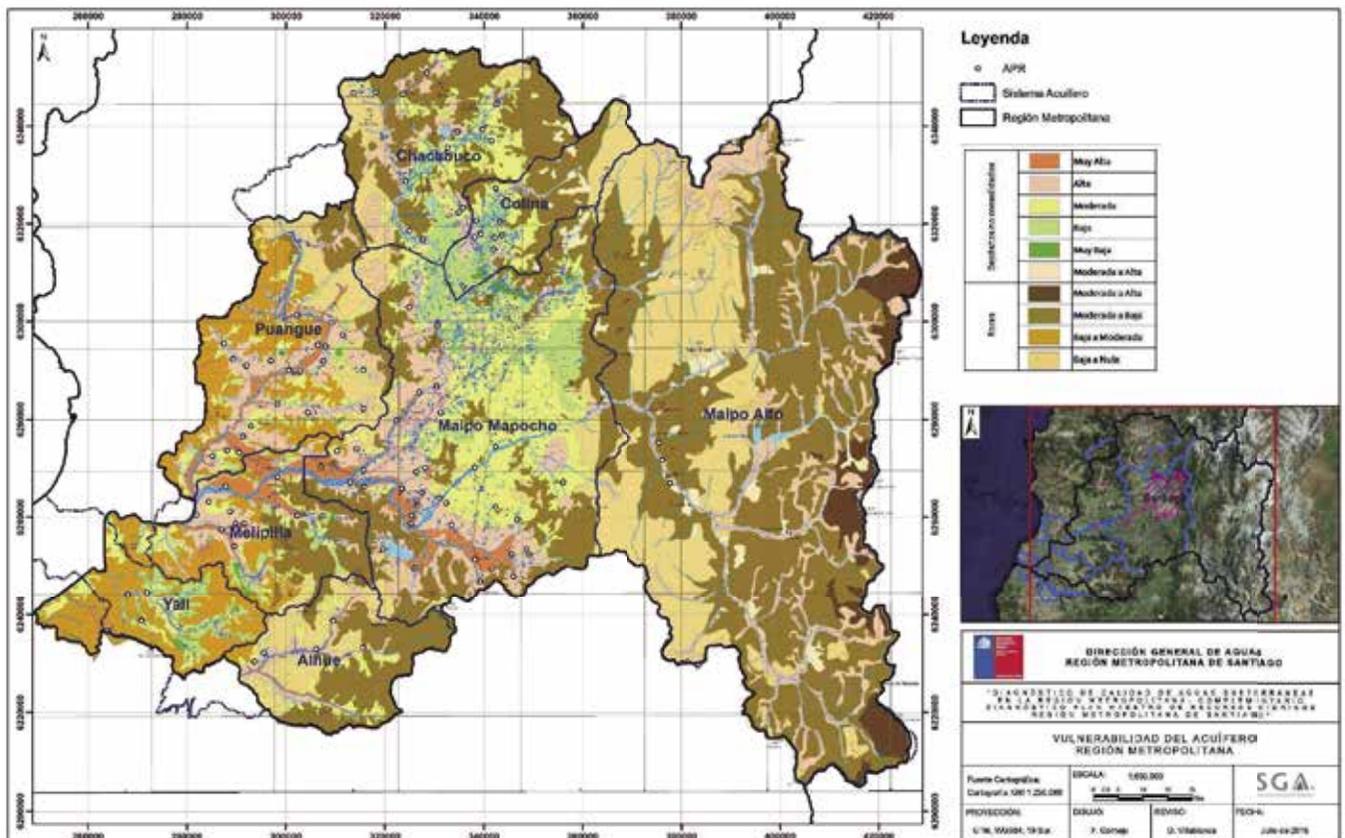


En este contexto, el año 2004 el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNA-GEOMIN) elaboró un mapa de "Vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos de la Región Metropolitana de Santiago", a escala 1:250.000, con el objeto de proponer condicionantes a actividades industriales que permitan proteger las aguas subterráneas<sup>42</sup> (Figura 7). Como se puede observar, las zonas con mayor vulnerabilidad, es decir alta a muy alta, están en el sector sur y este de la cuenca de Santiago, en los sectores de Alhué, Puangue, Maipo-Mapocho y, principalmente, el sector de Colina Norte.

Santiago estaría asociada principalmente a la infiltración de los cauces superficiales de los ríos Maipo y Mapocho en la Cordillera Principal, y a la percolación de aguas lluvias en los depósitos de piedemonte de la misma cordillera<sup>43</sup>. Esto adquiere aún mayor relevancia dado que un 25% de los derechos de agua destinados a uso humano en la cuenca corresponden a aguas subterráneas<sup>44</sup>. Por lo tanto, los desvíos, trasvases, vertimientos y sobreexplotación de cauces superficiales inciden directamente en la cantidad y calidad de la recarga de las aguas subterráneas.

Investigadores han interpretado que la recarga natural de los acuíferos de la zona de

Figura 7: Mapa de vulnerabilidad de acuíferos, Región Metropolitana<sup>45</sup>.



Fuente: DGA, 2015.

<sup>42</sup> Iriarte D., Sergio. 2003. Vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos de la cuenca de Santiago, Región Metropolitana.

<sup>43</sup> Araneda C., Manuel; Avendaño R., María Soledad; Díaz, d. R., Gerardo. 2010. Modelo estructural de la cuenca de Santiago, Chile y su relación con la hidrogeología.

<sup>44</sup> División de Estudios y Planificación, 2017. Inventario Nacional de Acuíferos, informe técnico.

<sup>45</sup> Iriarte D., Sergio. 2003. Vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos de la cuenca de Santiago, Región Metropolitana.

## 2.8 Agua sólida

Los glaciares son reservorios naturales de agua congelada indispensables en términos ecosistémicos. En ellos se almacena el 75% del agua dulce del mundo; 99.5% se encuentra en la Antártida y Groenlandia<sup>46</sup>. Debido a esta capacidad de almacenamiento, los glaciares tienen una profunda influencia sobre las aguas subterráneas y superficiales, alimentan los ríos, sobre todo en zonas montañosas y en épocas estivales, lo que repercute en varios ámbitos de importancia, como crecidas, transporte de sedimentos, modelación del paisaje, riego, consumo de agua potable y generación hidroeléctrica.

**Chile posee un área total de superficie glaciar de aproximadamente unos 23.000 km<sup>2</sup><sup>47</sup>, lo que representa la mayor superficie glaciar de Sudamérica.** En nuestro país, la superficie y número de masas glaciares aumentan de norte a sur, con el 88% ubicado en la zona de Campos de Hielo, Patagonia chilena. La mayoría de nuestros glaciares han comenzado a retroceder a lo largo de todo el territorio continental, desde al menos la mitad del siglo diecinueve, proceso que se agudiza desde la segunda mitad del siglo veinte. El 90% de los glaciares cordilleranos está disminuyendo y Campos de Hielo Sur ha retrocedido hasta 30 metros por año<sup>48</sup>.

---

<sup>46</sup> IPCC, 1996

<sup>47</sup> "Glaciares de Chile", Dirección General de Aguas, 2014

<sup>48</sup> BCN, 2016.

<sup>49</sup> DGA, 2015.



A high-altitude mountain range with snow-capped peaks and rugged terrain. The mountains are covered in patches of snow and ice, with steep slopes and sharp ridges. The sky is a clear, pale blue. The overall scene is a vast, desolate landscape.

La cuenca del Maipo alberga 979 glaciares independientes de extensiones que van desde 23 km<sup>2</sup> hasta 0.1 km<sup>2</sup>, cubriendo una superficie total de 387.4 km<sup>2</sup>, equivalente al 2.55% de la cuenca. Estos se distribuyen desde los 2.640 msnm hasta los 5.650 msnm. En términos de superficie los glaciares más importantes son Juncal Sur (21,43 km<sup>2</sup>), Olivares Gamma (12,15 km<sup>2</sup>), Marmolejo (9,21 km<sup>2</sup>) y Azufre (9.19 km<sup>2</sup>)<sup>49</sup>.

Para más información ver Anexo IV.

## Tipos de glaciares

<p><b>Glaciares Blancos o Descubiertos</b></p>	<p>Corresponden a masas de hielo que se originan por la compactación y recristalización de sucesivas capas de nieve, y fluyen pendiente abajo tanto por deformaciones internas, como por deslizamiento de su base, limitados por la topografía que los rodea. Tienen una zona de acumulación (zona alta) de nieve y otra baja de ablación (derretimiento). La transición entre estas dos zonas se llama línea de equilibrio, en donde la acumulación anual puede igualar la ablación. El equilibrio entre los dos procesos permite que la masa de los glaciares no varíe significativamente de un año a otro<sup>50</sup>. Si la ablación supera la acumulación el glaciar pierde volumen.</p>
<p><b>Glaciares Cubiertos</b></p>	<p>Consisten en glaciares blancos, cubiertos por una capa de detritos que en general actúa como un aislante térmico, lo que reduce la tasa de fusión del hielo, permitiéndoles ubicarse a una cota menor que los glaciares blancos. Sin embargo, al contrario, una capa de detritos de poco espesor que en vez de aislar aumenta la temperatura al oscurecer el glaciar puede producir un aumento en su tasa de ablación<sup>51</sup>.</p>
<p><b>Glaciares Rocosos</b></p>	<p>Sistemas complejos formados por una mezcla de hielo y bloques angulares de roca. Está conformado por un núcleo congelado (permafrost) y una capa activa con descongelamiento estacional<sup>52</sup>. Aunque los glaciares de roca poseen menos hielo que los glaciares descubiertos, su mayor distribución superficial en la zona norte y centro de Chile los convierte en reservas hídricas fundamentales<sup>53</sup>.</p>

Con una modelación glacio-hidrológica de la cuenca se constató que en los últimos 30 años ha ocurrido un retroceso de la superficie glaciar del orden de 127.9 km<sup>2</sup>, equivalentes al 25.2% del total inicial (4.26 km<sup>2</sup>/año; 0.84%/año).

Los glaciares descubiertos decrecen a una mayor velocidad que los cubiertos (3.51 km<sup>2</sup>/año y 0.75 km<sup>2</sup>/año respectivamente)<sup>54</sup>. Si esta tendencia se mantiene constante, **en 70 años podrían desaparecer los glaciares descubiertos de la cuenca del río Maipo**<sup>55</sup>.

<sup>50</sup> Cogley, J. G., R. Hock, L. A. Rasmussen, A. A. Arendt, A. Bauder, R. J. Braithwaite, P. Jansson, G. Kaser, M. Moller, L. Nicholson, 2011. Glosario de balance de masas glaciares y términos relacionados.

<sup>51</sup> Zhang, S. y otros, 2011. Un modelo de grado de día mensual modificado para la evaluación de cambios de escorrentía en los glaciares en China.

<sup>52</sup> Croce, F. y Milana J.P., 2002. Estudio de la capa activa, el permafrost y la hidrología del glaciar de escombros El Paso, Agua Negra, San Juan.

<sup>53</sup> Marangunic, C. 1979a. Inventario de glaciares hoya del río Maipo. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile. Santiago, Chile. 619 pp.

<sup>54</sup> Castillo Ávalos, Y., 2015. Caracterización de la hidrología glaciar de la cuenca del Río Maipo mediante la implementación de un modelo glacio-hidrológico semi-distribuido físicamente basado. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/132835>

<sup>55</sup> Aguilera Pettinelli, E., 2017. Representación de la hidrología glaciar de la Cuenca del río Maipo a través de un modelo hidrológico simplificado. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/146097>

Respecto del rol hidrológico de los glaciares, en un año promedio éstos aportan el 22.9% del caudal total anual de la parte cordillerana de la cuenca del Maipo. Este aporte varía significativamente ante distintas condiciones climáticas, llegando hasta un 81% del caudal total de verano en un año muy seco (i.e. 2019, 18,63 m<sup>3</sup>/seg); 44% en año normal (i.e. 2012, 24,20 m<sup>3</sup>/seg) y 21% en año muy húmedo (i.e. 2016, 21.63 m<sup>3</sup>/seg). Este rol hidrológico se ve fuertemente afectado por el retroceso de la superficie glaciar, y dicho retroceso es más severo en cuencas con glaciares pequeños. La contribución del hielo glaciar al régimen hidrológico o disponibilidad hídrica en una determinada cuenca está fuertemente relacionada con la superficie de la cuenca cubierta por glaciares, el tipo de glaciares, y por el tipo de año (seco, lluvioso). También este aporte varía significativamente en función de la presencia glaciar en cada subcuenca. En aquellas con presencia glaciar superior al 20%, la contribución glacial al caudal de verano puede alcanzar valores cercanos al 100% para años muy secos, mientras que en cuencas con presencia glaciar del 5%, la contribución es en torno al 57% para el mismo tipo de año.

La distribución altitudinal de los glaciares de la cuenca va desde aproximadamente los 2.640 msnm a los 5.650, observando su mayor concentración entre los 3.500 y los 4.700 msnm. Desde el punto de vista de su cobertura, los glaciares cubiertos se encuentran a menores alturas, observándose una mayor concentración de estos a los 4.000 msnm aproximadamente, mientras que los descubiertos alcanzan su mayor concentración a los 5.000 msnm aproximadamente.

Esto se debe a que la existencia de hielo expuesto requiere de un régimen térmico más frío, el cual es proporcionado por la mayor altura. Además, el 87% de la superficie glaciar se encuentra en exposición sur, este u oeste, y sólo el 13% en exposición norte.

A diferencia de un glaciar descubierto, en uno cubierto el hielo no se encuentra en contacto con la capa de nieve, por lo que, aunque ésta se haya derretido, el hielo no queda expuesto. La capa de detritos que cubre estos glaciares es de espesor variable, y por lo general actúa como aislante de calor, retrasando el derretimiento si se compara con hielo desnudo. A excepción de aquellos casos donde la capa de detritos es demasiado delgada (menor a 4 cm), ya que esto podría acelerar el derretimiento<sup>56</sup>.

La subcuenca del río Olivares presenta la mayor extensión de superficie glaciar. Por lo tanto, en este sector se encuentra el mayor aporte de caudal por derretimiento de glaciares descubiertos, aportando hasta un 30% del caudal del río Olivares en épocas estivales<sup>57</sup>. Los caudales provenientes de las subcuencas del río Volcán y de la subcuenca del río Maipo son bastante similares, tanto para los caudales provenientes del derretimiento de glaciares cubiertos como descubiertos. Estas dos cuencas cuentan con una extensión similar de glaciares descubiertos, 29.8 km<sup>2</sup> y 24.6 km<sup>2</sup>, respectivamente<sup>58</sup>.

Por su parte, las proyecciones climáticas de los modelos de circulación general señalan un aumento sostenido de la temperatura y un descenso en la precipitación durante todo el presente siglo<sup>59</sup>.

---

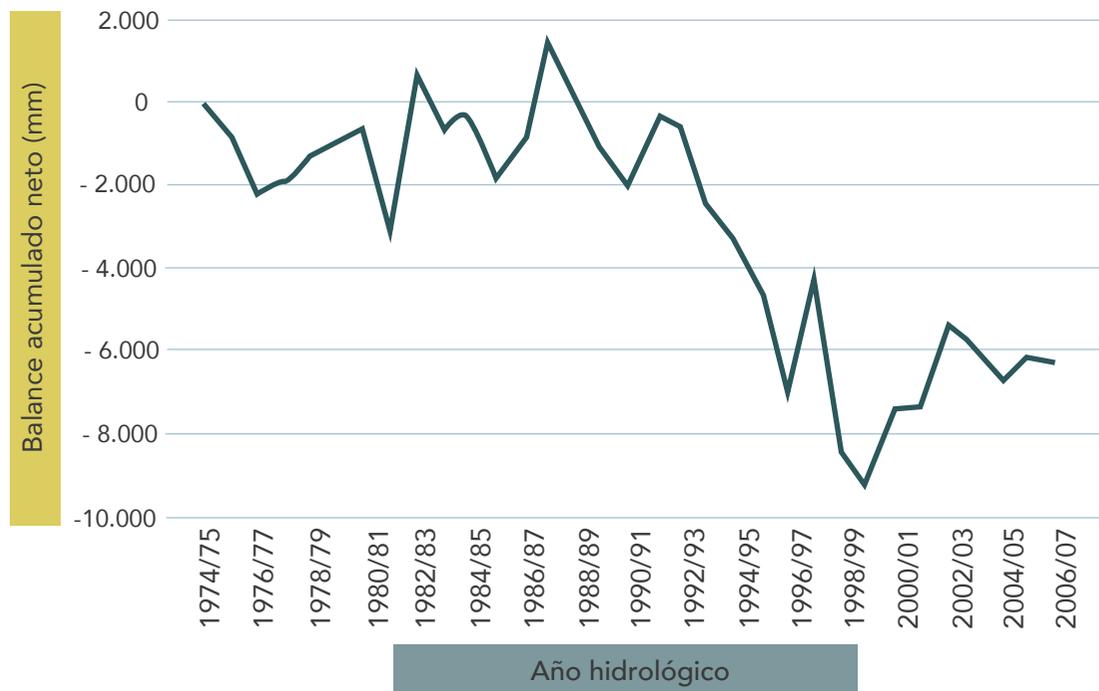
<sup>56</sup> Reid, T. & Brock, B., 2010. Un modelo de balance energético para glaciares cubiertos de detritos incluida la conducción de calor a través de la capa de detritos. *Revista de glaciología*, pp. 903-916.

Los efectos en el almacenamiento nival son lo suficientemente severos, como para influir significativamente en los volúmenes de escorrentía superficial. En general, el almacenamiento de nieve se ve afectado tanto por una menor acumulación, debido a la menor cantidad de precipitación sólida, como también por su acelerado derretimiento en el periodo de estiaje. Esto implica que ríos que tienen mayor influencia nival en su régimen se vean más afectados,

como podría ser el caso de los ríos Yeso, Olivares, Volcán y Colorado.

El fenómeno del cambio climático también se puede observar en la cuenca alta del Maipo, en la mayor elevación de la isoterma 0°C y sus consecuencias en el Glaciar Echaurren (33°33'S, 70°08'W, 3,750 msnm), que ha mostrado un balance de masa negativo desde 1989 (Figura 8).

Figura 8: Balance de masa del Glaciar Echaurren<sup>60</sup>

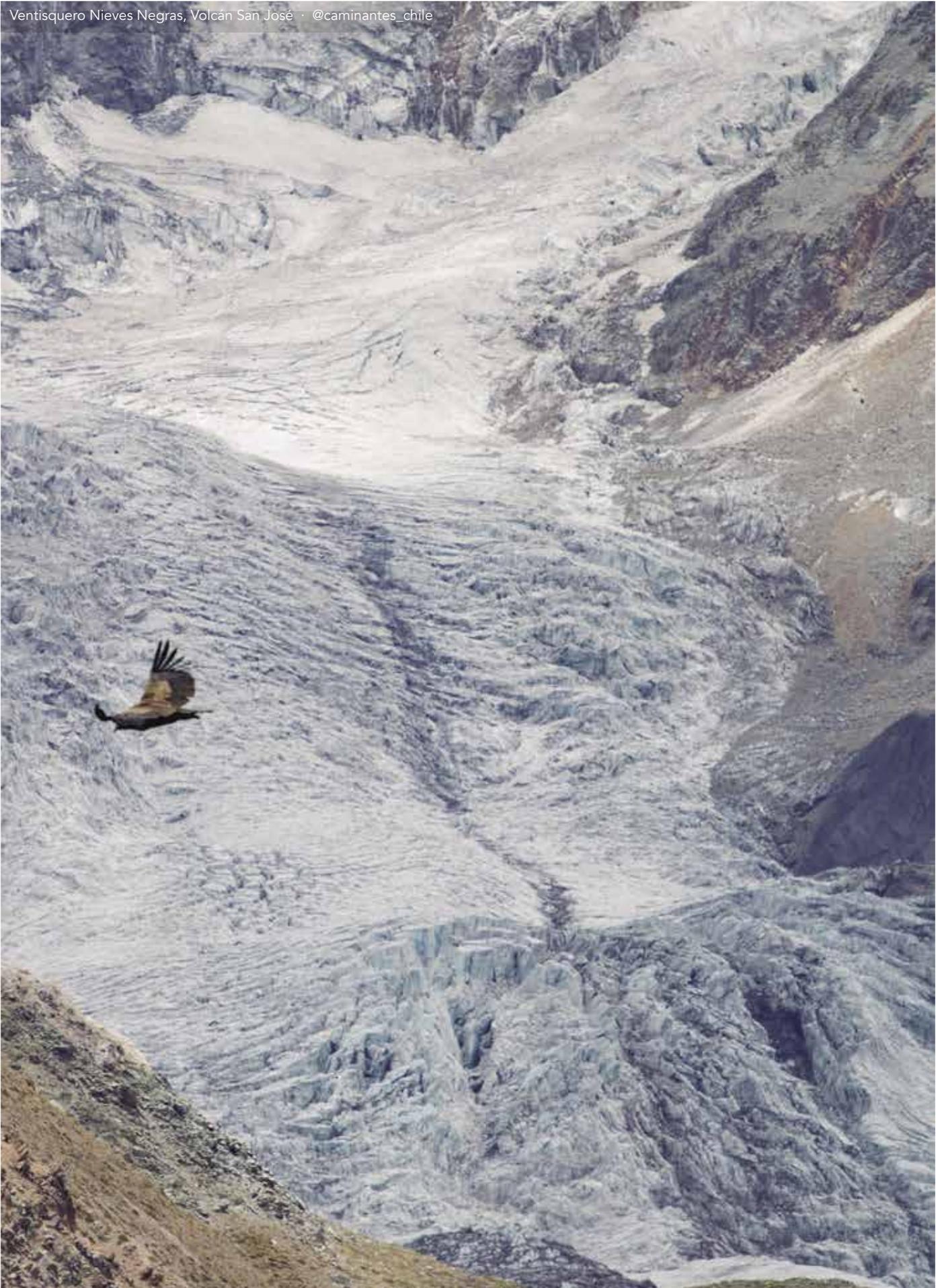


<sup>57</sup> Aguilera Pettinelli, E., 2017. Representación de la hidrología glaciar de la Cuenca del río Maipo a través de un modelo hidrológico simplificado. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/146097>

<sup>58</sup> DGA. 2009. Estrategia Nacional de Glaciares. S.I.T. 205, 289 pp.

<sup>59</sup> Universidad de Chile, 2011. Investigación de los aportes nivoglaciaros en algunas cuencas de los ríos Aconcagua, Maipo y Rapel; y estimación de los efectos del cambio climático. Santiago.

<sup>60</sup> WGMS, 2009. Boletín de balance de masa glaciar N°10. Servicio mundial de monitoreo de glaciares, Zurich, Suiza.



## 2.9 Variabilidad hídrica

Como se ha dicho, una característica fundamental del agua es que se encuentra en constante movimiento. En este sentido, las cuencas sanas pueden verse como recipientes donde hay un balance entre el agua que entra y la que sale. Si este equilibrio es alterado, los efectos pueden ser observados en las diversas manifestaciones del agua en el territorio por medio de distintos tipos de estaciones de monitoreo que instalan organismos públicos, tales como la DGA, o empresas del rubro hídrico. En la cuenca hay 22 estaciones fluviométricas, 44 meteorológicas, 109 de monitoreo de niveles, y 42 de monitoreo de calidad de aguas.

Las lluvias anuales varían significativamente en función de la ocurrencia de años con fenómenos como el Niño y Niña. Durante el primero, pueden superar los 800 mm anuales y originar aluviones e inundaciones, como ocurrió en mayo de 1993, cuando lluvias cálidas registradas a mediados del otoño caídas sobre la nieve generaron una enorme descarga de agua y sedimentos desde la alta cordillera, arrasando con barrios completos y causando numerosas víctimas. El fenómeno aluvional provocó el corte del abastecimiento de agua potable para Santiago. Recientemente, en febrero del 2017, ocurrió otro evento aluvional en 8 cauces (quebradas) del Cajón del Maipo, con varios fallecidos, puentes cortados, y corte del suministro del agua potable e incluso de electricidad para la ciudad de Santiago.

Estos eventos delatan la creciente fragilización de la cuenca del río Maipo y su actual vulnerabilidad y mal estado, provocadas por las causas históricas ya mencionadas, a las que se suman las más recientes. Las catastróficas consecuencias de esta masiva degradación de la cuenca para la Región Metropolitana y parte de la Región de Valparaíso -desembocadura del río Maipo- saltan a la vista.

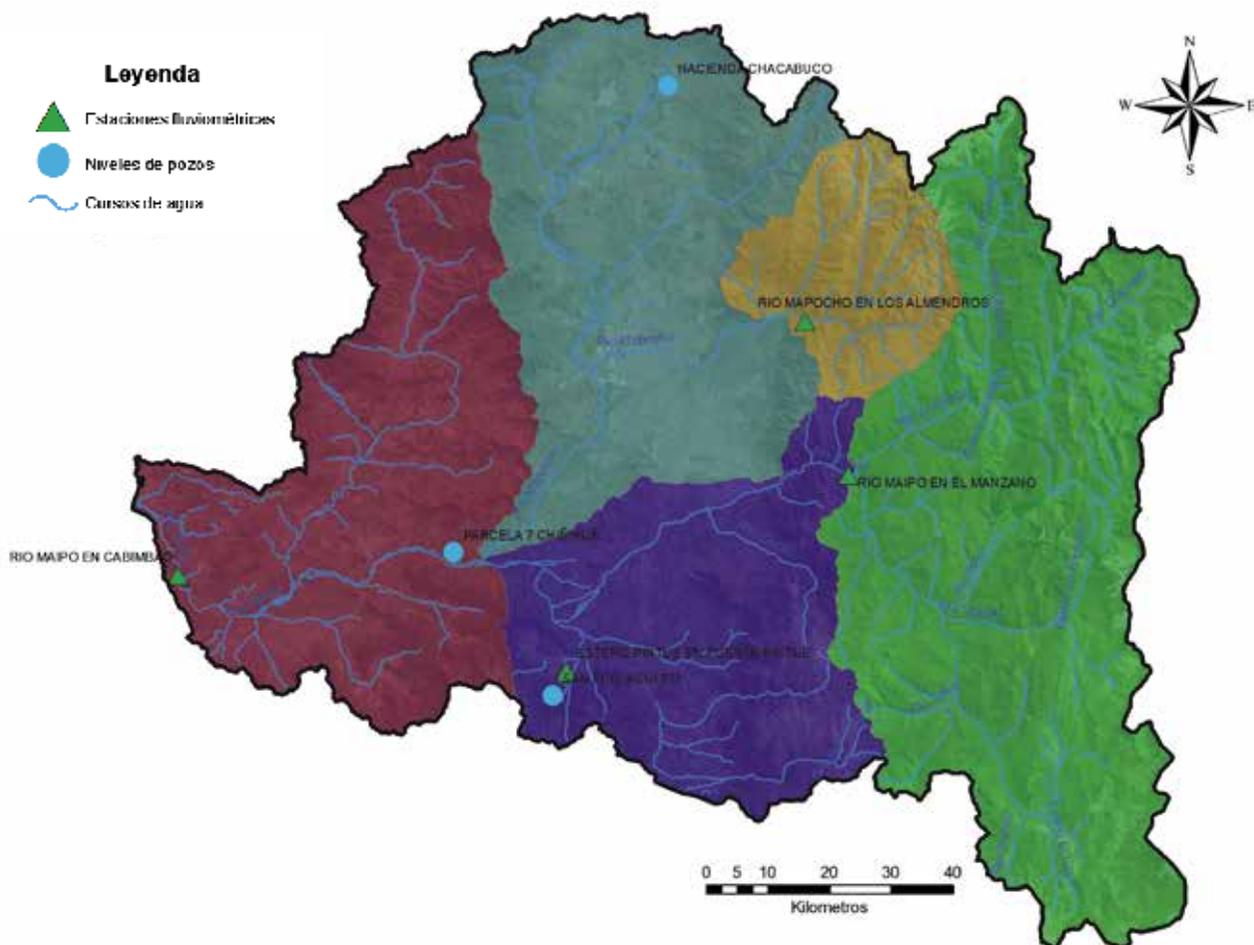
Es notable que incluso en este contexto se sigan autorizando intervenciones industriales de alta intensidad en la parte alta de esta cuenca de importancia estratégica mayor -tales como el Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, desvío de agua para obras de almacenamiento de Aguas Andinas, extracciones masivas de áridos del cauce medio (La Obra) y proyectos mineros, entre otros-.

Con el fin de poder observar el comportamiento hídrico en la cuenca durante el último tiempo, se seleccionaron las estaciones fluviométricas y de monitoreo de niveles de aguas subterráneas más representativas de cada sección (Figura 9). Las estaciones fluviométricas, que registran la cantidad de agua superficial que fluye por los ríos, corresponden a río Maipo en Manzano, río Mapocho en Los Almendros, río Maipo en Cabimbao y Estero Pintue en Puente Pintue (Anexo III: Estaciones fluviométricas).

Las estaciones río Maipo en Manzano y río Mapocho en Los Almendros, se ubican en la cordillera, a 850 y 1.024 msnm, respectivamente. Los caudales son característicos de un régimen nival, donde los ríos reciben aportes de agua provenientes en su mayor parte del deshielo. La primera estación, ubicada en la subcuenca Maipo Alto, registra el drenaje de un área de 4.968 km<sup>2</sup> con los mayores caudales entre noviembre y marzo. Mientras que la segunda, registra el drenaje de un área menor de 620 km<sup>2</sup> y, a diferencia de la estación Maipo en Manzano, el caudal medio mensual registra peaks solamente entre octubre y diciembre, debido a su menor cobertura glaciar. Por otro lado, en ambas estaciones existe una tendencia a la baja de los caudales medios para los períodos de registro.

En la sección media, la estación Estero Pintue en Puente Pintue, se localiza a 371 msnm. En esta subcuenca existe una mayor

Figura 9: Estaciones hidrometeorológicas seleccionadas por cada subcuenca.

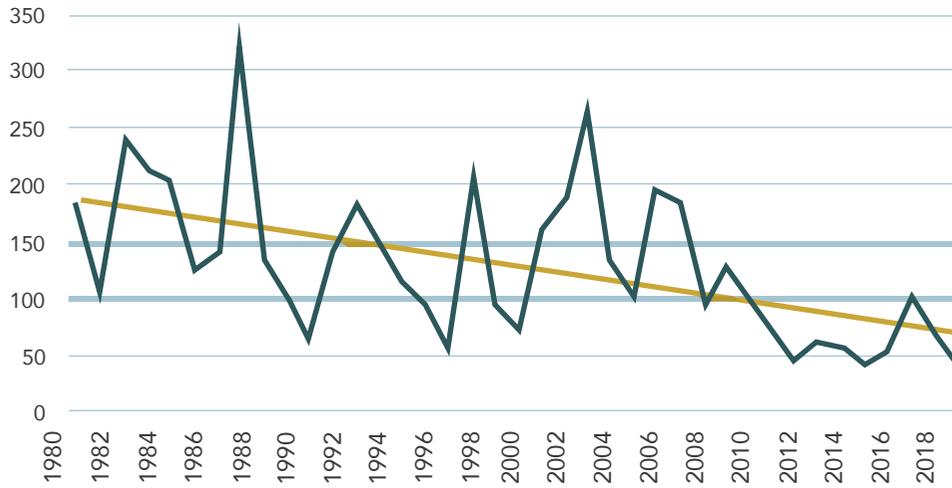


influencia de las lluvias en la época de invierno. Esta estación sólo funcionó 7 años, se encuentra inactiva desde el 2010.

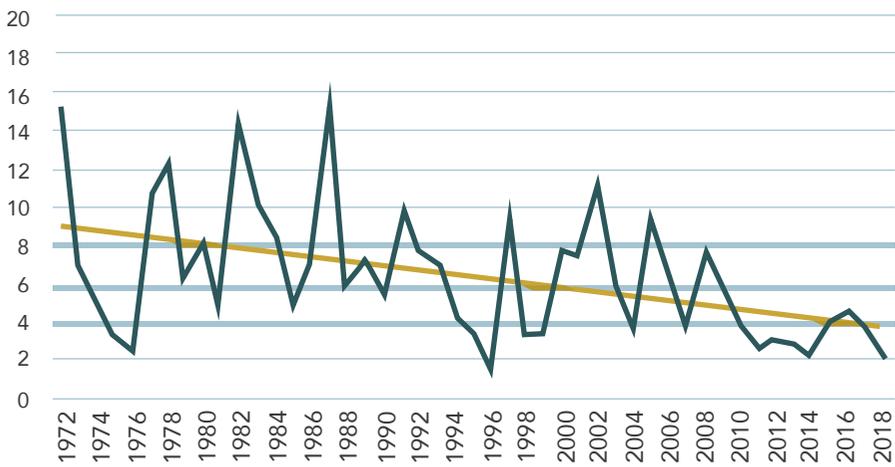
La estación Maipo en Cabimbao se localiza a 35 msnm y monitorea el agua que drena un área de 15.040 km<sup>2</sup>, casi la totalidad de la red hídrica de la cuenca del Maipo. Esta estación refleja los procesos naturales e intervenciones humanas que modifican el comportamiento hídrico natural de la cuenca, con el uso de canales de regadío y embalses que acumulan agua de crecidas, produciendo un régimen anual significativamente más homogéneo de lo que sería su régimen natural.

Las aguas que logran llegar al mar muestran una tendencia a la baja mucho más marcada que en las estaciones aguas arriba de la cuenca, lo que está relacionado posiblemente con el exponencial aumento de extracción de aguas en las secciones media y baja del río Maipo en los últimos años.

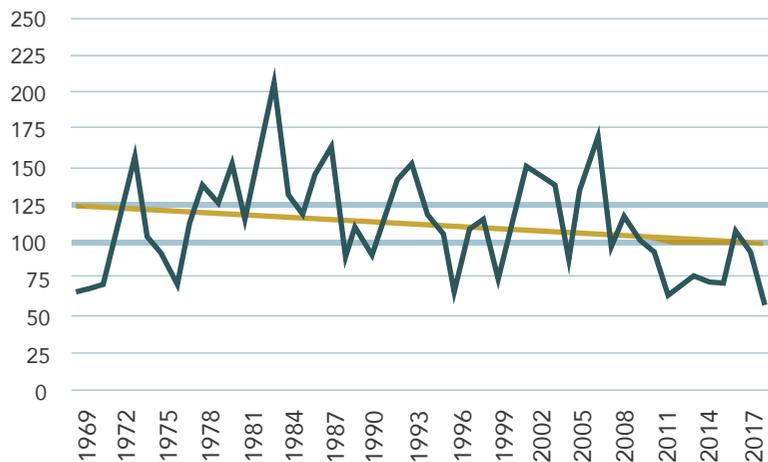
Caudal medio anual Maipo en Cambimbao (m<sup>3</sup>/s)



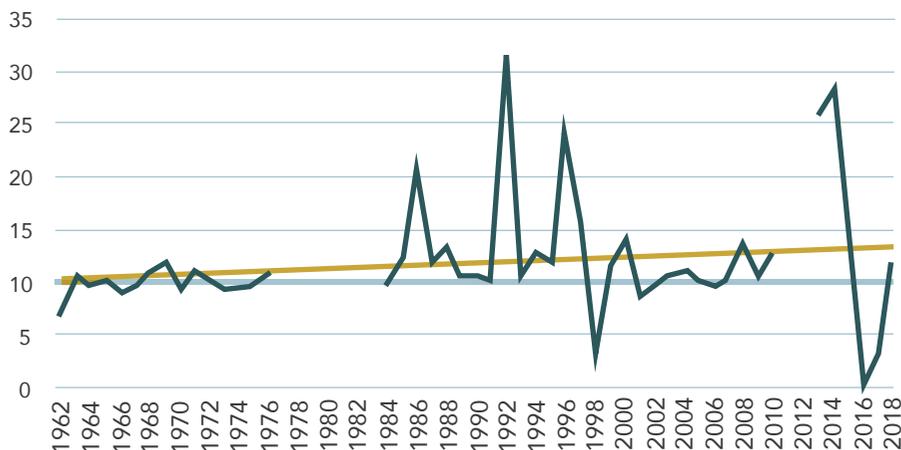
Caudal medio anual Mapocho en Los Almendros (m<sup>3</sup>/s)



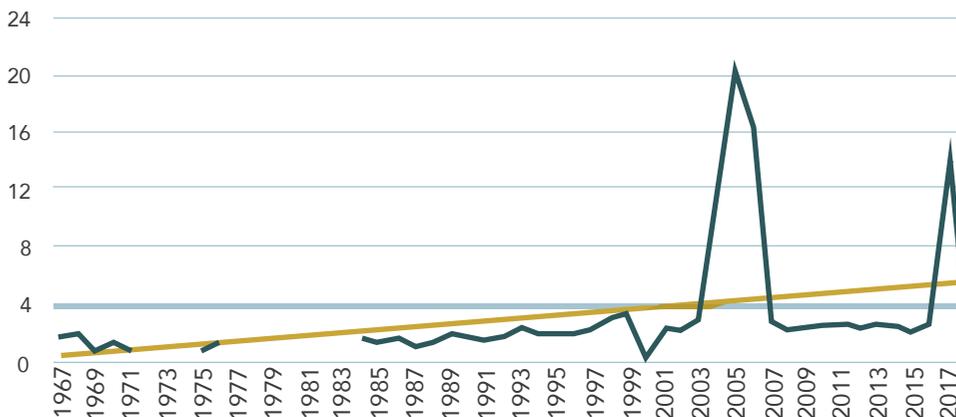
Caudal medio anual Maipo en el Manzano (m<sup>3</sup>/s)



Nivel de pozo Hacienda Chacabuco (m)



Nivel de pozo Parcela Chiñihue (m)



Un ejemplo de las interacciones imprevistas entre las aguas y la población que ocurren cuando no hay visión de cuenca y monitoreo efectivo es Aculeo, donde la extracción descontrolada de las aguas por el sector agrícola y la creciente demanda residencial, realizada en parte de manera ilegal, contribuyó a secar la laguna y dejar a muchos de los habitantes de la localidad sin acceso a agua potable.

Como se ha mencionado, las aguas subterráneas en una cuenca se mueven a través de los poros y fisuras de las rocas y una parte importante de estas aguas proviene de la infiltración de las aguas superficiales, como ríos, lagos o glaciares. El nivel superior o más superficial en el que encontraremos las aguas subterráneas se conoce como nivel freático, y sus variaciones res-

ponden a dinámicas hídricas subterráneas, a la alimentación desde la superficie, o la capacidad que tiene la roca para permitir el flujo del agua. Cuando el agua aflora en superficie la profundidad es cero, y, en zonas áridas, la profundidad puede ser de cientos de metros. En la cuenca del Maipo, la tendencia de los niveles de las aguas subterráneas es a la profundización, como se ve reflejado en las estaciones de monitoreo de niveles de pozos de la DGA, Hacienda Chacabuco y Parcela 7 Chiñihue (Anexo III: Estaciones fluviométricas). Esto quiere decir que la cantidad de agua disponible en los acuíferos ha ido disminuyendo. La causa es la excesiva demanda hídrica, que supera con creces los niveles de recarga, es decir, existe una sobreexplotación de estas aguas que es insostenible en el tiempo.

### 3· Usos y abusos en la cuenca

La cuenca del río Maipo tiene un rol fundamental en el desarrollo de la economía de nuestro país. En este lugar confluye gran parte de la población en torno a actividades económicas, políticas y culturales. Aquí se encuentran las principales instituciones nacionales, casa de gobierno, ministerios, centros de salud, establecimientos educacionales, instituciones financieras nacionales e internacionales, casas matrices de empresas, entre otras.

La intervención de ríos y esteros ha permitido irrigar más de 136.000 ha de terrenos<sup>61</sup>, a pesar de que la cuenca presenta múltiples características de ecosistema semi-árido (flora, fauna, fungi). El cambio de uso de suelo, de agrícola a industrial, ha llevado a una concentración del **80% de la actividad industrial del país en la cuenca del río Maipo**, la que se encuentra en constante crecimiento, al igual que la minería. En la parte alta de la cuenca también se han autorizado e implementado importantes desarrollos hidroeléctricos que utilizan las aguas del río Maipo y de sus afluentes.

Chile está experimentando un rápido crecimiento económico y demográfico, y Santiago es el área donde esto es más intenso y notorio. La capital es el principal núcleo urbano del país, y el agua es un elemento transversal y estratégico.

La disponibilidad hídrica en la cuenca en el pasado ha permitido la actual configuración del territorio, pero las proyecciones de creciente déficit hídrico producto del aumento sostenido de la demanda, de la degradación de las residencias de las aguas, y del cambio climático nos llaman con urgencia a replantear la forma en que hemos habitado e intervenido la cuenca del río Maipo.



<sup>61</sup> Ministerio de Obras Públicas, 2012. Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021. Resumen Ejecutivo.

### 3.1 Agua potable

En la cuenca existen 23 empresas concesionadas de agua potable, las que abastecen un total de 7.721.056 habitantes, a través de 2.031.450 arranques<sup>62</sup>. Las principales fuentes de captación de agua potable se ubican en Laguna Negra, Laguna Lo Encañado, Embalse El Yeso, estero El Manzano, estero El Canelo y río Maipo. Aguas Andinas es la principal empresa de suministro de agua potable (llamadas sanitarias) de la región, con el control de un 85% del mercado.

En la actualidad, Aguas Andinas abastece el sistema Gran Santiago principalmente desde las "plantas de producción de agua potable" del Complejo Vizcachas y La Florida. Las aguas crudas tratadas en estas plantas proceden del río Maipo y son captadas normalmente a través de la Toma Independiente. En casos de emergencias se puede captar agua del Canal San Carlos en la Bocatoma de Casas Viejas. Además, existe la posibilidad, si fuese necesario por alta turbiedad de las aguas del Maipo, de utilizar exclusiva e intensivamente las aguas cristalinas provenientes directamente del Acueducto Laguna Negra, las que de igual forma son tratadas en la planta Vizcachas.

Las plantas de tratamiento presentan características especiales de diseño y escala. En particular el Complejo Vizcachas está conformado por tres plantas convencionales que operan en paralelo y que en conjunto alcanzan una capacidad de 15 m<sup>3</sup>/s.

Se cuenta además con la planta La Florida, de 4 m<sup>3</sup>/s de capacidad, construida en 1998, la que utiliza un proceso de filtración denominado "manto de lodos" desarrollado y patentado por la misma empresa.

Debido a que en los últimos 30 años los eventos de turbiedad relacionados con fenómenos aluvionales han aumentado en intensidad y duración, el suministro de agua potable a Santiago se ha visto afectado, provocando desabastecimiento de la población. En los años 2013 y 2017, con la elevación gradual de la isoterma cero que está ocurriendo desde hace años, las lluvias caídas sobre la nieve en la alta cordillera, donde comúnmente caen en forma de nieve que se acumula, produjeron aluviones que transportaron gran cantidad de aguas mezcladas con sedimentos por las quebradas. Estos eventos han afectado hasta más de un millón y medio de habitantes, clientes de Aguas Andinas, o sea, más del 70% del sistema de distribución. Con las importantes obras de desvío, transporte y acumulación de aguas que actualmente está construyendo la empresa en el río Maipo a la altura de La Obra, se pretenden lograr 34 horas de autonomía frente a este tipo de eventos aluvionales cada vez más frecuentes que provocan turbiedad extrema en las aguas del río Maipo y hacen imposible su tratamiento para convertirla en agua potable.

La unidad nefelométrica de turbidez (UNT) se utiliza para medir la turbiedad de las aguas. 5.000 UNT significa que por cada litro (un litro) de agua tratada se retira de ella 3,8 gramos de lodo o barro. 5.000 UNT de turbiedad en la planta de Vizcachas, con 20 m<sup>3</sup>/s de caudal de tratamiento, supone la entrada a planta de 6.566 toneladas de barro al día. (Fuente AA, Memoria 2018)

<sup>62</sup> Corresponde al tramo de la red pública de distribución, comprendido desde el punto de su conexión a la tubería de distribución hasta la llave de paso instalada después del medidor. BCN, Decreto 50 Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable de Alcantarillado.

Es importante notar que en este mismo sector donde se encuentran las plantas de tratamiento de Aguas Andinas se encuentran las compuertas que desvían un gran caudal del río Maipo hacia el Canal San Carlos, vital para el abastecimiento de agua de riego para toda la Región Metropolitana. Además, a través de este canal se trasvasan las aguas del río Maipo a la cuenca del río Mapocho para regar tierras de cultivo en comunas situadas al suroeste de la región, y también en comunas situadas al noroeste, al otro lado del Cerro San Cristóbal. Todas estas masivas intervenciones del río Maipo se han hecho sin estudios integrales adecuados. En la Obra, a la altura de las compuertas del Canal San Carlos, a simple vista se puede comprobar que debido a la extracción para el canal San Carlos, el río Maipo muy a menudo queda sin agua, con el lecho seco expuesto, lo que indudablemente provoca importantes impactos en la sección media y baja del río. Prácticamente en el mismo lugar se efectúa desde hace décadas una masiva y descontrolada extracción de áridos para la elaboración de concreto para la construcción de obras de todo tipo en la Región Metropolitana, que ha alterado en forma drástica la morfología del lecho del río y destruido los ecosistemas riparianos en un extenso tramo.

Y es en esta misma zona que Aguas Andinas captura las aguas del río para conducir las a las plantas de tratamiento y desde donde capturarán las aguas para los estanques de almacenamiento mencionados más arriba, ubicados en Pirque. Tres mega intervenciones -un verdadero enjambre de daño al ecosistema fluvial- en el río con distintos objetivos en un tramo de solo algunos kilómetros de extensión. Intervenciones ciegas como estas explican el lamentable estado bioecológico del río Maipo, así como los caudales decrecientes en sus secciones media y baja, tanto de las aguas superficiales como subterráneas.

Los sectores rurales se abastecen a través de cooperativas conocidas como Asociaciones de Agua Potable Rural (APR). Uno de los principales problemas que debe enfrentar actualmente el Programa de APR's en la RM, es la falta de disponibilidad de derechos de agua en los acuíferos de la región. En muchos servicios de APR las actuales captaciones de agua no dan abasto para suplir las demandas de la creciente población rural. Los derechos de agua se han constituido en un cuello de botella para materializar nuevas inversiones<sup>63</sup>. En la RM existen 102 APR que abastecen a 230.260 personas.

### Instalaciones de Aguas Andinas:

#### Captación de agua:

**80%** de aguas superficiales

**20%** de fuentes subterráneas

**285** pozos profundos y drenes para extraer agua de 3 acuíferos

#### Producción de agua:

**843 M/m<sup>3</sup>**

**38,27 m<sup>3</sup>/s** total de potabilización

#### Tratamiento de aguas servidas y restitución:

**39** instalaciones de depuración

**605 M m<sup>3</sup>** depurados en las plantas de tratamiento en 2018

#### Distribución:

**2.316.107** clientes

**70 km** de acueductos

**15.683 km** de red de tuberías

**1.389.501 m<sup>3</sup>** de capacidad de almacenamiento en 392 estanques

#### Recolección de agua:

**12.911 km** de red de recolección de aguas servidas

Fuente: Reporte Integrado 2018, Aguas Andinas.

<sup>63</sup> Ministerio de Obras Públicas, 2012. Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021. Resumen Ejecutivo.



El 10 de diciembre 2019, habitantes del Cajón del Maipo presentaron una demanda ante un tribunal civil con el objetivo de anular el millonario contrato firmado el 2011 entre Aguas Andinas (AA) y AES Gener (AESG). Por medio de este, la sanitaria le permite a la empresa eléctrica utilizar, para la operación de su proyecto Alto Maipo, las reservas de aguas cristalinas para el agua potable de la Región Metropolitana. AA tiene una concesión otorgada por el Estado de Chile con un fin único: servicio sanitario y provisión de agua potable a la población de Santiago. En la demanda se alega que AA no tiene derecho a utilizar para un negocio eléctrico entre privados el agua que le ha sido concesionada con otro fin. La demanda fue declarada admisible por el tribunal, que solicitará a las demandantes demostrar que representan el interés colectivo, así como el daño patrimonial. Estas demandas son normalmente de largo proceso, pero se anticipa que esta será aún más prolongada en las circunstancias actuales de pandemia.

### 3.2 Aguas servidas

En las zonas urbanas de la RM, el sistema de alcantarillado y tratamiento sanea casi la totalidad de las aguas servidas generadas por la población, siendo la Empresa de Aguas Potable El Colorado la única sanitaria que no trata sus aguas<sup>64</sup>.

A su vez, la empresa con menor cobertura es Sembcorp Aguas Lampa con una cobertura apenas por encima del 70%.

Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas

Nombre	Subcuenca	Nombre	Subcuenca
Paine	Río Maipo Medio	La Farfana	Río Maipo Bajo
Valdivia de Paine	Río Maipo Medio	Lomas de lo Aguirre	Río Maipo Bajo
Buín - Maipo	Río Maipo Medio	Pudahuel (ENEA)	Río Maipo Bajo
Isla de Maipo	Río Maipo Medio	Curacaví	Río Maipo Bajo
El Monte	Río Maipo Bajo	Quilicura	Río Maipo Bajo
Melipilla - Cexas	Río Maipo Bajo	Los Trapenses	Río Maipo Alto
Talagante	Río Maipo Bajo	La Leonera	Río Maipo Bajo
Villa Galilea	Río Maipo Bajo	Larapinta	Río Maipo Bajo
Parronal	Río Maipo Bajo	La Higuera	Río Maipo Bajo
Melipilla	Río Maipo Bajo	Pan de Azúcar y Chicureo	Río Maipo Bajo
Pomaire	Río Maipo Bajo	Oriente	
San José de Maipo	Río Maipo Alto	Colina	Río Maipo Bajo
El Trebal	Río Maipo Bajo	Tiltil	Río Maipo Bajo

### 3.3 Riego

La cuenca del Maipo cuenta con 634 canales, 3 embalses mayores, 14 embalses medianos y 447 menores para regar una superficie de más de 136.000 ha y representa un 12,1% respecto de la superficie potencialmente regable total de más de 1.100.000 ha<sup>65</sup>. Al año 2015 existían registradas 6 juntas de vigilancia<sup>66</sup>, 87 comunidades de agua<sup>67</sup> y 51 asociaciones de canalistas<sup>68</sup>.

Según la Dirección General de Aguas existe un total de 366 bocatomas en la RM, donde el 80% (294 bocatomas) corresponde a la cuenca del río Maipo y subcuenca del río

Mapocho, y el resto a la subcuenca del Estero Alhué. El 54% de bocatomas y canales presentes en la cuenca del Maipo inician en la segunda sección del río<sup>69</sup>.

Los fértiles suelos de la cuenca de la RM, ricos en materia orgánica y de buena textura, han potenciado el gradual incremento de la superficie bajo manejo agrícola. Los principales cultivos frutales son duraznos, cítricos, nectarines, nogales, ciruelos, almendros, paltos y perales. Los cultivos en la categoría de viñas y parronales son uva de mesa y vinífera.

<sup>64</sup> SISS, 2017. Informe Anual de Coberturas Urbanas Servicios Sanitarios.

<sup>65</sup> Ministerio de Obras Públicas, 2012. Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021. Resumen Ejecutivo.

<sup>66</sup> Organizaciones de usuarios de agua (OUA) constituidas en torno de cauces naturales, cuya finalidad es administrar y distribuir las aguas a que tienen derecho sus miembros; explotar y conservar las obras de aprovechamiento común, y realizar los demás fines que les encomienden la ley y sus estatutos. Tienen competencia hasta la bocatoma de los canales que extraen las aguas del cauce.

<sup>67</sup> OUA que distribuyen el recurso de acuerdo a los derechos de aprovechamiento que poseen los usuarios en cada una de las obras que les son comunes. Se organizan en torno de cauces artificiales y su funcionamiento está normado en el artículo 187 y siguientes del Código de Aguas.

<sup>68</sup> OUA constituidas en torno de cauces artificiales, normalmente se organizan en los canales matrices de los sistemas de riego extraprediales, cuya fuente es el río. Están normadas en el artículo 257 y siguientes del Código de Aguas.

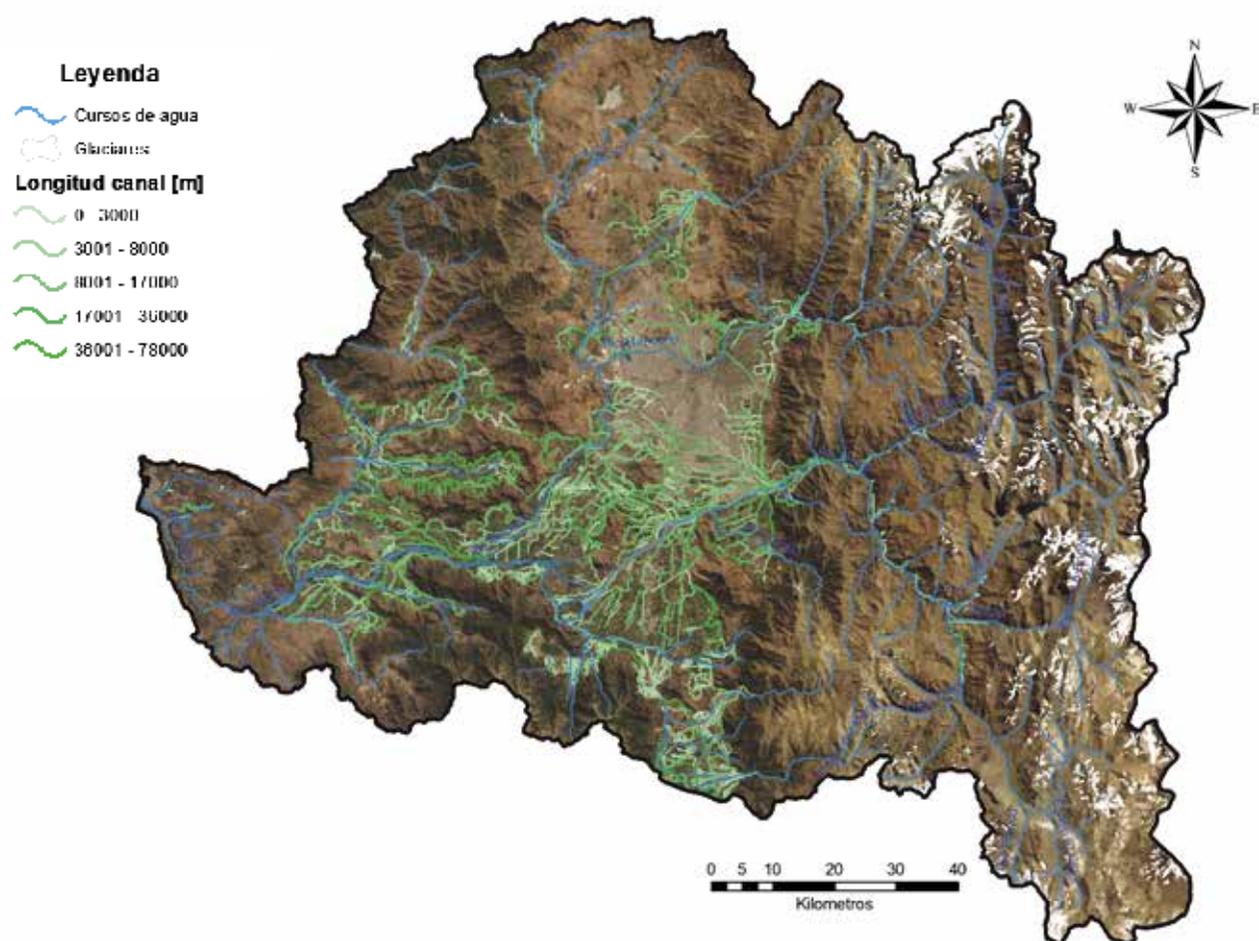
<sup>69</sup> DGA, 2015. Diagnóstico plan maestro de recursos hídricos Región Metropolitana de Santiago. Informe final Volumen 1. Arrau Ingeniería E.I.R.L. S.I.T. N° 371.

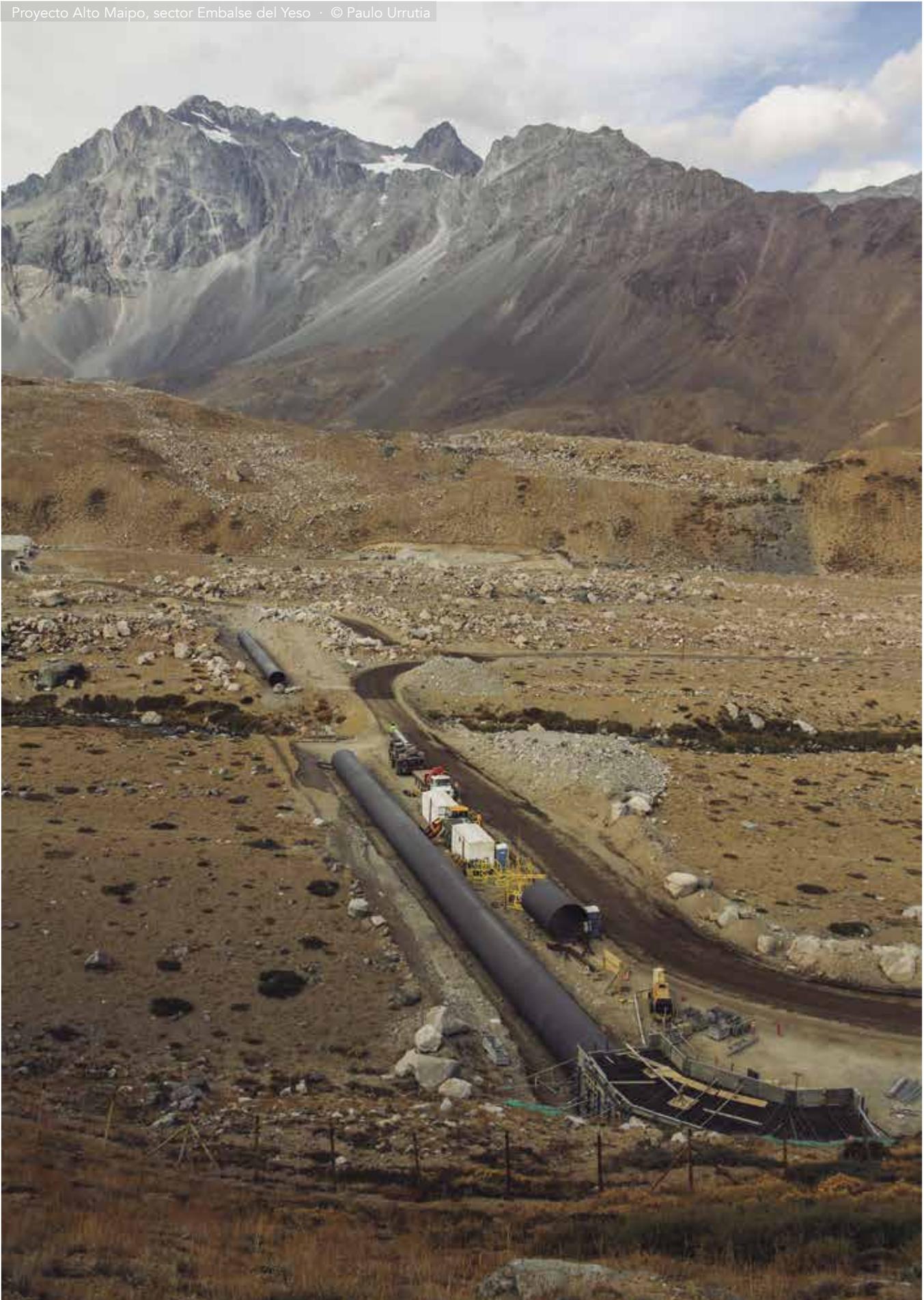
Tabla 4: Riego en la RMS por Provincia.

Provincia	Superficie (ha)	Superficie Total Regada		Superficie Regada según Tipo de Riego					
				Gravitacional		Mecánico Mayor		Micro Riego	
		Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Santiago	108.733,77	6.004,80	5,52	4.836,20	80,54	73,3	1,22	1.095,30	18,24
Cordillera	464.343,00	7.628,84	1,64	5.291,12	71,17	406,83	5,33	1.792,89	23,50
Chacabuco	157.404,47	17.051,60	10,83	11.402,10	66,87	545,20	3,20	5.104,30	29,93
Maipo	68.636,26	32.798,27	47,79	22.568,19	68,81	200,60	0,61	10.029,48	30,58
Melipilla	292.581,99	52.592,18	18,98	31.933,00	60,72	2.535,60	4,82	18.123,58	34,46
Talagante	42.139,48	20.656,65	49,02	14.721,51	71,27	38,30	0,19	5.896,84	28,55
<b>Total</b>	<b>1.133.838,97</b>	<b>136.732,34</b>	<b>12,6</b>	<b>90.890,12</b>	<b>66,471</b>	<b>3.799,83</b>	<b>2,78</b>	<b>42.042,39</b>	<b>30,75</b>

Fuente: Plan Maestro MOP, 2012. Según datos Censo Agropecuario INE, Año 2007.

Figura 10: Ubicación y cobertura de canales.





### 3.4 Fuentes de generación

La cuenca del río Maipo se encuentra en el área de abastecimiento del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) que abarca desde Arica a Chiloé austral. Debido a su proximidad con la ciudad de Santiago y su alta demanda eléctrica, desde inicios del siglo veinte la sección alta, cordillerana, de la cuenca del río Maipo ha sido intensamente utilizada para la generación de electricidad. Según datos disponibles en el Ministerio de Energía, actualizados a diciembre de 2018, en la cuenca hay una capacidad instalada de 1.457,67 MW: 54% termoeléctrica; 25% hidroeléctrica; 17% solar; y 4% biomasa.

En la cuenca existen 17 centrales hidroeléctricas emplazadas principalmente en los ríos

Maipo, Volcán, Colorado y Mapocho. De los 367,57 MW de potencia instalada, 271 MW corresponden a centrales de AES Gener S.A., 30,69 a la Sociedad Canalistas del Maipo, 25,58 MW a Eléctrica Puntilla S.A. y 12 MW a Energía Coyanco. Las centrales hidroeléctricas propiedad de AES Gener S.A. -Maitenes, Queltehues, El Volcán y Alfalfal-, fueron puestas en servicio en los años 1923, 1928, 1949 y 1991 respectivamente. Además, se encuentra en construcción el proyecto hidroeléctrico Alto Maipo, de AES Gener S.A. que pretende producir 531 MW con las centrales Alfalfal II y Las Lajas. En caso de concretarse el proyecto, AES Gener monopolizaría casi el 90% de la generación eléctrica en la cuenca.

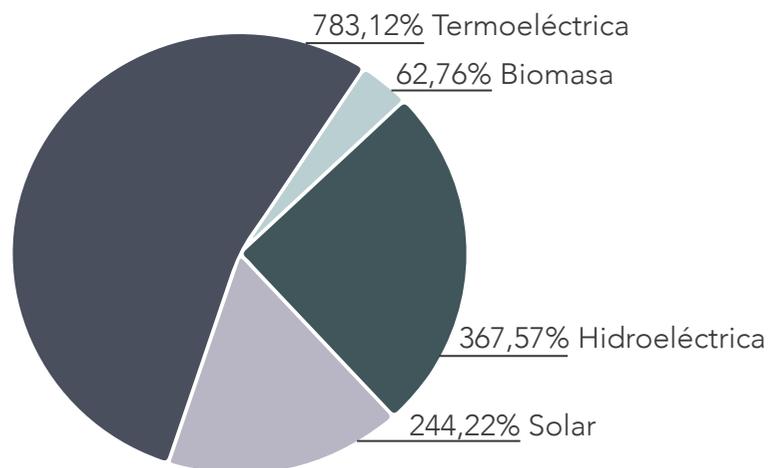
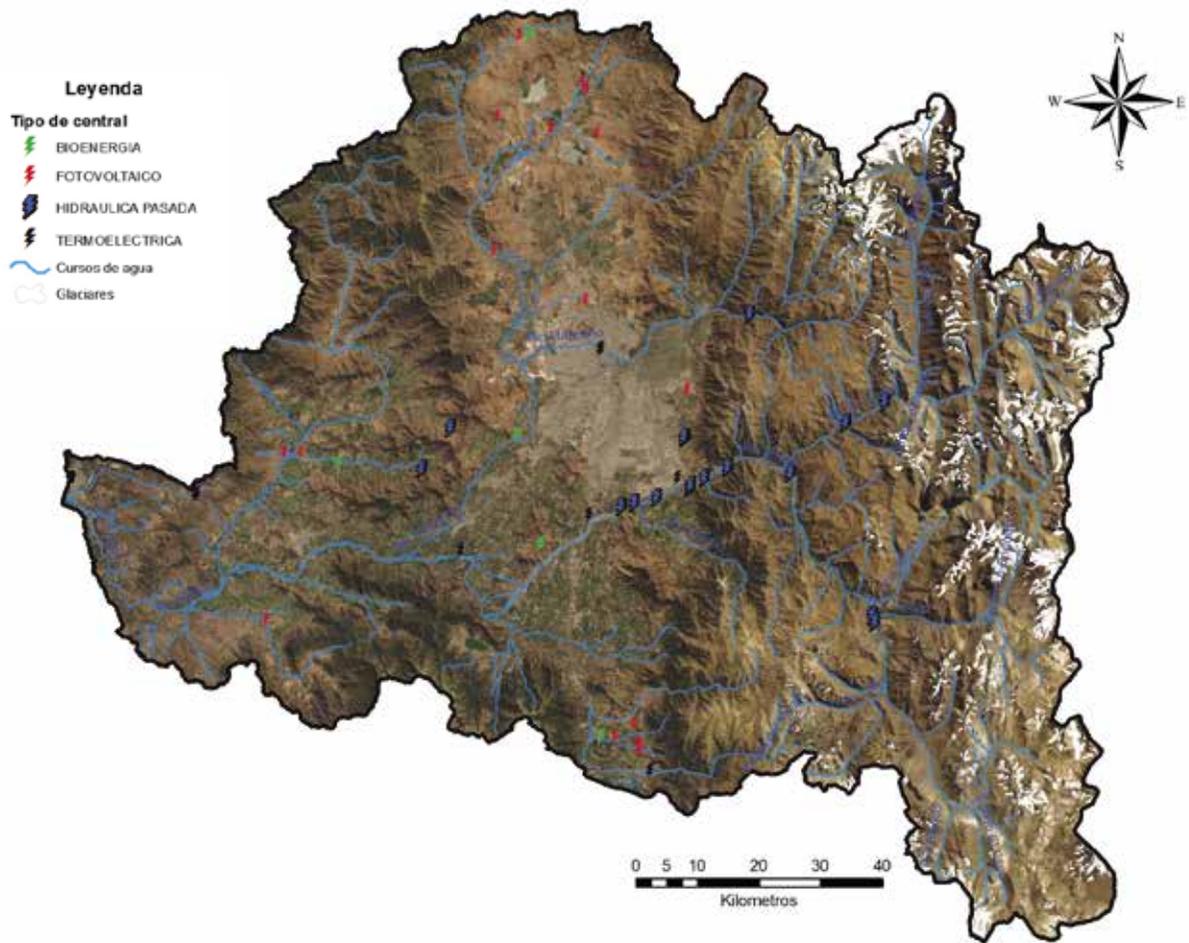


Gráfico 7: Capacidad instalada en MW por fuente de generación eléctrica en la cuenca del río Maipo. Fuente: Datos Ministerio de Energía, 2018.

Figura 11: Centrales de generación eléctrica.



En la cuenca, al 2019, hay 20 proyectos eléctricos ingresados al Servicio de Evaluación Ambiental, en estado de Prueba, Calificación, Aprobado, y En Construcción. Éstos alcanzan una capacidad instalada de 1.372,88 MW. En base a estas proyecciones, en unos años la capacidad instalada en la cuenca podría duplicarse. (Anexo V: Centrales eléctricas).

Existe un gran interés de la industria por utilizar la energía cinética de los ríos debido al fuerte desnivel entre la cordillera y la mar, y a la demanda de la RM. El Ministerio de Energía realizó un análisis del potencial hidroeléctrico de diversas cuencas de Chile. Según su estimación, la cuenca del Maipo aún tiene capacidad para albergar más de 29 centrales hidroeléctricas con una capacidad de 676,4 MW.

### 3.5 Actividad industrial

La cuenca del río Maipo es donde se encuentra el mayor número de industrias de nuestro país. El 80% del sector industrial nacional se encuentra en la RM, concentrado en la cuenca del río Mapocho, en torno a Santiago, y entre el estero Las Rosas y el Zanjón de la Aguada<sup>70</sup>. Este sector es responsable del 2% de la demanda total de aguas superficiales y subterráneas en la cuenca<sup>71</sup>.

La contaminación puntual con residuos industriales líquidos (riles) de los establecimientos industriales que se vierten o percolan a los cursos de agua superficiales en la cuenca del río Maipo ha generado un significativo deterioro de la calidad de sus aguas.

Hace décadas, los caudales de los ríos, muy mayores a los actuales, eran capaces de soportar las cargas contaminantes menores a las actuales que se vertían en ellos, pero el aumento de asentamientos urbanos e industrias en sus riberas y de vertidos a los cauces ha significado que éstos perdieron gradualmente su capacidad de autodepuración. Por lo tanto, en estos cursos de agua, sin tratamientos adecuados no se logra disminuir la concentración de elementos tan influyentes en la calidad del agua, como, por ejemplo, metales pesados, químicos peligrosos, y sólidos disueltos, suspendidos y sedimentables<sup>72</sup>.

Extracción de caliza, sector Lo Valdés · © Paulo Urrutia



<sup>70</sup> DGA, 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad cuenca del río Maipo. CADE-PE-IDEPE.

<sup>71</sup> DGA, 2015. Diagnóstico plan maestro de recursos hídricos Región Metropolitana de Santiago. Informe final Volumen 1. Arrau Ingeniería E.I.R.L. S.I.T. N° 371.

<sup>72</sup> MAURO, L. 2014. Estudio de los procesos de adsorción-desorción de los metales Cu, Mn, Pb y Zn en la cuenca del río Maipo.

### 3.6 Rellenos sanitarios y vertederos

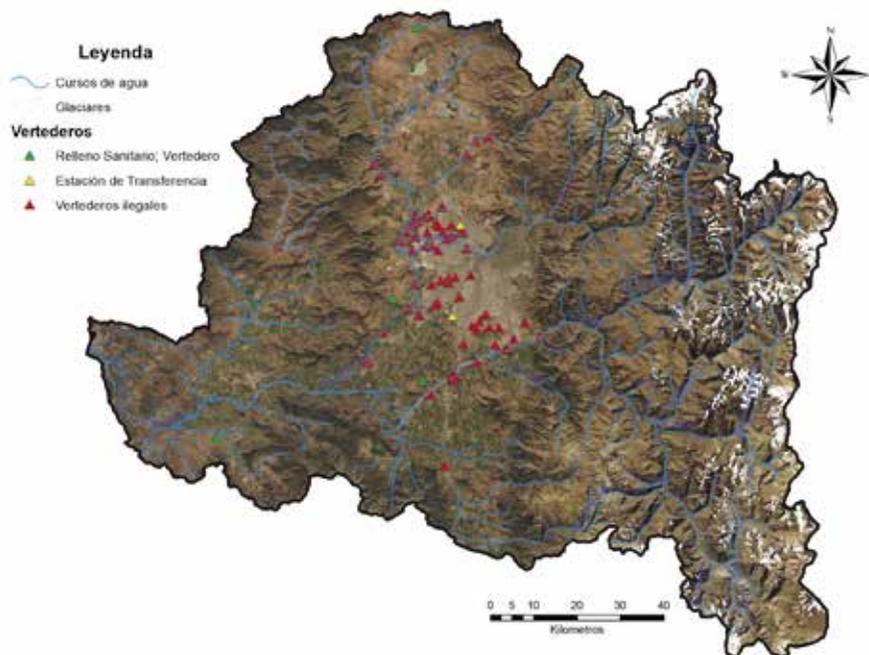
En la RM existen cinco rellenos sanitarios<sup>73</sup> autorizados: Loma Los Colorados<sup>74</sup>, KDM y Cerro La Leona, GERSA ubicados en Til Til; Santa Marta del Consorcio Santa Marta en Talagante; Sanitario Santiago Poniente de Proactiva Servicios Ambientales en Maipú, y el Vertedero Controlado Popeta de la Municipalidad de Melipilla. Además, existen tres estaciones de transferencia, Quilicura, Cerro Los Cóndores y Puerta Sur, desde donde se transportan los desechos vía tren o camión de alto tonelaje a los tres primeros. Los cinco rellenos reciben 3.500.000 ton/año aproximadamente de Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) provenientes de la región<sup>75</sup>.

Respecto de los vertederos ilegales o megabasurales de residuos sólidos, en la cuenca existen 79 que ocupan 400 ha, concentrándose principalmente en la periferia del Gran Santiago<sup>76</sup>. De acuerdo con el re-

gistro, Quilicura y Buin concentran la mayor superficie de vertederos. En el primer caso, se llega a 66,5 ha, mientras que en Buin se encuentran 56 ha de acopios. También se ha determinado que hay 600 microbasurales que tienen menos de una hectárea, donde los vecinos o industrias vierten desechos, ya que no existe recolección ni vertederos adecuados para este tipo de residuos.

Según datos del ministerio, el 80% de los residuos corresponde a acumulación de material de construcción, 15% a muebles y neumáticos<sup>77</sup>. De la totalidad, 43 de estos sitios constituyen un peligro latente de contaminación de las aguas por lixiviación de sustancias tóxicas, siendo agravante el hecho que gran parte de estos vertederos ilegales se ubican en las riberas de los ríos Maipo y Mapocho.

Figura 12: Ubicación de rellenos sanitarios y vertederos ilegales de residuos sólidos.



<sup>73</sup> Depósito de desechos sólidos compactados al menor volumen, con impermeabilización basal por geomembranas, geotextiles y sistemas de drenaje y tratamiento de líquidos percolados y biogas.

<sup>74</sup> Incluye RSD provenientes de las comunas de Llay Llay, Zapallar, La Ligua, Olmué, Nogales y Rinconada.

<sup>75</sup> Ministerio de Medio Ambiente, 2018. Informe Rellenos Sanitarios - Residuos Sólidos Urbanos en la RMS 2017 <http://www.santiagorecicla.cl/wp-content/uploads/2019/04/Informe-Rellenos-Sanitarios-2017-VF.pdf>.

<sup>76</sup> Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente, 2017.

<sup>77</sup> Arpaia, L; Cantú, P. 2018. Los vertederos ilegales de residuos (VIRS) en la Región Metropolitana de Santiago. Medio ambiente, sustentabilidad y vulnerabilidad social.

### 3.7 Extracciones de áridos

Es una actividad extractiva altamente invasiva que se realiza con maquinaria pesada habitualmente en las riberas de los cauces, y en los cauces mismos de los ríos. Los así llamados 'áridos' -bolones, ripio, gravilla, arena- se extraen, procesan y seleccionan para ser utilizados en la construcción de edificios, obras viales, puentes, etc. La legislación vigente indica que los municipios deben otorgar los permisos administrativos y las concesiones de extracción de áridos desde los cauces naturales. Para ello, previamente se debe contar con la aprobación técnica del Departamento de Defensas Fluviales de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH). Las municipalidades pueden cobrar derechos por los permisos para la extracción de arena o ripio desde bienes nacionales de uso público, como los cauces de los ríos, o desde pozos lastreros de propiedad particular, salvo cuando se trate de materiales destinados a la ejecución de obras públicas. Es notable que no existe un catastro actualizado que caracterice los sitios de extracción y los volúmenes extraídos.

Esta actividad modifica significativamente los cauces de los ríos, alteran la estabilidad y morfología de los lechos, generando riberas artificiales sueltas con materiales que pueden ser removidos y arrastrados por las crecidas. Esto trae múltiples problemas de socavamientos de los costados de los cauces, que pueden afectar obras viales, bocatomas de riego, casas aledañas, o lo que esté al alcance de las aguas. En otras palabras, la extracción de áridos contribuye a los fenómenos aluvionales que están afectando crecientemente a los cauces en nuestro país, y, por lo tanto, a la población cercana ellos.

La extracción de áridos descontrolada degrada y destruye los ecosistemas riparianos, o ribereños, que son parte clave de los eco-

sistemas fluviales, sustentando funciones ecosistémicas vitales para el río y la cuenca, de las que se derivan los servicios ambientales a la población. A los ecosistemas ribereños se los define ecológicamente como una interfase entre los sistemas terrestres y el sistema acuático fluvial. Cuando están íntegros albergan importante biodiversidad, tanto permanente como migratoria. En términos físicos, las riberas vivas y vegetadas y lechos sanos son contenedores naturales de crecidas y aluviones. En un río íntegro, sano, los ecosistemas riparianos constituyen un corredor ribereño complejo y sinuoso desde su nacimiento hasta su desembocadura. Dependiendo del río, de su morfología, de sus crecidas estacionales, y de otros aspectos, muchos ecosistemas ribereños conforman importantes humedales a lo largo de un río, de suma importancia para flora, fauna y hongos, para toda la cadena trófica y para el ciclo hidrológico mismo. La masiva extracción de áridos en la mayoría de los cauces de nuestro país -una actividad industrial sumamente visible pero invisibilizada por la práctica habitual sin cuestionamiento desde hace décadas- es una de las principales causas del grave deterioro de los ríos chilenos que ha significado que el 86% de la fauna íctica -peces- de agua dulce del país esté amenazada.

Para conocer el estado de la extracción de áridos en una comuna, se puede solicitar dicha información a la municipalidad por Ley de Transparencia. El catastro existente en la cuenca del Maipo<sup>78</sup> no incluye información sobre las comunas de Colina, Curacaví, Isla de Maipo, Peñaflor y Renca. Más aún, se ha detectado que la RM encabeza la lista de extracción ilegal, seguida por las regiones de Antofagasta y Tarapacá. Esta actividad antrópica ha generado problemas de infraestructura vial en la Unidad Territorial Maipo<sup>79</sup>.

<sup>78</sup> BBNN, 2018

<sup>79</sup> Conformada por las comunas de Buin, Calera de Tango, Paine, San Bernardo.

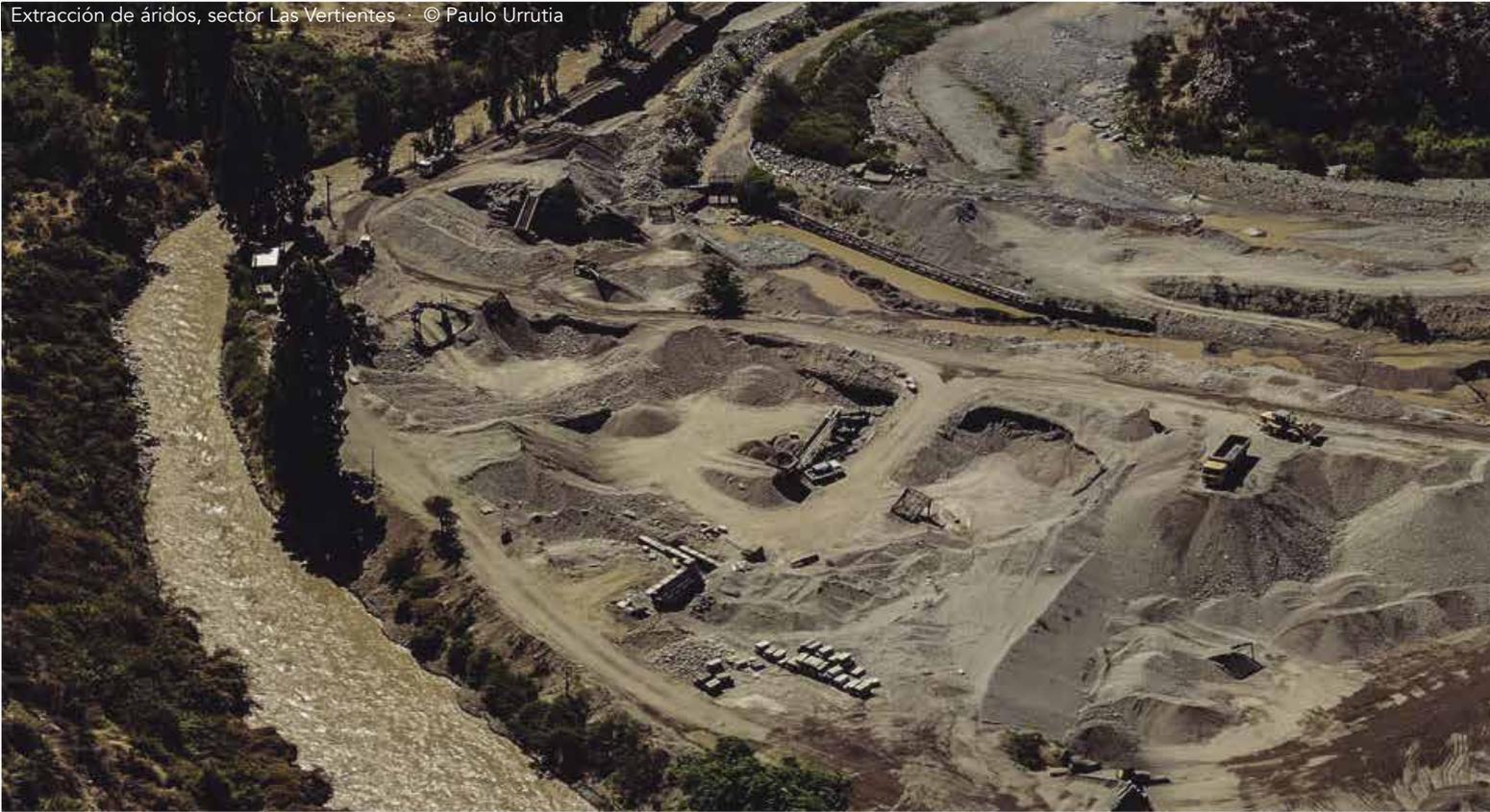
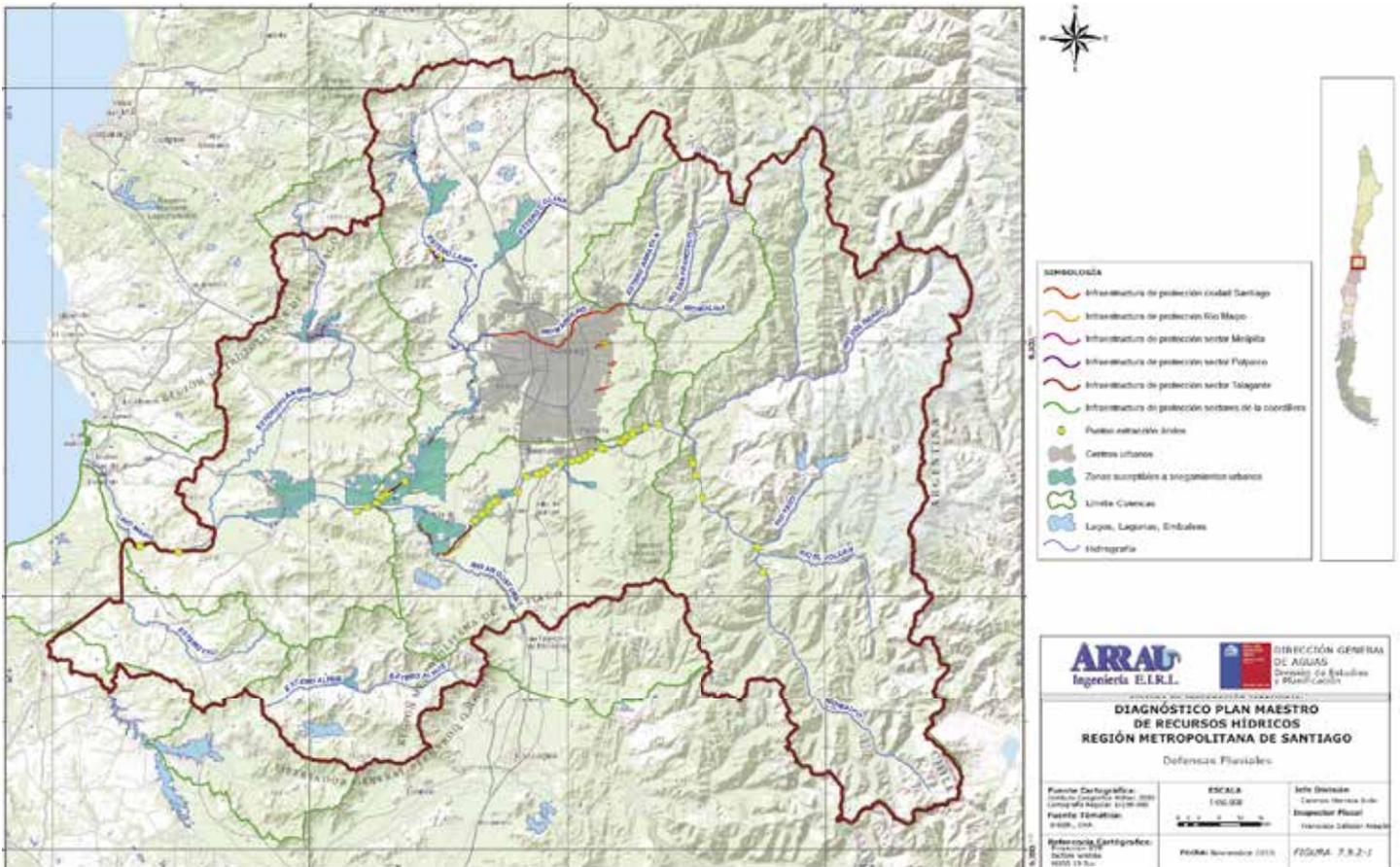


Figura 13: Ubicación en amarillo puntos de extracción de áridos en la RM.



Fuente: ARRAU Ingeniería E.I.R.L. DGA, 2015.



También se han generado impactos después del abandono de los sitios de extracción, ya que muchas veces estos comienzan a ser usados como basurales, tal como se puede observar desde el Puente Maipo en la Ruta 5. Finalmente, la mala planificación y manejo de los sitios de extracción de áridos, la creciente extracción ilegal, y los arrastres de material y erosión de los costados de los cauces provocan en ocasiones que las bocatomas que existen aguas debajo de estas intervenciones queden "colgadas", inutilizadas, perjudicando a los usuarios de los canales y a los agricultores que dependen del adecuado funcionamiento de estos.

Es urgente realizar un seguimiento y fiscalización a las faenas de extracción, también que se cobren multas en caso de que no cumplan con lo estipulado en los programas acordados. Hay muchos lugares en la cuenca donde se extraen áridos sin ningún control, provocando cambios en la estabilidad de los cauces, además de todos los impactos ecológicos descritos someramente

arriba. Por ello urge regularizar los puntos de extracciones, tarea que deben realizar las municipalidades y la DGA, al ejecutar planes de monitoreo continuo de las operaciones de las empresas. Estrictamente hablando, esta actividad industrial -permisos municipales incluidos- debiera ser reevaluada a lo largo del país. Los nuevos permisos debieran contar con una Declaración de Impacto Ambiental e incluso una Evaluación de Impacto Ambiental dado que sus impactos socioambientales negativos son múltiples y graves para la salud de los ecosistemas fluviales y las cuencas hidrográficas, y, por lo tanto, para toda la población dependiente.

### 3.8 Actividad minera

La conexión minera entre el Puerto de San Antonio y la comuna de San José de Maipo es histórica. Entre 1933 y 1976, la Compañía Minera Merceditas explotó las minas del sector de El Volcán, llevando concentrados de cobre en tren hasta el puerto. Actualmente, la actividad minera de la región está representada mayoritariamente por las operaciones de los yacimientos y plantas de Los Bronces, Cerro Blanco de Polpaico, y Lo Aguirre. Además, existen explotaciones menores de sulfuros de cobre en Naltagua, Batuco, Lampa y Til Til, y de no-metálicos en Pudahuel, Cajón del Maipo, y Til Til-Montenegro. Este sector produce más de 235.000 toneladas de cobre al año<sup>80</sup>. Los yacimientos no-metálicos -yeso, y caliza-explotados en la cuenca alta del río Maipo son La Perla, Romeral, Fertón y El Volcán. La minería aurífera artesanal también se desarrolla esporádicamente en la cuenca.

rocas mezclados con agua y diversos químicos derivados de faenas mineras. Todos estos residuos de las mineras pueden provocar importantes impactos ambientales negativos, por lo que deben ser tratados con extremo cuidado para evitar contaminación aérea, filtraciones hacia el entorno y percolación hacia las napas subterráneas. Actualmente se utilizan membranas impermeabilizantes para evitar el contacto de las aguas lixiviadas cargadas de metales contaminantes con las aguas subterráneas. Sin embargo, estas membranas no son infalibles y en muchos casos hay infiltración y percolación. Incluso, dependiendo de las condiciones, el polvo del barro seco en las orillas de los tranques de relaves se puede elevar con los vientos y acarrear sustancias tóxicas que se depositan en cultivos, aguas superficiales, o ser respirados por la población.

Los tranques de relaves son reservorios artificiales para acumular tierras, minerales y

En la cuenca actualmente existen 28 depósitos de relaves, de los cuales 11 se encuen-

Principales tranques de relaves en la cuenca		
Relave	Proyecto	Ubicación
Carén	División El Teniente, CODELCO	Comuna Alhué
Alhué	Minera La Florida S.A	Comuna Alhué
Batuco	Empresa CEMIN	Comuna Lampa
Polpaico tranque N°4 y5	Cementos Polpaico S.A	Comuna Tiltill
Las Tórtolas	Los Bronces, Anglo American	Comuna Colina
Embalse Minera San Pedro	Minera San Pedro	Comuna Tiltill
Ovejería	División Andina, CODELCO	Comuna Tiltill

<sup>80</sup> Proyecto Mapa - Maipo Proyecto Adaptación.

tran activos. La mayor parte de estos depósitos se concentra en la comuna de Til Til. Las instituciones y comunidades locales deben exigir a los propietarios de los relaves la implementación de tecnologías que mitiguen al máximo el riesgo de contaminación de las aguas y la población. Esto debe ir acompañado de programas de monitoreo en conjunto con las instituciones correspondientes y con información abierta y disponible, para generar alertas tempranas en caso de riesgo de colapso o contaminación.

cioambiental con serios riesgos para todo tipo de organismos, afectando la calidad de aguas superficiales y subterráneas para consumo humano y no humano, así como la calidad del aire, por la presencia de metales tóxicos en suspensión. La proyección que muestra un aumento sostenido de la producción minera en la zona implica el incremento proporcional de las áreas de acumulación de relaves y del riesgo de contaminación.

Estas acumulaciones de elementos tóxicos en la cuenca instalan un grave pasivo so-

Tranques de relaves: Huechún al norte y las Tórtolas al sur, sector de Til Til · imagen satelital Google Earth



### 3.9 Combustibles

Desde mediados de la década de los '90 el país ha recurrido al gas natural de Argentina como recurso energético, tanto industrial, como comercial y domiciliario. El transporte y distribución de este combustible se hace a través de gasoductos. Producto de la situación interna de Argentina, que desencadenó la restricción de su exportación de gas natural, a partir del año 2004 el Gobierno de Chile evaluó la necesidad de contar con fuentes independientes y asequibles de gas natural, tal como sucede con el petróleo que las empresas chilenas adquieren de proveedores internacionales. La Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) realizó los estudios que finalmente determinaron la instalación del terminal de regasificación de gas natural licuado (GNL) en la bahía de Quintero. En este terminal se recibe gas natural en estado líquido, se almacena y se regasifica para transportarlo vía gasoductos a los puntos de consumo. El terminal en Quintero pertenece a GNL Quintero, empresa conformada por ENAP S.A., Metrogas S.A., ENEL S.A. y BG Group. Desde el segundo semestre del año 2009, satisface la demanda de gas natural de la zona central de Chile, lo que antes se hacía solamente a través del gasoducto desde Argentina<sup>81</sup>.

Entre los gasoductos que atraviesan la cuenca del Maipo, se encuentran aquellos de propiedad de GasAndes y Electrogas. En total suman 267 km de tuberías de diversos diámetros que van de cordillera a mar, hasta la bahía de Quintero. Los tramos de San Bernardo a Quillota son de propiedad de la empresa Electrogas.

GasAndes es un gasoducto de 463 km, que atraviesa la Cordillera de los Andes desde la localidad argentina La Mora, en la provincia de Mendoza, hasta la comuna de San Bernardo. El tramo principal que atraviesa

la cuenca tiene 147 km, y capacidad para transportar 9 M/m<sup>3</sup> de gas natural. Inició sus operaciones en 1997, año en que comenzaron las exportaciones de gas natural argentino a la zona central de Chile. Actualmente, el suministro llega a 8,5 M m<sup>3</sup>/día, lo que corresponde a un 90% de su capacidad. Su destino es la comuna de San Bernardo, desde donde, a través del City Gate 'Salida de Chena', se distribuye por toda la zona central, incluyendo la Región de O'Higgins. GasAndes tiene como principales clientes a las compañías distribuidoras Metrogas, Eléctrica Santiago S.A., Nehuenco y San Isidro.

En el caso de los oleoductos, en 1957 Copep, Enap y Esso Chile se unen para fundar la Sociedad Nacional de Oleoductos (SONACOL). El primer bombeo de petróleo diésel lo realizan en 1959, conectando la refinería de ENAP en Concón con el terminal ubicado en Maipú.

La red de oleoductos tiene una extensión de 465 km que va desde Quintero por el norte hasta San Fernando por el sur. Está compuesta por dos líneas Quintero-Concón, una para transportar gas licuado de petróleo, y la otra para 'productos limpios' (gasolina 93 y 97, diésel A1, kerosene de aviación y doméstico); dos líneas Concón-Maipú dedicadas a los mismos servicios respectivamente; una línea San Fernando-Maipú, para 'productos limpios', la que está habilitada para operar de forma bidireccional; y una línea Maipú-Aeropuerto para kerosene de aviación.

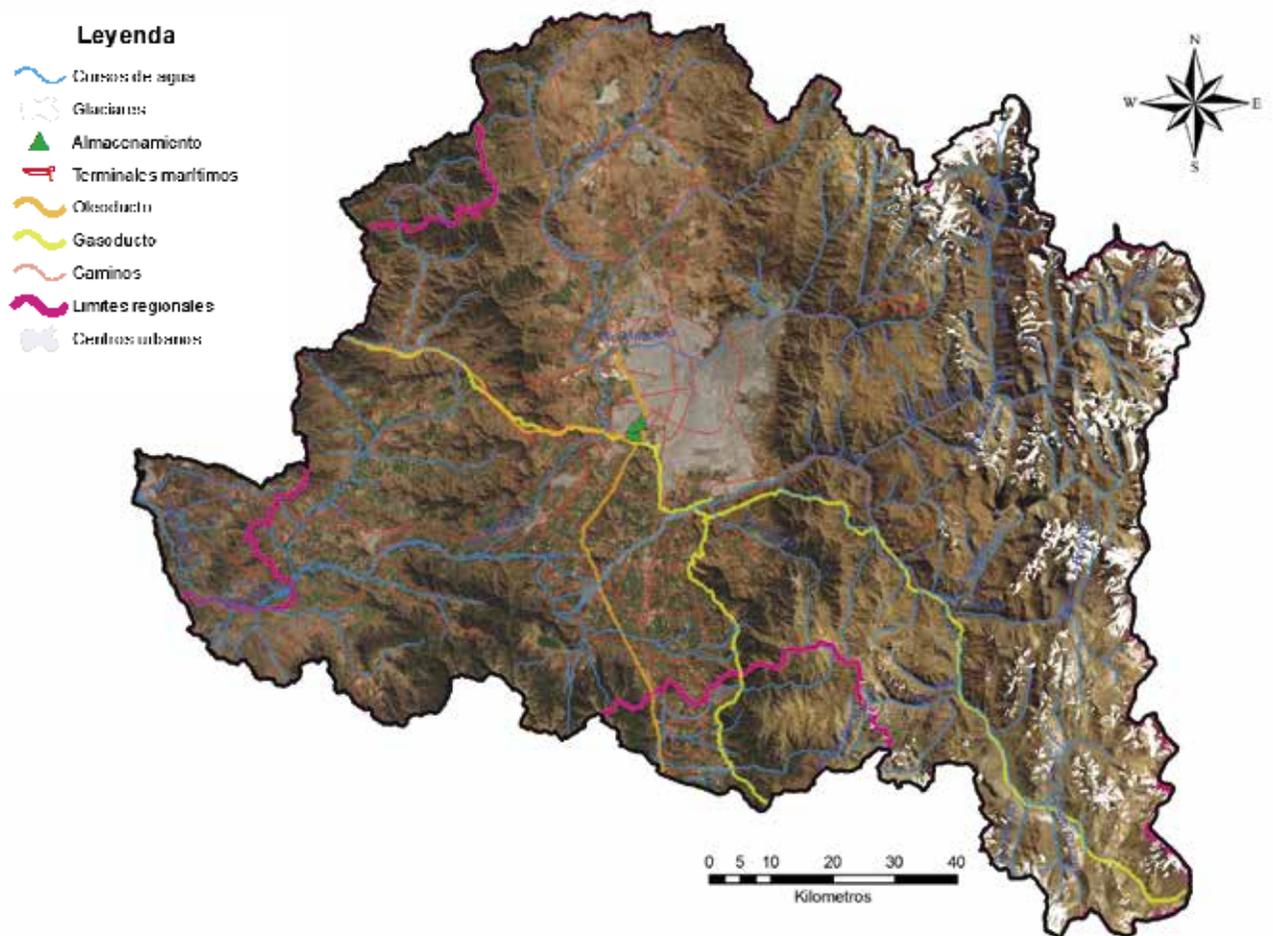
Se encuentra en desarrollo un nuevo oleoducto hacia el terminal aéreo, que permitirá aumentar la capacidad de transporte desde 160 m<sup>3</sup>/hora a 350 m<sup>3</sup>/hora en una primera etapa, con opciones de incremento a futuro, según el crecimiento de la demanda

<sup>81</sup> Fuente: Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

de transporte aéreo en un horizonte de 80 años.

El crecimiento del sector ha sido constante entre los años 2010-2018, aumentando en un 17% el volumen anual de transporte, de 8.764 a 10.279 M m<sup>3</sup> de combustible.

Figura 14: Trazado de gasoductos y oleoductos.



## 4. Calidad de las aguas

La calidad fisicoquímica de las aguas en una cuenca depende de su composición inicial, de las interacciones del agua con los suelos y rocas más profundas, con organismos vivos como plantas y animales, y del tiempo que residen las aguas en los distintos espacios. Por lo tanto, la calidad puede ser variable incluso en una misma zona si existen rocas de distinta composición y solubilidad. En su viaje, el agua adquiere una especie de "huella dactilar" única, que puede ir cambiando de sección a sección, que nos permite caracterizarla y reconocer los elementos geológicos y biológicos con los que ha ido interactuando. En general, los elementos contaminantes de origen natural están relacionados a concentraciones geológicas particulares en la corteza terrestre; zonas donde se ubican, por ejemplo, yacimientos minerales. Por ello, el mayor riesgo de contaminación por causas de origen natural se presenta en las cuencas del norte, debido a las bajas tasas de precipitación, lo que significa un mayor tiempo de residencia de las aguas en cuerpos mineralizados, e interacciones químicas con ellos.

El Maipo es el río con la tasa de sólidos en suspensión más elevada de las cuencas de Chile con 2.448 t/mes. El origen de los sólidos suspendidos totales (SST), son las rocas sedimentarias antiguas de la parte alta de la cuenca. El río Colorado, por ejemplo, es conocido como un gran transportador de sólidos en suspensión originados por el desgaste de rocas sedimentarias de color rojo -lo que le da su nombre al río-, que aportan gran cantidad de sedimentos al caudal. Como se ha dicho, los niveles de turbiedad de los ríos generan problemas para la potabilización de las aguas, y la continuidad del abastecimiento con agua potable a la población.

El río Mapocho y sus tributarios se caracterizan por su bajo pH en la parte alta de la cuenca, debido principalmente a explotaciones mineras como Los Bronces. Más abajo, el sector de Rinconada de Maipú destaca por la peor calidad de aguas, en las que los coliformes fecales alcanzan valores superiores a los 20.000.000 de NMP<sup>83</sup> /100 ml. El estero Puangue está muy contaminado, principalmente por aguas servidas de Curacaví y de una veintena de poblados ubicados en sus proximidades<sup>84</sup>.

En la cuenca existen particularidades desde el punto de vista de la calidad de las aguas, tal como la importante presencia de sulfatos a lo largo de todo el río. Las aguas naturalmente se caracterizan por acarrear cobre, aluminio, cromo, plomo y molibdeno en todos los cursos. Los sulfatos y la conductividad eléctrica -que indica la presencia y concentración de sales- también presentan valores elevados a lo largo y ancho de toda la cuenca. De Melipilla hacia el poniente, en la calidad de las aguas predominan las características hidrogeológicas por sobre las superficiales, observándose un incremento de la concentración de sulfatos y manganeso que provienen de la recarga de las aguas subterráneas.

Los factores naturales más incidentes respecto de la presencia de minerales son la franja metalogénica ubicada en la Cordillera Central, y los yacimientos de yeso (CaSO<sub>4</sub>). La minera Los Bronces, propiedad de Anglo American, en la subcuenca del río Mapocho, significa la adición de una gran cantidad de metales pesados en solución a las aguas que irreversiblemente siguen afectando la cuenca del Maipo hasta la desembocadura.

<sup>82</sup> CONAMA, 1995

<sup>83</sup> Número más Probable (NMP). Método de determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y Escherichia coli.

<sup>84</sup> DGA, 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad cuenca del río Maipo. CADE-PE-IDEPE.



En la depresión intermedia, las descargas de aguas servidas y residuos industriales líquidos de la ciudad de Santiago y ciudades satélites implican valores elevados de demanda biológica de oxígeno (DBO5)<sup>85</sup>, una medida de la cantidad de materia orgánica en el agua, basada en la demanda de oxígeno de los microorganismos descomponedores) en las aguas de la sección media de la cuenca, debido a la cantidad de materia orgánica vertida a los cursos de agua, y elevada presencia de coliformes fecales. La DBO5 proviene principalmente de las industrias de producción de alimentos y de las aguas servidas. También se registran valores elevados de metales esenciales y no esenciales, los cuales provienen de las industrias manufactureras de metales ferrosos y no ferrosos.

Aguas abajo de Angostura, comienzan a aparecer pesticidas provenientes de fuentes difusas, destacando el carbofurano<sup>86</sup>. La aplicación de insecticidas y fungicidas en los cultivos de frutales y viñedos, principalmente en otoño y primavera, causan deterioro de la calidad de las aguas, a lo que se suma la disolución de las sales del suelo y la incorporación de fertilizantes que aportan altos niveles de fosfatos a las aguas subterráneas<sup>87</sup>.

La contaminación puntual producto de los RILES de los establecimientos industriales en la cuenca del río Maipo ha generado un significativo deterioro de la calidad de las aguas de los cursos superficiales, haciéndola una de las cuencas más contaminadas por fuentes puntuales<sup>88</sup>.

<sup>85</sup> El valor DBO5 indica la cantidad de oxígeno que las bacterias y otros seres vivos minúsculos consumen durante 5 días a una temperatura de 20°C en una muestra de agua para la degradación aeróbica de las sustancias contenidas en el agua.

<sup>86</sup> DGA, 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad cuenca del río Maipo. CADE-PE-IDEPE.

<sup>87</sup> Gonzalez-Liubow et al., 2003.

<sup>88</sup> DGA, 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad cuenca del río Maipo. CADE-PE-IDEPE.

Esto es producto de la variada e intensa actividad industrial en la cuenca, y de los caudales de contaminantes que han sido vertidos durante años a estos cursos sin un tratamiento adecuado que permita disminuir la concentración de elementos tan influyentes en la calidad del agua, y para la salud ecosistémica y de las comunidades humanas y no-humanas, tales como sólidos disueltos, suspendidos y sedimentables, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, aceites y grasas, y coliformes totales y fecales.

En cuanto a la calidad de aguas subterráneas, estudios indican que en diversas zonas de la cuenca el Hierro, Manganeseo y Arsénico superan la norma de Agua Potable (NCh409)<sup>89</sup>. En el caso del Hierro, se ha observado que su presencia en las aguas subterráneas de la cuenca tiende a ser mayor que en las aguas superficiales, relacionado con el mayor tiempo de residencia y área de contacto entre el agua y los sedimentos. El Manganeseo no se encuentra naturalmente en las aguas de la cuenca, solamente y en casos excepcionales en las aguas ácidas, generalmente asociado al Hierro, y en el caso de alguna polución ambiental. La presencia de Manganeseo en la cuenca se asociaría a la presencia de productos agrícolas, particularmente pesticidas, resultado de la deficiente regulación y falta de monitoreo de la agricultura, una de las principales actividades que se desarrolla en la sección media. Se ha detectado Manganeseo por sobre la norma de agua potable en los sistemas acuíferos de Colina, Maipo-Mapocho, Puangue y Melipilla.

El Arsénico es un elemento que puede llegar a ser muy tóxico, particularmente en su forma inorgánica, para la población que utiliza el agua para beber, preparar alimentos y regar cultivos. Este elemento supera la norma<sup>90</sup> en dos sistemas acuíferos: Chacabuco y Colina. Entre sus posibles orígenes están la minería del oro y de otros metales

base, así como el sector industrial y la agricultura. En el caso de esta última, la presencia de arsénico puede estar relacionada a la aplicación de fertilizantes, herbicidas y pesticidas, y, en el sector industrial con su utilización como producto inorgánico conservante de la madera.

Además, recientes estudios indican como posibles fuentes contaminantes de las aguas subterráneas las filtraciones de las redes de alcantarillado, de cementerios, verederos, sectores industriales y zonas con intensa actividad agrícola<sup>91</sup>.

Investigadores de la Universidad de Chile<sup>92</sup>, han observado que la fauna presente en las aguas de la cuenca ha cambiado su distribución y abundancia con el tiempo, lo que sería indicador de cambios ambientales importantes, sobre todo en la parte alta de la cuenca donde especies susceptibles a la degradación ecosistémica y contaminación han disminuido su abundancia o simplemente desaparecido. Mantener y proteger las partes altas de la cuenca tiene gran importancia ecológica y ambiental, pues existe una fauna característica y variada que aporta a la diversidad de la cuenca. También es fundamental proteger y restaurar las partes bajas donde las condiciones ambientales empeoran debido al efecto acumulativo de la contaminación y de otras presiones ambientales a medida que el río desciende hacia su desembocadura.

Este es el lamentable caso de muchos ríos de Chile. Nacen limpios en la cordillera, y a medida que descienden hacia el valle central, y entran en contacto con la población, con nosotros, con pueblos y ciudades, y todas las actividades domésticas, industriales y agrícolas que esto conlleva, van siendo crecientemente degradados en términos físicos/morfológicos, químicos y biológicos. El agua de la mayoría de los ríos chilenos presenta serios problemas para sus múlti-

<sup>89</sup> SGA, 2016

<sup>90</sup> NCh 1333 Of 78.

<sup>91</sup> Lorca, O., 2018. Calidad y procesos hidrogeoquímicos en el agua de la Región Metropolitana: estudio del área concesión SMAPA. Memoria para optar al título de geólogo, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

<sup>92</sup> CENMA, 2016. Red norma secundaria calidad ambiental río Maipo.

plés usos -o lisa y llanamente los imposibilita- desde sus secciones medias hasta sus desembocaduras.

Existen fuentes de contaminación de las aguas de origen antrópico, que podrían llegar a ser neutralizadas en el mediano plazo, si las industrias asociadas modificarán sus procesos productivos y de manejo de residuos. Por ejemplo, se necesita mucho mayor contención o neutralización de la lixiviación difusa de depósitos de estériles mineros por precipitaciones pluviales y nivales, de los botaderos de diversos tipos de residuos a orillas del río, del drenaje de aguas de minas y túneles, y de la percolación desde tranques de relaves a aguas subterráneas.

Indudablemente, esto implica una reconsideración de la prioridad del desarrollo de

ciertas actividades industriales versus la sustentabilidad de las aguas, la contaminación y otros elementos socio-ecológicos. Se debiera reconsiderar la escala de emprendimientos existentes o planificados. Para estos efectos es imperativo contar con instrumentos de ordenamiento territorial, con planes integrados de manejo de cuencas hidrográficas, y evaluaciones sistémicas de las capacidades de carga de cuencas y ecosistemas fluviales, así como de los pasivos ambientales existentes. **La proyección de eventuales procesos de restauración debe hacerse con una mirada retrospectiva que asume y modela cuál era el estado de la cuenca antes de las múltiples intervenciones y de su degradación; el estado preexistente y el estado de las aguas pueden ser utilizados como orientación para la restauración.**

**Tabla 5: Metales y parámetros químicos asociados a distintos tipos de actividad antrópica<sup>64</sup>.**

Actividad	Tipo de Actividad	Metales Asociados	Parámetros Químicos Asociados
Industria	Metalúrgica Química Papel Textiles Agroquímicos	As, Be, Bi, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, V, Zn Ba, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Sn, V, Zn Cr, Cu, Pb, Hg, Ni As, Ba, Cd, Cu, Pb, Hg, Ni As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Mn, Ni, Zn	
Agricultura	Fertilizantes Pesticidas Abonos Líquidos Percolados	Cd, Cr, Mo, Pb, U, V, Zn Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn As, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn Cd, Ni, Cu, Pb, Zn	K, NO <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub> y SO <sub>2</sub>
Ganadería	Residuos orgánicos		NH <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> y TOC
Residuos Urbanos	Aguas Servidas Rellenos Sanitarios	Pb, Cu, Zn, Cr Cd, Cu, Pb, Sn, Cr, Hg, Co	NH <sub>4</sub> , PO <sub>4</sub> y TOC
Otros	Preservantes de la madera y corrosión objetos metálicos	As, Cu, Zn, Cd	

Fuente: DGA 2009

La calidad del agua del Maipo se ve alterada debido al alto contenido de compuestos existentes en la litología y los suelos, los cuales se incorporan al agua por los siguientes mecanismos:

- Acidificación del agua meteórica por CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> atmosférico.
- Meteorización de las formaciones rocosas por intemperización, lo que lleva a un aumento de la superficie específica y por tanto mayor intensidad de la reacción de lixiviación.
- Lixiviación superficial de rocas meteorizadas por escorrentía o derretimiento de nieve ácida.

- Lixiviación subterránea de formaciones rocosas por contacto roca – agua infiltrada ácida.
- Soliflucción – deslizamiento de laderas por exceso de humedad y posterior lixiviación y dilución del material deslizado.
- Solubilización de compuestos presentes en los suelos.
- Solubilización de depósitos de evaporitas.
- Concentración de solutos por evaporación de agua.
- Arrastre de sólidos por escorrentías y pérdida de cobertura vegetal.

## 5· Legislación del agua

Las normativas que regulan el uso y acceso del agua están definidas por el Código de Aguas, promulgado en 1981 durante la dictadura militar, el cual ha sido motivo de permanente interés y análisis, por su orientación marcadamente neoliberal y la incorporación de mecanismos de mercado en la asignación del agua<sup>93</sup>. En este código se declara que las aguas son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de ellos (Art. 5°). Sin embargo, en el art. 19 n° 24 de la Constitución de 1980 que nos rige se declara que "... los derechos de los particulares sobre las aguas, reconocidos o constituidos en conformidad a la ley, otorgarán a sus titulares la propiedad sobre ellos". Este entramado constitucional y legal resulta en que el Estado entrega a privados el derecho al uso de este bien nacional de manera gratuita y perpetua, siempre y cuando teóricamente no se vulneren los derechos de terceros y que supuestamente el recurso exista. Esta legislación permitió privatizar a perpetuidad la propiedad del agua misma, y por primera vez en la historia de Chile, separó el agua del dominio de la tierra, y permitió que el agua se transe, se compre y venda como una mercancía.

El sistema de libre mercado en la asignación y transacción de derechos ha tenido como consecuencia la concentración de la propiedad del agua en los sectores eléctrico, minero, sanitarias, y exportador agrícola o agroindustria. En este sentido, el aprovechamiento hídrico recae en grandes grupos económicos cuasi monopolísticos que obtuvieron las aguas de manera gratuita, y

que la utilizan con fines de lucro. No existen responsabilidades frente a las externalidades negativas de estas apropiaciones, ni costos por la tenencia de derechos (salvo las patentes por no uso de los derechos de agua no consuntivos). El sistema legal vigente ha provocado la sobreexplotación de las aguas por los sectores mencionados, y el alto sobre-otorgamiento de derechos en la mayoría de las cuencas de Chile, lo que ha redundado en graves problemas de acceso a agua para diversos usos por parte de la población, y a una pérdida del control público sobre las aguas y de gobernabilidad en el sector hídrico. De trasfondo está el permanente y fuerte lobby ejercido por grupos económicos para mantener el actual marco legislativo que ha provocado estas situaciones y que junto al cambio climático de origen antropogénico tienen sumido a Chile en una crisis hídrica sin precedentes.

La Dirección General de Aguas es el organismo encargado de la gestión y fiscalización del uso del agua. Para ello concede a privados los derechos de aprovechamientos de aguas superficiales y subterráneas, en función de si éstas serán restituidas después del uso (derechos no consuntivos), o consumidas (derechos consuntivos). El código de aguas no establece directrices sociales ni ecológicas para conceder derechos de agua. La institucionalidad, encabezada por la DGA, dependiente del Ministerio de Obras Públicas solo aplica lo que dice la ley que ha sido descrito someramente más arriba, lo que claramente ha sido y es insuficiente, tal como demuestra la severa crisis hídrica que afecta a nuestro país.

---

<sup>93</sup> Donoso, G.; J.P. Montero y S. Vicuña. 2001. "Análisis de los Mercados de Derechos de Aprovechamiento de Agua en las Cuencas del Maipo y el Sistema Paloma en Chile: Efectos de la Variabilidad en la Oferta Hídrica y de los Costos de Transacción" Revista de Derecho Administrativo Económico III (2):363-366.

**En relación con la disponibilidad de las aguas superficiales, en ningún cauce afluente al río Maipo existe disponibilidad para constituir nuevos derechos de uso consuntivo permanente en ninguna época del año<sup>94</sup>. En el caso de las aguas subterráneas, en los acuíferos de la RM**

**existen numerosas zonas donde no es posible constituir nuevos derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas, de carácter definitivo ni provisional, es decir, donde hay nula disponibilidad.**



<sup>94</sup>DGA, 2003. "Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca de Río Maipo"

Este es el caso de Cholqui, Santiago Central, Vitacura, Lo Barnechea, Las Gualtatas, Chicureo, Puangue Alto, Yali Medio, estero San Vicente, estero San Pedro y Paine. Por otro lado, existen acuíferos con área de restricción y disponibilidad para constituir derechos de aprovechamiento de carácter provisional y otros en calidad de abiertos, tales como Melipilla y Puangue Bajo<sup>95</sup>.

En el caso de los derechos superficiales otorgados en la cuenca, el 87% del caudal otorgado es del tipo no consuntivo y más de la mitad de este caudal se encuentra en la subcuenca de río Maipo Alto. Respecto al uso consuntivo la mayor parte del caudal otorgado se encuentra distribuido entre las subcuencas de los ríos Maipo Alto y Maipo Bajo con un 44% y un 37% de los derechos consuntivos superficiales otorgados respectivamente<sup>96</sup>. Se debe destacar que existe una hiper concentración de derechos de aprovechamiento no consuntivos, donde casi un 70% de los caudales pertenecen a tres empresas: AES Gener S.A., Energía Coyanco S.A. y Enel S.A (Gráfico 8).

En la RM la DGA ha firmado un total de 8.634 resoluciones de otorgamiento de derechos de agua, subterráneos y superficiales, lo que corresponde a un caudal total de 1.716.582,93 l/s. La principal fuente que sustenta estos derechos de aprovechamiento de agua otorgados son los sistemas acuíferos (aguas subterráneas) que representan un total de 6.704 derechos otorgados, con un caudal de 253,736 l/s. La mucho menor cantidad de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales constituyen, sin embargo, un caudal mucho mayor: 1.462.846 l/s, cuyas fuentes principales son los ríos y esteros, seguidos de vertientes y quebradas. Los principales derechos de aprovechamiento de aguas están localizados en el sector oriente de la región, en las partes altas (primeras secciones) de las cuencas de los ríos Maipo, Mapocho y sus tributarios<sup>97</sup> (Volcán, Colorado, etc.).

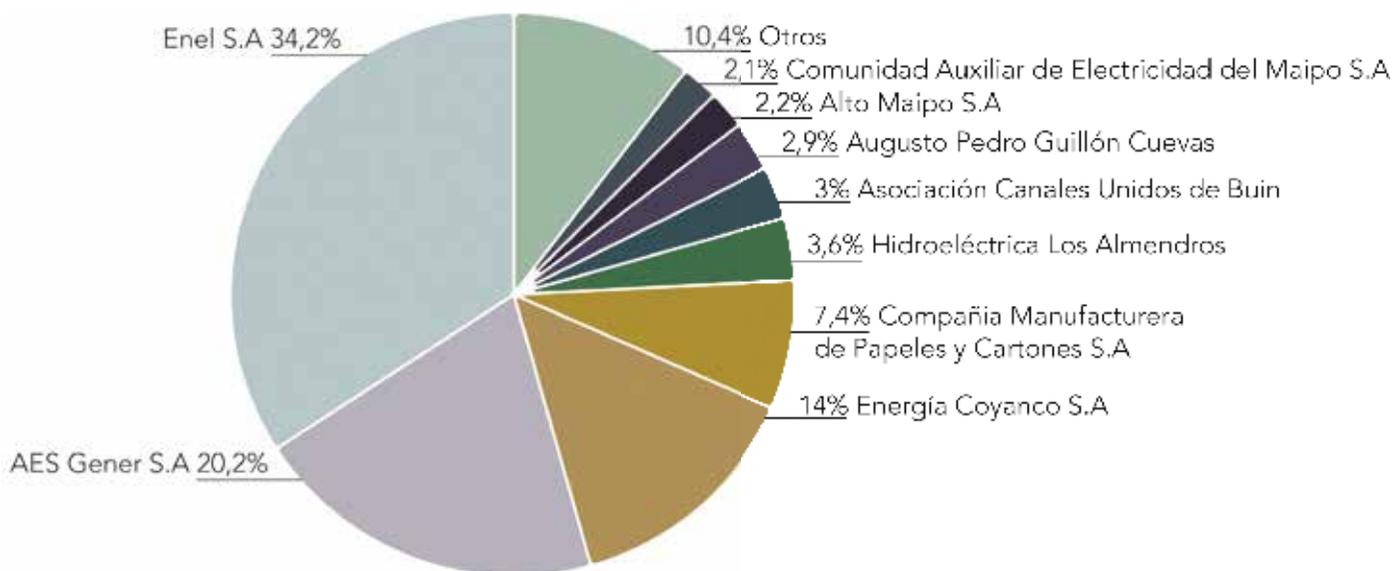


Gráfico 8: Titulares de caudal medio constituido para la cuenca del río Maipo.  
Fuente: Explorador DAANC.

<sup>95</sup> DGA, 2015. Diagnóstico plan maestro de recursos hídricos Región Metropolitana de Santiago. Informe final Volumen 1. Arrau Ingeniería E.I.R.L. S.I.T. N° 371.

<sup>96</sup> DGA, 2015. Diagnóstico plan maestro de recursos hídricos Región Metropolitana de Santiago. Informe final Volumen 1. Arrau Ingeniería E.I.R.L. S.I.T. N° 371.

<sup>97</sup> Ministerio de Obras Públicas, 2016. Gestión del Agua, capítulo 4. En: Atlas del Agua. Chile.

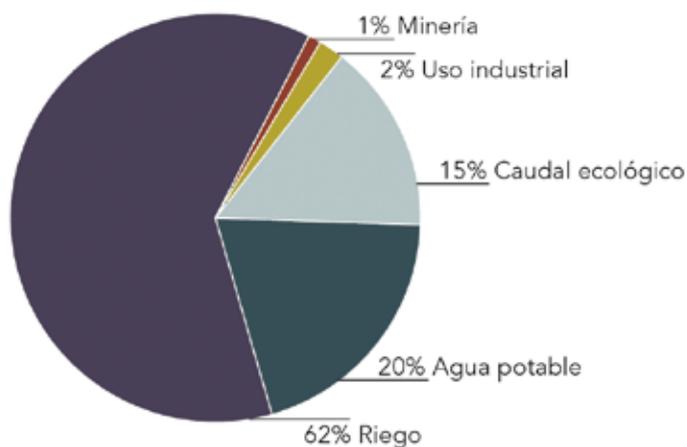


Gráfico 9: Uso humano de las aguas superficiales

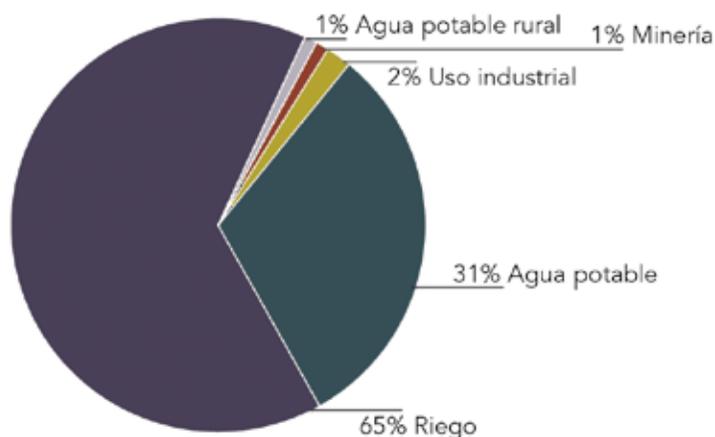


Gráfico 10: Uso humano de las aguas subterráneas

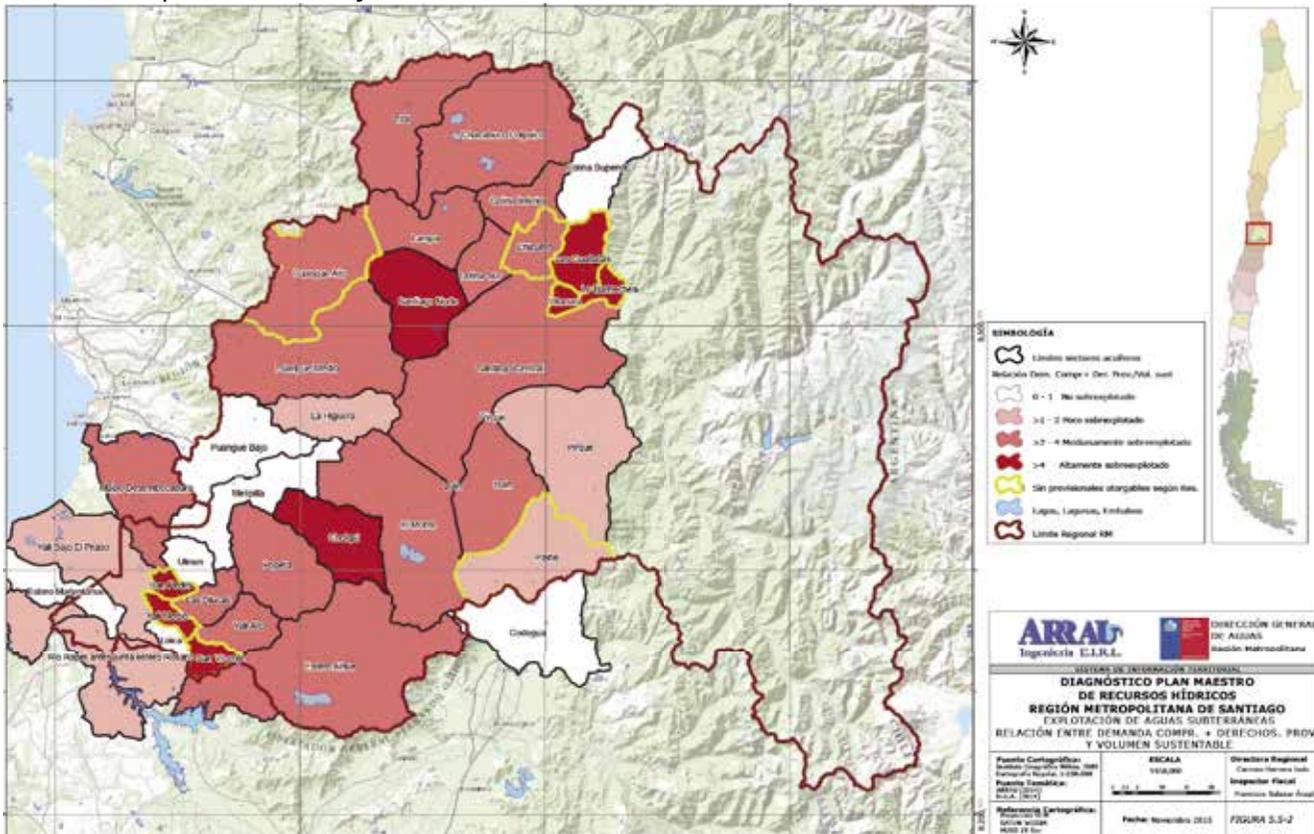
El balance superficial regional al año 2014 era negativo en el trimestre de verano, con un déficit de  $-19,74 \text{ m}^3/\text{s}$ . Por otra parte, el balance subterráneo daba negativo en los trimestres de primavera y verano, observándose déficit de  $-4,98 \text{ m}^3/\text{s}$  (demanda supera la oferta en un 11%) y  $-11,11 \text{ m}^3/\text{s}$  (demanda supera la oferta en un 25%) respectivamente, para primavera y verano<sup>98</sup>.

**El estado de los acuíferos, según demanda versus volumen sustentable de**

**explotación, se encuentra en desequilibrio en la mayor parte de la RM.** Destacan negativamente los Sectores Acuíferos de Las Gualtatas, con una demanda 6 veces superior al volumen sustentable del sector acuífero, y 5 veces superior para el caso de Vitacura. Estos sectores acuíferos se ubican en las subcuencas de Río Mapocho Alto y Río Mapocho Bajo respectivamente (Figura 15).

<sup>98</sup> DGA, 2015. Diagnóstico plan maestro de recursos hídricos Región Metropolitana de Santiago. Informe final Volumen 1. Arrau Ingeniería E.I.R.L. S.I.T. N° 371.

Figura 15: Explotación de aguas subterráneas. Relación entre demanda comprometida, derechos provisionales y volumen sustentable.



Fuente: DGA, 2015.

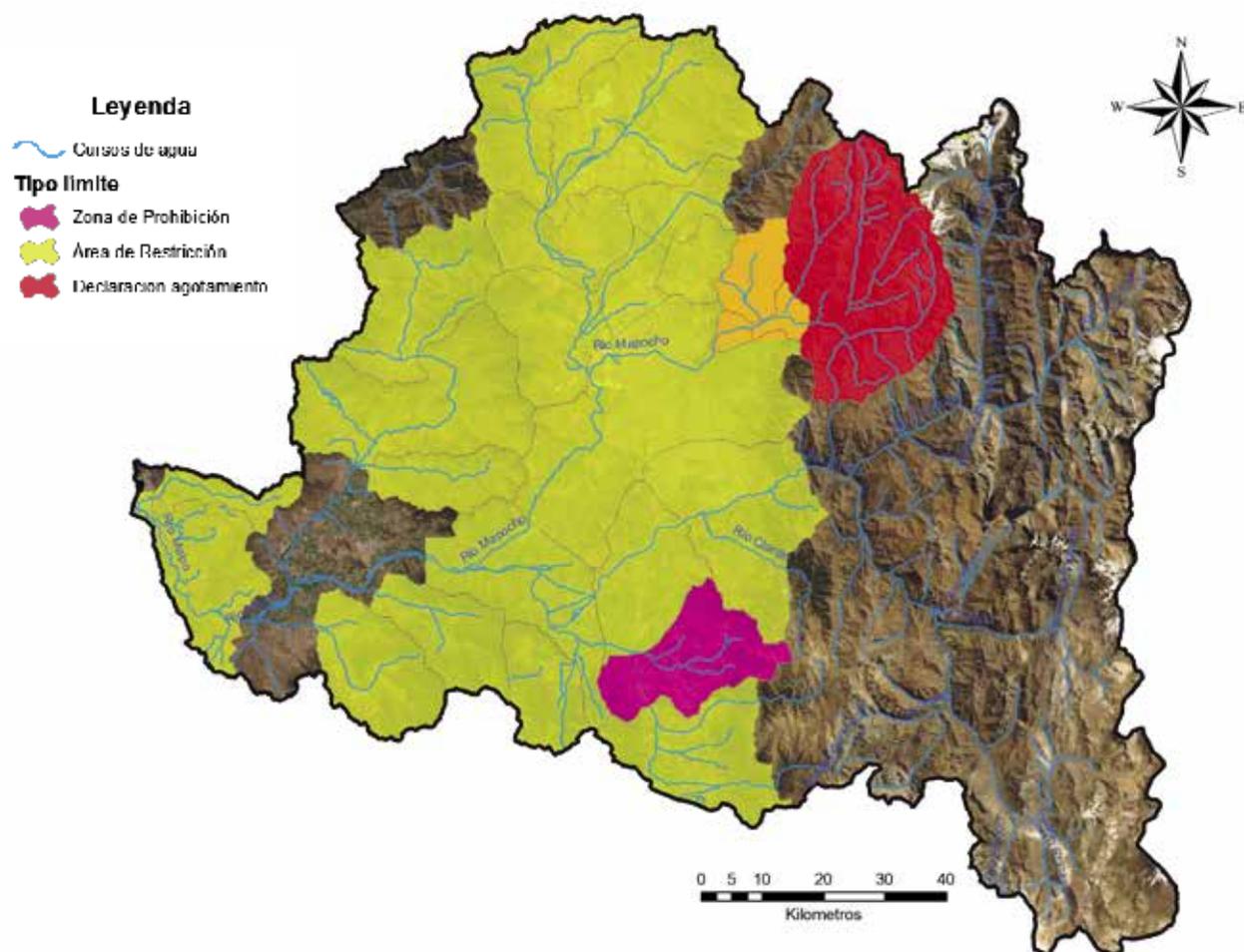
### Restricciones a los derechos de agua

<p>Restricción de aguas subterráneas</p>	<p>La declaración de área de restricción de aguas subterráneas es un instrumento utilizado por la Dirección General de Aguas para proteger Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común (SHAC) donde exista grave riesgo de descenso en los niveles de agua con el consiguiente perjuicio a los derechos de terceros establecidos en este, o bien, cuando los informes técnicos emitidos por el servicio demuestren que está en peligro la sustentabilidad del acuífero. Una vez emitida esta declaración, la DGA sólo podrá otorgar derechos de aprovechamiento con carácter provisional.</p>
<p>Declaraciones de agotamiento de aguas superficiales</p>	<p>La declaración de agotamiento es un instrumento que dispone la DGA para señalar que en la fuente natural de agua superficial respectiva (río, lago, laguna u otro), se agotó la disponibilidad del recurso hídrico para la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas superficiales de tipo consuntivo y ejercicio permanentes. Esta declaración no impide la constitución de nuevos derechos de tipo no consuntivo o consuntivo de ejercicio eventual.</p>
<p>Zonas prohibición de aguas subterráneas</p>	<p>La declaración de zona de prohibición es un mecanismo mediante el cual la DGA protege la sustentabilidad de un acuífero. Esta declaración, a diferencia del área de restricción, se produce cuando la disponibilidad del recurso hídrico se encuentra totalmente comprometida tanto en carácter de definitivo como provisional, por lo que no es posible constituir nuevos derechos de aprovechamiento.</p>
<p>Zonas de reserva restrictiva</p>	<p>Este artículo señala que cuando sea necesario reservar el recurso para el abastecimiento de la población por no existir otros medios para obtener el agua, o bien, tratándose de solicitudes de derechos no consuntivos y por circunstancias excepcionales y de interés nacional, el presidente de la república podrá, mediante decreto fundado, con informe de la DGA que depende del MOP, disponer la denegación parcial de una petición de derechos de aprovechamiento.</p>

Tabla 6: Declaraciones de escasez hídrica en la Cuenca del río Maipo.

Declaraciones de agotamiento	Primera sección del río Mapocho (09 - 1983)	
Áreas de Restricción de aguas subterráneas	1) Buin (2011) 2) Chacabuco - Polpaico (2005) 3) Chicureo (2001) 4) Cholqui (2008) 5) Codegua (2007) 6) Colina Inferior (2001) 7) Colina Sur (2005) 8) El Monte (2010) 9) Estero El Sauce (2009) 10) Lampa (2005) 11) Las Gualtatas (2004)	14) Paine (2010) 12) Lo Barnechea (2004) (2005) 13) Maipo Desembocadura (2005) 15) Pirque (2011) 16) Popeta (2008) 17) Puangue Alto (2008) 18) Puangue Medio (2008) 19) Santiago Central (2005) 20) Santiago Norte (2005) 21) Til Til (2005) 22) Vitacura (2004)
Zona de Prohibición de aguas subterráneas	Paine	

Figura 16: Áreas de restricción, prohibición y agotamiento de aguas.



## 6· Cambio climático

La cuenca del río Maipo está siendo sometida a una enorme demanda hídrica debido a la gran extensión de cultivos agrícolas de gran valor comercial que se riegan con sus aguas, así como por los masivos y crecientes usos industriales, domésticos y mineros. Esta fuerte presión ejercida por los múltiples usos humanos de las aguas en la cuenca tiene como trasfondo las condiciones climatológicas semiáridas naturales e históricas del territorio, a lo que se suma hoy el cambio climático (CC), cuyos efectos se están dando con particular intensidad desde el norte chico hasta el centro sur del país en la forma de un clima cada vez más impredecible -caos climático-, de extremos climáticos, y un proceso de desertificación. Hace una década los expertos calificaron el fenómeno de disminución de las precipitaciones y de la hidrología, acompañado con el retroceso de los glaciares, como sequía, luego como megasequía, y actualmente como proceso de desertificación.

La sumatoria del conjunto de factores mencionados ha implicado un aumento significativo del estrés hídrico en la cuenca, y en cuencas aledañas al norte y al sur, lo que, entre otros aspectos, ha relevado la importancia del rol de los glaciares como vitales almacenadores y proveedores de agua, particularmente durante la temporada estival. La crisis hídrica en Chile ha expuesto la gravedad que reviste el acelerado derretimiento de esta fundamental residencia de las aguas que instala un escenario futuro ominoso, de gran incertidumbre. Tal como una especie que se extingue para siempre, el derretimiento de un glaciar es irreversible en esta era geológica.

Sin embargo, a pesar de que Chile tiene el privilegio de concentrar la mayor superficie de glaciares de la Cordillera de los Andes, el país aún no instala un marco jurídico, y ejecuta una fuerte estrategia y plan de acción para la urgente protección de estos cuerpos de agua sólida fundamentales para la vida, particularmente ahora que los efectos del CC se están haciendo sentir intensamente, e instalándose en nuestro territorio.

El CC es definido por el IPCC (2007) como un cambio en el estado del clima y procesos derivados que es percibido por alteraciones en los promedios históricos de diversos factores (temperaturas, humedad en el aire, pluviosidad, hidrología/caudales, profundidad de acuíferos, volumen de glaciares, altura de isoterma cero), y en su variabilidad, y cuando estos cambios comienzan a persistir en el tiempo. Para los meteorólogos el CC se refiere a todo cambio en el clima, provocado tanto por la variabilidad natural como por las acciones humanas. Existe consenso en la comunidad científica que la acelerada emisión de gases de efecto invernadero posterior a la revolución industrial hasta nuestros tiempos, han provocado un fuerte impacto en las dinámicas climáticas locales y globales

El IPCC indica que con el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera terrestre, que en abril-mayo 2019 alcanzó las 415 ppm por primera vez en 3.000 años, numerosos sistemas ecológicos se están viendo afectados, con cambios en los climas regionales debidos a las variaciones en los patrones de temperatura, de las tasas de precipitación, de los caudales de los ríos, del pH de las aguas oceánicas, etc.

Todas las actividades humanas, particularmente las directamente dependientes de la regularidad del clima, como la agricultura, se verán afectadas en alguna medida. Los países ubicados en el hemisferio sur enfrentarán tres cuartas partes de los impactos causados por el CC, en particular los países que se encuentran más cerca de la línea del Ecuador<sup>99</sup>.

Actualmente Chile es considerado un país con relativa abundancia de aguas, lo que en realidad se aplica principalmente a la región sur del país. Sin embargo, para el año 2011, se ha verificado que la demanda de agua desde la Región Metropolitana hacia el norte del país ha superado la oferta, provocando una situación de sequías permanentes en gran parte del territorio. De acuerdo con Donoso et al. (2012), esta situación se debe al uso de los caudales de retorno y también por la sobreexplotación de los acuíferos<sup>100</sup>.

Por ejemplo, algunos de los efectos del cambio climático en el régimen y crecidas del río Maipo son las siguientes:

- Si bien la cantidad de agua caída anualmente no ha variado significativamente en los últimos 100 años, los eventos de precipitaciones han disminuido; las tormentas y lluvias tienen menor duración y mayor intensidad.
- La gradual elevación de la isoterma cero que ha estado ocurriendo implica una mayor área de drenaje en la subcuenca del río Maipo Alto, así como que la lluvia caiga directamente sobre la nieve, lo que instala el riesgo de fenómenos aluvionales abruptos.

- La nieve previamente acumulada y el estado de saturación de los suelos inmediatamente antes de la ocurrencia de precipitaciones influyen en la magnitud de las crecidas del río.

- Si bien los registros de eventos de alta turbiedad en las aguas del río Maipo provocados por fenómenos aluvionales intensos se limitan a los últimos 30 años, en dicho período han aumentado en intensidad y duración, tanto en verano como en invierno, tendencia incluso creciente en los últimos años. Según la SISS, esto ha implicado en ocasiones dejar temporalmente fuera de operación las plantas de tratamiento que procesan las aguas del río Maipo para convertirlas en agua potable y que abastecen la mayor parte de la demanda del Gran Santiago, provocando cortes prolongados del servicio a numerosa población.

Los eventos de crecidas del 22 de enero y 9 de febrero del 2013 corresponden ampliamente a los de mayor turbiedad, según registros de Aguas Andinas desde 1995 (sobre 100.000 UNT). Como referencia, el promedio anual de turbiedad en su punto de captación es de 810 UNT y de 2.340 UNT en verano (deshielos). Esta situación dejó sin servicio de agua potable a más de 1.700.000 clientes de la empresa Aguas Andinas y 2.750 clientes de Aguas Cordillera.

En eventos de fuertes lluvias, la urbanización, que conlleva la cementación de los suelos, impide la infiltración del agua en los suelos, y hace que ésta escurra directo a los ríos, lo que produce aumentos abruptos de los caudales y de la turbidez del agua de los cursos fluviales que atraviesan la ciudad.

---

<sup>99</sup>IPCC, 2007

<sup>100</sup>Donoso et al. (2012)



*Merganetta armata* o Pato cortacorrientes en el río Maipo © Paulo Urrutia

Si la isoterma 0°C sigue elevándose como lo ha hecho durante el presente siglo, es probable la ocurrencia más frecuente de crecidas cada vez más intensas. El aumento del área de drenaje que produce la elevación de la línea de la nieve instala este escenario incluso si los niveles de precipitaciones no sufrieran grandes cambios<sup>101</sup>. Investigadores recomiendan que la empresa de agua potable Aguas Andinas, además de aumentar su capacidad de almacenamiento de agua, debe invertir en eficiencia hídrica para evitar pérdidas de agua en su distribución.

En épocas de déficit hídrico, los glaciares son una fuente clave de abastecimiento, por lo tanto, la menor disponibilidad de agua en forma de precipitación sólida, al elevarse la isoterma 0°C, subraya la impor-

tancia de estos cuerpos en futuros escenarios de CC. Carrasco et al. advierten que entre las latitudes 30°S y 45°S, la disminución de nieve estacional debido al aumento de la temperatura y la disminución de las precipitaciones en alta montaña tendrá un impacto directo en los recursos hídricos y en el abastecimiento de la multiplicidad de actores que habitan y desarrollan sus diversas actividades en la cuenca<sup>102</sup>.

Como se ha dicho, el contexto de cambio climático y de crecientes presiones sobre las que implican la agricultura, la expansión urbana y las actividades extractivas como la minería, han situado en la discusión pública la importancia y dependencia de los glaciares como reservorios de agua y piezas fundamentales del equilibrio ecosistémico y social de los territorios<sup>103</sup>. Sin lugar a duda,

<sup>101</sup> Ahumada, G.; Bustos, D; González, M. 2013. Efecto del cambio climático en el abastecimiento de agua potable en Santiago de Chile. DOI: 10.3724/SP.J.1226.2013.00027

<sup>102</sup> Carrasco, J., Casassa, G., Pizarro, R. y Saravia, M. (2010). Impactos del cambio climático, adaptación y desarrollo en las regiones montañosas de América Latina. Iniciativa Estratégica sobre los Impactos del Cambio Climático, Adaptación y Desarrollo en las Regiones de Montañas. Santiago de Chile: FAO.

<sup>103</sup> Fernández, H. 2017. Glaciares semiáridos chilenos en el contexto de cambio climático y explotación minera. Espacios Revista de Geografía. Universidad Academia de Humanismo Cristiano.



la zona más crítica, desde la perspectiva de la dependencia del agua glaciar, es de Arica hasta el río Maule. Dicha área concentra el 50% del territorio del país, el 74% de la población y el 85% del producto interno bruto y es, a su vez, la que presenta períodos cada vez más extensos de déficits hídricos.

Algunos de los efectos del CC que se prevén en torno al uso del agua son: el aumento del riesgo de escasez hídrica y de sequía; aumento de las inundaciones asociadas a fenómenos climáticos extremos; amenazas a áreas hídricas importantes como humedales, vertientes y esteros; afectación de la calidad de las aguas, etc.

El conjunto repercutirá en una menor disponibilidad de agua en la zona. Jiménez

asegura que el CC es y será un factor que aumentará el estrés hídrico, donde el aumento de la presión antrópica por su uso y la mayor competencia entre los distintos usuarios implicará que los más perjudicados serán los que posean menos recursos para implementar soluciones y mejoras<sup>104</sup>. Serrano después de realizar proyecciones de disponibilidad hídrica de la cuenca alta del Maipo para distintos escenarios de CC, concluye que, si bien la cuantificación de caudales y volúmenes tendientes a la disminución es aproximada, el cambio en la hidrología ya está ocurriendo y que mayores cambios son inminentes<sup>105</sup>.

<sup>104</sup> Jiménez, S., 2014. La Gestión del Agua en Chile. Serie Informe Económico, ISSN 0717-1536.

<sup>105</sup> Serrano Bustos, R. (2014). Proyecciones de disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca alta del Maipo, bajo escenarios recientes de cambio climático.

## 7· Gestión integrada de cuencas

Límites geo-hidrográficos naturales definen una cuenca fluvial, marcando las zonas desde las cuales, mediante ríos menores, las aguas y los sedimentos son transportados a través del territorio a ríos principales, que, en nuestro país, desembocan en el Océano Pacífico. Los ríos cumplen así un rol vital en el sustento y conexión de la cadena trófica de los ecosistemas continentales, costeros y oceánicos. El calor del sol evapora las aguas marinas que se elevan y aglomeran en forma de nubes en la atmósfera. Empujadas por el viento vuelven hacia los continentes. Al ascender y enfriarse, el vapor de agua se condensa y por gravedad precipita hacia la tierra completando el proceso circular de las aguas que llamamos ciclo hidrológico.

Al interior de una cuenca, las condiciones físicas, los procesos y características bioecológicas del territorio, y el contexto social -si hay población humana habitándola- están íntimamente interconectados. Nuestra delimitación geográfica de una cuenca a partir de las divisorias de aguas, si bien arbitraria desde el punto de vista de los procesos naturales globales, nos permite comprender el contexto local respecto al uso y abuso del territorio, y generar un enfoque crítico de una cuenca sobreexplotada -que en Chile son la gran mayoría-. Se trata de proponer soluciones, formas de neutralizar, limitar, y revertir pasivos ambientales, con las aguas en el centro del análisis dada su posición como elemento natural transversal y fundamental para toda la vida y para cualquier tipo de actividad económica.

Por ejemplo, cambios significativos en algún aspecto de una cuenca, como usos intensivos de los suelos, el uso de pesticidas en el sector agrícola, la construcción de carreteras, de condominios, o el desarrollo hidroeléctrico, afectan las condiciones am-

bientales y las actividades humanas en otros sectores de la misma cuenca. Considerando la determinante influencia de los sistemas fluviales en la vida no-humana y humana, idealmente los territorios deben ser gestionados de acuerdo a las capacidades de carga de las cuencas, y la nueva infraestructura, actividades extractivas y productivas, o proyectos de energía, por ejemplo, planificadas, deben ser evaluadas con una perspectiva holística considerando posibles sinergias con pasivos ambientales pre-existentes y sus potenciales repercusiones en la totalidad de la cuenca, de cordillera a mar.

Es por esto, que la necesidad de la Gestión Integrada de Cuencas (GIC) surge con fuerza como una figura de manejo territorial en zonas donde distintas actividades económicas suman impactos, y también entran en conflicto entre sí, lo que repercute en la calidad de vida de las diversas comunidades que ahí habitan. La GIC es un enfoque multidisciplinario con una mirada histórica y de largo plazo que busca el manejo proactivo de un territorio y la planificación de acciones integrales tanto para la restauración o conservación de la integridad ecosistémica, como para el logro de un mayor bienestar social para los habitantes humanos del territorio.

El enfoque de cuenca considera características biofísicas, económicas y políticas; el impacto ambiental que resulta del manejo o explotación de los recursos naturales; la influencia del entorno natural en la construcción de la identidad colectiva; las dinámicas y relaciones sociales; las acciones de gestión del entorno natural para enfrentar el deterioro ambiental; el cambio en el sistema de valores, producto de estas acciones; las relaciones que la sociedad adopta para representar su vínculo con el medio

ambiente; sus expectativas en cuanto a la calidad de vida, entre otros.

Al observar y analizar una cuenca hidrográfica ésta puede ser dividida en unidades menores, tales como subcuencas y microcuencas, para facilitar la comprensión de las problemáticas, la identificación y participación de los actores locales, de las necesidades sentidas y su potencial resolución. Este acercamiento busca una administración, seguimiento ambiental y gerencial mucho más efectivo y sustentable de una cuenca<sup>106</sup>.

En un enfoque de cuenca la consideración del contexto biogeográfico es fundamental a la hora de evaluar y gestionar proyectos de desarrollo. Por ejemplo, las centrales hidroeléctricas, la extracción de áridos, los desvíos de caudales, o proyectos agrícolas extensivos en la subcuenca Maipo Alto, afectan la calidad o cantidad de agua disponible para las zonas medias y bajas de la cuenca.

La migración masiva de trabajadores desde otras regiones a la periferia de Santiago tiene implicancias en el aumento de la demanda de agua potable y en la generación

La migración masiva de trabajadores desde otras regiones a la periferia de Santiago tiene implicancias en el aumento de la demanda de agua potable y en la generación de aguas servidas, residuos y vertederos ilegales a escala local que afectan la calidad de las aguas para la sección media y baja de la cuenca y río.

Es evidente que se debería exigir que la evaluación de los impactos de obras y situaciones demográficas se haga a nivel de cuenca. Hoy los innumerables proyectos que se han desarrollado y se están desarrollando en la cuenca del Maipo, por ejemplo, se tramitan de manera individual considerando 'áreas de influencia' que las empresas y consultoras intentan restringir acumulativos y sinérgicos a nivel de cuenca entre proyectos de distintos sectores industriales. Este análisis conjunto con perspectiva de cuenca debiera influir en las proyecciones de cada potencial obra y de cada sector. Desde esta visión las cuencas hidrográficas se posicionan como las unidades básicas de evaluación -como 'células' territoriales- considerando en forma integral el enjambre de múltiples y complejos factores socioambientales que se entrelazan al interior de cada una.



<sup>106</sup> World Vision (16 de enero de 2015). Manual de manejo de cuencas. Obtenido de Biblioteca CATIE: [http://biblioteca.catie.ac.cr/cursos/cuencas/documentos/Manual\\_de\\_Manejo\\_de\\_Cuencas\\_Vision\\_Mundial\\_mod.pdf](http://biblioteca.catie.ac.cr/cursos/cuencas/documentos/Manual_de_Manejo_de_Cuencas_Vision_Mundial_mod.pdf).

Las centrales hidroeléctricas y otras obras que fragmentan los ríos, como los desvíos a los canales de regadío, alteran la capacidad de los ecosistemas fluviales para funcionar como vías para la circulación de agua y de sedimentos orgánicos e inorgánicos, así como de organismos, entre las cabecezas y las tierras bajas de la cuenca. Con menores caudales disminuye también la capacidad de dilución de contaminantes de las aguas. Existe una creciente preocupación e incertidumbre, acerca de las reales implicancias que han tenido y están teniendo las intervenciones a gran escala para los ecosistemas en las secciones medias y bajas de las cuencas. Obviamente que la calidad de vida, la salud, medios de vida, empleos, economías locales y cultura de las poblaciones humanas están directamente vinculadas a la integridad ambiental de estos ecosistemas que pueden estar siendo impactados directamente en su sección, o indirectamente por impactos en las secciones anteriores.

La proliferación de proyectos mineros e hidroeléctricos en la cuenca del Maipo, genera aún más presión sobre la disponibilidad de agua superficial y subterránea en toda la cuenca. Actualmente, la legislación chilena permite que se evalúe separadamente, por ejemplo, las instalación y operación de centrales de generación eléctrica con los tendidos eléctricos que transportan la energía, a veces a través de cuencas y regiones, a sectores de alto consumo como faenas mineras que tienen impactos locales severos y cuya producción es luego enviada en camiones de alto tonelaje a puertos como San Antonio o Quintero. Todas estas interacciones son ignoradas en el sistema de evaluación ambiental que no considera la perspectiva de cuenca. Las iniciativas y actividades son evaluadas como en compartimentos estancos.

No existe posibilidad que un habitante de San Antonio tenga influencia en la aproba-

ción de un proyecto fundamental para su salud como Minera Colorado, Los Bronces, o el Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, o que un habitante del Cajón del Maipo tenga influencia respecto de la explotación de caliza por parte de Polpaico en Lo Valdés y el intenso flujo de camiones de alto tonelaje que ésta genera en la única ruta -Camino Al Volcán- que sirve a toda la población residente y visitante, instalando un alto riesgo de accidentes, y deteriorando constantemente las condiciones físicas de la carretera.

En el caso urbano, tampoco existe un análisis integrado socioambiental de su expansión. En estos últimos años de sequía, la recarga de los acuíferos durante los días de lluvia es cada vez más crítico para asegurar el abastecimiento de agua para la ciudad. Parte importante de esta recarga ocurre en el piedemonte andino. Sin embargo, la urbanización del piedemonte de Santiago es un proceso que avanza incontenible que influye severamente en el comportamiento de las cuencas aéreas, hidrológicas y geomorfológicas, que lo componen, así como sobre los corredores de biodiversidad y, por ello, sobre la totalidad de los servicios ambientales que sustentan en gran medida la salud ambiental de Santiago. Los mayores impactos provocados por la impermeabilización de los suelos, que afectan el equilibrio natural y la salud de las cuencas urbanizadas, son la alteración del ciclo hidrológico y pérdida de la calidad de las aguas, la degradación, pérdida y fragmentación de hábitats acuáticos y terrestres en superficie, la impermeabilización de los arroyos y consecuente pérdida de la biodiversidad. La 'cementización', además implica el arrastre por aguas lluvia de contaminantes no puntuales a los cursos de agua, material proveniente de restos de neumáticos, aceites de vehículos, y químicos y tóxicos de distinta naturaleza<sup>107</sup>.

<sup>107</sup> Van Bohemen, H.D.; Van De Laak, W.H.J., 2003. La influencia de la infraestructura de caminos y tráfico en suelos y agua, 50-68.

Debido a este tipo de fragmentaciones e inconsistencias en el desarrollo y administración de las cuencas se hace imperativo y cada vez más urgente implementar políticas de gestión territorial que las consideren de manera integral.

Algunas recomendaciones:

- Releva la importancia, para la salud de la cuenca y de todos sus habitantes, de todas las residencias de las aguas que alberga la cuenca: glaciares, ecosistemas fluviales, esteros, vertientes, lagos, lagunas, y humedales, y promover su protección, conservación y restauración.

- Releva la importancia de las zonas de recreación y áreas verdes, para facilitar la recarga de aguas subterráneas en la ciudad.

- Buscar soluciones a la sumatoria de zonas impermeables en la parte baja de las cuencas, como consecuencia de la urbanización que impiden la infiltración de las aguas-lluvia y la recarga de acuíferos. Existe una fuerte relación entre impermeabilización y escorrentía, donde al aumentar la primera se generan procesos de acumulación de agua superficial que generalmente se traducen en inundaciones urbanas y fenómenos aluvionales. La gestión socioambiental de cuencas y la planificación ecológica implican la aplicación de la ecología a la toma de decisiones sobre las asignaciones de usos de la tierra y el ordenamiento territorial.

- Evaluar políticas públicas, cifras económicas e indicadores de desarrollo humano en función de la cuenca.

- Promover un enfoque de cuencas para la planificación y evaluación de proyectos de gran envergadura como los energéticos, agrícolas, mineros, e infraestructura.

- Analizar los efectos acumulativos de las alteraciones fluviales y del paisaje por parte de diferentes proyectos de un mismo sector. Por ejemplo, la influencia de una mini-central hidroeléctrica (<3MW) puede ser considerada relativamente menor y que esto justifique no exigir un EIA. Sin embargo, la sumatoria de múltiples proyectos similares genera una sinergia de impactos ambientales que debe ser evaluada en su conjunto con perspectiva de cuenca. Un caso emblemático es la extracción de áridos en las riberas del río Maipo.

- Establecer una plataforma multisectorial/multiescala para la gestión de las cuencas. De esta manera, instituciones, empresas, ONG's y actores locales, pueden aportar experiencia e información a la gestión integrada de cuenca.

- Promover iniciativas y figuras de gestión territorial local que promuevan un uso sostenible del agua y el territorio. Por ejemplo: Geoparque Cajón del Maipo, Santuarios de la Naturaleza, Red de Parques, Corredores Ecológicos, Queremos Parque, entre otras iniciativas. Así como también, generar instancias de articulación entre éstas.

Cada vez son más los actores desde ámbitos locales e internacionales, públicos y privados, que apuestan por la gestión integrada de cuencas para enfrentar el déficit hídrico y el cambio climático, entre otros problemas socioambientales. Uno de ellos es el proyecto "Sistemas de Producción Sustentable para Ecosistemas de Montaña", que busca implementar un sistema de gestión territorial para ecosistemas de montaña en el marco de la sustentabilidad, impulsado por el Servicio Agrícola y Ganadero y la Corporación Nacional Forestal de la Región Metropolitana, la Fundación Chile Sustentable y la Fundación Sociedades Sustentables<sup>108</sup>. Paradójicamente, el Plan Regulador Metropolitano de Santiago clasifica la cabecera del río Maipo, como un área de preservación ecológica que busca proteger tanto el ecosistema como las especies que allí habitan, pero, en la práctica, claramente esto no se hace efectivo. La más clara prueba de esto, y la mayor incoherencia con este lineamiento del plan regulador, es la autorización de la construcción de Alto Maipo que degrada las cabeceras de las tres principales subcuencas -Colorado, Yeso y Volcán- que componen la gran cuenca del río Maipo.

A su vez, la "Estrategia de Resiliencia" del Gobierno Regional de Santiago sugiere como una de las medidas para enfrentar el cambio climático, aumentar las áreas de conservación, en especial aquellas que generen servicios ecosistémicos para la cuenca, tales como provisión de agua en calidad y cantidad, disminución del riesgo de aluviones, etc. En esta línea destaca el rol que entregan los humedales, glaciares, vegas, bofedales y suelos a la provisión y almacenamiento de agua.



Educación ambiental en la naturaleza del Cajón del Maipo · © Paulo Urrutia

<sup>108</sup> Fredericksen, N., Astorga, B. y Morales, F. 2010. Santiago Andino: La mayor reserva natural de agua de la Región Metropolitana. Sistemas de Producción Sustentable para Ecosistemas de Montaña. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile. Pp. 68.



## 8· Conflictos socioambientales

En esta sección se describen brevemente cinco problemáticas socioambientales derivadas de la sobreexplotación, o mal manejo, de las aguas en la cuenca. El conflicto surge entre una ciudadanía afectada por la degradación ambiental y las empresas proponentes de agresivos proyectos de inversión que ponen en mayor riesgo la calidad de vida de la población. Algunos de estos conflictos se encuentran latentes y la disponibilidad hídrica no ha atravesado un umbral crítico de escasez, por lo que es probable que estos conflictos escalen en un futuro cercano.

Los conflictos socioambientales son disputas entre diversos actores: personas naturales, organizaciones, comunidades, movimientos sociales, empresas privadas o públicas, el Estado. Los involucrados pueden manifestarse públicamente y expresar divergencias de opiniones, de posiciones, de intereses y plantear demandas y acciones legales por la afectación (o potencial afectación) de derechos humanos, derivada, por ejemplo, del acceso y uso de re-

ursos naturales, así como por impactos ambientales de actividades económicas<sup>109</sup>. A esta descripción general debiéramos agregar que muchos conflictos socioambientales surgen por la afectación, degradación o destrucción de elementos y comunidades no-humanas -glaciares, ríos, humedales, bosques, biodiversidad- que merecen protección/conservación por el solo hecho de existir, pero además porque nos entregan servicios ambientales vitales, tales como el aire que respiramos y el agua que bebemos.

En la cuenca del río Maipo existen diversos conflictos ambientales que involucran el uso de las aguas, relacionados con proyectos de inversión privados que han sido evaluados ambientalmente y, por lo tanto, avalados por el Estado de Chile, lo que complejiza la situación e incrementa significativamente la asimetría entre las partes: por un lado, la ciudadanía, y, por el otro una empresa privada y el Estado con todos los recursos en todos los ámbitos que esto implica.

La intervenida desembocadura del río Maipo · © José Gerstle



<sup>109</sup> Instituto Nacional de Derechos Humanos, 2012. Mapa de Conflictos Socioambientales en Chile.

## Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (PHAM) /AES Gener / Strabag

**Ubicación:** Cajón del Maipo, comuna de San José de Maipo, al sureste de Santiago, Región Metropolitana.

**Proyecto:** El PHAM consiste en dos centrales hidroeléctricas subterráneas en la parte media de la cuenca del Maipo, Las Lajas y Alfalfal II, y numerosas obras anexas en la parte alta. El complejo tendría una potencia instalada de 531 MW, que se entregaría al Sistema Eléctrico Nacional. Su costo estimado actual es de US\$ 3.048 millones, cinco veces el costo estimado inicial. AES Gener presenta el PHAM como una central de pasada<sup>110</sup>. Capturaría los caudales de los ríos Yeso, Volcán y Colorado –principales afluentes del río Maipo– conduciendo sus aguas a través de un sistema de túneles de 70 km a las turbinas subterráneas.

Su operación instala una severa amenaza a las aguas superficiales y subterráneas de la zona, lo que sumado a los efectos del CC pone en riesgo a futuro el acceso al agua

potable de toda la RM y parte de la Región de Valparaíso.

Un complejo hidroeléctrico de esta envergadura degrada intensamente las tres principales subcuencas del Maipo, afecta los ecosistemas cordilleranos y su paisaje de forma severa e impredecible. Esto acarrea consecuencias negativas para la salud mental y física, y, en general, para la calidad de vida de los habitantes, así como para sus actividades socioculturales y económicas, particularmente turísticas, deportivas, recreativas y agrícolas asociadas al río, la naturaleza, belleza y tradicional tranquilidad de la zona.

El conflicto surge el año 2008, desde que AES Gener presentara a evaluación el estudio de impacto ambiental del proyecto. La ciudadanía organizada bajo el lema “No Alto Maipo” presentó 8 mil observaciones al EIA del PHAM.



<sup>110</sup> Técnica y legalmente el PHAM no es un proyecto de pasada, ya que consiste en trasvasar el agua de tres afluentes y devolver las aguas al río Maipo 100 kilómetros más abajo. No obstante, se ha presentado así para minimizar la percepción del público y de los inversores acerca de sus potenciales impactos ambientales y sociales.



Desde su aprobación en 2009, el PHAM ha suscitado una fuerte campaña ciudadana de oposición con resonancia a nivel local, regional, nacional e internacional. En 12 años de conflicto el proyecto ha enfrentado numerosas demandas legales y administrativas que dan cuenta que la construcción y operación del PHAM afectan la calidad y el abastecimiento de agua potable y riego en la RM<sup>111</sup>. A estas demandas se suman 14 cargos dictados por la Superintendencia de Medio Ambiente por incumplimiento de las condiciones establecidas en la autorización ambiental del proyecto.

**Estado:** En construcción.

**Detalles:** La construcción del PHAM está significativamente atrasada respecto del plan original, debido a graves problemas técnicos que han surgido durante la construcción, muchos de ellos relacionados con impactos sobre aguas superficiales y subterráneas. El proyecto ha tenido que realizar varias reestructuraciones financieras relacio-

nadas con los problemas técnicos, atrasos, y sobrecostos asociados, así como huelgas de los trabajadores por las malas condiciones laborales, e incluso acusaciones de prácticas antisindicales. Los opositores presentaron quejas formales ante los mecanismos de reclamo del Banco Interamericano de Desarrollo y de la Corporación Financiera Internacional, MICI y CAO, respectivamente, dado que ambos bancos multilaterales contribuyeron al financiamiento del PHAM. Por su mérito estas quejas fueron aceptadas por los mecanismos, y después de tres años de investigación, en junio 2020 el MICI emitió el informe, que aunque es extemporáneo, reconoce que AES Gener construye un proyecto que ha experimentado un “cambio sustantivo en las circunstancias originalmente evaluadas” en 2009, mientras plantea 7 recomendaciones. La CFI, sin embargo, se retiró del proyecto tras pasando la deuda a un banco alemán, pero de igual forma la CAO debe terminar la investigación.

<sup>111</sup> [https://www.camara.cl/prensa/noticias\\_detalle.aspx?prmId=36510](https://www.camara.cl/prensa/noticias_detalle.aspx?prmId=36510)

## Los Bronces Integrado / Anglo American

**Ubicación:** A unos 65 km de la ciudad de Santiago, en las comunas de Lo Barnechea y Colina, específicamente en la zona cordillerana de la Región Metropolitana, y en la comuna de Los Andes, Región de Valparaíso.

**Proyecto:** Los Bronces Integrado (LBI), es un proyecto de minería de cobre que considera una inversión de USD 3.000 M para mantener la tasa máxima de procesamiento de 180 mil toneladas de cobre por día (ktpd) alargando la vida útil de explotación del yacimiento original "Los Bronces" hasta el año 2036, en base a la expansión de tres nuevas fases.

En la cuenca alta del río Maipo y Mapocho, entre 1988 y 2005, la minería de cobre intervino más de 1 km<sup>2</sup> de glaciares, provocando una pérdida de entre 6 y 9 Mm<sup>3</sup> de reservas de agua dulce existentes<sup>112</sup>. Hoy, la amenaza minera sigue latente. Anglo American, que explota desde el año 2002 el yacimiento Los Bronces en la cuenca alta de los ríos Mapocho y Olivares (cuyo uso de agua alcanza a los 780 lt/s, equivalente al consumo diario de casi 400 mil habitantes) proyecta su ampliación con el complejo LBI.

Para LBI se considera el desarrollo de tres nuevas fases de explotación. Las fases Oriente (77 ha) y Poniente (47 ha) se proyectan en el sector cordillerano de la RM, y una parte menor en la cordillera de la Región de Valparaíso. La fase subterránea estaría 5,5 km al sur del rajo actual de Los Bronces, por debajo del extremo norte del Santuario de la Naturaleza Fundo Yerba Loca, a 660 m de profundidad media aproximada.

La preocupación y oposición social surgen como respuesta a la presentación del EIA de LBI, desde el Centro Ecológico Churque de Lo Barnechea, la Corporación Defensa del

Río Mapocho, la Junta de Vecinos Las Varas de Farellones, la Corporación Vecinos Los Refugios, la Asociación Escuela de Montaña Camino de Farellones, el Observatorio Latinoamericano del Conflictos Ambientales, el Movimiento por el Agua y los Territorios, la Asociación Nacional de Funcionarios del Ministerio de Educación, la Coordinación de Territorios por la Defensa de los Glaciares, la Corporación de Defensa Camino de Farellones, así como del conocido montañista Mauricio Purto. Esto por la potencial destrucción de glaciares, la devastación de la flora y fauna de la zona cordillerana, la posible contaminación y acentuación de sequía prolongada, junto con la pérdida de prácticas ancestrales y deportivas en la alta cordillera.

En octubre 2019 la Corporación de Defensa de la Cuenca del Mapocho -que agrupa a vecinos de la zona-, presentó un recurso de protección en la Corte de Apelaciones de Santiago solicitando el retiro del EIA del proyecto por considerar que carece de información esencial para evaluarlo adecuadamente. En marzo 2020 la comunidad de Agricultores del Valle de Quilapilún presentó ante el SEA un recurso de invalidación de la evaluación del proyecto. Este recurso, se suma a acciones administrativas entabladas ante la SMA por fraccionamiento del proyecto y, ante el SEA para se evalúe un ducto que trasladaría aguas de relave desde el tranque de Ovejería de Codelco hacia Los Bronces, y la venta de aguas de Codelco a Anglo American.

**Producción:** Cobre; 180 mil toneladas por día.

**Estado:** En tramitación. EIA ingresado en julio 2019<sup>113</sup>. Durante el proceso de participación ciudadana, personas naturales y la Corporación de Defensa de la Cuenca del Mapocho presentaron más de 130 observaciones al EIA. El 4 de noviembre de 2019,

<sup>112</sup> Chile Sustentable, 2012. Glaciares y Minería: continúa la destrucción de los glaciares

<sup>113</sup> [http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id\\_expediente=2143785006](http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=2143785006)

el Servicio de Evaluación Ambiental emite el Informe Consolidado de Solicitud de Aclaraciones, Rectificaciones o Ampliaciones<sup>114</sup> al EIA del proyecto. En éste se solicita especificar la superficie a intervenir en el sector Los Bronces Subterráneo, Región de Valparaíso, y la superficie que se superpone con el Santuario de la Naturaleza Fundo Yerba Loca; la posible afectación de cauces naturales para el sistema de transporte de pulpa de cobre y la línea de transmisión asociada a las obras; la demanda de agua total que requiere el proyecto y las fuentes jdjd de de abastecimiento; trazados; extracción de material; perforación y uso de tronaduras en túneles. Respecto de los glaciares, la demanda de información es alta e incluye impedir su afectación en la

parte alta del estero Yerba Loca; identificar los límites de material particulado permitido e incluir monitoreo constante; incluir el glaciar Paloma y sus fragmentaciones en el área de influencia de LBI, entre otros. Anglo American Sur presentó el 30 de septiembre de 2020 el ICSARA de LBI, que debe ser analizado y respondido por los servicios públicos competentes con plazo al 22 de octubre 2020.

**Detalles:** Considera método de explotación subterráneo que consiste en extraer el mineral por bloques desde distintos sectores ubicados a más de 200 m de profundidad, y después estos mismos sectores se rellenan con el material resultante del procesamiento del mineral.

**Tabla 7: Área de glaciares intervenida por distintos proyectos mineros, y equivalente en pérdida de agua.**

Faena Minera EMPRESA	Área original de Glaciares Rocosos (Km <sup>2</sup> )	Área intervenida de Glaciares Rocosos (Km <sup>2</sup> )	Equivalente en pérdida de agua (Mm <sup>3</sup> )	Año inicio de intervención
División Andina CODELCO	2,6	2,12	2	Antes 1990
Los Bronces ANGLO AMERICAN	1,9	0,8	8	Antes 1990
Los Pelambres ANTOFAGASTA MINERALS	0,4	0,2	0,4	2003 - 2004
Pascua Lama BARRICK GOLD	0,3	0,03	0,4	1981
Pimentón CERRO GRANDE	Más 1,6	0,06	0,6	Antes 1996
División El Teniente CODELCO	Sin dato	0,04	0,4	Antes 1997
Catedral CERRO GRANDE	2,3	0,03	0,3	1996 - 2001
Cerro Casale BARRICK GOLD	0,1	0,01	0,1	Antes 1999

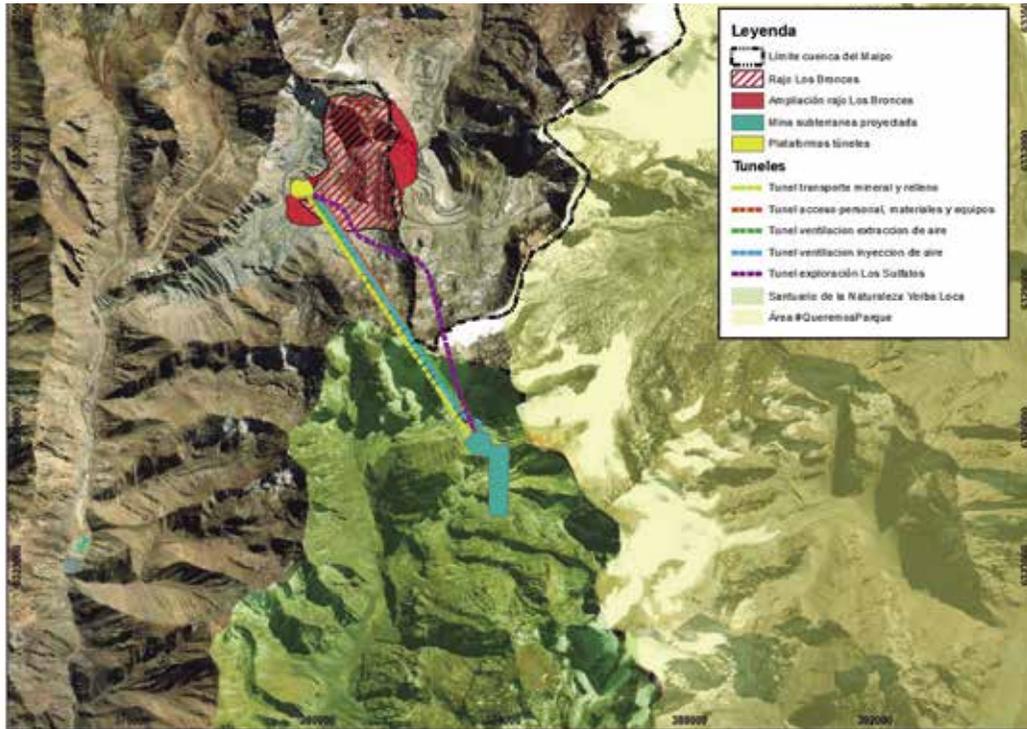
Fuente: Chile Sustentable 2012<sup>115</sup>, en base a Brenning y Azócar, 2010<sup>116</sup>.

<sup>114</sup> <http://infofirma.sea.gob.cl/DocumentosSEA/MostrarDocumento?docId=9d/33/75b81fc11f1318a8d0bcc6d9a2865752e170>

<sup>115</sup> Chile Sustentable, 2012. Glaciares y Minería: continúa la destrucción de los glaciares.

<sup>116</sup> Brenning, Alexander, & Azócar, Guillermo F., 2010. Minería y glaciares rocosos: impactos ambientales, antecedentes políticos y legales, y perspectivas futuras. Revista de geografía Norte Grande, (47), 143-158. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022010000300008>

## Detalle del proyecto de Expansión de Minera Los Bronces.



Fuente: Mapa elaborado por Geoturismo Chile para Fundación Plantae



## **Humedal Ojos de Mar - Estuario río Maipo/ Empresa Portuaria San Antonio (EPSA)/ COMACO S.A.**

**Ubicación:** aproximadamente 3 km al sur del Puerto de San Antonio, Llole, Región de Valparaíso.

**Proyecto:** Expansión del Puerto Exterior de San Antonio, conocido también como Puerto de Gran Escala (PGE) diseñado para la transferencia de contenedores, con una capacidad total de 6 millones anuales. Se desarrollaría por etapas. El año 2027 entraría en operación la primera fase, culminando la construcción entre los años 2038–2040. La inversión estimada es de US\$ 3.500 M.

La expansión del Puerto Exterior se realizaría al suroeste del puerto actual, justamente en las 14 ha del humedal Ojos de Mar, ubicado en torno a la desembocadura y estuario del río Maipo. Su construcción amenaza en forma grave el humedal, catalogado como una Importante Área de Aves y Biodiversidad<sup>117</sup>. Este alberga tres lagunas de agua dulce, afloramientos de las aguas del río, en las que habitan cientos de aves, más de 80 especies de mamíferos, anfibios, reptiles y peces, algunos de ellos en peligro de extinción.

La intervención del humedal planificada consiste en dragarlo para luego encementarlo. Claramente esto significa destruir el humedal, un área costera única, de gran diversidad biológica y productividad, con importantes cuerpos de agua dulce rodeados de vegetación, de los que dependen numerosas especies. Las intervenciones anteriores en la desembocadura -canalización e instalación de un enorme estacionamiento de ca-

miones que sirven al puerto- ya están afectando significativamente la desembocadura del río Maipo, así como las playas del litoral de Llole y Santo Domingo, al disminuir la productividad del estuario, así como el abastecimiento de sedimentos y arenas a todo el borde costero aledaño.

La desembocadura del Maipo está afectada también por la planta de producción de astillas para exportación de la empresa COMACO S.A. Los troncos de *Eucalyptus globulus* que se procesan provienen de plantaciones ubicadas en las regiones de Valparaíso y O'Higgins. La producción proyectada anual de astillas es de 170.000 BDMT<sup>118</sup> las que demandan una cantidad de 200.000 metros ruma<sup>119</sup> al año de materia prima aproximadamente.

Para enfrentar las amenazas al humedal y la zona costera, surge la organización Humedal Ojos de Mar que rechaza la intervención industrial de la desembocadura del río Maipo, y trabaja a su vez en la recuperación de esta zona que es una importante ruta de aves migratorias; área de amortiguación ante tsunamis; y sumidero de CO<sub>2</sub>, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático. Las áreas verdes del humedal también proveen servicios de recreación, pesca y turismo a los habitantes locales, las que además poseen alto potencial para la educación ambiental, el desarrollo del sector turístico local y mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad en la comuna de San Antonio.

<sup>117</sup> Birdlife International <http://datazone.birdlife.org/site/factsheet/desembocadura-del-r%C3%ADo-maipo-iba-chile/refs>

<sup>118</sup> Bone Dry Metric Ton: unidad de volumen que corresponde a una tonelada de astillas secas con 0% de humedad.

<sup>119</sup> Equivalente a ruma ordenada de troncos de 2,44 m de largo x 1 m de ancho y 1 m de altura.



**Estado:** En febrero de 2018, la Empresa Portuaria San Antonio solicita al Tribunal de Defensa de la Libre Competencia<sup>120</sup> un informe que fije las condiciones para regular la licitación bajo un esquema mono-operador del Terminal Mar del PGE de San Antonio. La solicitud se encuentra en trámite. El 30 de abril 2020, EPSA ingresa el EIA del Proyecto Puerto Exterior de San Antonio ante el SEA.

**Detalles:** Las tres lagunas que conforman el humedal -Sur de 6,40 ha, Norte de 6,78 ha, y una menor de 1,36 ha-, se forman en 1948 de una antigua laguna costera que se separó de la desembocadura del río Maipo después de la construcción del molo sur del Puerto de San Antonio.

---

<sup>120</sup> NC-444-2018

## Laguna de Aculeo

**Ubicación:** Comuna de Paine, 65 km al suroeste de Santiago, Región Metropolitana.

**Proyecto:** No existe un proyecto en particular asociado a este conflicto. Sin embargo, la laguna de Aculeo actualmente está seca, tanto por la expansión de la actividad agrícola a gran escala -que consume alrededor del 70 por ciento del agua de la cuenca de la laguna-, como por el brusco aumento de la población debido a la cantidad de personas que han llegado a vivir en parcelas de agrado y en condominios emplazados en los alrededores de Aculeo.

La laguna de Aculeo, de una extensión de casi 12 km<sup>2</sup> y unos seis metros de profundidad, al ser de origen pluvial, también se ha visto afectada por la drástica disminución de las precipitaciones en la cuenca de la RM. Esto sumado al uso creciente de agua para el riego de parcelas y a la expansión de agricultura a gran escala, resultó en una presión excesiva sobre la recarga natural de agua en la cuenca y, por ende, en la acumulación de sedimentos, eutrofización, contaminación, turbidez y pérdida de biodiversidad. En un período de 12 años la suma de los factores descritos se tradujo en una disminución crítica de las aguas en la cuenca del Aculeo. Este abuso de las aguas, principal recurso productivo de la zona, impactó negativamente la actividad turística y recreativa desarrollada en Aculeo.

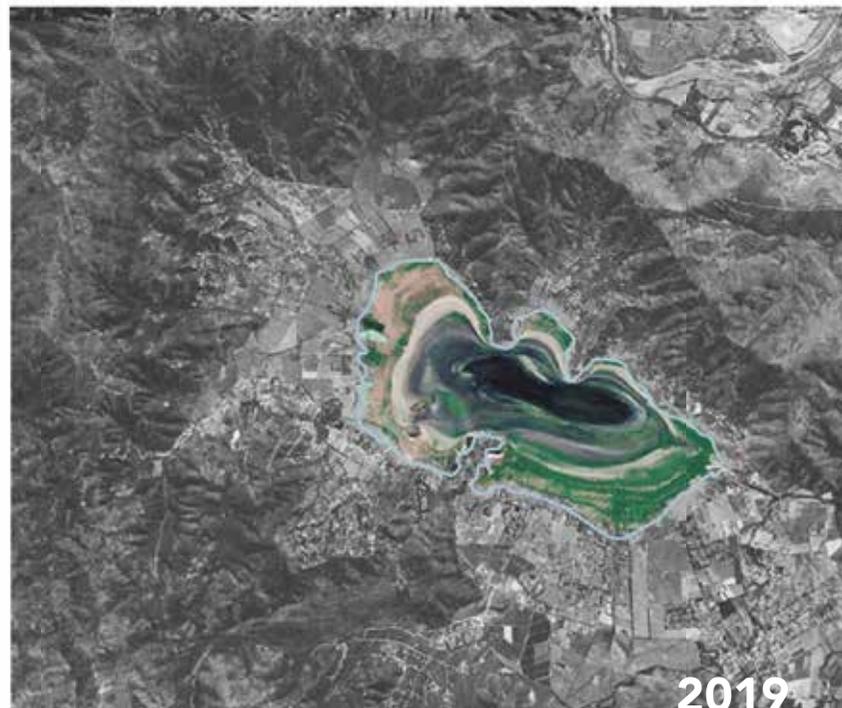
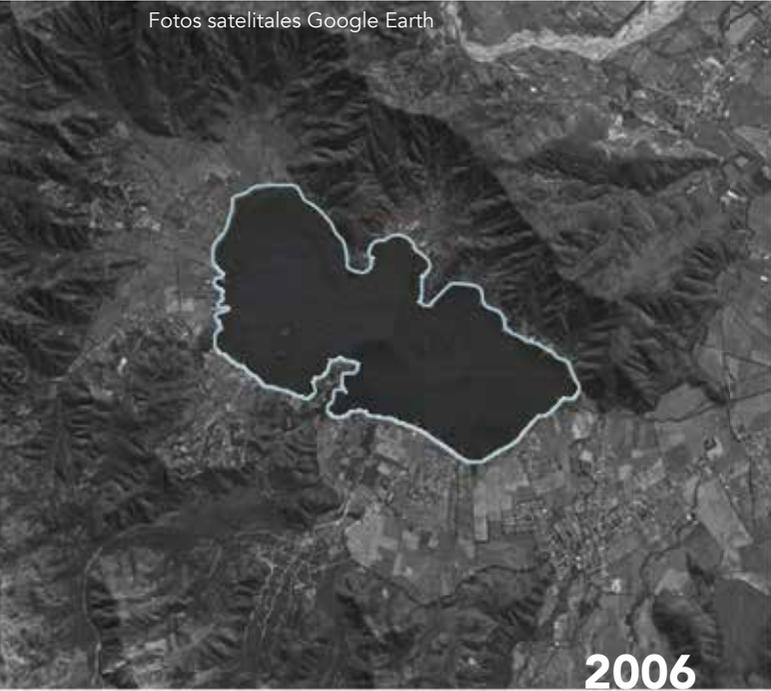
Cabe señalar que el año 2019 la Facultad de Ciencias Forestales de la U. de Chile, obtuvo recursos del Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) para implementar un Plan de Recuperación de la Laguna Aculeo. Se han identificado tres lí-

neas de trabajo para restaurar el acuífero: reducir la demanda doméstica y agrícola incluyendo sistemas eficientes para riego; limitar, a través de una barrera artificial enterrada, la descarga subterránea de agua que produce el desnivel natural de la laguna; e importar agua de otros acuíferos a través del entubamiento subterráneo del canal Aguilino y otros canales de la zona. El proyecto tiene un costo estimado de \$38.000 millones, de los cuales \$11.600 millones deben ser aportados por privados, con la venta de bonos de carbono, por ejemplo. Según las estimaciones, de concretarse este plan, la laguna de Aculeo podría recuperarse en un período de 7 a 8 años.

Habitantes de la zona agrupados en el movimiento "Que No Muera Aculeo" han denunciado públicamente desde el año 2017 la crítica situación de la laguna y solicitado la fiscalización de autoridades competentes ante los desvíos ilegales de agua de Aculeo. Es importante destacar que junto a la grave situación hídrica de la Laguna de Aculeo, las comunidades cercanas de Los Hornos y Rangué quedaron sin agua potable, debiendo abastecerse con camiones aljibes.

**Detalles:** Las precipitaciones durante la última década (2010-2018) fueron aproximadamente un 38% menores que el promedio histórico, mientras el consumo de agua aumentó en un 15% desde la década de los 90. Tras las inesperadas lluvias del invierno 2020, el dirigente de sandialeros de Aculeo informó esperanzado sobre cierta acumulación de agua en las napas subterráneas y pozos.

Fotos satelitales Google Earth



## Centro Integral de Gestión de Residuos Industriales (Cigri)/ Ciclo S.A.

**Ubicación:** A la altura del km 51 de la Ruta 5 Norte, en el sector de "Los Ciruelos", comuna de Til Til, Región Metropolitana.

**Proyecto:** La planta de tratamiento de residuos industriales peligrosos y no peligrosos a cargo de la empresa Ciclo S.A, consiste en la implementación de infraestructura sanitaria para el tratamiento, disposición y eliminación de residuos industriales, con capacidad de tres millones de m<sup>3</sup> de basura diaria proveniente de todo el país. Con una superficie de 43 ha, inversión de USD 85 M y 30 años de vida útil, el vertedero estaría ubicado en Til Til, comuna ya saturada de contaminación, y severamente afectada por sequía.

El vertedero recibiría más de 160 mil toneladas anuales de residuos sólidos y líquidos, muchos de ellos tóxicos y contaminantes: metales, hidrocarburos, ácidos, álcalis, cianuros, oxidantes fuertes y residuos sólidos contaminados con asbesto, además de sólidos metálicos.

Los habitantes de Til Til, quienes se han visto obligados a convivir cotidianamente con varios vertederos, con relaves mineros, diversas industrias contaminantes, una planta de crianza de cerdos, e incluso cárceles, rechazan la imposición de un nuevo vertedero y todos los impactos socioambientales que acarrearía. La sumatoria de establecimientos industriales, y otros, todos de alto impacto socioambiental, instalados en la comuna es chocante, letal. Esta es netamente una comuna de sacrificio. Es difícil entender como se le ha infligido todo esto a la comuna, a su población.

La oposición social a que Til Til se siga consolidando como una zona de sacrificio ha sido constante, apoyada por el ex alcalde Nelson Orellana. Sin embargo, este clamor no parece ser oído. En 2017 la Comisión de Medioambiente de la Cámara de Diputados<sup>121</sup> analizó la situación de saturación industrial comunal, consiguiendo el rechazo transversal de sus integrantes a la instalación del proyecto CIGRI por los múltiples riesgos que éste sumaría a la zona.

Una vez que CICLO S.A. obtiene la RCA favorable para el proyecto en 2017, primero los habitantes del municipio y, posteriormente, el Consejo Comunal y Social de Medio Ambiente y la Acción Ambiental y Salud, interponen recursos de reclamación cuestionando la autorización del vertedero, sin embargo, ambos recursos administrativos son rechazados en 2019 por el Segundo Tribunal Ambiental.

Cabe mencionar que solamente respecto a residuos ya existe un relleno sanitario de la empresa KDM -Grupo Urbaser Danner con una carga de 850 camiones recolectores diarios para el relleno Loma Los Colorados, y una planta procesadora de basura, propiedad de la empresa GERSA. A esto se suma la planta de Biosólidos El Rotal de Aguas Andinas, que procesa residuos orgánicos derivados del tratamiento de aguas servidas.

Por otro lado, en la comuna hay tres tanques de relaves de las empresas Angloamerican, Codelco y de la Minera San Pedro.

---

<sup>121</sup> [https://www.camara.cl/prensa/noticias\\_detalle.aspx?prmId=132018](https://www.camara.cl/prensa/noticias_detalle.aspx?prmId=132018)

Además, hay una planta de crianza de cerdos de Porkland; una planta procesadora de mármol Duromarmol S.A.; una molinenda de carbón; una fundición de acero de Magotteaux Andino S.A.; una planta de Cementos Polpaico; una ex planta minera perteneciente a la compañía Refimet; el Centro Metropolitano Norte -para reclusión de menores-; y el penal Punta Peuco.

**Detalles:** La comuna de Til Til, de 653 km<sup>2</sup> de superficie, con 20 mil habitantes, ya alberga más de 30 proyectos contaminantes de distintas magnitudes.

**Estado:** EIA Aprobado el 5 de enero de 2017 por la Comisión de Evaluación Metropolitana.



@Rodrigo Saenz/Agenciauno

## 9. Conclusiones

El caso de la cuenca del río Maipo ilustra lo que está sucediendo en general en Chile. Existe un fuerte contraste entre el ámbito rural y urbano. Una suerte de "subsidio" del primero al segundo. Éste se ve reflejado en el impacto negativo en la calidad de vida en las zonas rurales que se ha ido produciendo de manera sistemática y exponencial por todas las actividades y obras que se instalan en los interiores del territorio para servir y abastecer las grandes urbes de diversos insumos -agua, electricidad, leña, productos agrícolas- que son masivos y concentrados centros de consumo.

Esta dinámica rural/urbano nacional, se puede homologar a escala global con la dinámica primer/tercer mundo. Los países 'en vías de desarrollo' sirven y abastecen de materias primas y recursos naturales a los países más ricos. En muchos casos estos últimos incluso cosechan el valor agregado de productos elaborados con las materias primas de nuestros países. Un ejemplo nítido es la lucrativa industria japonesa de papel elaborado con astillas o pulpa de celulosa proveniente de plantaciones del sur de Chile que han provocado un gravísimo impacto negativo socioambiental a nivel local y regional.

Así, desde la fundación de Santiago, los seres humanos, chilenos y chilenas, y empresas nacionales y extranjeras hemos generado un fuerte impacto negativo en la cuenca del río Maipo, en gran medida para 'servir' al Gran Santiago, a las industrias instaladas en la RM e intereses de transnacionales. Al parecer, en el corto plazo lo seguiremos haciendo, si consideramos las proyecciones de crecimiento demográfico e inmobiliario en los sectores urbanos y periurbanos de Santiago, así como los planes expansivos de los sectores extractivos, principalmente minero y energético, en diver-

sos sectores de la cuenca, particularmente en la precordillera, que están siendo evaluados por diversas empresas.

Desde hace un siglo y medio la cuenca del Maipo se encuentra en un proceso intenso de transformación, que incluye graves procesos de degradación ecosistémica. Deterioro histórico provocado por la deforestación, la minería, la explotación hidroeléctrica, la extracción de áridos, y la urbanización. En las últimas dos décadas hemos instalado más capacidad energética en la cuenca del Maipo que en todo el siglo XIX. Nunca se habían extraído tantas toneladas de minerales de las entrañas de la tierra, ni llenado tantos kilómetros de tuberías subterráneas con tales cantidades de combustibles -que provienen incluso de otros países- ni generado la cantidad de desechos industriales y domiciliarios, ni extraído cantidades de áridos semejantes de las riberas del río Maipo y afluentes, como lo hemos hecho en las últimas décadas.

La creciente demanda hídrica por parte del sector agrícola y doméstico urbano, sumada a la proliferación de proyectos hidroeléctricos y mineros, generan una fuerte presión sobre los ecosistemas y las poblaciones humanas que dependen de ellos. El actual escenario de cambio climático y las proyecciones de demanda hídrica para los distintos actores sugieren que la conflictividad en torno al agua irá en aumento. La mayor demanda de agua potable, causada por la expansión demográfica, implicará que los usuarios de los centros urbanos tomarán cada vez más protagonismo en este nuevo escenario.

Los caudales ecológicos o mínimos son motivo de profunda preocupación. El sistema no asume que el único caudal ecológico posible de un río es el que lleva natu-

ralmente en cada estación. Las variaciones estacionales de los caudales son claves para la ecología de todo el ecosistema fluvial -de nacimiento a desembocadura- y de toda la cuenca. Actualmente los “caudales ecológicos” que la ley y la autoridad exigen a los controladores de proyectos que los alteran significativamente están basados en promedios mensuales y anuales<sup>122</sup> del curso de agua con una perspectiva reduccionista y lineal que ignora además la íntima interrelación entre río y cuenca.

Es altamente improbable que un caudal mínimo impuesto permita conservar la salud de un río y de su cuenca; los “valores ambientales” de los que habla la ley. Los embalses de riego e hidroeléctricos ‘desregulan’ ecológicamente para siempre un río, alternando períodos de disminución severa de caudales -durante el llenado- con fuertes y súbitos ‘golpes de agua’ -durante su operación-, lo que afecta incluso la morfología de los cauces y riberas. A este efecto se suma que en los embalses las aguas estancadas pierden los sedimentos por gravedad, lo que impide su reposición en lechos y riberas.

Como se ha dicho, las centrales hidroeléctricas de pasada pueden tener impactos negativos muy similares dependiendo de su escala, extensiones de los desvíos, y características de operación. Todas estas intervenciones, incluyendo las extracciones masivas para agroindustria, agua potable, minería y otras, degradan y fragmentan los ríos y las cuencas, y alteran consecutivamente los caudales y la calidad de las aguas de nacimiento a cordillera. Tal como sucede en Chile prácticamente desde Arica a Puerto Montt, a lo largo y ancho de cuencas y ríos, existen numerosas intervenciones sucesivas, tanto de extracción de caudales, como de vertidos de residuos líquidos in-

dustriales y domésticos mezclados con basura sólida.

Así, los impactos acumulativos -que se suman- o sinérgicos -que se multiplican- son cada vez más difíciles de evaluar. Lo que queda claro es que después de las sucesivas intervenciones de un río de cordillera a mar -como en el Loa, Aconcagua, Maipo, Maule, Ñuble, Biobío- el caudal ecológico natural del río ya no existe en ninguna de sus tres secciones. Ya no sabemos cómo era ni cómo podría ser ese río, y su cuenca, y los ecosistemas asociados. Como dice Carl Bauer<sup>123</sup>, una vez que se construye una central hidroeléctrica en un río este pasa a ser administrado por el Centro Nacional de Carga, ‘regulado’ para la generación hidroeléctrica, es decir desregulado ecológicamente, para adaptar los caudales a las necesidades de los ciclos de operación y rellenado de embalses.

La coordinación de los diferentes usos genera pugnas entre usuarios, servicios públicos, empresas y comunidad. En estas pugnas, el agua para los ecosistemas, la integridad de la cuenca, y los caudales de los que depende toda esa vida, pasan a ser la última prioridad. Entre defensores de ríos y cuencas, los famosos “caudales ecológicos o mínimos” están siendo llamados “caudales anti-ecológicos”.

La gestión territorial de la ciudad de Santiago de Chile se realiza a través de un Plan Regulador Metropolitano que no considera integralmente la cuenca como marco de referencia geográfico, ecosistémico y socioambiental explícito para la ciudad. La urbanización de las cuencas del piedemonte de Santiago ha cambiado e incidido en la calidad de los atributos territoriales de una ciudad severamente afectada por emergencias ambientales, tales como altas concen-

<sup>122</sup> 20% del caudal medio mensual, con el límite máximo del 20% del caudal medio anual, con estadísticas de 25 años, y provisiones especiales para el estiaje en verano.

<sup>123</sup> Carl J. Bauer, 2009. Dams and Markets: Rivers and Electric Power in Chile.

traciones de contaminantes atmosféricos e hídricos, aluviones e inundaciones. En una cuenca que concentra casi el 50% de la población y los principales centros políticos, económicos e instituciones del país, es cada vez más imperioso realizar una gestión integrada ecosistémica de la misma. En este contexto la gestión eficiente del agua se eleva al nivel de un acto de seguridad nacional. La gestión sabia de las aguas puede ser el factor ordenador y articulador, que potencie el manejo apropiado de toda la cuenca.

Dada la importancia del Maipo, y la influencia de las zonas altas en las zonas bajas, es urgente plantearnos como objetivo realizar una gestión integrada de las cabeceras de cuencas que incluya la protección, conservación y restauración ecosistémica. Iniciativas en Perú como la Ley de Protección de Cabeceras de Cuencas, relevan la importancia de estos sectores en la disponibilidad y resiliencia de las aguas.

En nuestro país, hasta hoy, los intentos de aplicar la gestión integrada de cuencas (GIC) han fracasado, fundamentalmente por la total privatización de las aguas -derechos consuntivos y no consuntivos-, y, por lo tanto, de su gestión. Al ser el agua privada, es prácticamente imposible administrar caudales con una perspectiva de justicia social y ambiental, dirimir en forma ecuánime los conflictos respecto de los usos, y proteger los ecosistemas fluviales y las cuencas hidrográficas.

La GIC queda relegada solo a gestionar, y en forma muy deficiente, contaminación, y ciertos aspectos relacionados con la morfología de los cauces. Estas deficiencias son muy patentes en la alta polución que sufren la mayoría de nuestros ríos, salvo los australes, y en el descontrol con la extracción de áridos desde las riberas de los ríos, ya mencionadas.

Las organizaciones de usuarios son privadas, operan solo en el ámbito local, y defienden los intereses de los titulares de

derechos de agua en cauces artificiales (canales y embalses); no tienen injerencia sobre las cuencas en forma integral y con perspectiva socioambiental. Las 'juntas de vigilancia' operan en cauces naturales por secciones de cuenca, y no cumplen con la tarea de monitorearlas en aras del bien común y del cuidado ambiental, dado que son dominadas por las empresas que tienen mayor cantidad de 'acciones', en otras palabras, de derechos de agua en un río, que siempre son los grandes usuarios tales como agroindustriales e hidroeléctricos.

En otras palabras, bien entrados en el siglo XXI, en nuestro país aún no existen organizaciones público/comunitarias que velen por las cuencas de cordillera a mar con la perspectiva del bien socioambiental.

La parte alta de la cuenca concentra los principales glaciares de la región, por ende, este sector es de importancia estratégica y de seguridad nacional. Los predios en los que se ubican los glaciares son en su mayoría fiscales, lo que sin embargo no ha significado su protección. Una Ley Nacional de Protección Glaciar, permitiría a la sociedad garantizar la conservación de estos cuerpos de agua para las futuras generaciones. Otra iniciativa esperanzadora es Queremos Parque, que busca crear un área protegida de usos mixtos de gran tamaño en la cuenca, que permita compatibilizar los usos ancestrales y locales, con aquellos que promueven la conservación de las principales fuentes de agua de nuestro territorio.

Si bien el panorama es desalentador, la iniciativa público-privada que se desarrolló en los últimos 15 años, que llevó a que casi el 100% de las aguas residuales domiciliarias del sector urbano metropolitano estén siendo tratadas, evidencia que cuando se ven claramente las necesidades, y existe la voluntad e interés por generar cambios, éstos se pueden realizar.

Por esto mismo, la solución de los problemas que afectan la cuenca del Maipo requiere de manera imperativa hacer confluir

voluntades e intereses -tanto a escala regional/local/individual, como a escala de la cuenca en su integridad- que se traducen en planes de acción a corto, mediano y largo plazo, en políticas públicas de protección y conservación ecosistémica, así como de ordenamiento y restauración territorial articuladas entre todos los actores. De lo contrario, seguirá la retórica, y en la cuenca del río Maipo, fuente de agua de riego y agua potable de la región más habitada de Chile, la degradación ecosistémica, la pérdida de vegetación nativa, la escasez de agua, y el deterioro de la calidad de vida de la población, empezando por la más vulnerable, seguirán avanzando.

Una de las sorpresas ingratas que enfrentó el equipo de trabajo al hacer esta caracterización de la cuenca del río Maipo fue la gran dificultad para encontrar información de calidad, confiable, consistente, sistematizada, elaborada con sensibilidad y empatía hacia l@s lectores no especialistas. Uno termina metido en un laberinto técnico/académico críptico, con documentos de difícil lectura y comprensión, a menudo con información muy disímil, contradictoria. No solamente se dificulta la investigación, sino también desincentiva.

En vez de encontrar documentos que invitan a la aventura y gozo de conocer para valorar para proteger, se choca con un muro que hay que esforzarse denodadamente por escalar, horadar, sortear, burlar. Muchas veces se termina consolidando información de distinto origen, y también se tiene que optar por una determinada fuente en base a diversas variables, incluyendo la intuición, corriendo el riesgo de difundir información imprecisa.

En el caso de este trabajo en particular, sorprende que sea tan difícil conocer y visualizar claramente el estado de las cuencas y ríos de nuestro país. Estamos muy lejos, entrados en el siglo XXI, de tener como 'patrimonio nacional (podría ser patrimonio si no fuera que esta palabra la usamos para la unión entre dos seres humanos) un

legado imprescindible heredado de tod@s l@s que nos antecedieron en esta nación: la mejor 'línea de base' posible, siempre enriqueciéndose, de lo que existe, que vive, en este bendito territorio, asumiendo que la diversidad de la vida es prácticamente infinita, y está siempre en proceso de cambio. Por supuesto que también es necesario conocer la dimensión 'inorgánica' de nuestro territorio, su geografía, geología, paleontología, morfología y topografía, ya que todo está íntimamente interrelacionado.

Necesitamos conocer nuestro entorno desde Arica a Punta Arenas y la Antártida chilena, de cordillera a mar, a lo largo y ancho de esta 'loca geografía' para valorarlo, para conservarlo y protegerlo. El corolario es claro: si no conocemos, no valoramos, no cuidamos. Y justamente, el tema es que el estado socioambiental del país no es alentador. Es más bien catastrófico. Esto lo sabe y vive en carne propia la población, pero por complejos motivos esta dolorosa experiencia todavía no ha llevado a cambios radicales del sistema económico primario extractivista que es la causa directa de la crisis socioambiental que nos aqueja. Que esta sea global no consuela para nada.

Cuesta creer que el desconocimiento de los tesoros y gemas de nuestro territorio sea solo consecuencia de la dejación, de la indiferencia, o de la incapacidad, dada la relativamente buena calidad de las instituciones de educación superior en nuestro país. Da para pensar que hay algo más. Una traba al conocimiento. Una ceguera. Un velo perceptual que, nuevamente, tiene que ver con el modelo de desarrollo de alto impacto socioambiental que adoptó la República de Chile desde muy temprano, dándole continuidad a la impronta fundacional de los colonizadores españoles e ingleses que literal y principalmente venían a extraer 'riquezas' de estos territorios, todo lo 'valioso' que encontrasen a su paso. Así, el daño ambiental, que siempre redundaba en daño social, se naturalizó en nuestro país.

Como dijera Godofredo Stutzin hace déca-

das, Chile adoptó una mentalidad minera hacia sus 'recursos' naturales, que hoy empezamos a llamar, más apropiadamente, **bienes naturales**, que algunos postulamos son **inapropiables**. Es indudable que estos bienes deben estar bajo la tutela de la comunidad, de la ciudadanía, de la población, pero también es indudable que, estrictamente hablando, son de la biosfera, del planeta, del cosmos. No son propiedad de nadie, ni de estados, ni personas, ni empresas. Simplemente no lo son. Ni el sol, ni las nubes, ni la lluvia, ni los ríos, ni la mar, ni los suelos fértiles cobran por las funciones ecológicas vitales que desempeñan, ni por los 'servicios ambientales' que le entregan a la humanidad.

El concepto de propiedad privada de bienes naturales esenciales, de la tierra, del agua, de la energía es una entelequia, una ideología. Este constructo, útil a los acumuladores de 'propiedad privada', reina, supremo, en la Constitución de 1980, promulgada, lógicamente, por 'capitalistas', que, para enriquecerse, utilizan hábilmente su propio sistema, su modelo *made in Chicago*, con una importante contribución de la Pontificia U. Católica. En el entramado constitucional y legal heredado de la dictadura la propiedad privada es ensalzada, elevada y protegida por encima de los derechos humanos, e incluso de la vida, de lo viviente.

En la constitución de 1980 se conceptualiza en forma retrógrada la justicia ambiental como 'el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación' que, más encima, el Estado no le ha garantizado a nadie hasta ahora, dada la cantidad creciente de población que vive sufriendo la contaminación en todo el territorio, pero particularmente en las 'zonas de sacrificio'. Así, en Chile se internalizó el concepto de los inevitables 'costos del progreso', el que "no se pueden hacer tortillas sin quebrar huevos".

En tiempos muy modernos, desde gobierno y empresariado, se escuchan frases para el bronce tales como "el agua es el

petróleo de Chile" o "el agua de los ríos se desperdicia en el mar". Carl Bauer afirma que la legislación chilena promulgada durante la fiebre del desarrollo hidroeléctrico de la era pinochetista y de los cuatro primeros gobiernos de la Concertación, trata el agua como un combustible, como un insumo para generar electricidad. Y así, muchos proyectos pasaron y siguen pasando a través del grueso colador del SEIA, porque los estudios de evaluación ambiental son liderados, coordinados y editados por las empresas, y están basados en la teoría que los impactos sociales y ecológicos deben ser aceptados a priori, compensados, los primeros, y mitigados, los segundos. De esta manera, algo de lo que sabemos sobre nuestro territorio ha surgido de los estudios de impacto ambiental. Claramente esta no es una buena forma de conocer nuestras tierras y lo que existe en ella. Estudios hechos con premura, reduciendo, minimizando, subestimando lo existente, y negando los impactos de los proyectos de las empresas que les están pagando las consultorías; inventando todo tipo de racionalizaciones compensatorias y mitigatorias. Este es un drama *vox populi* hoy en nuestro país. Las universidades cooptadas por el gran capital, por los grupos económicos. El enorme negocio de las consultorías ambientales.

Al contrario, es estimulante pensar en el trabajo mancomunado proactivo que podría emprender el Estado de Chile con las universidades, con el apoyo desinteresado del sector privado, permitiendo que estudiantes se diseminan por el país investigándolo todo. Un desafío fascinante. Miles de jóvenes con sus mentes brillantes lo harían sin pensarlo dos veces si contaran con el apoyo de tal consorcio. Conocer los pasivos ambientales históricos, verlos claramente, abre la posibilidad de la restauración, de la recuperación, de la regeneración.

Necesitamos saber lo que hay, lo que hubo, lo que podría volver a haber, para restaurar. Sanar, reparar, recuperar son hoy acciones sociales imprescindibles, de vida o muerte

para la humanidad. Como decía Doug Tompkins, hemos llegado a la disyuntiva en que para no caer en el precipicio que está cada vez más cerca, ahí al frente, tenemos que hacer un giro de 180°. Caminar "hacia atrás", desandar camino. Avanzar hacia la vida. Seguir 'progresando' a ciegas "hacia adelante" tal como se ha hecho en los últimos siglos nos lleva a ese abismo que ya se vislumbra. Conocer para valorar para conservar y proteger y restaurar... es el imperativo. Si realmente reflexionamos descubrimos que es la única opción viable.



## 10· Bibliografía

Ahumada, G.; Bustos, D; González, M. 2013. Effect of Climate Change on Drinking Water Supply in Santiago de Chile. Sciences in Cold and Arid Regions. DOI: 10.3724/SP.J.1226.2013.00027

Arenson L.U., Jakob M., Wainstein P. 2015. Effects of Dust Deposition on Glacier Ablation and Runoff at the Pascua-Lama Mining Project, Chile and Argentina. In: Lollino G., Manconi A., Clague J., Shan W., Chiarle M. (eds) Engineering Geology for Society and Territory - Volume 1. Springer, Cham

Arpaia, L; Cantú, P. 2018. Los Vertederos Ilegales de Residuos (VIRS) en la Región Metropolitana de Santiago. Medio ambiente, sustentabilidad y vulnerabilidad social, Volumen V., Publisher: COMECOSO, UASLP, Colegio de San Luis, CONACYT, pp.333-359

Bellisario, A., Ferrando, F., & Janke, J. 2013. Recursos Hídricos en Chile: La relación crítica entre los glaciares y la minería para el manejo sustentable del agua. Investigaciones Geográficas, (46), Pág. 3-24. doi:10.5354/0719-5370.2014.30288

Brenning, Alexander, & Azócar, Guillermo F. 2010. Minería y Glaciares Rocosos: Impactos ambientales, antecedentes políticos y legales, y perspectivas futuras. Revista de Geografía Norte Grande, (47), 143-158. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022010000300008>

CADE-IDEPE, 2004. Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad. Cuenca del río Maipo.

Carrasco, J., Casassa, G., Pizarro, R. y Saravia, M. 2010. Impactos del Cambio Climático, Adaptación y Desarrollo en las Regiones Montañosas de América Latina. Iniciativa estratégica sobre los impactos del cambio climático, adaptación y desarrollo en las regiones de montañas. Santiago de Chile: FAO.

Chile Sustentable. 2012. Glaciares y Minería: Continúa la destrucción de los glaciares. Corporación Nacional del Medio Ambiente. 2005. Estrategia para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago.

Corporación Nacional Forestal. 2014. Elaboración de Insumos Técnicos y Metodológicos para el Desarrollo de la Tipología de Proyectos Forestales de Captura de Carbono por medio de la restauración de Bosques Mediterráneos. Informe final proyecto realizado por el Centro de Estudios de Recursos Naturales (OTERRA), Universidad Mayor.

DGA. 2003. Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Maipo.

DGA, 2015. Diagnóstico Plan Maestro de Recursos Hídricos Región Metropolitana de Santiago. Informe final Volumen 1. Arrau Ingeniería E.I.R.L. S.I.T. N° 371.

DGA. 2015. Información Hídrica de las Cuencas Priorizadas. Fichas temáticas.

División de Estudios y Planificación. 2014. Inventario Nacional de Acuíferos, Informe técnico. SDT N°368. Santiago.

División de Estudios y Planificación. 2017. Inventario Nacional de Acuíferos, Informe técnico. SDT N°403. Santiago.

Echeverría, C., Coomes, D., Hall, M. & Newton, A. 2006. Spatially Explicit Models to Analyze Forest loss and Fragmentation between 1976 and 2020 in Southern Chile. *Ecological modeling*, 212, 439-449.

Fernández, H. 2017. Chilean Semiarid Glaciers in context of Climate Change and Mining Explotation. *Espacios Revista de Geografía*. Universidad Academia de Humanismo Cristiano.

DGA. Ministerio de Obras Públicas. 2014. Glaciares de Chile. Disponible en: <http://bcn.cl/1rj5b> (mayo 2016)

Andina/Los Bronces y Cercanía con Glaciar Olivares [www.chilenieve.com/siempre-lo-supimos-polvo-en-suspension/Imagen](http://www.chilenieve.com/siempre-lo-supimos-polvo-en-suspension/Imagen)  
[www.mch.cl/2011/05/10/proyecto-los-sulfatos-el-nuevo-resplandor-de-los-bronces/](http://www.mch.cl/2011/05/10/proyecto-los-sulfatos-el-nuevo-resplandor-de-los-bronces/)

Jansen, Sarah 2014. Seguro Agrícola Basado en Índices Climáticos para Sequías Hidrológicas como una Estrategia de Adaptación al Cambio Climático en Chile. Tesis para optar al grado de Magister en Economía Agraria. Universidad Católica de Chile.

La Tercera. 2009. Anglo American anuncia descubrimiento de dos yacimientos de cobre en Chile. [www.latercera.com/noticia/anglo-american-anuncia-descubrimiento-de-dos-yacimientos-de-cobre-en-chile/](http://www.latercera.com/noticia/anglo-american-anuncia-descubrimiento-de-dos-yacimientos-de-cobre-en-chile/)

Mauro, L. 2014. Estudio de los Procesos de Adsorción Desorción de los metales Cu, Mn, Pb y Zn en la Cuenca del Río Maipo. Tesis presentada a la Universidad de Chile para optar al grado de Magíster en Química y Memoria para optar al Título de Químico. Universidad de Chile.

Ministerio de Obras Públicas. 2012. Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021. Resumen ejecutivo.

Ministerio del Medio Ambiente. 2011b. Diagnóstico y Propuesta para la Conservación y Uso Sustentable de los Humedales Lacustres y Urbanos principales de la Región del Bío-bío. Centro de Ciencias Ambientales EULA Chile - Universidad de Concepción para MMA.

Ministerio del Medio Ambiente. 2013b. Programas de Vigilancia de Normas Secundarias de Calidad y las que están en Proceso con el Objeto de Avanzar en el Estado Ecológico de las Aguas Superficiales. Campañas de monitoreo y evaluación de estado ecológico de 10 cuencas hidrográficas de Chile. Documento técnico del proyecto normas secundarias de calidad, elaborado por el Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA) para MMA.

Ministerio del Medio Ambiente. 2012a. Conservación y Gestión Sustentable de la Biodiversidad: Clasificación de los ecosistemas terrestres de Chile según su estado de conservación. Estudio encargado por el MMA al Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB).

Ministerio del Medio Ambiente. 2014. Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile. Elaborado en el marco del convenio sobre la diversidad biológica y la aplicación del plan estratégico para la diversidad biológica 2011 – 2020.

Ministerio del Medio Ambiente. 2018. Nómima de Especies según Estado de Conservación en Chile.

Mittermeier, R. A., Turner, W. R., Larsen, F. W., Brooks, T. M., & Gascon, C. (2011). Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots. In: Biodiversity hotspots (pp. 3-22). Springer Berlin Heidelberg.

Serrano, B. 2014. Proyecciones de Disponibilidad del Recurso Hídrico en la Cuenca alta del Maipo, bajo escenarios recientes de Cambio Climático. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile.

SGA S.A., 2016. Diagnóstico de Calidad de Aguas Subterráneas en la Región Metropolitana- Complementario diagnóstico plan maestro de recursos hídricos Región Metropolitana de Santiago. S.I.T. N°390. Santiago, julio, 2016.

World Vision (16 de enero de 2015). Manual de Manejo de Cuencas. Obtenido de Biblioteca CATIE: [http://biblioteca.catie.ac.cr/curso\\_cuencas/documentos/Manual\\_de\\_Manejo\\_de\\_Cuencas\\_Vision\\_Mundial\\_mod.pdf](http://biblioteca.catie.ac.cr/curso_cuencas/documentos/Manual_de_Manejo_de_Cuencas_Vision_Mundial_mod.pdf).

**Anexos: consultar Publicaciones [www.ecosistemas.cl](http://www.ecosistemas.cl)**











ISBN: 978-956-09578-0-1



9 789560 957801