



# Soluciones de base Natural (SbN) para conflictos de escasez hídrica en la Ecorregión Mediterránea de Chile.

1 Nature-based Solutions (NbS) for addressing water scarcity in the Mediterranean  
2 Ecoregion of Chile.

3 Isadora, **Schneider**<sup>a, b</sup> ; Conny, **Brito-Escudero**<sup>a</sup> ; Isabella **Aguilera-Betti**<sup>a, b, c, d</sup> ; Karin **Klock-**  
4 **Barría**<sup>a, b</sup> ; Andrea **Saldes-Cortés**<sup>a, b</sup> ; Juan L., **Celis-Diez**<sup>a, e, f</sup> ; Antonio, **Ugalde**<sup>g</sup> ; Lorena,  
5 **Jorquera-Martínez**<sup>a, h</sup> ; Alejandro, **Venegas-González**<sup>a, i</sup> ; Gastón O., **Carvallo**<sup>a, j</sup> ; Ariel A.,  
6 **Muñoz**<sup>\*a, b, f, k</sup>

7  
8 <sup>a</sup> Núcleo de Investigación en Soluciones de base Natural para Desafíos Ambientales Emergentes, Pontificia  
9 Universidad Católica de Valparaíso.

10 <sup>b</sup> Laboratorio de Dendrocronología y Estudios Ambientales, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica  
11 de Valparaíso.

12 <sup>c</sup> Centro Transdisciplinario de Estudios Ambientales y Desarrollo Humano Sostenible (CEAM), Universidad Austral  
13 de Chile, Valdivia, Chile.

14 <sup>d</sup> Programa de Doctorado en Ciencias Antárticas y Subantárticas, Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile

15 <sup>e</sup> Escuela de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

16 <sup>f</sup> Centro de Acción Climática, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

17 <sup>g</sup> Laboratorio de Teledetección y Monitoreo Ambiental Universidad de Playa Ancha.

18 <sup>h</sup> Escuela de Ingeniería en Construcción, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

19 <sup>i</sup> Hémera Centro de Observación de la Tierra, Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias, Universidad  
20 Mayor, Santiago, Chile.

21 <sup>j</sup> Instituto de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

22 <sup>k</sup> Centro del Clima y la Resiliencia (CR)2, Santiago, Chile.

23 

---

Recibido 2021; Aceptado 2021 Publicado 2021

---

## 24 Resúmen

25 Las Soluciones de base Natural (SbN) permiten enfrentar desafíos y riesgos socioambientales mediante la protección, restauración  
26 y gestión sostenible de los ecosistemas, proporcionando bienestar humano e incrementando la biodiversidad. En la última década,  
27 la Ecorregión Mediterránea de Chile (EMC, 29-37°S) ha experimentado una continua sequía y numerosos conflictos hídricos  
28 asociados al desarrollo de actividades industriales en zonas que proveen servicios ecosistémicos de aprovisionamiento y regulación  
29 hídrica. En este contexto se evaluó el uso de SbN en conflictos de escasez hídrica en la EMC como forma de sustentar el diseño de  
30 políticas públicas que incorporen esta aproximación. Para esto, se recopilaron conflictos asociados a la escasez hídrica en la EMC  
31 y se identificaron SbN para enfrentar conflictos similares en otras regiones del mundo. Se determinaron tres categorías de SbN: (i)  
32 restauración de cuencas e infraestructura verde, (ii) infraestructura ancestral y natural y (iii) prácticas agrícolas integradas. Este  
33 análisis indica que el uso simultáneo de estas tres estrategias puede contribuir a la solución de conflictos hídricos en la EMC. Las  
34

35 SbN se proyectan como una opción eficiente e integradora para enfrentar los problemas de escasez hídrica, toda vez que sean  
 36 consideradas dentro de las políticas nacionales y diseñadas según las condiciones ambientales y contexto social de cada sector en  
 37 conflicto.

38 **Palabras clave:** soluciones basadas en la naturaleza, escasez hídrica, adaptación al cambio climático, sequía, Ecorregión  
 39 Mediterránea de Chile.

40

41 Los cambios en los ecosistemas por actividades humanas han generado una crisis socioambiental  
 42 sin precedentes en la historia del planeta (Vitousek *et al.*, 1997; Barnosky *et al.*, 2012; Ripple *et al.*,  
 43 2017). Esto ha disminuido la disponibilidad y el acceso al agua para comunidades humanas y los  
 44 ecosistemas en todo el mundo (Jury & Vaux, 2007; Hohenthal & Minoia, 2017) produciendo  
 45 escasez hídrica asociada a la extracción de agua, mayormente para agricultura, afectando al 57%  
 46 de la población mundial (Huang *et al.*, 2021). En este contexto, las Soluciones de base Natural  
 47 (SbN) permiten enfrentar los nuevos desafíos y riesgos socioambientales de manera eficaz y  
 48 adaptativa, proporcionando simultáneamente beneficios para el bienestar humano y la  
 49 biodiversidad (Cohen Shacham *et al.*, 2016). Las SbN son acciones inter- y transdisciplinarias en  
 50 su diseño y ejecución que usan la infraestructura natural y sus procesos generando resiliencia en  
 51 los territorios donde se desarrollan a través de la protección, gestión sostenible y restauración de  
 52 ecosistemas (European Commission, 2016; Frantzeskaki *et al.*, 2019). Las SbN se planifican y  
 53 ejecutan como intervenciones sistémicas, eficientes y adaptadas localmente que pueden aplicarse  
 54 en entornos rurales, costeros o urbanos (European Commission, 2016). Algunos ejemplos de SbN  
 55 son los planes de gestión de cuerpos de agua, implementación de infraestructura verde en zonas  
 56 urbanas (Cohen-Shacham *et al.*, 2016) y la intensificación ecológica de la agricultura (Bommarco  
 57 *et al.*, 2013). Los servicios ecosistémicos se definen como los beneficios que las poblaciones  
 58 humanas obtienen, directa o indirectamente, de las funciones de los ecosistemas (Costanza *et al.*,  
 59 1997). Por ejemplo, al utilizar SbN para recuperar la regulación hídrica, procesos como la  
 60 filtración, retención y almacenamiento de agua se verán favorecidos, aumentando el servicio  
 61 ecosistémico de provisión de agua para consumo humano. Las SbN permiten recuperar otras  
 62 funciones ecológicas que proveen de otros servicios ecosistémicos como protección y fertilidad del  
 63 suelo, regulación de plagas y nutrientes, polinización y producción de biomasa (De Groot, 2002;  
 64 WWAP, 2018).

65 Las SbN pueden ejecutarse en forma individual o integrada con otras soluciones, deben ser  
 66 implementadas a escala de paisaje, dentro de una planificación amplia que considere distintas  
 67 escalas territoriales (haciendo coincidir la escala de la solución con la escala del problema), y deben  
 68 integrarse con políticas y acciones para enfrentar desafíos sociales. Por estas razones, el enfoque  
 69 de SbN puede integrar conceptos similares proporcionando flexibilidad y permitiendo abordar  
 70 mayores escalas (Cohen-Shacham *et al.*, 2019). Las SbN difieren de los enfoques de conservación  
 71 y promoción de la biodiversidad debido a su marcada orientación a lograr objetivos sociales  
 72 amplios como el bienestar humano, la reducción de la pobreza y el desarrollo social (Seddon *et al.*,  
 73 2019; 2020).

74 En general las SbN minimizan la intervención en los sistemas naturales, utilizando elementos de la  
 75 naturaleza para lograr beneficios territoriales, por lo que su implementación minimiza los impactos  
 76 generados sobre la estructura y composición de los ecosistemas (e.g. biodiversidad) y su  
 77 funcionamiento (e.g. regulación climática, ciclos de nutrientes; Franklin *et al.* 2016). La singular  
 78 riqueza natural de los países latinoamericanos ha sido destacada por su potencial uso para generar  
 79 SbN y propiciar procesos de adaptación al cambio climático (IPCC, 2014). En diversos países del

80 mundo, al igual que en Chile, se han reportado conflictos de escasez hídrica, que pueden ser  
81 abordados incorporando SbN en políticas ambientales, prácticas agrícolas y ordenamiento  
82 territorial (WWAP, 2018).

83 Las SbN son una estrategia utilizada para enfrentar la escasez hídrica en diversos territorios  
84 alrededor del mundo (Cohen-Shacham *et al.*, 2016). Por ejemplo, las SbN se han utilizado para  
85 aumentar y regular la disponibilidad hídrica en un 8,6% de los proyectos de adaptación al cambio  
86 climático en Mesoamérica (Cohen-Shacham *et al.*, 2016). En Asia, las SbN han permitido  
87 almacenar agua en ríos secos mediante la construcción de estructuras de recolección a pequeña  
88 escala, que, en combinación con la regeneración y restauración de bosques, han incrementado el  
89 volumen y calidad del agua colectada (WWAP, 2018). Otras experiencias incluyen la instalación  
90 de techos verdes, paredes y pavimento permeable, revitalización de lagos y humedales degradados,  
91 experiencias que aumentan la seguridad hídrica además de favorecer la resiliencia climática  
92 (WWAP, 2018).

93

#### 94 **Ecorregión mediterránea de Chile**

95 La ecorregión mediterránea de Chile (EMC, Figura N° 1) corresponde al territorio comprendido  
96 entre los 29° y 37°S de la vertiente occidental de Sudamérica, siendo una de las cinco regiones  
97 mediterráneas del mundo (Esler *et al.*, 2018). En términos ecológicos, la EMC ha sido categorizada  
98 como un sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad, dado su alto nivel de endemismo  
99 y gran proporción de su superficie (70%) que se encuentra impactada por actividades humanas  
100 (Myers *et al.*, 2000).

101 El uso y consumo del agua en actividades industriales asociadas a la agricultura, minería e  
102 industria, han modificado el abastecimiento hídrico en la EMC, haciendo menos predecible el  
103 comportamiento de las fuentes y cursos de agua (Escenarios Hídricos 2030, 2018). La agricultura  
104 es el principal consumidor de agua en la EMC (Budds, 2012; EH2030, 2018; Webb *et al.*, 2020;  
105 Figura N° 1), ocupando una superficie de monocultivos frutales que genera impactos en la  
106 disponibilidad de agua para otros usos en estos territorios (Muñoz *et al.*, 2020). El intenso cambio  
107 en el uso del suelo de las últimas décadas en la EMC (Armesto *et al.*, 2010; Schulz *et al.*, 2010) ha  
108 alterado la salud y el funcionamiento de los ecosistemas y la provisión de los servicios que éstos  
109 proveen, especialmente la producción de agua (Santibáñez, 2015). Esto genera que la población  
110 perciba a la agricultura de monocultivos de exportación junto con la urbanización y la minería  
111 como las causas principales de la sequía y escasez hídrica en la EMC (Aldunce *et al.*, 2017).

112 Varias actividades industriales se ubican en zonas prioritarias para la regulación hídrica, como  
113 cabeceras de las cuencas en zonas de montaña, laderas con vegetación nativa, áreas de drenaje (e.g.  
114 ríos, humedales, zonas de infiltración y recarga de acuíferos) y en los reservorios de agua (e.g.,  
115 glaciares y ambientes periglaciares; Aedo & Montecino, 2006; Brenning & Azócar, 2010; Morales,  
116 2017). Además, junto con el impacto de las actividades industriales, la urbanización también es  
117 percibida como un agente causante de escasez hídrica (Aldunce *et al.*, 2017). El 88% de la  
118 población de Chile vive en zonas urbanas (INE, 2018) generando una creciente demanda por agua  
119 (MOP, 2017; MMA, 2019). Según datos del último censo (INE, 2018), la EMC tiene 11.645.801  
120 habitantes, el 66% de la población de Chile, con un 9,3% viviendo en zonas rurales y un 90,7%  
121 habitando zonas urbanas (Figura N° 1). Las regiones Metropolitana y de Valparaíso, insertas en la

122 EMC, concentran la mayor densidad poblacional de Chile, con 462 hab/km<sup>2</sup> y 111 hab/km<sup>2</sup>  
123 respectivamente.

124 Chile lidera el ranking de estrés hídrico dentro de Latinoamérica y se ubica en el puesto 18 a nivel  
125 global (Gligo *et al.*, 2020). La EMC experimenta una reducción en las precipitaciones, aumento de  
126 temperaturas y aumento en la recurrencia de años secos, fenómenos que se han incrementado desde  
127 el año 2010, generando la mega-sequía más severa del último milenio (Boisier *et al.*, 2016, 2018;  
128 Garreaud *et al.*, 2017, 2020). Durante las últimas décadas la disminución de la acumulación de  
129 nieve (Stehr & Aguayo, 2017; Saavedra *et al.*, 2018) y el retroceso de glaciares (Rivera *et al.*, 2006;  
130 Le Quesne *et al.*, 2009; EH2030, 2018) se ha acompañado de la disminución en los caudales de  
131 ríos (Bustos *et al.*, 2015; DPRH, 2015; Muñoz *et al.*, 2016, 2020; Barría *et al.*, 2019) y de los  
132 niveles de aguas subterráneas (Garreaud *et al.*, 2017; Duran-Llacer *et al.*, 2020), afectando la  
133 disponibilidad de agua para distintos usos, y el vigor de la vegetación (Garreaud *et al.*, 2017, 2020).  
134 Entre los años 2019-2020 un total de 138 comunas han sido declaradas como zonas de escasez  
135 hídrica entre las regiones de Coquimbo y Maule (29-37°S, DGA, 2020). Considerando las  
136 proyecciones de cambio climático, que predicen una reducción en las precipitaciones de más del  
137 30% hacia final de este siglo, se espera que el acceso y abastecimiento de agua se torne más  
138 compleja en el corto y mediano plazo (Bozkurt *et al.*, 2018; Rojas *et al.*, 2019). En los Andes  
139 centrales, se estima que 10 millones de personas en Chile y Argentina, dependen directa o  
140 indirectamente de los glaciares como fuentes de agua (Masiokas *et al.*, 2006), especialmente  
141 durante periodos secos (Crespo *et al.*, 2020). La vulnerabilidad de esta región frente a la escasez  
142 hídrica se agrava al considerar que todos los glaciares de la EMC se encuentran en retroceso, aun  
143 antes del inicio de la mega-sequía (Rivera *et al.*, 2006). El cambio climático ha evidenciado la  
144 relación entre escasez hídrica y conflictos socioambientales en la región (Panez-Pinto, 2018;  
145 Panez-Pinto *et al.*, 2018; Alaniz *et al.*, 2019; Duran-Llacer *et al.*, 2020; Muñoz *et al.*, 2020)  
146 generado por el desbalance entre la demanda de agua por parte de la población y las actividades  
147 productivas, asociado a un sistema deficiente de gestión, gobernanza y políticas públicas en torno  
148 al agua en el país (Budds, 2012; Santibáñez, 2015; Muñoz *et al.*, 2020).

149 En Chile existe una política nacional de derechos de aprovechamiento de agua inadecuada, que no  
150 considera la variabilidad natural de las fuentes de agua y su uso a través del tiempo, ni las  
151 necesidades de los distintos tipos de usuarios dentro de una cuenca (Budds, 2020; Muñoz *et al.*,  
152 2020). Los derechos de aprovechamiento de agua son derechos de uso expresados en volúmenes  
153 por unidad de tiempo que tiene el titular del recurso agua, asignados por el Estado a perpetuidad y  
154 sin costo a quienes los soliciten inicialmente (DFL 1122). Una vez asignados, el titular de los  
155 derechos puede comercializarlos como un bien de mercado (Prieto *et al.*, 2019). Bajo este sistema,  
156 los mecanismos públicos de regulación y supervisión del uso del agua son limitados, un factor que  
157 ha aumentado las inequidades en su acceso (Bauer, 2004; Hearne & Donoso, 2014, Prieto *et al.*,  
158 2019). La falta de conocimiento del funcionamiento ecosistémico y la exclusión de principios  
159 técnicos en la elaboración de políticas públicas y planificación territorial, conforman un sistema de  
160 alta complejidad que reduce las posibilidades de desarrollo social para varios tipos de usuarios del  
161 agua en los territorios de la EMC. En este contexto las SbN pueden ser un elemento clave para  
162 lograr este objetivo.

163 Actualmente, las propuestas para enfrentar la sequía y escasez hídrica en Chile se basan en políticas  
164 asistencialistas como el abastecimiento de agua en camiones aljibes para el consumo urbano,  
165 subsidios a la agricultura y construcción de infraestructura para el almacenaje y distribución  
166 (DPRH, 2015; Aldunce *et al.*, 2016; Martínez, 2016). A pesar de la inversión en estas iniciativas,

167 el impacto de la sequía y escasez hídrica no han logrado solucionarse. Bajo este contexto,  
 168 evaluamos el uso potencial de SbN para enfrentar conflictos de escasez hídrica de la EMC.  
 169 Específicamente, esta investigación fue conducida por la pregunta: ¿Qué SbN se han implementado  
 170 en el mundo para enfrentar la escasez hídrica, que puedan ser utilizadas en la EMC? A partir de las  
 171 experiencias recopiladas se evaluaron tipos de SbN para resolver conflictos asociados a la escasez  
 172 hídrica en Chile. Para esto (i) se recopiló información de los conflictos de escasez hídrica en la  
 173 EMC, (ii) se identificó el uso de SbN para enfrentar conflictos de escasez hídrica en otras regiones  
 174 del mundo, y finalmente (iii) se discutió la aplicabilidad de los modelos de SbN usados en el mundo  
 175 sobre los distintos conflictos de escasez hídrica de la EMC. El objetivo principal de este artículo  
 176 es relevar conocimiento nacional e internacional que sirva de sustento en el diseño de políticas  
 177 públicas y planes de gestión territorial que incorporen las SbN como mecanismo para enfrentar  
 178 conflictos y problemas asociados a escasez hídrica en la EMC.

179

180 **Conflictos de escasez hídrica en la EMC**

181 De acuerdo a la plataforma digital “Mapa de Conflictos Socioambientales en Chile”  
 182 (<https://mapaconflictos.indh.cl>) del Instituto Nacional de Derechos Humanos (INDH), existen a la  
 183 fecha 127 conflictos ambientales a lo largo de Chile, que presentan disputas entre diversos actores  
 184 del territorio: personas naturales, organizaciones, empresas públicas y privadas, y el Estado de  
 185 Chile. De estos conflictos, 56 (44% del total) se relacionan directamente con el agua como derecho  
 186 humano. Además se incorporaron 34 conflictos ambientales recopilados de otras fuentes (Anexo  
 187 1): 26 en Larraín & Poo (2010), seis en Larraín *et al.*, (2012) y dos de Castro & León (2014). De  
 188 estos trabajos se seleccionaron conflictos socioambientales ocasionados por la sobreexplotación  
 189 del recurso hídrico que generaron déficit, escasez de agua o intervención de cauces de ríos en la  
 190 EMC (Anexo 1). En total se identificaron 14 conflictos de escasez hídrica, de los cuales nueve  
 191 están ubicados en zonas rurales (Figura N° 1 y 2, Cuadro N° 1), dos en zonas pobladas, y tres en  
 192 zonas naturales (Anexo 1). Para complementar la información sobre las causas y antecedentes de  
 193 los conflictos seleccionados, se buscó artículos sobre los mismos en la plataforma Google Scholar  
 194 (<https://scholar.google.com/>).

195

196 **Cuadro N° 1**

197 Conflictos de escasez hídrica identificados en territorios rurales de la Ecorregión Mediterránea de  
 198 Chile (EMC). En negrita se destaca al principal actor involucrado en cada conflicto. El número  
 199 asignado (C1 a C9) en la primera columna se asocia a la ubicación de los conflictos detallados en  
 200 las Figuras N° 1 y 2.

Nº	CONFLICTO	CUENCA, COMUNA	ACTORES INVOLUCRADOS	REGIÓN
C1	Reservas del acuífero agotadas	Subcuenca acuífero El Culebrón, Andacollo	<b>-Minería</b> -Agricultura -Comité agua potable rural -Comunidad local	Coquimbo

C2	Disminución de caudales de agua de pozo	Cuenca Choapa, Localidad Chuchiñi, Salamanca	- <b>Minería</b> -Agricultura -Comunidad local	
C3	Destrucción del sistema hidrológico y contaminación hídrica	Cuenca estero Pupío, Localidad Caimanes, Los Vilos	- <b>Minería</b> -Agricultura -Comunidad local	
C4	Pozos de agua subterránea agotados	Cuenca río Petorca y río La Ligua	- <b>Agroindustria</b> -Agricultores locales -Comité de agua potable rural	Valparaíso
C5	Agua destinada a la agroindustria y contaminación hídrica	Cuenca río Rocín y río Putaendo, Putaendo	- <b>Agroindustria/Minería</b> -Agricultores locales -Comunidad local -Comité agua potable rural	
C6	Alteración del ciclo hidrológico y contaminación hídrica	Cuenca río Maipo, San José de Maipo	- <b>Hidroelectricidad</b> -Agricultura -Comunidad local -Aguas Andinas	Metropolitana
C7	Pozos de agua subterránea agotados	Subcuenca estero Yali, San Pedro de Melipilla	- <b>Agroindustria</b> -Agricultores locales -Comité agua potable rural -Comunidad local	
C8	Variación de los caudales de río	Cuenca río Tinguiririca, San Fernando	- <b>Hidroelectricidad</b> -Agricultura -Comunidad local -Junta de vigilancia del río	O'Higgins
C9	Disminución de los niveles de agua del embalse	Cuenca Maule, San Clemente	- <b>Hidroelectricidad</b> -Agricultura -Comunidad local	Maule

201

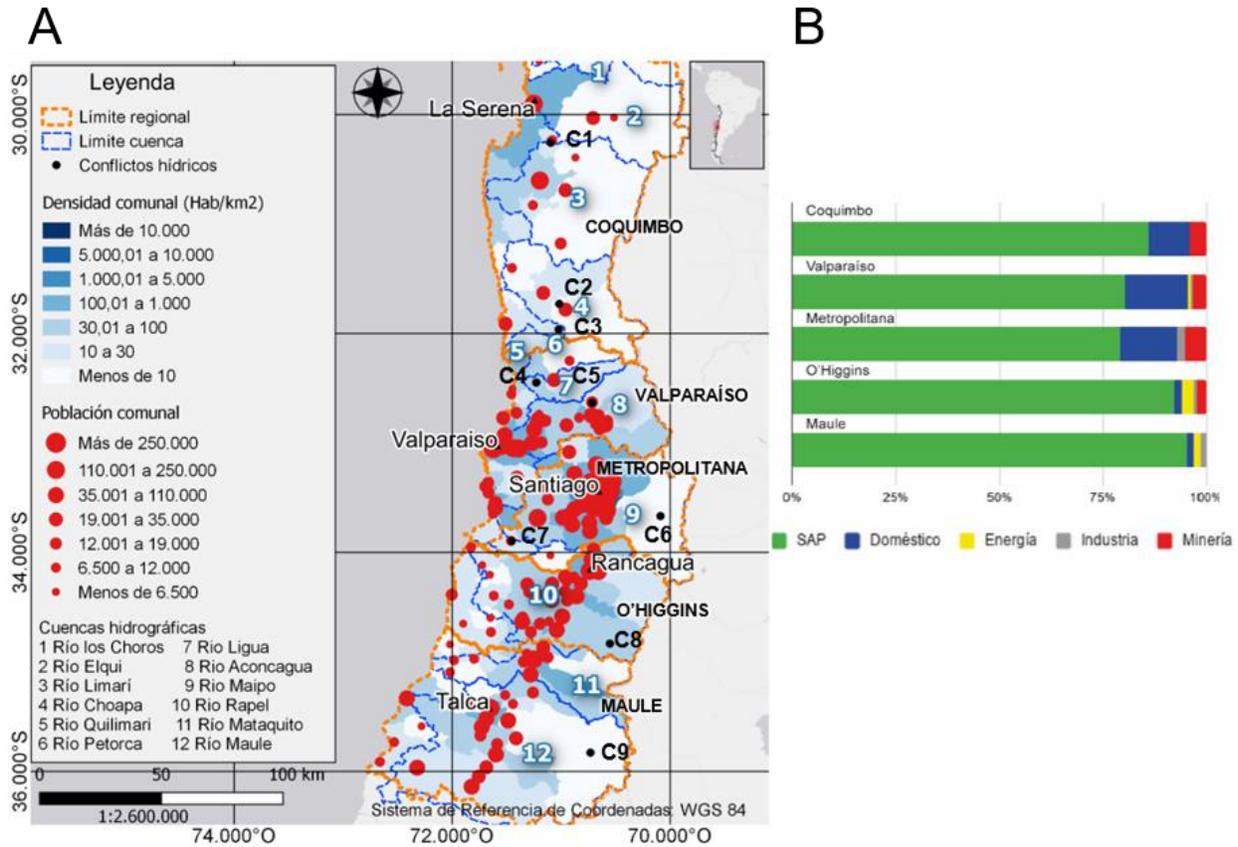
202 Fuente: Elaboración propia.

203

204 **Figura N° 1**

205 (A) Área de estudio y localización de conflictos hídricos en zonas rurales de la Ecorregión  
 206 Mediterránea de Chile (EMC, C1 a C9), identificando densidad poblacional (habitantes/km<sup>2</sup>) y  
 207 población (cantidad habitantes) comunales, y las cuencas hidrográficas (cuencas costeras  
 208 excluidas). (B) Distribución porcentual de la Huella Hídrica entre los principales consumidores de  
 209 agua en las regiones administrativas de Chile que comprende este estudio. El consumo de agua del  
 210 sector energético corresponde a centrales termoeléctricas en las regiones de Valparaíso y

211 Metropolitana, y de hidroeléctricas de embalse artificial en las regiones del Libertador Bernardo  
 212 O'Higgins y del Maule.



213 Fuente: Elaboración propia. (A) Datos de población obtenidos del Instituto Nacional de  
 214 Estadísticas (www.ine.cl). Archivos de cuencas y división política-administrativa regional y  
 215 comunal (n=168) obtenidos de Infraestructura de Datos Geospaciales (www.ide.cl). (B) Datos de  
 216 Huella Hídrica adaptados de Jaramillo (2017). SAP: actividades silvoagropecuarias.  
 217

218  
 219 *Conflictos hídricos asociados a la agroindustria*

220 En esta categoría se incorporaron los conflictos generados por el agotamiento de fuentes de agua  
 221 superficiales y subterráneas generados por su extracción para usar en actividades agrícolas. Se  
 222 identificaron conflictos en Petorca (Panez-Pinto *et al.*, 2018; Muñoz *et al.*, 2020), Cabildo, La  
 223 Ligua (INDH, 2020), Melipilla (Larraín & Poo, 2010) y Putaendo (Faundez & Mundaca, 2019;  
 224 INDH, 2020; Figura N° 2). En general, para todas las regiones políticas-administrativas de Chile  
 225 central, la actividad silvoagropecuaria presentó la mayor huella hídrica (Figura N° 1B).

226 En Petorca (C4, Figura N° 2B), la actividad de pequeños agricultores y el abastecimiento de agua  
 227 para las comunidades se encuentra en riesgo debido a que el flujo superficial del río ha desaparecido  
 228 en algunas secciones de la cuenca, y muchos de los pozos no proporcionan suficiente agua para

229 satisfacer la demanda de distintos usuarios. Esto es consecuencia de que una gran proporción de  
230 los derechos de agua pertenecen a empresas agroindustriales de paltos y cítricos (Duran-Llacer  
231 *et al.*, 2020) que actúan como grandes consumidores del recurso (Osorio, 2013). El sobre  
232 otorgamiento de derechos de aguas ha reducido significativamente el caudal del río Petorca en los  
233 últimos años (Muñoz *et al.*, 2020). Por su parte, en San Pedro de Melipilla (C7, Figura N° 2C) la  
234 explotación de pozos para abastecer a la agroindustria ha agudizado los problemas de escasez  
235 hídrica para consumo humano y pequeña agricultura local. La comunidad señala que pozos y norias  
236 se encuentran secos, mientras que las grandes empresas poseen recursos y tecnología para acceder  
237 a acuíferos mediante pozos de mayor profundidad (Larraín & Poo, 2010). Para el embalse  
238 Chacrillas (C5, Figura N° 2B), que recibe el agua del río Putaendo, los derechos de agua están  
239 concedidos a sólo 32 usuarios, seis de los cuales concentran el 52% de todas las acciones (Junta de  
240 Vigilancia, 2020).

241 La disminución de la recarga de acuíferos también se debe a factores como la extensión de las obras  
242 de impermeabilización de canales y acequias, y al cambio hacia prácticas y tecnologías de riego de  
243 mayor eficiencia, que no necesariamente equivalen a “ahorros reales del recurso agua” (Foster &  
244 Perry, 2010), considerando que implican reducir la infiltración y con esto la recarga de agua al  
245 subsuelo.

246

#### 247 *Conflictos hídricos asociados a la industria hidroeléctrica*

248 Un total de 34 generadoras hidroeléctricas operan en la EMC (Generadoras de Chile, 2020),  
249 identificándose los principales conflictos en la cuenca del río Maule, cuenca alta del río Maipo y  
250 río Tinguiririca (Castro & León, 2014; Larraín *et al.*, 2012; Cuadro N° 1, Figura N° 2). En general,  
251 los conflictos de escasez hídrica generados por las hidroeléctricas y la construcción de represas  
252 producen cambios en las fluctuaciones normales de los ríos, imposibilitando una distribución  
253 equitativa del agua a los distintos usuarios de la cuenca (Castro & León, 2014).

254 En el río Maule, se emplazan seis centrales hidroeléctricas (C9, Figura N° 2C). La disponibilidad  
255 de agua de la Laguna del Maule ha disminuido significativamente debido a la sobre extracción del  
256 recurso para la generación de electricidad por parte de empresas que no respetaron el acuerdo de  
257 1947 (DS 3.341) que entrega el agua en mayor porcentaje a los agricultores en situaciones de  
258 escasez, reduciendo el suministro de agua para riego en zonas bajas de la cuenca (Larraín *et al.*,  
259 2012; Castro & León, 2014).

260 En la cuenca alta del río Maipo (C6, Figura N° 2B) se emplaza la construcción de la central Alto  
261 Maipo, que ya cuenta con cuatro centrales (Labra, 2020). En esta cuenca los estudios han  
262 proyectado la desertificación de una superficie mayor a 100.000 ha, generando inseguridad hídrica  
263 para cerca de seis millones de habitantes en la ciudad de Santiago y poniendo en riesgo la irrigación  
264 de 120.000 ha agrícolas de este valle (Castro & León, 2014; Larraín & Poo, 2010; INDH, 2020).  
265 Para el proyecto Alto Maipo se han reportado impactos sobre glaciares debido a las tronaduras,  
266 construcción de caminos y deposición de escombros en la alta cordillera (González *et al.*, 2015)  
267 poniendo en riesgo estas fuentes estratégicas que almacenan y entregan agua.

268 En la cuenca del río Tinguiririca (C8, Figura N° 2C), se emplazan las centrales de pasada La  
269 Higuera y La Confluencia. La reducción del caudal de este río ha dificultado la captación de agua  
270 para riego, dejando los cultivos de los regantes expuestos a periodos sin riego (Larraín *et al.*, 2012;  
271 Castro & León, 2014). Esto se debe a que la empresa Tinguiririca construyó pequeños embalses

272 para enfrentar la sequía (Larraín *et al.*, 2012; Castro & León, 2014), lo cual podría no ser legal  
273 considerando que la empresa no posee derechos de agua consuntivos, por tanto, no debe acumular  
274 las aguas del río.

275

#### 276 *Conflictos hídricos asociados a la industria minera*

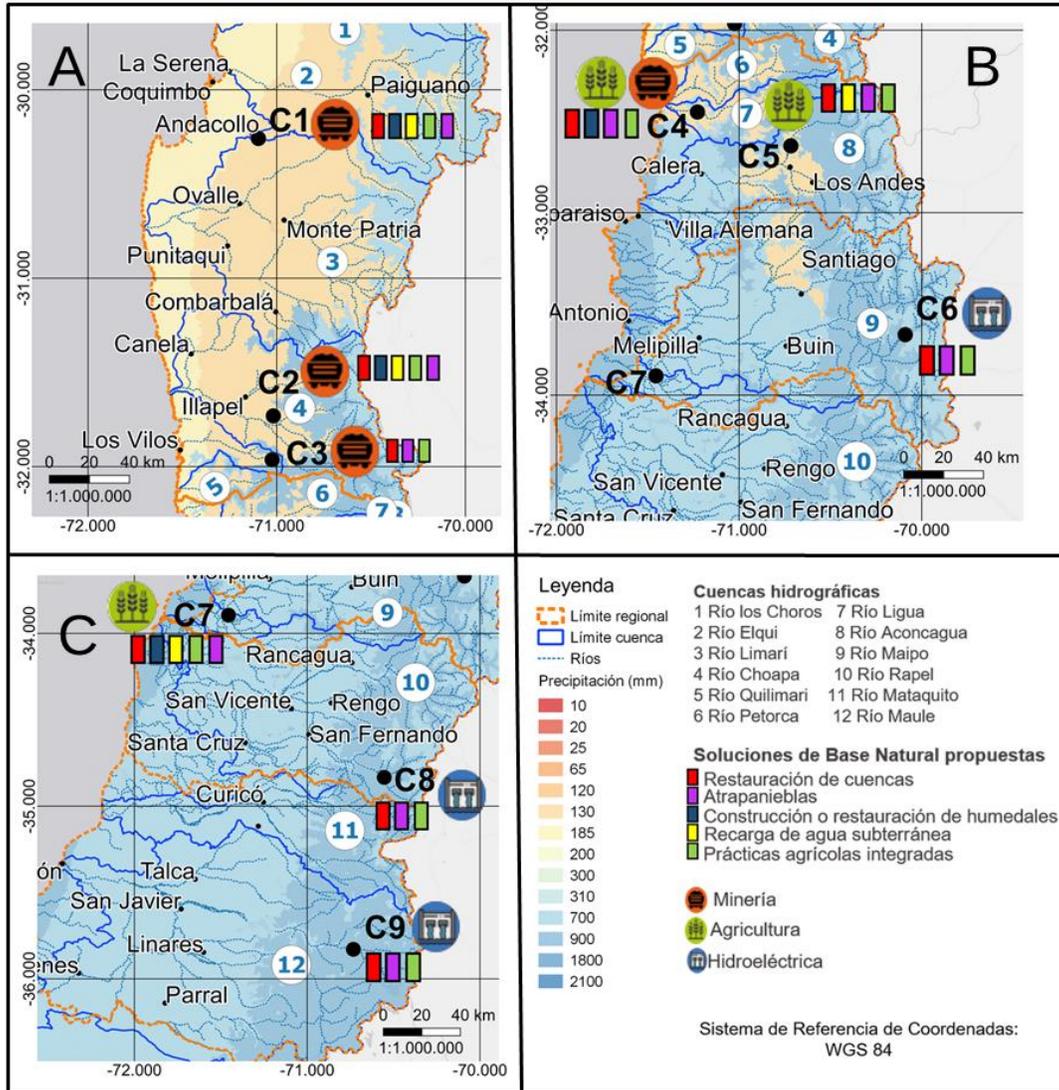
277 Se identificaron tres conflictos en esta categoría localizados al norte de la EMC (Figura N° 2A),  
278 zona cuyos recursos han estado históricamente comprometidos por la sequía y las escasas  
279 precipitaciones. Los grandes volúmenes de extracción de agua por parte del sector minero, además  
280 de la contaminación con sedimentos y compuestos tóxicos, han alterado la cantidad y calidad de  
281 diversas fuentes de agua.

282 La Mina Carmen de Andacollo (C1, Figura N° 2A) ha contribuido al agotamiento de las reservas  
283 de agua en el acuífero El Culebrón debido al sobre otorgamiento de derechos de agua (Larraín &  
284 Poo, 2010). La sobreexplotación de aguas subterráneas restringe el acceso de otros usuarios  
285 (Bonelli *et al.*, 2016) como la empresa sanitaria Aguas del Valle y los agricultores locales (Larraín  
286 & Poo, 2010; Bonelli *et al.*, 2016). La minera Tres Valles (C2, Figura N°2A), localizada en la parte  
287 alta de la cuenca del río Choapa, provocó reasentamiento de familias, alteración de monumentos  
288 patrimoniales y daños en el sistema de producción agrícola y del ecosistema en general (Astorga  
289 *et al.*, 2017; INDH, 2020). La explotación minera de tres cuencas hidrográficas en esta región  
290 (Quebradas Manquehua, Cárcamo y Quilmenco), ha disminuido la disponibilidad de agua  
291 subterránea y alterado su calidad con sedimentos y minerales (Cordero, 2017; INDH, 2020). En el  
292 Valle de Pupío, el tranque de relaves El Mauro destruyó el sistema hidrológico (C3, Figura N° 2A),  
293 irrigado por el estero del mismo nombre. Estas fuentes de agua pertenecían a los regantes de tierras  
294 aguas abajo, quienes poseían derechos de aprovechamiento inscritos por el total del caudal del  
295 estero de Pupío (Larraín & Poo, 2010; Bottaro *et al.*, 2014).

296

#### 297 **Figura N°2**

298 Área de estudio y localización de conflictos hídricos en zonas rurales de la Ecorregión  
299 Mediterránea de Chile (EMC, Fig. 2A: Conflictos C1 a C3; Fig. 2B: Conflictos C4 a C6; Fig. 2C:  
300 Conflictos C7 a C9), identificando las cuencas hidrográficas (cuencas costeras excluidas),  
301 principales poblados y sector económico involucrado en cada conflicto (agricultura, hidroeléctrica  
302 o minería) y las Soluciones de base Natural propuestas.



303

304 Fuente: Elaboración propia. Datos de población obtenidos del Instituto Nacional de Estadísticas  
 305 (www.ine.cl). Archivos de clima según Clasificación de Köppen (precipitación), cuencas  
 306 hidrográficas y división política regional obtenidos de Infraestructura de Datos Geospaciales  
 307 (www.ide.cl) y archivos de ríos obtenidos del Centro de Desarrollo Urbano Sostenible  
 308 (www.cedeus.cl).

309

310

311 **Soluciones de base Natural para conflictos de escasez hídrica**

312 Se realizó una búsqueda de SbN que hayan sido utilizadas para resolver problemas de escasez  
 313 hídrica en el mundo, y que tuviesen aplicación en zonas rurales. Para la búsqueda se utilizaron  
 314 distintas las plataformas ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com/>), Google Scholar  
 315 (<https://scholar.google.com/>) y Web of Science (<https://www.webofknowledge.com/>) utilizando

316 las palabras “soluciones de base natural” y “escasez hídrica”, y su traducción al inglés “nature-  
 317 based solutions” y “water scarcity”, seleccionando publicaciones que fueran desde 1990 a junio  
 318 2021. Los artículos, informes técnicos, libros y capítulos que resultaron de estas búsquedas  
 319 permitieron incluir literatura consultada en estos documentos, así como otros términos de búsqueda  
 320 para la discusión crítica de resultados.

321 La literatura recopilada se subdividió en tres categorías de SbN relacionadas con (i) la restauración  
 322 de cuencas y humedales, incluyendo su protección, conservación, reforestación, revegetación, y  
 323 franjas de amortiguación ribereña; (ii) la infraestructura ancestral y natural, incluyendo la  
 324 construcción de atrapanieblas, zanjas de infiltración, pozos de recarga y amunas; y (iii) las prácticas  
 325 agrícolas integradas, incluyendo agricultura de conservación, terrazas de banco y agrosilvicultura.  
 326 Para estudiar la aplicabilidad de las SbN y proponer las diversas estrategias estas fueron  
 327 clasificadas usando los siguientes criterios: (i) aumento de la disponibilidad hídrica de aguas  
 328 subterráneas, (ii) aumento de la disponibilidad hídrica de aguas superficiales y, (iii) uso sostenible  
 329 de los recursos naturales en la agricultura. Finalmente se estableció la relación y aplicabilidad entre  
 330 los conflictos hídricos y SbN.

331 Varias estrategias han sido empleadas para incrementar la cantidad y calidad del agua en el mundo.  
 332 Destacan la restauración de cuencas hidrográficas, infraestructura ancestral y natural, y prácticas  
 333 agrícolas integradas, involucrando a la industria, comunidades y al Estado, para generar áreas de  
 334 distintos usos que aseguran la provisión de servicios ecosistémicos de importancia para reducir el  
 335 estrés hídrico (Cuadro N° 2).

336 **Cuadro N° 2**

337 Soluciones de base Natural (SbN) para conflictos de escasez hídrica en sectores rurales  
 338 identificados en el mundo.

CATEGORÍA	SBN	PAÍS	TIPO DE CONFLICTO	REFERENCIAS
Restauración de cuencas	Conservación de ecosistemas	Guatemala	Sobreexplotación de acuíferos, contaminación, agricultura y deforestación	Guerra & Alvarado, 2006; GWP, 2013
		EE. UU	Embalse	Abell <i>et al.</i> , 2017
		China	Deforestación y agricultura	Jia <i>et al.</i> , 2017
		Perú	Ganadería	FAO, 2013
		Ecuador	Deforestación, agricultura y ganadería	WWAP, 2018; Trémolet, 2019
	Protección de tierras	Ecuador	Deforestación, agricultura y ganadería	WWAP, 2018; Trémolet, 2019
		India	Sequía y deforestación	WWAP, 2018
		Ruanda	Embalse, deforestación y agricultura	Cohen-Shacham <i>et al.</i> , 2016
		Kenia	Extracción de agua no	Chiramba <i>et al.</i> ,

			regulada, agricultura, malas prácticas de uso de la tierra	2011; WWAP, 2018
	Reforestación / Revegetación	Chile	Deforestación, agricultura y ganadería	Red Agua Chiloé, 2019
		China	Agricultura	World Bank, 2003, 2007; FAO, 2011
		Guatemala	Sobreexplotación de acuíferos, contaminación, agricultura y deforestación	Guerra & Alvarado, 2006; GWP, 2013
		Ecuador	Deforestación, agricultura y ganadería	WWAP, 2018; Trémolet, 2019
		México	Deforestación, ganadería e incendios	Sonneveld <i>et al.</i> , 2018
		Ruanda	Embalse, deforestación y agricultura	Cohen-Shacham <i>et al.</i> , 2016
		Tanzania	Sequía	Sonneveld <i>et al.</i> , 2018
		Costa Rica	Deforestación	Sánchez-Chaves & Navarrete-Chacón, 2017
	Humedales	Perú	Ganadería	FAO, 2013
		Ruanda	Embalse, deforestación y agricultura	Cohen-Shacham <i>et al.</i> , 2016
		Chile	Deforestación, agricultura y ganadería	Red Agua Chiloé, 2019
	Franjas de vegetación ribereña	Tanzania	Sequía	Sonneveld <i>et al.</i> , 2018
		EE. UU	Agricultura	Sonneveld <i>et al.</i> , 2018
		Kenia	Extracción de agua no regulada, agricultura, malas prácticas de uso de la tierra	Chiramba <i>et al.</i> , 2011; WWAP, 2018
Infraestructura ancestral y natural	Atrapanieblas	Chile	Agricultura	Cereceda <i>et al.</i> , 2014
	Amunas (recarga artificial de acuíferos)	Perú	Agricultura	Apaz <i>et al.</i> , 2006; Carpay <i>et al.</i> , 2019; MINAGRI, 2016

	Pozos de recarga	México	Deforestación, ganadería e incendios	Sonneveld <i>et al.</i> , 2018
		Etiopía	Sequía y degradación de tierra	WWAP, 2018
	Zanjas de infiltración	Etiopía	Sequía y degradación de tierra	Taye <i>et al.</i> , 2015; WWAP, 2018
		Chile	Deforestación y agricultura	EH2030, 2020
		México	Degradación de tierra	LaFevor, 2014
		Perú	Sequía	MINAGRI, 2016
Prácticas agrícolas integradas	Agricultura de conservación	Uganda	Sequía	GWPEA, 2016
		EE. UU	Agricultura	Sonneveld <i>et al.</i> , 2018
		Brasil	Agricultura	Mello & Raij, 2006; Freitas & Landers, 2014
	Agrosilvicultura	Tanzania	Sequía	FAO, 2011; Sonneveld <i>et al.</i> , 2018
		Kenia	Extracción de agua no regulada, agricultura, malas prácticas de uso de la tierra	Chiramba <i>et al.</i> , 2011; WWAP, 2018
	Terrazas de banco	China	Agricultura	World Bank, 2003, 2007; FAO, 2011
		Tanzania	Sequía	FAO, 2011; Sonneveld <i>et al.</i> , 2018

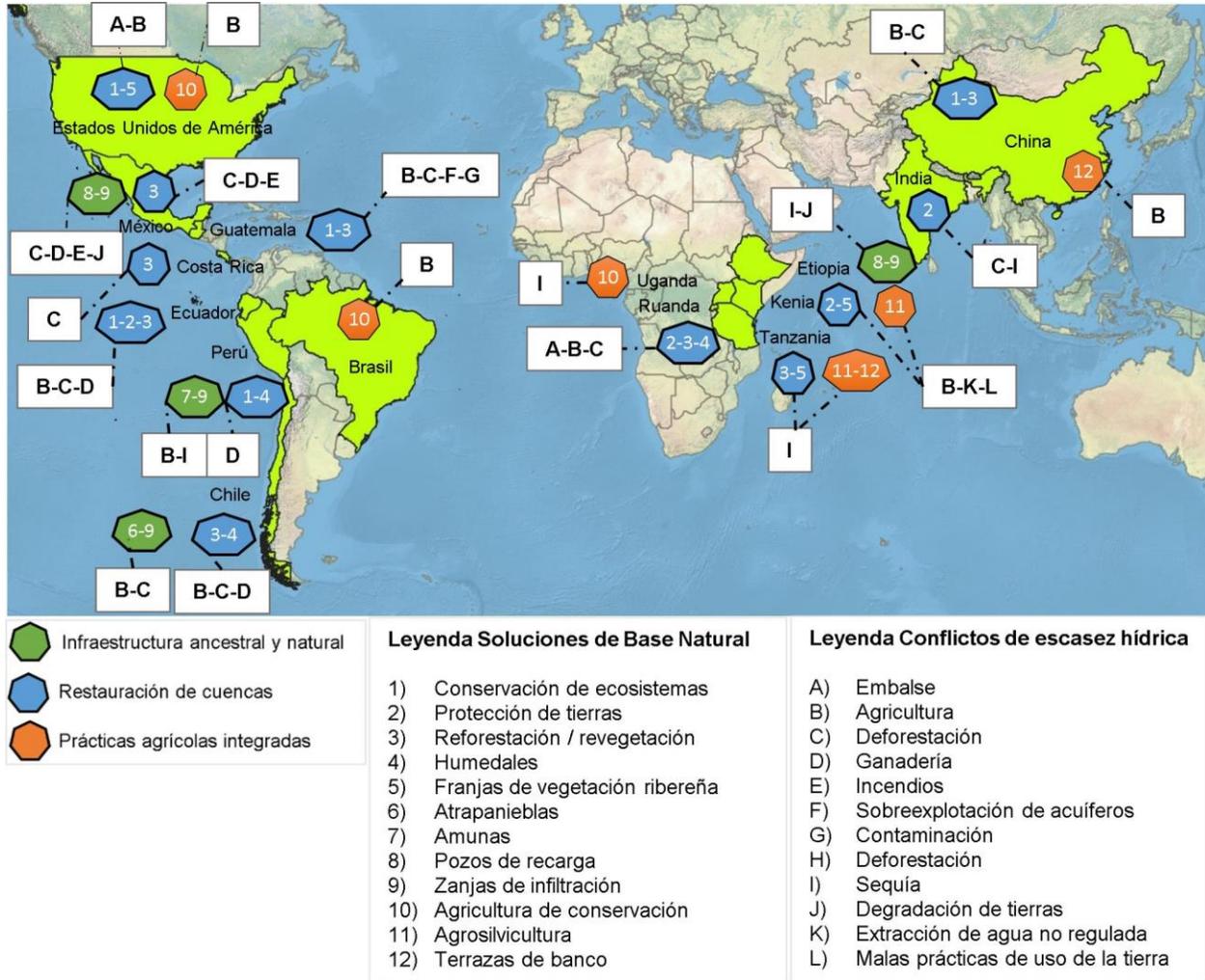
339 Fuente: Elaboración propia.

340

341 **Figura N° 3**

342 Cartografía temática de Soluciones de base Natural (SbN) para conflictos de escasez hídrica en  
343 sectores rurales identificados en el mundo.

344



345

346 Fuente: Elaboración propia

347

### 348 *Restauración de cuencas*

349 Una cuenca hidrográfica es un área definida por los vínculos hidrológicos, en donde la gestión  
 350 óptima requiere el uso coordinado de los recursos naturales por parte de todos sus usuarios (Kerr,  
 351 2007). La restauración de cuencas se define como el proceso de asistir la recuperación de un  
 352 ecosistema a escala de paisaje (cuenca) que ha sido degradado, dañado o destruido (McDonald  
 353 *et al.*, 2016). La conectividad entre componentes del paisaje permite regular la escorrentía (sub)-  
 354 superficial al atrapar sedimentos, estabilizar los cursos de agua y reducir la erosión del cauce,  
 355 almacenar agua subterránea y mantener una alta diversidad biológica (Wenger & Fowler, 2000;  
 356 Gayoso & Gayoso, 2003; Möller, 2011; Frene & Oyarzún, 2014). Los humedales son componentes  
 357 fundamentales en el ciclo del agua y el manejo de las cuencas hidrográficas, ayudando a la  
 358 mitigación de inundaciones, recarga y almacenamiento de aguas subterráneas (EPA, 2001; Ramsar,  
 359 2009). Se ha demostrado que la restauración y conservación de cuencas mejora la cantidad y  
 360 calidad del agua, al utilizar la capacidad natural de los suelos y la vegetación para regular el ciclo  
 361 hidrológico (WWAP, 2018).

362 Diversas iniciativas de restauración de cuencas como SbN fueron identificadas en el mundo

363 (Cuadro N° 2, Figura N° 3). Un ejemplo de estas iniciativas es Rajasthan, India, que logró aumentar  
 364 el nivel freático 6 m, incrementando la productividad de las tierras agrícolas del 20% al 80%,  
 365 además de lograr que cinco ríos que solían secarse volvieran a fluir (WWAP, 2018). En Catrumán,  
 366 Chiloé, la reforestación con árboles nativos, humedales artificiales y un ordenamiento territorial  
 367 permitió recuperar entre 600 y 1000 L diarios de agua potable por hogar, además de depurar y  
 368 reutilizar agua para riego (Red Agua Chiloé, 2019). Se ha demostrado que también se puede llegar  
 369 a disminuir alrededor de 10% los sedimentos o exportación de nutrientes (fósforo) y mejorar la  
 370 calidad del agua para consumo humano (Abell *et al.*, 2017). Lo anterior cobra gran importancia ya  
 371 que actualmente las cuencas hidrográficas cubren el 37% de la superficie terrestre (Abell *et al.*,  
 372 2017).

373 La participación de los usuarios para la gestión de una cuenca cumple un rol fundamental para  
 374 concientizar y educar a los diversos actores. En la cuenca del río San Jerónimo, Guatemala, se  
 375 conformó un comité con los principales usuarios de la cuenca, quienes establecieron una tasa para  
 376 la conservación del área de recarga en la cuota que los usuarios del sistema de riego pagan  
 377 anualmente, e implementaron un sistema de riego por goteo, reforestación, regeneración, y un plan  
 378 de ordenamiento territorial (Guerra & Alvarado, 2006; GWP, 2013). Otra alternativa es la creación  
 379 de fondos monetarios de agua para la gestión de cuencas mediante contribuciones de entidades  
 380 públicas, privadas y los principales usuarios. Por ejemplo, en Quito y Guayaquil (Ecuador), estos  
 381 fondos han apoyado la educación y concientización ambiental, la protección de áreas naturales  
 382 críticas y la restauración ecológica (WWAP, 2018; Trémolet, 2019).

383

#### 384 *Infraestructura ancestral e infraestructura natural*

385 La infraestructura ancestral o de pequeña escala, tales como atrapanieblas, amunas, y zanjas de  
 386 infiltración, se pueden combinar en forma sinérgica con las SbN asociadas a la restauración de  
 387 cuencas para la obtención de agua desde la atmósfera, las precipitaciones y escorrentía, y por  
 388 consiguiente enfrentar desafíos de escasez hídrica.

389 Los atrapanieblas capturan agua a través de la condensación de humedad del aire utilizando por lo  
 390 general mallas de polipropileno o nylon, existiendo en la actualidad mejoras en el diseño y  
 391 materialidad para aumentar la eficiencia de captura (Azeem *et al.*, 2020; Sharifvaghefi &  
 392 Kazerooni, 2021). Además, la captura por parte de especies vegetales ha inspirado el desarrollo de  
 393 otros tipos de superficies para captar agua desde la atmósfera (Bhushan, 2019). En Chile, diversos  
 394 casos demuestran la aplicación de atrapanieblas en zonas áridas y semiáridas (Schemenauer &  
 395 Cereceda, 1991; Cereceda *et al.*, 2014). En la localidad de Peña Blanca, Región de Coquimbo,  
 396 existen 24 atrapanieblas con una capacidad de captación de agua promedio anual de  $4,5$  a  $5 \text{ m}^3 \cdot \text{día}^{-1}$   
 397 (Cereceda *et al.*, 2014). En el sector de Pan de Azúcar, Región de Coquimbo, se establecieron  
 398 tres atrapanieblas de  $153 \text{ m}^2$ , que pueden coleccionar  $2,5 \text{ L/m}^2$  al día (Cereceda *et al.*, 2014).  
 399 Recientemente se han creado estructuras helicoidales para la captación de niebla en Copiapó,  
 400 Región de Atacama, utilizando el viento para generar fuerza centrífuga y recolectar agua de niebla  
 401 (CORFO, 2017; Figura N° 4A), obteniendo 10 L de agua por día (Pulsosocial, 2017).

402 Las amunas, sistema de infraestructura ancestral utilizado en Perú (Figura N° 4E), están diseñadas  
 403 para la captura de agua mediante el uso de canales de conducción y la posterior infiltración de agua  
 404 en el suelo para luego cosecharla aguas abajo del lugar de captación (Apaza *et al.*, 2006;

405 MINAGRI, 2016). Tradicionalmente, estos canales se han construido utilizando rocas fracturadas,  
406 tierra, arcilla y arena (Carpay *et al.*, 2019). Estudios realizados en Lima, Perú, concluyeron que la  
407 amuna Huyatama llega a almacenar más de un millón de m<sup>3</sup> de agua por año, mientras que la amuna  
408 de Pacchipucro ayuda a infiltrar 90.000 m<sup>3</sup> de agua al subsuelo al año (Carpay *et al.*, 2019). Sin  
409 embargo, en algunos casos este tipo de infraestructura por sí sola no ha sido efectiva para dar  
410 solución a problemas de escasez de agua (MINAGRI, 2016).

411 Las zanjas de infiltración son canales sin desnivel construidos en laderas, cuyo objetivo es captar  
412 y almacenar el agua que escurre, disminuyendo la erosión al aumentar la infiltración del agua en el  
413 suelo, propiciando el almacenamiento de humedad para la vegetación (Pizarro *et al.*, 2004;  
414 Locatelli *et al.*, 2020). Estas zanjas permiten la recuperación de suelos degradados, la captura de  
415 humedad y la recarga de las napas freáticas (Gutiérrez, 2016; Labra *et al.*, 2018). En distintas  
416 regiones de Perú se han implementado experiencias y prácticas que contribuyen con la recarga  
417 hídrica y cosecha de agua, como las zanjas de infiltración, obteniendo distintos grados de  
418 efectividad (MINAGRI, 2016). En Etiopía, África, pozos de infiltración y sitios de captación de  
419 agua, junto con plantaciones de frutales, lograron mejorar la cubierta vegetal y proporcionar un  
420 aumento en la disponibilidad hídrica (GWPEA, 2016; WWAP, 2018), además de zanjas de  
421 infiltración que fueron efectivas para reducir la escorrentía y la erosión durante dos o tres años  
422 (Taye *et al.*, 2015). En el Valle de Puebla-Tlaxcala, México, la construcción de zanjas de  
423 infiltración y la restauración del valle lograron acumular 1,3 millones de m<sup>3</sup>/año de agua adicional,  
424 gracias a la preservación de 750 ha y la instalación de 91 mil pozos (Sonneveld *et al.*, 2018). Sin  
425 embargo, en la misma región, otro estudio mostró que 16 de 24 zanjas se llenaron con sedimentos  
426 al 50% de su volumen después de menos de cuatro años y que todas las zanjas establecidas se  
427 llenarían por completo con sedimentos después de once años (LaFevor, 2014). Esto generaría una  
428 pérdida de su capacidad de impedir el flujo terrestre, capturar la escorrentía, retener agua y  
429 almacenar sedimentos, sugiriendo que la restauración de tierras agrícolas degradadas requiere,  
430 además de diferentes métodos y criterios, de un esfuerzo sostenido y a largo plazo en el  
431 mantenimiento de los sistemas de infiltración (LaFevor, 2014). En el Jardín Botánico de Viña del  
432 Mar, Chile, se han construido 24 km lineales de zanjas de infiltración, las que se encuentran en  
433 ejecución hace tres años y han logrado una recuperación en torno a los 200 millones de L de agua  
434 anuales (EH2030, 2020). En Chile, como en muchos países del mundo, varias de estas experiencias  
435 no han sido sistematizadas y/o monitoreadas respecto de sus resultados y consecuencias, lo cual ha  
436 dificultado evaluar la efectividad de este tipo de SbN en distintos contextos y territorios. En Perú,  
437 de un total de 57 estudios solamente tres de ellos han evaluado la efectividad de las zanjas de  
438 infiltración, y si bien algunos han evidenciado su contribución al régimen hídrico, también hay  
439 muchos otros donde no han sido construidas con toda la información necesaria para evaluar sus  
440 impactos y aprender de las experiencias (Locatelli *et al.*, 2020). En general, las prácticas que  
441 promueven la recarga hídrica no siempre tienen la misma efectividad. Existen casos en que el  
442 manejo de pasturas ha sido más efectivo que la construcción de zanjas de infiltración o la  
443 forestación, respecto a incrementar volumen de agua en las fuentes o humedad en el suelo y  
444 subsuelo (MINAGRI, 2016). Según Locatelli *et al.*, (2020), en distintas experiencias en Perú, se  
445 ha demostrado que las zanjas de infiltración tienen poco efecto sobre el aumento del caudal base  
446 (Somers *et al.*, 2018), aunque han disminuido la erosión laminar en suelos degradados de doce  
447 regiones altoandinas (Vasquez & Tapia, 2011).

448

449 *Prácticas agrícolas integradas*

450 Las prácticas agrícolas integradas son aquellas que combinan técnicas mejoradas en la gestión y  
451 manejo sostenible del suelo y el agua, adaptadas a los ecosistemas locales y las circunstancias  
452 sociales, así como a una demanda viable del mercado (Neely & Fynn, 2010; CDE, 2010). Estas  
453 intensifican la producción como resultado de un manejo integrado de la fertilidad del suelo, junto  
454 con una mayor eficiencia en el uso del agua y diversidad de cultivos. Dentro de estas se pueden  
455 considerar la agricultura de conservación, agroforestería, terrazas de banco, entre otras (FAO,  
456 2011).

457 La agricultura de conservación, hoy también llamada intensificación ecológica de la agricultura,  
458 proporciona un incremento en la infiltración del agua lluvia, reduciendo la escorrentía, evaporación  
459 y erosión de los suelos, aumentando materia orgánica y estructura de los componentes edáficos  
460 (FAO, 2011). La agricultura de conservación se basa en la alteración mecánica mínima del suelo o  
461 labranza cero, priorizando la cobertura permanente del suelo con materia de origen vegetal y  
462 diversificación de cultivos mediante rotación o cultivos intercalados, permitiendo ahorrar agua de  
463 riego y acumular materia orgánica (Donovan, 2020). Por su parte, la agroforestería incorpora  
464 diversidad de árboles a los monocultivos tradicionales, generando asociaciones benéficas entre las  
465 plantas. Este sistema permite mejorar la calidad del agua, reducir estrés de las plantas y animales,  
466 reducir el número e intensidad de plagas y captar más agua (Gold, 2017; WWAP, 2018). Otra  
467 aproximación es el uso de terrazas, obras que permiten el manejo y conservación del suelo en tierras  
468 con pendientes, aumentando la infiltración de agua y su acumulación, utilizadas con el objetivo de  
469 cultivar una diversidad de alimentos (Labra *et al.*, 2018). Este sistema fue utilizado por el imperio  
470 Inca y actualmente se desarrolla en Chile por mujeres aymaras en sectores como Putre, a 3600  
471 msnm (Potter & Villablanca, 2018).

472 Diversos ejemplos de prácticas agrícolas integradas fueron identificadas (Cuadro N°2). En la  
473 cuenca del río Paw Paw, Estados Unidos, se creó un sistema de pago por servicios ambientales  
474 (PSA) para incentivar a los agricultores en acciones de conservación, proporcionando un pago por  
475 el aumento de la recarga de aguas subterráneas, propuesto por The Nature Conservancy en  
476 asociación con agencias locales de conservación agrícola y empresas privadas, utilizando prácticas  
477 de labranza cero y labranza reducida. Esto permitió un aumento de 378,5 millones de L en la  
478 recarga de agua subterránea durante un periodo de tres años (Sonneveld *et al.*, 2018). Esta iniciativa  
479 de PSA también fue implementada en Kenia por parte de usuarios y administradores de la cuenca,  
480 en donde utilizando fondos financiados por subsidios gubernamentales y contribuciones pagadas  
481 por los grandes usuarios del agua se aseguró un suministro de agua en cantidad y calidad mediante  
482 la protección, restauración y conservación de cuencas, logrando con éxito mejoras en la gestión de  
483 agua y tierra (Chiramba *et al.*, 2011; WWAP, 2018). En Costa Rica, este sistema permitió revertir  
484 los procesos de pérdida forestal, logrando aumentar la cobertura forestal de 21% en 1987 a 52,4%  
485 en 2013 (Sánchez-Chaves & Navarrete-Chacón, 2017). En Uganda, África, también se han  
486 implementado prácticas de labranza cero, junto con la aplicación de estiércol en suelos y  
487 agroforestería, logrando incrementar la retención de agua y amortiguando el efecto de la sequía en  
488 los cultivos (GWPEA, 2016). En Brasil, la práctica de cero labranza se aplica desde 1972 como  
489 mecanismo para combatir la baja fertilidad y producción del suelo, estimándose en 2006 que más  
490 del 60% de la superficie de tierras cultivadas se desarrolla bajo este sistema (Mello & Raij, 2006;  
491 Freitas & Laders, 2014). En el río Ruvu, Tanzania, se han utilizado técnicas de reforestación,  
492 agroforestería, terrazas de banco, franjas de pastos, cultivos intercalados con árboles frutales,  
493 cobertura y fertilización con estiércol animal con el fin de limitar la escorrentía, logrando de manera

494 exitosa combatir la erosión del suelo, aumentando su humedad y la productividad de los cultivos  
 495 (Sonneveld *et al.*, 2018).

496 **Figura N° 4.**

497 Ejemplos de mecanismos usados como Soluciones de base Natural (SbN) para la escasez hídrica  
 498 en diferentes ecosistemas del mundo.



499  
 500 (A) Atrapanieblas en forma de esfera (Fuente: CORFO, 2017); (B) Zanjas de infiltración (Fuente:  
 501 Agro Rural); (C) Humedal artificial (Fuente: Barrientos, 2019); (D) Monitoreo de la calidad y  
 502 cantidad de agua (Fuente: Nuñez, 2005); (E) Amuna restaurada (Fuente: AguaFondo, 2017); (F)  
 503 Terraza de banco (Fuente: Potter & Villablanca, 2018).

504

505 **Propuesta de SbN para conflictos de escasez hídrica en la EMC**

506 Diversas SbN utilizadas en el mundo actúan como estrategias para enfrentar conflictos de escasez  
 507 hídrica. Para cada conflicto en la EMC, se propone la ejecución de una o más SbN, en donde se  
 508 combina la participación de todos los actores involucrados (Cuadro N° 3).

509 Los nueve conflictos de escasez hídrica identificados involucran a la agroindustria y la agricultura  
 510 local, por lo que se propone integrar prácticas de agricultura de conservación, agrosilvicultura,  
 511 terrazas de banco y atrapanieblas en zonas de alta humedad atmosférica. Para los conflictos  
 512 situados en La Ligua Petorca, Cabildo, San Pedro de Melipilla, Salamanca, y Andacollo, que  
 513 afectan fuentes de agua subterránea, se sugieren medidas de restauración de cuencas (reforestación,  
 514 conservación, franjas de amortiguamiento ribereña y humedales) e infraestructura ancestral y  
 515 natural para la captura, recolección, almacenamiento y tratamiento de agua, como son zanjas de  
 516 infiltración, amunas, pozos de recarga y humedales. Por otra parte, los conflictos ubicados en las  
 517 comunas de Los Vilos, Putaendo, San José de Maipo, San Fernando, y San Clemente, cuyas fuentes  
 518 de aguas superficiales han sido intervenidas o se encuentran agotadas, se recomiendan prácticas de  
 519 restauración de cuencas enfocadas en la reforestación, conservación y protección del suelo y los  
 520 ecosistemas nativos, además del diseño de franjas ribereñas de amortiguación. La efectividad de  
 521 estas soluciones dependerá de los entornos políticos y de la evolución de marcos regulatorios que  
 522 dificultan el acceso equitativo al agua y la conservación de los bosques en Chile (Barría *et al.*,  
 523 2021; Hoyos-Santillan *et al.*, 2021). En este contexto, los incentivos que involucra la Ley 20.283  
 524 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal han sido insuficientes y engorrosos

525 para ser solicitados por los propietarios de bosque, en comparación a los incentivos que han  
 526 recibido las plantaciones forestales de especies exóticas a través del Decreto Ley 701 (Hoyos-  
 527 Santillan *et al.*, 2021), lo cual es un entorno legal que debe ser modificado para avanzar en el  
 528 desarrollo de SbN. Es importante mencionar que la aplicabilidad de las SbN propuestas deben ser  
 529 evaluadas caso a caso, y considerar las condiciones ambientales, geográficas, sociales y  
 530 económicas de cada situación, así como también a todos los actores involucrados. La pertinencia  
 531 territorial de las SbN implementadas es un atributo fundamental para su éxito en el mediano y largo  
 532 plazo (Seddon *et al.*, 2020).

533 **Cuadro N°3.**

534 Conflictos de escasez hídrica para la Ecorregión Mediterránea de Chile (EMC) y mecanismos de  
 535 Soluciones de base Natural (SbN) que pueden ser aplicados en cada caso.

Fuente afectada	Zona	Conflicto	Reforestación/ revegetación	Conservación de tierras	Franja amortiguamiento ribereña	Restauración o construcción	Zanjas de infiltración	Pozos de recarga	Amunas	Atrapaniebla	Agricultura de conservación	Agrosilvicultura	Terrazas de banco
Aguas subterráneas	Andacollo	Reservas del acuífero agotadas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Chuchiñi, Salamanca	Disminución de los caudales de agua de pozo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	San Pedro de Melipilla	Pozos de agua subterránea agotados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Petorca, Cabildo, La Ligua	Pozos de agua subterránea agotados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Aguas superficiales	Caimanes, Los Vilos	Dstrucción del sistema hidrológico y contaminación hídrica	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓
	Putendo	Agua destinada a la agroindustria y contaminación hídrica	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓
	San José de Maipo	Alteración del ciclo hidrológico y contaminación hídrica	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓
	San Fernando	Variación de caudales del río	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓
	San Clemente	Disminución niveles de agua del embalse	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓

536

Restauración de cuenca	
Humedales	
Recarga agua subterránea	
Atrapaniebla	
Prácticas agrícolas integradas	

537

538 Fuente: Elaboración propia.

539

540 **Consideraciones para la aplicación de SbN para escasez hídrica en Chile**

541 Para la aplicación de SbN es necesario comprender los procesos y funciones de los ecosistemas  
 542 (WWAP, 2018). Sin embargo, la sobreexplotación y mal uso de los ambientes y los ecosistemas  
 543 pueden producir una rápida pérdida de biodiversidad que erosiona la capacidad de los ecosistemas  
 544 para proveer servicios ecosistémicos y sus beneficios (Srivastava & Vellend, 2005). En general,  
 545 las experiencias dan cuenta del relevante rol de la biodiversidad como fuente primaria de SbN, por  
 546 lo que promover su conservación es de vital importancia para mejorar la generación de servicios  
 547 ecosistémicos para el bienestar humano y el desarrollo sostenible (IUCN, 2020; IPBES, s.f).

548 La efectividad de las SbN varía localmente, por tanto, se requiere de diseños específicos para cada

549 conflicto, que consideren condiciones ambientales, económicas, culturales y de gobernanza de cada  
550 territorio y sus ecosistemas. Una mayor integración de competencias desde la ingeniería, las  
551 ciencias naturales y sociales, ayudarían a suplir el déficit de habilidades en el diseño e  
552 implementación de SbN pertinentes social, ecológica y territorialmente (WWAP, 2018). Las  
553 experiencias de otros países pueden ser útiles si consideramos los aspectos relevantes para lograr  
554 una exitosa aplicación de SbN en el medio local. Por ejemplo, el programa “Grain for Green”  
555 desarrollado en la meseta de Loess, China, promueve la conservación de suelo mediante la  
556 reforestación con árboles y revegetación con arbustos y pastos, logrando duplicar la cubierta  
557 vegetal en 14 años (desde un 32% en 1999) reduciendo de paso la erosión del suelo (Chen *et al.*,  
558 2015; Jia *et al.*, 2017). En este caso específico, se evidenció que plantaciones de pinos, especie  
559 exótica para la meseta de Loess, agravan la compactación y desecación del suelo, provocando  
560 degradación del paisaje, por lo que se recomiendan plantaciones con arbustos para fines de  
561 restauración en estos ecosistemas (Chen *et al.*, 2010; WWAP, 2018). En Chile central, la  
562 transformación del paisaje en muchos casos ha favorecido la cobertura tipo sabana dominada por  
563 espino (*Vachellia caven* (Molina) Seigler & Ebinger, ex *Acacia caven*), la cual puede constituir  
564 uno de los primeros estados sucesionales del bosque esclerófilo dependiendo de factores  
565 ambientales y del grado de intervención de los territorios (Van de Wouw *et al.*, 2011). Hoy se le  
566 atribuye un escaso valor a esta formación vegetal nativa de la EMC, la cual es clave en la  
567 restauración de estructuras de bosque más complejas para el desarrollo de SbN a nivel de paisaje.

568 Por otro lado, las SbN pueden también ser utilizadas en mitigación climática, pero si se llevan  
569 adelante con poca diversidad, o con especies exóticas inflamables, pueden tener efectos indeseados  
570 sobre los atributos de resiliencia basada en biodiversidad y en paisajes multifuncionales (Seddon  
571 *et al.*, 2020). Este es un componente relevante en Chile central, en donde el bosque nativo actúa  
572 mayoritariamente como sumidero de carbono, mientras las plantaciones forestales, compuestas por  
573 *Pinus radiata* (61%) y *Eucaliptus* spp. (33%), se han mostrado mayormente como fuentes emisoras  
574 de carbono, lo cual se asocia principalmente a las cortas rotaciones (tiempos de cosecha) y a los  
575 incendios forestales (Hoyos-Santillan *et al.*, 2021). También dentro de la EMC, las plantaciones  
576 forestales de especies exóticas han demostrado reducir la disponibilidad de agua, al contrario de  
577 los efectos que produce el aumento de superficies con bosque nativo dentro de las cuencas  
578 hidrográficas (Álvarez-Garretón *et al.*, 2019; Martínez-Retureta *et al.*, 2020). Por estos motivos es  
579 altamente esperable que los compromisos de Chile respecto a mitigación (Contribución Nacional  
580 Determinada, NDC) se lleven adelante con especies nativas (Hoyos-Santillan *et al.*, 2021),  
581 restaurando el bosque y los procesos naturales que favorecen la regulación del régimen hídrico en  
582 la EMC. Si bien hay poco conocimiento acerca de la implementación y costo-efectividad de estas  
583 soluciones en Chile, algunos de los atributos de las SbN que permiten su masificación son su  
584 simpleza de construcción y que no requieren necesariamente de conocimientos especializados  
585 (Cohen-Shacham *et al.*, 2019). Esto puede facilitar el desarrollo de experiencias en la EMC que  
586 permitan, en conjunto con experiencias internacionales, desarrollar procedimientos técnicos y  
587 diseños optimizados de SbN para problemas de escasez hídrica en Chile.

588

### 589 Brechas y aspectos críticos en el desarrollo de SbN

590 A la fecha la aplicación de las SbN mencionadas presenta brechas de información sobre su  
591 efectividad, especialmente a escala de cuencas, dado que la mayoría de los estudios realizados son  
592 a nivel de sitio o de parcela, por lo cual la generalización de resultados a escalas más amplias

593 requiere de investigaciones que robustezcan los hallazgos encontrados. Sin embargo, a la fecha  
594 existen amplias evidencias que muestran una clara relación entre el uso de SbN y reducción en las  
595 tasas de pérdida de suelo, control de escorrentía, regulación de caudales y aumento de la infiltración  
596 (Bonnesoeur *et al.*, 2019; Molina *et al.*, 2021; Seddon *et al.*, 2020).

597 Por otra parte, la aplicación de SbN pueden requerir niveles mucho mayores de colaboración inter-  
598 sectorial e institucional que las aproximaciones de infraestructura «gris» (WWAP, 2018) y  
599 normalmente requieren para lograr su sostenibilidad altos niveles de involucramiento de las  
600 comunidades (Cassin & Locatelli, 2020). Por lo tanto, es importante evaluar no solo su efectividad  
601 en término de objetivos hidrológicos, sino también respeto a co-beneficios sociales, económicos  
602 y ambientales y de potenciales impactos negativos para las comunidades. Por ejemplo, prácticas  
603 de exclusión del ganado de áreas donde se busca restaurar la vegetación, pueden implicar impactos  
604 socio-económicos para las comunidades o forestaciones para conservar suelos con especies  
605 exóticas de rápido crecimiento, que pueden crear conflictos debido a la reducción del suministro  
606 de agua (Bonnesoeur *et al.*, 2019).

607 A pesar de los múltiples beneficios de las SbN, aún existe poca evidencia respecto de su factibilidad  
608 operativa (Nesshover *et al.*, 2017) y costo-efectividad comparado con obras de ingeniería  
609 tradicionales, así como acerca de la resiliencia territorial de estas soluciones (Seddon *et al.*, 2020).

610 La evaluación de 492 casos de estudio de SbN utilizadas para mejorar la calidad y cantidad de agua  
611 en África, resultó en evidencia consistente de que este tipo de soluciones pueden mejorar la calidad  
612 de agua, sin embargo los resultados respecto a la cantidad fueron inconsistentes, presentando  
613 muchos casos en donde los niveles freáticos disminuyeron en zonas donde se desarrollan  
614 plantaciones (especies no-nativas) y humedales (Acreman *et al.*, 2021). Este es un importante  
615 aspecto a considerar respecto de las SbN para enfrentar problemas hídricos en la EMC, en donde  
616 el uso de plantaciones, especialmente de especies exóticas de rápido crecimiento, si bien puede  
617 reducir el riesgo de inundaciones y crecidas, como se evidenció en África (Acreman *et al.*, 2021),  
618 al mismo tiempo pueden reducir la disponibilidad de agua (Álvarez-Garreton *et al.*, 2019).

619 Según estos antecedentes, las SbN deben implementarse basadas en evidencia, para lo cual es  
620 necesario que formen parte integral de las políticas públicas de desarrollo social, ordenamiento  
621 territorial y manejo de recursos naturales o también llamados bienes comunes. Algunos de los  
622 servicios ecosistémicos que se pueden ver afectados en la construcción de SbN para solucionar  
623 problemas de escasez hídrica, son la captura de carbono, especialmente si se llevan a cabo con  
624 plantaciones de especies exóticas inflamables (Hoyos-Santillan *et al.*, 2021), la belleza escénica y  
625 la producción de biomasa, sin embargo no hay suficiente evidencia aún para evaluar estos efectos  
626 (Locatelli *et al.*, 2020).

627

## 628 **Entornos políticos que impulsan el desarrollo de SbN**

629 La aplicación de SbN debe incorporar al entorno político y la gobernanza, fomentando medidas  
630 como subsidios e incentivos para los propietarios de tierras, para así transitar hacia un uso  
631 sostenible del territorio y los ecosistemas. Un entorno político propicio puede estimular la  
632 cooperación entre aquellos con conocimientos de SbN y tomadores de decisiones de inversión, con  
633 el objetivo de lograr cooperación intersectorial e institucional (WWAP, 2018). Por ejemplo, en la

634 COP21 de París surgió la iniciativa “4 por 1000” cuyo objetivo es aumentar el almacenamiento de  
 635 carbono en suelos agrícolas 0,4% cada año. Esto ayudará a los gobiernos a implementar la  
 636 intensificación sostenible de la producción de alimentos y coordinar una comunicación entre  
 637 científicos, empresarios, legisladores y comunidades (Rumpel *et al.*, 2018).

638 A través de una adecuada planificación espacial y de ordenamiento territorial es posible contribuir  
 639 a la gestión sostenible de la tierra (Metternicht, 2017), de modo que los ciclos y flujos de energía  
 640 entre el suelo, los cuerpos de agua y la atmósfera se consideren, conserven y/o restauren (De  
 641 Wrachien, 2003). Por ejemplo, en China, la Ley Administrativa de Tierras tiene como objetivo  
 642 regular la clasificación y sondeo de la tierra, preservando los recursos y la protección del  
 643 medioambiente (Tao *et al.*, 2007; Metternicht, 2017). En El Salvador, la Ley del Medio Ambiente  
 644 busca garantizar la calidad y cantidad de agua para las personas, mediante la compensación por la  
 645 generación de impactos ambientales (Guardado, 2012). Por último, en Ecuador se gestionó una  
 646 normativa que tiene por objetivo la utilización racional y sostenible de los recursos del territorio y  
 647 la protección del patrimonio natural y cultural (Ley Orgánica de Ordenamiento, Uso y Gestión de  
 648 Suelo, 2016). Por tanto, la planificación y ejecución de SbN para enfrentar conflictos de escasez  
 649 hídrica en la EMC deben ir acompañadas de nuevas políticas territoriales y ambientales, y de  
 650 cambios en la normativa asociada al agua vigente en el país. Estos cambios reglamentarios deben  
 651 considerar la multiescalaridad del uso del agua en los territorios, con un trabajo integrado a nivel  
 652 de cuencas a escala local que considere amplios procesos participativos.

653 En Chile, a pesar que la Ley 20.283, tiene por objetivo la protección, la recuperación y el  
 654 mejoramiento de los bosques nativos de Chile, y bonifica actividades relacionadas con SbN (e.g.  
 655 revegetación, protección del suelo, eliminación plantas invasoras, etc), éstas han sido escasamente  
 656 usadas en EMC. Específicamente el literal A de la Ley, que está relacionado con actividades que  
 657 favorezcan la regeneración, recuperación o protección de formaciones xerofíticas de alto valor  
 658 ecológico o de bosques nativos de preservación, ha sido subutilizado hasta la fecha. A modo de  
 659 ejemplo, en 2019 se financió sólo un 0.4% de los proyectos procesados del literal A en la región  
 660 central de Chile (4 de 716 para pequeños propietarios y 1 de 408 para otros interesados) (CONAF,  
 661 2019).

662 Actualmente en Chile hay grandes expectativas en la Ley Marco de Cambio Climático, ahora en  
 663 trámite en el senado, y en la pronta promulgación de leyes que se encuentran en preparación en el  
 664 parlamento y que pueden favorecer la seguridad hídrica de los territorios (e.g. Servicio de  
 665 Biodiversidad y Áreas Silvestres Protegidas). Por su parte, la modificación de cuerpos legales  
 666 específicos, como el Código de Aguas, son una necesidad urgente para avanzar en seguridad hídrica  
 667 en Chile (Guerrero-Valdebenito *et al.*, 2018). La discusión acerca del agua, su acceso y políticas  
 668 de uso, se espera sea uno de los temas centrales en el nuevo proceso constitucional que inició el  
 669 país en 2021. Otras constituciones recientes en Latinoamérica han otorgado a la naturaleza y otros  
 670 bienes comunes, valores colectivos y derechos fundamentales, como es el caso de Ecuador y  
 671 Bolivia (Dulci & Sadivia, 2021). Esperamos que nuevos cuerpos legales y el mejoramiento del  
 672 actual marco normativo, bajo el alero de la nueva constitución, garanticen mayores derechos a los  
 673 ecosistemas y a los usuarios del agua. Las SbN pueden constituir una nueva forma de articular  
 674 marcos normativos y promover rutas de gobernanza tendientes a construir territorios resilientes  
 675 para enfrentar los desafíos del Cambio Climático y el Desarrollo Sostenible.

676

677 **Conclusión**

678 Las SbN pueden ser una opción eficiente para mejorar la disponibilidad de agua en cantidad y  
679 calidad, además de promover otros servicios ecosistémicos como son biodiversidad, belleza  
680 escénica, resiliencia, y otros beneficios sociales y económicos que pueden acompañar a este tipo  
681 de soluciones. Aún se requiere de más información sobre evaluaciones de costo-efectividad, y co-  
682 beneficios que permitan aprender de SbN en Chile y el mundo. El éxito de las SbN se ha  
683 relacionado con la pertinencia territorial, que requiere de identidad local, participación,  
684 compromiso y coordinación de los principales actores y comunidades, generando un entorno de  
685 gobernanza clara y participativa. Dado que la reducción de precipitaciones se acentuará en los  
686 próximos años en diversos territorios de la EMC, es necesario implementar planes de manejo  
687 integrado de cuencas, con participación de actores sociales, públicos y privados, en donde primen  
688 las políticas asociadas a la protección, conservación y restauración de SE, utilizando infraestructura  
689 ancestral y natural, así como prácticas agrícolas integradas.

690 Las SbN propuestas en territorios de la EMC pueden ser mecanismos efectivos para reducir la  
691 escasez hídrica, asegurar la producción de alimentos y contribuir a la adaptación al cambio  
692 climático, generando territorios más resilientes. Si bien, los ejemplos de SbN en el mundo crean  
693 una base de conocimientos que contribuyen a la formulación de soluciones, Chile necesita avanzar  
694 en el desarrollo de experiencias propias de SbN.

695

## 696 **Agradecimientos**

697 Los autores agradecen al Núcleo de Investigación en Soluciones de base Natural para Desafíos  
698 Ambientales Emergentes N°039.431/2020 de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso  
699 (PUCV), al Centro de Acción Climática PUCV ESR UCV2095, al proyecto FONDAP N°15110009  
700 (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia CR2/CONICYT), y al Proyecto ANID Fondecyt  
701 N°1201714. JLC-D agradece el financiamiento de ANID/PIA/ACT192027. IAB agradece a ANID-  
702 Subdirección de Capital Humano/Doctorado Nacional/2021-21212335. Finalmente, agradecemos  
703 a dos revisores anónimos por sus comentarios y sugerencias que permitieron mejorar este trabajo.

704

## 705 **Referencias bibliográficas**

706 Abell, R.; Asquith, N.; Boccaletti, G.; Bremer, L.; Chapin, R.; Erickson-Quiroz, A.; Higgins, J.;  
707 Johnson, J. *et al.* *Beyond the Source: The Environmental, Economic, and Community Benefits of*  
708 *Source Water Protection*. Arlington, VA, USA: The Nature Conservancy (TNC), 2017.

709 Acreman, M.; Smith, A.; Charters, L.; Tickner, D.; Opperman, J.; Acreman, S.; Edwards, F.;  
710 Sayers, P. & Chivava, F. Evidence for the effectiveness of nature-based solutions to water issues  
711 in Africa. *Environmental Research Letters*, 2021, vol. 16, N° 6, 063007.

712 Aedo, M.P. y Montecino, T. El agua en Chile: entre los derechos humanos y las reglas del mercado.  
713 En: Larraín, S. *Glaciares: reservas estratégicas de agua dulce para la sociedad y los ecosistemas*  
714 *en Chile*. Chile: Programa Chile Sustentable, 2006. ISBN: 978-956-7889-46-4

715 Aguafondo. Crónicas por el agua: Narrando nuestras experiencias frente al Cambio Climático. [en  
716 línea]. 2017. [Fecha de consulta: 4 agosto 2020]. Disponible en: <https://aquafondo.org.pe/cronicas-por-el-agua/>

717

- 718 Alaniz, A.J.; Carvajal, M.A.; Núñez-Hidalgo, I. & Vergara, P. M. Chronicle of an Environmental  
719 Disaster: Aculeo Lake, the Collapse of the Largest Natural Freshwater Ecosystem in Central Chile.  
720 *Environmental Conservation*, 2019, vol 46, p. 201-204. doi:  
721 <https://doi.org/10.1017/S0376892919000122>
- 722 Aldunce, P.; Lillo, G.; Vidal, M. y Maldonado, P. *Base de datos de prácticas de adaptación a la*  
723 *variabilidad y cambio climático. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2*. 2016.  
724 Disponible en: <http://www.cr2.cl/datos-practicas-adaptacion/>
- 725 Aldunce, P.; Araya, D.; Sapiain, R.; Ramos, I.; Lillo, G.; Urquiza, A. & Garreaud, R. Local  
726 perception of drought impacts in a changing climate: The mega-drought in central Chile.  
727 *Sustainability (Switzerland)*. 2017, N° 9, p. 1-15. <https://doi.org/10.3390/su9112053>
- 728 Alvarez-Garreton, C.; Lara, A., Boisier, J. P. & Galleguillos, M. The impacts of native forests and  
729 forest plantations on water supply in Chile. *Forests*, 2019, vol. 10, p. 473. doi:10.3390/f10060473
- 730 Apaza, D.; Arroyo, R. y Alencastre, A. *Gestión social del agua y ambiente en cuencas*. Lima, Perú:  
731 GSAAC. 2006. Disponible en: [https://hidraulicainca.files.wordpress.com/2011/07/libro-amunas-](https://hidraulicainca.files.wordpress.com/2011/07/libro-amunas-gsaac.pdf)  
732 [gsaac.pdf](https://hidraulicainca.files.wordpress.com/2011/07/libro-amunas-gsaac.pdf)
- 733 Armesto, J.J.; Manushevich, D.; Mora, A., Smith-Ramirez, C.; Rozzi, R.; Abarzúa, A.M. &  
734 Marquet, P.A. From the Holocene to the Anthropocene: A historical framework for land cover  
735 change in southwestern South America in the past 15,000 years. *Land Use Policy*. 2010, N° 27, p.  
736 148-160. doi: [10.1016/j.landusepol.2009.07.006](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.07.006)
- 737 Astorga, E.; Carrillo, F.; Folchi, M.; García, M.; Grez, B.; McPhe, B.; Sepúlveda, C. y Stein, H.  
738 *Evaluación de los conflictos socio-ambientales de proyectos de gran tamaño con foco en agua y*  
739 *energía para el periodo 1998 al 2015. Informe final*. Santiago, Chile: Consejo Nacional de  
740 Innovación para el Desarrollo, 2017.
- 741 Azeem, M.; Noman, M.T.; Wiener, J.; Petru, M. & Louda, P. Structural design of efficient fog  
742 collectors: A review. *Environmental Technology & Innovation*, 2020, vol. 20, p. 101169.  
743 <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101169>
- 744 Barnosky, A.D.; Hadly, E.A.; Bascompte, J.; Berlow, E.L.; Brown, J.H.; Fortelius, M.; Getz, W.M.  
745 *et al.* Approaching a state shift in Earth's biosphere. *Nature*, 2012, Vol. 486, p. 52-58.
- 746 Barría, P.; Rojas, M.; Moraga, P.; Muñoz, A.; Bozkurt, D. & Alvarez-Garreton, C. Anthropocene  
747 and streamflow: Long-term perspective of streamflow variability and water rights. *Elementa Sci*  
748 *Anth*, 2019, N°7. doi: <https://doi.org/10.1525/elementa.340>
- 749 Barría, P.; Sandoval, I.B.; Guzman, C.; Chadwick, C.; Alvarez-Garreton, C.; Díaz-Vasconcellos,  
750 R.; ... & Fuster, R. Water allocation under climate change: A diagnosis of the Chilean system. *Elem*  
751 *Sci Anth*, 2021, vol. 9, N° 1, 00131.
- 752 Barrientos, C. Cómo el uso sustentable del territorio devolvió el agua a comunidad rural de Chiloé.  
753 [en línea]. Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), 2019. [fecha de consulta: 9 noviembre  
754 2020]. Disponible: [https://ieb-chile.cl/noticia/como-el-uso-sustentable-del-territorio-devolvio-el-](https://ieb-chile.cl/noticia/como-el-uso-sustentable-del-territorio-devolvio-el-agua-a-comunidad-rural-de-chiloe/)  
755 [agua-a-comunidad-rural-de-chiloe/](https://ieb-chile.cl/noticia/como-el-uso-sustentable-del-territorio-devolvio-el-agua-a-comunidad-rural-de-chiloe/)
- 756 Bauer, C. *Canto de sirenas: El derecho de aguas chileno como modelo para reformas*  
757 *internacionales*. Bilbao, España: Bakeaz, 2004. ISBN: 84-88949-68-5.
- 758 Bhushan, B. Bioinspired water collection methods to supplement water supply. *Philosophical*

- 759 *Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 2019, vol.  
760 377, N° 2150, 20190119. <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0119>
- 761 Boisier, J.P.; Rondanelli, R.; Garreaud, R.D. & Muñoz, F. Anthropogenic and natural contributions  
762 to the Southeast Pacific precipitation decline and recent megadrought in central Chile. *Geophysical*  
763 *Research Letters*, 2016, vol. 43, p. 413-421.
- 764 Boisier, J.P.; Alvarez-Garreton, C.; Cordero, R.R.; Damiani, A.; Gallardo, L.; Garreaud, R.D.;  
765 Lambert, F. *et al.* Anthropogenic drying in central-southern Chile evidenced by long-term  
766 observations and climate model simulations. *Elementa Sci Anth*, 2018, vol. 6, p. 74.
- 767 Bommarco, R.; Kleijn, D. & Potts, S.G. Ecological intensification: Harnessing ecosystem services  
768 for food security. *Trends in Ecology and Evolution*, 2013, vol. 28, N° 4, p. 230-238.
- 769 Bonelli, C.; Roca-Servat, D. & Bueno de Mesquita, M. The many natures of water in Latin  
770 American neo-extractivist conflicts. *Alternautas*, 2016, vol. 3, p. 81-93.
- 771 Bonnesoeur, V.; Locatelli, B.; Ochoa-Tocachi, B.F. *Impactos de la Forestación en el Agua y los*  
772 *Suelos de los Andes: ¿Qué sabemos? Resumen de políticas*, Proyecto “Infraestructura Natural para  
773 la Seguridad Hídrica” (INSH), Forest Trends, Lima, Perú, 2019.
- 774 Bottaro, L.; Latta, A. & Sola, M. La politización del agua en los conflictos por la megaminería:  
775 Discursos y resistencias en Chile y Argentina. *European Review of Latin American and Caribbean*  
776 *Studies*, 2014, vol. 9, p. 97-115. <http://doi.org/10.18352/erlacs.9798>
- 777 Bozkurt, D.; Rojas, M.; Boisier, J.P. & Valdivieso, J. Projected hydroclimate changes. *Climatic*  
778 *Change*, 2018, vol. 150, p. 131-147.
- 779 Brenning, A. & Azócar, G.F. Minería y glaciares rocosos: impactos. *Revista de Geografía Norte*  
780 *Grande*, 2010, vol. 158, pp. 143-158.
- 781 Budds, J. La demanda, evaluación y asignación del agua en el contexto de escasez. *Revista de*  
782 *Geografía Norte Grande*, 2012, vol. 52, p. 167-184. [http://dx.doi.org/10.4067/S0718-  
783 \*34022012000200010\*](http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022012000200010)
- 784 Budds, J. Gobernanza del agua y desarrollo bajo el mercado: las relaciones sociales de control del  
785 agua en el marco del Código de Aguas de Chile. *Investigaciones Geográficas*, 2020, vol. 59, p. 16-  
786 27.
- 787 Bustos, S.; Gallardo, L.; Garreaud, R. y Tondreau, N. *La mega sequía 2010-2015: Una lección*  
788 *para el futuro. Informe a la Nación 26. Informe a la Nación*. Chile: Centro de Investigación sobre  
789 Clima y Resiliencia (CR)2, 2015. Disponible en: <http://www.cr2.cl/megasequia/>
- 790 Carpay, S.; Bleeker, S.; Quino, P.; Aucca, C., & Edbauer, L. Infraestructura Azul-Verde para la  
791 adaptación al cambio climático: Combinando la naturaleza y estructuras semi-naturales para la  
792 gestión del agua y reducción de riesgos en las cuencas peruanas [en línea]. *Wetlands international*,  
793 2019. Disponible en: <https://lac.wetlands.org/>
- 794 Cassin, J. & Locatelli, B. Guía para la Evaluación de Intervenciones en Infraestructura Natural para  
795 la Seguridad Hídrica, Escala de Efectividad, Equidad y Sostenibilidad. *Forest Trends*, Perú, 2020.  
796 cirad-03080159
- 797 Castro, Á. & León, N. *La Incertidumbre hídrica. Conflicto entre agricultores y empresas*

- 798 *hidroeléctricas por el uso del agua en las provincias de Colchagua y Maule*. Memoria de grado,  
799 Academia de Humanismo Cristiano, Santiago, Chile, 2014.
- 800 CDE. *Coping with degradation through SLWM*. Centre for Development and Environment.  
801 SOLAW Background Thematic Report – TR12. Rome, FAO, 2010.  
802 [http://www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic\\_reports/TR\\_12\\_web.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic_reports/TR_12_web.pdf)
- 803 Cereceda, P.; Leiva, J.; Rivera, J. de D. y Hernández, P. (eds.). *Agua de Niebla: Nuevas*  
804 *Tecnologías para el Desarrollo sustentable en Zonas Áridas y Semiáridas*. Chile: Consultora  
805 Profesional Agraria Sur, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2014, p. 132.
- 806 Chen, L.; Wang, J.; Wei, W.; Fu, B. & Dongping, W. Effects of landscape restoration on soil water  
807 storage and water use in the Loess Plateau Region, China. *Forest Ecology and Management*, 2010,  
808 vol. 259, N° 7, p. 1291-1298.
- 809 Chen, Y.; Wang, K.; Lin, Y.; Shi, W.; Song, Y. & He, X. Balancing green and grain trade. *Nature*  
810 *Geoscience*, 2015, vol. 8, p. 739-741.
- 811 Chiramba, T.; Mogoi, S.; Martinez, I. & Jones, T. Payment for Environmental Services pilot project  
812 in Lake Naivasha basin, Kenya—a viable mechanism for watershed services that delivers  
813 sustainable natural resource management and improved livelihoods. *UN-Water International*  
814 *Conference*, Zaragoza, España, 2011, pp. 1-7.
- 815 Corporación Nacional Forestal (CONAF). *Tabla de Valores 2020. DT N° 239. Ley N°20.283 sobre*  
816 *recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal*. Chile: CONAF, Ministerio de Agricultura,  
817 2019, p. 17.
- 818 Cohen-Shacham, E.; Walters, G.; Janzen, C. y Maginnis, S. (eds.) *Nature-based Solutions to*  
819 *address global societal challenges*. Gland, Switzerland: Union for Conservation of Nature and  
820 Natural Resources (IUCN), 2016, p. 97. ISBN: 978-2-8317-1812-5
- 821 Cohen-Shacham, E.; Andrade, A.; Dalton, J.; Dudley, N.; Jones, M.; Kumar, C.; Maginnis, S.;  
822 Maynard, S.; Nelson, C.R.; Renaud, F.G.; Welling, R. & Walters, G. Core principles for  
823 successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. *Environmental Science &*  
824 *Policy*, 2019, vol. 98, p. 20-29. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.04.014>
- 825 Costanza, R.; d'Arge, R.; de Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem,  
826 S.; O'Neill, R.V.; Paruelo, J.; Raskin, R.G.; Sutton, P. & van den Belt, M. The value of the world's  
827 ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, vol. 387, N° 6630, p. 253-260.
- 828 Cordero, M. *Estudio de pre-factibilidad de utilización de energía solar en un proceso productivo*  
829 *minero*. Memoria de titulación, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile,  
830 2017.
- 831 Corporación de fomento de la producción (CORFO). *En Atacama crean innovador atrapaniebla*  
832 *para enfrentar la sequía* [en línea]. CORFO, 2017. [fecha de consulta: 22 julio 2020]. Disponible  
833 en: <https://www.corfo.cl>
- 834 Crespo, S.A.; Lavergne, C.; Fernandoy, F.; Muñoz, A.A.; Cara, L. & Olfos-Vargas. Where does  
835 the Chilean Aconcagua river come from? Use of natural tracers for water genesis characterization  
836 in glacial and periglacial environments. *Water (Switzerland)*, 2020, vol. 12, N° 9. doi:  
837 <https://doi.org/10.3390/w12092630>
- 838 De Groot, R.S.; Wilson, M.A. & Boumans, R.M. A typology for the classification, description and

- 839 valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics*, 2002, vol. 41, N° 3,  
840 p. 393-408.
- 841 Decreto Fuerza Ley (DFL 1122). Fija texto Código de Aguas, 29 Oct 1981. Ministerio de Justicia  
842 [en línea] [fecha de consulta: 7 septiembre 2020]. Disponible en: <http://bcn.cl/2f8tw>
- 843 Dirección General de Aguas (DGA). Decretos declaración zona de escasez vigentes [en línea].  
844 Ministerio de Obras Públicas, 2020. [fecha de consulta: 29 junio 2020]. Disponible en:  
845 <https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/decretosZonasEscasez/Paginas/default.asp>  
846 [x](#)
- 847 Donovan, M. What is conservation agriculture? [en línea]. International Maize and wheat  
848 Improvement Center (CIMMYT), 2020. [fecha de consulta: 14 septiembre 2020]. Disponible en:  
849 <https://www.cimmyt.org/news/what-is-conservation-agriculture/>
- 850 Delegación Presidencial para los Recursos Hídricos (DPRH). *Política Nacional para los Recursos*  
851 *Hídricos 2015*. Chile: Ministerio del Interior y Seguridad Pública, Gobierno de Chile, 2015.
- 852 Dulci, T.M.S., & Sadivia, V.A. El Estallido Social en Chile: ¿rumbo a un Nuevo  
853 Constitucionalismo? *Revista Katálysis*, 2021, vol. 24, p. 43-52.
- 854 Duran-Llacer, I.; Munizaga, J.; Arumí, J.L.; Ruybal, C.; Aguayo, M.; Sáez-Carrillo, K.; Arriagada,  
855 L. & Rojas, O. Lessons to be learned: Groundwater depletion in Chile's Ligua and Petorca  
856 watersheds through an interdisciplinary approach. *Water (Switzerland)*, 2020, vol. 12. doi:  
857 [10.3390/w12092446](https://doi.org/10.3390/w12092446)
- 858 Environmental Protection Agency (EPA). *Functions and values of wetlands*. Estados Unidos: EPA,  
859 2001.
- 860 Escenarios Hídricos 2030 (EH2030). *Radiografía del Agua: Brecha y Riesgo Hídrico en Chile*.  
861 Editado por Martínez, M. Santiago, Chile: Fundación Chile, 2018.
- 862 Escenario Hídricos 2030 (EH2030). Zanjas de infiltración hacen que el agua sea democrática [en  
863 línea]. 2020. [fecha de consulta: 19 julio 2021]. Disponible en:  
864 <https://escenarioshidricos.cl/noticia/zanjas-de-infiltracion-hacen-que-el-agua-sea-democratica/>
- 865 Esler, K.; Jacobsen, A. & Pratt, B. *The Biology of Mediterranean-Type Ecosystems*. Reino Unido:  
866 Oxford University Press, 2018. ISBN-13: 9780198739135.
- 867 European Commission. Nature-Based Solutions [en línea]. 2016. [fecha consulta: 22 junio 2021].  
868 Disponible en: [https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-](https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/nature-based-solutions_en)  
869 [area/environment/nature-based-solutions\\_en](https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/nature-based-solutions_en)
- 870 Faundez, R. & Mundaca, R. *Situación del agua en la región de Valparaíso: encuentros*  
871 *participativos por la recuperación democrática del agua*. Chile: Fundación comunes, 2019, 27 p.
- 872 Food and Agriculture Organization (FAO). The state of the world's land and water resources for  
873 food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk. London: Food and Agriculture  
874 Organization of the United Nations, 2011. ISBN 978-1-84971-327-6.
- 875 Food and Agriculture Organization (FAO). Rewarding water-related ecosystem services in the  
876 Canete Basin, Perú. Roma: Prepared for the Multi-stakeholder dialogue, 2013.

- 877 Foster, S.S.D. & Perry, C.J. Improving groundwater resource accounting in irrigated areas: A  
878 prerequisite for promoting sustainable use. *Hydrogeology Journal*, 2010, vol. 18, p. 291-294.
- 879 Franklin, J.; Serra-Diaz, J.M.; Syphard, A.D. & Regan, H.M. Global change and terrestrial plant  
880 community dynamics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of*  
881 *America*, 2016, vol. 113, p. 3725-3734.
- 882 Frantzeskaki, N.; McPhearson, T.; Collier, M.J.; Kendal, D.; Bulkeley, H.; Dumitru, A.; Walsh, C.  
883 *et al.* Nature-based solutions for urban climate change adaptation: Linking science, policy, and  
884 practice communities for evidence-based decision-making. *BioScience*, 2019, vol. 69, p. 455-466.
- 885 Freitas, P.L. & Landers, J.N. The Transformation of Agriculture in Brazil Through Development  
886 and Adoption of Zero Tillage Conservation Agriculture. *International Soil and Water*  
887 *Conservation Research*, 2014, vol. 2, p. 35-46. [https://doi.org/10.1016/S2095-6339\(15\)30012-5](https://doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30012-5)
- 888 Frene, C. & Oyarzún, C. Manejo Integrado de Cuencas Forestales. En Ediciones Universidad  
889 Austral de Chile, E. U. A. de C. (ed.). Valdivia, Chile: *Ecología Forestal: Bases para el Manejo*  
890 *Sustentable y Conservación de los Bosques Nativos de Chile*, 2014.
- 891 Garreaud, R.D.; Alvarez-Garreton, C.; Barichivich, J.; Boisier, J.P.; Christie, D.; Galleguillos, M.;  
892 LeQuesne, C. *et al.* The 2010-2015 megadrought in central Chile: Impacts on regional  
893 hydroclimate and vegetation. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2017, vol. 21, p. 6307-6327.
- 894 Garreaud, R.D.; Boisier, J.P.; Rondanelli, R.; Montecinos, A.; Sepúlveda, H.H. & Veloso-Aguila,  
895 D. The Central Chile Mega Drought (2010–2018): A climate dynamics perspective. *International*  
896 *Journal of Climatology*, 2020, vol. 40, p. 421-439.
- 897 Gayoso, J. y Gayoso, S. *Diseño de zonas ribereñas requerimiento de un ancho mínimo*. Chile:  
898 Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, 2003.
- 899 Generadoras de Chile. Empresas asociadas, 2020. [en línea]. Disponible en:  
900 <http://generadoras.cl/empresas-asociadas>
- 901 Gligo, N.; Alonso, G.; Barkin, D.; Brailovsky, A.; Brzovic, F.; Carrizosa, J.; Durán, H. *et al.* *La*  
902 *tragedia ambiental de América Latina y el Caribe*. Santiago, Chile: Comisión Económica para  
903 América Latina y el Caribe (CEPAL), 2020. ISBN: 978-92-1-004742-5
- 904 Gold, M. Agroforestería. [en línea]. Encyclopedia Británica, 2017. [fecha de consulta: 14  
905 septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.britannica.com/science/agroforestr>
- 906 Global Water Partnership (GWP). *Experiencias exitosas de la GIRH, cuenca río San Jerónimo*  
907 *Verapaz, Guatemala*. Guatemala: Global Water Partnership, 2013.
- 908 Global Water Partnership Eastern Africa (GWPEA). *Building Resilience to Drought: Learning*  
909 *from Experience in the Horn of Africa*. Integrated Drought Management Programme in the Horn  
910 of Africa, Entebbe, Uganda, 2016. 32 p.
- 911 González, T.; Mella, M. & Stern, J. *Impacto geológico proyecto hidroeléctrico Alto Maipo*. La  
912 Serena, Chile. Colegio de Geólogos Chile, Sociedad Geológica de Chile. XIV Congreso Geológico  
913 Chileno, 2015.
- 914 Guardado, J.M. *Caracterización de proyectos sobre manejo de recursos forestales en El Salvador*.  
915 *Programa reducción de emisiones por deforestación y degradación REDD-CCED/GIZ*. San  
916 Salvador, El Salvador: Programa reducción de emisiones por deforestación y degradación, 2012.

- 917 Guerra, A. & Alvarado, M. *De la Sierra al valle de San Jerónimo: acciones locales para la gestión*  
918 *integrada del agua. Fondo del agua del Sistema Motagua Polochic*. Turrialba, Costa Rica: Centro  
919 Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, 2006.
- 920 Guerrero-Valdebenito, R.M.; Fonseca-Prieto, F.; Garrido-Castillo, J. & García-Ojeda, M. El  
921 código de aguas del modelo neoliberal y conflictos sociales por agua en Chile: Relaciones, cambios  
922 y desafíos. *Agua y Territorio/Water and Landscape*, 2018, vol. 11, p. 97-108.
- 923 Gutiérrez, C. Recarga artificial de acuíferos. Instituto mexicano de tecnología del agua. La Serena,  
924 Chile: *Agencia Mexicana de conservación internacional para el desarrollo*, 2016.
- 925 Hearne, R. & Donoso, G. Water Markets in Chile: Are they meeting needs? En Easter W. y Q.  
926 Qiuqiong (eds). *Water markets for the 21 st Century*, 2014, p. 103-126.
- 927 Hohenthal, J. & Minoia, P. Social aspects of water scarcity and drought. En: Eslamian S. y  
928 Eslamian F.A. (eds). *Handbook of Drought and Water Scarcity. Principle of Drought and Water*  
929 *Scarcity*. CRC Press, Tailor & Francis LTD, 2017, p. 607-626.
- 930 Hoyos-Santillan, J.; Miranda, A.; Lara, A.; Sepulveda-Jauregui, A.; Zamorano-Elgueta, C.;  
931 Gómez-González, S.; Vásquez-Lavín, F.; Garreaud, R. & Rojas, M. Diversifying Chile's climate  
932 action away from industrial plantations. *Environmental Science & Policy*, 2021, vol. 124, p. 85-  
933 89.
- 934 Huang, Z.; Yuan, X. & Liu, X. The key drivers for the changes in global water scarcity: water  
935 withdrawal versus water availability. *Journal of Hydrology*, 2021, 126658.
- 936 INE. Síntesis de Resultados Censo 2017. 2018. Disponible en:  
937 <https://www.censo2017.cl/descargas/home/sintesis-de-resultados-censo2017.pdf>
- 938 Instituto Nacional de Derechos Humanos [INDH]. Mapa de conflictos socioambientales en Chile  
939 [en línea]. INDH, 2020. Disponible en: <https://mapaconflictos.indh.cl/#/>
- 940 Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES).  
941 Comunicado de prensa: El peligroso declive de la naturaleza sin precedentes; las tasas de extinción  
942 de las especies se aceleran [en línea] [fecha de consulta: 9 diciembre 2020]. Disponible en:  
943 [https://ipbes.net/news/comunicado-de-prensa-las-contribuciones-de-la-diversidad-](https://ipbes.net/news/comunicado-de-prensa-las-contribuciones-de-la-diversidad-biol%C3%B3gica-y-la-naturaleza-contin%C3%A1n-)  
944 [biol%C3%B3gica-y-la-naturaleza-contin%C3%A1n-](https://ipbes.net/news/comunicado-de-prensa-las-contribuciones-de-la-diversidad-biol%C3%B3gica-y-la-naturaleza-contin%C3%A1n-)
- 945 IPCC. *Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability Part A: Global and Sectoral*  
946 *Aspects*. En Field, C.; Barros, V.; Dokken, D.; Mach, K.; Mastrandrea, M.; Bilir, T.; Chatterje, M.;  
947 Ebi, K.; Estrada, Y.; Genova, R.; Girma, B.; Kissel, E.; Levy, A.; MacCraken, Mastrandrea, P.;  
948 White, L. (eds). Cambridge, Reino Unido y Nueva York: Cambridge University Press, 2014. ISBN  
949 978-1-107-64165-5
- 950 International Union for the Conservation of Nature (IUCN). Standard to boost impact of nature-  
951 based solutions to global challenges [en línea]. IUCN, 2020. [fecha consulta: 16 noviembre 2020].  
952 Disponible en: [https://www.iucn.org/news/nature-based-solutions/202007/iucn-standard-boost-](https://www.iucn.org/news/nature-based-solutions/202007/iucn-standard-boost-impact-nature-based-solutions-global-challenges)  
953 [impact-nature-based-solutions-global-challenges](https://www.iucn.org/news/nature-based-solutions/202007/iucn-standard-boost-impact-nature-based-solutions-global-challenges)
- 954 Jaramillo, C. *Informe técnico. Aplicación de la metodología de contabilidad de huella hídrica*  
955 *directa a 15 regiones de Chile*. Chile: Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Fundación  
956 Chile, 2017, 148 p.

- 957 Jia, X.; Shao, M.; Zhu, Y. & Luo, Y. Soil moisture decline due to afforestation across the Loess  
958 Plateau, China. *Journal of Hydrology*, 2017, vol. 546, p. 113-122.
- 959 Jury, W.A. & Vaux Jr., H.J. The emerging global water crisis: managing scarcity and conflict  
960 between water users. *Advances in agronomy*, 2007, vol. 95, p. 1-76.
- 961 Junta de Vigilancia. Usuarios de aguas, 2020 [en línea] [fecha de consulta 7 diciembre 2020].  
962 Disponible en: <http://rioputaendo.cl/juntadevigilancia/usuarios-de-aguas/>
- 963 Kerr, J. Watershed Management: Lessons from Common Property Theory. *International Journal*  
964 *of the Commons*, 2007, vol. 1, p. 89.
- 965 Labra, A. *Levantamiento de los Conflictos Socioambientales priorizados en el Distrito 12*. Chile:  
966 Cámara de Diputados. Asesoría externa, 2020.
- 967 Labra, F.; González, M.; Gacitúa, S.; Montenegro, J.; Villalobos, E. & Gómez, A. *Manual para la*  
968 *Implementación de Obras de Conservación de Suelos y Cosecha de Aguas Lluvia en Alhué. Predio*  
969 *de la Comunidad Agrícola Villa Alhué*. Chile: Instituto Forestal, 2018.
- 970 LaFevor, M.C. Restoration of degraded agricultural terraces: Rebuilding landscape structure and  
971 process. *Journal of Environmental Management*, 2014, vol. 138, p. 32–42.  
972 doi:10.1016/j.jenvman.2013.11.019
- 973 Larraín, S. & Poo, P. *Conflictos por el agua en Chile: Entre los derechos humanos y las reglas del*  
974 *mercado*. Editado por Larraín, S. and Poo. 1ª ed. Chile: Chile Sustentable, 2010. ISBN: 978-956-  
975 7889-426.
- 976 Larraín, S.; Montecino, T.; Ledger, C. & Villarroel, C. *Conflictos por el Agua en Chile: Urgen*  
977 *cambios legales y constitucionales en las políticas de agua*. Chile: Chile Sustentable, propuesta  
978 ciudadana para el cambio, 2012.
- 979 Le Quesne, C.; Acuña, C.; Boninsegna, J.A.; Rivera, A. & Barichivich, J. Long-term glacier  
980 variations in the Central Andes of Argentina and Chile, inferred from historical records and tree-  
981 ring reconstructed precipitation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2009, vol.  
982 281, p. 334-344.
- 983 Ley Orgánica de Ordenamiento, Uso y Gestión de Suelo. [en línea]. República del Ecuador,  
984 Asamblea Nacional, 2016. [fecha consulta: 19 octubre 2020]. Disponible en:  
985 [https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/Ley-Organica-de-](https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/Ley-Organica-de-Ordenamiento-Territorial-Uso-y-Gestion-de-Suelo1.pdf)  
986 [Ordenamiento-Territorial-Uso-y-Gestion-de-Suelo1.pdf](https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/Ley-Organica-de-Ordenamiento-Territorial-Uso-y-Gestion-de-Suelo1.pdf)
- 987 Locatelli, B.; Homberger, J.M.; Ochoa-Tocachi, B.F.; Bonnesoeur, V., Román, F., Drenkhan, F. &  
988 Buytaert, W. *Impactos de las zanjales de infiltración en el Agua y los Suelos de los Andes: ¿Qué*  
989 *sabemos? Resumen de políticas*, Proyecto “Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica”,  
990 Forest Trends, Lima, Perú, 2020.
- 991 Martínez, M. *Aguas residuales como nueva fuente de agua*. Chile: Fundación Chile, Gobierno  
992 Regional de Valparaíso, 2016. ISBN: 978-956-8200-32-9
- 993 Martínez-Retureta, R.; Aguayo, M.; Stehr, A.; Sauvage, S.; Echeverría, C. & Sánchez-Pérez, J.M.  
994 Effect of land use/cover change on the hydrological response of a southern center basin of Chile.  
995 *Water*, 2020, vol. 12, N° 1, p. 302.
- 996 Masiokas, M.H.; Villalba, R.; Luckman, B.H.; Le Quesne, C. & Aravena, J.C. Snowpack

- 997 Variations in the Central Andes of Argentina and Chile, 1951–2005: Large-Scale Atmospheric  
 998 Influences and Implications for Water Resources in the Region. *Journal of Climate*, 2006, vol. 19,  
 999 p. 6334-6352.
- 1000 McDonald, T.; Gann, G.D.; Jonson, J. & Dixon, K.W. *International standards for the practice of*  
 1001 *ecological restoration - including principles and key concepts*. 1ª ed. Washington, D.C: Society  
 1002 for Ecological Restoration, 2016.
- 1003 Mello, I. & van Raij, B. No-till for sustainable agriculture in Brazil. *Proceedings of World*  
 1004 *Association of Soil and Water Conservation Paper*, 2006, p. 49-57.
- 1005 Metternicht, G. *Land Use Planning*. Sydney, Australia: Global Land Outlook, 2017.
- 1006 Ministerio de Agricultura y Riego del Perú (MINAGRI). *Rumbo a un Programa Nacional de*  
 1007 *Siembra y Cosecha de Agua: Aportes y reflexiones desde la práctica*. Viceministerio de Políticas  
 1008 Agrarias, Lima, Perú, 2016, 128 p.
- 1009 MMA. Quinto Reporte del Estado del Medio Ambiente. 2019. Disponible  
 1010 en:<https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/12/REMA-2019-comprimido.pdf>
- 1011 Molina, A.; Vanacker, V.; Rosas Barturen, M.; Bonnesoeur, V.; Román, F.; Ochoa-Tocachi, B.F.  
 1012 & Buytaert, W. *Infraestructura natural para la gestión de riesgos de erosión e inundaciones en*  
 1013 *los Andes: ¿Qué sabemos? Resumen de políticas*. Proyecto “Infraestructura Natural para la  
 1014 Seguridad Hídrica”, Forest Trends, Lima, Perú, 2021.
- 1015 Möller, P. *Las franjas de vegetación ribereña y su función de amortiguamiento, una consideración*  
 1016 *importante para la conservación de humedales*. Valdivia, Chile: Programa de Humedales, Centro  
 1017 de Estudios Agrarios y Ambientales CEA, Gestión Ambiental, 2011, vol. 21, p. 96-106.
- 1018 Ministerio de Obras Públicas (MOP). *Estimación de la demanda actual, Proyecciones futuras y*  
 1019 *caracterización de la calidad de los Recursos Hídricos en Chile*. Resumen Ejecutivo. Unión  
 1020 Temporal de Proveedores Hídrica Consultores Spa y Aquaterra Ingenieros LTDA 2017, 89 p.  
 1021 <https://dga.mop.gob.cl/Estudios/04%20Resumen%20Ejecutivo/Resumen%20Ejecutivo.pdf>
- 1022 Morales, C. *Cámaras de Hielo: Ley para proteger los glaciares chilenos lleva más de diez años*  
 1023 *tramitándose y está prácticamente “congelada”*. Memoria para optar al título de periodista,  
 1024 Universidad de Chile, Chile, 2017.
- 1025 Muñoz, A.A.; González-Reyes, A.; Lara, A.; Sauchyn, D.; Christie, D.; Puchi, P.; Urrutia-Jalabert,  
 1026 R. *et al.* Streamflow variability in the Chilean Temperate-Mediterranean climate transition (35°S–  
 1027 42°S) during the last 400 years inferred from tree-ring records. *Climate Dynamics*, 2016, vol. 47,  
 1028 p. 4051-4066.
- 1029 Muñoz, A.A.; Klock-Barría, K.; Alvarez-Garreton, C.; Aguilera-Betti, I.; González-Reyes, A.;  
 1030 Lastra, J.A.; Chávez, R.O. *et al.* Water crisis in petorca basin, Chile: The combined effects of a  
 1031 mega-drought and water management. *Water (Switzerland)*, 2020, vol. 12, p. 1-18.
- 1032 Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Da Fonseca, G.A. & Kent, J. Conservation:  
 1033 Biodiversity as a bonus prize. *Nature*, 2000, vol. 403, pp. 853-858.
- 1034 Neely, C. & Fynn, A. *Critical choices for crop and livestock production systems that enhance*  
 1035 *productivity and build ecosystem resilience*. SOLAW Background Thematic Report TR11. Rome,

- 1036 FAO, 2010. [http://www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic\\_reports/TR\\_11\\_web.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic_reports/TR_11_web.pdf)
- 1037 Nesshöver, C.; Assmuth, T.; Irvine, K.N.; Rusch, G.M.; Waylen, K.A.; Delbaere, B.; ... & Wittmer,  
1038 H. The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective.  
1039 *Science of the total environment*, 2017, vol. 579, p. 1215-1227.
- 1040 Núñez, O. *Fondo del Agua del Sistema Motagua-Polochic, Guatemala*. Guatemala: Fundación  
1041 defensores de la Naturaleza con el apoyo de FAO-Facility, 2005.
- 1042 Osorio, A. (ed.). *Determinación de la huella del agua y estrategias de manejo de recursos hídricos*.  
1043 La Serena, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación  
1044 Intihuasi, Serie Actas INIA N° 50, 2013, p. 211.
- 1045 Panes-Pinto, A. Agua-Territorio en América Latina: Contribuciones a partir del análisis de estudios  
1046 sobre conflictos hídricos en Chile. *Revista Rupturas*, 2018, vol. 8, p. 193-217.
- 1047 Panes-Pinto, A.; Mansilla Quiñones, P. & Moreira-Muñoz, A. Agua, tierra y fractura  
1048 sociometabólica del agronegocio. Actividad frutícola en Petorca, Chile. *Bitácora Urbano*  
1049 *Territorial*, 2018, vol. 28, p. 153-160.
- 1050 Pizarro, R.; Flores, J.P.; Sangüesa, C. & Martínez, E. *Determinación de Estándares de Ingeniería*  
1051 *en Obras de Conservación y Aprovechamiento de Aguas y Suelos, para la Mantención e*  
1052 *Incremento de la Productividad Silvícola*. Monografías Zanjas de Infiltración. PROYECTO FDI -  
1053 CORFO, Chile, 2004, 32 p.
- 1054 Potter, W. & Villablanca, A. *Incorporación de tecnologías de riego para cultivos tradicionales e*  
1055 *innovativos en la Comuna de Putre*. Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín  
1056 INIA, N° 384, 2018.
- 1057 Prieto, M.; Fragkou, M.C. & Calderón, M. Water Policy and Management in Chile. *Encyclopedia*  
1058 *of Water*, 2019, p. 1-11. doi: [10.1002/9781119300762.wsts0055](https://doi.org/10.1002/9781119300762.wsts0055)
- 1059 Pulsosocial, 2017. YAKKA, el innovador atrapanieblas chileno capaz de capturar 10 litros de agua  
1060 por día [en línea] [fecha de consulta: 19 julio 2021]. Obtenido de:  
1061 [https://pulsosocial.com/2017/02/27/yakka-innovador-atrapanieblas-chileno-capaz-capturar-10-](https://pulsosocial.com/2017/02/27/yakka-innovador-atrapanieblas-chileno-capaz-capturar-10-litros-agua-por-dia/)  
1062 [litros-agua-por-dia/](https://pulsosocial.com/2017/02/27/yakka-innovador-atrapanieblas-chileno-capaz-capturar-10-litros-agua-por-dia/)
- 1063 Ramsar. *Aguas arriba-aguas abajo, los humedales nos conectan a todos*. Fondo para el agua de  
1064 Danone/Evian, 2009.
- 1065 Red Agua Chiloé. Como el uso sustentable del territorio devolvió el agua a comunidad rural de  
1066 Chiloé [en línea] [fecha de consulta: 15 julio 2020]. Obtenido de  
1067 [https://redaguachiloe.wordpress.com/2019/05/16/como-el-uso-sustentable-del-territorio-](https://redaguachiloe.wordpress.com/2019/05/16/como-el-uso-sustentable-del-territorio-devolvio-el-agua-a-comunidad-rural-de-chiloe/)  
1068 [devolvio-el-agua-a-comunidad-rural-de-chiloe/](https://redaguachiloe.wordpress.com/2019/05/16/como-el-uso-sustentable-del-territorio-devolvio-el-agua-a-comunidad-rural-de-chiloe/)
- 1069 Ripple, W.J.; Wolf, C.; Newsome, T.M.; Galetti, M.; Alamgir, M.; Crist, E.; Mahmoud, M.I. &  
1070 Laurance, W.F. World scientists' warning to humanity: A second notice. *BioScience*, 2017, vol.  
1071 67, p. 1026-1028.
- 1072 Rivera, A.; Acuña, C. & Casassa, G. Glacier Variations in Central Chile (32°S-41°S). *Glacier*  
1073 *Science and Environmental Change*, 2006, p. 246-247.
- 1074 Rojas, M.; Lambert, F.; Ramirez-Villegas, J. & Challinor, A.J. Emergence of robust precipitation  
1075 changes across crop production areas in the 21st century. *Proceedings of the National Academy of*

- 1076 *Sciences of the United States of America*, 2019, vol. 116, p. 6673-6678.
- 1077 Rumpel, C.; Lehmann, J. & Chabbi, A. “4 per 1,000” initiative will boost soil carbon for climate  
1078 and food security. Correspondence. *Nature*, 2018, vol. 553, p. 27.
- 1079 Saavedra, F.A.; Kampf, S.K.; Fassnacht, S.R. & Sibold, J.S. Changes in Andes snow cover from  
1080 MODIS data, 2000-2016. *Cryosphere*, 2018, vol. 12, p. 1027-1046.
- 1081 Sánchez-Chaves, O. & Navarrete-Chacón, G. La experiencia de Costa Rica en el pago por servicios  
1082 ambientales: 20 años de lecciones aprendidas. *Revista De Ciencias Ambientales*, 2017, vol. 51, N°  
1083 2, p. 195-214.
- 1084 Santibáñez, F. *Los recursos hídricos de las Américas en los nuevos escenarios climáticos. La visión  
1085 desde el proyecto VACEA*. Seminarios y Conferencias 40194, Naciones Unidas Comisión  
1086 Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2015. ISSN 1680-9033.
- 1087 Schemenauer, R.S. & Cereceda, P. Fog-Water Collection in Arid Coastal Locations. *Ambio*, 1991  
1088 vol. 20, N° 7, p. 303-308. <http://www.jstor.org/stable/4313850>
- 1089 Schulz, J.J.; Cayuela, L.; Echeverría, C.; Salas, J. & Benayas, J.M.R. Monitoring land cover change  
1090 of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008). *Applied Geography*, 2010, vol. 30,  
1091 N°3, p. 436-447.
- 1092 Seddon, N.; Turner, B.; Berry, P.; Chausson, A. & Girardin, C. Grounding nature-based climate  
1093 solutions insound biodiversity science. *Nat. Clim. Change*, 2019, vol. 9, p. 84–87.  
1094 doi:10.1038/s41558-019-0405-0
- 1095 Seddon, N.; Chausson, A.; Berry, P.; Girardin, C.A.; Smith, A. & Turner, B. Understanding the  
1096 value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges.  
1097 *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2020, vol. 375, N° 1794, 20190120.
- 1098 Sharifvaghefi, S., & Kazerooni, H. Fog harvesting: combination and comparison of different  
1099 methods to maximize the collection efficiency. *SN Applied Sciences*, 2021, vol. 3, N° 4.  
1100 <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04518-3>
- 1101 Somers, L.D.; McKenzie, J.M.; Zipper, S.C.; Mark, B.G.; Lagos, P. & Baraer, M. Does hillslope  
1102 trenching enhance groundwater recharge and baseflow in the Peruvian Andes? *Hydrological  
1103 processes*, 2018, vol. 32, N° 3, p. 318-331.
- 1104 Sonneveld, B.G.J.; Merbis, M.; Alfara, A.; Unver, O. y Arnal, M. *Nature-Based Solutions for  
1105 agricultural water management and food security*. Food and Agriculture Organization of the  
1106 United Nations. Roma: Land and Water Discussion Paper, 2018, N°12, p. 66.
- 1107 Srivastava, D. & Vellend, M. Biodiversity-Ecosystem function research: Is it relevant to  
1108 conservation? *Annual Review of Ecology, evolution and systematics*, 2005, vol. 36, p. 267-94.
- 1109 Stehr, A. & Aguayo, M. Snow cover dynamics in Andean watersheds of Chile (32.0-39.5°S) during  
1110 the years 2000-2016. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2017, vol. 21, p. 5111-5126.
- 1111 Tao, T.; Tan, Z. & He, X. Integrating environment into land-use planning through strategic  
1112 environmental assessment in China: Towards legal frameworks and operational procedures.  
1113 *Environmental Impact Assessment Review*, 2007, vol. 27, p. 243-265.

- 1114 Taye, G.; Poesen, J.; Vanmaercke, M.; van Wesemael, B.; Martens, L.; Teka, D.; ... Hallet, V.  
1115 Evolution of the effectiveness of stone bunds and trenches in reducing runoff and soil loss in the  
1116 semi-arid Ethiopian highlands. *Zeitschrift Für Geomorphologie*, 2015, vol. 59, N° 4, p. 477–493.  
1117 doi:10.1127/zfg/2015/0166
- 1118 Trémolet, S.; Favero, A.; Karres, N.; Toledo, M.; Makropoulos, C.; Lykou, A.; Hanania, S.;  
1119 Revikkim, V.; Anton, *et al.* *Investing in Nature for Europe Water Security*. Londres, Reino Unido:  
1120 The Nature Conservancy, Ecologic Institute and ICLEI, 2019.
- 1121 Van de Wouw, P.; Echeverria, C.; Rey Benayas, J.M. & Holmgren, M. Persistent Acacia savannas  
1122 replace Mediterranean sclerophyllous forests in South America. *Forest Ecology and Management*,  
1123 2011, vol. 262, N° 6, p. 1100-1108.
- 1124 Vásquez, A. & Tapia, M. Cuantificación de la erosión hídrica superficial en las laderas semiáridas  
1125 de la Sierra Peruana. *Revista Ingeniería UC*, 2011, vol. 18, N° 3, p. 42-50.
- 1126 Vitousek, P.M.; Mooney, H.A.; Lubchenco, J. & Melillo, J.M. Human Domination of Earth's  
1127 Ecosystems. *Science*, 1997, vol. 277, p. 494 - 499.
- 1128 Webb, M.J.; Winter, J.M.; Spera, S.A.; Chipman, J.W. & Osterberg, E.C. Water, agriculture, and  
1129 climate dynamics in central Chile's Aconcagua River Basin. *Physical Geography*, 2020, p. 1-21.
- 1130 Wenger, S.J. & Fowler, L. *Protecting Stream and River Corridors*. United States of America: Carl  
1131 Vinson Institute of Government, University of Georgia, 2000. ISBN 0-89854-198-0
- 1132 World Bank. *Implementation completion report for the Loess Plateau project*. China: World Bank,  
1133 2003.
- 1134 World Bank. *Second Loess Plateau watershed rehabilitation project; first and second Xiaolangdi*  
1135 *multipurpose project; and second Tarim Basin Project*. China: World Bank, 2007.
- 1136 De Wrachien, D. *Land Use Planning: A Key To Sustainable agriculture*. Edited by García, L. *et*  
1137 *al.*, (ed.). Italia: Conservation Agriculture. Springer, Dordrecht, 2003. ISBN: 978-90-481-6211-6
- 1138 WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos)  
1139 /ONU-Agua. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos*  
1140 *Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*. París; UNESCO,  
1141 2018
- 1142
- 1143