

EL CICLO HIDROSOCIAL

**Una propuesta didáctica
desde la historia, la geografía,
las ciencias sociales y la educación
para la ciudadanía**

EL CICLO HIDROSOCIAL

Una propuesta didáctica
desde la historia, la geografía,
las ciencias sociales y la educación
para la ciudadanía

Inmaculada Simón Ruiz / Brandon Aravena Rodríguez

Primera edición: 2021

Centro de Comunicación de las Ciencias | <http://ciencias.uautonoma.cl>

© Universidad Autónoma de Chile

Avenida Pedro de Valdivia 425, Providencia

Santiago, Chile

Dirección editorial: Isidora Sesnic Humeres

Corrección de textos: Gonzalo Muñoz Bravo

Diseño y diagramación: Antonia Sabatini Schiappacasse

Esta publicación –sometida a evaluación de pares externos– forma parte de los resultados del proyecto de investigación Fondecyt Regular N.º 1201309 «Abastecimiento de agua potable e intervención estatal: 1906-1977. Los casos de Iquique, Valparaíso y Talcahuano».

Autorizada su circulación por Resolución N.º 36 del 16 de junio de 2020 de la Dirección Nacional de Fronteras y Límites del Estado.

La edición y la circulación de mapas, cartas geográficas u otros impresos y documentos que se refieran o relacionen con los límites y fronteras de Chile, no comprometen, en modo alguno, al Estado de Chile, de acuerdo con el Art. 2º, letra g) del DFL N.º 83 de 1979 del Ministerio de Relaciones Exteriores.

ISBN versión impresa: 978-956-6109-20-4

ISBN versión digital: 978-956-8454-69-2

Registro de propiedad intelectual: 2020-A-3281



Este material puede ser copiado y redistribuido por cualquier medio o formato, además se puede remezclar, transformar y crear a partir del material siempre y cuando se reconozca adecuadamente la autoría y las contribuciones se difundan bajo la misma licencia del material original.



MÁS UNIVERSIDAD



EL CICLO HIDROSOCIAL

**Una propuesta didáctica
desde la historia, la geografía,
las ciencias sociales y la educación
para la ciudadanía**

Inmaculada Simón Ruiz

Doctora en Geografía e Historia

Brandon Aravena Rodríguez

Profesor de Historia, Geografía y Ciencias Sociales;
licenciado en Educación

Índice

Introducción.....	9
Capítulo I	
El agua en la historia de Chile y de la humanidad: el Antropoceno	13
1.1. Período prehispánico	18
1.2. La etapa colonial.....	22
1.3. La revolución industrial.....	24
Orientaciones didácticas	30
Capítulo II	
El agua en la geografía chilena.....	33
2.1. El agua en el territorio.....	35
2.2. El agua y la sociedad.....	41
Orientaciones didácticas	44
Capítulo III	
Cambios en los usos del suelo y del agua, transformaciones en el clima y sus consecuencias en el ciclo hidrológico	47
3.1. Usos del suelo	49
3.2. Usos del agua: cantidad y calidad.....	52

3.3. Cambios en el clima.....	57
Orientaciones didácticas	59

Capítulo IV

El esquema hidrosocial: consecuencias de la intervención humana en el ciclo del agua.....	61
4.1. El ciclo del agua en zonas áridas y semiáridas	65
4.2. El ciclo hidrosocial en sus diferentes fases.....	68
a. Evaporación.....	68
b. Condensación.....	72
c. Precipitaciones	73
d. Filtración	75
Orientaciones didácticas	79

Capítulo V

La nueva cultura del agua: ¿qué podemos hacer, qué estamos haciendo y por qué debemos actuar?.....	81
Orientaciones didácticas	89

Capítulo VI

Orientaciones didácticas generales.....	91
Pertinencia en el currículum nacional.....	95

Bibliografía.....	101
-------------------	-----

Introducción

Los estudios sobre el agua generalmente se realizan desde las disciplinas más cercanas a las ciencias naturales o la ingeniería, por lo que con frecuencia se nos presentan las dificultades derivadas de su uso; problemas complejos que deben ser resueltos por los especialistas en la materia capaces de implementar mejoras técnicas para resolverlos.

Conscientes de esto y preocupados por el actual estado del recurso, nos damos cuenta de que las ciencias naturales nos han ayudado a conocer en profundidad la materialidad del agua, sus procesos y características, mientras que la tecnología ha sido útil para mejorar su calidad de acuerdo con nuestros intereses, al tiempo que despliega una serie de mecanismos para acercarla a aquellos lugares donde no se da naturalmente. A pesar de ello, vemos que la crisis hídrica se ha instalado en nuestras vidas a nivel planetario y que la tecnología es insuficiente para revertirla. Así, nos interesamos en el estudio histórico del agua con el fin de comprender, en el largo plazo, qué es lo que nos ha llevado hasta esta situación. Las aportaciones de la climatología histórica y de la geografía nos dan la clave para entender los fenómenos naturales asociados al devenir de la historia del agua, desde la aparición del ser humano en la Tierra y la intervención de este en los procesos naturales en beneficio de sus intereses económicos, políticos y sociales, convirtiendo al agua en un recurso productivo. Rastrear la actividad humana en torno al agua y comprender su evolución

nos puede ayudar a entender, en toda su complejidad, la evolución del recurso a lo largo de la historia.

En estas páginas procuraremos explicar el ciclo del agua como un proceso combinado entre lo físico y lo social. Al entrar en juego esto último es inevitable que hablemos de historia porque la interrelación del ser humano con la naturaleza no ha sido igual a lo largo del tiempo y si bien siempre hemos necesitado el agua para vivir, no siempre hemos demandado la misma cantidad, ni la misma calidad, ni la hemos utilizado para las mismas cosas. El agua ha formado parte de la vida de los distintos grupos sociales de muy diferente manera y ha contribuido a sus transformaciones socioeconómicas y por eso que aquí la presentamos –al agua– como un actor.

El agua es un actor social y multidimensional, y su disponibilidad está condicionada por factores sociales y naturales.

El ciclo hidrológico contempla varias fases y características que no se reflejan en los tradicionales esquemas del ciclo natural del agua. La naturaleza se comporta como un sistema en el que todas las partes están integradas.

La intervención en una de ellas afecta irremediablemente a todo el sistema y es esta la razón por la que debemos comprender su funcionamiento de manera global y no sectorial. Por la misma razón es que debemos atender, no solo a los condicionantes físicos, como hace el ciclo natural del agua, sino también a los condicionantes humanos, como hace el ciclo hidrosocial.

Este libro nace por una inquietud surgida tras muchos años de investigación histórica sobre el agua y también por la comprobación de la ausencia de la perspectiva histórica y social en los textos escolares a la hora de explicar el ciclo del agua. Las ciencias sociales han asumido la responsabilidad del estudio del ciclo hidrosocial, pero los resultados de estas investigaciones no se han visto reflejados debidamente en los textos escolares. Tampoco han calado en la sociedad con la magnitud que debieran, tal y como hemos podido constatar tras años de estudios empíricos en aula. Un artículo reciente publicado en la revista *Nature Geoscience* –al que hacemos referencia en la bibliografía– vino a aportarnos los datos precisos sobre la falta del

componente social y la dinámica antrópica en el ciclo del agua. En dicha publicación, una serie de especialistas de diversas disciplinas relacionadas con las ciencias ambientales, revisaron y compararon 464 diagramas sobre el ciclo del agua aparecidos en repositorios y bibliografía especializada a nivel mundial y notaron esta deficiencia. Para ellos, al igual que para nosotros, esta ausencia es incomprensible e insisten en la necesidad de modificar los actuales diagramas del ciclo del agua para subsanarlo bajo la convicción de que, si bien estos no contribuirán a resolver la crisis global del recurso, sí podrán operar simbólicamente en el entendimiento del ciclo y ser un paso adelante en pos de una gobernanza del agua más equitativa y un desarrollo global más sustentable.

Es con esta idea que, desde la perspectiva de la historia, la geografía y las ciencias sociales, presentamos este material que ponemos a disposición de la comunidad escolar y de la ciudadanía en general partiendo de una idea fundamental: **el agua no es un recurso inagotable**. Sin embargo, esta «inagotabilidad» se asume en los diagramas del ciclo natural del agua. Pero qué ocurre cuando, en lugar

de pensar en la oferta de agua, pensamos en la demanda; qué sucede cuando contemplamos la diferencia entre agua dulce y agua salada, cuando analizamos los distintos contextos geográficos y de producción; qué pasa cuando nos ponemos a considerar la contaminación del agua. En resumen, ¿qué ocurre cuando, en vez de ver el ciclo solo desde la oferta y sin tener en cuenta todos estos factores mencionados, lo contemplamos atendiendo, también, a la demanda y a la intervención humana en el ciclo natural?

A esta y a otras preguntas derivadas de ella es a lo que pretendemos responder con el material de trabajo que aquí presentamos.



Si miramos el ciclo desde la demanda y no desde la oferta, la cantidad y calidad del agua disponible para el consumo humano no es, de ninguna manera, inagotable. Por tanto, es fundamental que revisemos nuestra relación con ella en pos de la sostenibilidad del agua como recurso en el espacio y el tiempo.



Finalmente, el texto cuenta con diferentes orientaciones didácticas, presentadas al final de cada capítulo, donde se incluyen algunas sugerencias de actividades para ser adaptadas y desarrolladas con mayor profundidad por los y las docentes de nuestro país. El material está planteado para ser utilizado desde 2° básico hasta 2° medio en las asignaturas de Historia, Geografía y Ciencias Sociales y de Ciencias Naturales por separado y también de manera integral.

Asimismo, al final del texto se integrarán experiencias de aprendizaje enfocadas en el desarrollo de habilidades para el siglo XXI y la aplicación de metodologías como el «Aprendizaje Basado en Proyectos» y los «Problemas Socialmente Relevantes», orientadas a algunas de las nuevas asignaturas de formación general y electivas de 3° y 4° medio vigentes, de modo parcial, desde 2020 en todos los establecimientos educacionales de Chile.

CAPÍTULO I

**El agua en la historia
de Chile y de la humanidad:
el Antropoceno**

Para entender el ciclo hidrosocial es fundamental conocer la historia de las sociedades. Es necesario explicar cómo ha cambiado la relación del ser humano con el agua a lo largo de la historia. Con el fin de ser más didácticos y de adaptar el discurso al currículo escolar, nos centraremos en el espacio delimitado en el marco territorial de la República de Chile en la actualidad. Partiremos de la relación agua/sociedad de los primeros pobladores de norte a sur del país hasta nuestros días, vinculándola, siempre que sea posible, con la historia universal. Todo ello con el fin de no perder el foco de lo global.

En este capítulo, no solo haremos referencia a los usos y los abusos del agua por parte del ser humano, sino también a las mal denominadas «catástrofes naturales» relacionadas con el agua (sequías e inundaciones, principalmente) con el fin de introducir el tema de la prevención de riesgos y explicar el papel y la responsabilidad que nos cabe como sociedad en la conversión de un evento natural en una catástrofe.



«Las narrativas científicas que se construyen a partir del pasado remoto tienen el potencial de convertirse en instrumentos que permiten delinear una opinión pública mejor informada sobre la historia socioambiental de Chile».¹



1 Center for Climate and Resilience Research, «El Antropoceno en Chile: evidencias y formas de avanzar. Informe a las naciones», Universidad de Chile, 2019, p. 8.

 **Antropoceno:**
era geológica actual que se inicia tras el Holoceno y se caracteriza por las transformaciones sufridas en el planeta a partir de la acción humana.

 **Revolución industrial:**
conjunto de transformaciones tecnológicas en el modo de producción de diversos productos derivado de una serie de factores, entre los que destaca la aplicación de diferentes fuentes de energía. La primera revolución industrial se produce a partir de la aplicación de la máquina de vapor en los procesos productivos; la segunda lo hizo a partir de la aplicación del gas, el petróleo y la electricidad. Algunos especialistas, como el economista Jeremy Rifkin, hablan ya de la tercera revolución industrial, cuya base serían las energías renovables.

La intervención humana en el ciclo del agua es lo que nos interesa y por ello aludimos al **Antropoceno**. Hay algo importante con respecto al uso del término y es que no hay coincidencia en señalar cuál es el acontecimiento con que inicia esta era: para algunos comienza con la **revolución industrial** y para otros con la revolución agrícola en el Neolítico. Sin necesidad de aco-gernos forzosamente a ninguna de estas posturas teóricas, explicaremos por qué son importantes estos hitos (revolución agrícola y revolución industrial) para explicar la evolución de la oferta y la demanda de recursos naturales en general y del agua en particular. Por tanto, utilizaremos el término con cautela considerando el momento más remoto (revolución agrícola en el Neolítico) sin dejar de tener en cuenta, eso sí, que la acción humana y sus consecuencias para el medioambiente se incrementan a partir de la revolución industrial y de manera más dramática en la segunda mitad del siglo XX.

El objetivo principal de este capítulo es reflexionar sobre la idea de que, si bien tenemos responsabilidad sobre la actual situación socioambiental, también tenemos la capacidad para revertirla y la obligación de hacerlo. Insistiremos, además, en que para poner en marcha la trans-

formación es necesario que las soluciones sean globales, cuestión a la que volveremos en el capítulo final a modo de conclusión.

Si echamos una mirada al pasado precolombino nos daremos cuenta de que la relación de los habitantes de la región con el agua

siempre ha tenido un denominador común a pesar de la diversidad de las situaciones climatológicas, geográficas y sociales existentes de norte a sur del territorio. Esta relación es de dependencia. Todas las sociedades necesitan del agua para vivir, independientemente de su grado de complejidad y de las posibles diferencias

que podamos encontrar en su manera de relacionarse con ella. Si bien hay una tendencia generalizada a aceptar que esta relación fue armónica y prístina en el período anterior a la revolución industrial, esto no es totalmente cierto. No podemos negar que antes de la industrialización y de los inicios de la urbanización acelerada de las ciudades, la demanda de agua era menor en términos absolutos, pero tampoco podemos obviar que había situaciones en las que la oferta era inferior a las –cada vez más complejas– necesidades de las sociedades que habitaron el actual territorio chileno, y que hubo innumerables conflictos en torno a su acceso y reparto, aun antes de la industrialización.

En el próximo apartado, veremos que la oferta de agua varía mucho de norte a sur, lo que explica que las experiencias históricas hayan sido también diversas. En primer lugar, revisaremos el desarrollo de la relación de las sociedades con el agua antes de la llegada de los españoles; a continuación tomaremos en cuenta los cambios ocurridos desde entonces hasta mediados del siglo XIX, durante un período de predominio extractivista que dio paso al proceso de industrialización y modernización; después conoceremos esos primeros años de modernización e industrialización, comprendidos entre 1860 y 1930, momento a partir del cual se inicia el período desarrollista con el incremento de la intervención del Estado y que dio lugar a la puesta en marcha y ejecución de la gran obra hidráulica y, por último, nos acercaremos al período que se inicia en la década de los setenta del siglo pasado y toma fuerza en los ochenta y noventa, cuando se produce

El objetivo principal de este capítulo es reflexionar sobre la idea de que, si bien tenemos responsabilidad sobre la actual situación socioambiental, también tenemos la capacidad para revertirla y la obligación de hacerlo.

 **Extractivismo:**
proceso de obtención de recursos naturales para su comercialización. El modelo extractivista se basa en la dependencia de un país con respecto a la explotación de uno o varios productos.

 **Neoextractivismo:**
modelo económico que consiste en la intensificación de los procesos de extracción de materia prima destinada a la exportación. Este sistema se instaló en América Latina en la década de los sesenta del siglo pasado y tomó fuerza en los ochenta y noventa.

 **Revolución neolítica:**
lento proceso de transformación de la sociedad que pasa de ser nómada a sedentaria a partir de la adquisición de conocimientos que aplicaron a la agricultura y la ganadería. Se produce en diferentes momentos cronológicos según los contextos. En el continente americano estuvo protagonizado por los pueblos mesoamericanos y andinos.

un resurgir del modelo **extractivista** conocido como **neoextractivismo**, el que se mantiene hasta hoy.

1.1. Período prehispánico

Durante este largo período nos encontramos con una primera etapa en la que hay gran diversidad de maneras de relacionarse con el agua, pero todas las comunidades tienen en común la necesidad de localizarse en las cercanías de cursos de agua o manantiales. Estos primeros pobladores no dudan en desplazarse en busca de alimento y agua de manera estacional o permanente. Se trata de una primera fase en la que no hay apenas intervención en el ciclo natural del agua, la que es utilizada, sobre todo, para el consumo directo.

Después de esta fase surgen las primeras obras humanas de intervención del ciclo con el fin de evitar esos continuos desplazamientos en pos de una vida más sedentaria. Es la etapa de la **revolución neolítica**, durante la cual se realizan las primeras obras hidráulicas destinadas a retener el agua de diversas maneras para asegurar su disponibilidad, además, se construyen canales y acequias para redireccionarla hacia las zonas de cultivo, así como para asegurar el abastecimiento del ganado y las comunidades.

Entre las invenciones tecnológicas para el acopio del agua en lugares de difícil acceso a corrientes superficiales



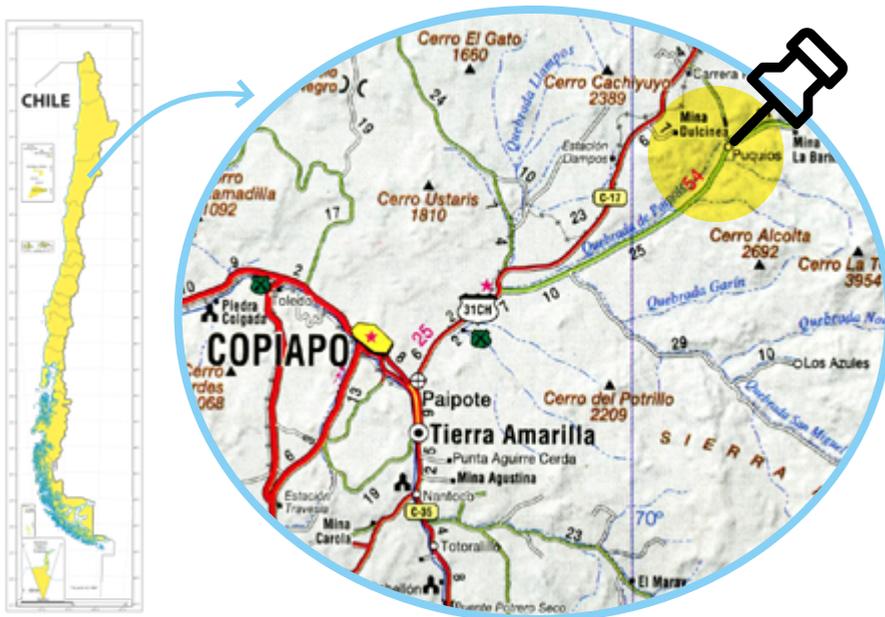
Sistema de cultivo en terrazas. Yacimiento arqueológico de Tipón, Perú.
Fuente: Shutterstock

o manantiales destacan inventos –algunos, incluso, están siendo recuperados en la actualidad– como los atrapanieblas, utilizados en el norte costero para aprovechar la neblina matinal (camanchaca). En el norte de Chile, estos artilugios eran realizados con grupos de piedras que recogían el agua de la niebla y luego se traspasaba a vasijas de barro. En otros lugares, como en México, se hacían mallas tejidas con diversos tipos de fibras entre las que se incluían, en ocasiones, cabellos humanos.

La sedentarización y la revolución agrícola dieron lugar a grandes civilizaciones hidráulicas en Mesopotamia, Egipto, China, Mesoamérica y los Andes centrales. En Sudamérica, una de ellas fue la cultura inca, que logró establecer un complejo entramado de relaciones entre diversas culturas previas y que abarcó toda la zona de los Andes, pasando por el actual norte de Chile hasta llegar al río Maule.

 **Tawantinsuyu:** con este nombre se hace alusión al territorio sobre el que ejercía su dominio el imperio Inca y que llegó a ocupar casi dos millones de kilómetros cuadrados. Su ámbito de influencia llegó hasta el río Maule por el sur y ocupó toda la región andina desde el océano Pacífico hasta la Amazonía, abarcando territorios de los actuales Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y Perú.

Su sistema de acopio y gestión del agua por excelencia fue el de las terrazas hidráulicas comunicadas por una serie de canales y complementadas por la existencia de puquios/aguadas a lo largo del denominado Camino del Inca, que comunicaba a los diferentes integrantes del **Tawantinsuyu** en una red de casi cuarenta mil kilómetros. Este sistema de terrazas o andenes tenía la particularidad de aprovechar al máximo el recurso hídrico, que era recuperado a partir de los puquios y reconducido por medio de canales por los que circulaba el agua que debía regar grandes extensiones de terreno. El sistema se generalizó por todos los territorios del imperio y todavía, en el norte de Chile, quedan reminiscencias de la localización de estos lugares en la toponimia local.



Los lugares con agua debían ser marcados. Algunos de estos aún están vigentes. Localidad de Puquios, Copiapó, Chile. Mapa rutero Chile Tour Coppec 2013.



Puquios construidos por la cultura nazca. Acueductos de Castalloc, Perú. Fuente: Shutterstock

Si bien en este período la relación con la naturaleza era de respeto, incluso, veneración, esto no impidió que, a través de la observación y el conocimiento, se desarrollaran sistemas más o menos sofisticados para la manipulación del entorno en beneficio de la comunidad. Esta relación no evitó, tampoco, que se realizaran prácticas como la quema de bosques –en el centro y sur de Chile se hacía para preparar el suelo para la agricultura–, que atentaban contra el equilibrio natural. Las actividades extractivas en la minería también modificaron el medioambiente y es por eso que se sostiene que, en Chile, el Antropoceno comienza hace al menos tres mil años.²

2 Ibíd, Center for climate... p. 10.

1.2. La etapa colonial

La lógica del imperio español, que vino a sustituir al inca, y que se extendió hasta la frontera del Bío-Bío y más allá era, igualmente, la de obtener beneficios y modificar el entorno para mejorar la productividad y facilitar el acceso a los recursos. No obstante, se observan dos diferencias importantes entre ambos imperios en relación con el tema que nos ocupa:

- > Un mayor desconocimiento, por parte de los conquistadores, de las características geográficas y ambientales de las regiones recién conquistadas y, por ello, más vulnerabilidad ante condiciones ambientales y los fenómenos naturales.
- > El predominio del interés extractivista de los conquistadores priorizaba la explotación de los recursos sin preocuparse por su sostenibilidad.

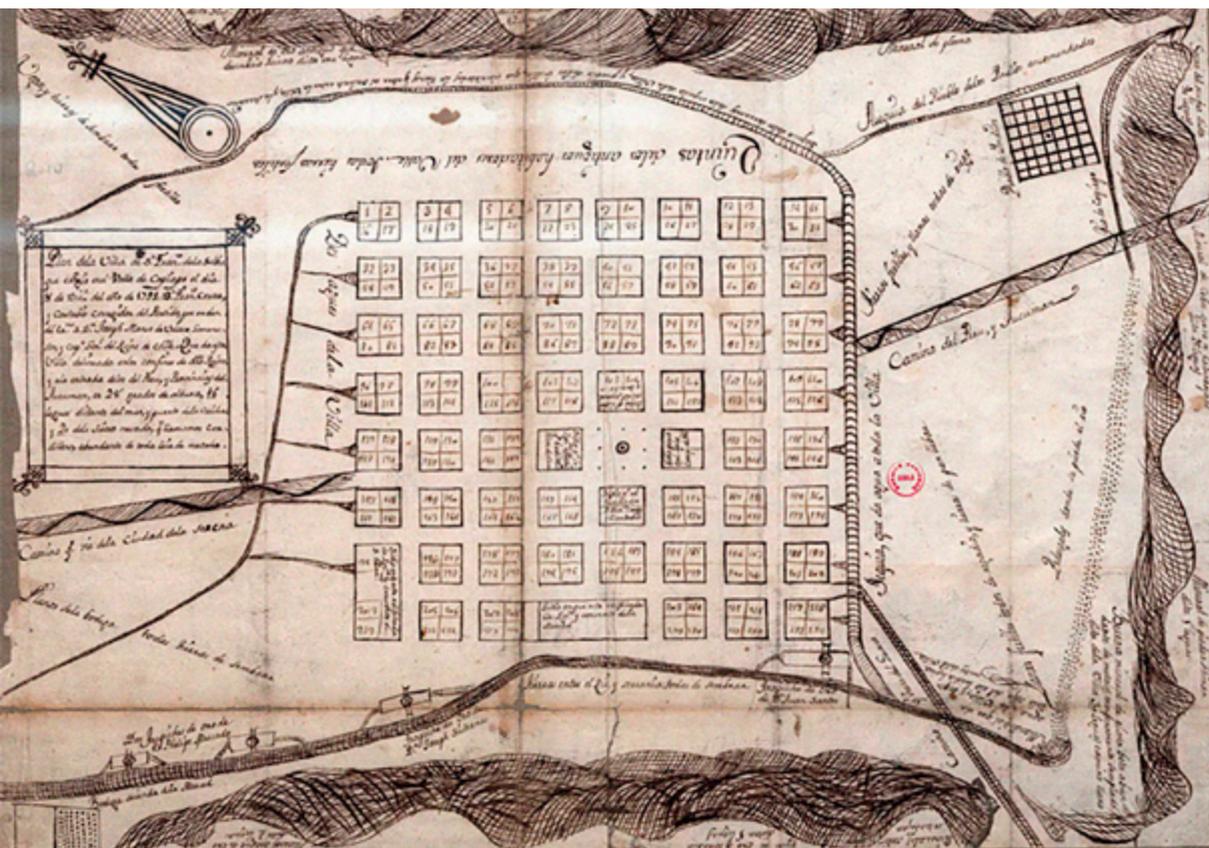
Y no es que durante la Colonia no hubiera leyes regulatorias para la protección de los recursos (por ejemplo, las había para el cuidado de los bosques) sino que la lejanía con la capital del imperio facilitaba el incumplimiento de estas, siguiendo el famoso adagio de «se acata, pero no se cumple».



Ilustración:

movimiento de transformación intelectual, política y cultural que tuvo su esplendor en el siglo XVIII o «siglo de las Luces». Su característica principal fue que persiguió que todas las actividades humanas y el pensamiento estuvieran regidos por la razón para salir del oscurantismo dominante desde la Edad Media.

En esta etapa, con respecto a la intervención humana en el ciclo del agua, hay importantes modificaciones al entorno, concretamente en la capital del antiguo imperio azteca, donde se desecó el lago Texcoco. Para el caso de Chile, las mayores obras de ingeniería realizadas en este período fueron los canales, como el de San Carlos, desarrollados bajo el signo de la **Ilustración**. De este período destaca también el modelo de planta urbana denominado «pueblos huerteros», en donde domina el sistema de acequias que circulaban por las calles trazadas a cordel en torno a una plaza principal (la plaza de Armas), como puede apreciarse en el caso de Copiapó o Santiago, por poner algunos ejemplos.



Nótese que la villa está ubicada en las cercanías del río y que las acequias llegan a todas las viviendas. Fuente: Archivo General de Indias. Plano de la Villa de Copiapó en 1744.

Para el proceso de molienda de cereales y minerales se utilizaron molinos y trapiches hidráulicos y la construcción de pilones para asegurar la fuerza del agua durante todo el año sin tener que depender de la estacionalidad del flujo de los ríos. En esta etapa hubo importantes problemas en torno al acopio del agua y los intereses de agricultores, ganaderos y el sector minero entraron en conflicto con los intereses de las comunidades, pueblos, villas y haciendas.

Si bien los conocimientos sobre el ciclo del agua aumentaron considerablemente y los procesos de utilización del recurso se fueron complejizando, la relación sociedad-naturaleza seguía siendo mística y de supeditación. Así lo refleja el hecho de que una de las estrategias más recurrentes para evitar los efectos de las sequías era la



La iglesia acompañaba el día a día de las villas coloniales. Capilla de San Isidro. Desierto de Atacama. Fuente: Shutterstock.

realización de rogativas «pro lluvia» realizadas con la intermediación de la Iglesia católica.

1.3. La revolución industrial

El inicio de la revolución industrial, derivado de la adopción de la máquina de vapor y de la utilización del carbón como fuente de energía, supuso un cambio igual de importante que los generados a raíz de la revolución agrícola en el Neolítico, pero con consecuencias mucho más radicales para el medioambiente. Esta etapa coincide con el fin del imperio español y con el inicio de la República a partir de la crisis del Antiguo Régimen en Chile.

La aplicación de la máquina de vapor a los transportes y a los procesos de fabricación implicó un aumento generalizado de la demanda de agua, que creció exponencialmente frente a la oferta que siguió

siendo –en el mejor de los casos– la misma que antes. Con la revolución industrial se produjo, además, una disminución en la calidad del agua por efecto de la contaminación provocada por los procesos fabriles y exacerbada por la excesiva concentración poblacional en las ciudades. Poco a poco se fueron ideando sistemas para morigerar los efectos de estos cambios, pero no llegó a plantearse la necesidad de planificar el proceso de modernización de manera sostenible. Es por esto que suele identificarse el inicio del Antropoceno en esta etapa más que en el Neolítico, atendiendo a que, si bien es cierto, que a partir de la revolución neolítica se da inicio a la intervención del ser humano en el ciclo de la naturaleza de manera consciente y sistemática, con la revolución industrial esta intervención se acelera y los cambios se producen de manera mucho más rápida que la propia capacidad del sistema para recuperarse.

Además de la aceleración en el proceso de producción y del aumento exponencial de la demanda de recursos naturales, un cambio significativo fue el incremento de la tala y la quema de bosques, tanto para alimentar la maquinaria de las fábricas y a los medios de transporte (no solo el ferrocarril sino además el barco de vapor), como para favorecer la colonización del centro y sur de Chile a partir de la segunda mitad del siglo XIX. El otro gran cambio fue la contaminación atmosférica por efecto de la combustión generada durante el proceso realizado para la obtención del vapor.

Otro rasgo importante del período industrial es que, por efecto de la división del trabajo, la concentración urbana y la excesiva confianza en el desarrollo tecnológico e industrial, se produjo un distanciamiento entre el ser humano y la naturaleza –lo que, con el tiempo, lo hizo más vulnerable a los fenómenos naturales– y entre el ser humano y el ciclo del agua. Quizás la manifestación más clara de esta separación sea el proceso de modernización del sistema de abastecimiento de agua a los hogares por medio de una red central.

Otro rasgo importante del período industrial es que, por efecto de la división del trabajo, la concentración urbana y la excesiva confianza en el desarrollo tecnológico e industrial, se produjo un distanciamiento entre el ser humano y la naturaleza –lo que, con el tiempo, lo hizo más vulnerable a los fenómenos naturales– y entre el ser humano y el ciclo del agua. Quizás la manifestación más clara de esta separación sea el proceso de modernización del sistema de abastecimiento del agua a los hogares por medio de una red central. Aunque el abastecimiento en red fue un sistema que tardó décadas en instalarse, logró transformar un recurso vital en una **commodity** y establecer mecánicamente que su accesibilidad dependiera del poder adquisitivo y no de la oferta real generada a partir del ciclo natural del agua.



Commodity:
*un bien tangible que
puede comprarse,
venderse o
intercambiarse.*

En el caso de Chile, este cambio de mentalidad se visualiza en el discurso de uno de los personajes más influyentes del siglo XIX en el país, el intendente de Santiago Benjamín Vicuña Mackenna. En la década de 1870, él señalaba que se habían acabado los años de mirar al cielo en espera de que lloviera. Para él, la nueva etapa en la que estaba entrando la humanidad –y Chile con ella– exigía la dominación de la naturaleza en aras de la modernidad y el desarrollo. Para ello, hacía falta emprender grandes obras hidráulicas destinadas a almacenar agua con el fin de poder contar con ella todo el año, sin depender de la climatología y de las condiciones geográficas. Su propuesta de construir embalses con este propósito solo fue superada, en cuanto a intervencionismo en el ciclo del agua, por la irrupción de la electricidad y la construcción de grandes represas para la generación de energía.

Con la electricidad entramos en otra era tecnológica, pero esta, como la energía hidráulica y la generada por la máquina de vapor, necesita de un recurso fundamental: el agua.

De hecho, la energía hidroeléctrica fue muy bien recibida porque era menos contaminante y además dependía de un recurso renovable. Sin embargo, consideramos que esta última afirmación debe ser revisada. En primer lugar, hay que señalar que su



Desde mediados del siglo XIX y a partir de la aparición de la máquina de vapor se aceleraron las invenciones que dieron paso a la modernidad. Fuente: Shutterstock

condición de renovable no necesariamente implica sostenibilidad ni inocuidad. La intervención en el ciclo del agua es una condición indispensable para la producción de energía eléctrica y toda intervención conlleva, necesariamente, consecuencias. En segundo lugar, tampoco su uso es inocuo para el medioambiente en tanto su aplicación en alguna actividad implica que no pueda ser utilizada para otra en las mismas condiciones que tenía antes de su aprovechamiento. Las aguas utilizadas para la generación de electricidad son acopiadas, desviadas y sufren transformaciones en sus condiciones físicas antes de ser devueltas a la naturaleza, lo que modifica su ciclo natural. Por otra parte, no podemos dejar



Primera globalización: período comprendido entre 1870 y 1914 en el que se incrementa de manera exponencial el flujo de capitales, personas y productos a nivel mundial. Si bien Chile no fue uno de los países que más inmigrantes recibió, fue un foco constante de atracción de personas durante todo el período. Su inserción en el comercio y las finanzas estuvo dada, principalmente, por las grandes inversiones de capital extranjero en la industria del salitre y, a partir del siglo XX, del cobre.

No podemos dejar de mencionar algo en apariencia muy simple y que no siempre es atendido como debiera: la renovabilidad del agua depende de las condiciones climáticas y no solo del uso, consuntivo o no consuntivo, que hagamos de ella.

de mencionar algo en apariencia muy simple y que no siempre es atendido como debiera: la renovabilidad del agua depende de las condiciones climáticas y no solo del uso, consuntivo o no consuntivo, que hagamos de ella.

Con el petróleo y la electricidad se da inicio a la segunda revolución industrial y, con ella, a la revolución del concreto que, a partir de la aplicación del hormigón en las construcciones, transformaron intensamente la fisonomía de las ciudades, el paisaje industrial y las comunicaciones, dando paso a lo que la historia económica denomina **primera globalización**.

Como hemos visto hasta ahora, las dos o tres grandes revoluciones (revolución neolítica, revolución industrial y segunda revolución industrial)

han necesitado del agua para producirse y esta necesidad ha ido incrementándose y haciéndose más intensiva.

En la actualidad, el neoextractivismo iniciado en el siglo pasado perjudica la biodiversidad. La excesiva concentración en un producto de exportación condiciona el entorno en el que se encuentra. En Chile

tenemos casos alarmantes como la destrucción de glaciares por la minería, en la zona centro; el acopio de agua por parte de las plantaciones de palto en Petorca; o las madereras en el sur, todas ac-



El agua está presente en el proceso productivo de las principales actividades económicas de Chile. Extracción de cobre en la Región de Coquimbo en Chile. Fuente: Shutterstock

tividades industriales que están poniendo en riesgo el ecosistema y obligando a emigrar a los pequeños agricultores que producían para el mercado local.

ORIENTACIONES DIDÁCTICAS

Nivel: 2° básico

Historia, Geografía y Ciencias Sociales

Objetivo de Aprendizaje (OA) 11: relacionar las principales características geográficas (disponibilidad de agua, temperatura y vegetación) de las zonas habitadas por algunos pueblos originarios de Chile, con los recursos que utilizaron para satisfacer sus necesidades de alimentación, abrigo y vivienda.

Producto: los y las estudiantes deberán escoger una cultura precolombina del norte de Chile y realizar un dibujo que represente la relación de dicha cultura con el agua (ejemplos: terrazas, puquios, recolección de agua de niebla, entre otros).

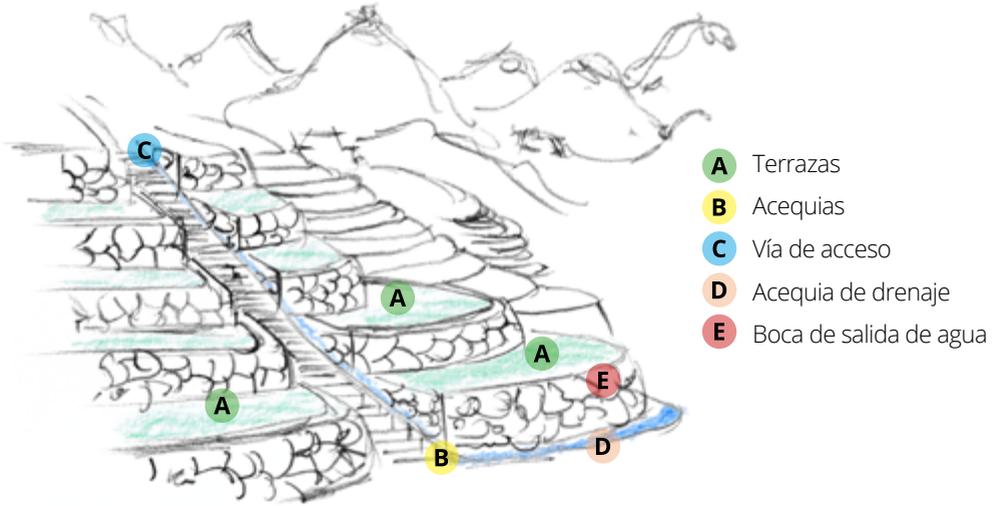
Nivel: 7° básico

Historia, Geografía y Ciencias Sociales

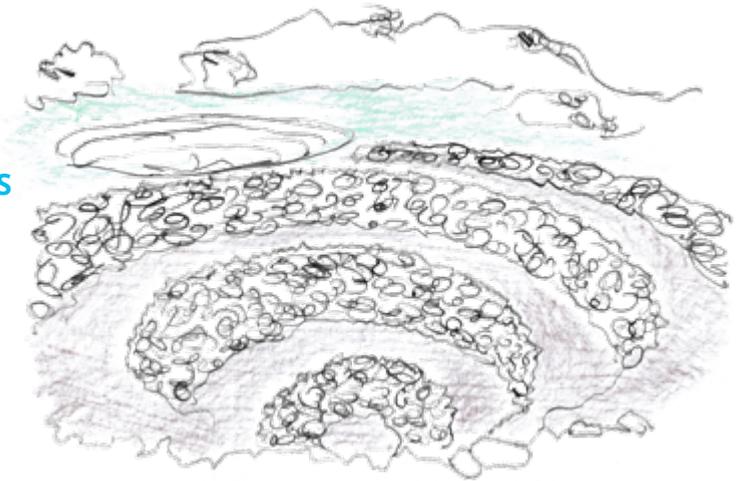
OA 14: caracterizar al imperio Inca y analizar los factores que posibilitaron la dominación y unidad del imperio (por ejemplo, red de caminos y sistema de comunicaciones, sistemas de cultivo, organización social, administración, ejército, mita y yanaconaje, sometimiento de pueblos y lengua oficial, entre otros).

Producto: los y las estudiantes deberán caracterizar dos de los sistemas de irrigación más importantes del imperio Inca: las terrazas y los puquios.

SISTEMA DE CULTIVO EN TERRAZAS



SISTEMA DE PUQUIOS



A partir de estas infografías de terrazas y puquios incas desarrollar una descripción de su funcionamiento guiados/as por las siguientes preguntas:

¿Cómo funcionaban las terrazas y puquios?

¿Qué relación tenían los incas con la naturaleza?

Nivel: 8° básico

Historia, Geografía y Ciencias Sociales

OA 10: explicar la importancia de los mercados americanos en el comercio atlántico de los siglos XVII y XVIII, considerando el monopolio comercial, la exportación de materias primas, las distintas regiones productivas, el tráfico y empleo masivo de mano de obra esclava y el desarrollo de rutas comerciales.

Producto: a partir de la lectura del capítulo I del texto, responder las siguientes preguntas:



¿De qué forma utilizaban el agua en la agricultura y minería colonial?

¿Por qué la relación sociedad-naturaleza, durante la Colonia, era de supeditación?

CAPÍTULO II

**El agua
en la geografía chilena**

En el presente capítulo explicaremos las características geográficas (humanas y físicas) del país y cómo influyen en la cantidad y la calidad de las aguas disponibles.

La idea principal de este apartado es demostrar que, hasta el momento, la demanda de agua no ha estado relacionada con la oferta sino con las necesidades productivas y estratégicas; esto pone en riesgo la continuidad del sistema tal y como lo conocemos, generando crisis que, con frecuencia, denominamos naturales cuando realmente no lo son.

Se insistirá en dos cuestiones relacionadas con la intervención humana en el ciclo del agua: el urbanismo y la gran obra hidráulica (represas, embalses, soterramiento y desviación de cursos de agua).

Se dejará un espacio para hablar de los grandes reservorios de agua: los glaciares y la importancia que tienen a nivel global y para Chile específicamente.

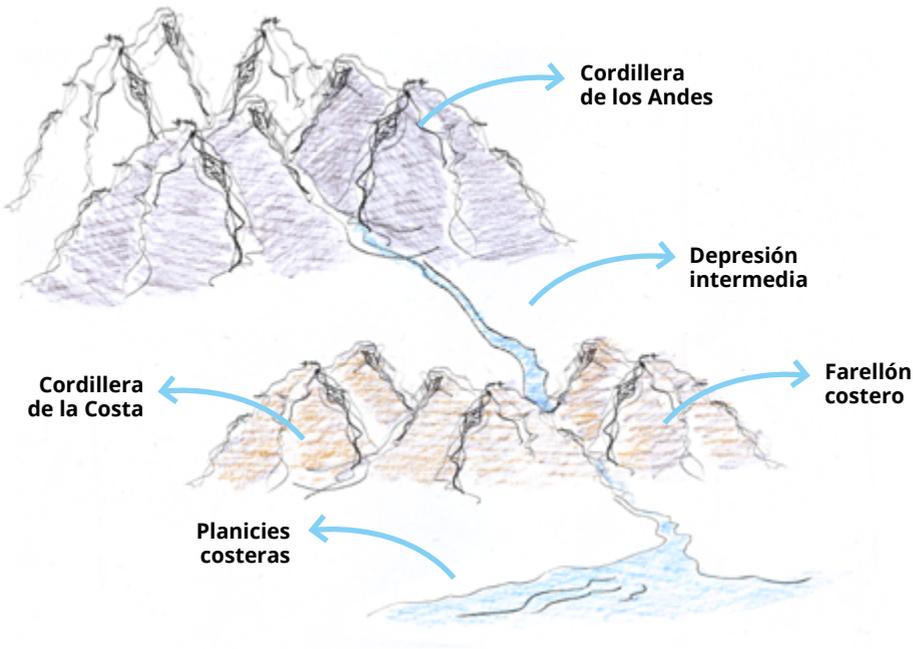
2.1. El agua en el territorio

Chile es un país largo y angosto que al norte limita con Perú, al este con Bolivia y Argentina, al oeste con el océano Pacífico y en el sur se hunde en los fríos mares australes hasta el Polo Sur. Esta aparente desconexión geográfica con el resto del mundo –marcada por la barrera de los Andes y el océano– encierra una situación privilegiada en lo que respecta a las aguas.

De este a oeste, Chile cuenta con tres grandes unidades de relieve: la cordillera de los Andes, la depresión intermedia y la cordillera de la

Costa. También existen algunas que no están presentes a lo largo de todo el territorio nacional, como las planicies litorales, el altiplano y la estepa magallánica. Todo lo anterior hace de Chile un país accidentado, en donde los lugares planos no superan el 20 %, ³ lo que genera que los ríos sean cortos y de gran pendiente.

RELIEVE CHILENO



Las diferentes latitudes del territorio continental generan una diversidad importante de climas, que van desde el desértico hasta el polar. Según el Ministerio del Medio Ambiente, en los climas presentes en Chile se distribuyen 127 ecosistemas (pisos de vegetación) terrestres y 96 ecosistemas marinos. ⁴ Debido a esta heterogeneidad climática, la oferta de agua varía en cada rincón del país.

3 Tercer informe bienal de actualización de Chile sobre el cambio climático. Ministerio del Medio Ambiente, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2018, p. 47.

4 Idem.

Según el sistema de W. Köppen, en Chile es posible reconocer los siguientes climas:

CÁLIDO	Tropical	 Afa	Tropical lluvioso
	SECOS	Áridos	 BWk
 BWk			Árido muy frío
 BWn			Árido con nublados abundantes
Semiáridos		 BSks	Semiárido templado con lluvias invernales
		 BSk's	Semiárido muy frío con lluvias invernales
		 BSn	Semiárido con nublados abundantes
TEMPLADOS	Lluvias en invierno	 Csb	Templado cálido con lluvias invernales
		 Csbn	Templado cálido con lluvias invernales y gran nubosidad
		 Csbn's	Templado cálido con lluvias invernales y gran humedad atmosférica
		 Csc	Templado frío con lluvias invernales
	Lluvias todo el año	 Cfb	Templado lluvioso cálido sin estación seca
		 Cfbs	Templado lluvioso cálido con influencia mediterránea
		 Cfc	Templado lluvioso frío sin estación seca
		 Cfcs	Templado lluvioso frío con influencia mediterránea
FRÍOS	Tundra	 ET	Frío de tundra
		 ETi	Frío de tundra isotérmico
		 ETH	Frío de tundra por altura
	Hielo	 EF	Frío de hielo polar
		 EFH	Frío de hielo por altura

Fuente: Rioseco, Reinaldo y Tesser, Claudio. Cartografía Interactiva de los climas de Chile. Instituto de Geografía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Disponible en <https://bit.ly/2XJ0w9s>



Paisaje de una zona con baja escorrentía.
Desierto de Atacama. Fuente: Shutterstock



Paisaje de una zona con alta escorrentía.
Saltos del Petrohué. Fuente: Shutterstock

 **Escorrentía:**
*el volumen de agua
procedente de las
precipitaciones
que escurre por los
cauces superficiales
y subterráneos.*

La **escorrentía** media total en Chile es de 53 000 m³/habitante/año. Este valor es ocho veces superior al promedio mundial y 26,5 veces al que se considera internacionalmente como el umbral mínimo para el desarrollo sostenible, esto es: 2000 m³/habitante/año. Sin embargo, debido a la diversidad climática de nuestro país, este valor promedio nacional nubla la realidad de algunas zonas áridas y semiáridas al norte de la Región Metropolitana de Santiago, las que mantienen un valor de 800 m³/habitante/año,⁵ mientras que en la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo el valor se eleva a 2 950 168 m³/habitante/año.⁶ Por lo anterior, es normal ver, en nuestro país, paisajes tan variados como el desierto de Atacama o los saltos del Petrohué.

Disponibilidad de agua en Chile (m³/habitante/año)

Escorrentía media total en Chile	Escorrentía media mundial	Umbral mínimo	Norte de la Región Metropolitana de Santiago
53 000	6000	2000	800

⁵ *Informe anual de estadísticas de medio ambiente*, Instituto Nacional de Estadísticas, 2018, p. 50.

⁶ *Atlas del agua Chile 2016*, Ministerio de Obras Públicas y Dirección General de Aguas, 2016, p. 8.



Glaciar Grey. Parque Nacional Torres del Paine. Provincia de Última Esperanza, Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. Fuente: Shutterstock

Otro elemento importante que se encuentra a lo largo de nuestro país son los **glaciares**. Están presentes en las alturas de la cordillera de los Andes, del norte y centro de Chile, y en los campos de hielo de la zona austral. Estas masas de hielo son la principal reserva de agua dulce del mundo por lo que su cuidado es de suma importancia ya que mantienen el balance hídrico y climático de las cuencas, aportan agua para los ríos y lagos, y son la única fuente de recarga de estos en verano y períodos de sequía.⁷ Nuestro país posee la mayor cantidad de glaciares de toda Sudamérica.

Desde el punto de vista hídrico, Chile posee 101 **cuencas hidrográficas** entre superficiales y subterráneas, cada una con su respectiva red de drenaje,⁸ además de 24 114 glaciares⁹ a lo largo



Glaciares:

son masas de hielo que están sobre la superficie de la Tierra; se crean tras la acumulación y compactación de la nieve de las montañas que son de mucha altura y también de las regiones más frías que producen nieve más cercana al nivel del suelo.



Cuencas hidrográficas:

área geográfica cuyas aguas superficiales y subterráneas drenan o vierten a una red hidrográfica común y, finalmente, hacia un curso mayor o principal que desemboca en un lago o en el mar.

⁷ *Todo sobre los glaciares de Chile*. República Glaciar. Revisado el 10 de septiembre de 2019. Disponible en www.republicaglaci.cl.

⁸ *Informe final. Redefinición de la clasificación red hidrográfica a nivel Nacional*, Centro de Información de Recursos Naturales, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Santiago, 2014, p. 7.

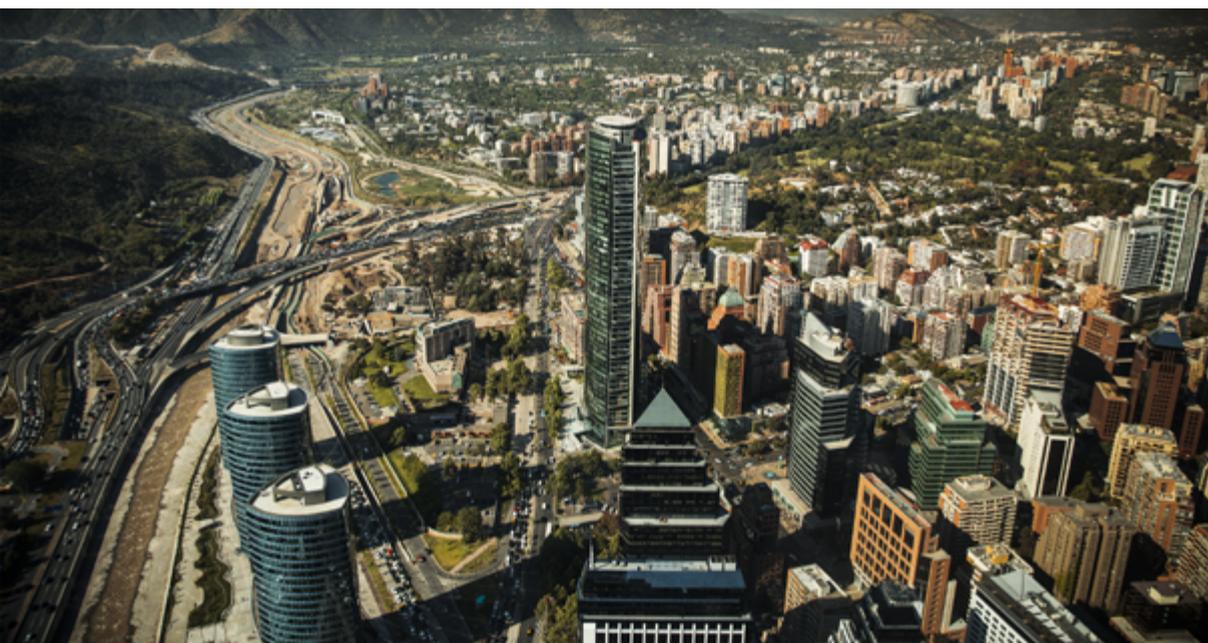
⁹ *Ibíd. Atlas del Agua Chile 2016...*, p. 8.



Río Yerba Loca (tributario del río Mapocho) en la zona cordillerana. Fuente: Shutterstock

 **Macrobioclima:** *unidad tipológica suprema de nuestro sistema de clasificación bioclimática. Se trata de un modelo biofísico ecléctico, delimitado por determinados valores climáticos y vegetacionales, que posee una amplia jurisdicción territorial y que está relacionado con los grandes tipos de climas, de biomas y de regiones biogeográficas que se admiten en la Tierra.*

de las dieciséis regiones del país. Sin embargo, tal cantidad de agua no se distribuye de forma homogénea, por lo que la relación agua-sociedad de cada comunidad es diferente en todo el territorio. Las unidades morfológicas y los **macrobioclimas** dialogan de distinta manera con el recurso hídrico; no obstante, sería un error considerar al medioambiente como el único agente relevante que impacta en las aguas y es aquí donde la sociedad tiene un papel fundamental.



Río Mapocho en zona urbana. Fuente: Shutterstock

2.2. El agua y la sociedad

La población total del país es de 17 574 003 personas¹⁰ según los datos del último censo poblacional de Chile. Sin embargo, este número no se distribuye de forma homogénea a lo largo del territorio nacional y las regiones con mayor cantidad de población son las centrales (Metropolitana de Santiago, Valparaíso y del Biobío).¹¹ Bajo esta misma lógica, las zonas en las que se consume mayor cantidad de agua potable son las tres regiones antes mencionadas.¹² Sin embargo, del total de agua disponible en el país solo un 8 % es utilizada para los servicios de agua potable y saneamiento. La mayor cantidad de uso de aguas se la lleva el sector agropecuario, con un 82 % del total.¹³

10 *Censo de Población y Vivienda 2017*, Instituto Nacional de Estadísticas.

11 *Idem.*

12 *Ibíd. Tercer informe...*, p. 62.

13 *Ibíd. Atlas del Agua Chile 2016...*, p. 8.

 **Conflictos socioambientales:** *disputas entre diversos actores –personas naturales, organizaciones, empresas privadas y el Estado–, manifestadas públicamente y que expresan divergencias de opiniones, posiciones, intereses, reclamos y planteamientos de demandas por la afectación (o potencial afectación) de derechos humanos, derivada del acceso y uso de los recursos naturales, así como por los impactos ambientales de las actividades económicas.*

La creciente urbanización del país y las alarmantes cifras antes señaladas han presionado para que las aguas sean destinadas prioritariamente al consumo humano; sin embargo, la demanda de sectores como la agricultura, la minería, la generación de energía eléctrica y otras actividades –que necesitan agua para su correcta realización– han sido foco de diferentes **conflictos socioambientales** por las aguas. Algunos de los más relevantes son:

- > la destrucción de glaciares del proyecto minero Pascua Lama,
 - > el otorgamiento indiscriminado de derechos de agua en el río Copiapó,
 - > el proyecto hidroeléctrico Alto Maipo, que amenaza el riego del valle del Maipo y el agua potable en Santiago,
 - > el agotamiento de los derechos de agua por parte de la agroindustria en San Pedro de Melipilla,
-
- > la contaminación tóxica de Celco Licancel en el río Mataquito,
 - > el ingreso de la empresa noruega SN Power a territorios indígenas para represar los ríos Llancahue, Quilalelfu, Reyehueico, Carranco, Ragñintuleufu, Lizán y Changlil, y
 - > la pretensión de represar la Patagonia por parte del proyecto Hidroaysén y la empresa Energía Austral.¹⁴

14 *Mapa de conflictos por el agua de Chile*, Coordinadora por la defensa del agua y la vida. Revisado el 19 de septiembre de 2019, disponible en: <http://www.derechoalagua.cl/mapa-de-conflictos>.



El agua es un insumo vital para la minería. Vista aérea del campamento minero de Chuquicamata, Chile. Fuente: Shutterstock



La agricultura es la actividad que más consume agua en Chile. Cultivo de tomates. Fuente: Shutterstock

Además, es importante señalar que los conflictos surgen en un contexto de relativo privilegio hídrico, ya que, como vimos, los datos muestran a Chile como uno de los países más beneficiados por la cantidad de agua presente; sin embargo, la demanda de este recurso no ha estado relacionada con la oferta sino con las necesidades productivas y estratégicas del país. Lo anterior pone en riesgo la continuidad del sistema tal y como lo conocemos

y ha provocado crisis que, con frecuencia, denominamos «naturales» cuando realmente no lo son, ya que, por ejemplo, la actual sequía es producto del cambio climático originado por la humanidad y es necesario integrar esta variable en el ciclo del agua.

En el territorio hidrosocial se integra la dinámica social y política al espacio físico. Mientras los valles y las cuencas geográficas son espacios con fronteras físicas delimitadas, los límites de los territorios hidrosociales no están tan claras y mutan constantemente debido a que el sistema es global y no sectorial: lo que ocurre en un espacio afecta a lo que acontece en otros.

ORIENTACIONES DIDÁCTICAS

Nivel: 6° básico

Historia, Geografía y Ciencias Sociales

OA 11: caracterizar geográficamente las regiones político-administrativas del país, destacando los rasgos físicos (como clima, relieve, hidrografía y vegetación) y humanos (como volumen y distribución de la población y actividades económicas) que les dan unidad.

OA 13: explicar las principales características físicas, humanas y económicas de su región y de su localidad.

Producto: los y las estudiantes deberán realizar un mapa con las fuentes de agua y un mapa de la densidad de población de la región que habitan. Ambos se realizarán en papel diamante, para que puedan sobreponerlos y observar qué relación existe entre la disponibilidad de aguas y la ubicación de la población.

Ciencias Naturales (CN) e Historia, Geografía y Ciencias Sociales (HGCS)

OA 11 (CN): clasificar los recursos naturales energéticos en no renovables y renovables y proponer medidas para el uso responsable de la energía.

OA 26 (HGCS): informarse y opinar sobre temas relevantes y de su interés en el país y el mundo (política, medioambiente, deporte, arte y música, entre otros) por medio de periódicos y tecnologías de la información y comunicaciones (TIC).



La ciudad de Iquique. Región de Tarapacá. Fuente: Shutterstock

Producto: los y las estudiantes deberán buscar información sobre el proyecto hidroeléctrico Alto Maipo (se sugiere utilizar las siguientes páginas web: <http://www.chilesustentable.net/tag/no-alto-maipo/> y <https://www.altomaipo.com/ventajas/>), posterior a esto identificarán las ventajas y desventajas del proyecto para el medioambiente y la población, para luego manifestar su opinión personal sobre la realización del proyecto.

Nivel: 8° básico

Historia, Geografía y Ciencias Sociales

OA 22: aplicar el concepto de desarrollo para analizar diversos aspectos de las regiones en Chile, considerando el índice de desarrollo humano, la diversidad productiva, de intercambio y de consumo, las ventajas comparativas, la inserción en los mercados internacionales y el desarrollo sustentable.

Producto: el curso se divide en grupos y cada uno escoge un conflicto socioambiental por el agua y buscan información como: la región y localidad en donde se realiza, las instituciones involucradas y el impacto social y ambiental. Luego, deberán proponer soluciones al conflicto y realizar un plenario para compartirlas.

CAPÍTULO III

**Cambios en los usos
del suelo y del agua,
transformaciones en el
clima y sus consecuencias
en el ciclo hidrológico**

3.1. Usos del suelo

Los cambios en los usos del suelo generan transformaciones en la cantidad y la calidad del agua que va a la atmósfera (evapotranspiración), la que discurre por el suelo (escorrentía) y la que pasa al subsuelo (filtración).

La **evapotranspiración** depende de varios factores, entre ellos, la radiación solar, la temperatura, la humedad, el viento, la salinidad del agua y el tipo de plantas. Para que el vapor de agua contenido en la atmósfera se transforme en lluvia es necesario que esta alcance su índice de saturación, el que a su vez depende de las temperaturas. A mayor temperatura se necesita mayor cantidad de vapor en la atmósfera para que se produzcan precipitaciones. Es por esto que el calentamiento global generado por el efecto invernadero hace que disminuyan las lluvias.

La intervención social en el ciclo del agua no es actual ni tampoco lo son las variaciones climáticas a lo largo de la historia, pero el cambio climático se ha visto acelerado por la transformación de los usos del agua, el suelo y la contaminación atmosférica; mientras tanto, la temperatura del planeta continúa en ascenso.

 **Evapotranspiración:** pérdida de humedad en la superficie derivada de la evaporación directa y de la transpiración de los seres vivos.

Por otra parte, la sequía y los malos usos del suelo contribuyen al agotamiento de estos, que liberan enormes cantidades de CO₂ hacia la atmósfera afectando la calidad del aire y del vapor de agua. Otros gases que se mezclan en la atmósfera en el proceso de evapotranspiración son los producidos por los seres vivos y por la actividad industrial. Grandes concentraciones de ganado, de población o de actividad fabril generan contaminación ambiental a un ritmo superior a la capacidad del sistema para regenerarse.

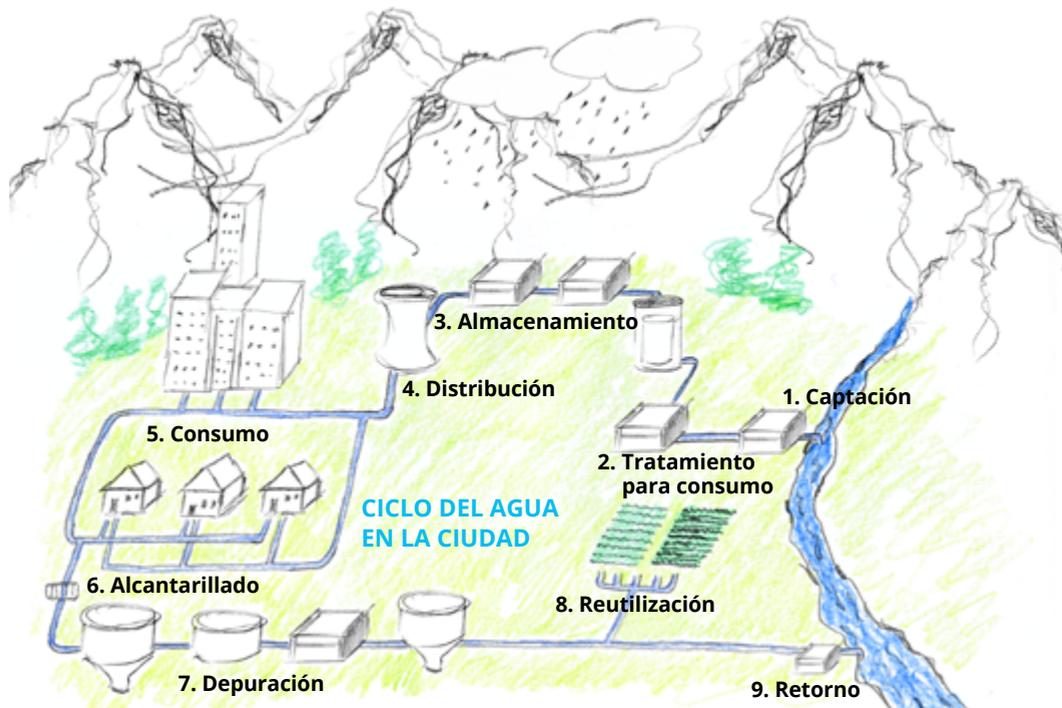
Los suelos deforestados para actividad urbanística o industrial y aquellos que han sustituido la vegetación autóctona por plantaciones industriales ven disminuir su capacidad para retener agua. Así, la escorrentía se acelera y los suelos se resecan.

En relación con la escorrentía, hay que tener en cuenta el tipo de suelo. Si es muy poroso, el agua se filtra a las capas subterráneas y forma manantiales y cursos de agua subterráneos. Otra parte del agua circula por la superficie y se integra al ciclo fluvial de manera natural cuando no encuentra obstáculos

para que así suceda. Los suelos que han sido deforestados para usos agrícolas o industriales pierden su capacidad de retención de agua y esta se filtra rápidamente hasta las capas subterráneas.

El agua de la lluvia que no se incorpora al proceso de evapotranspiración ni a los cursos fluviales se filtra al subsuelo, alimentando los acuíferos, hasta topar con los niveles freáticos que separan la zona húmeda de la seca. Cuando la explotación de los acuíferos es superior al nivel de recarga de la lluvia, el nivel freático baja, lo que dificulta el acceso al agua en la superficie y la descarga hacia lagos, arroyos u océanos. En este sistema, la intervención del ser humano es crucial porque puede ayudar a acelerar o ralentizar los procesos, así como la calidad de estos, dependiendo de la actividad realizada. La única forma de mantener el equilibrio es extraer agua a niveles inferiores o similares a la capacidad de recarga. Cualquier otra forma de explotación amenaza la supervivencia del acuífero.

Pero ¿qué ocurre cuando el agua cae sobre superficies asfaltadas? Las grandes zonas urbanizadas impiden la filtración del agua



caída, que se precipita a gran velocidad al sistema de alcantarillado urbano donde se mezcla con las aguas servidas que, en el mejor de los casos, son depuradas antes de ser enviadas de nuevo al ciclo fluvial o al mar. En Chile conviven varios sistemas de drenaje y alcantarillado en las diferentes ciudades. En aquellas en las que no existe sistema de drenaje o en las que mantienen sistemas unitarios de colección de aguas servidas y aguas de lluvia, se corre el riesgo de que, ante lluvias abundantes, el sistema colapse e

Es importante averiguar cuál es el sistema dominante en las ciudades donde vivimos. Hay ciudades donde no hay sistema de drenaje de aguas lluvia y este se une al del alcantarillado. En otros casos existen dos sistemas separados. La tendencia mundial es a recomendar preferiblemente que se establezcan sistemas unitarios, pero que tengan una buena infraestructura para evitar el colapso en caso de lluvias abundantes.

Esto se debe a que las aguas de lluvia tienen un alto grado de contaminantes y se recomienda la depuración antes de su reutilización o su evacuación hacia los cursos de agua naturales.

inunde parcialmente las ciudades y se produzcan descargas hacia los cursos de agua naturales sin previa descontaminación.

3.2. Usos del agua: cantidad y calidad

Con relación a los usos del agua en Chile, la actual legislación hace una distinción entre usos consuntivos y no consuntivos.

Usos consuntivos	Usos no consuntivos
Actividades relacionadas con el abastecimiento para la población y las actividades ganaderas, agrícolas e industriales.	Actividades relativas a la generación de energía eléctrica.

Si revisamos los no consuntivos veremos que, efectivamente, el agua utilizada para la generación de energía no es consumida en el proceso, ya que se devuelve al sistema tras ser utilizada. No obstante, hay que considerar que, una vez cumplida su misión, no es devuelta en las mismas condiciones en las que fue tomada, lo que afecta al ciclo hidrológico natural. Un ejemplo claro de las alteraciones sufridas por obra hidráulica es el de las hidroeléctricas. Estas centrales no solo hacen uso del agua en perjuicio de antiguos usuarios, sino que, al devolverla, no lo hacen en el punto donde la tomaron ni a la misma temperatura y portan, además, una considerable cantidad de químicos que afectan a la flora y fauna del territorio modificando su ciclo vital.

Otro efecto de las represas es que cambian el ciclo natural de las estaciones. Para su actividad regular, las represas en las que se genera energía hidroeléctrica necesitan el mismo flujo de agua todo el año, razón por la cual embalsan el agua y luego la devuelven al ritmo de las necesidades productivas. De esta manera, afectan el caudal de los ríos y a su ecosistema. Ya hemos señalado que por sus condiciones oro-



La gran obra hidráulica es responsable de cambios en el paisaje y afecta a los ecosistemas ribereños. Fuente: Shutterstock

gráficas buena parte de los ríos en Chile se nutren de las aguas del deshielo cordillerano, y es por ello que a veces circulan torrencialmente y en otras ocasiones apenas llevan agua. Esta regulación natural se ve afectada por la intervención de las represas, las que provocan desequilibrios en el sistema.

Además, normalmente, los ríos llevan nutrientes en su recorrido y tienen, también, efectos de erosión sobre el suelo. Si son intervenidos, el ciclo natural cambia, de manera que, cuando llevan poca fuerza, puede disminuir su capacidad de transportar

El uso no consuntivo no implica que sea inocuo. Por tanto, debe cautelarse y regularse con mucha precisión cualquier intervención sobre el ciclo natural del agua. Los ríos son las venas del sistema; cualquier intervención que sufran genera irremediablemente cambios en este.

nutrientes, o acelerar su potencial efecto de erosión del suelo cuando discurren a gran velocidad producto de las descargas. El mayor o menor caudal incide, también, en los cambios en la temperatura del agua (más caliente en un caudal menor) y en la circulación del oxígeno, lo que termina perjudicando a la fauna y la vegetación circundante. Por otra parte, los cambios arbitrarios en el curso de los ríos provocan pérdidas de llanuras de inundación lo que tiene, sin duda, repercusiones sobre el ecosistema e incluso pueden ser causa de catástrofes cuando se han construido viviendas sobre dichos terrenos.

La obra hidráulica modifica el curso de los ríos y afecta directamente al territorio que debían recorrer, sobre todo a las desembocaduras. Cuando los ríos son intervenidos y sus caudales disminuyen, dejan de cumplir funciones fundamentales como la de asegurar el mantenimiento de los nutrientes (fitoplancton) y también la seguridad de las costas. En la actualidad, dos tercios de los ríos más grandes en el mundo están intervenidos con decenas de miles de embalses, represas, diques, entre otros, que jalonan los cursos de agua y dificultan su desembocadura de manera natural.

En cuanto a los usos consuntivos, es alarmante la cantidad de agua que demanda la agricultura de riego. En Chile ronda el 75 % del agua consumida. La intervención en el sistema hídrico para la satisfacción de los intereses de la agricultura no está relacionada con la capacidad de recarga de los acuíferos ni con las condiciones climatológicas del país. De norte a sur de la República, a lo largo de la historia, se ha favorecido el desarrollo de la agricultura y la explotación de especies no autóctonas en cantidades industriales. Como mencionamos en capítulos anteriores, esto se realiza desde la época precolombina, cuando los incas crearon los primeros oasis artificiales a lo largo del camino del inca; continuó a finales del siglo XVII con la explotación del trigo en los valles centrales para el mercado peruano y con la creación de importantes asentamientos en torno a la minería colonial y decimonónica; se intensificó en el sur, con la deforestación de grandes extensiones de terreno para la colonización a partir de la introducción de ganado y especies foráneas a fines del siglo XIX; y se mantiene en nuestros días, con las grandes unidades de producción agrícola destinadas a la exportación y la producción industrial agrícola y ganadera.

Además de la agropecuaria, otra actividad que demanda grandes cantidades de agua y de manera creciente es la minería. Desde la etapa colonial se instauró un sistema que daba grandes privilegios a este sector para su abastecimiento hídrico bajo la consideración de que la explotación minera era primordial para la Corona. La excesiva dependencia económica con respecto a

las actividades extractivas en Chile en la etapa colonial no fue disminuida durante los primeros años de la República, sino que se recrudeció con las explotaciones del guano y el salitre tras la guerra del Pacífico y con el cobre después. En la actualidad, nuevos hallazgos, como el litio, amenazan al sistema hídrico en su conjunto hasta el punto de que se ha atentado contra espacios protegidos e, incluso, contra los glaciares. Investigaciones recientes han puesto en evidencia cómo la actividad minera ha intervenido en glaciares rocosos afectando así a un importante reservorio de agua. Los glaciares más perjudicados hasta el momento han sido los localizados entre las regiones de Coquimbo y del Libertador General Bernardo O'Higgins, aquejadas hoy por una lacerante sequía.

Por otra parte, el consumo humano se presenta como otro factor que interviene dramáticamente en el ciclo hidrológico. A lo largo de Chile, y desde la etapa precolombina a la actualidad, los asentamientos humanos han ido en aumento e incrementando la densidad de población de manera insostenible. Si bien las primeras instalaciones se realizaban en las inmediaciones de cursos de agua para facilitar el acceso al recurso, poco a poco, a partir del desarrollo de las comunicaciones e impulsados por la necesidad de explotar otros recursos para satisfacer el desarrollo económico e industrial, los centros de población se fueron ubicando en lugares en los que la disponibilidad de agua no aseguraba la supervivencia de una población en

En cuanto a los usos consuntivos, es alarmante la cantidad de agua que demanda la agricultura de riego. En Chile ronda el 75 % del agua consumida. La intervención en el sistema hídrico para la satisfacción de los intereses de la agricultura no está relacionada con la capacidad de recarga de los acuíferos ni con las condiciones climatológicas del país.



Paradigma

higiénico sanitario: conjunto de conocimientos, creencias y normativas derivadas de ellos, en torno a la relación entre higiene y salud, que se desarrolla a lo largo del siglo XIX. A partir de su introducción comienzan a verse los temas de salud e higiene como un asunto público (no privado).

continuo crecimiento. Ciudades como Iquique, en el norte, o Valparaíso, en el centro, crecieron para favorecer el desarrollo comercial sin tener en cuenta las condiciones medioambientales ni el acceso al agua. Tanto es así que, durante décadas, Iquique se abasteció de agua a partir de buques cisterna que la transportaban desde Arica. El sistema de modernización del abastecimiento en red complejizó el proceso e hizo que la población fuera cada vez más dependiente para la obtención de este recurso vital.

La separación con respecto a las fuentes de abastecimiento nos hizo perder el sentido de la realidad, nos acostumbramos a tener acceso al agua en lugares donde nunca la hubo y, poco a poco, fueron aumentando las exigencias en cuanto a cantidad y calidad. Sobre todo, a partir de la introducción del **paradigma higiénico sanitario** durante el siglo XIX, que vino a establecer la relación entre salud, pureza del agua e higiene.

Con el tiempo, ha ido creciendo exponencialmente la demanda de agua, mientras que la oferta disminuye en términos relativos y absolutos en cantidad y en calidad. El ciclo del agua, por tanto, no es un círculo continuo; el acceso al agua no es igual para todos, sino que queda mediatizado por lo social y lo ambiental.

En la actualidad, el acceso al sistema de abastecimiento en red tiene una amplia cobertura urbana, pero aún la población rural carece de un sistema adecuado y depende –con demasiada frecuencia– de un abastecimiento obsoleto y muy caro, ya que se surten a través de camiones aljibe que transportan el agua desde lugares lejanos, aumentando con ello la huella hídrica del agua consumida.

3.3. Cambios en el clima

Las modificaciones en los usos del suelo y el agua contribuyen a la generación de climas extremos e intensificación del ciclo hidrológico, lo que se manifiesta con inundaciones y sequías. En Chile estamos viendo las consecuencias del cambio climático acelerado por el aumento de la emisión de gases con efecto invernadero. Si bien es aceptado que los cambios en el clima han sido recurrentes en la historia geológica de la Tierra, también lo es que hemos contribuido con varias acciones al calentamiento global, entre las que se encuentran las múltiples intervenciones incontroladas en el ciclo hidrológico que ya hemos mencionado. Estas acciones no solo colaboran en la aceleración de los cambios, sino que además favorecen el aumento de la vulnerabilidad del sistema y con él la de los seres humanos.

El acrecentamiento paulatino de las temperaturas implica la disminución de las precipitaciones. Son varios años ya en los que se ha repetido esta mengua que afecta no solo a las regiones áridas o semiáridas sino también al centro y al sur del país. La falta de precipitaciones hace que contemos con menos recursos hídricos para el desarrollo de las actividades económicas y de supervivencia, y que busquemos fuentes alternativas de abastecimiento. Así, se está produciendo la sobreexplotación de aguas subterráneas, el trasvase de recursos a través de canalizaciones o la desalinización del agua marina; también se está tendiendo a suplir con camiones aljibe las deficiencias en el abastecimiento y un largo etcétera de propuestas que, si bien pueden ser suficientes como medidas provisionales ante situaciones críticas, no lo son si pensamos en su proyección en el tiempo, puesto que no contribuyen a recuperar o sanear el ciclo del agua sino que, por el contrario, a la disminución de agua útil para el consumo humano.

Otro efecto derivado del cambio climático es el del aumento relativo de precipitaciones con temperaturas elevadas. Cuando este fenómeno ocurre, aumenta el caudal de los ríos, lo que puede generar importantes crecidas, aluviones e inundaciones que, según los contextos en los que se produzcan, podrían devenir en desastres.

Por otra parte, el incremento de la temperatura y la intermitencia del caudal de los cursos superficiales de agua genera, también,

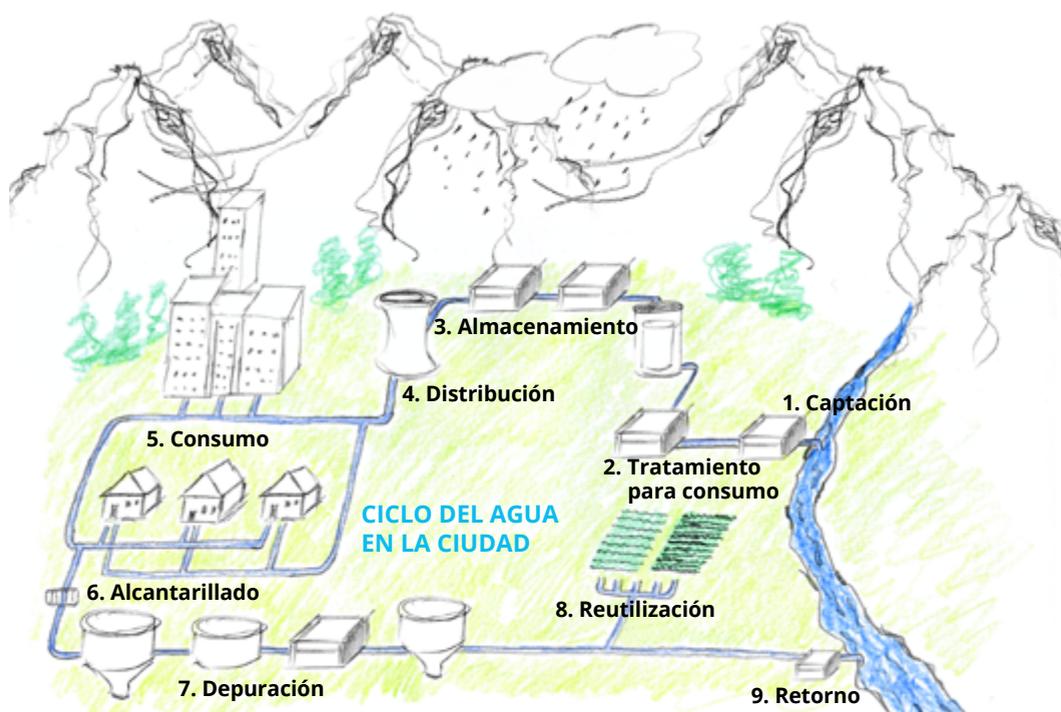


Permafrost:

es la capa de suelo congelado que ocupa las zonas más frías del planeta, como Alaska o Siberia. En Chile se encuentra de manera abundante en la cordillera de los Andes, en el espacio comprendido entre las regiones de Coquimbo y del Libertador General Bernardo O'Higgins. Esta capa de hielo contiene grandes cantidades de metano y dióxido de carbono. El calentamiento global del planeta puede contribuir a que se descongele y libere estos gases, que irían automáticamente a la atmósfera y contribuirían a incrementar el efecto invernadero.

descargas de capas de hielo, glaciares y **permafrost** que provocan el aumento del nivel del mar y una mayor entrada de salinidad. Todo esto influye, a su vez, en la alteración de las corrientes oceánicas y sus conexiones con el clima terrestre.

ORIENTACIONES DIDÁCTICAS



Nivel: 2º básico

Ciencias Naturales

OA 11: describir el ciclo del agua en la naturaleza, reconociendo que es un recurso preciado y proponiendo acciones cotidianas para su cuidado.

Producto: los y las estudiantes observan la imagen del ciclo hidrosocial del agua y responden las siguientes preguntas:

¿De qué lugar se obtiene el agua que utilizamos?



Efectos de la sequía. Fuente: Shutterstock

¿En qué fase el agua llega a nuestros hogares?

¿Por cuántas fases pasa el agua antes de llegar a nuestras casas?

Nivel: 4° básico

Ciencias Naturales

OA 1: reconocer, por medio de la exploración, que un ecosistema está compuesto por elementos vivos (animales, plantas, etc.) y no vivos (piedras, aguas, tierra, etc.) que interactúan entre sí.

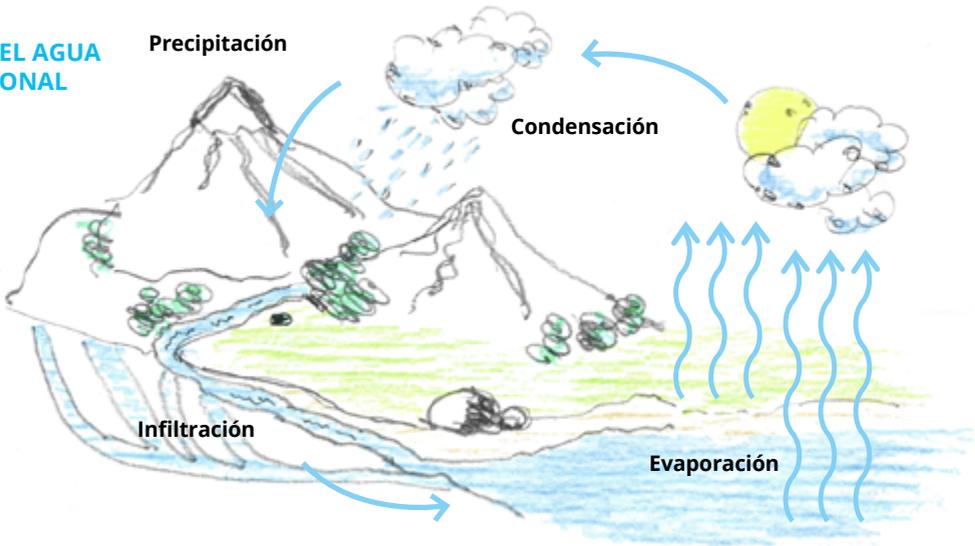
Producto: en la imagen de arriba de un ecosistema afectado por la sequía, los y las estudiantes deberán identificar los factores bióticos y abióticos. Posterior a esto, responderán la siguiente pregunta:

¿Cómo afecta la sequía al ecosistema de la imagen anterior?

CAPÍTULO IV

**El esquema hidrosocial:
consecuencias de la
intervención humana
en el ciclo del agua**

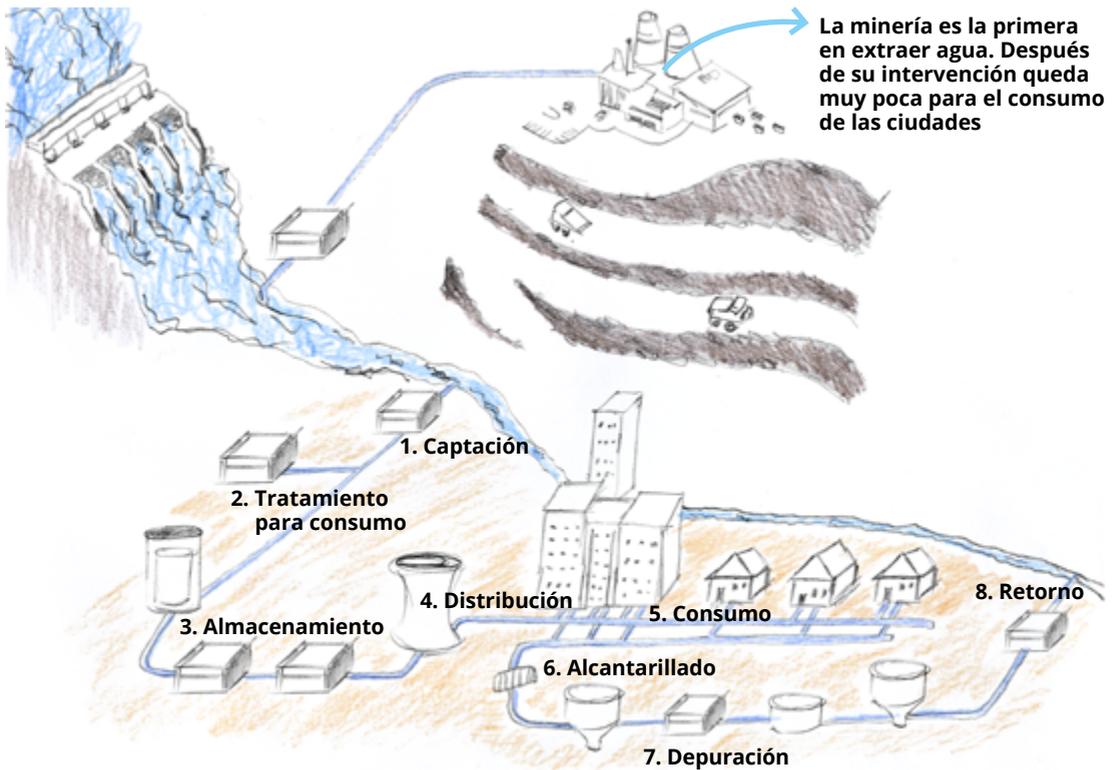
CICLO DEL AGUA TRADICIONAL



Ya describimos las actividades humanas que intervienen y han intervenido en el ciclo del agua a lo largo de la historia en el territorio de la actual república de Chile. Ahora revisaremos el esquema clásico del ciclo del agua, ese que todos y todas conocemos.

En dicho esquema se refleja el ciclo natural del agua en un valle prototípico en el que se nos muestra, casi siempre a color, un espacio por el que corre un caudaloso río azul. Podemos seguir el recorrido de ese río, desde su nacimiento, en unas altas montañas nevadas, hasta su desembocadura en un mar u océano, igualmente azul, desde el que se vislumbra la evaporación del agua por efecto del calor del sol. El agua se condensa en forma de nubes que descargan sus aguas sobre un valle siempre verde y sobre el río, nuevamente, que recibe también aguas procedentes del deshielo en unas altas montañas siempre cubiertas de nieve en su cima. Parte de estas aguas se filtran al subsuelo, desde donde, tras su recorrido subterráneo, se dirigen hacia los lagos o el mar. Atendiendo a este esquema, el agua aparece como un recurso inagotable que se produce en un ciclo sin fin, en un entorno paradisíaco que se muestra inalterable e inalterado, porque no se vislumbra en él ningún vestigio de vida o de actividad humana o industrial.

Esa es la imagen con la que hemos aprendido la mayoría de nosotros/as el ciclo del agua y ese es el cuadro que se sigue reproduciendo en manuales escolares y en internet. Pero, lamentablemente, ese esquema es un producto ideal diseñado para explicar los diferentes estados del agua y su circulación en la atmósfera, en el que no se tiene en cuenta la diversidad de situaciones geográficas y ambientales, ni tampoco las actividades humanas que intervienen e interfieren en cada una de las fases del mencionado ciclo.



Presentaremos aquí el diagrama del ciclo del agua en otro contexto, más allá del idílico valle al que estamos acostumbrados a ver en los textos escolares. Ya observamos cómo funciona el ciclo del agua en un escenario urbano (capítulo III). Es absolutamente relevante pensar en ello si consideramos cuál es la proporción de habitantes en las ciudades con respecto a los que viven en entornos rurales.¹⁵ Además, en la imagen del capítulo anterior se recreaba la situación de una ciudad en la que llueve. ¿Cómo sería el esquema de una ciudad en un contexto árido o semiárido? ¿Cómo se vería el esquema si añadiéramos, a la fase del consumo en los hogares, otras fases de consumo como las de las industrias, la agricultura, la limpieza y riego de jardines, las piscinas, etc.?

15 En la actualidad, la población urbana supera el 86 % y según datos del INE se prevé que para 2035 rondará el 90 %.



Durante el año, el río Copiapó, en su paso por la ciudad, apenas lleva agua.
Fuente: archivo personal de la autora, Dra. Inmaculada Simón.

4.1 El ciclo del agua en zonas áridas y semiáridas

Como vimos en el capítulo II, la diversidad climática de Chile es tan amplia como su territorio. Tenemos zonas desérticas, donde no llueve nunca, y zonas semidesérticas en las que las precipitaciones se producen de manera muy esporádica. En este contexto, el ciclo del agua no puede representarse a la manera clásica. Aquí, los escasos ríos se alimentan de manera diversa y son pocos los que logran desembocar en el mar.

Existen tres tipos de cuencas: endorreicas, exorreicas y arreicas. En las cuencas exorreicas, que son las más abundantes en Chile, vemos que algunos de los ríos que deberían llegar al mar, como es el caso del río Copiapó, raramente lo hacen. Si bien se trata de un fenómeno que viene repitiéndose desde hace varios siglos, en la actualidad no es que el río ya no tenga agua en su cauce bajo, sino que carece de ella a lo largo de prácticamente todo su curso. Esto es así porque las aguas del Copiapó son intervenidas poco después de recibir a sus tributarios –el Manflas y el Pulido– en el embalse Lautaro, el cual se encarga de redistribuirlas entre los propietarios de los derechos de agua. De hecho, los derechos de agua del río Copiapó han sido vendidos por

 **Caudal ecológico:** denominado también caudal mínimo, se refiere a la cantidad de agua que debe tener un río para que sea posible que sus funciones ambientales y la flora y la fauna se desarrollen con normalidad.

encima de su capacidad y, por supuesto, por encima del caudal mínimo o **caudal ecológico**, cuestión que está siendo revisada en el Congreso. Además, debido a las condiciones del embalse, buena parte de las aguas que se acumulan terminan filtrándose, lo que resulta especialmente dramático en un contexto como el del desierto de Atacama. Por todas estas razones, en la actualidad, el lecho del río permanece seco todo el año.

Otro tipo de cuencas son las endorreicas. Son aquellas que no tienen salida al mar porque desembocan, o bien en lagunas, o bien en salares u otros ríos, como el lago Chungará o el salar de Atacama. Finalmente, las cuencas arreicas carecen de cursos superficiales y el agua se evapora o se filtra, constituyendo una importante fuente para la reposición de las napas subterráneas. El problema es que, dada la escasez de lluvias en la Región de Atacama, la reposición se produce muy lentamente y es por ello que se recomienda no utilizar agua en cantidades superiores a la capacidad de recarga de las napas, para no correr el riesgo de terminar secándolas.

Otro fenómeno que se repite con bastante frecuencia en nuestro territorio es el de las inundaciones y aluviones. Algunos cursos de agua se nutren, en parte, de surgencias de las napas subterráneas

y de quebradas que aportan agua al curso principal con el deshielo. Esta característica los hace especialmente vulnerables a sufrir crecidas periódicas, que pueden tener consecuencias dramáticas cuando coinciden con lluvias torrenciales, como la de 2015, en el norte de Chile, que provocó el desbordamiento del río Copiapó. La memoria de los

La memoria de los ríos es más rica que la de las personas y por ello, cuando aumentan las precipitaciones, el agua recupera su antiguo cauce sin tener en cuenta si la zona ha sido urbanizada o no, lo que produce anegamientos y generalmente tiene consecuencias catastróficas.



Inundación en Paipote. Copyright© Colección Museo Histórico Nacional

ríos es más rica que la de las personas y por ello, cuando aumentan las precipitaciones, el agua recupera su antiguo cauce sin tener en cuenta si la zona ha sido urbanizada o no, lo que produce anegamientos y generalmente tiene consecuencias catastróficas.

Para el caso de Copiapó, desde el siglo XIX, tenemos registro de varias inundaciones asociadas al fenómeno de El Niño: 1827, 1833, 1835, 1848, 1877 y 1888. Para los siglos anteriores es más complicado identificar los datos porque no se hacían registros sistemáticos, pero sabemos que desde antes de la llegada de los españoles la población autóctona sacaba provecho de estas inundaciones que fertilizaban la tierra dando, posteriormente, cosechas de recursos tan importantes como la brea. Las lluvias torrenciales no se producen todos los años, incluso, pueden pasar décadas en las que no sucedan o no tengan consecuencias catastróficas, pero los estudios de la climatología histórica y los archivos, así como las hemerotecas, son testigos de que la recurrencia es mayor a lo que se refleja en los medios cada vez que ocurre un evento de estas características.

La intervención social en el ciclo del agua tiene consecuencias tan negativas como las inundaciones. Fenómenos naturales, como las lluvias torrenciales, pueden colaborar a crear situaciones catastróficas, pero estas solo se dan cuando vienen acompañadas de la pérdida de la memoria histórica y la falta de planificación en el crecimiento de las ciudades. Esta es la razón que nos lleva a afirmar que desastres como estos no pueden denominarse naturales. Se trata de desastres contruidos socialmente y, desgraciadamente, nada asegura que no vuelvan a repetirse si no se dispone de los recursos necesarios para evitarlos.

La memoria del agua persiste y también se da en los caminos de agua realizados por el ser humano. Tomemos de nuevo el caso de Copiapó como ejemplo y la última inundación, la de 2015. En los testimonios de los vecinos y vecinas que sufrieron las consecuencias de la descomunal crecida del río, está el recuerdo de que el agua comenzó a salir del suelo. Al reconstruir lo dañado se descubrió que las casas habían sido edificadas sobre las antiguas acequias que recorrían la ciudad colonial. Al crecer el río, sus aguas recuperaron estos cauces artificiales con las consecuencias ya relatadas.

4.2. El ciclo hidrosocial en sus diferentes fases

a. Evaporación

La fase de la evaporación depende, como queda reflejado en los diagramas clásicos del ciclo del agua, de las masas de agua y de la cantidad de radiación solar, pero también de la temperatura, la humedad y el viento. La evapotranspiración incluye, además, la transpiración de los seres vivos –animales y plantas–, que se mezcla en la atmósfera con el agua que se evapora desde el suelo y las corrientes de agua.

**Antiguo cauce de río
seco por consecuencia
de represas y embalses**

**La tala de árboles deja
suelos sin capacidad de
retención de agua**

**Captación de agua para
riego impide que esta
llegue a las ciudades**

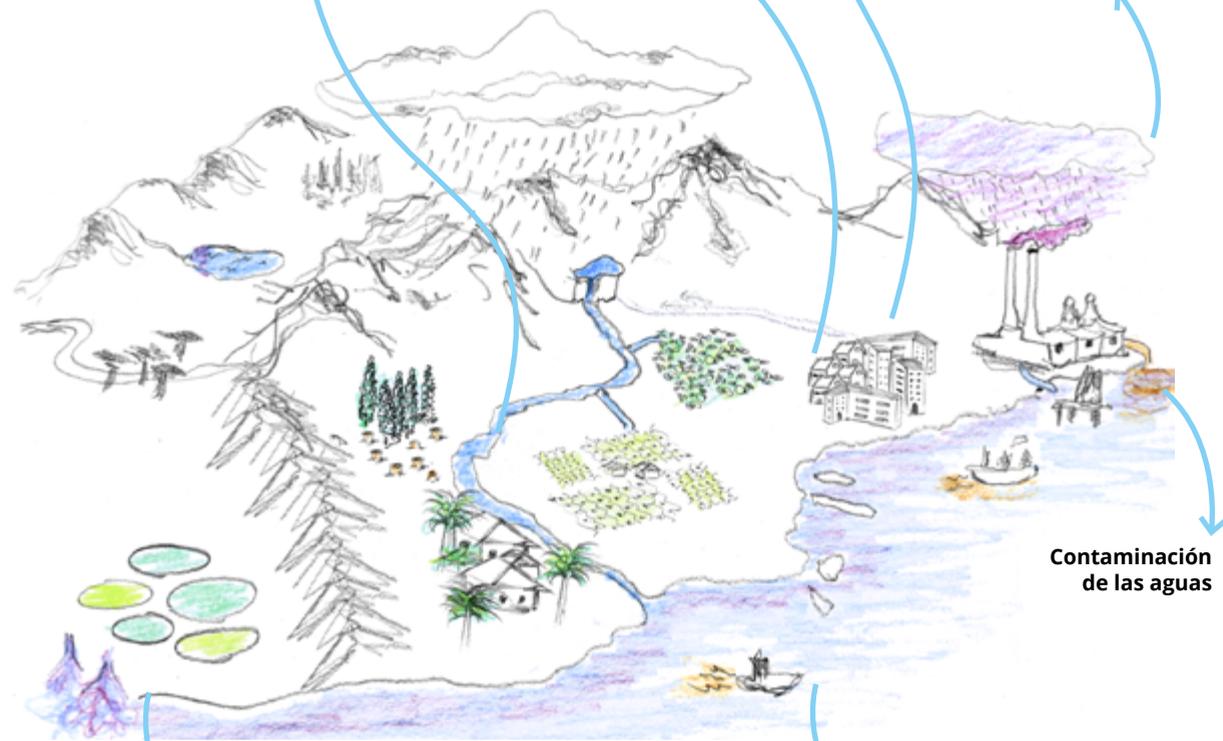
**Gases contaminantes
se mezclan y se
acumulan en las nubes**

**Contaminación
de las aguas**

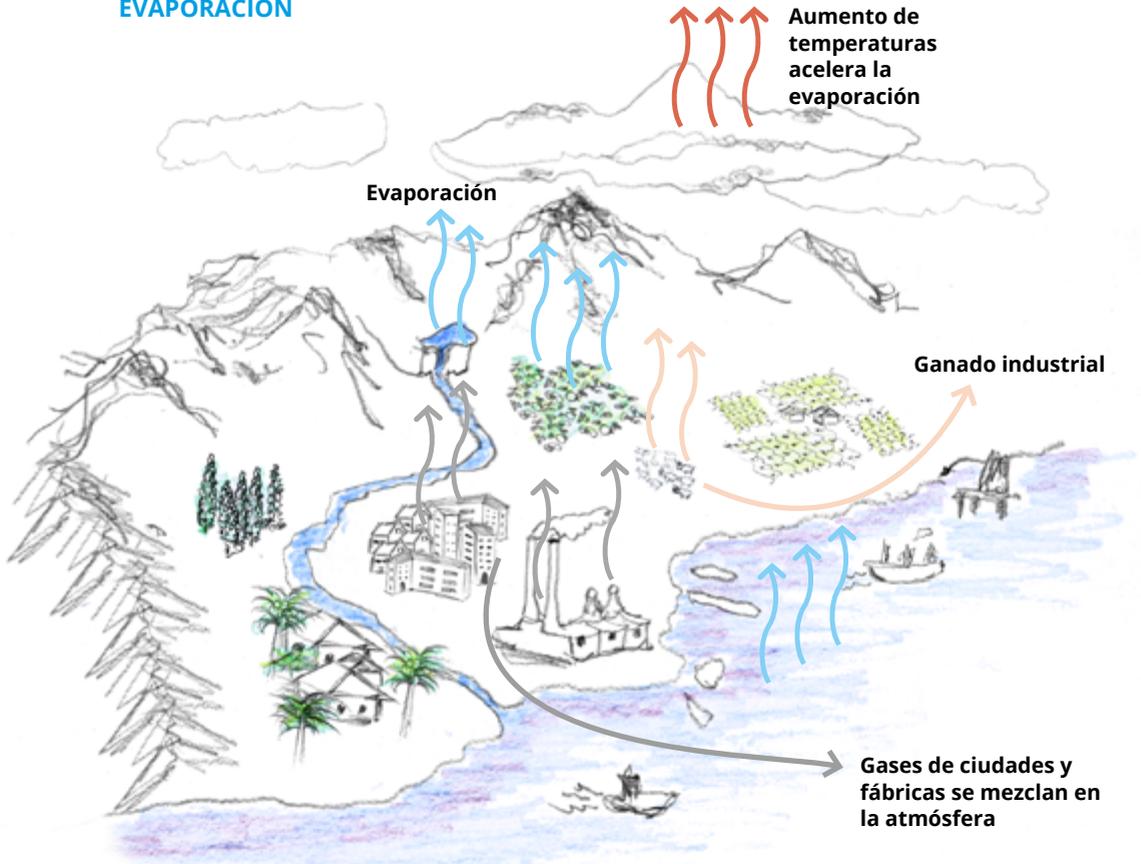
**Agua contaminada
se filtra al subsuelo**

**Agua extraída
no se repone a la
misma velocidad
que el consumo**

**Contaminación
de las aguas**



EVAPORACIÓN



En el diagrama del ciclo hidrosocial se hace necesario considerar que la intervención humana tiene injerencia tanto en la cantidad como en la calidad del agua que se evapora. Un factor importante que debe quedar claro es que el aumento de las temperaturas favorece la evaporación y que, por tanto, el incremento de estas por el efecto invernadero genera que el agua permanezca menos tiempo en la superficie y no cumpla sus funciones nutrientes en el suelo.

Por otra parte, la humedad del suelo se ve condicionada también por la cantidad de superficie asfaltada. Ya hemos visto cómo el agua caída sobre el asfalto termina mezclándose con las aguas servidas en el sistema de alcantarillado o, en el mejor de los casos, siendo recolectada para su reciclado. Sea como sea, el agua caída en las superficies urbanizadas no se devuelve a la atmósfera con tanta facilidad como se percibe en los diagramas clásicos.

Además, el tipo de suelo y los usos a los que se destina condicionan igualmente la cantidad de agua superficial retenida. La deforestación con fines industriales da como resultado suelos con menor capacidad de retención del agua. El agua de lluvia cae y, al encontrar apenas vegetación, percola o circula a gran velocidad por la superficie sin tener tiempo para aportar nutrientes al suelo hasta llegar al mar.

También, es necesario hacer una distinción importante que no suele aparecer en el diagrama clásico. Debemos diferenciar con claridad la cantidad de agua salada frente a la de agua dulce disponible. Así, la circulación de masas de agua salina (96,5 %) y dulce (3,5 %) en la Tierra debe quedar clara porque, si bien esta diferenciación no afecta al ciclo natural, sí lo hace al ciclo hidrosocial puesto que, al no ser apta para el consumo humano, no queda disponible como recurso a menos que sea tratada previamente, con el consiguiente deterioro ambiental que genera el proceso.

Por último, en el ciclo hidrosocial será necesario mostrar que, aunque durante la evaporación se produce un proceso de destilación natural que colabora a que el agua se libere de sales y otros compuestos, esto no evita que esta se enturbie al mezclarse con una atmósfera contaminada, afectando así la calidad del agua que se condensa antes de precipitarse nuevamente sobre la superficie.



En el diagrama del ciclo hidrosocial se hace necesario considerar que la intervención humana tiene injerencia tanto en la cantidad como en la calidad del agua que se evapora.



CONDENSACIÓN



b. Condensación

La calidad del agua que se condensa en la atmósfera está estrechamente relacionada con la calidad del agua terrestre. Por tanto, el grado de contaminación con coliformes, minerales, entre otros, afecta también en esta fase del ciclo.

Por otra parte, la condensación está relacionada con la temperatura y con la cantidad de humedad. A mayor temperatura se necesita mayor cantidad de humedad en el ambiente para que se produzcan nubes. Ya mencionamos que con la subida de las temperaturas aumenta la evaporación, lo que en principio sería suficiente para la formación de nubes, pero hay otros factores necesarios para que estas nubes generen lluvias, como, por ejemplo, el tamaño de las gotas. Si este es pequeño, hay menos probabilidad de que se precipiten a la atmósfera en forma de lluvia. Y es aquí en donde volvemos a encontrarnos con la intervención social en el ciclo del agua, puesto que la cantidad de aerosoles producidos por el ser humano reduce el tamaño de las gotas de agua y con ello la posibilidad de lluvia. Es por esto que hay que insistir en la inclusión, en el diagrama del ciclo, de los efectos de la subida de las temperaturas ocasionada por los gases contaminantes de la actividad industrial y también la influencia de los aerosoles antrópicos en el tamaño de las gotas condensadas.

c. Precipitaciones

Las precipitaciones no se dan de la misma manera en todas las épocas del año ni tampoco son homogéneas a lo largo de la historia. Hay períodos en los que llueve menos y otros en los que llueve más (asociados a los fenómenos conocidos como El Niño y La Niña). Este es un hecho que los estudios de climatología han demostrado con profusión de datos. También es un hecho la diversidad de las precipitaciones a lo largo de la geografía de Chile. No obstante, la disminución de estas en la actualidad responde a otra serie de factores adicionales, entre los que la intervención humana en el ciclo natural es, también, un hecho demostrado y demostrable. El papel de la responsabilidad humana en el aceleramiento del cambio climático, que fue cuestionado durante muchos años, ya es una realidad aceptada de manera generalizada.

La contaminación ambiental, la subida de las temperaturas y los cambios en la fase de condensación de las nubes han llevado a una disminución drástica de las precipitaciones. En el caso de Chile es notorio lo que está ocurriendo en las regiones del sur, que tradicionalmente no habían sido aquejadas por la sequía.

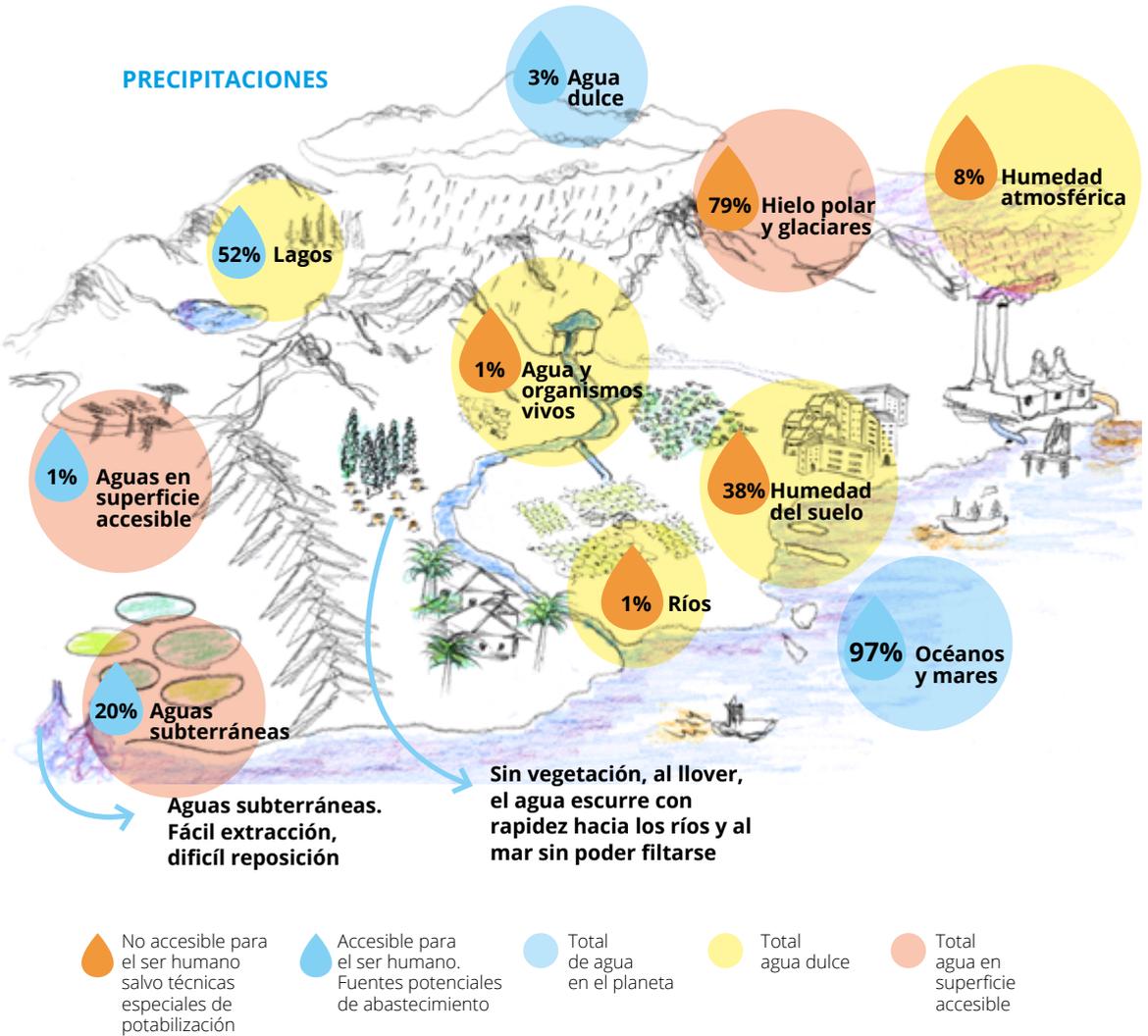
Pero no solo ha disminuido el nivel de agua caída sino también la calidad de esta. Por efecto de la contaminación ambiental, el agua producto de la evapotranspiración y, por tanto, el agua



Lluvia ácida:

lejos de ser un problema reciente, la lluvia ácida fue identificada como tal, por primera vez, a mediados del siglo XIX por el químico Robert Angus Smith, quien investigó las condiciones de la atmósfera y las implicaciones de la presencia de elementos químicos en las precipitaciones en la Inglaterra de la revolución industrial. El problema, que al principio era de carácter local, se reflejaba en la atmósfera de las ciudades industriales, pero la construcción de altas chimeneas para contrarrestar la famosa neblina londinense contribuyó a expandir la polución a lugares lejanos, convirtiendo la contaminación en un problema global. En la actualidad, esta problemática es de alcance mundial y se está intentando frenar con medidas internacionales tendientes a disminuir la emisión de gases contaminantes a la atmósfera.

PRECIPITACIONES



convertida en vapor de agua que se precipita sobre la tierra, aparece cargada con estos contaminantes y los arrastra en su proceso de caída. A este fenómeno se le denomina **lluvia ácida**. Esta agua no es apta para el consumo humano y es perjudicial para animales y plantas. Sus efectos sobre el campo son importantes, puesto que perjudica a los microorganismos que fijan el nitrógeno. Sin él, las plantas y los árboles se debilitan y se vuelven más susceptibles de sucumbir ante las plagas, lo que afecta directamente al ciclo del agua. Por otra parte, al caer en lagos y superficies de agua dulce impacta en sus niveles de alcalinidad y acidez.

Si en el diagrama del ciclo no incluimos la contaminación, estamos representando solo la cantidad existente pero no la que es apta para el consumo. Al no representar el agua gris, esto es, la necesaria para descontaminar el agua que se destina al consumo, dejamos fuera una realidad que señala una disminución relativa del recurso.

Otro factor humano que interviene en la frecuencia y localización de las precipitaciones es la desviación de los cursos de agua y el entubamiento al que son sometidos los ríos en diversos tramos. Las pérdidas de humedales y superficies de inundación inciden no solo en la diversidad de flora y fauna sino también en la disminución de la generación de humedad hacia la atmósfera y, con ello, la disminución de precipitaciones.

La desviación de los cauces y la construcción de embalses, presas y represas modifica también los ecosistemas en las desembocaduras de los ríos. La ausencia de material aluvial en estos lugares facilita la entrada de aguas salinas hacia el interior. Esta situación se ve completada por otro fenómeno generado por la subida de las temperaturas medias a nivel planetario: el deshielo. El derretimiento de glaciares contribuye a la regresión de las costas con la subida del nivel del mar y también a la salinidad de las aguas de los ríos.

d. Filtración

En los diagramas clásicos del ciclo del agua suele representarse, también, el proceso de filtración del agua caída hacia las napas subterráneas y cómo se produce, en el subsuelo, la circulación de agua, las surgencias en manantiales y cursos de agua y, finalmente, las descargas a grandes superficies lacustres o a los océanos. Esta parte del esquema resulta, como las demás, idealizada para mostrar lo que ocurre de manera natural en los contextos en los que el suelo es poroso y contiene vegetación suficiente para retener el agua caída y favorecer las filtraciones.

Uno de los elementos que no se incluye en el esquema clásico es el factor tiempo. Si bien es cierto que las capas subterráneas pueden recargarse con agua caída, el proceso es lento. Esto no sería un gran

problema en sí mismo si no contáramos con la presencia humana y con su capacidad extractiva, la que supera con creces la de la recarga de las napas subterráneas. Por lo tanto, es necesario que en el diagrama del ciclo hidrosocial aparezcan representadas las extracciones de agua por medio de pozos cada vez más profundos y cómo afecta esto al nivel del agua subterránea y, en consecuencia, a las posibilidades de que se produzcan surgencias hacia la superficie y también al mar.

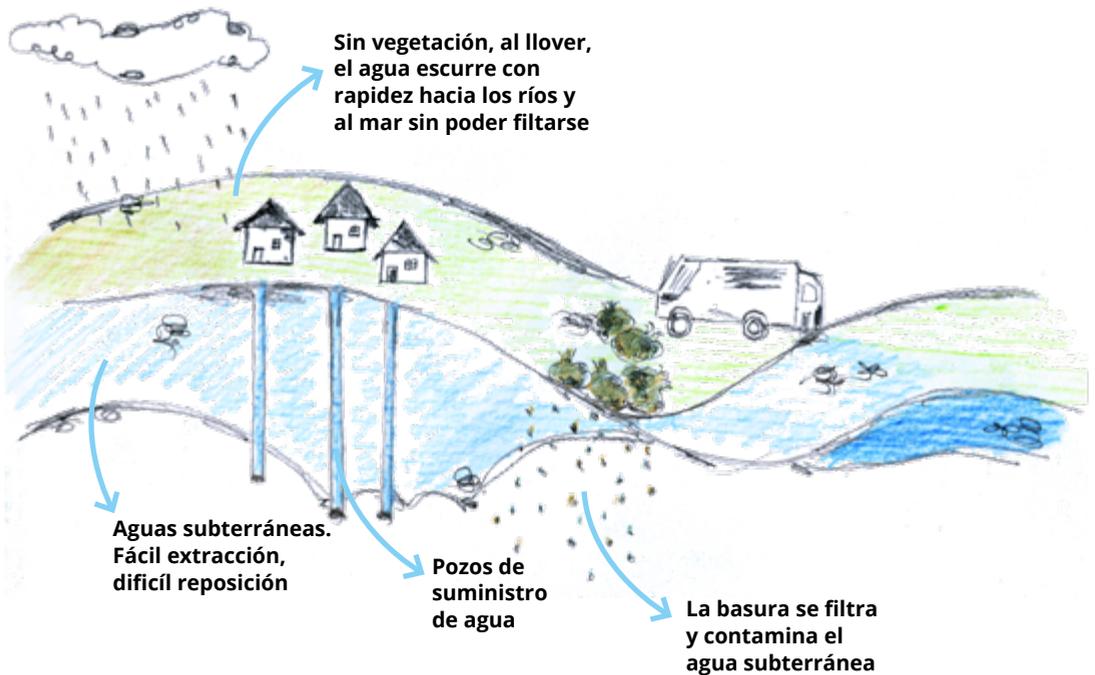
Otro elemento que es necesario tener en cuenta es la existencia de fuentes de contaminantes producto de la actividad humana, que pueden mezclarse por cercanía con las aguas extraídas voluntariamente o con aquellas que surten a manantiales, cursos de agua y al mar.

En dicho esquema debería quedar claro, además, que estas surgencias a menudo se mezclan con superficies salinas o regresan a la superficie cargadas con sales procedentes del suelo y no son, por tanto, aptas para el consumo sin ser previamente procesadas.

En Chile, los salares y los humedales asociados a ellos, son una importante fuente de recursos que favorecen la biodiversidad en entornos áridos o semiáridos como los del norte del país. Son varios los humedales protegidos y también los salares. La necesidad de resguardarlos surgió por el incontrolado proceso de explotación al que estaban siendo sometidos. Recientemente, el litio vino a sumarse a los intereses extractivos y su explotación está siendo revisada debido a las consecuencias que la disminución de estos salares –y sus humedales– tiene para el medioambiente en general y para el agua en particular. Los salares son productos de cuencas endorreicas, se alimentan de las aguas cordilleranas y las aguas subterráneas, y su explotación sistemática pone

en peligro su equilibrio. La evaporación forzada en las piscinas a cielo abierto y las piletas de concentración de litio para acelerar los procesos de extracción mineral deben quedar representadas, por tanto, también en el ciclo hidrosocial del agua en

Los salares son producto de cuencas endorreicas, se alimentan de las aguas cordilleranas y las aguas subterráneas, y su explotación sistemática pone en peligro su equilibrio y el de su entorno.



Chile. En un contexto de aridez como el del desierto de Atacama, la extracción de recursos provenientes de las escasas fuentes disponibles pone en peligro la continuidad del agua subterránea en la región.

Son varios los ejemplos en la historia de reservorios de agua subterránea que están en peligro de extinción. California o Siria son ejemplos claros de cómo se ha explotado un sistema en un contexto de aridez. Para el caso de Chile, la cuenca del río Copiapó representa una manifestación de explotación sobredimensionada con relación a la capacidad de recarga del acuífero. Los derechos de agua otorgados son siete veces superior a dicha capacidad de recarga según informes recientes realizados por la Dirección General de Aguas.¹⁶

16 H2 Cuenca Ingenieros Consultores Ltda (2012). *Análisis crítico de la red de niveles de aguas subterráneas del acuífero de Copiapó. Resumen Ejecutivo*. MOP, División de Estudios y Planificación, Santiago, Chile.

El ciclo del agua pone el centro de atención en la oferta de agua mientras que el ciclo hidrosocial contempla el papel fundamental de la demanda. Desde el punto de vista de la oferta el agua es renovable; desde el punto de vista de la demanda el agua es un recurso finito.

Si bien mantenemos que el agua subterránea es renovable, es importante señalar que no lo es a escala humana. De hecho, un reciente artículo al que hacemos referencia en la introducción de esta publicación señala que el 97 % de las aguas subterráneas son no renovables en escalas de tiempo centenarias.¹⁷ En este mismo artículo indican que solo entre el 1 % y el 5 % del agua del subsuelo es extraíble de manera sustentable.

17 Abbott, B.W., Bishop, K., Zarnetske, J.P. et al. (2019). «Human domination of the global water cycle absent from depictions and perceptions», *Nature Geoscience*, 12: 533-540.

ORIENTACIONES DIDÁCTICAS

Nivel: 4° básico

Historia, Geografía y Ciencias Sociales

OA 17: diseñar y participar activamente en un proyecto grupal que solucione un problema de la comunidad escolar; por ejemplo, reciclaje de la basura, exceso de ruido, organización de turnos, leer o entretener a alumnos más pequeños, etc.

Producto: los y las estudiantes podrán diseñar un proyecto sobre la concientización social y el cuidado del agua en la comunidad escolar. Además, se sugiere realizar las siguientes actividades y difundirlas en la escuela:

- > Dibujar las fases del ciclo hidrosocial del agua.
- > Crear cuentos sobre el cuidado del agua.
- > Crear historietas sobre el buen uso de los recursos hídricos.
- > Participar en obras de teatro sobre el cuidado del agua.

Nivel: 5° básico

Ciencias Naturales e Historia, Geografía y Ciencias Sociales

OA 14 (CN): investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en los océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados.

OA22(HGCS): informarse y opinar sobre temas relevantes y de su interés en el país y el mundo (política, medioambiente, deporte, arte y música, entre otros) por medio de periódicos y tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC).

Producto los y las estudiantes deberán investigar en las noticias locales los efectos negativos de la actividad humana en las aguas más cercanas a su comunidad (ríos, lagos, glaciares, océano, entre otros). Posterior a esto, pondrán acciones para dar a conocer estos efectos a la comunidad mediante una presentación Power Point y participar de manera activa en su mejora.

CAPÍTULO V

**La nueva cultura del agua:
¿qué podemos hacer,
qué estamos haciendo y
por qué debemos actuar?**

La capacidad humana para modificar su entorno de acuerdo con sus intereses está en la base de las grandes transformaciones climáticas que hoy presenciamos. Está en nosotros tomar la decisión de aplicar esta capacidad para revertir, en lo posible, lo que se ha hecho hasta el momento y poder, así, ralentizar este proceso de transformación, amortiguar las consecuencias del impacto humano en la crisis ambiental y, por tanto, las implicancias que tiene, y podría tener, en nuestras vidas.

A pesar de que el cambio climático es un hecho y que en 1992 se adoptó, en Chile, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, todavía hay posturas negacionistas con respecto a la responsabilidad humana en dicha transformación. En aras del desarrollo económico y el progreso, ciertos actores se resisten a aceptar que nuestras acciones tienen consecuencias. Y, si bien es cierto que muchas de estas consecuencias son positivas, a largo plazo producen una serie de inconvenientes que también hay que colocar en la balanza.

Más allá de preocuparnos por la protección del medioambiente como responsabilidad social hacia las generaciones



Nuestra responsabilidad como ciudadanos/as es la de cuidar el agua y cautelar que los organismos responsables de su gestión también lo hagan. Para ello, debemos tomar medidas a nivel individual destinadas a hacer un consumo responsable no solo del agua para el aseo y consumo cotidiano, sino también de la huella hídrica de los productos y servicios que consumimos diariamente.



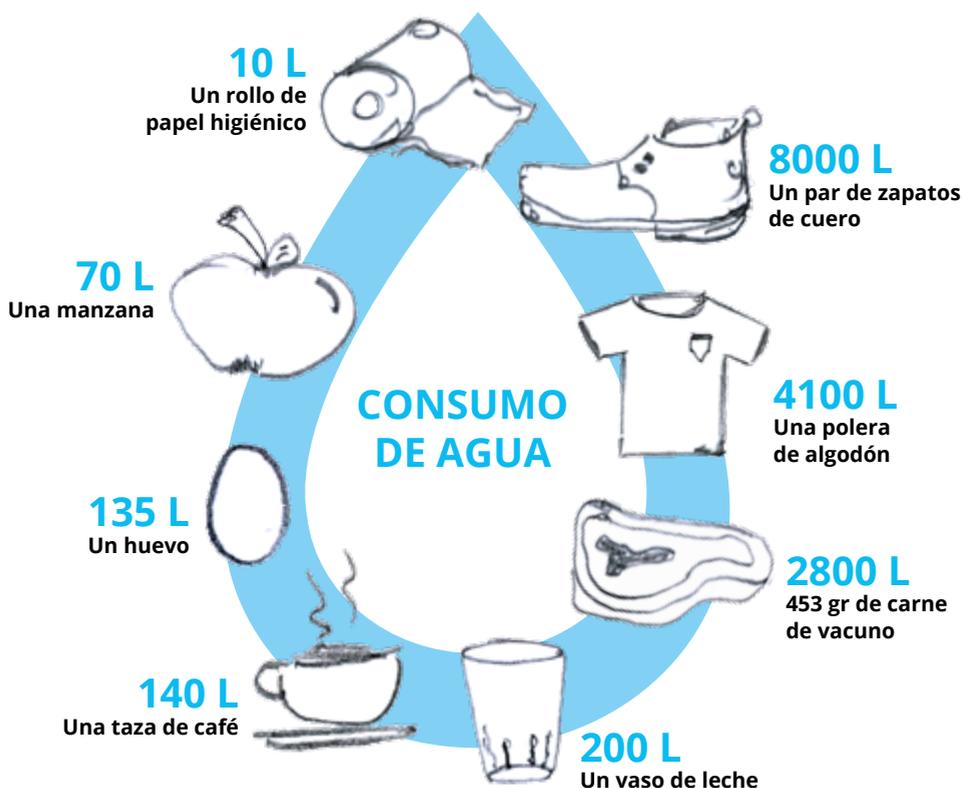
venideras y hacia las demás especies que pueblan nuestro planeta, debemos hacerlo también atendiendo a nuestro presente y a la actual crisis ambiental que vive el país. No se trata de negar el crecimiento sino de apostar por un desarrollo sostenible. Es por esto que hay que manejar otros datos que nos hagan reflexionar sobre la importancia de revisar el actual modelo de desarrollo. Uno de los más relevantes es el asociado al precio que debemos pagar para contrarrestar los efectos de los desastres. Por ejemplo, en 2015, Chile estuvo entre los diez países con mayor gasto asociado a este ítem. Con toda probabilidad, si atendemos a este hecho, inmediatamente se nos vendrá a la cabeza la situación y las características geológicas del país, y asociaremos dicho gasto a la recurrencia de los terremotos. Pero nada más lejos de la realidad. Según la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI), ese año lo que movilizó más fondos, con un total de \$32 947 000, fue el déficit hídrico, seguido de los aluviones de Atacama, Antofagasta y Coquimbo, con \$19 742 000.¹⁸

Nuestra responsabilidad como ciudadanos/as es la de cuidar el agua y cautelar que los organismos responsables de su gestión también lo hagan. Para ello, debemos tomar medidas a nivel individual destinadas a hacer un consumo responsable no solo del agua para el aseo y consumo cotidiano, sino también de la huella hídrica de los productos y servicios que consumimos diariamente. Al igual que nos estamos acostumbrando a consultar los sellos de los alimentos que adquirimos en tiendas y supermercados, debemos procurar acceder a la información relativa a la cantidad de agua que se requiere para producirlos. Esto afecta no solo a alimentos y bebidas sino también a la ropa, el transporte, las actividades recreativas, entre otros.

Además de controlar el consumo personal es importante que aprendamos a conocer las medidas que los organismos locales, nacionales e internacionales, toman para salvaguardar el cuidado del agua.

Comencemos con un organismo internacional: la Organización de las Naciones Unidas, ONU. En 2015 esta fijó los objetivos de desarrollo sostenible de cara a 2030. El número seis se centró en la obtención

18 *Radiografía del agua. Brecha y riesgo hídrico en Chile, Gobernanza escenarios hídricos 2030*, 2018, p.19.



de «agua limpia y saneamiento». En dicho objetivo queda establecida la necesidad de ampliar la cobertura de agua adecuada para el consumo y de un sistema de saneamiento integral en un contexto en el que se acepta que la crisis hídrica, debida al cambio climático, es generalizada y tiende a aumentar. Por esto es que se hace imprescindible cautelar que nuestras autoridades aseguren el acceso al agua para el consumo humano, privilegiándolo frente a otros usos, y que se cuiden las fuentes de abastecimiento para asegurar su permanencia en el tiempo y su calidad.

Diez años antes, en 2005, este mismo organismo había declarado el Decenio Internacional para la Acción «El agua, fuente de vida» para el período 2005-2015 y, en 2010, la Resolución 64/292 estableció el

acceso al agua y al saneamiento como un derecho humano bajo la consideración de que era condición indispensable para la realización de todos los demás derechos.

En la actualidad, en Chile hay 43 organismos vinculados a la gestión del agua y el Banco Mundial ya ha advertido de la duplicidad, superposición y vacío de funciones que esto genera. Entre estos organismos se encuentran una variedad de intereses entre los cuales el acceso al agua para el consumo doméstico no es prioritario, tal y como persiguen los objetivos del desarrollo sostenible. Para el/la ciudadano/a que quiere estar informado/a resulta complejo entender y conocer el funcionamiento y las particularidades de cada uno de estos organismos y por eso se demanda la creación de una entidad superior que supervise y cautele la gobernanza del agua.

Con respecto a la legislación, el Código de Aguas vigente está siendo revisado en varios puntos y el tema más espinoso es el de la propiedad de los derechos de agua.

Hoy, uno de los problemas más acuciantes en cuanto a gobernanza del agua es que hay un sobreotorgamiento de derechos de agua sobre los acuíferos. Tal y como señala la Dirección General de Aguas, para 2014 ya superaban la centena los acuíferos que se encontraban en estas condiciones.

Cuando se redactó el Código de Aguas (aprobado en 1981) se hizo bajo un paradigma y una situación hídrica muy diferente a la que estamos viviendo hoy. Probablemente, en la cabeza de los legisladores estaba el diagrama del ciclo

Cuando se redactó el Código de Aguas (aprobado en 1981) se hizo bajo un paradigma y una situación hídrica muy diferente a la que estamos viviendo hoy. Probablemente, en la cabeza de los legisladores estaba el diagrama del ciclo natural del agua y, atendiendo a la demanda, no se pensó que el recurso no era infinito, ni en las condiciones cambiantes de la naturaleza o en los efectos del cambio climático que, como señalábamos, no era aún aceptado por diversos sectores, los que dudaban de la incidencia del hombre en dicha transformación.

clo natural del agua y, atendiendo a la demanda, no se pensó que el recurso no era infinito, ni en las condiciones cambiantes de la naturaleza o en los efectos del cambio climático que, como señalábamos, no era aún aceptado por diversos sectores, los que dudaban de la incidencia del ser humano en dicha transformación. No obstante, ahora la realidad es otra y la consideración del ciclo hidrosocial nos lleva a pensar no solo en la demanda de agua, sino en la disminución drástica de la oferta. Igualmente, el paradigma de protección al medioambiente está extendiéndose, así como la necesidad de atender el tema desde una perspectiva global y no solo local.

La **nueva cultura del agua** aboga por la interiorización de este nuevo paradigma, que tiene una concepción de la naturaleza que no busca su dominación sino aumentar el conocimiento que sobre ella tenemos para favorecer el desarrollo sostenible. Se trata de una cultura que se basa en principios éticos que defienden la equidad en el acceso a un recurso trascendental para la vida y el progreso social, y que promueve la adopción de un estilo de vida en el que domine la conciencia sobre nuestros actos y sobre lo que consumimos. El conocimiento de la huella hídrica de nuestras acciones y de los productos que consumimos puede ayudar a conducirnos con mayor responsabilidad como consumidores/as.



Nueva cultura del agua:

movimiento iniciado en España, a mediados de la década de los noventa, para evitar el trasvase del río Ebro. Aboga por una revisión de nuestras escalas de valores y nuestra forma de vida en relación con el agua y el desarrollo ambiental sostenible.

En nuestras manos está reducir de manera consciente la demanda de agua. Podemos hacer lo mismo con respecto a nuestro contexto, colaborando en la difusión de esta nueva forma de actuar y de pensar en torno a este elemento. Podemos, también, incidir en que, en nuestros hogares, lugares de trabajo, municipalidades, etcétera, se reduzca la demanda de agua. Afortunadamente, la ciencia continúa investigando sobre el medioambiente. Es más difícil –pero no imposible– procurar que la demanda se reduzca, también, por parte de los sectores productivos y que su consumo sea más racional y acorde con la situación hídrica actual. Como ciudadanos/as podemos y

La única manera de combatir la crisis del agua es el conocimiento. Para ello es necesario informarse, estudiar, indagar. Es imperativo continuar investigando sobre el tema y poner al servicio de la comunidad lo aprendido.

debemos informarnos de los usos del recurso en nuestro país e intervenir en el debate público y en la toma de decisiones por medio de nuestro voto y de nuestra participación en diversos foros y asociaciones para el cuidado del agua.

La crisis hídrica se da debido a una serie de condiciones, entre las que

se encuentra el cambio climático, pero, tal y como hemos visto en estas páginas, el problema no se inicia solo a partir de la disminución en la oferta del agua sino a causa de un aumento irracional de la demanda. Pretender solucionar la falta de agua buscando trasvasarla desde lugares lejanos o procediendo a desalarla, supondrá una solución a corto plazo, pero en el largo plazo la huella hídrica de ambos procesos vendría, únicamente, a incrementar el problema.

ORIENTACIONES DIDÁCTICAS

Nivel: 2° medio

Historia, Geografía y Ciencias Sociales

OA 24: analizar y debatir sobre los desafíos pendientes para el país, por ejemplo, reducir la pobreza y la desigualdad, garantizar los derechos de los grupos discriminados, lograr un desarrollo sustentable, perfeccionar el sistema político y fortalecer la relación con los países vecinos, y reconocer los deberes del Estado y la responsabilidad de todos los miembros de la sociedad para avanzar en ellos.

Producto: los y las estudiantes deberán leer el capítulo V del texto. Posterior a esto, realizarán un debate en torno a lo que podemos hacer para lograr un desarrollo sustentable. Finalmente, los y las estudiantes deberán realizar un ensayo con las conclusiones del debate.

CAPÍTULO VI

Orientaciones didácticas generales

En estas páginas hemos visto las diferencias entre el ciclo tradicional del agua y el ciclo hidrosocial para señalar las múltiples implicaciones que la humanidad tiene y ha tenido a lo largo de la historia en la transformación de la naturaleza. Hemos señalado, también, que el ciclo hidrológico no se manifiesta de la misma manera en todas las estaciones del año y que hay contextos geográficos en los que presenta características particulares. Con ello queremos poner en evidencia cuatro cuestiones que afectan a la formación de nuestros/as estudiantes:

- 1.** *El ciclo tradicional del agua se centra en la oferta del recurso que, en su circularidad, se presenta como algo inagotable. Realizado para exponer los diferentes estadios por los que pasa y cómo circula en la atmósfera, este diagrama nos muestra una realidad ideal en la que el ser humano está ausente. Incluirlo en el diagrama implica ver la otra cara de la moneda: la demanda. Cuando nos ubicamos en esa perspectiva es cuando podemos cuestionar aquella supuesta inagotabilidad y plantear los modos de solventarla. Atendiendo a la oferta, cuando carecemos de agua buscamos el recurso en otra parte; atendiendo a la demanda podemos plantearnos la necesidad de reflexionar sobre los usos del agua a lo largo de la historia.*
- 2.** *El valle ideal dibujado en los diagramas clásicos no representa otras realidades geográficas, ni tampoco todas las estaciones del año. Presentar el ciclo del agua en contextos diferentes –como una ciudad o un desierto– y tener en cuenta la variabilidad estacional nos da una imagen más clara desde el punto de vista de la oferta. El agua no circula de la misma manera en distintos contextos; por tanto, la demanda de agua y su gobernanza deben tener en cuenta las características geográficas.*

3. *Es necesario conocer en profundidad ambos ciclos para poder interactuar en el proceso. La conflictividad por el agua y por los recursos naturales en general es algo que está involucrando cada vez más a la ciudadanía y es por ello que como ciudadanos/as debemos estar informados/as a cabalidad.*
4. *Analizar las implicancias que tienen los usos del agua en nuestras sociedades significa acercarse a la realidad social desde la mirada de la conflictividad, lo que se relaciona con uno de los principales intereses de las ciencias sociales.*

La educación actual apunta al desarrollo de competencias particulares (creatividad, colaboración, ciudadanía, pensamiento crítico, entre otras) que son la base de las habilidades para el siglo XXI. Creemos necesario, por tanto, que los profesores y profesoras incorporen en sus planificaciones, metodologías como el «aprendizaje basado en proyectos» o los «problemas socialmente relevantes», ya que de esta forma lograrán desarrollar en las y los estudiantes, conocimientos y habilidades de pensamiento complejo, tan necesarios para poder reflexionar en torno al ciclo hidrosocial.

Ahora bien, entendemos que no hay recetas fijas en educación, por lo que el presente texto es una herramienta que los y las docentes pueden utilizar, adaptar o moldear a las particularidades de sus estudiantes y el contexto local.

PERTINENCIA EN EL CURRÍCULUM NACIONAL

Propuestas transversales

Nivel: 1° medio

El tema del agua aparece en varias partes de las Bases Curriculares de 7° básico a 2° medio, pero es en este nivel (1° medio) donde se puede desarrollar un trabajo integral en las asignaturas de Ciencias Naturales e Historia, Geografía y Ciencias Sociales. Los Objetivos de Aprendizaje (en adelante OA) para desarrollar son:

Ciencias Naturales

- OA 6: desarrollar modelos que expliquen:
- > el ciclo del carbono, el nitrógeno, el agua y el fósforo, y su importancia biológica,
 - > los flujos de energía en un ecosistema (redes y pirámides tróficas), y
 - > la trayectoria de contaminantes y su bioacumulación.
- OA 7: explicar y evaluar los efectos de acciones humanas (conservación ambiental, cultivos, forestación y deforestación, entre otras) y de fenómenos naturales (sequías, erupciones volcánicas, entre otras) en relación con:
- > el equilibrio de los ecosistemas,
 - > la disponibilidad de recursos naturales renovables y no renovables, y
 - > las posibles medidas para un desarrollo sustentable.

Historia, Geografía y Ciencias Sociales

OA 25: analizar el impacto del proceso de industrialización en el medioambiente y su proyección en el presente, y relacionarlo con el debate actual en torno a la necesidad de lograr un desarrollo sostenible.

ACTIVIDAD 1 Los y las estudiantes deberán desarrollar modelos del ciclo del agua en los cuales se logre señalar la diversidad de este en diferentes contextos geográficos (ciudad, desierto, estaciones del año, entre otros), además de especificar cuál fue el impacto en las aguas (cantidad y calidad) producto de la revolución industrial.

Materiales: atlas, papel diamante, lápices de colores, texto *El ciclo hidrosocial. Una propuesta didáctica desde la historia, la geografía, las ciencias sociales y la educación para la ciudadanía.*

ACTIVIDAD 2 El/la docente podrá guiar a los/las estudiantes en la búsqueda de un problema socialmente relevante relacionado con la actual sequía que está viviendo nuestro país. Lo importante de este problema es que los afecte directamente, por lo que deberá adaptarse al contexto de cada comunidad educativa. El objetivo es que puedan evaluar la sequía como un efecto de la acción humana y, finalmente, logren generar estrategias y medidas para solucionar el problema, buscando siempre un desarrollo sostenible.

Materiales: texto *El ciclo hidrosocial. Una propuesta didáctica desde la historia, la geografía, las ciencias sociales y la educación para la ciudadanía.*

Nivel: nuevo Plan de Formación General 3° y 4° medio

Para adelantarnos a las nuevas Bases Curriculares de 3° y 4° medio proponemos trabajar las temáticas del documento en dos asignaturas del Plan de Formación General: Educación Ciudadana y Ciencias para la Ciudadanía. Siguiendo la línea anterior, se pretende realizar un trabajo transversal en 4° medio desarrollando los siguientes OA:

Educación Ciudadana

- OA 2: participar de forma corresponsable y ética en la búsqueda de estrategias y soluciones a desafíos, problemas y conflictos en diversas escalas, que impliquen armonizar desarrollo, democracia, equidad y sustentabilidad.

Ciencias para la Ciudadanía

Módulo semestral: Ambiente y Sostenibilidad

- OA 2: diseñar proyectos locales, basados en evidencia científica, para la protección y utilización sostenible de recursos naturales de Chile, considerando eficiencia energética, reducción de emisiones, tratamiento de recursos hídricos, conservación de ecosistemas o gestión de residuos, entre otros.

ACTIVIDAD La propuesta para este nivel tiene como objetivo que los y las estudiantes puedan diseñar un proyecto que busque estrategias y soluciones en torno a un conflicto socioambiental por el agua que esté relacionado con su contexto local. Podrán utilizar la evidencia científica, geográfica e histórica para una utilización sostenible de los recursos hídricos. Por la naturaleza de la temática, las asignaturas que liderarán el proyecto son las especificadas más arriba; sin embargo, se recomienda el trabajo transversal con, por lo menos, una disciplina más, para que el trabajo sea mucho más significativo.

Nivel: nuevo Plan de Formación Diferenciada
Humanista-Científico 3° y 4° medio

El Plan de Formación Diferenciada Humanista-Científico de las nuevas Bases Curriculares de 3° y 4° medio propone 27 posibles asignaturas de profundización de las disciplinas correspondientes a la formación general. La siguiente actividad se basa en la electividad mínima de cada establecimiento educacional, por lo tanto, se escogieron seis (6) asignaturas en las cuales consideramos que se podría aplicar la temática de este documento de divulgación. Así también, lo siguiente es una propuesta y las comunidades educativas podrían integrar otras asignaturas que se ajusten a la temática del texto.

El objetivo es crear un proyecto en común, para que así los y las estudiantes puedan investigar, opinar y crear en base a la mayor cantidad de información proveniente de diversas disciplinas.

ACTIVIDAD *¿Cómo concientizar a la población sobre el impacto de la actividad humana en el agua?*

El siguiente proyecto invita a los y las estudiantes a concientizar a la población respecto del impacto de la actividad humana en el agua desde la investigación, la recolección y la comunicación de diferente información y a través de diversos medios de difusión. Las asignaturas participantes, objetivos y productos son los siguientes:

Biología de los ecosistemas

OA 03: explicar los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad, la productividad biológica y la resiliencia de los ecosistemas, así como sus consecuencias sobre los recursos naturales, las personas y el desarrollo sostenible.

OA 04: investigar y comunicar cómo la sociedad, mediante la ciencia y la tecnología, puede prevenir, mitigar o reparar los efectos del cambio climático sobre los componentes y procesos biológicos de los sistemas naturales.

Producto: investigar los efectos generados por la humanidad sobre el agua y buscar alternativas para lograr un desarrollo sostenible a nivel local.

Geografía, territorio y desafíos socioambientales

OA 06: recoger, sistematizar y comunicar información sobre procesos y dinámicas espaciales mediante el uso de estrategias y metodologías propias de la geografía, como interpretación y análisis de cartografía, georreferenciación y uso de imágenes, estadísticas e información geográfica, trabajo de campo, entrevistas, encuestas, mapeos participativos y escalas de percepción, entre otros.

Producto: realizar entrevistas y encuestas a expertos, vecinos y miembros de la comunidad sobre el impacto de la actividad humana en las aguas a nivel local.

Participación y argumentación en democracia

OA 07: construir una postura personal sobre diversos temas controversiales y problemáticas de la sociedad a partir de sus investigaciones y de la evaluación y confrontación de argumentaciones y evidencias en torno a estos.

Producto: sobre la base de la investigación anterior construir argumentos sólidos que defiendan las soluciones propuestas.

Artes visuales, audiovisuales y multimediales

OA 02: crear obras y proyectos que respondan a necesidades de expresión y comunicación personales o grupales, basados en la investigación, con soportes, materiales y procedimientos, y utilizando referentes artísticos nacionales e internacionales.

OA 03: diseñar y gestionar presentaciones a públicos específicos para comunicar propósitos, aspectos del proceso y resultados de obras y trabajos, empleando materiales, herramientas y tecnologías tradicionales y emergentes.

Producto: crear una obra de teatro o cortometraje que tenga como temática central una propuesta para concientizar a la comunidad sobre el impacto de la humanidad sobre el agua.

Creación y composición musical

OA 02: crear obras musicales de diversos estilos y formatos, basados en la investigación con elementos del lenguaje musical, procedimientos compositivos, la experimentación con recursos de producción musical (voz, objetos sonoros, instrumentos musicales y tecnologías) y la investigación de referentes nacionales e internacionales.

OA 03: diseñar y gestionar, personal o colectivamente, presentaciones a públicos específicos para comunicar propósitos, aspectos del proceso y resultados de sus creaciones y composiciones musicales, empleando diversidad de medios, recursos y tecnologías tradicionales y emergentes.

Producto: crear la música para la obra de teatro o cortometraje antes mencionado.

Pensamiento computacional y programación

OA 05: desarrollar aplicaciones para dispositivos móviles y para dispositivos provistos de sensores y mecanismos de control.

Producto: crear una aplicación (prototipo) para incentivar a la ciudadanía a informarse y participar en la búsqueda de un desarrollo sostenible en torno al agua.

El producto final, para poder mostrar los resultados del proyecto a la comunidad educativa, podría ser una jornada especial o presentación pública, en el día del medioambiente o durante cualquier momento en que el establecimiento educacional considere pertinente.

Las formas de evaluación quedan al criterio de cada comunidad educativa; sin embargo, se sugiere utilizar aquellas que puedan medir el aprendizaje en todos los momentos del proceso educativo, así como también la observación por parte del profesor o profesora y de los y las estudiantes.

Con respecto al tiempo, se sugiere utilizar por lo menos cuatro (4) semanas, sin embargo, queda a criterio de cada escuela.

BIBLIOGRAFÍA

Abbott, B.W., Bishop, K., Zarnetske, J.P. et al. (2019). «Human domination of the global water cycle absent from depictions and perceptions», *Nature Geoscience*, 12: 533-540.

Brening, Alexander y Azócar, Guillermo (2010). «Minería y glaciares rocosos: impactos ambientales, antecedentes políticos y legales, y perspectivas futuras», *Revista de Geografía Norte Grande*, 47: 143-158.

Center for Climate and Resilience Research (2019). *El Antropoceno en Chile: evidencias y formas de avanzar. Informe a las naciones*, Universidad de Chile. Disponible en <http://www.cr2.cl/antropoceno/>

Centro de Información de Recursos Naturales, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas (2014). *Informe Final. Redefinición de la clasificación red hidrográfica a nivel Nacional*, Chile.

Fundación Chile (2018). *Escenarios hídricos 2030. Radiografía del agua: Brecha y riesgo hídrico en Chile*, Chile.

H2 Cuenca Ingenieros Consultores Ltda (2012). *Análisis crítico de la red de niveles de aguas subterráneas del acuífero de Copiapó. Resumen Ejecutivo*, Gobierno de Chile, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación, Santiago, Chile.

Instituto Nacional de Estadísticas. *Censo de Población y Vivienda 2017*. Chile.

Instituto Nacional de Estadísticas (2018). *Informe Anual de Estadísticas de Medio Ambiente*, Chile.

Lechtman, Heather y Soldi, Ana María (coords.) (1981). *La Tecnología en el Mundo Andino*, 2 vols., México: UNAM.

Ministerio de Educación (2019). *Bases Curriculares 3° y 4° medio*, decreto en trámite, Santiago. Disponible en <https://bit.ly/2UzLqD5>.

Ministerio de Educación (2016). *Bases Curriculares 7° básico a 2° medio*, Santiago. Disponible en <https://bit.ly/2UUDJpM>.

Ministerio de Obras Públicas y Dirección General de Aguas (2016). *Atlas del agua Chile 2016*, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2018). *Tercer Informe Bienal de actualización de Chile sobre el Cambio Climático*, Chile.

Rioseco, Reinaldo y Tesser, Claudio. *Cartografía Interactiva de los climas de Chile* [en línea]. Instituto de Geografía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Disponible en <https://bit.ly/2XJ0w9s> [28-05-2020].

Sánchez Rodríguez, Martín (2015). «Agua, agricultura y urbanismo en una ciudad americana. Santiago de Chile en la época Virreinal», *Agua y Territorio*, 5. Disponible en: <https://bit.ly/2KWIH0P>

Webgrafía

Coordinadora por la defensa del agua y la vida, *Mapa de conflictos por el agua de Chile*. Revisado el 19 de septiembre de 2019. Disponible en <http://www.derechoalagua.cl/mapa-de-conflictos/>

República Glaciar, *Todo sobre los glaciares de Chile*. Revisado el 10 de septiembre de 2019. Disponible en <https://www.republicaglaciard.cl/>

****** La autorización de circulación de este texto, otorgada por la Dirección Nacional de Fronteras y Límites del Estado, no es extensiva para las direcciones o sitios web mencionados en las citas de pie de página de esta publicación.

