



Informe a la Nación

La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro

Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2
Noviembre 2015





Una lección para el futuro

La actual sequía –extensa, prolongada y cálida- ha tenido impactos perjudiciales a lo largo de Chile central, pero ofrece una lección reveladora para enfrentar el clima futuro, más cálido y seco, e incrementar nuestra resiliencia frente a las fluctuaciones climáticas naturales y antrópicas.

Sequías de uno o dos años han afectado de manera recurrente la zona central de Chile durante su historia, asociadas a variaciones climáticas de origen natural. Ocasionalmente, el déficit hídrico ha superado el 50% (como sucedió en los años 1925, 1968 y 1989) impulsando la construcción de embalses, la creación de subsidios agrícolas y otras medidas paliativas frente a eventos extraordinarios.

Desde el año 2010 el territorio comprendido entre las regiones Coquimbo y la Araucanía ha experimentado un déficit de precipitaciones cercano al 30%. Esta pérdida de lluvias ha permanecido desde entonces en forma ininterrumpida y ocurre en la década más cálida de los últimos 100 años, exacerbando el déficit hídrico a través de la evaporación desde lagos, embalses y cultivos. La persistencia temporal y la extensión espacial de la actual sequía son extraordinarias en el registro histórico. Este evento, que hemos denominado «megasequía», tampoco tiene análogos en el último milenio de acuerdo a las reconstrucciones climáticas en base al crecimiento de anillos de árboles.

Ante los múltiples impactos de la megasequía nuestra sociedad ha respondido de diversas formas, no obstante, en general lo ha hecho suponiendo que este es un evento extraordinario pero transitorio. Sin embargo, al menos un 25% del déficit de precipitación durante la megasequía es atribuible al cambio climático antrópico.

Este impacto, se prevé, seguirá contribuyendo durante el siglo XXI a una progresiva aridificación de la zona centro y sur de Chile, incrementando la ocurrencia de sequías extensas y prolongadas como la actual.

Considerando que este tipo de sequía tiene escasos análogos en el pasado y que será cada vez más frecuente en el futuro, el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2) presenta este informe ante nuestro país como un aporte al entendimiento de sus causas y consecuencias junto a un análisis crítico de la manera en que la sociedad y el Estado han respondido a este evento.

En una primera parte se presenta la caracterización y contextualización hidroclimática del actual evento como un análisis de los fenómenos climáticos -tanto naturales como antrópicos- que originan el déficit de precipitaciones. Luego se identifican los impactos sobre la provisión de agua, la vegetación natural, la ocurrencia de incendios forestales y la productividad primaria en la costa. En una tercera parte se describe la percepción social y la respuesta del Estado a la megasequía. Finalmente se hacen recomendaciones relativas a la regulación de recursos hídricos, la prevención de riesgos climáticos y la articulación de actores, así como el uso de herramientas para la evaluación de la vulnerabilidad y de prácticas afines a la construcción de resiliencia.

CARACTERIZACIÓN

Una sequía larga y extensa

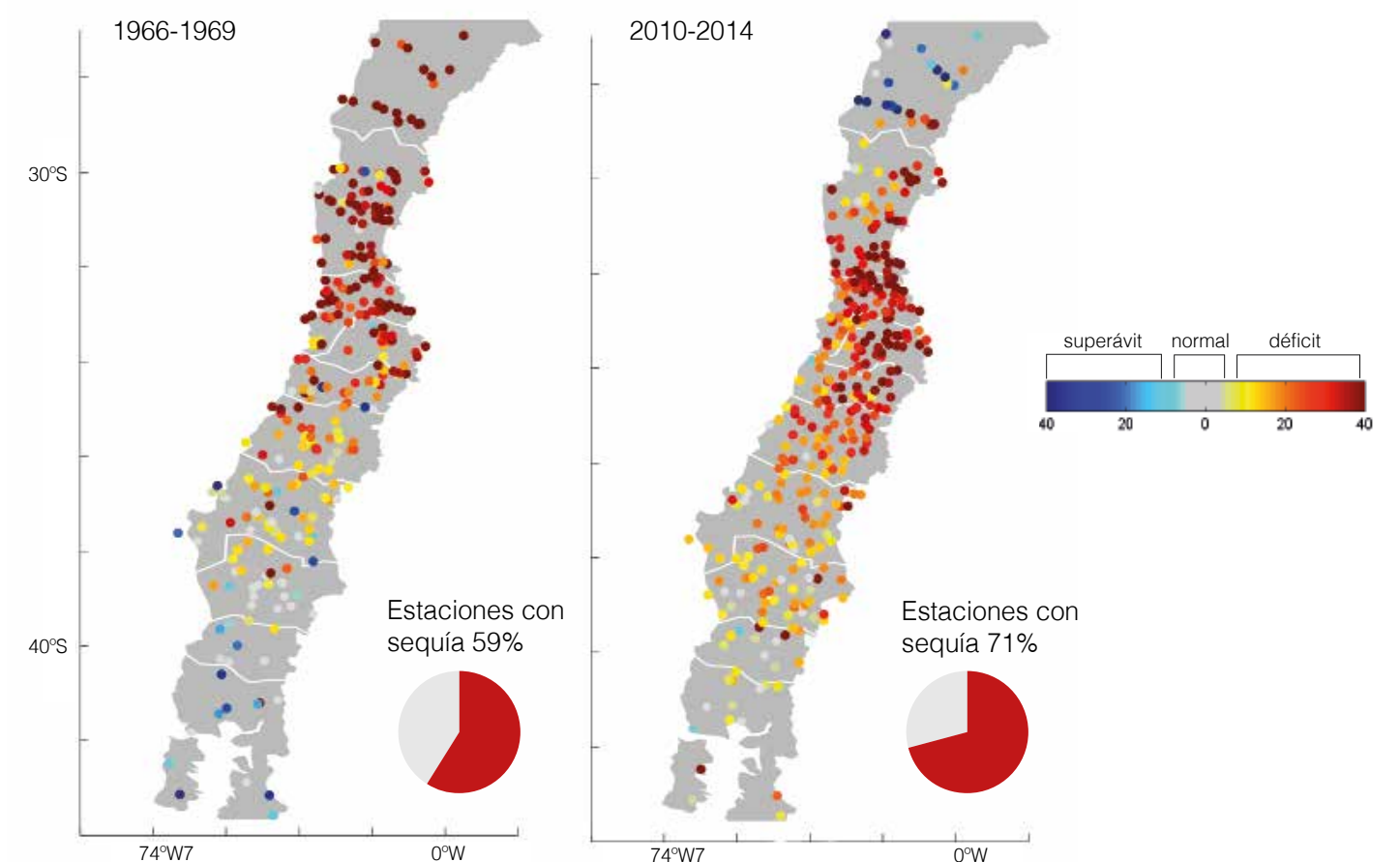
Aunque sequías de uno o dos años son un elemento recurrente en el clima de Chile Central, los últimos seis años destacan como el período seco de mayor duración y extensión territorial desde mediados del siglo pasado.

Los registros de precipitaciones entre el sur de la región de Coquimbo y el norte del Biobío muestran que cerca de un cuarto de los años comprendidos entre 1940 y 2010 presentan un déficit de precipitación superior al 30% -porcentaje indicativo de una sequía pluviométrica. La mayoría de estos años secos ocurren en forma aislada, pero también se han presentado como parte de cuatro eventos multianuales: El primero abarca desde 1945 a 1947, el segundo se ubica entre 1967 y 1969, un tercero desde 1988 a 1990 y, finalmente, el período 2010 - 2015. Este último evento, aún en desarrollo, es el de mayor duración y extensión territorial en el registro instrumental, por lo cual lo hemos denominado «megasequía».

La intensidad de cada sequía multianual varía a lo largo de Chile central. Por ejemplo, la sequía a fines de los años 60 fue particularmente severa en el Norte Chico e incluye el año 1968 cuando muchas estaciones en Chile central registraron déficits superiores al 60%. Sin embargo, hacia el sur del Maule las condiciones pluviométricas fueron cercanas a la normalidad.

Durante la actual megasequía el déficit pluviométrico promedio también es máximo en el Norte Chico, pero se mantiene sobre 30% hasta la región de la Araucanía. Este patrón se ha mantenido con pequeñas modificaciones entre el 2010 y el 2015. Condiciones como las actuales han ocurrido en el Norte Chico alrededor de una vez cada 15 años, mientras que en la mayoría de las estaciones en la zona centro y sur, la actual megasequía no tiene precedentes en los últimos 70 años. De manera similar, el período de retorno del año más seco de la actual megasequía varía aproximadamente entre 10 años en el Norte Chico y más de 30 años en la zona centro y sur.

Déficit o superávit pluviométrico promedio para los períodos 1966-1969 y 2010-2014. El déficit, expresado en porcentaje, se calcula en cada estación como el total anual promedio del período seco dividido por el promedio de largo plazo (1970-2000). Se indica también el porcentaje de estaciones con déficit promedio superior al 30% entre las regiones de Coquimbo y Los Ríos. Datos: Dirección General de Aguas y Dirección Meteorológica de Chile.



Sequía y calor

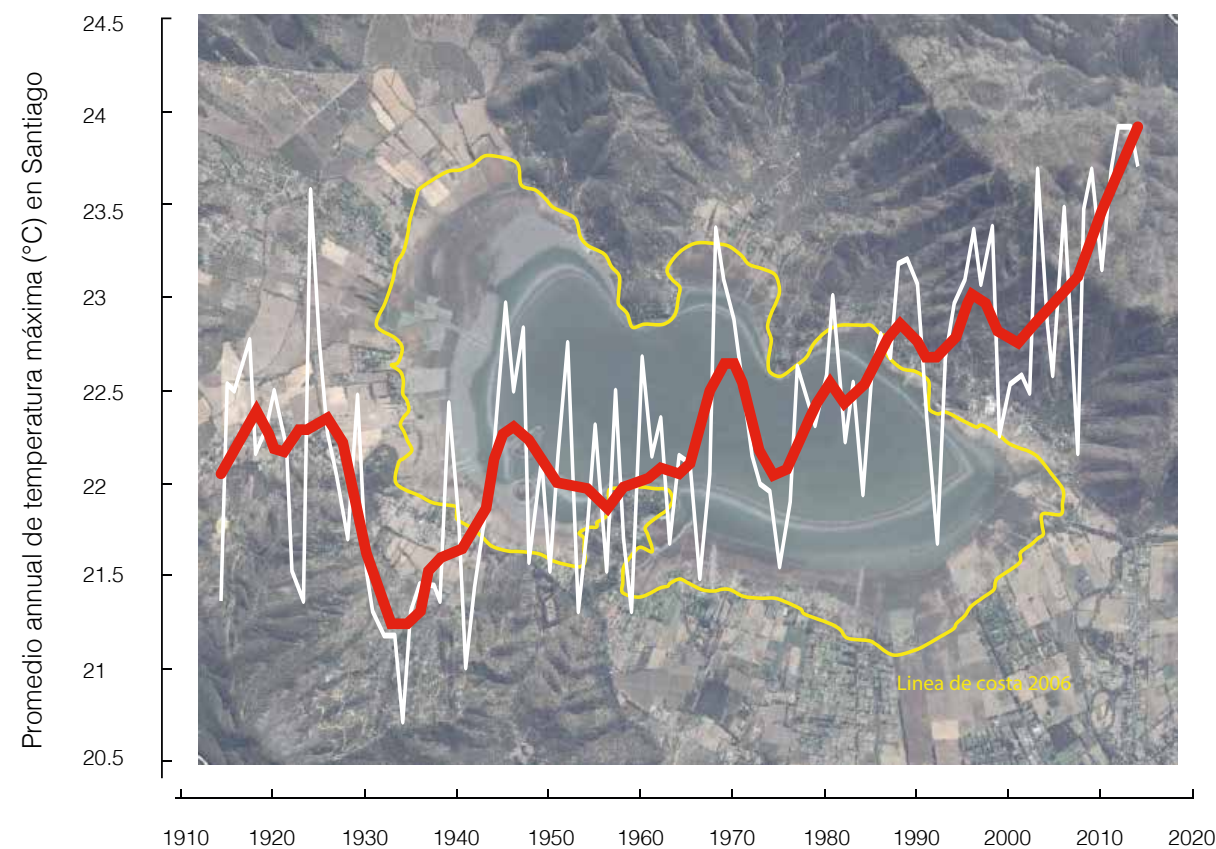
La megasequía ocurre durante la década más cálida registrada en Chile central, aumentando la pérdida de agua por evaporación y agravando el déficit hídrico.

La zona norte y central de nuestro país ha experimentado un gradual calentamiento desde mediados de la década de los 70, a excepción de la franja costera donde las temperaturas se han mantenido o incluso disminuido. Las temperaturas máximas se han incrementado de manera muy pronunciada en los últimos diez años, siendo este aumento más evidente sobre los 1000 metros de altura. Estos rasgos son consistentes con el cambio climático ocasionado por la emisión de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera terrestre.

Así, la megasequía ocurre en la década más cálida del registro histórico a lo largo de Chile central. Considerando el período 2010-2014, la mayoría de las estaciones meteorológicas en el valle central y la precordillera

presentan temperaturas medias y máximas entre 0.5 y 1.5°C por encima de la normal climatológica calculada entre 1970 y 2000.

Con temperaturas más altas, aumenta la pérdida de agua desde zonas cubiertas por nieve (sublimación), cultivos y vegetación natural (evapotranspiración), y lagos y embalses (evaporación), exacerbando el déficit hídrico. Como ejemplo, la evaporación anual de la laguna Aculeo en la Región Metropolitana es cercana a los 1200 mm, de acuerdo al promedio 1970-1997. Esta cifra se incrementa en cerca de un 10% debido al aumento de la temperatura en 0.8°C durante la megasequía. Con ello, la pérdida de agua desde esta laguna es superior al millón de metros cúbicos.



Evolución temporal del promedio anual de la temperatura máxima en la estación Quinta Normal (Santiago) entre 1914 y 2014 (línea blanca). La curva roja es un promedio móvil de 3 años. La imagen de fondo (Google Earth TM) muestra la condición actual laguna de Aculeo (Abril 2015) y la línea de costa en Abril del 2006, enfatizando la reducción de su espejo de agua. Datos: Dirección Meteorológica de Chile.

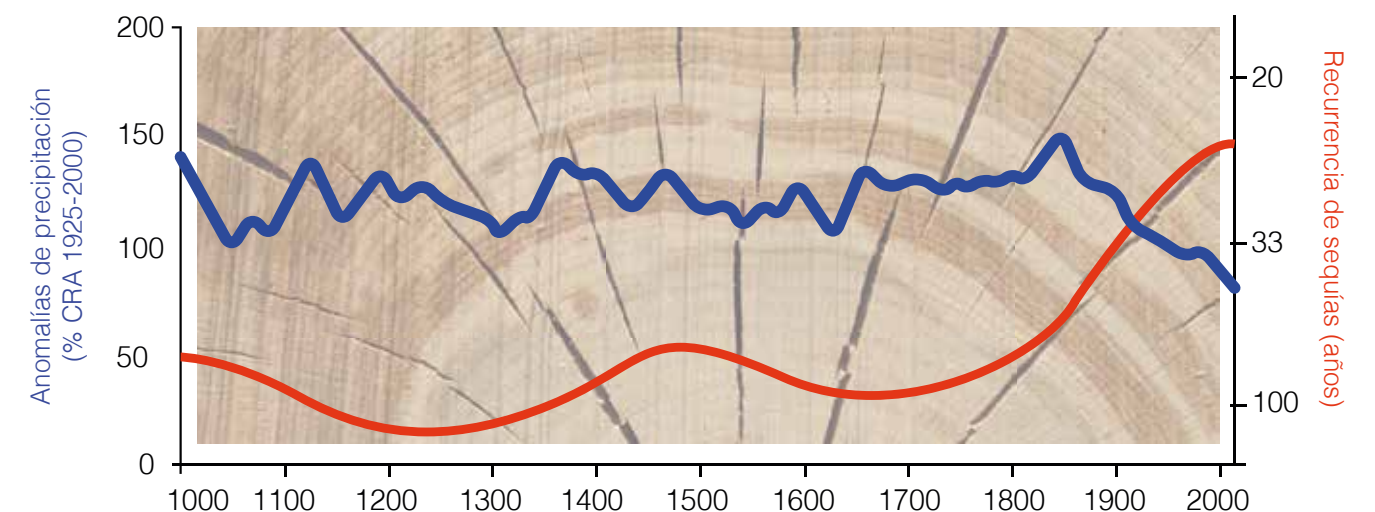
Una mirada al pasado

El crecimiento anual de los anillos de los árboles permite estimar la precipitación en Chile central en el pasado, revelando el carácter excepcional de la actual megasequía en los últimos 1000 años.

La disponibilidad de agua determina de manera directa el crecimiento anual de ciertas especies de árboles, como el caso del ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) que registra este proceso en el ancho de sus anillos. A partir de mediciones en cientos de cipreses en las regiones de Valparaíso y O'Higgins, ha sido posible reconstruir la precipitación de Chile central para el último milenio.

En esta reconstrucción se observan períodos más húmedos que la condición actual durante los siglos XII, XIV y XV y uno particularmente prolongado entre 1650 y 1900. También se observan épocas secas durante el inicio y fin del registro y entre 1300 y 1650.

La recurrencia de sequías multianuales como la actual varía en torno a los 100 años durante la mayor parte del milenio, pero disminuye marcadamente durante el siglo pasado. Así, la actual megasequía destaca como un evento extremo enmarcado en una tendencia persistente hacia condiciones más secas que han prevalecido desde comienzos del siglo XX.



Variaciones multidecadales (curva azul) de la precipitación en Chile central (reconstrucción dendroclimática 1000-2005), expresada como anomalías de precipitación con respecto al promedio 1925-2000 (escala a la izquierda). La curva roja es una estimación del período de recurrencia (en años, escala a la derecha) de sequías de tres años con déficit pluviométrico igual o superior al 20% respecto a promedio móvil de 100 años. La reconstrucción fue realizada por Duncan Christie y Carlos Lequesne de la Universidad Austral de Chile.

CAUSAS

La Niña y la megasequía

Aunque La Niña tiende a producir déficit de precipitaciones en Chile central, su contribución al actual evento ha sido menor, incluso El Niño 2015 no ha logrado revertir la situación.

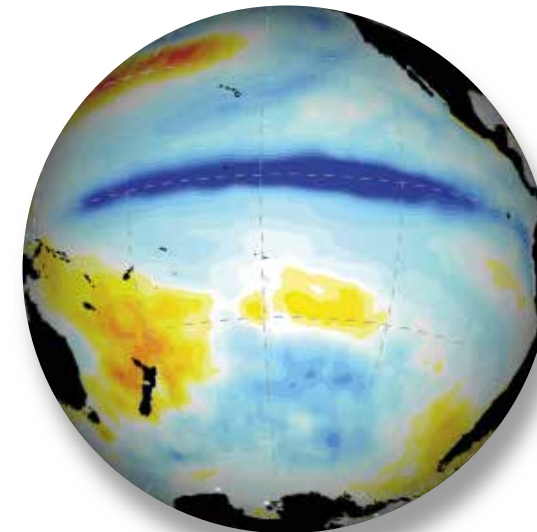
Parte importante de las variaciones entre un año y otro de la precipitación acumulada en Chile central son moduladas por El Niño - Oscilación del Sur (ENOS). Este es un fenómeno de origen natural caracterizado por la alternancia entre tres y siete años de temperaturas del océano Pacífico tropical más frías (La Niña) o cálidas (El Niño) que el promedio de largo plazo.

Las alteraciones de la circulación atmosférica durante años de La Niña incluyen un debilitamiento de los vientos del oeste sobre Sudamérica y una intensificación del anticiclón del Pacífico, elementos que favorecen condiciones más secas que el promedio en Chile central. Por el contrario, durante El Niño tienden a ocurrir condiciones más lluviosas en esta región.

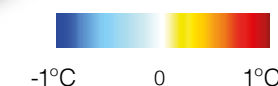
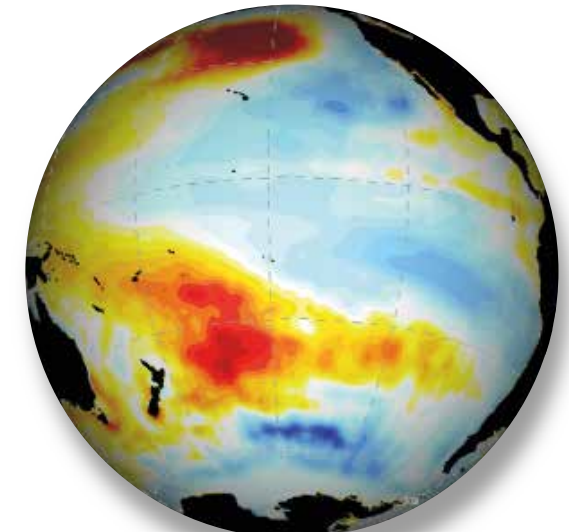
Los años que conforman la megasequía se caracterizaron por condiciones neutras en el Pacífico ecuatorial, sin observarse un enfriamiento significativo del Pacífico tropical, a excepción del 2010 caracterizado como un evento de La Niña. A pesar que el 2015 se ha observado el desarrollo de un evento de El Niño intenso con ocurrencia de tormentas importantes en el norte de Chile, el déficit de precipitación se mantuvo en la zona central del país.

Históricamente, bajo condiciones neutras puede haber déficit o superávit de precipitación en Chile central. La probabilidad de que al azar ocurra una secuencia de cinco años secos como la observada es extremadamente baja, sugiriendo la actuación de otros factores climáticos en la mantención e intensidad de la megasequía.

Promedio La Niña



Promedio megasequía



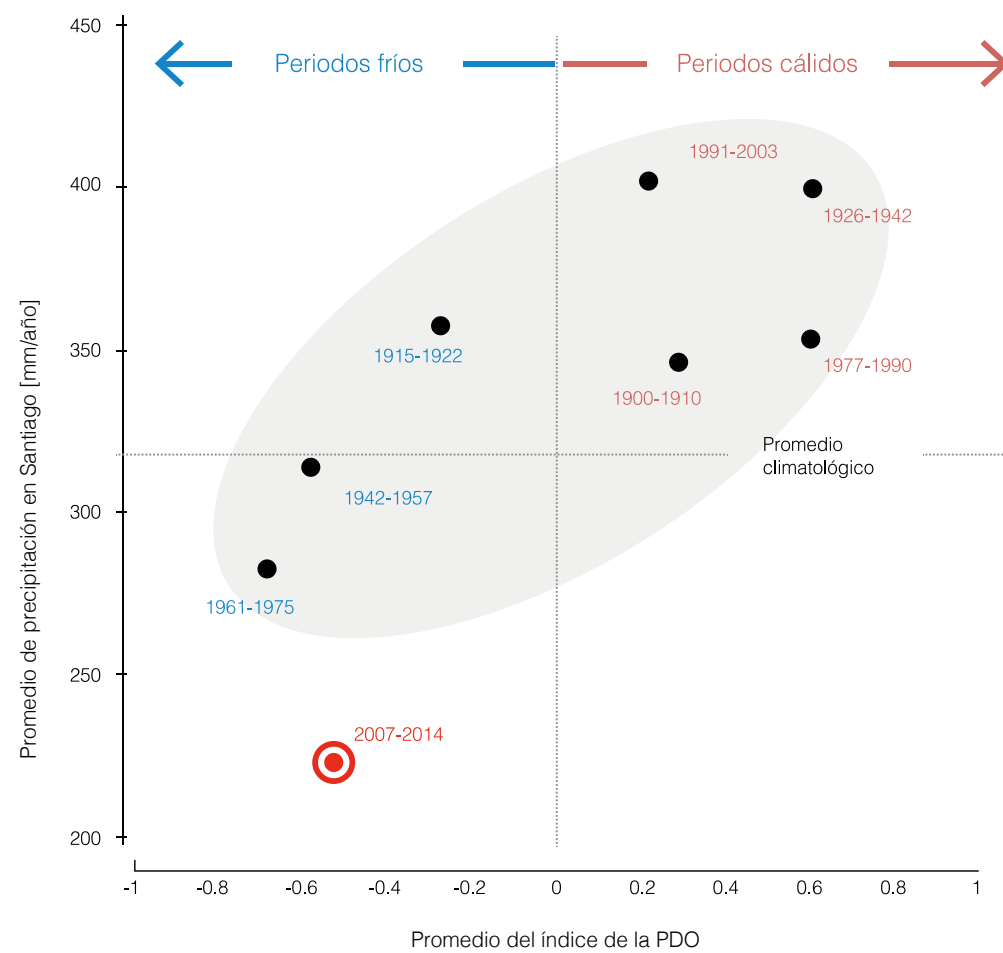
Anomalías (diferencia con las condiciones medias) de la temperatura superficial del mar para un conjunto de inviernos (Mayo-Septiembre) de La Niña (promedio 1974, 1975, 1985, 1988, 1998, 1999, 2000) y el período de la megasequía (promedio 2010-2014). Datos: Earth System Research Laboratory, NOAA, EEUU (producto OISST).

Variabilidad decadal y megasequía

La actual fase fría de la Oscilación Decadal del Pacífico –otro fenómeno global de origen natural– ha contribuido a mantener el déficit de precipitaciones, pero solo explica cerca de la mitad de la intensidad de la megasequía.

Un segundo factor que modula la precipitación en Chile central es la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO por sus siglas en Inglés). La PDO es un modo natural «tipo ENOS», pero sus fases cálidas y frías tienden a prevalecer por décadas. Tal como ocurre durante un año de La Niña, los períodos fríos de la PDO se caracterizan por una intensificación del anticiclón del Pacífico y un debilitamiento de los vientos del oeste, lo que tiende a producir condiciones relativamente secas en Chile central.

Considerando el promedio del índice de la PDO entre 2007 y 2014 (-0.5) sería esperable un déficit pluviométrico en Chile central cercano al 15%, valor bastante más moderado que el observado (cercano al 30%). Esta discrepancia apunta a la acción del cambio climático antrópico para producir un déficit hídrico tan marcado y persistente como el de la actual megasequía.



Los círculos indican la precipitación promedio en Santiago (eje vertical) y el promedio del índice de la PDO (eje horizontal) para cada uno de los ocho períodos cálidos y fríos de esta oscilación registrados desde comienzos del siglo pasado. Por ejemplo, entre 1977 y 1990 la PDO experimentó una fase cálida, con un índice promedio de +0.6, y la precipitación en Chile central estuvo cerca de un 15% por encima de valor promedio climatológico (calculado entre 1970 y 2000). Datos: Dirección Meteorológica de Chile (precipitación) y Earth System Research Laboratory, NOAA, EEUU (índice de PDO).

Efecto del cambio climático antrópico

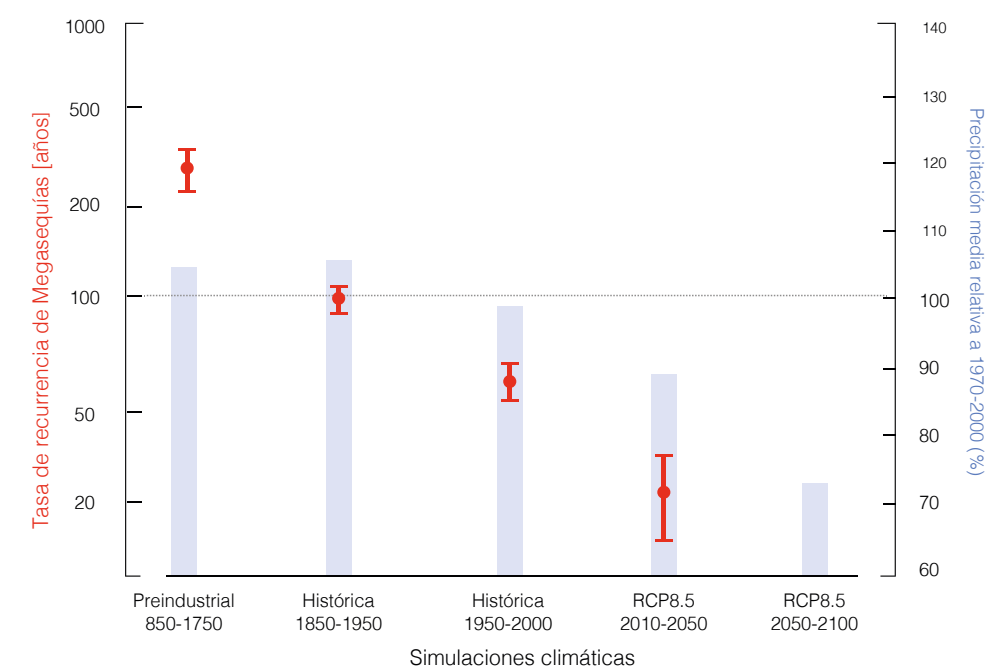
Cerca de un cuarto del déficit de precipitación durante la megasequía es atribuible al cambio climático antrópico. Este factor permanecerá en el futuro, incrementando la ocurrencia de sequías como la actual y aumentando la aridificación de la zona centro y sur de Chile.

Durante las últimas cuatro décadas se observa un gradual desplazamiento hacia el sur de la corriente en chorro del oeste y del cinturón subtropical de altas presiones. Los modelos climáticos que consideran los efectos antrópicos (aumento de gases de efecto invernadero (GEI) y disminución del ozono estratosférico) son capaces de reproducir estos desplazamientos e indican su continuación durante siglo XXI bajo escenarios de incremento de GEI. Consistente con lo anterior, los modelos proyectan una reducción en la precipitación anual de hasta un 30% respecto al promedio actual sobre Chile central hacia fines de este siglo.

En simulaciones preindustriales (años 1850-1750 d.c), sin efecto antrópico, una megasequía ocurre en pro-

medio cada 300 años. Las simulaciones históricas (1850-2005) consideran el incremento observado de GEI. En ellas, una megasequía es aún excepcional (1 vez cada 100 años) hasta mediados del siglo XX, pero su frecuencia se duplica en la segunda mitad del siglo.

Las simulaciones para el período 2010-2050, utilizando un escenario pesimista de emisión de GEI, muestran la presencia de una megasequía cada 20 años. A medida que avanza el siglo XXI la definición de sequía, como una condición transitoria pierde sentido ya que existirá una disminución sustancial y permanente de la precipitación anual. Así, la condición media en el futuro podría ser similar a la observada durante la actual megasequía.



Período de recurrencia en años (escala a la izquierda) de una sequía (>30% de déficit de precipitación en Chile central) de tres o más años de duración, empleando siete modelos climáticos que simulan climas pasados, presentes y futuros. El período de recurrencia se calculó para cada modelo. Los círculos rojos indican el promedio y las líneas verticales la desviación estándar entre modelos. Las barras celestes indican el promedio multimodelo de la precipitación relativa a la media 1970-2000 (escala a la derecha). Datos: Coupled Model Intercomparison Project (CMIP5-WCRP).

IMPACTOS

Impactos en los recursos hídricos

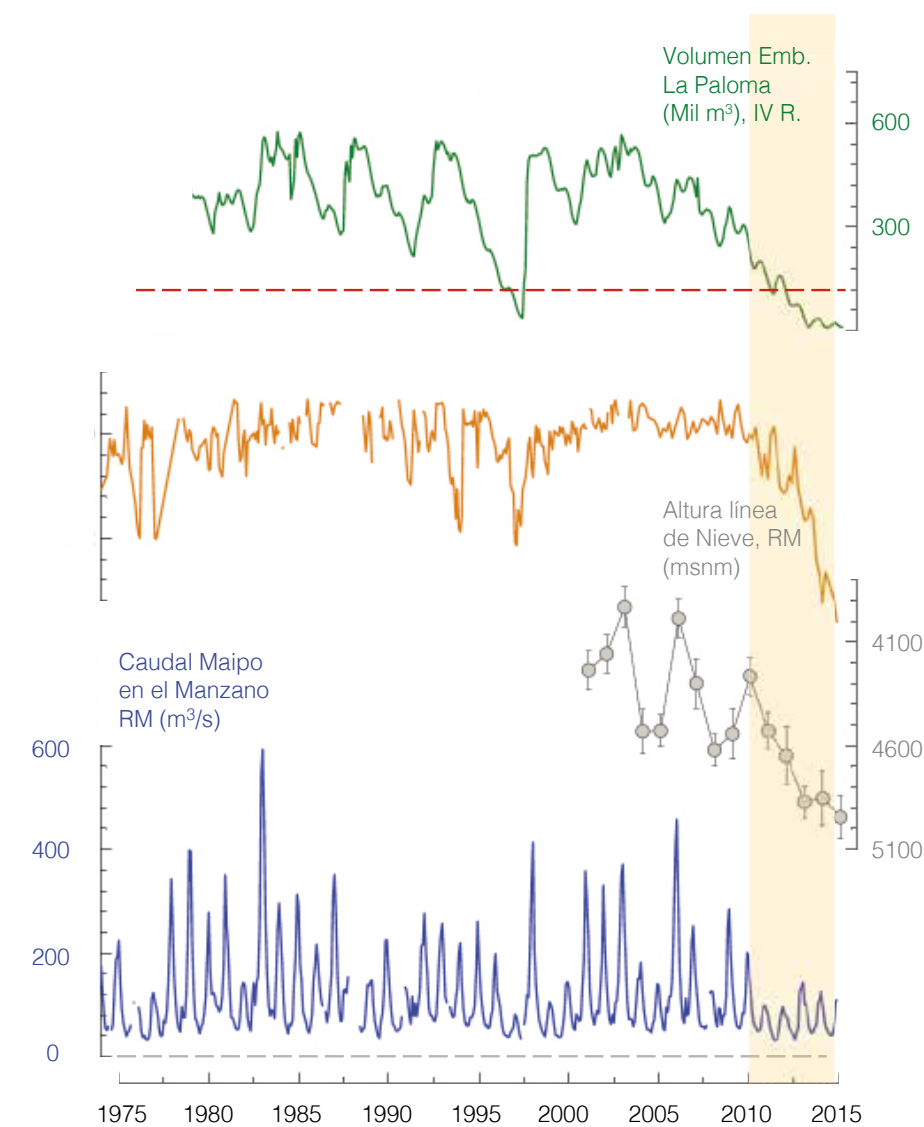
La cantidad de agua que fluye en los ríos de Chile central se ha visto reducida en directa respuesta al déficit de precipitaciones durante la megasequía, cuyo efecto también es evidente en lagos, embalses, nieve y aguas subterráneas.

En el período 2010-2014 el déficit promedio en los caudales en los ríos de las regiones de Coquimbo y Valparaíso alcanzó un máximo de un 70%, reduciéndose hacia el sur a valores cercanos al 25%. Este déficit es similar al de las precipitaciones en sectores precordilleranos, aunque puede ser aún superior en la desembocadura de algunos ríos como consecuencia del mayor consumo de recursos hídricos durante la megasequía.

El agua almacenada en diversos sistemas también se ha reducido dramáticamente durante la megasequía. Por ejemplo, el volumen del embalse La Paloma y el nivel freático del pozo Alfalfares (indicativo del volumen de

agua subterránea) se encuentran en sus mínimos históricos hace más de tres años. Ambos sistemas están ubicados en la región de Coquimbo y son aprovechados mayormente para el riego agrícola.

De igual forma se ha verificado una progresiva elevación de la altura de la línea de nieve durante la primavera y verano en la cordillera de Chile central, con la consecuente disminución del área nival y una marcada reducción en los caudales máximos, producto del deshielo.



Evolución temporal del volumen en el embalse La Paloma (línea verde), nivel freático en el pozo de observación Alfalfares (línea naranja), altura de la línea de nieve durante el mes de Enero en la cordillera de Santiago (línea gris) y caudal en la estación río Maipo en el Manzano. Valores mensuales a excepción de la línea de nieve. Datos sobre el embalse La Paloma gentileza de Pablo Álvarez de la Universidad de La Serena. Datos del Pozo Alfalfares y de caudales: Dirección General de Aguas. Datos de línea de nieve: National Snow and Ice Data Center, EEUU

Impactos en los recursos costeros

Producto del bajo caudal de los ríos durante la megasequía, nutrientes como el nitrato y el fosfato drenan en menor cantidad al mar, afectando directamente la productividad biológica de la zona costera.

A la merma de caudales en el centro y sur de Chile (cuencas del Maipo, Mataquito, Maule, Itata y Biobío) se suma una de sus consecuencias directas: la disminución de entre un 25% a un 75% en la descarga de nutrientes como el nitrato y el fosfato desde los ríos hacia la zona costera en los meses de otoño e invierno.

La descarga de nutrientes y material en suspensión de los ríos al mar genera plumas de sedimentos, cuya forma, extensión y niveles de nutrientes superficiales dependen directamente del volumen de agua dulce descargado en el océano. Existe una reducción de hasta un 60% de las áreas de las plumas generadas

por los ríos de la zona central durante la megasequía en comparación al período 2000-2009. Además, se registra una baja de los niveles de biomasa fotosintética, expresada como clorofila.

Dicha disminución de los niveles de clorofila se correlaciona con la disminución de los niveles de nutrientes exportados. Estos nutrientes son indispensables para el crecimiento del fitoplancton (el primer eslabón de la cadena trófica acuática), esencial durante el desove, desarrollo larval y alimentación de peces y crustáceos. Parte de esos peces son de gran importancia económica para Chile como la anchoveta y sardina.

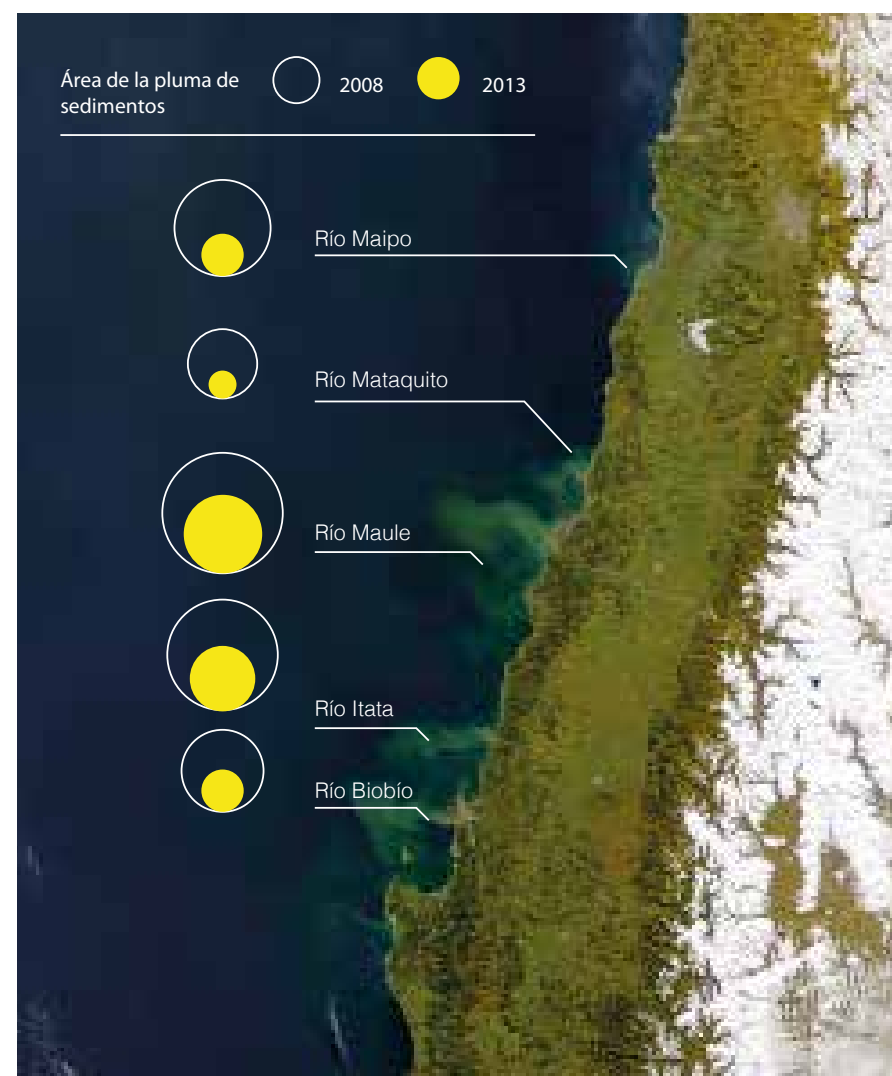


Imagen satelital (SeaWiFS, NASA) del color del océano ilustrando las plumas de sedimentos generadas por los ríos de Chile central. El tamaño de los círculos es proporcional al área de estas plumas durante un invierno normal (2008) y un invierno de la megasequía (2013).

Impactos en la vegetación

Aunque la vegetación nativa y ciertas especies exóticas se han adaptado para resistir sequías intensas pero de corta duración, la persistencia de la actual megasequía está comenzando a producir un notable deterioro de la vegetación no irrigada en gran parte de Chile central.

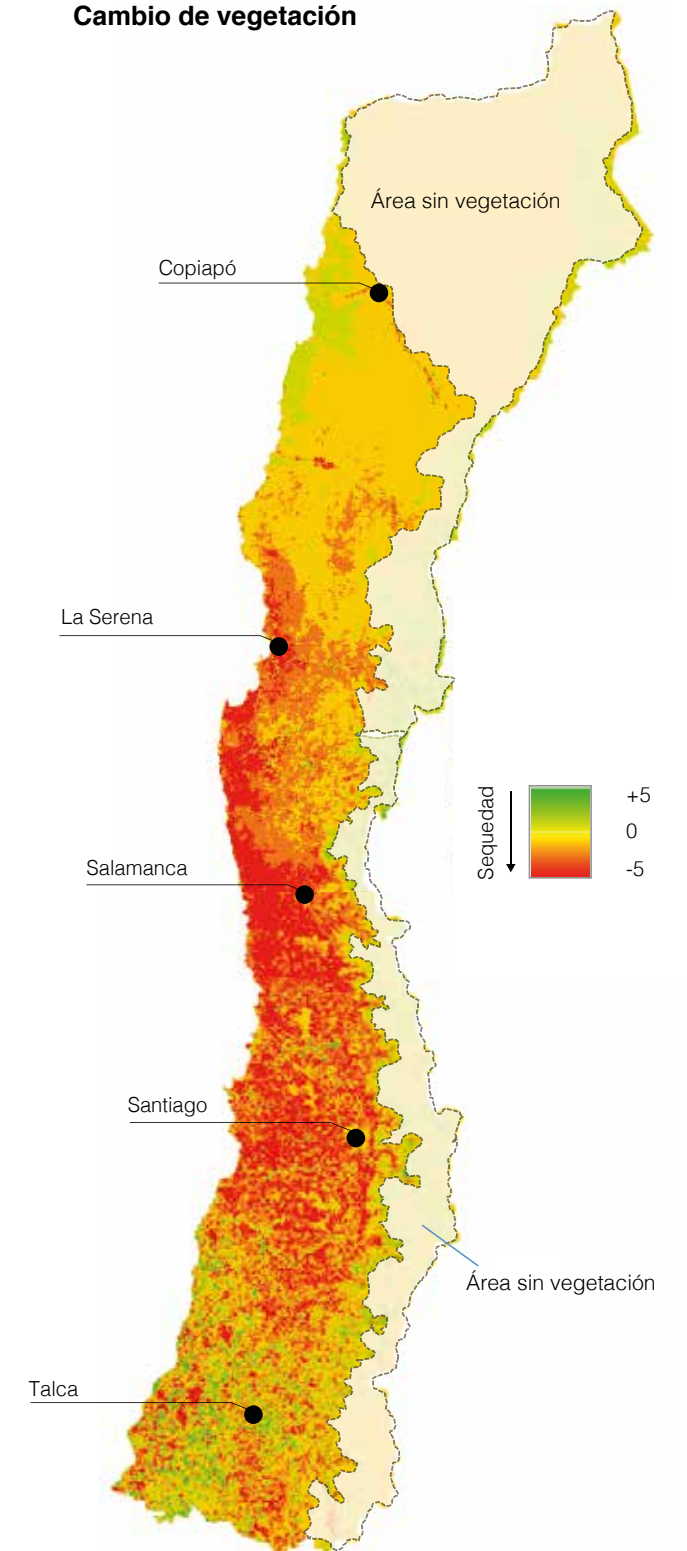
Para enfrentar la disminución de humedad del suelo durante períodos de sequía, las plantas reducen su pérdida de agua por evapotranspiración cerrando los estomas de sus hojas, reduciendo a la vez su nivel de fotosíntesis y crecimiento. Si la sequía persiste, la vegetación entra en un período de estrés hídrico en que sus funciones se deterioran y se encuentra más propensa a infecciones.

Empleando datos satelitales y en comparación al período 2000-2009, se constata una amplia y marcada disminución del crecimiento de la vegetación durante la megasequía (sombreado rojo en mapa adjunto), en sectores costeros y valles interiores desde la región de Coquimbo a O'Higgins. Más al sur, la señal de la megasequía es menor pues parte importante del territorio está cubierto por vegetación bajo riego, donde el déficit de precipitaciones se ha compensando con mayores tasas de irrigación.

En los árboles, la disminución del crecimiento durante períodos de sequía queda reflejado en el ancho de los anillos de sus troncos. Por ejemplo, en el caso de los robles de Monte Oscuro la sequía de 1998 tuvo un efecto menor, sugiriendo que esta especie se ha adaptado para resistir períodos secos intensos pero de corta duración. En contraste, el efecto de la mega sequía se advierte en una progresiva y sustancial disminución de su crecimiento radial desde el año 2008.

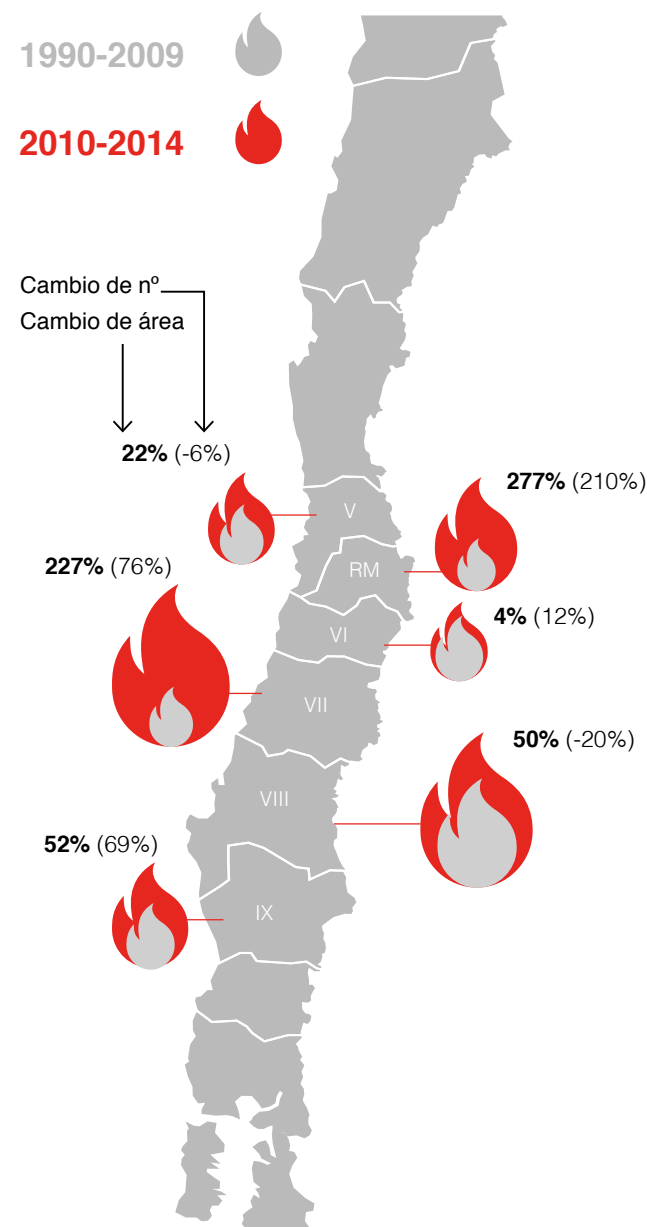
Diferencia del Índice Mejorado de Vegetación (EVI) durante el inicio de la primavera (julio-septiembre) entre la megasequía (promedio 2010-2014) y la década anterior (promedio 2000-2009). Datos: El EVI es obtenido del sensor MODIS abordo de los satélites TERRA y AQUA de la NASA, EEUU. Gentileza de David López, CEAZA.

Cambio de vegetación



Impactos en los incendios forestales

La superficie forestal quemada en la zona centro-sur ha aumentado un 70% durante la megasequía, mientras que la temporada de incendios se ha extendido a todo el año. En las últimas dos temporadas el área quemada superó las 100.000 hectáreas, un hecho sin precedentes en 50 años.



En la actual megasequía, el número de incendios de gran magnitud (sobre 200 hectáreas) desde las regiones de Valparaíso hasta a La Araucanía se incrementó en un 27% respecto al promedio histórico. El aumento de la superficie quemada es aún superior, llegando a un 69%. Esto producto de algunos incendios de gran extensión ocurridos durante la megasequía, lo cual es consistente con la relación negativa entre el área quemada y la precipitación.

El incremento en los incendios forestales ha sido particularmente marcado en las regiones Metropolitana y de El Maule, perjudicando en su mayoría a plantaciones forestales (20.000 hectáreas por año), lo que representa el 34% de la superficie promedio total afectada.

Otro de los impactos de la megasequía en el régimen de fuego ha sido la prolongación de la temporada de incendios. Típicamente, ésta comenzaba a fines de septiembre para terminar hacia mediados de mayo del año siguiente. Durante la última década, la temporada de incendios se ha extendido al año completo (desde el 1 de julio al 30 junio del año siguiente). Los incendios de gran magnitud durante la megasequía se han prolongado en promedio 53 días adicionales por temporada al comparar el periodo 2010-2014 respecto a 1985-2009. Estos incendios representan más del 70% del área quemada en la actual sequía.

Los símbolos de fuego son proporcionales al área quemada anualmente por incendios de gran magnitud (sobre 200 hectáreas) en cada región durante la megasequía (2010-2014, símbolos rojos) y el periodo base (2000-2009, símbolos grises). Los números indican el aumento porcentual del área quemada. En paréntesis se indica el aumento porcentual del número de incendios de magnitud entre el periodo 2010-2014 y 2000-2009. Estadísticas de incendios forestales provistos por la Corporación Nacional Forestal.

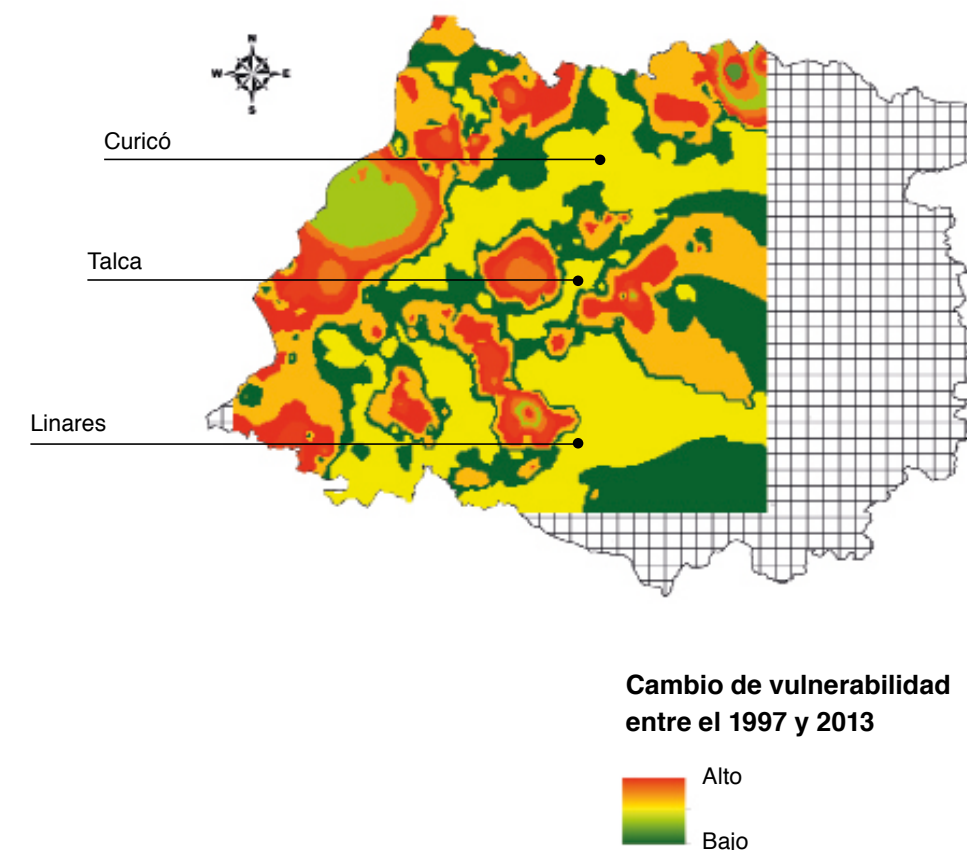
Vulnerabilidad frente a la sequía

A la hora de implementar medidas de mitigación o reparación frente a los impactos adversos de la megasequía u otro evento se hace necesario contar con herramientas que permitan focalizarlas en las zonas y poblaciones más vulnerables.

Los impactos de la megasequía en la vulnerabilidad de un socioecosistema particular resultan de la magnitud de la exposición (cambios en temperatura y precipitación), la sensibilidad del sistema a dicha exposición (medida a través del cambio en los flujos y beneficios de servicios ecosistémicos clave), y su capacidad de resistir y adaptarse. A través de la evaluación de estos tres componentes, se determinó la vulnerabilidad frente a cambios climáticos en la Región del Maule por ser una zona Mediterránea altamente expuesta, con un intenso cambio de uso de suelo y una alta proporción de agricultura familiar campesina (AFC). Aquí se muestra el caso de la provisión de alimentos desde cultivos de papa, trigo y maíz para el periodo entre 1997 y 2013. La exposición se representó como el déficit hídrico (o superávit) sobre la precipitación media de los últimos 30 años. La susceptibilidad de la provisión de alimentos como servicio ecosistémico se estimó como la pérdida de biomasa y de rendimientos de los cultivos de

la AFC suponiendo condiciones de secano. La capacidad adaptativa del socioecosistema se estimó como la resultante de la interacción de variables económicas (ej. presencia y acceso a sustitutos del SE analizado, nivel de tecnología), sociales (ej. educación de la población), e institucionales (ej. presencia de redes, tales como juntas de vigilancias de agua).

Los resultados preliminares de esta herramienta indican que en la Región del Maule la megasequía ha llevado a un aumento en vulnerabilidad al año 2013 en relación a 1997. El periodo de análisis queda determinado por la disponibilidad de información socioeconómica compilada a través de los censos. La capacidad adaptativa no es capaz de revertir los efectos de la exposición y la susceptibilidad del socioecosistema. La utilización de esta herramienta permite focalizar las medidas considerando los aspectos físicos y sociales.

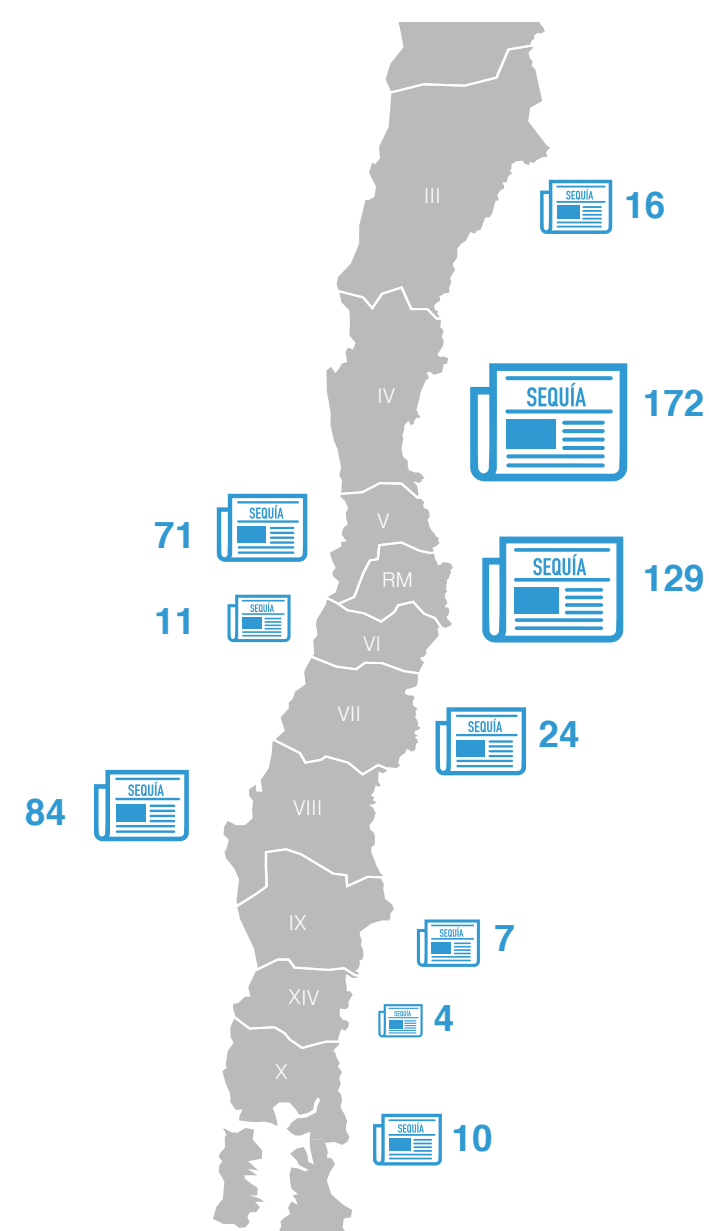


Cambio en la vulnerabilidad integral frente a la sequía entre 1997 y 2013 respecto de la provisión de alimentos en la Región del Maule. Los valores se muestran normalizados respecto del valor más alto. Para la zona achurada no se cuenta con datos.

RESPUESTAS

Percepción de la megasequía

El déficit de precipitaciones en la zona centro sur de Chile es reconocido por sus habitantes como un fenómeno que afecta sus actividades diarias. Los medios de prensa reflejan esta preocupación, siendo un tema recurrente en las regiones con mayor escasez hídrica.



De acuerdo a encuestas aplicadas durante un estudio piloto en las comunas de Paine y La Pintana en la Región Metropolitana, la totalidad de los consultados reconoce que Chile enfrenta un período de sequía. Los entrevistados mencionan que los principales impactos de la sequía en su vida diaria son la limitación y pérdida de cultivos, la falta de agua superficial para riego, la desaparición de zonas de baño y pesca, e incluso enfrentamientos por el uso de agua.

En cuanto a su origen, los encuestados entregan un amplio rango de explicaciones: desde que es un evento normal, parte del ciclo natural del clima, hasta que responde a un impacto del cambio climático antrópico o al aumento de la demanda hídrica por las actividades humanas.

La preocupación ante la sequía también tiene su correlato en los medios de comunicación. Un análisis de las apariciones del concepto «sequía» en prensa escrita a nivel nacional y regional muestra que en 2014 fueron publicadas 554 noticias relacionadas directamente con el tema. De ellas, la mayor parte se concentran en las regiones de Coquimbo, Metropolitana y del Biobío, correspondiendo al área geográfica más afectada por este fenómeno. Sin embargo, al considerar el número de medios analizados, la cantidad de menciones sobre el tema es mayor en la región de Coquimbo, mientras que en O'Higgins y El Maule es relativamente menor.

El tamaño de los símbolos es proporcional al número de apariciones del concepto «sequía» en medios de prensa escrita en cada región durante el año 2014. Este número también se indica para cada región. Elaborado a partir de datos aportados por Litoral Press.

Respuestas de la sociedad

La sociedad responde a la megasequía con múltiples prácticas, instrumentos y estrategias a escala nacional y local. En la mayor parte de estas instancias, se califica a esta sequía como un evento extraordinario.

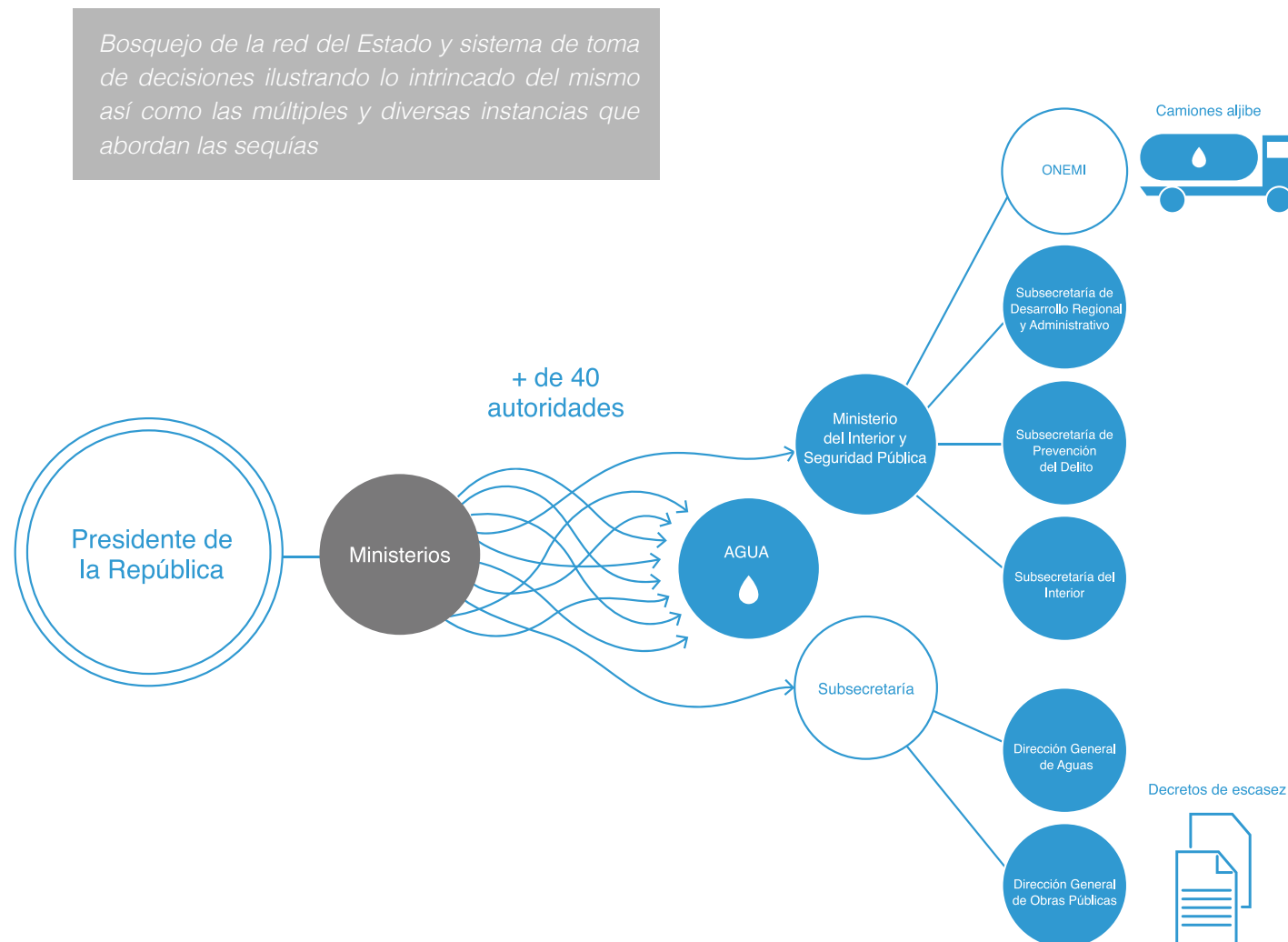
Hemos podido identificar 148 prácticas para enfrentar el prolongado déficit hídrico de la zona centro y sur de Chile. El análisis arroja que un 50% de ellas son ejecutadas por agentes de gobierno, 29% por la empresa privados o sectores productivos y un 21% por la sociedad civil. Estos tres grupos actúan de manera autónoma o bien colaborativamente con otros actores.

La actividad silvoagropecuaria concentra más de un tercio de las respuestas emanadas para abordar este evento de megasequía. En segundo lugar -y abarcando un 20% de las estrategias contra la sequía- destaca el sector sanitario, clave para asegurar el abastecimiento de agua potable para la población. Una menor cantidad de prácticas se enfoca en la construcción de resiliencia: por ejemplo, solo un 6% se dedica a la transferencia tecnológica para mejorar la eficiencia hídrica.

El carácter de las medidas identificadas cubre un amplio espectro y niveles de acción, siendo las obras de

ingeniería e infraestructura las más comunes, seguidas por los subsidios agrícolas. En el sector público, la Presidencia de la República actúa a través de la designación del Delegado Presidencial para los Recursos Hídricos, mientras que la Dirección General de Aguas dicta decretos de escasez a nivel regional y de cuencas, y las municipalidades tratan de paliar los efectos de la megasequía arrendando camiones aljibes o intensificando la entrega de agua potable. Por su parte, el sector privado y la sociedad civil tienden a planificar a escala local, con prácticas como la profundización de pozos, mejoramiento en la tecnificación e infraestructura de riego y talleres de educación para el cuidado del agua.

Esta diversidad de actores y niveles de decisión, así como la ausencia de un marco de gestión coordinada de los recursos hídricos, podría estar afectando la eficacia de las prácticas y haciéndolas más costosas para todos los involucrados en su gestión.



Sequía y Código de Aguas

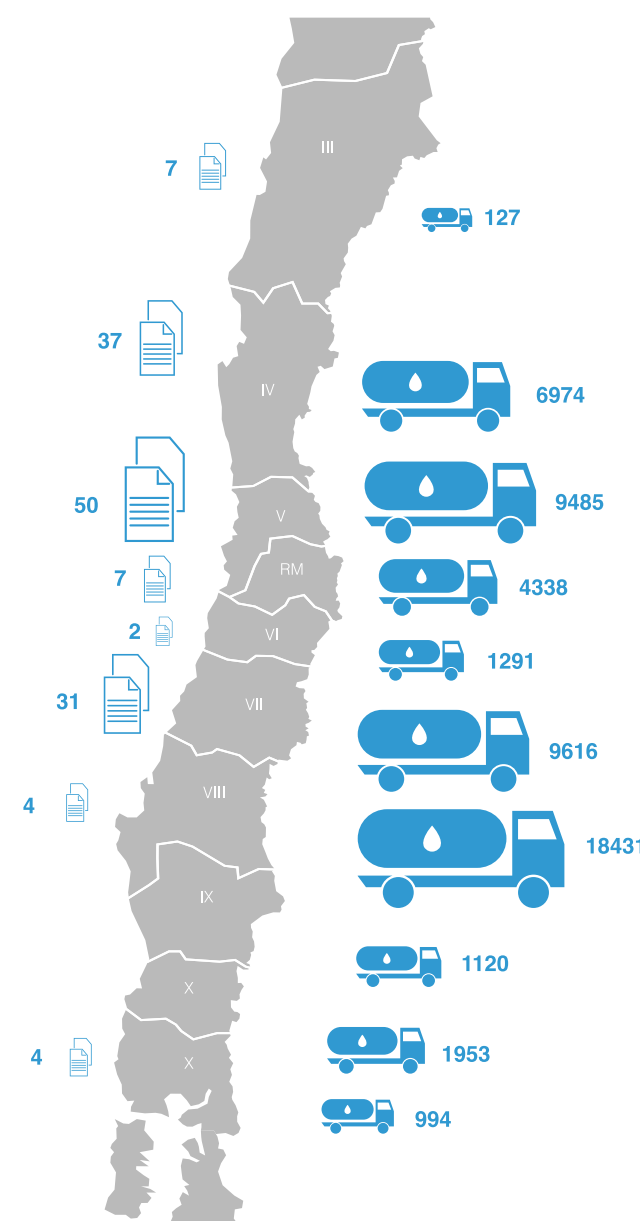
La legislación de aguas vigente busca asegurar el abastecimiento con fines productivos y de consumo de los recursos hídricos, pero supone la sequía como un fenómeno excepcional.

Todos los Códigos de Aguas del país (1951, 1967 y 1981) han contemplado competencias especiales de la Administración para enfrentar situaciones de escasez ordinaria o extraordinaria (sequía). En el caso de la escasez ordinaria, se considera la preservación del recurso y la seguridad jurídica. Para la sequía, el objetivo es asegurar el abastecimiento de agua a través de los decretos de escasez hídrica. Así, el legislador faculta a la Dirección General de Aguas (DGA) para redistribuir las aguas, suspender las atribuciones de las juntas de vigilancia, seccionar las corrientes naturales, autorizar extracciones de aguas subterráneas y/o superficiales, sin necesidad de constituir derechos de aprovechamiento, ni de respetar el caudal ecológico mínimo. En ningún caso se contempla un uso eficiente del agua.

Los mecanismos se mantienen en el tiempo, pese a los distintos paradigmas que han impregnado la legislación de aguas. En efecto, bajo el código de aguas de 1967 (más proclive al Estado) y el de 1981 (más proclive al mercado) se considera a la sequía como un evento extraordinario y lo abordan de manera similar. El debate actual sobre reforma al régimen legal y constitucional de las aguas no contempla la sequía como un evento recurrente y prolongado.

Las declaraciones de escasez (sequía) corresponden al 74% de todos los instrumentos empleados en el período 2008-2014 por la DGA para salvaguardar los recursos hídricos. Las regiones de Coquimbo, Valparaíso, El Maule y Metropolitana concentran el 86% de la aplicación de instrumentos por parte de la DGA.

Estas mismas regiones centralizan el mayor gasto en reparto de agua a través de camiones aljibes por parte de la ONEMI, el cual casi se ha triplicado entre el año 2011 y 2014.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe hemos abordado causas, consecuencias y respuestas frente a la extensa, prolongada y cálida sequía que hemos experimentado en gran parte de Chile desde el año 2010. A la luz de estos antecedentes, nuestras principales conclusiones son las siguientes:

- La sequía experimentada por la zona más habitada de Chile es un fenómeno extraordinario por su duración y extensión, sin parangón en registros instrumentales históricos ni paleoclimáticos de los últimos 1000 años.
- Más de la mitad del déficit pluviométrico durante la megasequía es producto de alteraciones climáticas de origen natural y que varían en el tiempo. Sin embargo, el cambio climático antrópico es responsable de al menos un cuarto del déficit observado, una fracción que, se prevé, aumentará en el futuro.
- Se constatan impactos sustanciales sobre los caudales de las aguas subterráneas, las zonas costeras, la propagación de incendios y la cobertura vegetal. Estos impactos no constituyen una lista exhaustiva sino que ejemplos que denotan la diversidad y concatenación de los mismos a nivel de cuencas y socioecosistemas.
- Las respuestas emanadas del Estado, el sector privado y la sociedad civil organizada suponen un evento transitorio en analogía a eventos experimentados en el pasado. Por otro lado, la multiplicidad de agencias estatales con competencia sobre los recursos hídricos resulta en escasa coordinación y, posiblemente, en medidas subóptimas desde un punto de vista social y económico.

Un futuro más seco y cálido sin análogo en el último milenio, conjugado con una sociedad cada vez más compleja y demandante, nos obliga a buscar medidas y soluciones innovadoras que trasciendan las fronteras administrativas, el interés de uno u otro sector y que contemplen múltiples actores y disciplinas del conocimiento. Las grandes obras de ingeniería que una vez fueron el factor facilitador del desarrollo agrícola, hoy deben diseñarse de modo diferente, con la finalidad de considerar escenarios climáticos y sociales cambiantes en un país altamente urbanizado.

No existen soluciones “mágicas” que hagan aparecer –sin repercusiones económicas, ambientales y sociales– nuevos recursos hídricos que podamos seguir consumiendo en la tasa y modo con que lo hemos hecho hasta ahora. Las medidas emergentes y estructurales, deben ser evaluadas en forma regular y participativa, especialmente a nivel local, permitiendo identificar barreras y deficiencias, recoger conocimiento tradicional y promover el aprendizaje social. De igual forma, la adaptación ante un clima cambiante requiere evaluar la vulnerabilidad de modo integral, contemplando la exposición, la susceptibilidad y la capacidad adaptativa del socioecosistema. Esto requerirá a su vez, de más conocimiento y del fortalecimiento de redes sociales.

Resulta importante agilizar la instauración de un organismo de coordinación interinstitucional responsable de la gestión de recursos hídricos a nivel nacional y de cuencas y que sea capaz de fomentar la capacidad adaptativa de nuestro país, acentuando la consciencia respecto de la finitud de los recursos hídricos. De la misma forma, una reforma al código de aguas, además de hacer concreta la consagración del derecho humano al agua como primera condición, también debiera incorporar la preservación del medio ambiente, ambas imprescindibles para un desarrollo sustentable.

El conocimiento de nuestros principales reservorios de agua dulce –glaciares y aguas subterráneas– si bien ha ido mejorando paulatinamente debe ser ampliamente fortalecido, focalizándose en recopilación y elaboración de información cuantitativa, oportuna, fidedigna y representativa sobre la cual fundar decisiones. Estos reservorios son parte de cuencas hidrográficas complejas y sujetas a cambios, perturbaciones y demandas que deben ser adecuadamente cuantificados. El seguimiento de las condiciones climáticas locales y globales debe realizarse también en forma sistemática y regular, junto a un periódico análisis de las proyecciones climáticas de mediano y largo plazo.



Representación artística de la tendencia simulada de precipitación en Chile durante las últimas tres décadas.
(Período 1981-2020)

Datos obtenidos con los modelos predictivos CESM1 y CAM5.

Artista: Tully Satre (www.tullysatre.com)

La zona más poblada de Chile debe adaptarse desde hoy a un clima futuro más seco y cálido que el actual. Las proyecciones climáticas indican de manera consistente que en un horizonte de algunas décadas la condición media será similar a la que hemos experimentado en los últimos cinco años, acentuando y extendiendo hacia el sur el desbalance entre la oferta y demanda de agua dulce. Frente a esto, Chile debe tomar medidas hoy para enfrentar el mañana. De nosotros depende aprender a tiempo la lección de la megasequía.



Los resultados presentados en este informe son parte del trabajo interdisciplinario que realiza el Centro de Investigación del Clima y la Resiliencia (CR2). La versión electrónica de este documento y material adicional están disponibles en el sitio web www.cr2.cl/megasequia. El CR2 es un centro de excelencia financiado por el programa FONDAP de CONICYT (Proyecto 15110009) en el cual participan cerca de 60 científicos asociados a la Universidad de Chile, la Universidad de Concepción y la Universidad Austral de Chile.

Coordinación general: René Garreaud

Edición general: Susana Bustos, Laura Gallardo, René Garreaud y Nicole Tondreau

Contribuciones: Paulina Aldunce, Gabriel Araya, Juan Pablo Boisier, Deniz Bozkurt, Alejandra Carmona, Duncan Christie, Laura Farías, Laura Gallardo, Mauricio Galleguillos, René Garreaud, Mauro González, Paulo Herrera, Nicolás Huneeus, Dana Jiménez, Antonio Lara, Daniela Latoja, Gloria Lillo, Ítalo Masotti, Pilar Moraga, Laura Nahuelhual, Pablo Paredes, Jorge Ossandón, Maisa Rojas, Anahí Urquiza, Mariela Yévenes, Mauricio Zambrano.

Diseño gráfico: Cristóbal Bustamante



(CR)²

Center for Climate
and Resilience Research
www.CR2.cl