

RADIOGRAFÍA DEL AGUA

BRECHA Y RIESGO HÍDRICO EN CHILE



GOBERNANZA

- 16 Meses de trabajo
- 57 Sesiones de trabajo
- 150 participantes en total
- 27 especialistas nacionales e internacionales
- +9700 horas de trabajo

Coordinación y facilitación



Comité Ejecutivo



·Ministerio Obras Públicas
·Ministerio del Medio Ambiente
·Dirección General de Aguas (DGA)

Comité Técnico



·Instituto Nacional de Hidráulica (INH)
·Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)
·Dirección General de Aguas (DGA)

Especialistas temáticos invitados

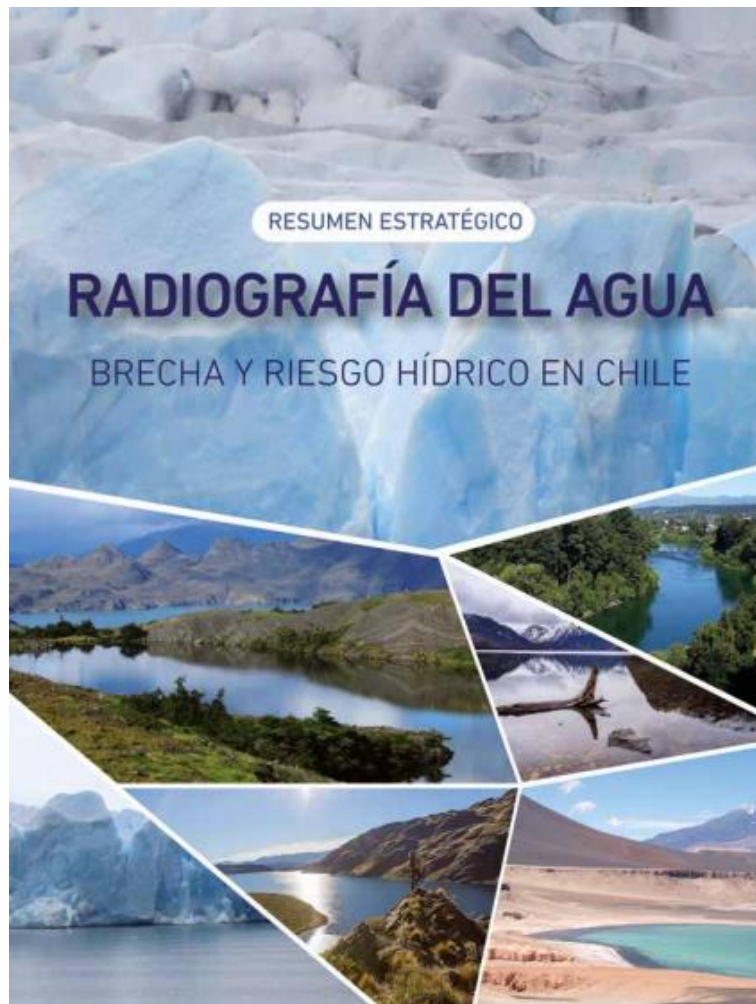


Grupo de Construcción de Escenarios



·Ministerio Obras Públicas
·Ministerio del Medio Ambiente
·Dirección General de Aguas
·Ministerio de Minería
·Ministerio de Energía
·Ministerio de Hacienda
·Ministerio del Interior y Seguridad Pública
·Dirección de Obras Hidráulicas
·Instituto Nacional de Hidráulica
·CNR
·INDAP
·COCHILCO
·SISS
·SERNAGEOMIN
·CONAF





Comprender la situación actual del agua y sus tendencias en el tiempo

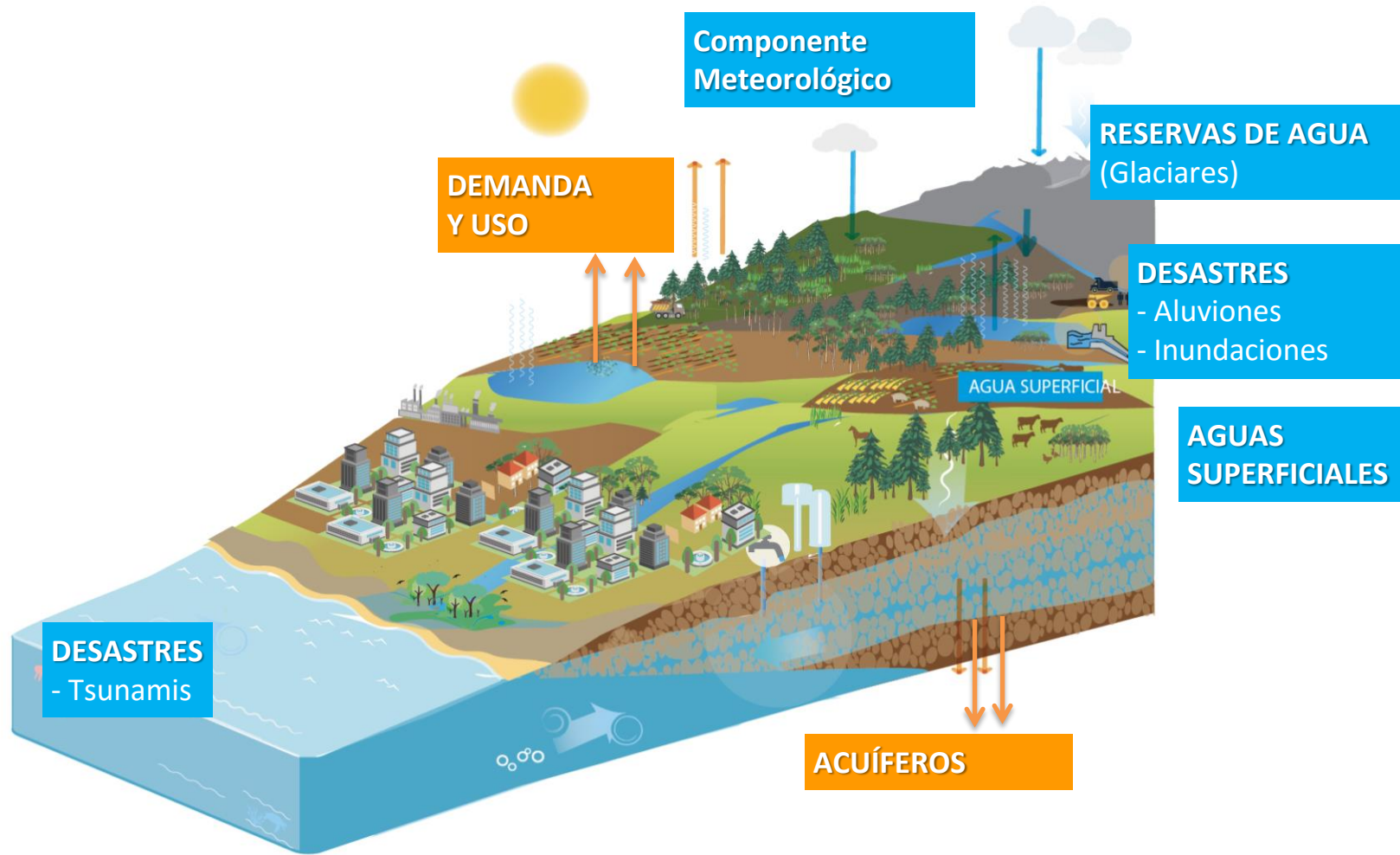
Con Indicadores simples

Insumo para tomadores de decisión:

¿Dónde priorizar?

¿Qué abordar?

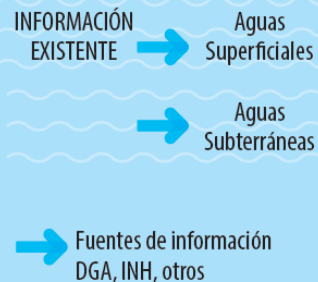
¿Qué sectores son vulnerables y dónde?



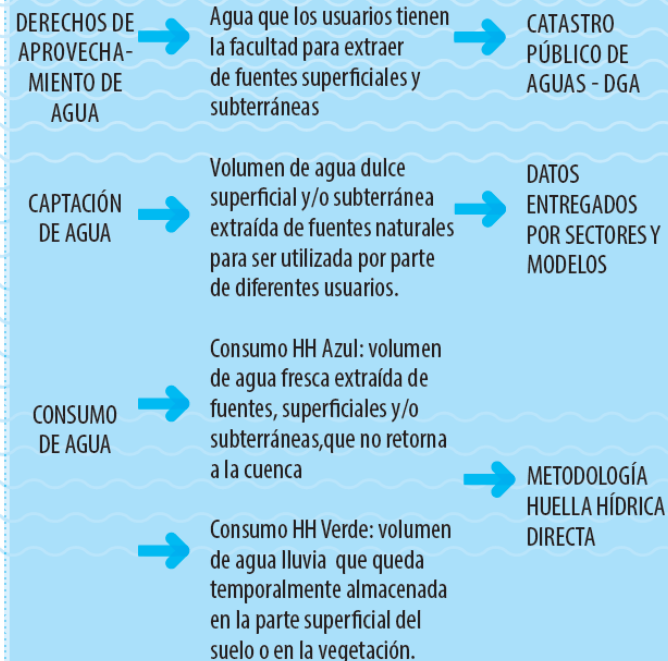


BRECHA HÍDRICA - TERRITORIO NACIONAL

OFERTA REFERENCIAL



DEMANDA DE AGUA



$$\text{Brecha Hídrica} = \frac{\text{Consumo Hídrico}}{\text{Oferta Hídrica}}$$



RIESGO HÍDRICO - TERRITORIO NACIONAL

DÉFICIT HÍDRICO

SPEI



Balance
Precipitaciones
y Evapotranspiración
(sequía
meteorológica)

NIVELES DE
POZOS



Tendencia en
niveles de aguas
subterráneas

TENDENCIA
CAUDALES



Tendencia en
caudales de aguas
superficiales

GLACIARES



Balance de masa
y retroceso areal y
frontal de glaciares

EXCESO DE AGUA

INUNDACIONES



Inundaciones,
lluvias y avenidas
torrenciales

ALUVIONES



Flujo de agua
con arrastre de
material por
ladera, quebrada
o cause

TSUNAMIS



Onda oceánica
generada por
perturbaciones
asociadas
principalmente a
sismos

CALIDAD DE AGUA

INDICE DE CALIDAD
DE AGUAS
SUPERFICIALES
(ICAS)



Calidad de
aguas para
diferentes usos

PARÁMETROS CONSIDERADOS:

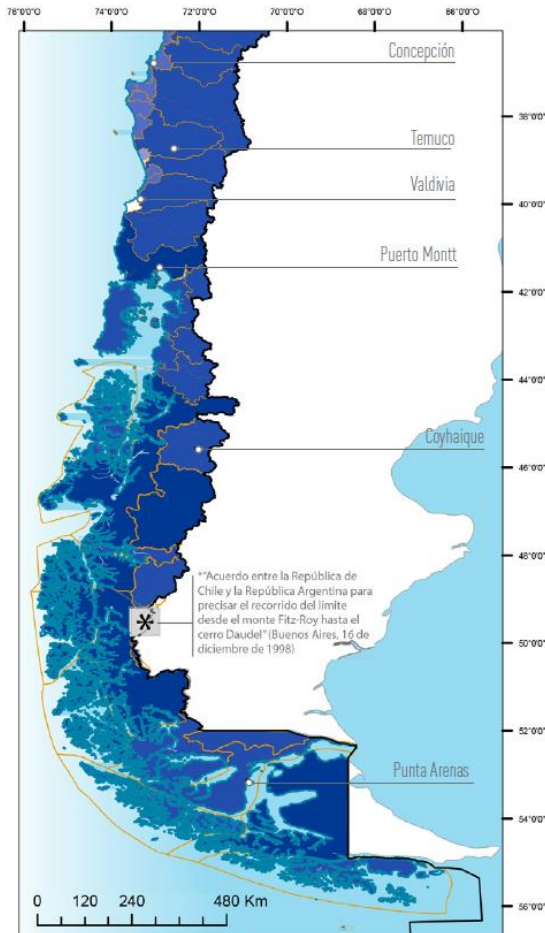
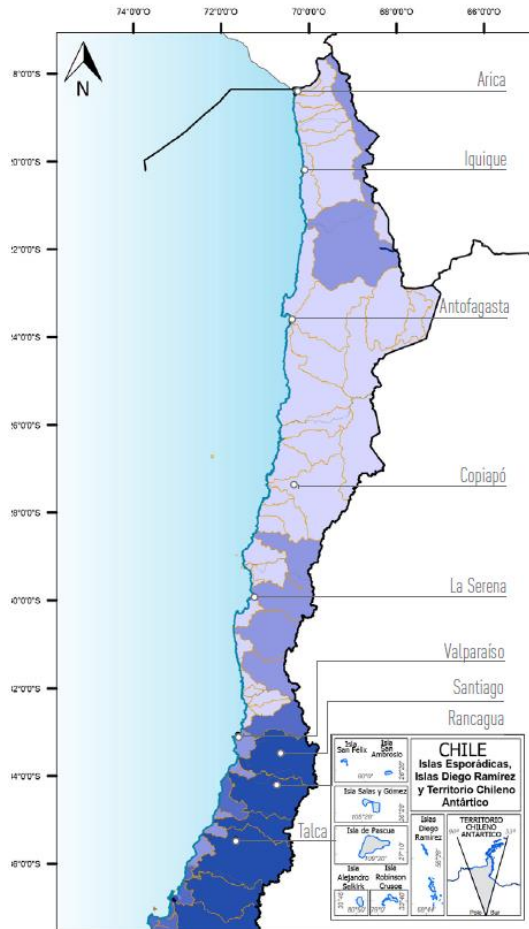
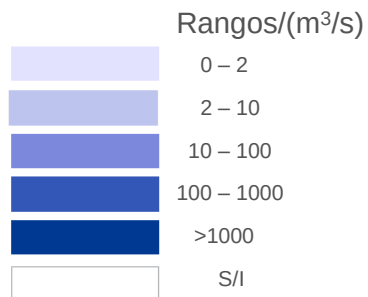
Parámetros generales: Oxígeno
Disuelto, pH, DQO, Conductividad
Eléctrica

Parámetros críticos: Arsénico, Cadmio,
Cromo (VI), Cobalto, Níquel y Plomo
Parámetros no críticos: Cianuro, Cobre,
Fluoruro, Mercurio, Molibdeno disuelto,
Nitrato, Nitrito, Plata y Selenio

OFERTA REFERENCIAL DE AGUAS SUPERFICIALES

La disponibilidad del recurso es heterogénea aumentando conforme se avanza hacia el sur.

En un rango que varía entre 0 y 3.480 m³/s.



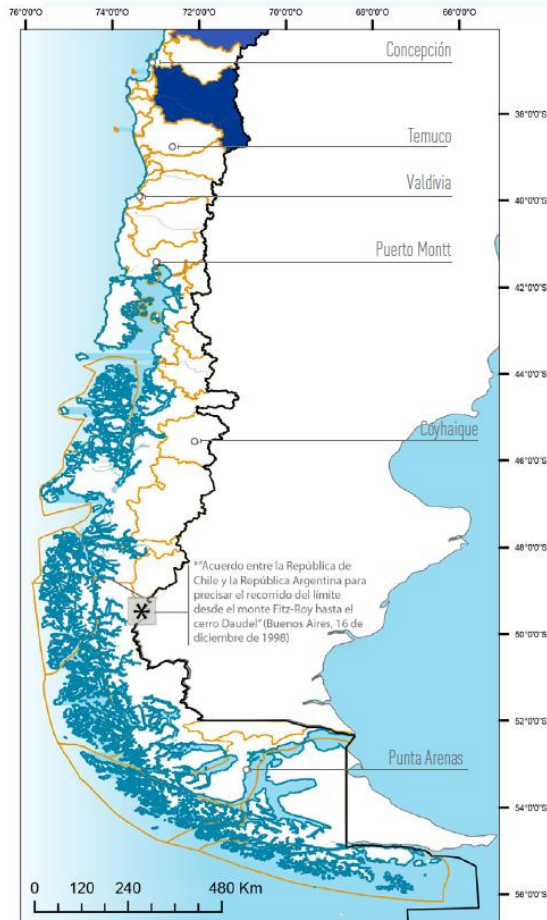
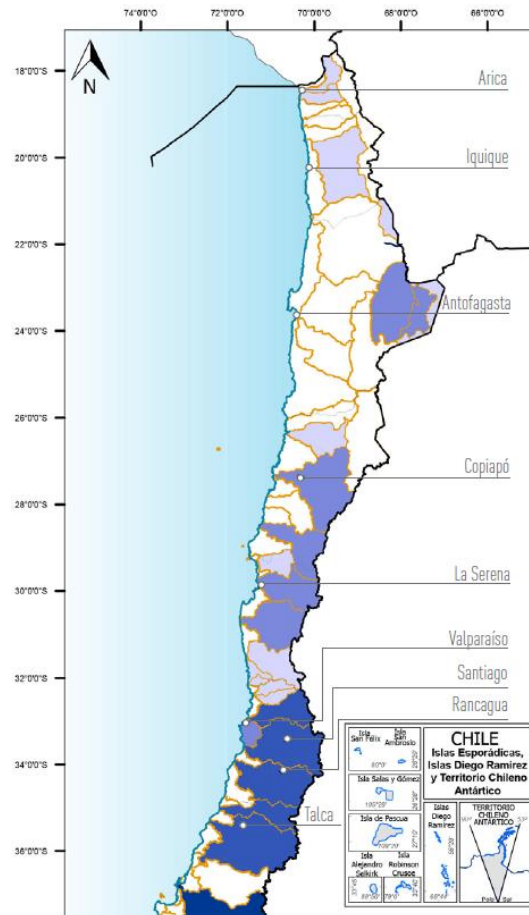
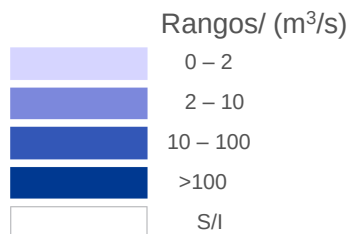
Fuente: Estudios y balances DGA, INH, BN1987, otros.
Revisado y procesado por Dr. José Vargas. U. de Concepción (2017). Para EH2030. Chile

OFERTA REFERENCIAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Cuencas con menor oferta:

- río Los Choros
- costeras entre río Choapa y río Quilimarí
- río Salado
- río Quilimarí
- río San José
- río Lluta
- río Petorca
- Pampa del Tamarugal

La región de Antofagasta, zonas sur y Austral carecen de información.



Fuente: Estudios y balances DGA, INH, BN1987, otros.

Revisado y procesado por Dr. José Vargas. U. de Concepción (2017). Para EH2030. Chile

HUELLA HÍDRICA AZUL

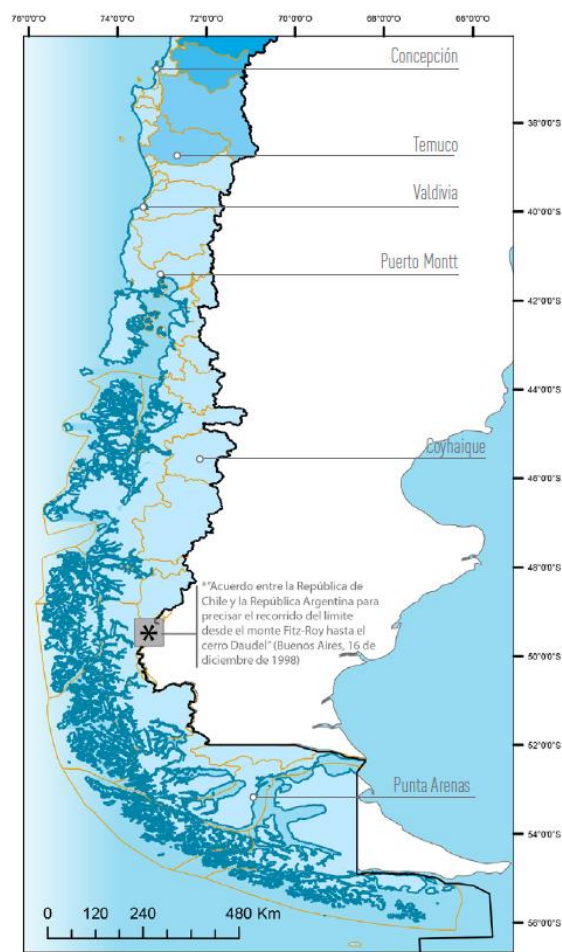
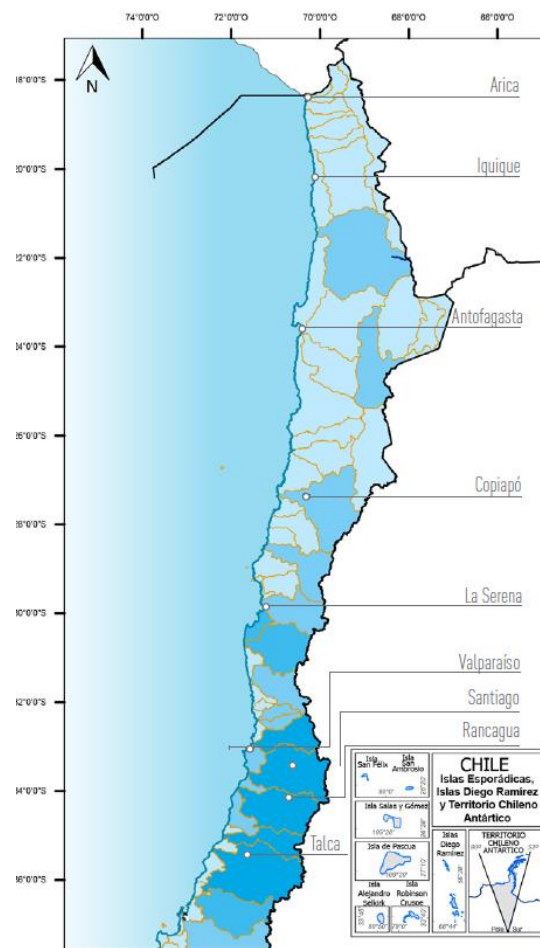
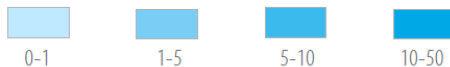
Volumen de agua fresca que se extrae de fuentes superficiales y/o subterráneas y que **no retorna** al ambiente de donde se extrajo (ej agua evaporada, agua incorporada en el producto).

Las regiones de la zona centro-sur concentran el mayor consumo de huella azul.

Las regiones con mayor huella azul en el país son:

- Maule (50 m³/s)
- O'Higgins (46 m³/s)
- RM (36 m³/s)

RANGOS (m³/s)



Fuente: Especialistas en HH, revisado y validado por WFN y Hoekstra, A. (2017). Para EH2030. Chile

HUELLA HÍDRICA VERDE

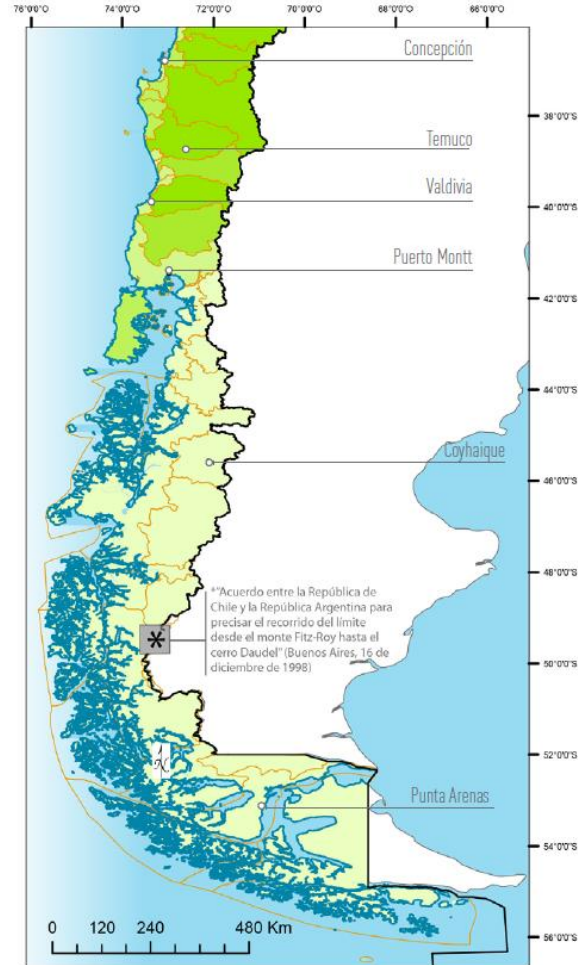
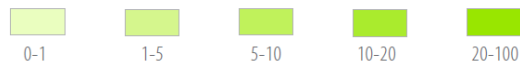
Volumen de agua lluvia consumida que queda temporalmente almacenada en la parte superficial del suelo o en la vegetación

Las regiones de la zona sur concentran el mayor consumo de huella verde.

Las regiones con mayor huella verde son:

- Biobío (143 m³/s)
- Araucanía (104 m³/s)
- Maule (99 m³/s)
- Los Ríos (42 m³/s)

RANGOS (m³/s)



Fuente: Especialistas en HH, revisado y validado por WFN y Hoekstra, A. (2017). Para EH2030. Chile

BRECHA HÍDRICA

Indicador que muestra la relación entre consumo y oferta de agua disponible

Las cuencas con mayor brecha hídrica están en las regiones de Arica y Parinacota, Atacama, Coquimbo y Valparaíso

- Brecha Alta
- Brecha Media
- Brecha Moderada
- Brecha Baja



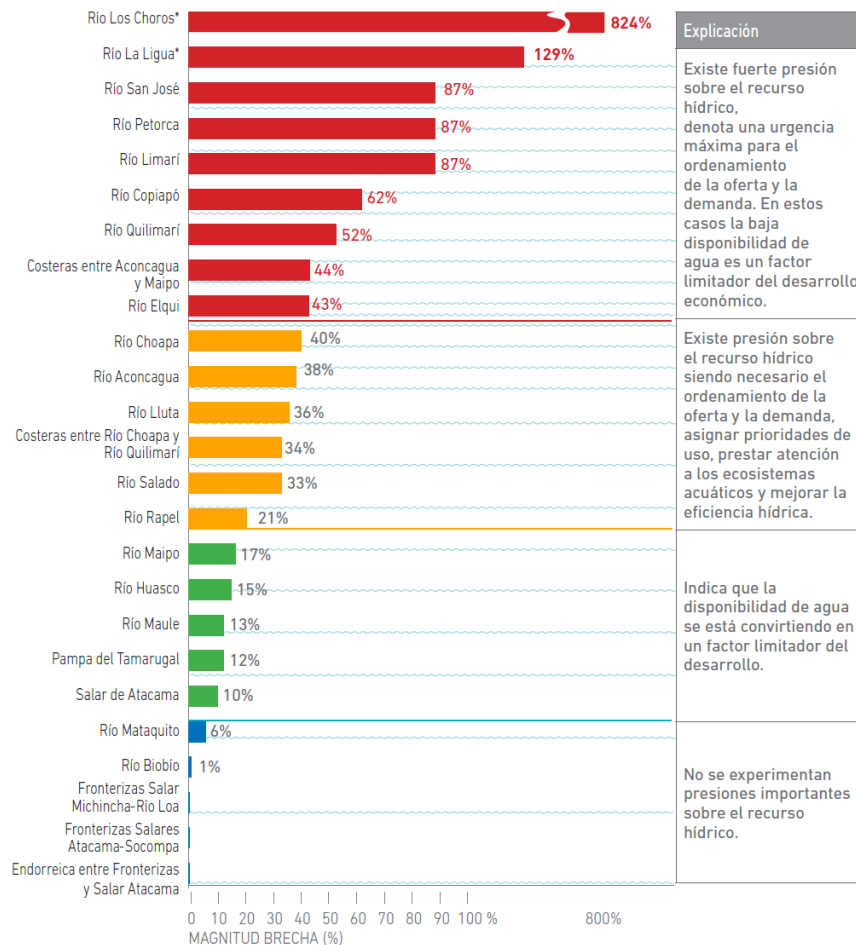
Fuente: EH2030 (2018) con metodología de OMM , 1997 y Rivera et al., 2004

BRECHA HÍDRICA

Las cuencas con mayor brecha hídrica son:

- Río Los Choros
- Río La Ligua
- Río San José
- Río Petorca
- Río Limarí
- Río Copiapó
- Río Quilimarí
- Costeras entre Aconcagua y Maipo

BRECHA HÍDRICA EN CUENCAS ANALIZADAS



DEMANDA HÍDRICA

DEMANDA DE AGUA DISTRIBUIDA POR REGIONES

Región	Derechos de Agua (DDA)(consuntivos permanentes registrados en CPA)			Captación ⁴ [m³/s]	Devolución ⁵ [m³/s]	Consumo	
	DDA [m³/s] ¹	Coficiente ² DAA/ captación	Acciones ³ [Nº]			HH Azul ⁶ [m³/s]	HH Verde ⁷ [m³/s]
Arica y Parinacota	16,73	3,90	35.541	4,29	1,92	2,37	0,06
Tarapacá	14,38	4,70	7.926	3,06	1,14	1,92	0,05
Antofagasta	26,25	3,51	-	7,47	1,75	5,72	0,01
Atacama	35,00	4,09	5.894	8,55	3,33	5,23	0,09
Coquimbo	209,52	5,71	21.893	36,68	14,72	21,96	0,95
Valparaíso	476,82	10,57	6.480	45,28	19,34	25,94	5,16
Metropolitana	528,58	5,43	2.612	102,63	66,52	36,11	4,34
Libertador General Bernardo O'Higgins	319,71	3,21	54.111	168,54	122,15	46,39	15,76
Maule	318,39	2,48	44.630	549,10	499,03	50,07	99,37
Biobío	330,39	8,74	25.286	579,87	567,52	12,35	143,09
Araucanía	457,88	39,69	5.192	265,31	261,81	3,50	103,82
Los Ríos	112,77	48,62	-	2,32	1,97	0,35	41,74
Los Lagos	229,95	93,62	-	51,17	50,03	1,14	22,00
Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo	167,27	251,57	349	0,66	0,51	0,15	0,63
Magallanes y la Antártica Chilena	91,79	117,87	-	0,78	0,24	0,53	0,26
Total País	3.335,44	6,86	209.914	1.825,71	1.611,98	213,73	437,34

Fuente: Escenarios Hídricos 2030, 2018

DEMANDA HÍDRICA

Los DAA otorgados superan en promedio +6 veces la extracción actual de aguas

DEMANDA DE AGUA DISTRIBUIDA POR REGIONES

Región	Derechos de Agua (DDA)(consuntivos permanentes registrados en CPA)			Captación ⁴ [m³/s]	Devolución ⁵ [m³/s]	Consumo	
	DDA [m³/s] ¹	Coficiente ² DAA/ captación	Acciones ³ [Nº]			HH Azul ⁶ [m³/s]	HH Verde ⁷ [m³/s]
Arica y Parinacota	16,73	3,90	35.541	4,29	1,92	2,37	0,06
Tarapacá	14,38	4,70	7.926	3,06	1,14	1,92	0,05
Antofagasta	26,25	3,51	-	7,47	1,75	5,72	0,01
Atacama	35,00	4,09	5.894	8,55	3,33	5,23	0,09
Coquimbo	209,52	5,71	21.893	36,68	14,72	21,96	0,95
Valparaíso	476,82	10,57	6.480	45,28	19,34	25,94	5,16
Metropolitana	528,58	5,43	2.612	102,63	66,52	36,11	4,34
Libertador General Bernardo O'Higgins	319,71	3,21	54.111	168,54	122,15	46,39	15,76
Maule	318,39	2,48	44.630	549,10	499,03	50,07	99,37
Biobío	330,39	8,74	25.286	579,87	567,52	12,35	143,09
Araucanía	457,88	39,69	5.192	265,31	261,81	3,50	103,82
Los Ríos	112,77	48,62	-	2,32	1,97	0,35	41,74
Los Lagos	229,95	93,62	-	51,17	50,03	1,14	22,00
Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo	167,27	251,57	349	0,66	0,51	0,15	0,63
Magallanes y la Antártica Chilena	91,79	117,87	-	0,78	0,24	0,53	0,26
Total País	3.335,44	6,86	209.914	1.825,71	1.611,98	213,73	437,34

Fuente: Escenarios Hídricos 2030, 2018

DEMANDA HÍDRICA

DEMANDA DE AGUA DISTRIBUIDA POR REGIONES

Actualmente, un 88% del agua captada (agua superficial y/o subterránea extraída) es devuelta al sistema.

Región	Derechos de Agua (DDA)(consuntivos permanentes registrados en CPA)			Captación ⁴ [m³/s]	Devolución ⁵ [m³/s]	Consumo	
	DDA [m³/s] ¹	Coficiente ² DAA/ captación	Acciones ³ [Nº]			HH Azul ⁶ [m³/s]	HH Verde ⁷ [m³/s]
Arica y Parinacota	16,73	3,90	35.541	4,29	1,92	2,37	0,06
Tarapacá	14,38	4,70	7.926	3,06	1,14	1,92	0,05
Antofagasta	26,25	3,51	-	7,47	1,75	5,72	0,01
Atacama	35,00	4,09	5.894	8,55	3,33	5,23	0,09
Coquimbo	209,52	5,71	21.893	36,68	14,72	21,96	0,95
Valparaíso	476,82	10,57	6.480	45,28	19,34	25,94	5,16
Metropolitana	528,58	5,43	2.612	102,63	66,52	36,11	4,34
Libertador General Bernardo O'Higgins	319,71	3,21	54.111	168,54	122,15	46,39	15,76
Maule	318,39	2,48	44.630	549,10	499,03	50,07	99,37
Biobío	330,39	8,74	25.286	579,87	567,52	12,35	143,09
Araucanía	457,88	39,69	5.192	265,31	261,81	3,50	103,82
Los Ríos	112,77	48,62	-	2,32	1,97	0,35	41,74
Los Lagos	229,95	93,62	-	51,17	50,03	1,14	22,00
Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo	167,27	251,57	349	0,66	0,51	0,15	0,63
Magallanes y la Antártica Chilena	91,79	117,87	-	0,78	0,24	0,53	0,26
Total País	3.335,44	6,86	209.914	1.825,71	1.611,98	213,73	437,34

Fuente: Escenarios Hídricos 2030, 2018

DEMANDA HÍDRICA

DEMANDA DE AGUA DISTRIBUIDA POR REGIONES

Región	Derechos de Agua (DDA)(consuntivos permanentes registrados en CPA)			Captación ⁴ [m³/s]	Devolución ⁵ [m³/s]	Consumo	
	DDA [m³/s] ¹	Coficiente ² DAA/ captación	Acciones ³ [Nº]			HH Azul ⁶ [m³/s]	HH Verde ⁷ [m³/s]
Arica y Parinacota	16,73	3,90	35.541	4,29	1,92	2,37	0,06
Tarapacá	14,38	4,70	7.926	3,06	1,14	1,92	0,05
Antofagasta	26,25	3,51	-	7,47	1,75	5,72	0,01
Atacama	35,00	4,09	5.894	8,55	3,33	5,23	0,09
Coquimbo	209,52	5,71	21.893	36,68	14,72	21,96	0,95
Valparaíso	476,82	10,57	6.480	45,28	19,34	25,94	5,16
Metropolitana	528,58	5,43	2.612	102,63	66,52	36,11	4,34
Libertador General Bernardo O'Higgins	319,71	3,21	54.111	168,54	122,15	46,39	15,76
Maule	318,39	2,48	44.630	549,10	499,03	50,07	99,37
Biobío	330,39	8,74	25.286	579,87	567,52	12,35	143,09
Araucanía	457,88	39,69	5.192	265,31	261,81	3,50	103,82
Los Ríos	112,77	48,62	-	2,32	1,97	0,35	41,74
Los Lagos	229,95	93,62	-	51,17	50,03	1,14	22,00
Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo	167,27	251,57	349	0,66	0,51	0,15	0,63
Magallanes y la Antártica Chilena	91,79	117,87	-	0,78	0,24	0,53	0,26
Total País	3.335,44	6,86	209.914	1.825,71	1.611,98	213,73	437,34

La HH Verde duplica
la HH Azul

Fuente: Escenarios Hídricos 2030, 2018

DEMANDA HÍDRICA

DEMANDA DE AGUA DISTRIBUIDA POR USOS

USO	Derechos de Agua (DDA)(consuntivos permanentes registrados en CPA)			Captación ⁴ [m³/s]	Devolución ⁵ [m³/s]	Consumo	
	DDA [m³/s] ¹	Coefficiente ² DAA/ captación	Acciones ³ [Nº]			HH Azul ⁴ [m³/s]	HH Verde ⁷ [m³/s]
Agrícola (Riego)	1.184,01	2,93	44.676	404,53	217,69	186,84	53,33
Minero	24,95	2,46	-	10,16	0,02	10,14	-
Agua y Saneamiento	1.92,78	3,49	270	55,29	41,98	13,30	-
Industrial	16,81	1,30	-	12,93	11,74	1,19	-
Forestal ⁸	No aplica (N/A)	N/A	N/A	-	-	-	384,01
Energía ⁹	3,64	N/A	-	1.339,62	1.338,29	1,33	-
Pecuario	-	-	-	3,19	2,27	0,92	-
Otros Usos/No especificado	1.913,24	-	164.968	-	-	-	-
Total	3.335,44	6,86	209.914	1.825,71	1.611,98	213,73	437,34

Fuente: Escenarios Hídricos 2030, 2018

DEMANDA HÍDRICA

Los sectores que concentran mayor relación DAA/Captación son:

- Agrícola
- Minero
- Agua y Saneamiento

DEMANDA DE AGUA DISTRIBUIDA POR USOS

USO	Derechos de Agua (DDA)(consuntivos permanentes registrados en CPA)			Captación ⁴ [m³/s]	Devolución ⁵ [m³/s]	Consumo	
	DDA [m³/s] ¹	Coefficiente ² DAA/ captación	Acciones ³ [Nº]			HH Azul ⁴ [m³/s]	HH Verde ⁷ [m³/s]
Agrícola (Riego)	1.184,01	2,93	44.676	404,53	217,69	186,84	53,33
Minero	24,95	2,46	-	10,16	0,02	10,14	-
Agua y Saneamiento	1.92,78	3,49	270	55,29	41,98	13,30	-
Industrial	16,81	1,30	-	12,93	11,74	1,19	-
Forestal ⁸	No aplica (N/A)	N/A	N/A	-	-	-	384,01
Energía ⁹	3,64	N/A	-	1.339,62	1.338,29	1,33	-
Pecuario	-	-	-	3,19	2,27	0,92	-
Otros Usos/No especificado	1.913,24	-	164.968	-	-	-	-
Total	3.335,44	6,86	209.914	1.825,71	1.611,98	213,73	437,34

Fuente: Escenarios Hídricos 2030, 2018

DEMANDA HÍDRICA

El sector Agrícola si bien capta mucha agua devuelve un volumen importante al sistema (54%).

DEMANDA DE AGUA DISTRIBUIDA POR USOS

USO	Derechos de Agua (DDA)(consuntivos permanentes registrados en CPA)			Captación ⁴ [m³/s]	Devolución ⁵ [m³/s]	Consumo	
	DDA [m³/s] ¹	Coefficiente ² DAA/ captación	Acciones ³ [Nº]			HH Azul ⁴ [m³/s]	HH Verde ⁷ [m³/s]
Agrícola (Riego)	1.184,01	2,93	44.676	404,53	217,69	186,84	53,33
Minero	24,95	2,46	-	10,16	0,02	10,14	-
Agua y Saneamiento	1.92,78	3,49	270	55,29	41,98	13,30	-
Industrial	16,81	1,30	-	12,93	11,74	1,19	-
Forestal ⁸	No aplica (N/A)	N/A	N/A	-	-	-	384,01
Energía ⁹	3,64	N/A	-	1.339,62	1.338,29	1,33	-
Pecuario	-	-	-	3,19	2,27	0,92	-
Otros Usos/No especificado	1.913,24	-	164.968	-	-	-	-
Total	3.335,44	6,86	209.914	1.825,71	1.611,98	213,73	437,34

Fuente: Escenarios Hídricos 2030, 2018

DEMANDA HÍDRICA

DEMANDA DE AGUA DISTRIBUIDA POR USOS

USO	Derechos de Agua (DDA)(consuntivos permanentes registrados en CPA)			Captación ⁴ [m³/s]	Devolución ⁵ [m³/s]	Consumo	
	DDA [m³/s] ¹	Coefficiente ² DAA/ captación	Acciones ³ [Nº]			HH Azul ⁴ [m³/s]	HH Verde ⁷ [m³/s]
Agrícola (Riego)	1.184,01	2,93	44.676	404,53	217,69	186,84	53,33
Minero	24,95	2,46	-	10,16	0,02	10,14	-
Agua y Saneamiento	1.92,78	3,49	270	55,29	41,98	13,30	-
Industrial	16,81	1,30	-	12,93	11,74	1,19	-
Forestal ⁸	No aplica (N/A)	N/A	N/A	-	-	-	384,01
Energía ⁹	3,64	N/A	-	1.339,62	1.338,29	1,33	-
Pecuario	-	-	-	3,19	2,27	0,92	-
Otros Usos/No especificado	1.913,24	-	164.968	-	-	-	-
Total	3.335,44	6,86	209.914	1.825,71	1.611,98	213,73	437,34

Fuente: Escenarios Hídricos 2030, 2018

El sector con mayor consumo de agua a nivel nacional es el sector Forestal (HH verde)

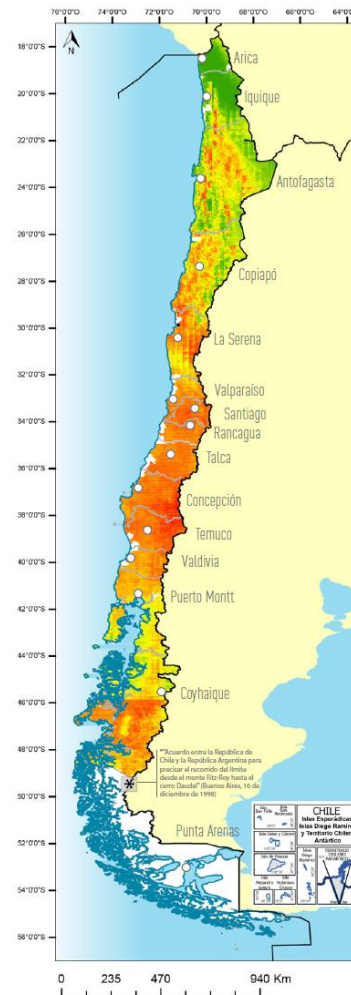
SEQUÍA METEOROLÓGICA

– Variación de precipitaciones (2000 – 2014)

Las precipitaciones disminuyen en todo el país, a excepción del altiplano, presentándose cambios significativos entre las regiones de Atacama y Los Lagos

-  Zonas donde disminuyen las precipitaciones
-  Zonas donde aumentan las precipitaciones

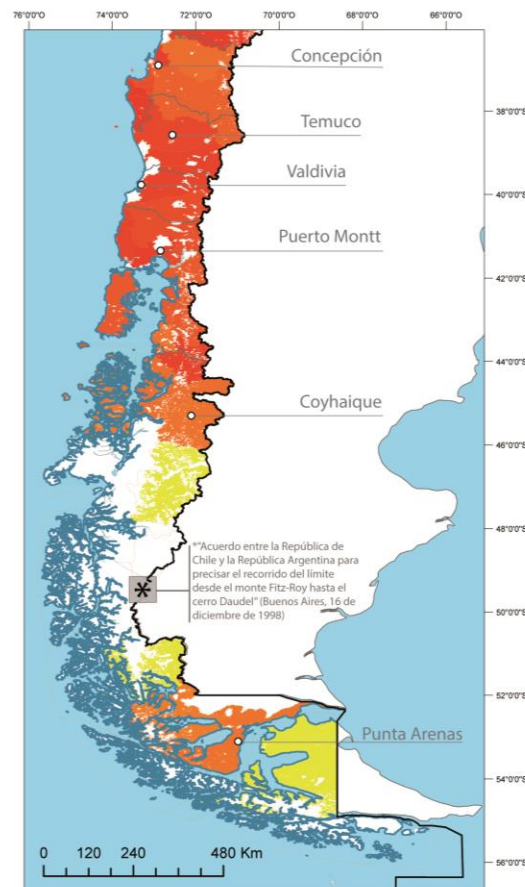
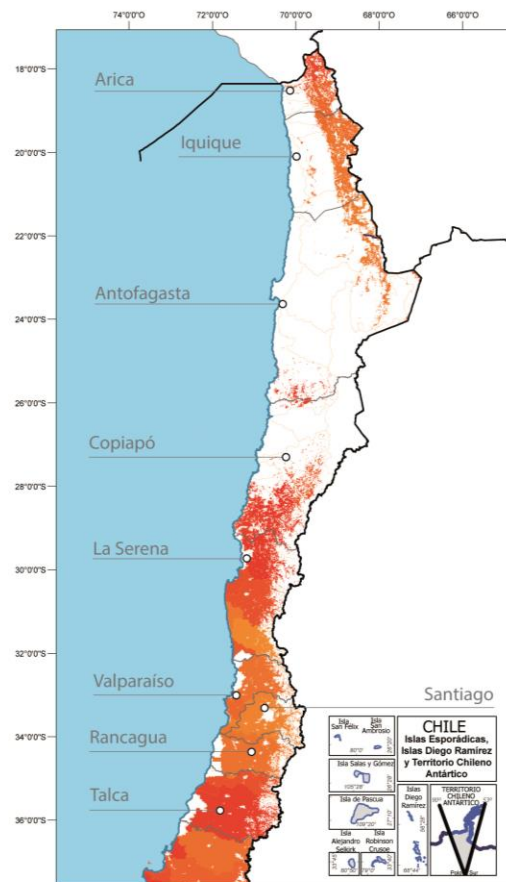
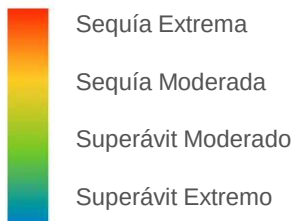
Fuente: CR2 Universidad de Chile. (2017). Para EH2030. Chile



SEQUÍA METEOROLÓGICA – índice SPEI (2000 – 2014)

Atacama y Coquimbo presentan el déficit hídrico más grande en magnitud.

De Coquimbo hasta Aysén se registra una extensa sequía meteorológica, destacándose algunas cuencas de las regiones del Maule, Biobío, Araucanía y Los Ríos.



Fuente: CR2. Universidad de Chile (2017). Para EH2030. Chile

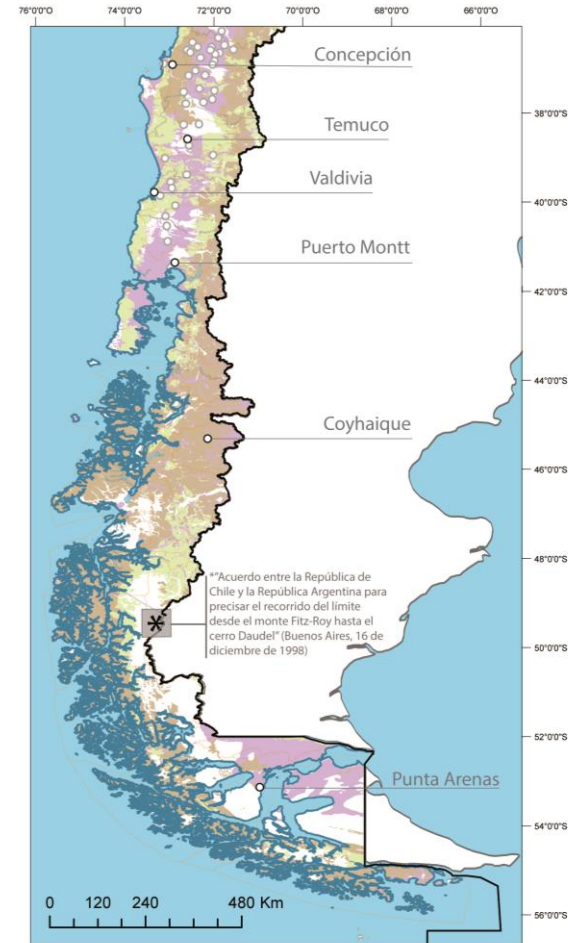
AGUAS SUBTERRÁNEAS - Tendencia niveles de pozos

TENDENCIA POST 2000 N° DE POZOS

CATEGORÍA	● Positiva, significativa	→ 9
	● Positiva, no significativa	→ 20
	● Negativa, no significativa	→ 15
	● Negativa, significativa	→ 101
	○ Sin información	→ 949

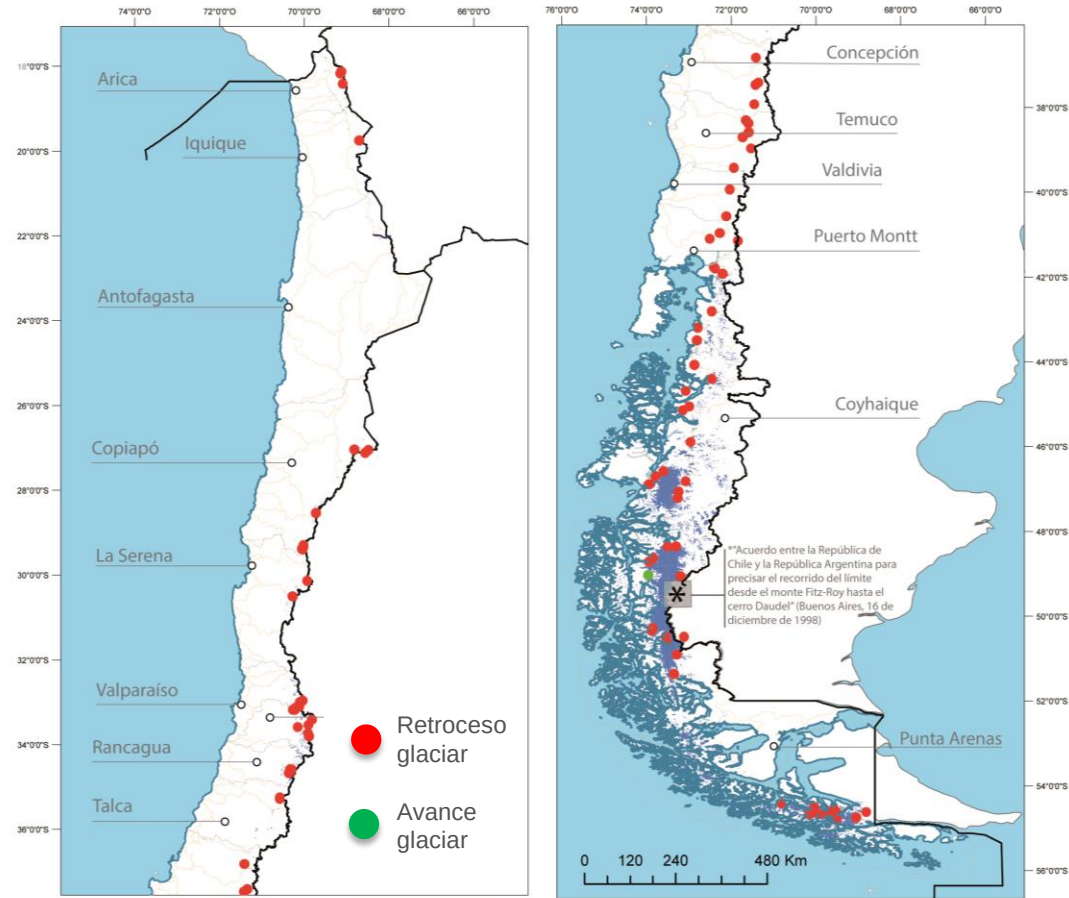
101 pozos de 145 medidos
presentan tendencia negativa
significativa.

949 pozos no pueden ser
analizados por falta de
información.



VARIACIÓN DE GLACIARES

Los glaciares de las zonas norte, centro y sur presentan retroceso glaciar o pérdida de masa.



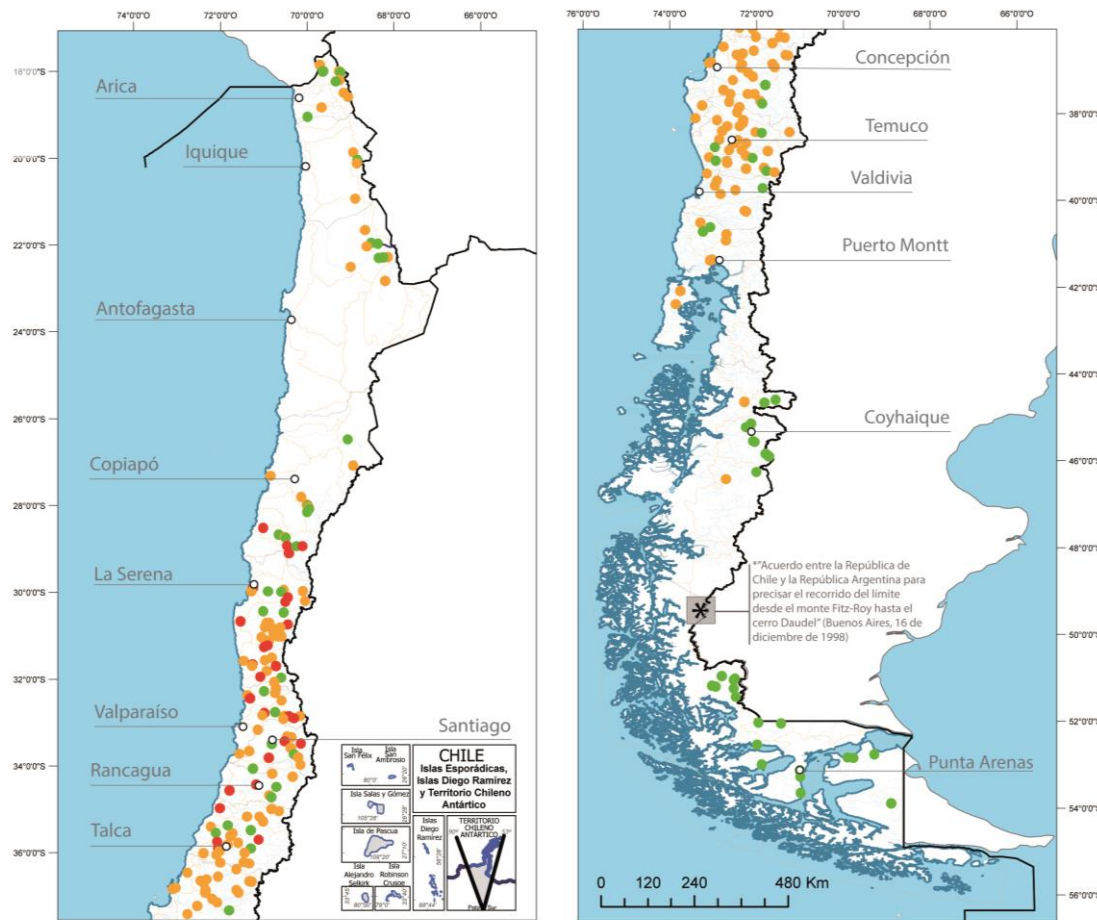
Fuente: DGA (2011). Variaciones recientes de glaciares en Chile según principales zonas glaciológicas. Chile

AGUAS SUPERFICIALES – Tendencia de caudales

Un 60% de las estaciones analizadas presentan caudales sin tendencia de variación importante.

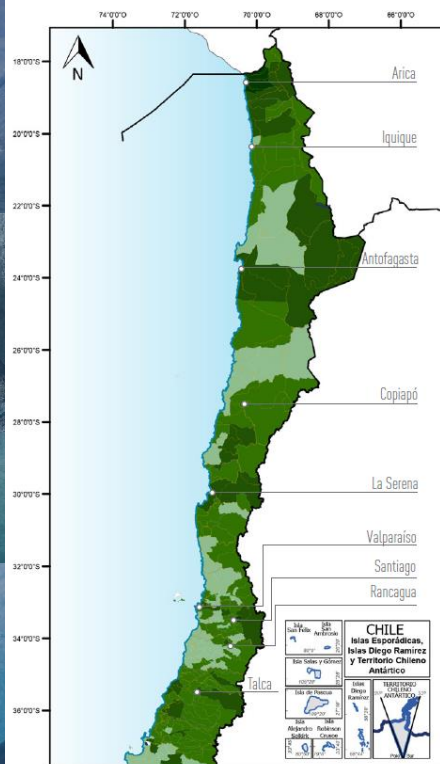
Sólo un 11% de las estaciones ubicadas entre Coquimbo y Maule presentan una tendencia a la baja en caudales.

- Tendencia a la baja
- Sin tendencia
- Tendencia al alza

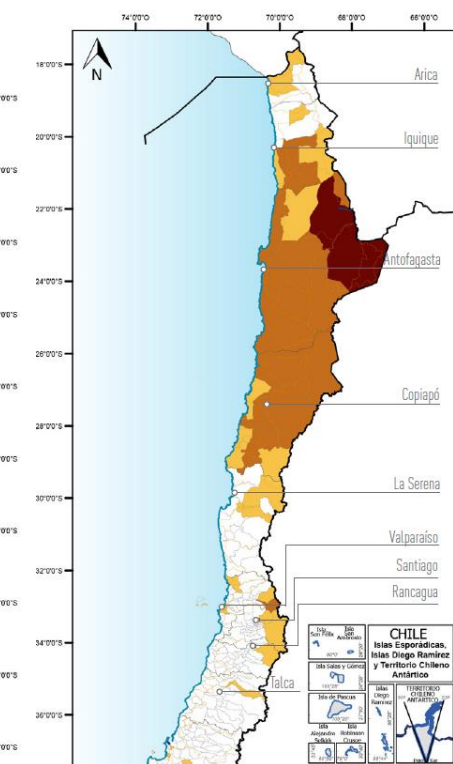
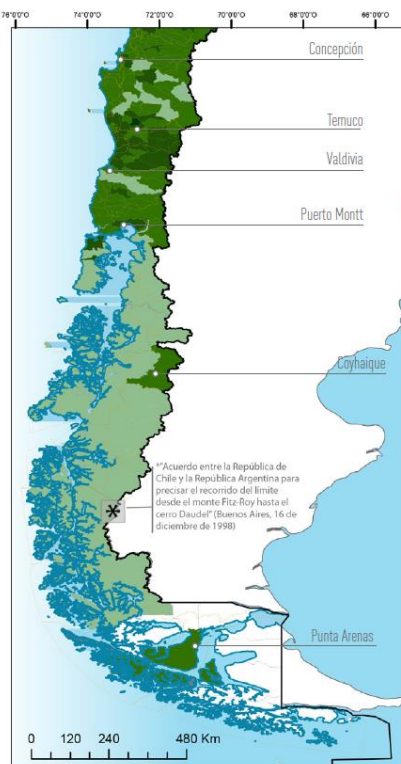


Fuente: Dr. José Vargas. U. de Concepción (2017) con datos DGA. Para EH2030. Chile

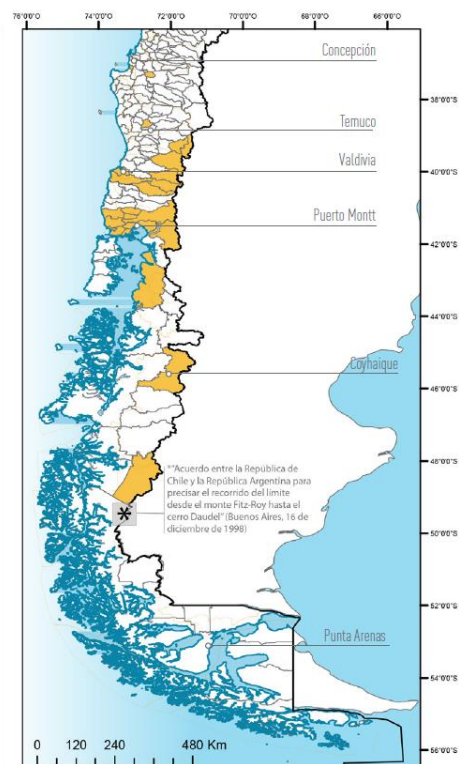
EVENTOS DE INDUNDACIONES Y ALUVIONES (1912- 2017)



Cero
 1-8
 9-14
 15-30 (N° Eventos)



Cero
 1-3
 4- 6
 7- 8 (N° Eventos)



CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES - ICAS

La región de Antofagasta presenta mayor cantidad de estaciones con calidad insuficiente, debido principalmente a la presencia de arsénico.

Hacia el sur la calidad de agua mejora con calidad excepcional en zona austral.

ICAS

- Insuficiente
- Regular
- Buena
- Excepcional



CONCLUSIONES Y PRÓXIMOS PASOS

Brecha y Riesgo Hídrico presenta una nueva perspectiva que permite comprender la situación actual y señalar zonas para el desarrollo de políticas públicas.

Se requiere una acción futura colaborativa pública y privada.

Los problemas presentan oportunidades para el desarrollo de soluciones las que deben tener una mirada sistémica.

Escenarios Hídricos 2030 avanza hoy en 6 cuencas donde profundiza el análisis: Copiapó, Aconcagua, Maipo, Maule, Lebu y Baker. Construyendo escenarios futuros al año 2030 y 2050 y hojas de ruta con soluciones concretas y mecanismos para su implementación.



