

INFORME

# GESTIÓN DE SEQUÍAS Y LLUVIAS EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO: RECOMENDACIONES PARA UN NUEVO RUMBO

**AUTORA PRINCIPAL**  
ANDREA E. BECERRA

**COAUTORES**  
JORDAN HARRIS, CAROLINA HERRERA, PÍA HEVIA, AMANDA MAXWELL



## RECONOCIMIENTO

Los autores agradecen la valiosa contribución de los integrantes del equipo del Programa de Agua de NRDC, especialmente a Larry Levine, Kate Poole y Tracy Quinn. Este informe también se ha beneficiado con la revisión acuciosa y las observaciones del Dr. Gonzalo Bacigalupe (CIGIDEN), Sebastián Bonelli (*The Nature Conservancy* en Chile), el Dr. Avery Cohn (The Fletcher School, de Tufts University), Daniela Duhart (abogada, Chile), el Dr. John Durant (Tufts University School of Engineering), el Dr. Jesse Keenan (Harvard Graduate School of Design), y Bernardo Reyes (Ética en los Bosques, Chile).

### Acerca de NRDC

El Consejo para la Defensa de Recursos Naturales (NRDC, por sus siglas en inglés) es una organización internacional sin fines de lucro dedicada a la protección del medio ambiente que cuenta con el apoyo de más de 3 millones de miembros y activistas en internet. Desde 1970, nuestros abogados, científicos y otros especialistas en temas ambientales han trabajado para proteger los recursos naturales del mundo, la salud pública, y el medio ambiente. NRDC tiene oficinas en Nueva York, Washington DC, Los Ángeles, San Francisco, Chicago, Montana y Beijing. NRDC trabaja en América Latina para impulsar políticas públicas sólidas y soluciones innovadoras que apoyan un modelo de desarrollo sostenible basado en energía limpia, transporte sostenible y comunidades empoderadas y resilientes al cambio climático, y que a la vez protege los recursos naturales de la región. Para mayor información visite [www.nrdc.org](http://www.nrdc.org).

### Acerca de Adapt Chile y la Red Chilena de Municipios ante el Cambio Climático

Adapt Chile es una ONG chilena que trabaja con la misión de promover la integración transversal del cambio climático en la planificación, toma de decisión y desarrollo a nivel subnacional, con el objetivo de fortalecer las acciones locales ante el cambio climático. Una de las líneas de trabajo principales en la coordinación de la Red Chilena de Municipios ante el Cambio Climático, la cual es una comunidad de intercambio que promueve la colaboración técnica y política entre los municipios que la integran. Actualmente integra a más de 60 municipios que se comprometen voluntariamente a incorporar el cambio climático a la planificación y gestión local. Visítenos en [adapt-chile.org](http://adapt-chile.org) y [www.redmunicic.org](http://www.redmunicic.org).

*Oficial de Comunicaciones de NRDC:* Michelle Egan

*Directores Generales de Comunicaciones de NRDC:* Lisa Goffredi and Jenny Powers

*Directora de Publicaciones de NRDC:* Mary Annaïse Heglar

*Editora de Publicaciones de Política de NRDC:* Leah Stecher

Imagen de portada: © Cristián Plos Lira

*Diseño y producción:* [www.suerossi.com](http://www.suerossi.com)

© Natural Resources Defense Council 2019

# Índice

---

<b>Introducción.....</b>	<b>4</b>
<b>Desafíos para la gestión del agua en la Región Metropolitana de Santiago .....</b>	<b>7</b>
Aumento del riesgo de inundaciones .....	7
Uso ineficiente del agua en zonas urbanas y rurales.....	7
Pérdidas y consumo no autorizado.....	9
Falta de información.....	9
Conflictos en torno a las aguas subterráneas .....	9
Una cuenca tratada como si fuesen varias .....	10
<b>Soluciones para la gestión del agua.....</b>	<b>12</b>
Introducir el verde en la ciudad.....	12
Aumentar la eficiencia .....	14
Reducir la pérdida de agua .....	16
Recolectar datos .....	16
Organizar a los usuarios de aguas subterráneas.....	17
Hacia una gestión más integrada de la cuenca .....	18
<b>Conclusión.....</b>	<b>19</b>



## Introducción

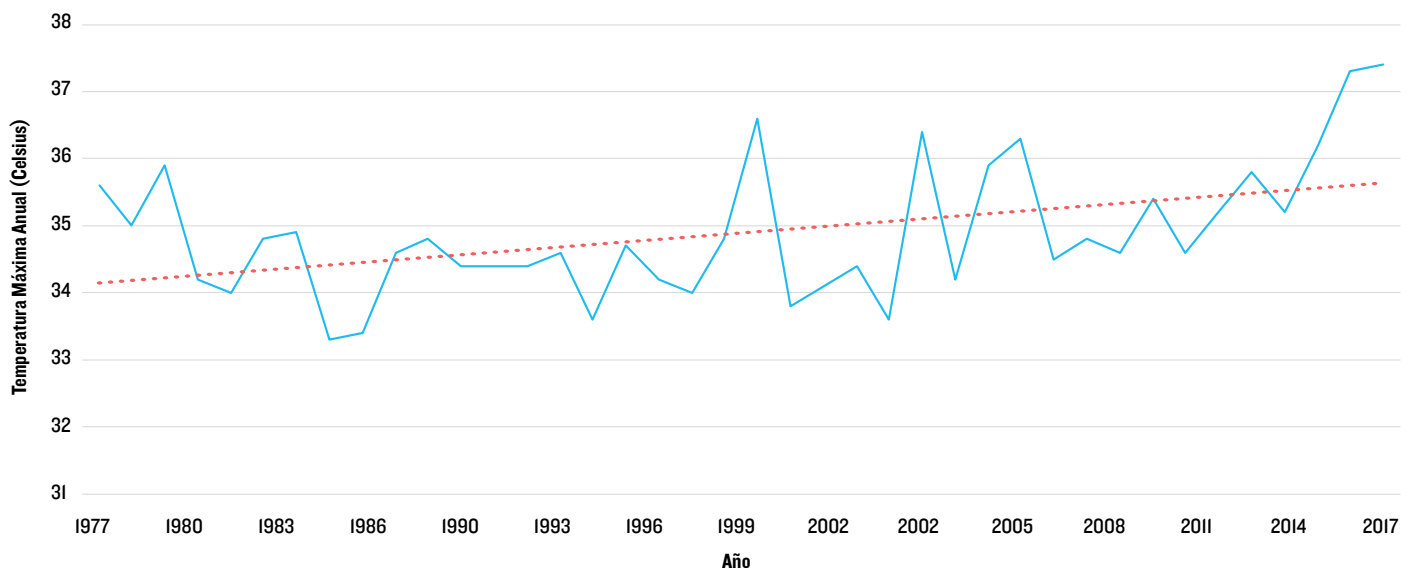
Durante la última década, en la zona central de Chile el cambio climático se ha manifestado en olas de calor que han superado temperaturas récord, inundaciones, sequías e incendios forestales<sup>1</sup>. Debido a estos fenómenos los medios de subsistencia se han visto afectados negativamente, se han producido cortes de generación eléctrica, se ha desincentivado el turismo, han disminuido los rendimientos agrícolas y en algunas localidades se ha limitado la disponibilidad de agua potable<sup>2</sup>. El problema se ha venido agudizando. Se prevé que en Chile aumenten las inundaciones y que la región sufrirá un mayor estrés hídrico, según cálculos que consideran el aumento de la demanda de agua en relación con la disponibilidad de esta —en el hemisferio occidental en los próximos 40 años<sup>3</sup>. De hecho, se estima que el impacto del cambio climático, incluidas las sequías e inundaciones, representará 1% del producto interno bruto (PIB) del país durante los próximos ochenta años. En cifras, 1 % del PIB en 2018 equivalía a CLP 1,9 billones (USD 2.800 millones)<sup>4</sup>.

La Región Metropolitana (RM), donde se encuentra la ciudad capital, Santiago, es el mayor centro económico del país. Su población es de 7,1 millones de habitantes (40,5% de la población de Chile) y en ella se genera 46% del PIB<sup>5</sup>. El cambio climático y el estrés hídrico que lo caracteriza representan desafíos económicos únicos para la población urbana y rural de la RM. Las olas de calor extremo y las precipitaciones, que han disminuido de 20 a 30% en los últimos dos decenios, han conducido a una grave escasez de agua<sup>6</sup>. Además, la distribución del agua

presenta problemas, pues se calcula que unos 20 acuíferos de la RM están sobre-otorgados, esto es, que los derechos para extraer aguas subterráneas exceden la disponibilidad del recurso hídrico<sup>7</sup>. Todo ello reduce la disponibilidad de aguas subterráneas, que son una de las fuentes principales de agua para el sector rural en Chile. Con la disminución de las fuentes de agua la economía agrícola del país y las localidades rurales se han vuelto cada vez más vulnerables a las sequías.

FIGURA I

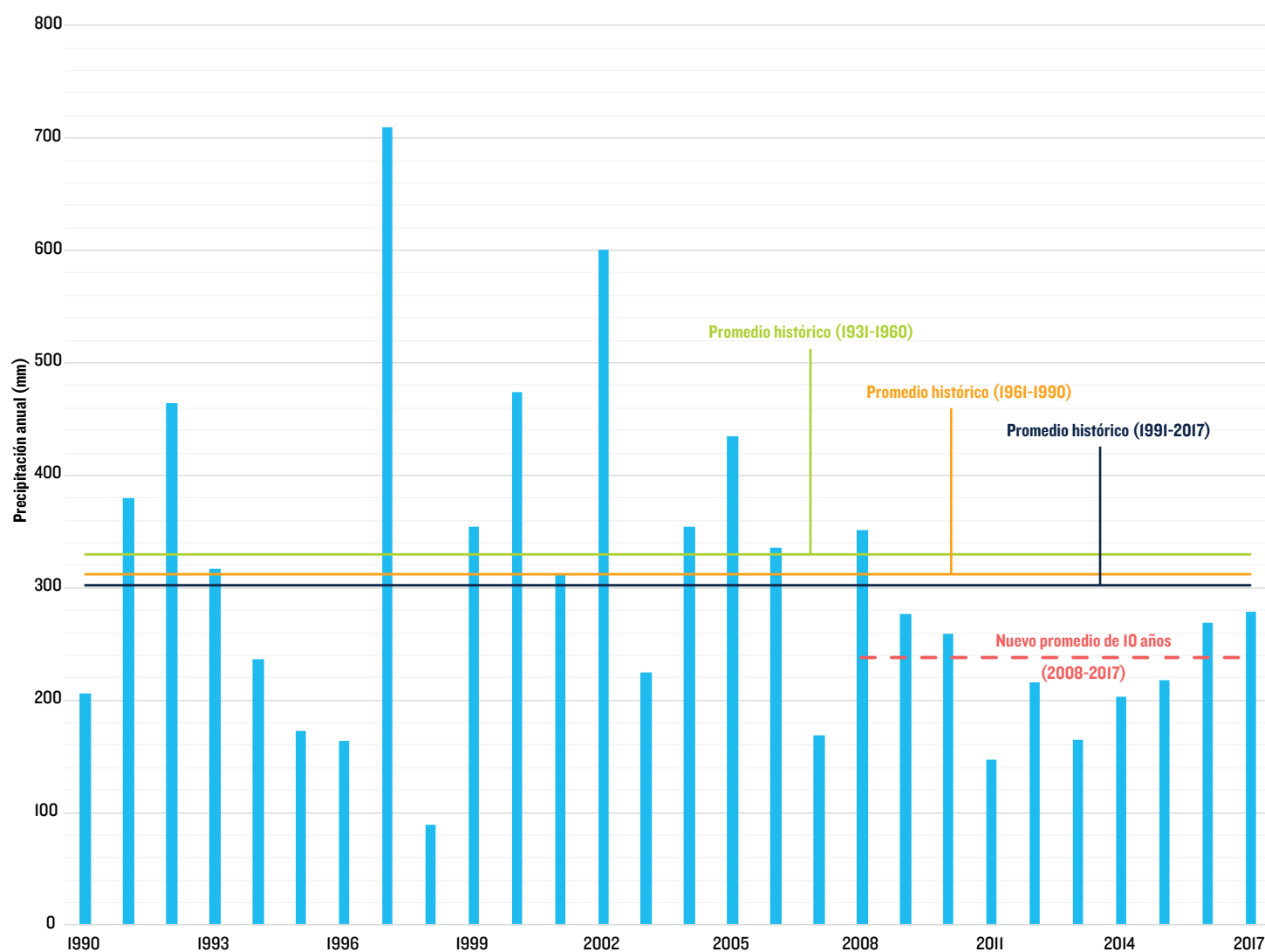
Temperaturas máximas registradas cada año en la estación meteorológica de la Quinta Normal, en Santiago de Chile. La línea roja punteada indica un aumento de las temperaturas a un ritmo constante. En los años 2016 y 2017 se registraron en la capital las temperaturas más altas en la historia.



Fuente: Elaborada por los autores con datos del Anuario Climatológico de la Dirección Meteorológica de Chile (DGAC) para los años 1977 a 2017<sup>8</sup>.

FIGURA 2

Pese a que habitualmente la tasa de precipitaciones varía de año a año, entre 2008 y 2017 estas tasas se han ubicado por debajo del promedio histórico de Santiago.



Fuente: Elaborada por los autores con datos del Anuario Climatológico de la DGAC de los años 1990 a 2017.

Pese a que la región enfrenta un futuro con escasez de agua, se prevé que en Santiago aumente el riesgo de inundaciones y aluviones, lo que puede comprometer la calidad y la oferta de agua, dañar la infraestructura y aumentar los riesgos para la salud<sup>9</sup>. Considerando los promedios de 1912 a 1999, la RM ha experimentado un aumento de 22% de las inundaciones y casi seis veces más aluviones por año entre 2000 y 2017<sup>10</sup>. En menos de una década, la RM ha sufrido tres aluviones considerables con cortes del suministro de agua que han afectado a cientos de miles de personas<sup>11</sup>. En 2017, por ejemplo, un importante aluvión dejó sin suministro de agua a más de cuatro millones de habitantes, y en algunos lugares este corte duró varios días<sup>12</sup>. A medida que las

temperaturas aumentan en la región, se pronostica que en las zonas cordilleranas de la RM, donde normalmente cae nieve, caiga en cambio más lluvia, lo que aumenta el volumen de agua y la probabilidad de que se produzcan aluviones<sup>13</sup>. Además de perturbar el suministro de agua, las inundaciones pueden provocar cortes de electricidad, propagar enfermedades transmitidas por el agua, causar la pérdida de vidas y dañar considerablemente la infraestructura crítica (carreteras, puentes y redes de distribución eléctrica).

Agudizados por el cambio climático, es probable que estos apremiantes problemas se agraven aún más con el crecimiento poblacional y con la urbanización. Afortunadamente hay soluciones, y estas ofrecen

oportunidades reales para que Chile avance hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y las metas de adaptación al cambio climático.

Entre los numerosos trabajos existentes sobre los desafíos hídricos que enfrenta la zona central de Chile y las posibles soluciones a estos, están los informes de la Dirección General de Aguas (DGA) de Chile, la Fundación Chile, el Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN) y el Centro Global de la Pontificia Universidad Católica de Chile (UC Centro Global). También se encuentran importantes iniciativas surgidas para dar respuesta a los problemas mencionados, como el Fondo de Agua de The Nature Conservancy, que apunta a proteger los humedales y la vegetación autóctona de la cuenca del Maipo, en la RM, la iniciativa 100 Ciudades

Resilientes, que busca reducir el consumo de agua domiciliar y proteger la parte alta de los glaciares, y el Plan de Adaptación del Maipo (MAPA), una evaluación de la vulnerabilidad de los diferentes actores que intervienen en la cuenca del río Maipo.

El objetivo de este informe es aprovechar el valioso trabajo realizado hasta la fecha y complementarlo con experiencias internacionales positivas que ofrecen soluciones de corto y mediano plazo a la gestión de los problemas de agua en la Región Metropolitana de Santiago. Esperamos que los datos, las cifras, los ejemplos y las ideas contenidas en este estudio contribuyan a informar el debate y a impulsar la toma de medidas concretas que permitan avanzar en la gestión del agua en la zona central de Chile.

## UNA CUENCA EN PELIGRO

La cuenca del río Maipo es una pieza clave en la economía regional. Abastece de agua a la minería y la generación de energía, irriga más de 90% de la superficie agrícola de la cuenca y proporciona 80% del agua potable para la región<sup>14</sup>. Desafortunadamente, con el aumento de la temperatura y la disminución de las precipitaciones las aguas de la cuenca del Maipo se han convertido en uno de los recursos más vulnerables al cambio climático<sup>15</sup>. La cuenca se alimenta de unos mil glaciares que están retrocediendo, y se prevé que en 2070 el cauce de la cuenca disminuirá un 40% a causa de la disminución de las precipitaciones y el retroceso de los glaciares<sup>16</sup>.



Aguas arriba del río Maipo (la primera sección administrativa) en verano, enero de 2018.



Embalse del Yeso en el Cajón del Maipo.

El crecimiento de la población, una economía en expansión y el aumento de la calidad de vida ya provocan un uso excesivo del recurso hídrico disponible en la RM. Los impactos del cambio climático sobre la disponibilidad de agua en la RM generarán una presión nueva y posiblemente crítica en las comunidades y en la economía regional. Para asegurar la sostenibilidad territorial, la RM deberá enfrentar seis desafíos claves para la gestión del agua en la cuenca del río Maipo, que proporciona la mayor parte del agua de la RM.

## I. AUMENTO DEL RIESGO DE INUNDACIONES

La urbanización, junto con el aumento de las lluvias intensas, la pérdida de vegetación y las temperaturas altas que superan el promedio a causa del cambio climático, ponen a la RM cada vez más vulnerable a las inundaciones y aluviones. El 40% de la población del país vive en la RM<sup>17</sup>. Según las proyecciones, si todo sigue igual, la población regional aumentará alrededor de 20% en 2050, alcanzando 8,5 millones de habitantes<sup>18</sup>. Para acoger ese incremento de población, el área urbana de Santiago se ha ido expandiendo; se han reemplazado los paisajes naturales y la tierra agrícola por caminos pavimentados, edificios residenciales y centros comerciales<sup>19</sup>. Vinculado a esto, en la RM hay una relación directa entre la pérdida de espacios verdes y el aumento de fenómenos como la escorrentía de aguas superficiales y las inundaciones<sup>20</sup>. Cuando una lluvia torrencial cae sobre las calles impermeables de una ciudad, no hay forma de evacuar las aguas lluvia. Los científicos del Centro Helmholtz de Investigación del Medio Ambiente pronostican que, si la tasa de urbanización y el tipo de edificación actuales de Santiago continúa sin ningún

cambio, las inundaciones serán cada vez más severas tanto en el área cubierta como en la profundidad<sup>21</sup>.

## 2. USO INEFICIENTE DEL AGUA EN ZONAS URBANAS Y RURALES

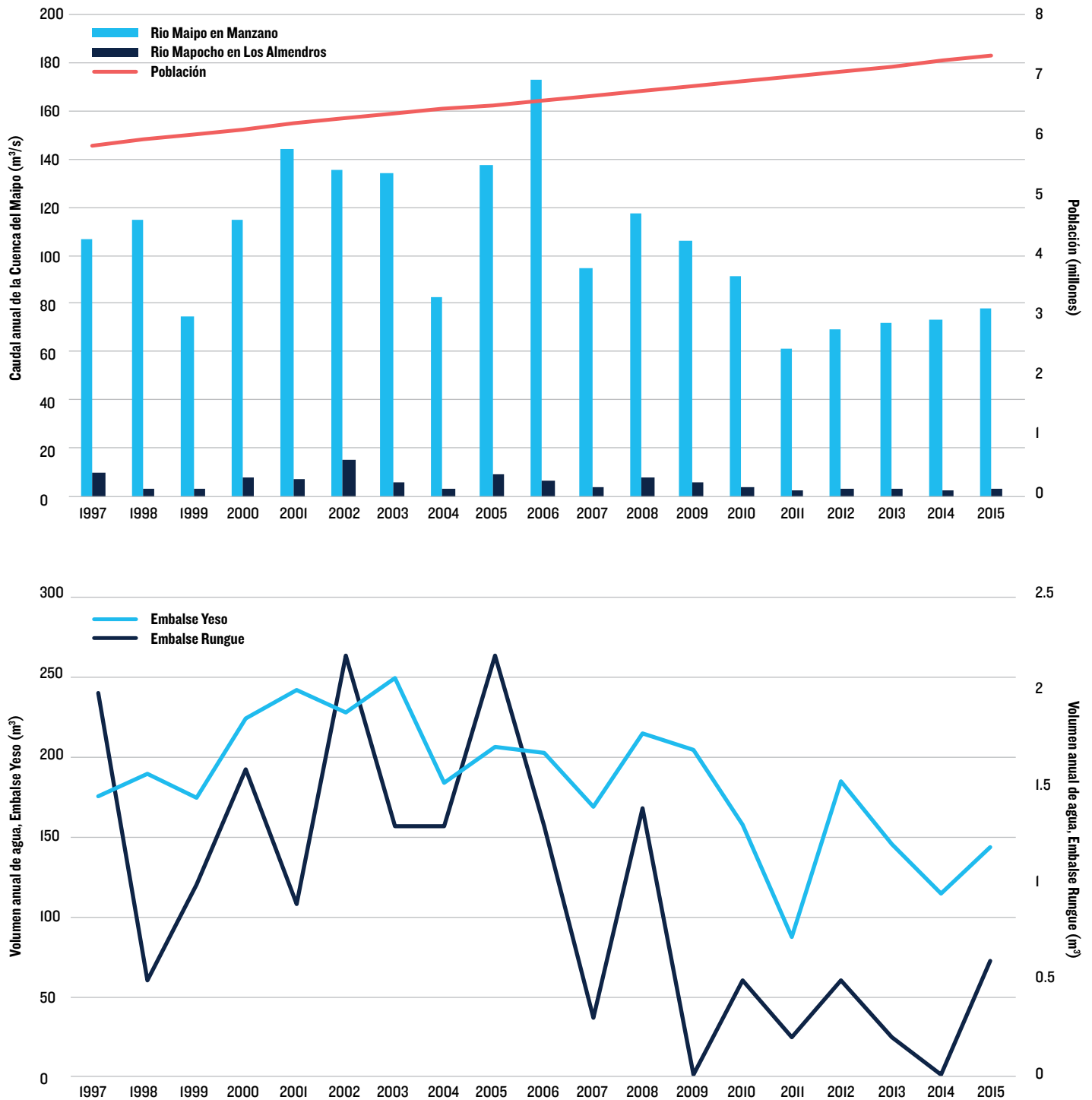
Pese a ser vulnerable a la escasez de agua, la zona central de Chile registra el consumo de agua potable per cápita más alto del país (Figura 4)<sup>22</sup>. Incluso durante la megasequía de 2010-2015 —que ocurrió durante del sexenio más caluroso del que se tenga registro— las costumbres de los santiaguinos respecto del agua, con prácticas como regar áreas verdes que requieren un uso intensivo del agua, llenar piscinas privadas, lavar las veredas y tomar largas duchas, siguieron relativamente inalteradas, y no se crearon suficientes incentivos para disminuir el consumo<sup>23</sup>.

Pese a los progresos realizados en materia de riego durante los años noventa, en las zonas rurales se sigue sobre utilizando agua y por lo tanto aún existen oportunidades para mejorar la eficiencia hídrica. La RM es la cuarta región agrícola más importante del país, albergando a los cuatro principales sectores agrícolas del país y ocupando un total de 48.670 hectáreas de tierras arables. En el caso de la agroindustria frutícola, un 74% cuenta con sistemas de riego eficientes, sin embargo, cerca del 21% sigue empleando métodos ineficientes de riego por surcos<sup>24</sup>. Si en estas propiedades agrícolas no se implementan mejores tecnologías y prácticas de gestión, el cambio climático incrementará aún más la necesidad de agua a medida que las temperaturas aumentan, generando una mayor evaporación del agua expuesta en los canales de riego<sup>25</sup>.



FIGURA 3

A medida que la población en la RM ha aumentado, los recursos hídricos han disminuido. El gráfico superior muestra el flujo anual de los dos ríos principales en la cuenca del Maipo, así como el crecimiento de la población de la RM. El gráfico inferior muestra el volumen anual de los dos principales embalses en la cuenca del Maipo. Cabe notar que entre 2010 y 2015 la región sufrió sequías excepcionales.

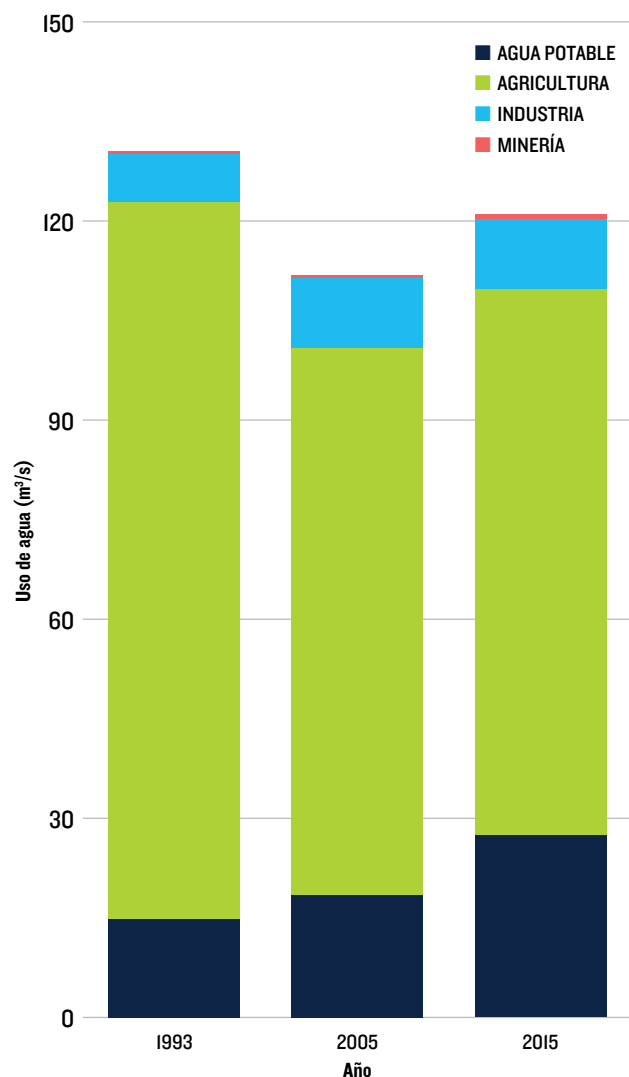


Fuente: Elaborada por los autores con datos del Informe Anual de Medio Ambiente del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) entre los años 1996 y 2015<sup>26</sup>.



FIGURA 4

El gráfico muestra el uso de agua en la Región Metropolitana en metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ) en 1993, 2005 y 2015. El consumo total de agua potable casi se duplicó entre 1993 y 2015, pese a que el uso total de agua disminuyó en ese mismo período. Esto se debe a la reducción significativa de la demanda de agua para uso agrícola registrada entre 1993 y 2005, que se explica por prácticas agrícolas más eficientes, como el riego por goteo, implementadas a fines de los años 90<sup>27</sup>. Sin embargo, aún se necesitan muchas mejoras en este sector. Por otro lado, el aumento del consumo de agua potable, probablemente debido al crecimiento de la población y de la economía, es alarmante en un país considerado como uno de los más vulnerables a la escasez de agua en el hemisferio occidental.



Fuente: Elaborado por los autores con datos de tres informes de la DGA de 2000, 2015 y 2016<sup>28</sup>.

### 3. PÉRDIDAS Y CONSUMO NO AUTORIZADO

Se calcula que en Chile más de 30% del agua potable es agua no contabilizada (ANC), esto es, agua que nunca llega al consumidor debido a robos de agua, errores técnicos o fugas de agua a causa de tuberías rotas o corroídas<sup>29</sup>. Un estudio indica que Aguas Andinas, el principal proveedor de agua potable de la RM, pierde alrededor de 31% del agua tratada por situaciones como el uso desregulado del agua, la medición inexacta y la existencia de cañerías que se filtran o que son demasiado viejas<sup>30</sup>. Esto equivale a una pérdida mensual de 700.000 metros cúbicos y a un monto de CLP 468 millones (USD 685 mil)<sup>31</sup>. En este caso no sólo se pierde agua purificada en una región vulnerable a la sequía, sino que también se pierden recursos que podrían invertirse en mantenimiento y modernizaciones.

### 4. FALTA DE INFORMACIÓN

La DGA carece de los recursos necesarios para supervisar y monitorear de manera efectiva los derechos de uso y el uso de las aguas subterráneas, así como para actualizar con datos precisos el Sistema Nacional de Información del Agua (SNIA)<sup>32</sup>. Como consecuencia, la información sobre la cantidad de agua extraída de los acuíferos de la RM es insuficiente o inaccesible, lo que dificulta la regulación y la gestión sostenible de este recurso. Por otra parte, el Código de Aguas de Chile establece una separación jurídica entre los derechos de uso de las aguas subterráneas y aquellos del agua superficial, aunque en realidad ambas están hidrológicamente conectadas. Es alarmante que la relación entre el uso del agua superficial aguas arriba y la disponibilidad de agua subterránea aguas abajo no esté suficientemente estudiada ni documentada en la cuenca del río Maipo. Entre los usuarios de aguas subterráneas de la RM hay pequeños agricultores, industrias, grandes empresas agrícolas y los sistemas de Agua Potable Rural (APR), que abastecen de agua a la población rural. La situación es especialmente preocupante debido a que en la RM muchas localidades rurales aguas arriba dependen, para sus necesidades diarias, de aguas subterráneas que disminuyen. Aunque la Ley 21.064 de enero de 2018 incorporó enmiendas que le otorgan más poder a la DGA para monitorear el uso del agua y sancionar las actividades ilegales, todavía se deben enfrentar muchos obstáculos para aplicar la regulación y para actualizar el SNIA<sup>33</sup>.

### 5. CONFLICTOS EN TORNO A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

En el Artículo 263 del Código de Aguas se considera a los usuarios de aguas subterráneas como parte de las organizaciones de usuarios de agua (OUA), que gestionan la distribución del recurso hídrico y se encargan de la resolución de conflictos y la construcción y el mantenimiento de las obras públicas en una determinada cuenca. Sin embargo, en realidad los usuarios de aguas

subterráneas de la RM no forman parte de ninguna entidad formal de administración de la cuenca. La falta de colaboración y de comunicación entre los diferentes sectores crea dificultades en el monitoreo del suministro de agua y hace más difícil abordar las necesidades y el descontento de los usuarios de aguas subterráneas. Durante los períodos de escasez de agua en la última década, en regiones como Chacabuco y Melipilla han surgido conflictos en torno a las aguas subterráneas, en particular entre residentes, pequeños agricultores y grandes industrias agrícolas<sup>34</sup>.

## 6. UNA CUENCA TRATADA COMO SI FUESEN VARIAS

La cuenca del río Maipo está legalmente dividida en tres secciones administrativas, cada una considerada separada en gestión y derechos de agua. La primera sección —que

incluye la fuente donde nace el río— está constituido por múltiples usuarios de agua que han aprendido a trabajar juntos en el marco de una estructura formal. Aunque el uso del agua en esta primera sección afecta a las otras dos, dado que las tres secciones están hidrológicamente conectadas en una misma cuenca, no existe ninguna obligación legal para que los usuarios de la primera sección colaboren con los usuarios de las otras dos secciones<sup>35</sup>. A medida que la región experimenta cambios demográficos y climáticos que ponen un estrés adicional en los suministros de agua, será cada vez más necesario que los usuarios enfrenten los conflictos que surgen en relación con la demanda de agua. La colaboración en toda la cuenca puede mejorar la capacidad para compartir información y resolver conflictos, convirtiéndose en una herramienta importante para tomar decisiones sobre la asignación del recurso hídrico que maximicen las necesidades sociales y económicas sin comprometer el medio ambiente.

### LÍMITES LEGALES EN LA GESTIÓN DE LA CUENCA

El Código de Aguas (1981) establece las normas legales del mercado privado del agua en Chile. En el marco del Código, la DGA otorga derechos de agua a usuarios privados que pueden vender, hipotecar o transferir y que están legalmente separados de la propiedad de la tierra. El Código de Aguas también le confiere autoridad a las juntas de vigilancia —un tipo de organización de usuarios de agua— para que supervisen la distribución del agua, resuelvan los conflictos entre usuarios de agua y gestionen la construcción y el mantenimiento de obras públicas<sup>36</sup>.

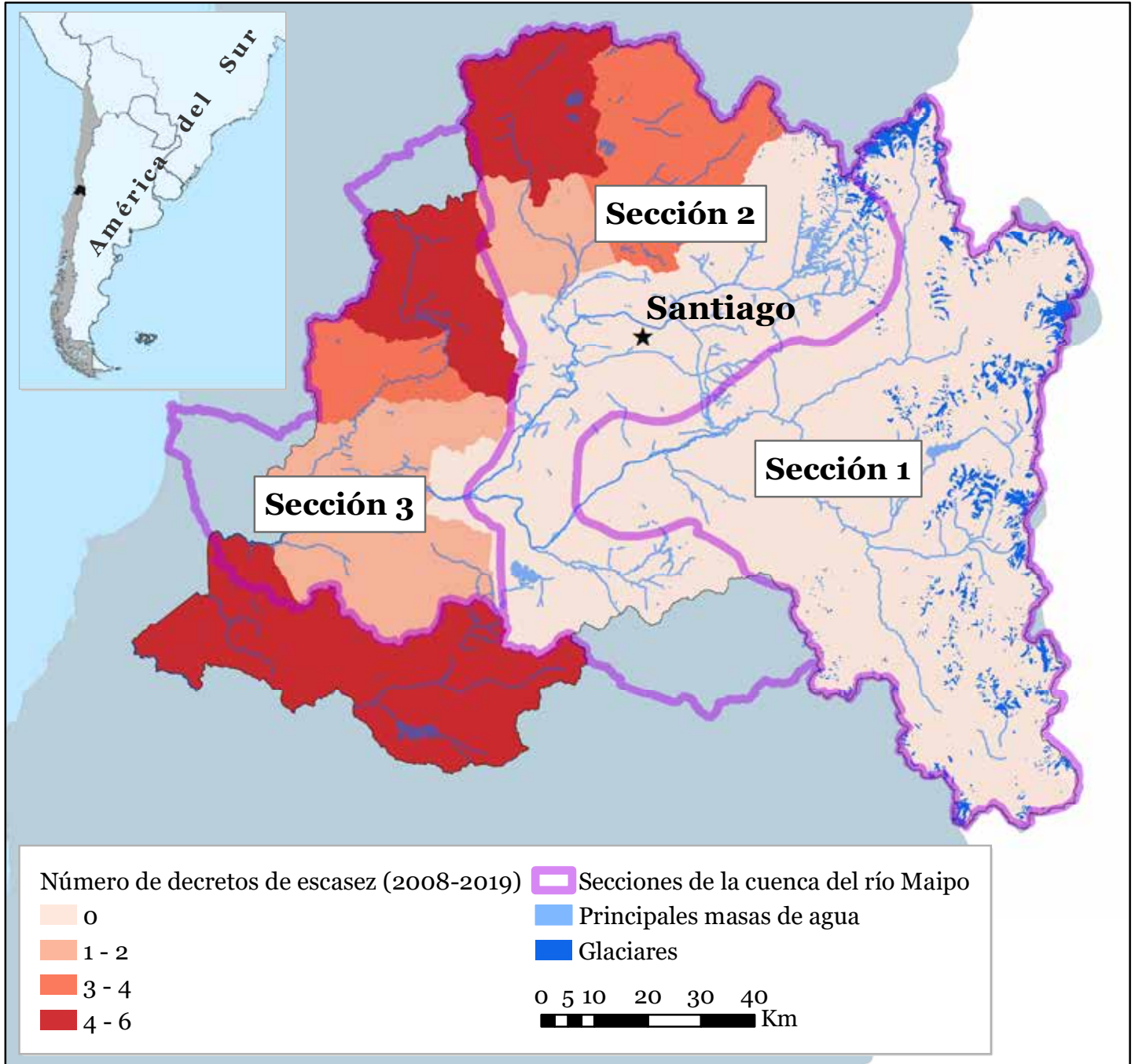
De acuerdo con el Código de Aguas, en Chile las cuencas hidrográficas se administran por secciones. La cuenca del río Maipo se divide en tres secciones administrativas (Figura 5). Aun cuando la cuenca se reconoce como “una corriente natural”, el artículo 264 del Código de Aguas permite que diferentes juntas de vigilancia distribuyan y administren el agua de sus secciones de manera independiente de las “secciones vecinas de la misma corriente”. En principio la división de la cuenca le facilita a la DGA la organización y administración de los derechos de agua en la cuenca del río Maipo, aunque en términos de hidrología cada sección del Maipo depende de las otras dos y ninguna de las tres secciones funciona de manera aislada. Los derechos de agua están sobre-otorgados a lo largo de la cuenca, incluso en la primera sección, de modo que los usuarios aguas arriba pueden disminuir la oferta aguas abajo. Esta situación será cada vez más problemática a medida que el cambio climático y el crecimiento demográfico provoque una mayor presión en el recurso hídrico<sup>37</sup>.

Pese a que el Código de Aguas permite la existencia de una junta de vigilancia en cada una de las secciones de la cuenca del Maipo, en realidad sólo en la primera sección hay una de ellas realmente operativa. La segunda sección no tiene una junta de vigilancia y la junta de la tercera no está lo suficientemente organizada. Estas dos secciones tienen conflictos sobre los derechos de agua y, al mismo tiempo, son las más vulnerables a la sequía.

Finalmente, el artículo 263 del Código de Aguas exige que los usuarios de aguas subterráneas, como los pequeños agricultores y grandes empresas agrícolas, se incorporen a las juntas de vigilancia o a otras OUA, pero en la práctica no están integrados en ninguna gestión formal de la cuenca<sup>38</sup>. Debido a esto, para los usuarios es difícil enfrentar efectivamente los conflictos en torno a un recurso hídrico sobre-otorgado, especialmente en tiempos de sequía.

FIGURA 5: DECRETOS DE ESCASEZ POR COMUNA EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE CHILE

Los decretos de escasez emitidos por el gobierno entre 2008-2019 sirven como una medida de la vulnerabilidad a la sequía por comuna. El borde morado representa las tres secciones administrativas de la cuenca del río Maipo. La cuenca abarca la mayor parte de la RM, por lo tanto cualquier discusión sobre la gestión hídrica a nivel regional requiere una comprensión profunda de la cuenca del Maipo. La primera sección comienza en las cabeceras de los Andes, seguida por las secciones dos y tres aguas abajo, donde se encuentran las comunidades más vulnerables (Til Til, Colina, Curacaví y parte de San Pedro de Melipilla, sombreadas en el rojo más oscuro). Alhué, fuera de la cuenca del Maipo pero dentro del RM, recibió la mayoría de los decretos de escasez<sup>39</sup>.



DATUM WGS 1984, Proyección UTM, Zona 19S

Fuente: Consbio (2011), Dirección General de Aguas (DGA) (2008-2019),

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (2008-2011), Instituto Nacional de Estadística de Chile (2017)

Fuente: Mapa creado en ArcGIS por los autores.

Las cañerías defectuosas, la falta de información y la escasa colaboración son motivos suficientes para que la RM tome medidas inmediatas orientadas a reformar la gestión del agua. A continuación se presentan seis soluciones posibles para los actores que intervienen en la RM que van desde la infraestructura verde hasta la cooperación a nivel de cuenca. Algunas de estas medidas se han implementado con éxito en otras regiones del mundo que enfrentan desafíos hídricos similares y pueden servir como puntos de referencia para los desafíos de escasez hídrica que enfrenta la región.

### I. INTRODUCIR EL VERDE EN LA CIUDAD

#### INFRAESTRUCTURA VERDE E INFRAESTRUCTURA GRIS

Los humedales, los árboles y el césped no siempre son considerados por los planificadores urbanos cuando consideran la *infraestructura*, aún menos cuando el debate se centra en la gestión del agua. En Chile, como en la mayoría de los países, la infraestructura para la gestión hídrica generalmente equivale a proyectos de ingeniería realizados en concreto y acero, con cañerías, alcantarillas, instalaciones para el tratamiento de aguas servidas y otras estructuras que pueden contribuir a resolver un problema del ciclo del agua mientras olvidan otros. Este tipo de obras constituyen la infraestructura gris<sup>40</sup>. Por otro lado, las obras de “infraestructura verde”, que apuntan a la capacidad de la naturaleza para administrar el agua y otros recursos, generalmente cumplen la misma función que la infraestructura gris, pero además prestan servicios al ecosistema. Algunos ejemplos de infraestructura verde son los techos verdes, los jardines de lluvia y los espacios naturales restaurados que posibilitan la participación de los centros urbanos en el ciclo del agua y mejoran la capacidad de una ciudad para redirigir, absorber y reutilizar las aguas lluvia. De hecho, está demostrado que hay una relación directa entre la pavimentación de espacios verdes naturales y el aumento del riesgo de inundaciones<sup>41</sup>. Más aún, algunos estudios demuestran que aumentar la densidad de bosques en los límites de Santiago contribuiría a evitar las escorrentías fluviales al interior de la ciudad<sup>42</sup>. A largo plazo, la infraestructura verde puede ser una forma más rentable y eficaz para reducir la contaminación de las aguas lluvia y el desbordamiento de aguas residuales<sup>43</sup>.

Con todo, hoy en día la Corporación Nacional Forestal (CONAF) protege y conserva menos de 1% de la superficie del hábitat natural de la RM, en comparación con 19,2% del resto del país. De hecho, la superficie promedio de área verde por habitante en Santiago, de 3,4 metros cuadrados, es muy inferior a los 9 metros cuadrados que recomiendan las organizaciones internacionales<sup>44</sup>. Además, la distribución de estos escasos espacios verdes en la ciudad

es muy desigual. Algunos barrios tienen 0,4 a 2,9 metros cuadrados de área verde por habitante mientras que otros —normalmente los de mayores ingresos— cuentan con 6,7 a 18,9 metros cuadrados de área verde por habitante<sup>45</sup>. La protección de los espacios verdes existentes en la RM y la creación de nuevos, así como una distribución más equitativa de estos podría mejorar la resiliencia de toda la región.



Techos verdes como los que muestra esta foto tomada en Sydney, Australia, pueden mejorar la calidad del aire, disminuir el volumen de la escorrentía y reducir el gasto energético (y la emisión de gases con efecto invernadero) requerido para enfriar los edificios. Aunque los resultados varían, en algunos estudios se calcula que los techos verdes pueden contribuir a disminuir el consumo de energía en más de 50%<sup>46</sup>.

#### BENEFICIOS DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE PARA LAS PERSONAS

En comparación con la infraestructura gris, la infraestructura verde bien planificada tiene múltiples beneficios sociales, como el mejoramiento de la salud pública<sup>47</sup>. Por ejemplo, un estudio reciente documentó una mejora importante en la salud mental de las personas en Philadelphia con la transformación de unos terrenos urbanos vacíos en espacios verdes<sup>48</sup>. La infraestructura verde también purifica el aire y filtra el agua. La purificación del aire es especialmente relevante en la zona central de Chile, donde la contaminación atmosférica por material particulado ha resultado en un tipo de aire que es de los más tóxicos del continente<sup>49</sup>.

Paralelamente, la infiltración del agua natural puede disminuir la necesidad de bombear mecánicamente agua y de tratar las aguas servidas, reduciendo así el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero. La infraestructura verde ha resultado en ahorros en el tratamiento de aguas servidas en todo el mundo. Por ejemplo, en Lancaster, Pennsylvania (EE.UU.), se registraron ahorros anuales de USD 600.000 (CLP 412 millones) y en Milwaukee, Wisconsin (EE.UU.), de USD 1,3 millones (CLP 892 millones)<sup>50</sup>. Además, la infraestructura



verde es una forma rentable de capturar la contaminación por escorrentía, de productos como la gasolina, la grasa, los metales, las bacterias y otras materias tóxicas presentes en las calles de las ciudades antes de que estos sean evacuados en los sistemas de alcantarillado y descargados en las aguas superficiales de los alrededores<sup>51</sup>. Finalmente, la infraestructura verde puede aumentar la

disponibilidad total de agua, en particular al permitir que un mayor volumen de agua penetre al suelo por infiltración. Esto ayuda a reponer las fuentes de aguas subterráneas, que son fundamentales para estabilizar la disponibilidad de agua en la RM. Algunos implementos como los barriles de lluvia de los jardines pluviales también pueden contribuir a recuperar agua para uso comercial o residencial.

© Ian Lee/Flickr



El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos utiliza humedales a lo largo del río Charles, en Massachusetts, para evitar el daño producido por las inundaciones. Se calcula que los humedales de esta cuenca han permitido ahorrar USD 17 millones (CLP 11,8 mil millones) en daños por inundaciones cada año<sup>52</sup>.

## MEDIDAS NATURALES CONTRA LAS INUNDACIONES

### CIUDADES ESPONJA EN CHINA

En 2015 el gobierno chino puso en práctica la iniciativa Ciudad Esponja, con la cual se impulsaron proyectos de infraestructura verde en 30 ciudades del país. Se han invertido más de USD 12 mil millones (CLP 8.310 mil millones) (15 a 20% provenientes del gobierno central y el resto del sector privado y de los gobiernos locales) en “proyectos esponja”, como caminos con pavimento permeable, restauración de humedales, jardines con sistemas de biofiltración (alternativas a los alcantarillados para tratar e infiltrar aguas lluvia usando la vegetación) y recuperación de aguas lluvia. La meta principal es que, en 2020, el 80% de las superficies urbanas absorban y reutilicen el 70% de las aguas lluvia<sup>53</sup>. La iniciativa Ciudad Esponja apunta a: 1) almacenar y reutilizar las aguas lluvia, 2) adaptar los sistemas de drenaje existentes para captar agua en estanques de almacenaje y túneles y 3) aprovechar los múltiples beneficios de la infraestructura verde, como los techos verdes, que contribuyen a absorber las precipitaciones y a aislar térmicamente los edificios<sup>54</sup>. Se espera que con esta iniciativa aumente la disponibilidad de agua en el país, se recarguen los acuíferos agotados y se reduzca la frecuencia de las inundaciones, que se han más que duplicado desde 2008<sup>55</sup>. Aunque la iniciativa está recién comenzando su potencial es grande.

### EL BLUEBELT DE STATEN ISLAND, EN NUEVA YORK

El sistema Bluebelt (cinturón azul) de gestión de aguas lluvia de Staten Island, en Nueva York, es un caso paradigmático de construcción de infraestructura verde. Con este sistema se conducen simultáneamente hasta 1,3 millones de litros de aguas lluvia a través de humedales, donde las capas de suelo, vegetación y roca ayudan a redirigir y filtrar el agua sucia. Esto disminuye la presión sobre el sistema de alcantarillado y protege a las localidades aguas abajo del daño causado por las inundaciones. Hasta la fecha, el premiado sistema Bluebelt ha permitido ahorrar unos USD 80 millones (CLP 54,9 mil millones) en costos asociados a alcantarillado<sup>56</sup>. El sistema ha respondido especialmente bien ante tormentas importantes, como la tormenta tropical Tammy en 2005 que registró lluvias torrenciales de 16 centímetros en 24 horas, donde sectores de Staten Island que anteriormente se inundaban con tormentas de menor gravedad no sufrieron con estas lluvias torrenciales.

## 2. AUMENTAR LA EFICIENCIA

### CONSUMO DOMICILIARIO

En el contexto de crecimiento económico y demográfico de Chile es igualmente necesario disminuir el consumo de agua por habitante y volver más eficiente su uso para aumentar la disponibilidad del recurso hídrico. Según la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), una persona responsable puede consumir hasta 100 litros de agua potable diarios. Un consumo de más de 200 litros diarios por habitante es considerado ineficiente y requiere un cambio de hábitos<sup>57</sup>. Aunque el promedio diario de consumo de agua por habitante es de unos 170 litros, en algunos lugares de Santiago se llega a consumir la enorme cantidad de 600 litros diarios por persona<sup>58</sup>. Esta gran disparidad se explica porque en Santiago hay grandes casas en cuyos jardines se utiliza el agua de manera ineficiente, y en algunos casos hay piscinas y aparatos que requieren demasiada agua, como lavadoras<sup>59</sup>. Este consumo de agua extremadamente alto aumenta la presión sobre un recurso que ya es escaso, especialmente a medida que crece la población. La RM debe tomar medidas concretas para disminuir su consumo de agua, mediante una combinación de los métodos propuestos a continuación.

Incentivos —recompensas monetarias a cambio de la disminución voluntaria del consumo de agua:

- Sistemas de descuentos para incentivar la compra de aparatos que ahorran agua o el reemplazo de jardines con alto consumo de agua por otros apropiados al clima local, que no requieran riego
- Campañas de educación pública para aumentar la toma de conciencia sobre el uso del agua y promover la disminución voluntaria del consumo de agua

Sanciones —a veces impopulares, pero en general muy eficaces<sup>60</sup>:

- Restricciones al consumo innecesario de agua en el hogar (como el riego de céspedes o el llenado de piscinas)
- Sistemas de tarificación diferenciada mediante los cuales se sancione el consumo excesivo de agua

Estándares y códigos:

- Adaptación de las normas de edificación de modo que los nuevos edificios y aparatos sean más eficientes en el uso del agua (por ejemplo, que se exija la instalación de inodoros, llaves y cabezales de ducha eficientes)
- Cambio de los estándares de los productos de modo que los fabricantes sólo puedan vender implementos de plomería que sean eficientes en el uso del agua
- Establecimiento de ordenanzas que rijan el modo en que se diseñan los jardines y paisajes (similar a la Ordenanza Modelo para Paisajes Eficientes para el Agua en California (Model Water Efficient Landscape Ordinance), que promueve el uso eficiente del agua y el acondicionamiento de los paisajes)<sup>61</sup>
- Asegurar que el proceso para implementar un sistema de reutilización de aguas grises a través de la nueva ley 21.075 sea claro, eficiente y libre de peligro, con el fin de extender su aplicación a toda la región (para usos que no sean indispensables, como el riego de jardines)<sup>62</sup>

Las campañas de educación pública han dado buenos resultados en lugares como Melbourne, Australia. Otras ciudades, como Santa Fe, Nuevo México, Estados Unidos, han logrado disminuir la demanda de agua implementando sistemas de cobro orientadas a la conservación del recurso hídrico, como la aplicación de tarifas por bloque que fijan valores escalonados según el consumo<sup>63</sup>. Así, el nivel más bajo de la escala permite los usos indispensables del agua, como la bebida y la higiene. Cada bloque de tarifas incluye un monto creciente de consumo innecesario del agua, como el riego de un jardín o el lavado de un auto. Si está bien diseñado, el sistema escalonado de tarifas de agua puede ser equitativo para asegurar el acceso básico al agua y al mismo tiempo exigirles un pago más alto a los hogares que consumen demasiada agua. Esto también puede incentivar a las personas a comprar tecnología de bajo flujo, como cabezales de ducha, llaves e inodoros eficientes en el uso de agua, construir jardines adaptados al clima local y a la disponibilidad de agua, evitar las llaves que gotean y reparar las filtraciones. Estas medidas exitosas pueden servir de ejemplo para quienes diseñan las políticas, para los actores privados y las demás partes interesadas en Chile, donde en la RM se enfrentan problemas de agua similares a los que sufrieron Melbourne, Santa Fe y otros lugares.

---

*“En Chile no existe una valoración por el recurso y es muy común ver jardines de alto consumo hídrico en zonas áridas y semiáridas -como Santiago-, duchas de 30 minutos e incluso gente barriendo las hojas de la calle con la manguera. En otras palabras, pese a que nos estamos quedando sin agua, seguimos actuando como si este recurso fuese ilimitado”* —Dr. Pablo García Chevesich,

Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile<sup>64</sup>

---

## DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA

### MELBOURNE, AUSTRALIA

Entre 1997 y 2009 el sureste de Australia sufrió la peor sequía registrada. Durante el momento álgido de la denominada Sequía del Milenio, los volúmenes de agua almacenada cayeron a 25,6% de su capacidad, un récord histórico por lo bajo. Los embalses que alimentan Melbourne, la segunda ciudad más grande de Australia, iban a estar completamente drenados para 2009<sup>65</sup>. Afortunadamente, una combinación de infraestructura verde e innovación política permitió que la región disminuyera su consumo de agua por habitante en un 50%<sup>66</sup>. Para lograrlo, se aplicaron las siguientes medidas:

- **RESTRICCIONES EN EL USO DE AGUA.** Estas restricciones fluctuaron entre el Nivel 1, de restricciones menores al consumo de agua al aire libre, al Nivel 4, de prohibición completa del uso al aire libre. Durante el peor momento de dicha sequía, las restricciones se fijaron en el Nivel 3, donde se permitió un uso mínimo de agua al aire libre. El Nivel 3, junto a metas de conservación voluntarias para disminuir el consumo a 155 litros diarios por persona, evitaron que las restricciones alcanzaran al Nivel 4.
- **CAMPAÑAS DE TELEVISIÓN, RADIO, VALLAS PUBLICITARIAS Y COMUNICADOS DE PRENSA PARA PROMOVER LA CONSERVACIÓN DEL AGUA.** Una campaña organizada llamada TI55 animó a la población a disminuir el consumo de agua por habitante a 155 litros diarios. Se estima que esta campaña ahorró 53 millones de metros cúbicos de agua entre diciembre de 2008 y agosto de 2010.
- **DESCUENTOS Y PROGRAMAS PARA INSTALAR ARTEFACTOS EFICIENTES EN EL USO DEL AGUA.** El comercio de artefactos reemplazó inodoros, cabezales de ducha y lavadoras por modelos más eficientes. Esta medida, financiada por el gobierno del estado de Victoria, ahorró 14,6 millones de metros cúbicos de agua entre 2008 y 2010. Además, en 2010 y 2011 el gobierno financió 19.008 subsidios para tecnologías eficientes de consumo de agua, como inodoros de doble descarga, cabezales de ducha eficientes, sistemas para el uso de aguas grises (en los cuales se reutilizan las aguas domiciliarias para usos que no requieren agua potable) y recirculadores de agua caliente. Se calcula que este programa de descuentos ahorró 350.000 metros cúbicos de agua potable al año.

### CONSUMO AGRÍCOLA

Se prevé que en la zona central de Chile el cambio climático disminuirá las precipitaciones y aumentará el número de olas de calor, dos fenómenos meteorológicos que afectan la industria agrícola<sup>67</sup>. Además, las condiciones de sequía reducirán la cantidad de agua disponible para recargar los acuíferos y aumentarán la evapotranspiración y la necesidad de riego. Tanto el tipo de cultivos y el suelo como los procesos de riego y la tecnología pueden adaptarse para reducir la cantidad de agua dulce utilizada por superficie de suelo y de este modo aumentar la resiliencia de las unidades productivas a los fenómenos meteorológicos extremos. Dado que el riego constituye la mayor parte del consumo de agua en la RM (68% de la demanda total de agua), en este ámbito hay enormes oportunidades para reducir el consumo de agua<sup>68</sup>.

Reemplazar los sistemas de riego ineficientes por otros de microaspersión podría incrementar de 30% la eficiencia del uso de agua en la agricultura<sup>69</sup>. Sensores de humedad de suelo, mediciones de evapotranspiración y sensores remotos permitirían a los agricultores determinar exactamente la necesidad de riego de sus cultivos y reducir significativamente el consumo de agua. En un estudio reciente sobre el riego de maíz y de tomate, dos tipos de sensores de humedad de suelo dieron buenos resultados al reducir el consumo de agua en diferentes grados. En el caso del maíz dulce, se obtuvo 11% de ahorro al utilizar sensores de humedad del suelo TDR para activar el riego por goteo bajo la superficie; para el tomate, se ahorró un 67% de agua utilizando sensores de capacitancia que miden la humedad del suelo antes de activar el riego por goteo<sup>70</sup>.

La conservación del suelo o la administración del suelo también contribuirían a reducir el consumo de agua en la

agricultura. Conservación del suelo se refiere a una serie de técnicas agrícolas, como la incorporación de cultivos de cobertura o la práctica de siembra directa (sin labranza), que ayudan a acumular carbono y materia orgánica en la tierra para evitar las escorrentías, mejorar la infiltración del agua y recargar los acuíferos<sup>71</sup>. Los cultivos de cobertura se plantan en terrenos eriazos después de una cosecha para ayudar a mantener las raíces vivas en el suelo. Las raíces de los cultivos de cobertura como los pastos y las leguminosas proporcionan valiosos nutrientes a organismos que benefician el suelo y también lo airean; esto facilita que las aguas lluvia penetren en la tierra en lugar de que se pierdan como escorrentía<sup>72</sup>. Practicar la conservación del suelo también puede mejorar el rendimiento de las cosechas. Durante la sequía de 2012 en Estados Unidos, las unidades productivas donde se usaron cultivos de cobertura tuvieron mejores cosechas que las que no los usaron<sup>73</sup>.

Otra forma de aliviar los efectos de la escasez de agua en la RM es aumentar la utilización de aguas servidas tratadas en el sector agrícola. En un proyecto piloto de reutilización de aguas servidas en Coquimbo, en el árido norte de Chile, se usaron aguas servidas para irrigar seis hectáreas de alfalfa y se obtuvieron buenos resultados. Según el estudio, como el agua no tiene contacto con la fruta, la tecnología de reutilización de aguas servidas usada para la alfalfa también es adecuada para árboles frutales como limoneros, paltos, manzanos y duraznos. Además, según la investigación, si se usaran aguas servidas para cultivar paltas, podría ahorrarle a la industria un costo anual de CLP 1.200 millones (USD 1,75 millones)<sup>74</sup>. Además, usar aguas servidas tratadas en la agricultura produce un “triple dividendo”, al aumentar la disponibilidad de agua



dulce para el medio ambiente y para el consumo humano<sup>75</sup>. Las aguas servidas también son ricas en nutrientes como el nitrógeno, el fósforo y el potasio, que pueden contribuir a disminuir la necesidad de fertilizantes que son costosos<sup>76</sup>. En un nuevo estudio de la Universidad de Illinois, unos investigadores descubrieron que si todo el nitrógeno contenido en las aguas servidas del Cairo se usaran en la agricultura, en Egipto las importaciones de fertilizantes con nitrógeno podrían disminuir alrededor de un 50%<sup>77</sup>.

Poner en práctica estas soluciones puede requerir el apoyo de medidas como fomentar el intercambio de conocimientos, realizar campañas de concientización y crear incentivos financieros. Los académicos, las ONG y los legisladores, pero también los agricultores, tienen un papel muy importante que cumplir en la identificación, diseño e implementación de las herramientas e incentivos financieros más eficaces. Por ejemplo, en 2018 NRDC trabajó con sus socios de Iowa en Estados Unidos para lanzar por primera vez en el país un Programa Piloto de Seguro para Cultivos de Cobertura (Cover Crop-Crop Insurance Demonstration Pilot Program) que realizó descuentos a los agricultores para la obtención de seguros de cultivos normales para tierras que utilizan cultivos de cobertura. Los agricultores han expresado gran interés por este programa y es probable que se supere la meta de sumar 80,9 hectáreas de nuevos cultivos de cobertura<sup>78</sup>. Es importante tener en cuenta que mejorar la eficiencia del agua también puede crear incentivos para expandir la industria agrícola, dado el aumento en el suministro de agua. Por lo tanto, las iniciativas para ahorrar agua deben ir acompañadas de mecanismos que incentiven al sector agrícola de la RM a utilizar el agua de un modo más eficiente, pero también que prioricen la función del agua en el ecosistema al usar el agua ahorrada para alimentar ríos o recargar los acuíferos sobreexplotados. Los programas e iniciativas para mejorar el uso eficiente del agua serán fundamentales para promover que la agricultura chilena se transforme (o cambie) con la incorporación de prácticas agrícolas sostenibles que utilicen el agua de un modo más eficiente.

### 3. REDUCIR LA PÉRDIDA DE AGUA

#### FILTRACIONES Y OTRAS FORMAS DE PÉRDIDA DE AGUA

La pérdida de agua debido a fugas, robos o errores en la medición es un problema grave. Chile tiene una tasa de agua no contabilizada (ANC) de 36% anual, una cifra claramente menor que la de México, de 51%, pero bastante más alta que la de otros países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), como España y Australia, con 26% y 10%, respectivamente, o Dinamarca y los Países Bajos, que lideran con 5% y 6%<sup>79</sup>. Cañerías e infraestructuras antiguas representan el 22% de la pérdida de agua evitable en Chile; en Estados Unidos esa cifra va de 14 a 18%<sup>80</sup>. En Chile hay 24 roturas por cada 100 kilómetros de tuberías de agua potable, comparado con 13 en Estados Unidos y 19 en Europa<sup>81</sup>.

La detección temprana de fugas puede evitar el deterioro de la infraestructura crítica que conduce a pérdidas masivas de agua. Afortunadamente se están creando nuevas tecnologías que detectan y reparan las filtraciones de un modo más eficiente y rentable. Por ejemplo, un equipo de investigadores del MIT introdujo recientemente un sistema llamado PipeGuard que utiliza un pequeño robot de goma que viaja por las redes de agua y detecta hasta las más pequeñas filtraciones<sup>82</sup>. El dispositivo puede introducirse en cualquier grifo de incendio sin necesidad de excavar ni de suspender el suministro de agua.

#### MONITOREO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

En la RM, el uso desregulado de las aguas subterráneas es un importante obstáculo para disminuir la tasa de ANC. La DGA reconoce que la gestión de las aguas subterráneas es deficiente y que se roban y sobreasignan recursos (actualmente en la RM hay 20 acuíferos sobre-otorgados)<sup>83</sup>. A principios de 2018 se promulgó una ley que le otorga más facultades a la DGA para sancionar el uso ilegal de agua (Ley 21.064)<sup>84</sup>. Sin embargo, la nueva legislación no consideró aumentar el presupuesto de la DGA para contratar expertos o para adquirir la tecnología necesaria para hacer cumplir la ley. Actualmente en la RM hay sólo tres funcionarios encargados de fiscalizar las infracciones al Código de Aguas. La directora Regional de la DGA señala que efectivamente los recursos son limitados:

En la DGA RMS, contamos con tres fiscalizadores para toda la RM. Entonces o estamos acá o estamos allá. Y cuando estoy acá hablando con ustedes, como directora regional, dejo de ver otros temas que también son importantes como responder consultas por transparencia o por el Sistema Integral de Información y Atención Ciudadana (SIAC) y esto le ocurre a las demás que están dedicados a fiscalizar. Desde la Dirección Central y el Ministerio se están realizando las gestiones para que efectivamente podamos contar con más recursos, tanto en mi región como en el resto del país<sup>85</sup>.

Si la DGA dispusiera de más recursos y si tuviera acceso a más tecnologías de monitoreo (como imágenes de satélite y drones), o si pudiera contratar los servicios de un tercero que monitoreara el recurso hídrico y contara con mayor colaboración entre los usuarios de agua, podría mejorar la transparencia en la asignación del agua y disminuir la tasa de ANC.

#### 4. RECOLECTAR DATOS

En zonas rurales de la RM la falta de información es el mayor obstáculo para una gestión eficaz de las aguas subterráneas. Este es un factor especialmente importante para gestionar la sobreexplotación y la recarga de los acuíferos. Considerando que la DGA cuenta con recursos limitados, hay otros actores claves que podrían ayudar a superar la insuficiencia de datos y análisis. Los institutos especializados, las universidades y el sector privado pueden cumplir una importante función en el



monitoreo de las aguas subterráneas, la identificación de los vínculos entre las aguas superficiales y el uso de las aguas subterráneas y el estudio de las consecuencias que tiene el seccionamiento del río para los usuarios aguas abajo. Por otra parte, muchas localidades rurales de Chile, como Melipilla, no confían en los datos recolectados por la DGA, que en el pasado dejaron a la zona expuesta

a la sobreexplotación de agua. En esas condiciones, la asociación público privado o la intervención de un tercero neutral encargado de conseguir información y de monitorearla permitiría que la relación entre los actores se base en datos concretos y contribuiría a mitigar los conflictos.

## LA UTILIZACIÓN DE DATOS PARA GESTIONAR CONFLICTOS

Melipilla, una provincia rural situada en la zona oeste de la RM, es un buen ejemplo de cómo la información inexacta puede generar conflictos, especialmente en localidades que dependen de las aguas subterráneas. Melipilla está en el tercer sector de la cuenca del río Maipo, donde hay una organización precaria de usuarios de agua. En los años ochenta, poco después de la promulgación del Código de Aguas, se usaron erróneamente datos sobre la temperatura y las precipitaciones del río Rapel, que está a unos 64,4 km, para afirmar que Melipilla contaba con un recurso hídrico abundante y subexplotado. Así, en la región se licitaron nuevos derechos de agua, adjudicados a empresas agroindustriales que buscaban oportunidades para crecer<sup>86</sup>.

Después de dos decenios, la escasez de agua es una amenaza creciente en la región. Esto ha provocado protestas, el cierre de caminos y reclamos de la población local y de pequeños agricultores contra la DGA y la agroindustria<sup>87</sup>. Entre 2008 y 2019, todas las comunas de Melipilla recibieron decretos de escasez hídrica, que le otorgan a la DGA, en situaciones de sequía extrema, la facultad para distribuirle agua potable de cualquier punto de la cuenca a poblaciones vulnerables<sup>88</sup>. Las comunas de San Pedro, Alhué, y Curacaví recibieron más de cuatro decretos de escasez. Varias comunas de Melipilla dependen de camiones aljibes para cubrir sus necesidades básicas de agua<sup>89</sup>. Los representantes de la agroindustria responsabilizan a los pequeños agricultores por el uso irregular de aguas subterráneas y han recurrido a estudios sobre la disponibilidad del recurso hídrico para exigirle a la DGA que ponga restricciones “esperando evitar el otorgamiento de más derechos de agua”<sup>90</sup>. Por otro lado, la población local y las ONG han expresado su preocupación respecto del poder que han tenido los representantes de la agroindustria para promulgar los artículos 63 y 65 del Código de Aguas, cuyo fin es establecer “zonas de restricción”, y condenan a la industria por perforar pozos más profundos y por agotar los que son más pequeños y menos profundos<sup>91</sup>. Un pequeño agricultor que cultivaba frutillas para mantener a su familia señaló, “Yo tengo un pedacito de terreno, una hectárea y media, pero no puedo hacer nada, antes vivía de mis huertos y ahora no pasa nada, estamos envueltos en tierra y sin agua”<sup>92</sup>.

Existe un consenso de que se necesita más comunicación y colaboración; ambas partes desean crear espacios para el diálogo y la participación de todos los actores interesados<sup>93</sup>. A medida que los recursos hídricos se vuelvan más limitados, es cada vez más importante que las decisiones respecto de la gestión del agua se tomen con datos recolectados de manera exacta, transparente y exhaustiva.

## 5. ORGANIZAR A LOS USUARIOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Una gestión sustentable del agua en la cuenca del río Maipo implica que se deje de sobreexplotar las aguas subterráneas y que haya un equilibrio entre la explotación del recurso hídrico y la recarga del acuífero. Uno de los mayores impedimentos para la gestión sustentable de las aguas subterráneas es la falta de organizaciones de usuarios de aguas subterráneas que sean eficaces y que incluyan a actores como los pequeños agricultores y las APR<sup>94</sup>. Aunque en Chile hay organizaciones de usuarios de aguas subterráneas, como la Federación Nacional de Agua Potable Rural de Chile (FENAPRU) y la Comunidad de Aguas Subterráneas (CASUB), la FENAPRU integra sólo algunos socios ya que la asociación metropolitana no es miembro y en la práctica sólo existe un CASUB bien organizada y opera desde la cuenca de Copiapó, en el norte del país<sup>95</sup>.

Una buena gestión del agua en la cuenca del Maipo debe considerar las opiniones y la experiencia de los usuarios de aguas subterráneas, entre otros, los sistemas de APR, los pequeños agricultores, la industria y las empresas agrícolas. Unidos, estos actores podrían plantear sus problemas de manera más efectiva, impulsar iniciativas

de gestión del agua y comenzar a colaborar unos con otros y también con los usuarios de agua superficial. La DGA, las ONG y los líderes locales pueden contribuir a crear conciencia sobre los beneficios de organizarse, y los políticos del ámbito local y nacional pueden resaltar la necesidad de actuar con urgencia ante el cambio climático con el fin de impulsar una coalición de usuarios de aguas subterráneas.

Los recursos necesarios para mejorar la colaboración, la confianza y la toma efectiva de decisiones deberían estar al alcance de todas las asociaciones de usuarios de aguas subterráneas. Un servicio profesional de facilitación respaldado por la DGA y administrado por terceros podría promover la conversación y establecer un diálogo entre los usuarios de aguas subterráneas cuando surjan conflictos.

Una base de datos con cifras exactas debería ponerse a disposición del público, de modo que los usuarios de aguas subterráneas puedan tomar decisiones informadas sobre la gestión del agua; esto también contribuiría a evitar los conflictos provocados por percepciones equivocadas, falta de comunicación o datos imprecisos<sup>96</sup>. En esta línea, podría implementarse un sistema de control para garantizar que los datos se mantengan en el tiempo con precisión, y esta base de datos podría ser respaldada y dirigida por la DGA y un conjunto de organizaciones neutrales e independientes.

## 6. HACIA UNA GESTIÓN MÁS INTEGRADA DE LA CUENCA

### LA IMPORTANTE LABOR DE LAS JUNTAS DE VIGILANCIA

Las juntas de vigilancia son un tipo de asociación de usuarios de agua particularmente importante que ayudan a impulsar la participación y el cumplimiento de las reglas en el sistema de gestión del agua. Los servicios hídricos, los canalistas, las empresas hidroeléctricas y la industria minera del primer sector del Maipo han aprendido a trabajar juntos en el marco de la junta de vigilancia local para superar los conflictos en relación con el agua y para ayudarse mutuamente en momentos de escasez.

Sin embargo, las juntas de vigilancia en las otras dos secciones de la cuenca del Maipo son casi inexistentes. Sin una junta de vigilancia operativa, en provincias como Chacabuco y Melipilla los efectos de la megasequía se exacerbaban. En cambio, durante la sequía, la junta de vigilancia de la primera sección logró gestionar mejor el agua y coordinar a diversos actores. A partir de la experiencia positiva de esta junta de vigilancia, surgen dos alternativas para aumentar la colaboración entre actores en la cuenca del Maipo. Una opción es reproducir la estructura de la junta de vigilancia existente en la segunda y tercera sección, incorporando los elementos que han permitido una gestión productiva del agua en la primera sección. La segunda opción es crear una única junta de vigilancia para toda la cuenca y de este modo establecer una estructura de gestión más integrada y completa.

### UNA GESTIÓN INTEGRADA DE LA CUENCA

La Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) es un enfoque de gestión del recurso hídrico que destaca la función del agua como un bien social, económico y ambiental. Como la define la Asociación Mundial para el Agua (GWP, por sus siglas en inglés), la GIRH “es un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, el suelo y los otros recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar económico y social resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales”<sup>97</sup>. Sin duda, para incorporar la GIRH en la cuenca del Maipo se requiere colaboración en toda la cuenca, mediante OUs más consolidadas o acuerdos entre todas las partes interesadas.

Pese a que estos acuerdos son especialmente difíciles de lograr, en el contexto internacional se registran experiencias positivas, como la del río Rin en Europa. En su recorrido desde los Alpes hasta el mar del Norte, el Rin atraviesa nueve países; su cuenca, donde viven 60 millones de habitantes, cubre 200.000 kilómetros cuadrados<sup>98</sup>. Para 1950, el río estaba sufriendo de una disminución de la población de salmones y las comunidades aguas abajo estaban enfrentando los efectos de la contaminación por

cloruro en su suministro de agua potable. Ese año se creó la Comisión Internacional para la Protección del Rin (CIPR), que transformó gradualmente la cuenca de este río. De ser considerado como la cloaca de Europa, el Rin se volvió uno de los ríos internacionales más limpios del continente. Dada la recuperación del río, que comprendió la limpieza del suministro de agua y el retorno de los salmones (aunque de una especie diferente, ya que el salmón del Rin se había extinguido), la cuenca del Rin se considera un muy buen ejemplo de GIRH<sup>99</sup>. Entre los varios factores que contribuyeron a la cooperación transfronteriza a lo largo del Rin están la voluntad política de alto nivel, la fuerte presión pública internacional y la gobernanza efectiva de la CIPR<sup>100</sup>.

Acuerdos similares, a la escala de la cuenca, llamados acuerdos voluntarios para la gestión de cuencas (AVGC) se están implementando en todo Chile. El primer AVGC se firmó en 2015, y actualmente hay siete acuerdos activos para pequeñas cuencas o subcuencas. El protocolo de las AVGC comprende cinco componentes claves para crear un marco de gestión exitoso en toda la cuenca: voluntad, responsabilidad, representatividad, transparencia y acceso a la información, y por último, flexibilidad<sup>101</sup>. En Chile este trabajo recién se está iniciando y todavía no se han cuantificado sus logros. Sin embargo, los primeros resultados son prometedores en el caso de los AVGC en la cuenca de Llico, Vichuquén, Torca, Tilicura y Agua Dulce de la región del Maule, donde 23 entidades, que incluyen a grupos indígenas y a la industria forestal, han suscrito un AVGC para trabajar juntos con el fin de reducir la contaminación y el riesgo de incendios forestales que amenazan el recurso hídrico de la región<sup>102</sup>.

Un acuerdo voluntario para toda la cuenca del Maipo aumentaría la colaboración entre los usuarios y mejoraría los esfuerzos para implementar la GIRH. Varios expertos han señalado que un acuerdo de gestión en toda la cuenca del Maipo sería casi imposible dado el nivel de apoyo político que se requiere del gobierno central y las objeciones de los usuarios de aguas arriba. Según los principios del AVGC, para que una iniciativa amplia como esta funcione se necesita un enfoque y un ambiente adecuado. Aun así, cabe destacar que la CIPR, que contribuyó a restaurar el Rin, actuó en el contexto de un acuerdo internacional que requirió el apoyo oficial de la UE y la participación de los usuarios aguas arriba —en este caso, de países como Suiza y Alemania— que inicialmente no tenían interés de abordar problemas de calidad del agua que afectaban a los usuarios aguas abajo. Aunque en la cuenca del Maipo ya existe una estructura favorable a un acuerdo de este tipo, los legisladores, las ONG y los usuarios de agua de diferentes sectores deberán actuar para que los usuarios se unan e impulsar medidas para la gestión sostenible del agua.

Chile enfrenta un déficit creciente de agua. En 2018, cuatro municipios de la Región Metropolitana, entre los cuales está Melipilla, recibieron decretos de escasez hídrica<sup>103</sup>. A medida que la Cuenca del Maipo y el país en general se preparan para un escenario con mayor población, menos agua y más inundaciones, los usuarios de agua, los legisladores y los reguladores necesitarán cada vez más trabajar juntos para gestionar el recurso hídrico de manera sostenible. Este informe destaca seis desafíos claves y presenta las siguientes seis oportunidades para mejorar la seguridad hídrica y la resiliencia del territorio ante las inundaciones y la sequía.

### **1. Incorporar nuevos modelos de desarrollo que den prioridad a la infraestructura verde.**

En diversos diálogos y foros el gobierno de Chile ha comenzado a relevar el vínculo entre soluciones de infraestructura verde y la seguridad hídrica<sup>104</sup>. Aunque esto es prometedor, se necesitan más planes y acciones concretas, como programas de incentivos para promover la construcción de infraestructura verde en propiedades privadas e iniciativas de restauración de humedales para enfrentar las inundaciones.

### **2. Mejorar la conservación del agua y la eficiencia de su uso mediante la creación de incentivos (o sanciones), la promoción de un desarrollo urbano eficiente respecto del uso del agua y la utilización de nuevas tecnologías de riego y programas de agricultura sostenible.**

El agua ahorrada debería usarse para aumentar la resiliencia de la región al clima, con medidas orientadas a recargar ríos y acuíferos y asegurar el suministro de agua a la población vulnerable a la escasez.

### **3. Fortalecer la capacidad de la DGA para monitorear y supervisar la gestión del agua, y proporcionar y aprovechar las nuevas tecnologías e innovaciones que contribuyen a disminuir las pérdidas de ANC.**

Chile, apodado “Chilecon Valley” (en referencia a “Silicon Valley”), ya cuenta con una sólida comunidad de empresarios y ha sido evaluado como uno de los cinco mejores países para crear negocios, según un estudio de Gust y Fundacity<sup>105</sup>. La ciudad ofrece condiciones perfectas para atraer innovación local y global, tanto en términos financieros como de capital humano.

### **4. Mejorar la recolección y el intercambio de datos.**

Si hay un asunto en el que coinciden los expertos que trabajan en la gestión del agua en Chile es que los datos sobre el uso y la disponibilidad de agua son insuficientes. La falta de información precisa y transparente sobre el uso de agua constituye una importante barrera para lograr una seguridad hídrica.

### **5. Proporcionar una estructura formal para que los usuarios de aguas subterráneas puedan organizarse, colaborar y gestionar conflictos.**

Los usuarios de aguas subterráneas en la RM son los más vulnerables a la escasez de agua. Es necesario que estas organizaciones aborden el sobretorgamiento de derechos de uso de aguas subterráneas, la falta de contabilidad sobre el uso y la disponibilidad de agua y la tensión y el conflicto entre los usuarios.

### **6. Integrar la cuenca.** Una mayor colaboración entre usuarios, universidades, las ONG y entidades privadas a lo largo y ancho de la cuenca permitirá comprender mejor cómo el uso del agua en la parte alta de la cuenca afecta a los usuarios de más abajo, con el fin de gestionar todo el Maipo de un modo más sostenible, holístico y resiliente.

La lista de soluciones revela cuán ambicioso debe ser y cuánto trabajo requiere un plan de gestión eficaz y sostenible del agua, pero también destaca las áreas de mejoramiento en las cuales la sociedad civil, los legisladores y los usuarios de agua pueden colaborar y promover el cambio. Si bien las diversas soluciones para los problemas de agua de la RM difieren en alcance y en montos de inversión, todas ellas requieren cambiar la forma en que pensamos sobre el agua. En lugar de considerar el agua como un recurso que se gestiona sencillamente mediante entradas y salidas simples, debemos tratarla como parte de un sistema dinámico. Por ejemplo, aumentar la eficiencia del agua potable y disminuir la tasa de ANC libera más agua para los ríos y los esteros. De manera similar, mejorar la eficiencia del agua en el sector agrícola puede disponer de más agua para alimentar las reservas de agua subterránea y para las localidades que dependen del agua suministrada por camiones aljibe. La infraestructura verde puede ayudar a mitigar las inundaciones y los aluviones, pero también puede mejorar la calidad del aire, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover la salud mental. Considerar el agua como un bien social, económico y ambiental ofrece oportunidades para pensar creativamente y descubrir soluciones innovadoras que permitan ahorrar dinero y evitar futuros costos. No es fácil crear situaciones donde todos ganan, pero en el caso de la RM canalizar los recursos en la dirección correcta no es sólo posible sino también urgente.

## ENDNOTES

- 1 Ministerio del Medio Ambiente, “Plan de Acción Nacional de Cambio Climático: 2017–2022,” 2017, [mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan\\_nacional\\_climatico\\_2017\\_2.pdf](http://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan_nacional_climatico_2017_2.pdf).
- 2 Diana Berenice Orellana Duarte, “Análisis de los Efectos de una Mega-Sequía Sobre la Generación Hidroeléctrica en Chile”, Universidad de Chile, 2017, [repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/146730/Analisis-de-los-efectos-de-una-mega-sequ%C3%ADa-sobre-la-generacion-hidroelectrica-en-Chile.pdf?sequence=1](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/146730/Analisis-de-los-efectos-de-una-mega-sequ%C3%ADa-sobre-la-generacion-hidroelectrica-en-Chile.pdf?sequence=1). Diego Istúriz, “Agricultura, Sacudida por el Cambio Climático”, *La Tercera*, 21 de abril de 2019, [www.latercera.com/que-pasa/noticia/agricultura-sacudida-cambio-climatico/623063/](http://www.latercera.com/que-pasa/noticia/agricultura-sacudida-cambio-climatico/623063/). Diego Istúriz, “Tres Consecuencias del Cambio Climático que ya se Sienten en Chile”, *La Tercera*, 25 de octubre de 2018, [www.latercera.com/que-pasa/noticia/tres-consecuencias-del-cambio-climatico-ya-se-sienten-chile/375289/](http://www.latercera.com/que-pasa/noticia/tres-consecuencias-del-cambio-climatico-ya-se-sienten-chile/375289/). “Drought wipes Chile’s popular Lake Aculeo from the map,” *Straits Times*, 20 de marzo de 2019, [www.straitstimes.com/world/americas/drought-wipes-chiles-popular-lake-aculeo-from-the-map](http://www.straitstimes.com/world/americas/drought-wipes-chiles-popular-lake-aculeo-from-the-map).
- 3 M. P. Salas y C. Pizarro, “Sequía Golpea a Hidroeléctricas: Anotan Menor Aporte de Energía en 12 Años”, *La Tercera*, 4 de enero de 2013, [www.latercera.com/noticia/sequia-golpea-a-hidroelectricas-anotan-menor-aporte-de-energia-en-12-anos/](http://www.latercera.com/noticia/sequia-golpea-a-hidroelectricas-anotan-menor-aporte-de-energia-en-12-anos/). Andrew Maddocks, Robert Samuel Young y Paul Reig, “Ranking the World’s Most Water-Stressed Countries in 2040”, *World Resources Institute*, 26 de agosto de 2015, [www.wri.org/blog/2015/08/ranking-world-s-most-water-stressed-countries-2040](http://www.wri.org/blog/2015/08/ranking-world-s-most-water-stressed-countries-2040).
- 4 Calculado con la tasa de cambio de 2019. Alicia Bárcena et al., “La Economía del Cambio Climático en Chile”, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), mayo de 2012, [repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35372/1/S2012058\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35372/1/S2012058_es.pdf). Base de Datos Estadísticos, “Cuentas Nacionales”, [si3.bcentral.cl/Siete/secure/cuadros/arboles.aspx](http://si3.bcentral.cl/Siete/secure/cuadros/arboles.aspx) (sitio consultado el 30 de junio de 2019).
- 5 Instituto Nacional de Estadísticas, “Primeros Resultados Definitivos del Censo 2017: Un Total de 17.574.003 Personas Fueron Efectivamente Censadas”, 22 de diciembre de 2017, [www.inec.cl/prensa/detalle-prensa/2017/12/22/primeros-resultados-definitivos-del-censo-2017-un-total-de-17.574.003-personas-fueron-efectivamente-censadas](http://www.inec.cl/prensa/detalle-prensa/2017/12/22/primeros-resultados-definitivos-del-censo-2017-un-total-de-17.574.003-personas-fueron-efectivamente-censadas). Observatorio Logístico, “Estadísticas Socioeconómicas”, [www.observatoriologistico.cl/perfiles/estadisticas-socioeconomicas/](http://www.observatoriologistico.cl/perfiles/estadisticas-socioeconomicas/) (sitio consultado el 29 de enero de 2019).
- 6 Ministerio del Interior y Seguridad Pública, *Política Nacional para los Recursos Hídricos 2015*, 51, [www.interior.gob.cl/media/2015/04/recursos\\_hidricos.pdf](http://www.interior.gob.cl/media/2015/04/recursos_hidricos.pdf).
- 7 Ibid.
- 8 Dirección Meteorológica de Chile, “Anuarios Climatológicos”, [climatologia.meteochile.gob.cl/application/index/anuarios](http://climatologia.meteochile.gob.cl/application/index/anuarios) (sitio consultado el 17 de junio de 2019).
- 9 Kerstin Krellenberg et al., “Flood and Heat Hazards in the Metropolitan Region of Santiago de Chile and the Socio-Economics of Exposure”, *Elsevier* 38 (marzo de 2013): 86-95, doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.11.017.
- 10 Héctor Maureira et al., “Resumen Estratégico: Radiografía del Agua”, Fundación Chile, marzo de 2018, [fch.cl/wp-content/uploads/2018/03/RESUMEN-RADIOGRAFIA-DEL-AGUA.pdf](http://fch.cl/wp-content/uploads/2018/03/RESUMEN-RADIOGRAFIA-DEL-AGUA.pdf).
- 11 Gonzalo Bacigalupe, Jorge Gironás y Jorge Sandoval, “Riesgo de Origen Hidrometeorológico en la Ciudad de Santiago”, *Santiago Resiliente*, mayo de 2017, [santiagoresiliente.cl/assets/uploads/2017/05/Informe\\_Final\\_CIGIDEN.pdf](http://santiagoresiliente.cl/assets/uploads/2017/05/Informe_Final_CIGIDEN.pdf).
- 12 Javier Sáez Leal, “Los Aluviones Dejan sin Agua Potable a Seis Millones de Personas en Santiago de Chile,” *El País*, 2 de febrero, 2017, [elpais.com/internacional/2017/02/27/actualidad/1488156815\\_737807.html](http://elpais.com/internacional/2017/02/27/actualidad/1488156815_737807.html)
- 13 Comisión Nacional del Medio Ambiente, “Estudio de la Variabilidad Climática en Chile para el Siglo XXI”, Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, diciembre de 2016, [dgf.uchile.cl/PRECIS/articles-39442\\_pdf\\_Estudio\\_texto.pdf](http://dgf.uchile.cl/PRECIS/articles-39442_pdf_Estudio_texto.pdf). Gobierno de Chile, “Plan de Adaptación y Mitigación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático: 2017–2022”, 2017, [www.dgop.cl/Documents/PlanAccionMop.pdf](http://www.dgop.cl/Documents/PlanAccionMop.pdf).
- 14 Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, “Hidrografía Región Metropolitana de Santiago,” [www.bcn.cl/siit/nuestropais/region13/hidrografia.htm](http://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region13/hidrografia.htm) (sitio consultado el 17 de julio de 2019). Consuelo Rehbein, “Cambios Climáticos Ponen en Riesgo a la Cuenca del Maipo,” *Publimetro*, 9 de diciembre, 2016, [www.publimetro.cl/cl/nacional/2016/09/12/cambios-climaticos-ponen-riesgo-cuenca-maipo.html](http://www.publimetro.cl/cl/nacional/2016/09/12/cambios-climaticos-ponen-riesgo-cuenca-maipo.html).
- 15 Ministerio del Interior y Seguridad Pública, *Política Nacional para los Recursos Hídricos 2015*.
- 16 David Farias et al., “*Glacier Elevation and Mass Change over the Upper Maipo Basin, Central Andes, Chile*,” (Elevación de los glaciares y cambio de masa en la parte alta de la cuenca del río Maipo, Andes Centrales, Chile) *Geophysical Research Abstracts*, abril de 2017, [adsabs.harvard.edu/abs/2017EGUGA..1917029F](http://adsabs.harvard.edu/abs/2017EGUGA..1917029F). The Nature Conservancy, “Urban Water Footprint”, [water.nature.org/waterblueprint/city/santiago/#/c=8:-33.89952:-70.30259](http://water.nature.org/waterblueprint/city/santiago/#/c=8:-33.89952:-70.30259) (sitio consultado 24 de febrero de 2019).
- 17 “Según Cifras Preliminares del Censo 2017, Población Censada en Chile Llega a 17.373.831 Personas”, Instituto Nacional de Estadísticas, 31 de agosto de 2017, [www.censo2017.cl/proceso-censal-resultados-preliminares/](http://www.censo2017.cl/proceso-censal-resultados-preliminares/).
- 18 Jürgen Kopfmüller, “*Scenarios for Future Development*”, en *Climate Adaptation Santiago* (Berlin: Springer, 2014), 43-56, [www.springerprofessional.de/en/scenarios-for-future-development/4124842](http://www.springerprofessional.de/en/scenarios-for-future-development/4124842).
- 19 Annemarie Müller y René Höfer, “The Impacts of Climate and Land-Use Change on Flood and Heat Hazards”, en *Climate Adaptation Santiago* (Berlin: Springer, 2014), 107-126, [www.researchgate.net/publication/263348552\\_The\\_Impacts\\_of\\_Climate\\_and\\_Land-Use\\_Change\\_on\\_Flood\\_and\\_Heat\\_Hazards](http://www.researchgate.net/publication/263348552_The_Impacts_of_Climate_and_Land-Use_Change_on_Flood_and_Heat_Hazards).
- 20 Kerstin Krellenberg et al., “Flood and Heat Hazards”. Annemarie Müller y René Höfer, “The Impacts of Climate and Land-Use Change”.
- 21 Annemarie Müller y René Höfer, “The Impacts of Climate and Land-Use Change”.
- 22 Guillermo Donoso y María Molinos-Senante, “Sistema Tarifario de Agua Potable en Chile: Una Propuesta para Mejorar Su Sostenibilidad”, Centro UC Políticas Públicas, 2016, [politicaspUBLICAS.uc.cl/wp-content/uploads/2017/04/CAP.-5.pdf](http://politicaspUBLICAS.uc.cl/wp-content/uploads/2017/04/CAP.-5.pdf).
- 23 Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, “Informe a la Nación: La Megasequía 2010–2015: Una Lección para el Futuro”, noviembre de 2015, [www.forestal.uach.cl/manejador/resources/2015informe-a-la-nacinla-megasequia-2010-2015una-leccion-para-el-futuro-1.pdf](http://www.forestal.uach.cl/manejador/resources/2015informe-a-la-nacinla-megasequia-2010-2015una-leccion-para-el-futuro-1.pdf). Guillermo Donoso y María Molinos-Senante, “Sistema Tarifario de Agua Potable en Chile”.



- 24 “Región Metropolitana es la Cuarta Región Productora Agrícola del País”, Ministerio de Agricultura, [www.indap.gob.cl/noticias/detalle/2014/09/25/regi%C3%B3n-metropolitana-es-la-cuarta-regi%C3%B3n-productora-agr%C3%ADcola-del-pa%C3%ADs-](http://www.indap.gob.cl/noticias/detalle/2014/09/25/regi%C3%B3n-metropolitana-es-la-cuarta-regi%C3%B3n-productora-agr%C3%ADcola-del-pa%C3%ADs-) (sitio consultado el 4 de marzo de 2019).
- 25 Centro de Innovación UC, “Proyecto de Investigadores UC Estudia Escasez Hídrica en la Horticultura de la Región Metropolitana”, [centrodeinnovacion.uc.cl/proyecto-investigadores-uc-estudia-escasez-hidrica-la-horticultura-la-region-metropolitana/](http://centrodeinnovacion.uc.cl/proyecto-investigadores-uc-estudia-escasez-hidrica-la-horticultura-la-region-metropolitana/) (sitio consultado el 24 de febrero de 2019).
- 26 Instituto Nacional de Estadísticas, “Estadísticas Medioambientales: Informes Anuales”, [www.ine.cl/estadisticas/medioambiente/informes-anuales](http://www.ine.cl/estadisticas/medioambiente/informes-anuales) (sitio consultado el 28 de febrero de 2019).
- 27 Ximing Cai, Claudia Ringler y Mark W. Rosegrant, “Modeling Water Resources Management at the Basin Level: Methodology and Application to the Maipo River Basin”, (Modelación de la gestión del recurso hídrico en la cuenca: metodología y aplicación en la cuenca del río Maipo) International Food Policy Research Institute, 2006, [www.ifpri.org/publication/modeling-water-resources-management-basin-level](http://www.ifpri.org/publication/modeling-water-resources-management-basin-level).
- 28 Dirección General de Aguas (DGA), “Gestión del Agua”, Gobierno de Chile, marzo de 2017, 2016, [www.dga.cl/DGADocumentos/Atlas2016parte4-17marzo2016b.pdf](http://www.dga.cl/DGADocumentos/Atlas2016parte4-17marzo2016b.pdf). Ernesto Brown Fernández y Juan Eduardo Saldivia Medina, “Informe Nacional Sobre la Gestión del Agua en Chile”, Gobierno de Chile, enero de 2000, [documentos.dga.cl/REH2731.pdf](http://documentos.dga.cl/REH2731.pdf). Ministerio del Interior y Seguridad Pública, *Política Nacional para los Recursos Hídricos 2015*.
- 29 Gabriel Caldes, “Las Pérdidas de Agua, un Tema Pendiente: Se Resuelve con Gestión y Uso de Tecnologías”, *Iagua*, 8 de febrero de 2017, [www.iagua.es/blogs/gabriel-caldes/disminucion-perdidas-agua-no-es-problema-tecnico-es-gestion-y-gobernanza](http://www.iagua.es/blogs/gabriel-caldes/disminucion-perdidas-agua-no-es-problema-tecnico-es-gestion-y-gobernanza). Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), “Robos y Fallas en Redes Sanitarias Provocan que un Tercio del Agua Potable se Pierda”, 16 de junio de 2014, [www.siss.gob.cl/586/w3-article-10547.html](http://www.siss.gob.cl/586/w3-article-10547.html).
- 30 Centro de Investigación Periodista, “Producción y Facturación de Agua Potable”, [ciperchile.cl/wp-content/uploads/gestion-siis-2014-pag88.pdf](http://ciperchile.cl/wp-content/uploads/gestion-siis-2014-pag88.pdf) (sitio consultado el 24 de febrero de 2019).
- 31 Victoria Patiño Espinoza, “Modelo de Detección de Fraude en Clientes Del Servicio de Agua Potable de Una Empresa Sanitaria”, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Industrial, 2014, [repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/117040/cf-patino\\_ve.pdf?sequence=1](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/117040/cf-patino_ve.pdf?sequence=1).
- 32 Banco Mundial “Chile: Integrated Water Resources Management and Infrastructure Development Project”, 15 de octubre de 2015, [documents.worldbank.org/curated/en/881091467998209964/pdf/PAD1275-PAD-P152319-R2015-0205-1-Box393228B-OUO-9.pdf](http://documents.worldbank.org/curated/en/881091467998209964/pdf/PAD1275-PAD-P152319-R2015-0205-1-Box393228B-OUO-9.pdf).
- 33 Daniela Duhart, abogada, Universidad de Chile, comunicación personal por e-mail, 25 de febrero de 2019. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, “Introduce Modificaciones al Marco Normativo que Rige las Aguas en Materia de Fiscalización y Sanciones”, 27 de enero de 2018, [www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1114175](http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1114175).
- 34 María Rojas et al., “Agroindustria Agota Derechos de Agua de San Pedro de Melipilla”, Derecho al Agua, [www.derechoalagua.cl/mapa-de-conflictos/agroindustria-agota-derechos-de-agua-de-san-pedro-de-melipilla/](http://www.derechoalagua.cl/mapa-de-conflictos/agroindustria-agota-derechos-de-agua-de-san-pedro-de-melipilla/) (sitio consultado el 3 de marzo de 2019).
- 35 Sophia Borgias y Carl J. Bauer, “Trajectory of a Divided River Basin: Law, Conflict, and Cooperation Along Chile’s Maipo River”, *Water Policy* 20 (2018): 127-45, doi.org/10.2166/wp.2017.250.
- 36 Aurora Puig, “El Fortalecimiento de las Organizaciones de Usuarios para Una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos,” DGA, marzo de 1998, [documentos.dga.cl/CAN4277.pdf](http://documentos.dga.cl/CAN4277.pdf).
- 37 Sophia Layser Borgias, “Law, Scarcity, and Social Movements: Water Governance in Chile’s Maipo River Basin”, Universidad de Arizona, 2016, [www.semanticscholar.org/paper/Law%2C-Scarcity%2C-and-Social-Movements%3A-Water-in-Maipo-Borgias/54f67c9370531c49cae6b1c6ae42f05aa693e484#paper-header](http://www.semanticscholar.org/paper/Law%2C-Scarcity%2C-and-Social-Movements%3A-Water-in-Maipo-Borgias/54f67c9370531c49cae6b1c6ae42f05aa693e484#paper-header).
- 38 Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, “Fija Texto Código de Aguas”, Ley de Chile, [www.leychile.cl/Navegar?idNorma=5605](http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=5605) (sitio consultado el 4 de marzo de 2009).
- 39 DGA, “Decretos Declaración Zona de Escasez Vigentes”, Gobierno de Chile, [www.dga.cl/administracionrecursoshidricos/decretosZonasEscasez/Paginas/default.aspx](http://www.dga.cl/administracionrecursoshidricos/decretosZonasEscasez/Paginas/default.aspx) (accessed June 14, 2019). Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, “Mapas Vectoriales”, [https://www.bcn.cl/siit/mapas\\_vectoriales/index\\_html](https://www.bcn.cl/siit/mapas_vectoriales/index_html) (accessed June 14, 2019). Instituto Nacional de Estadísticas, “División Política Administrativa para Fines Censales”, [www.ide.cl/descarga/capas/item/division-politica-administrativa-poligonos.html](http://www.ide.cl/descarga/capas/item/division-politica-administrativa-poligonos.html) (accessed June 14, 2019).
- 40 Gobierno Regional Metropolitano de Santiago, “Plan de Invierno: Visitan a Obras de Colector de Aguas Lluvias en Conchalí,” [www.gobiernosantiago.cl/plan-de-invierno-visitan-a-obras-de-colector-de-aguas-lluvias-en-conchali](http://www.gobiernosantiago.cl/plan-de-invierno-visitan-a-obras-de-colector-de-aguas-lluvias-en-conchali) (sitio consultado el 3 de marzo de 2019).
- 41 U.S. Geological Survey, “Effects of Urban Development on Floods”, [pubs.usgs.gov/fs/07603/](http://pubs.usgs.gov/fs/07603/) (sitio consultado el 24 de febrero de 2019). S. Suriya y B. V. Mudgal, “Impact of Urbanization on Flooding: The Thirusoolam Sub Watershed: A Case Study”, *Journal of Hydrology* 412 (2012): 210, [www.deeppyve.com/lp/elsevier/impact-of-urbanization-on-flooding-the-thirusoolam-sub-watershed-a-w4FePJqOOD](http://www.deeppyve.com/lp/elsevier/impact-of-urbanization-on-flooding-the-thirusoolam-sub-watershed-a-w4FePJqOOD). P. E. Zope, T. I. Eldho y V. Jothiprakash, “Impacts of Land Use–Land Cover Change and Urbanization on Flooding: A Case Study of Oshiwara River Basin in Mumbai, India”, *Catena* 145 (2016): 142-54, [www.researchgate.net/publication/303891393\\_Impacts\\_of\\_land\\_use-land\\_cover\\_change\\_and\\_urbanization\\_on\\_flooding\\_A\\_case\\_study\\_of\\_Oshiwara\\_River\\_Basin\\_in\\_Mumbai\\_India](http://www.researchgate.net/publication/303891393_Impacts_of_land_use-land_cover_change_and_urbanization_on_flooding_A_case_study_of_Oshiwara_River_Basin_in_Mumbai_India).
- 42 Annemarie Müller y René Höfer, “The Impacts of Climate and Land-Use Change”.
- 43 Noah Garrison y Karen Hobbs, “Rooftops to Rivers II: Green Strategies for Controlling Stormwater and Combined Sewer Overflows”, Natural Resources Defense Council (NRDC), 2011, [www.nrdc.org/sites/default/files/rooftopstoriversII.pdf](http://www.nrdc.org/sites/default/files/rooftopstoriversII.pdf).
- 44 Ministerio de Agricultura, “Proteger las Áreas Silvestres Protegidas del Estado Contra el Fuego Es Una Prioridad para CONAF”, [www.conaf.cl/incendios-forestales/prevencion/proteccion-snaspe/](http://www.conaf.cl/incendios-forestales/prevencion/proteccion-snaspe/) (sitio consultado el 24 de febrero de 2019). Ministerio del Medio Ambiente, “Estrategia Regional para la Conservación de la Biosidiversidad en la Región Metropolitana de Santiago 2015–2025”, Gobierno Regional Metropolitano de Santiago, 2013, [www.gobiernosantiago.cl/wp-content/uploads/2014/doc/estrategia/Estrategia\\_Regional\\_para\\_la\\_Conservacion\\_de\\_la\\_Biodiversidad\\_RMS\\_2015-2024\\_2014.pdf](http://www.gobiernosantiago.cl/wp-content/uploads/2014/doc/estrategia/Estrategia_Regional_para_la_Conservacion_de_la_Biodiversidad_RMS_2015-2024_2014.pdf); Gabriela Elgueta et al., “Human and Resilient Santiago”, 100 Resilient Cities, marzo de 2017, [www.100resilientcities.org/wp-content/uploads/2017/07/Santiago-Resilience-Strategy-English.pdf](http://www.100resilientcities.org/wp-content/uploads/2017/07/Santiago-Resilience-Strategy-English.pdf).
- 45 Gabriela Elgueta et al., “Human and Resilient Santiago”.

- 46 Noah Garrison, Cara Horowitz y Chris Ann Lunghino, "Looking Up: How Green Roofs and Cool Roofs Can Reduce Energy Use, Address Climate Change, and Protect Water Resources in Southern California", NRDC, junio de 2012, [www.nrdc.org/sites/default/files/GreenRoofsReport.pdf](http://www.nrdc.org/sites/default/files/GreenRoofsReport.pdf).
- 47 Eugenia C. South et al., "Effect of Greening Vacant Land on Mental Health of Community-Dwelling Adults: A Cluster Randomized Trial", *Jama Network Open* 1, no. 3 (julio de 2018): 1-14, [jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2688343](http://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2688343).
- 48 Ibid.
- 49 Nick Van Mead, "Pant by Numbers: the Cities with the Most Dangerous Air—Listed", *The Guardian*, 13 de febrero de 2017, [www.theguardian.com/cities/datablog/2017/feb/13/most-polluted-cities-world-listed-region](http://www.theguardian.com/cities/datablog/2017/feb/13/most-polluted-cities-world-listed-region).
- 50 U.S. Environmental Protection Agency, "Spend Less Energy Managing Water", [www.epa.gov/green-infrastructure/spend-less-energy-managing-water](http://www.epa.gov/green-infrastructure/spend-less-energy-managing-water) (sitio consultado el 24 de febrero de 2019).
- 51 Noah Garrison y Karen Hobbs, "Rooftops to Rivers II".
- 52 "Wetlands: Protecting Life and Property from Flooding", Environmental Protection Agency, [www.epa.gov/sites/production/files/2016-02/documents/flooding.pdf](http://www.epa.gov/sites/production/files/2016-02/documents/flooding.pdf) (sitio consultado el 4 de marzo de 2019).
- 53 Faith Ka Shun Chain et al., "'Sponge City' in China—A Breakthrough of Planning and Flood Risk Management in the Urban Context," *Land Use Policy* 76 (2018): 772-78, [www.researchgate.net/publication/323738052\\_Sponge\\_City\\_in\\_China-A\\_breakthrough\\_of\\_planning\\_and\\_flood\\_risk\\_management\\_in\\_the\\_urban\\_context](http://www.researchgate.net/publication/323738052_Sponge_City_in_China-A_breakthrough_of_planning_and_flood_risk_management_in_the_urban_context).
- 54 Ibid.
- 55 Y. O., "Why Are Chinese Cities Flooding?", *The Economist*, 10 de agosto de 2015, [www.economist.com/the-economist-explains/2015/08/10/why-are-chinese-cities-flooding](http://www.economist.com/the-economist-explains/2015/08/10/why-are-chinese-cities-flooding).
- 56 Christopher Economides, *Green Infrastructure: Sustainable Solutions in 11 Cities Across the United States*, Columbia University Water Center, primavera de 2014, [water.columbia.edu/files/2014/04/Green\\_Infrastructure\\_FINAL.pdf](http://water.columbia.edu/files/2014/04/Green_Infrastructure_FINAL.pdf).
- 57 SISS, "*Manual para el Consumo Responsable De Agua Potable*", Gobierno de Chile, [www.siss.gob.cl/586/articles-9103\\_recurso\\_1.pdf](http://www.siss.gob.cl/586/articles-9103_recurso_1.pdf) (sitio consultado el 24 de febrero de 2019).
- 58 SISS, "Informe de Gestión del Sector Sanitario 2016", Gobierno de Chile, [www.siss.gob.cl/586/articles-16848\\_recurso\\_1.pdf](http://www.siss.gob.cl/586/articles-16848_recurso_1.pdf) (sitio consultado el 30 de junio de 2019). Instituto Nacional del Torax, "Súmate a Nuestra Campaña de Ahorro de Agua, Cada Gota Cuenta!", 23 de febrero de 2017, [www.torax.cl/sumate-a-nuestra-campana-de-ahorro-de-agua-cada-gota-cuenta/](http://www.torax.cl/sumate-a-nuestra-campana-de-ahorro-de-agua-cada-gota-cuenta/). Gobierno de Chile, "Cuidemos el Agua: Cifras y Recomendaciones", 14 de enero de 2015, <https://www.gob.cl/noticias/cuidemos-el-agua-cifras-y-recomendaciones/>. Rocío Rivera Elorza, "Sectores Altos de Santiago Son los que Tienen el Mayor Consumo de Agua en Chile", *Emol*, 27 de noviembre de 2011, [www.emol.com/noticias/economia/2011/11/24/514225/np-fds-sobre-los-1000-litros-de-agua-por-persona-son-consumidos-por-habitantes-de-sectores-altos-del-pais.html](http://www.emol.com/noticias/economia/2011/11/24/514225/np-fds-sobre-los-1000-litros-de-agua-por-persona-son-consumidos-por-habitantes-de-sectores-altos-del-pais.html).
- 59 Rocío Rivera Elorza, "Sectores Altos de Santiago".
- 60 Guillermo Donoso y María Molinos-Senante, "Sistema Tarifario de Agua Potable en Chile".
- 61 California Department of Water Resources, "Model Water Efficient Landscape Ordinance," [water.ca.gov/Programs/Water-Use-And-Efficiency/Urban-Water-Use-Efficiency/Model-Water-Efficient-Landscape-Ordinance](http://water.ca.gov/Programs/Water-Use-And-Efficiency/Urban-Water-Use-Efficiency/Model-Water-Efficient-Landscape-Ordinance) (sitio consultado el 24 de febrero de 2019).
- 62 La Ley 21.075 permite que los residentes de los sectores tanto urbanos como rurales soliciten permisos para implementar sistemas de reutilización de aguas grises para usos no esenciales, como el riego de jardines y el lavado de automóviles. Dado que la ley se promulgó hace menos de año y medio, en febrero de 2018, no se ha documentado la experiencia con el proceso de implementación. Biblioteca del Congreso, "Regula la Recolección, Reutilización y Disposición de Aguas Grises", [www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1115066](http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1115066) (sitio consultado el 4 de marzo de 2019).
- 63 Rita Martins et al., "Assessing Social Concerns in Water Tariff", *Water Policy* 15 (2013): 193-211. Nelson D. Schwartz, "Water Pricing in Two Thirsty Cities: In One, Guzzlers Pay More, and Use Less", *New York Times*, 6 de marzo de 2015, [www.nytimes.com/2015/05/07/business/energy-environment/water-pricing-in-two-thirsty-cities.html](http://www.nytimes.com/2015/05/07/business/energy-environment/water-pricing-in-two-thirsty-cities.html).
- 64 "La Necesidad de Reducir el Consumo de Agua Ante el Inminente Agotamiento de los Recursos Hídricos", Universidad de Chile, 22 de marzo de 2018, [www.uchile.cl/noticias/141937/la-necesidad-de-reducir-el-consumo-de-agua-ante-su-agotamiento](http://www.uchile.cl/noticias/141937/la-necesidad-de-reducir-el-consumo-de-agua-ante-su-agotamiento).
- 65 Kathleen G. Low et al., "Fighting Drought with Innovation: Melbourne's Response to the Millennium Drought in Southeast Australia," *WIREs Water* (2015), [water-pire.uci.edu/wp-content/uploads/2015/05/wat2-1087.pdf](http://water-pire.uci.edu/wp-content/uploads/2015/05/wat2-1087.pdf).
- 66 Ibid.
- 67 Ministerio del Medio Ambiente, "Plan de Acción Nacional".
- 68 DGA, "Gestión Del Agua".
- 69 Douglas Aitken et al., "Water Scarcity and the Impact of the Mining and Agricultural Sectors in Chile", *Sustainability* 8, no. 2 (2016): 1-18, [www.mdpi.com/2071-1050/8/2/128/htm](http://www.mdpi.com/2071-1050/8/2/128/htm).
- 70 Michael D. Cahn and Lee F. Johnson, "New Approaches to Irrigation Scheduling of Vegetables", *Horticulturae* 3, no. 2 (2017): 1-22, [www.mdpi.com/2311-7524/3/2/28](http://www.mdpi.com/2311-7524/3/2/28).
- 71 Y. Bai et al., "Modeling Soil Conservation, Water Conservation and Their Tradeoffs: A Case Study in Beijing", *Journal of Environmental Sciences (China)* 24, no. 3 (2012): 419-426.
- 72 "The Secret Weapon to Healthier Soil", NRDC, 26 de enero de 2018, [www.nrdc.org/stories/secret-weapon-healthier-soil](http://www.nrdc.org/stories/secret-weapon-healthier-soil). "Soil Health and Cover Crop Facts: Ten Ways Cover Crops Enhance Soil Health", Soil Health Institute, diciembre de 2017, [soilhealthinstitute.org/wp-content/uploads/2017/12/10-ways-cover-crops-enhance-soil-health-FINAL.pdf](http://soilhealthinstitute.org/wp-content/uploads/2017/12/10-ways-cover-crops-enhance-soil-health-FINAL.pdf).
- 73 Ben Chou, Claire O'Connor y Lara Bryant, "Climate-Ready Soil: How Cover Crops Can Make Farms More Resilient to Extreme Weather Risks", NRDC, noviembre de 2015, [www.nrdc.org/sites/default/files/climate-ready-soil-CA-IB.pdf](http://www.nrdc.org/sites/default/files/climate-ready-soil-CA-IB.pdf).
- 74 Calculado con la tasa de cambio de 2018. Agenda País, "Los Beneficios del Reúso de Aguas Residuales Tratadas en Zonas Rurales", *El Mostrador*, 11 de mayo de 2018, [www.elmostrador.cl/agenda-pais/2018/05/11/los-beneficios-del-reuso-de-aguas-residuales-tratadas-en-zonas-rurales/](http://www.elmostrador.cl/agenda-pais/2018/05/11/los-beneficios-del-reuso-de-aguas-residuales-tratadas-en-zonas-rurales/).

- 75 James Winpenny et al., “Reutilización del Agua en Agricultura: ¿Beneficios para Todos?”, Organización para la Alimentación y la Agricultura, 2013, [www.fao.org/docrep/017/i1629s/i1629s.pdf](http://www.fao.org/docrep/017/i1629s/i1629s.pdf).
- 76 Jeff Kart, “Largest-Ever USDA Grant To Grow Vegetables With Wastewater”, *Forbes*, 11 de diciembre de 2018, [www.forbes.com/sites/jeffkart/2018/12/11/largest-ever-usda-grant-to-grow-vegetables-with-wastewater/#6377f7e62c52](http://www.forbes.com/sites/jeffkart/2018/12/11/largest-ever-usda-grant-to-grow-vegetables-with-wastewater/#6377f7e62c52).
- 77 Lois Yoksoulian, “Human Wastewater Valuable to Global Agriculture, Economics, Study Finds”, *Phys Org*, 16 de agosto de 2018, [phys.org/news/2018-08-human-wastewater-valuable-global-agriculture.html](http://phys.org/news/2018-08-human-wastewater-valuable-global-agriculture.html).
- 78 Lara Bryant, “Guest Blog: Iowa’s ‘Good Farmer Discount’ First-Year Success”, NRDC, 30 de abril de 2018, [www.nrdc.org/experts/lara-bryant/guest-blog-iowas-good-farmer-discount-first-year-success](http://www.nrdc.org/experts/lara-bryant/guest-blog-iowas-good-farmer-discount-first-year-success). “Cover Crop–Crop Insurance Demonstration Project”, Iowa Department of Agriculture & Land Stewardship, <https://www.cleanwateriowa.org/covercroppdemo-main> (sitio consultado el 4 de marzo de 2019).
- 79 Dongwoo Jang y Gyewoon Choi, “Estimation of Non-Revenue Water Ratio for Sustainable Management Using Artificial Neural Network and Z-Score in Incheon, Republic of Korea”, *Sustainability* 9, no. 11 (October 2017): 1-15. Gabriel Caldes, “Las Pérdidas de Agua, un Tema Pendiente”. GHD, “Non-revenue Water Losses”, [www.ghd.com/en/about-us/non-revenue-water-losses.aspx](http://www.ghd.com/en/about-us/non-revenue-water-losses.aspx) (sitio consultado el 24 de febrero de 2019). El Instituto Nacional de Estadística, “El Coste del Agua en España Sube un 3,2% y Alcanza los 1,95 Euros por Metro Cúbico”, *Iagua*, [www.iagua.es/noticias/instituto-nacional-estadistica/coste-agua-espana-sube-32-alcanza-195-euros-por-metro-cubico](http://www.iagua.es/noticias/instituto-nacional-estadistica/coste-agua-espana-sube-32-alcanza-195-euros-por-metro-cubico) (sitio consultado el 15 de abril de 2019).
- 80 SISS, “Robos y Fallas en Redes Sanitarias.” David Schaper, “As Infrastructure Crumbles, Trillions of Gallons of Water Lost”, *NPR*, 29 de octubre de 2014, [www.npr.org/2014/10/29/359875321/as-infrastructure-crumbles-trillions-of-gallons-of-water-lost](http://www.npr.org/2014/10/29/359875321/as-infrastructure-crumbles-trillions-of-gallons-of-water-lost).
- 81 SISS, “Robos y Fallas en Redes Sanitarias”.
- 82 David L. Chandler, “Finding Leaks While They’re Easy to Fix”, *MIT News*, 17 de julio de 2017, [news.mit.edu/2017/robot-finds-leaks-water-pipes-0718](http://news.mit.edu/2017/robot-finds-leaks-water-pipes-0718).
- 83 Ministerio del Interior y Seguridad Pública, *Política Nacional para los Recursos Hídricos 2015*.
- 84 Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, “Introduce Modificaciones al Marco Normativo que Rige las Aguas”.
- 85 De la presentación de la DGA en la región de Paine, por la DGA el 29 de junio de 2018; intervención enviada por e-mail por el expositor en mayo de 2019.
- 86 Tomás J. Usón, Cristián Henríquez y Juliane Dame, “Disputed Water: Competing Knowledge and Power Asymmetries in the Yali Alto Basin, Chile”, *Geoforum* 85 (octubre de 2017): 247-258.
- 87 Tomás J. Usón, Cristián Henríquez y Juliane Dame, “Disputed Water: Knowledge and Power Asymmetries”.
- 88 DGA, “Decretos Declaración Zona de Escasez Vigentes”, Gobierno de Chile, [www.dga.cl/administracionrecursoshidricos/decretosZonasEscasez/Paginas/default.aspx](http://www.dga.cl/administracionrecursoshidricos/decretosZonasEscasez/Paginas/default.aspx) (sitio consultado el 4 de marzo de 2019).
- 89 Solange Sánchez G., “Recursos Hídricos en la Región Metropolitana de Santiago de Chile”, CEPAL, June 2015, [conferencias.cepal.org/mapa\\_cepal/Miercoles%203/Pdf/S%20Sanchez.pdf](http://conferencias.cepal.org/mapa_cepal/Miercoles%203/Pdf/S%20Sanchez.pdf).
- 90 Tomás J. Usón, Cristián Henríquez y Juliane Dame, “Disputed Water: Knowledge and Power Asymmetries”.
- 91 Solange Sánchez G., “Recursos Hídricos en la Región Metropolitana de Santiago de Chile”.
- 92 María Rojas, et al., “Agroindustria Agota Derechos de Agua de San Pedro de Melipilla,” en Sara Larraín y Pamela Poo, eds., *Conflictos por el Agua en Chile: Entre los Derechos Humanos y las Reglas del Mercado*, (Santiago: Chile Sustentable, 2010): 237, [www.archivochile.com/Chile\\_actual/patag\\_sin\\_repre/03/chact\\_hidroy-3%2000026.pdf](http://www.archivochile.com/Chile_actual/patag_sin_repre/03/chact_hidroy-3%2000026.pdf).
- 93 Tomás J. Usón, Cristián Henríquez y Juliane Dame, “Disputed Water: Knowledge and Power Asymmetries”.
- 94 Sophia Layser Borgias, “Law, Scarcity, and Social Movements: Water Governance in Chile’s Maipo River Basin”.
- 95 Daniela Duhart, abogada, Universidad de Chile, comunicación personal por e-mail, 25 de febrero de 2019. Comunidad de Aguas Subterráneas (CASUB), [www.casub.cl/conozcanos/](http://www.casub.cl/conozcanos/) (sitio consultado el 4 de marzo de 2019).
- 96 Christopher W. Moore, *The Mediation Process: Practical Strategies for Resolving Conflict*, (San Francisco: Jossey-Bass, 2014): 237.
- 97 Naciones Unidas, “Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)”, [www.un.org/waterforlifedecade/iwrm.shtml](http://www.un.org/waterforlifedecade/iwrm.shtml) (sitio consultado el 24 de febrero de 2019).
- 98 Anne Schulte-Wülwer-Leidig et al., “Transboundary Cooperation and Sustainable Development in the Rhine Basin”, Intechopen, 19 de diciembre de 2017, [www.intechopen.com/books/achievements-and-challenges-of-integrated-river-basin-management/transboundary-cooperation-and-sustainable-development-in-the-rhine-basin](http://www.intechopen.com/books/achievements-and-challenges-of-integrated-river-basin-management/transboundary-cooperation-and-sustainable-development-in-the-rhine-basin).
- 99 Koos Wieriks y Anne Schulte-Wülwer-Leidig, “Integrated Water Management for the Rhine River Basin, from Pollution Prevention to Ecosystem Improvement”, *Natural Resources Forum*, 9 de octubre de 2009, [onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1477-8947.1997.tb00686.x](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1477-8947.1997.tb00686.x).
- 100 Anne Schulte-Wülwer-Leidig et al., “Transboundary Cooperation and Sustainable Development in the Rhine Basin”.
- 101 Producción Limpia, *Acuerdo Voluntario para la Gestión de Cuenecas*, diciembre de 2015, [www.agenciasustentabilidad.cl/resources/uploads/documentos/protocolo\\_operativo.pdf](http://www.agenciasustentabilidad.cl/resources/uploads/documentos/protocolo_operativo.pdf).
- 102 Entrevista con el autor, Claudio Bustamante Lanctot, asesor para los AVGC, comunicación personal presencial el 21 de marzo de 2018. “Firman Inédito Acuerdo para Protección de la Cuenca del Lago Vichuquén”, *El Centro*, 10 de octubre de 2017, [www.diarioelcentro.cl/noticias/cronica/firman-inedito-acuerdo-para-proteccion-de-la-cuenca-del-lago-vichuquen](http://www.diarioelcentro.cl/noticias/cronica/firman-inedito-acuerdo-para-proteccion-de-la-cuenca-del-lago-vichuquen).
- 103 Carlos Montes, “Escasez de Agua Afecta a 61 Comunas del País”, *La Tercera*, 2 de febrero de 2018, [www.latercera.com/tendencias/noticia/escasez-agua-afecta-61-comunas-del-pais/54429/](http://www.latercera.com/tendencias/noticia/escasez-agua-afecta-61-comunas-del-pais/54429/). DGA, “Decretos Declaración Zona de Escasez Vigentes”.
- 104 SISS, “Experto Mundial Habla Sobre Infraestructura Verde en el Seminario SISS”, 20 de marzo de 2019, [www.siss.gob.cl/586/w3-article-17412.html](http://www.siss.gob.cl/586/w3-article-17412.html).
- 105 Naomi Larsson, “Welcome to Chilecon Valley: A Startup Hub with Its Own Special Charm,” (Bienvenidos a Chilecon Valley: un lugar para iniciar negocios con su encanto propio) *The Guardian*, 22 de diciembre de 2016, [www.theguardian.com/small-business-network/2016/dec/22/chile-accelerator-startup-grants](http://www.theguardian.com/small-business-network/2016/dec/22/chile-accelerator-startup-grants).





© Pablo Rogat/Shutterstock



**NEW YORK (HQ)**  
40 West 20th Street  
11th Floor  
New York, NY 10011  
212.727.2700

**WASHINGTON, DC**  
1152 15th Street NW  
Suite 300  
Washington, DC  
20005 202.289.6868

**MIDWEST**  
20 North Wacker Drive  
Suite 1600  
Chicago, IL 60606  
312.663.9900

**NORTHERN ROCKIES**  
317 East Mendenhall  
Street, Suites D & E  
Bozeman, MT 59715  
406.556.9300

**SAN FRANCISCO**  
111 Sutter Street  
20th Floor  
San Francisco, CA  
94104 415.875.6100

**SANTA MONICA**  
1314 Second Street  
Santa Monica, CA  
90401 310.434.2300

**BEIJING**  
Taikang Financial  
Tower 17th Floor, Suite  
1706 No. 38 Dong San  
Huan Bei Road  
Chaoyang District  
Beijing, China 100026  
86.10.5927.0688

**Aprenda más en  
NRDC.ORG**