Desafíos de la agricultura y su dependencia al recurso hídrico en un contexto de cambio climático

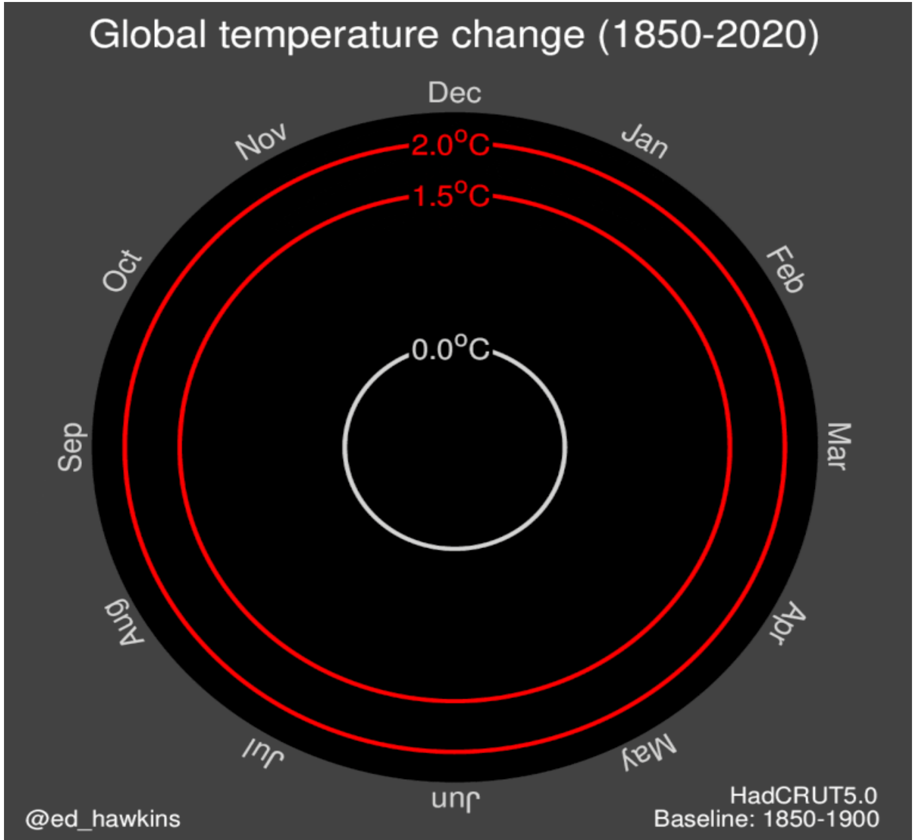
Ignacio Fuentes[1]

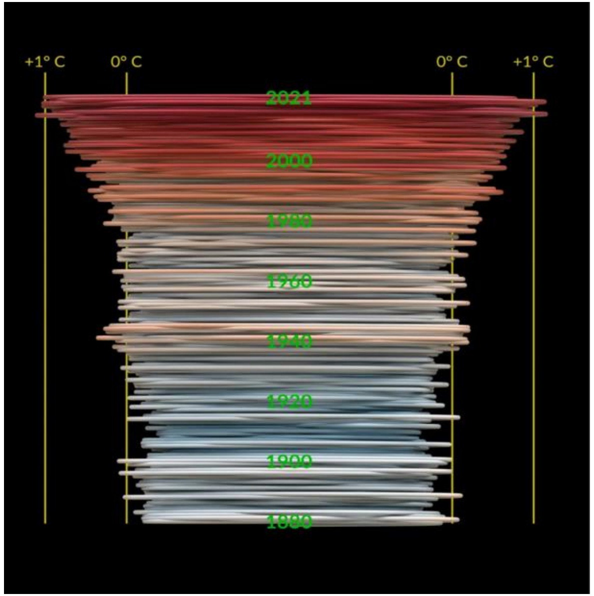
[1]Núcleo de Investigación en Sustentabilidad Agroambiental

Introducción

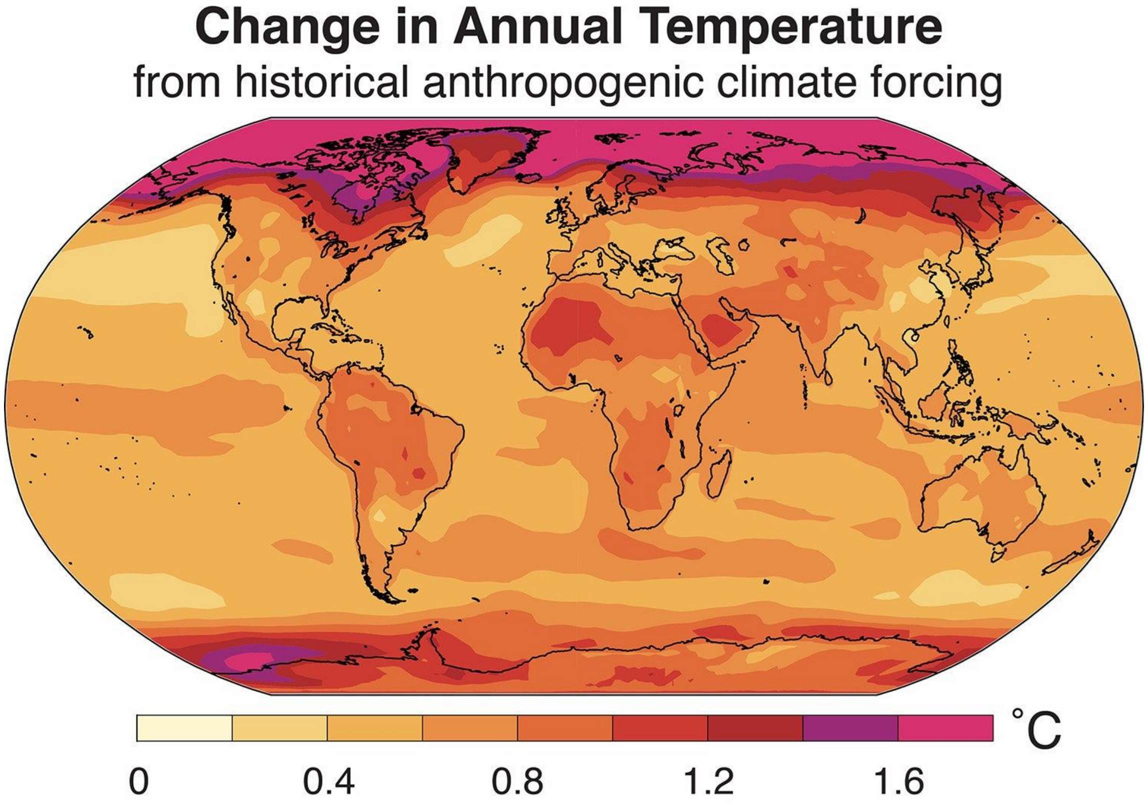
- El lema durante un par de décadas en Chile fue el de construir una "potencia agroalimentaria".
- Sin embargo, así como la revolución verde a nivel global encontró serios desafíos en su desarrollo, Chile también se topó con una serie de dificultades para hacer realidad esta consigna.
- En la actualidad, y dado el avance en el proceso de desertificación y de cambio climático, tal concepto parece haber mutado al de "seguridad alimentaria y sustentabilidad".
- Los recursos hídricos juegan un rol fundamental para el desarrollo de la agricultura, pero también cumplen funciones ecosistémicas esenciales.
- Además, si queremos referirnos a la seguridad alimentaria también debemos dar cuenta de la seguridad hídrica, sobre todo en un contexto de cambios globales.

Contexto

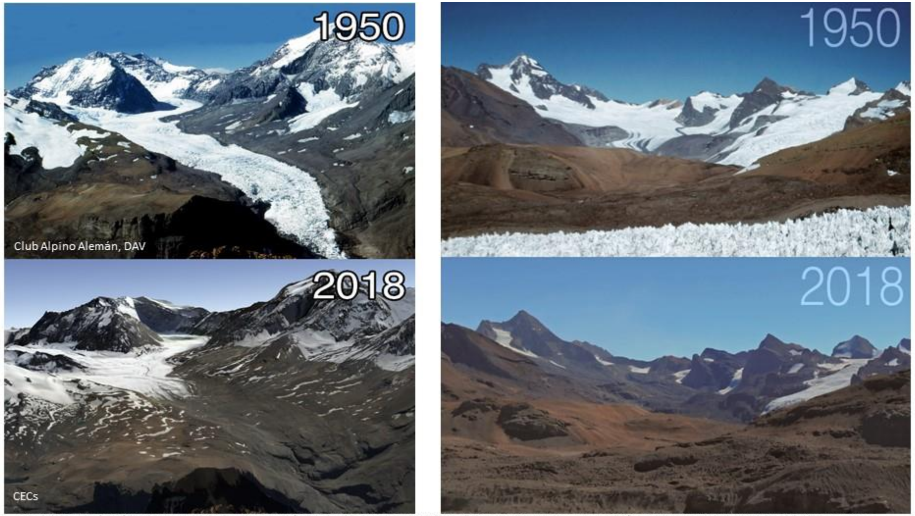

Global temperature change (1850-2020)
Dec
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
2.0°C
1.5°C
0.0°C
@ed_hawkins
HadCRUT5.0
Baseline: 1850-1900


+1° C
0° C
0° C
+1° C
2021
2000

Temperaturas

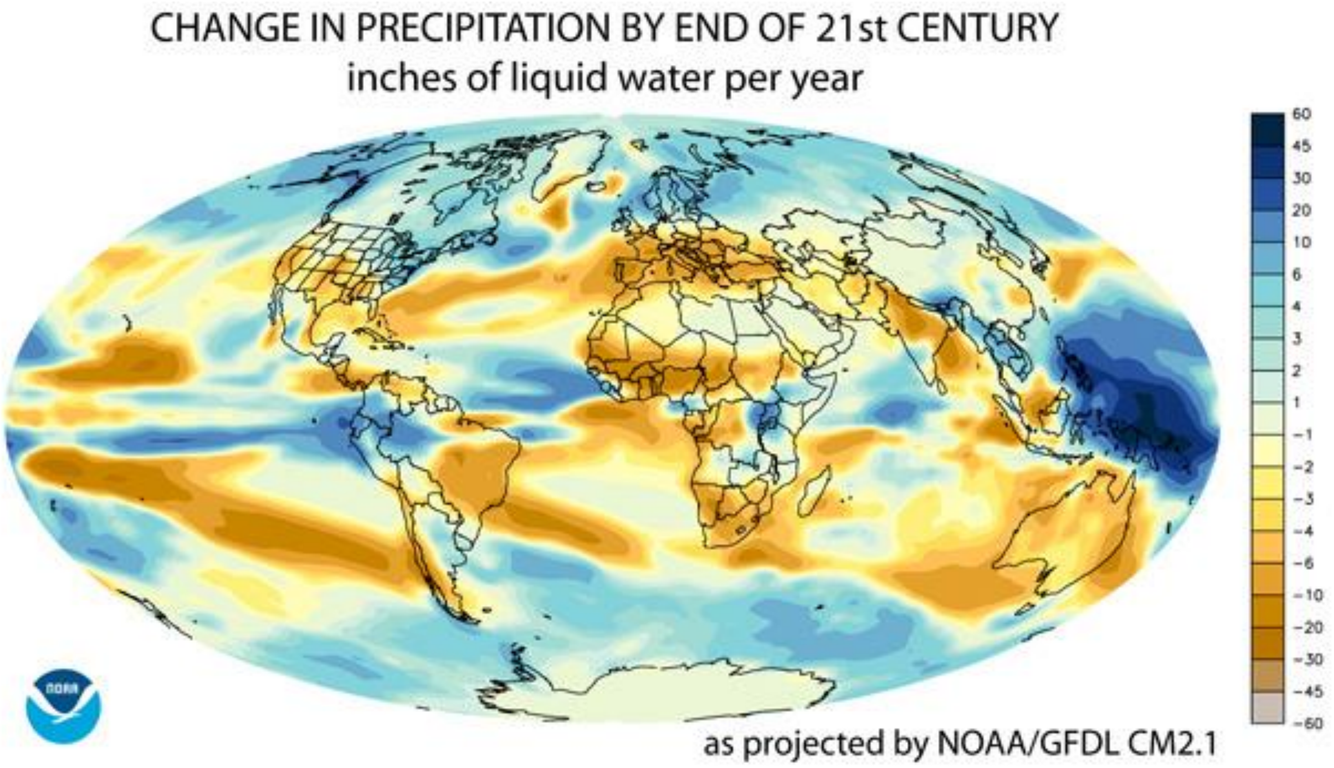


Retroceso de glaciares



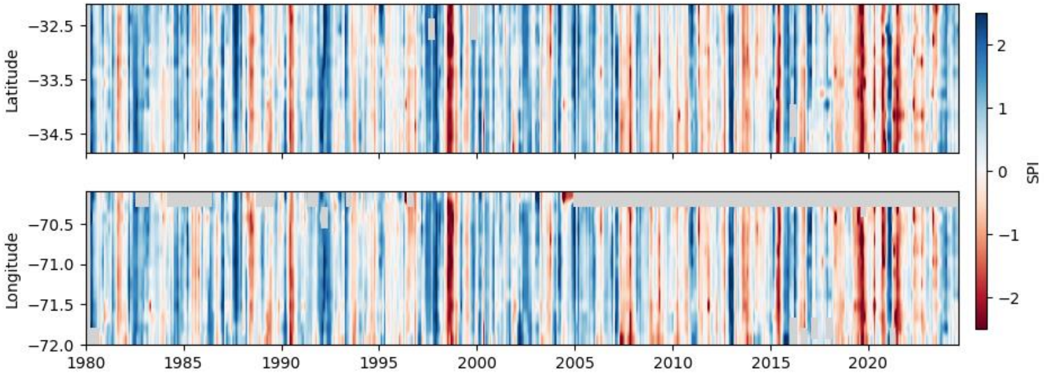
Fuente: Rivera, A. (2019):" Los glaciares de Chile central a seis décadas de los trabajos de Louis Lliboutry". En: Turrel, M. El hombre que descifró los glaciares Louis Lliboutry. Aguas Andinas, pp. 250-255.

Proyecciones en precipitaciones

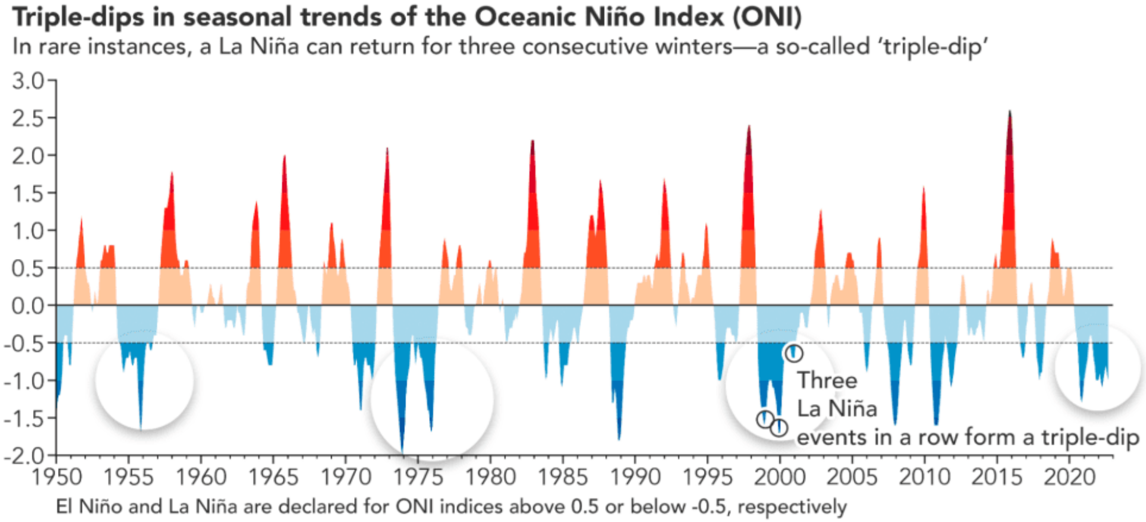


Variabilidad climática

"Se proyecta ampliamente que a medida que el planeta se caliente, la variabilidad climática y meteorológica aumentarán. Cambios en la frecuencia y severidad de eventos climáticos extremos y en los patrones meteorológicos tendrán consecuencias significativas para los sistemas humanos y naturales. Se proyectan incrementos en las frecuencias de estrés a las temperaturas elevadas [olas de calor], sequías y eventos de inundación para el resto del siglo, y se espera que estos tengan muchos efectos adversos por sobre los impactos aislados del cambio en las temperaturas medias (IPCC, 2012)"



El Niño - La Niña

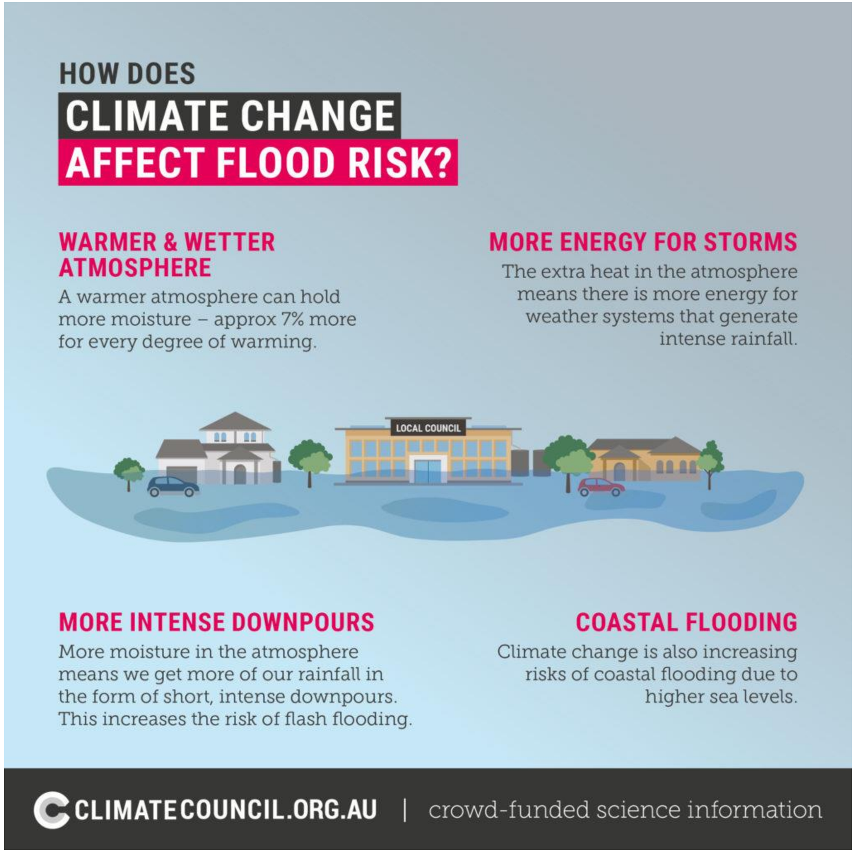


NASA: La Niña Times Three:

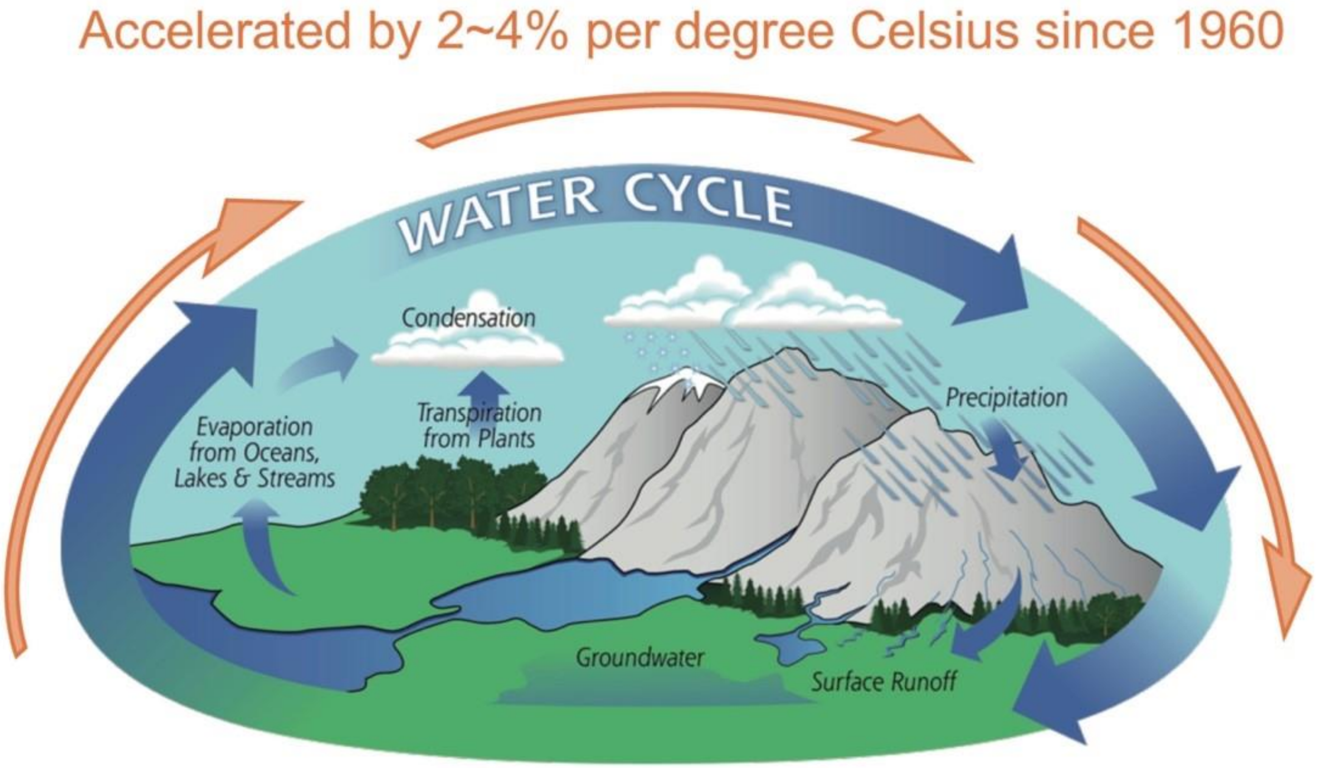
https://earthobservatory.nasa.gov/images/150691/la-nina-times-three

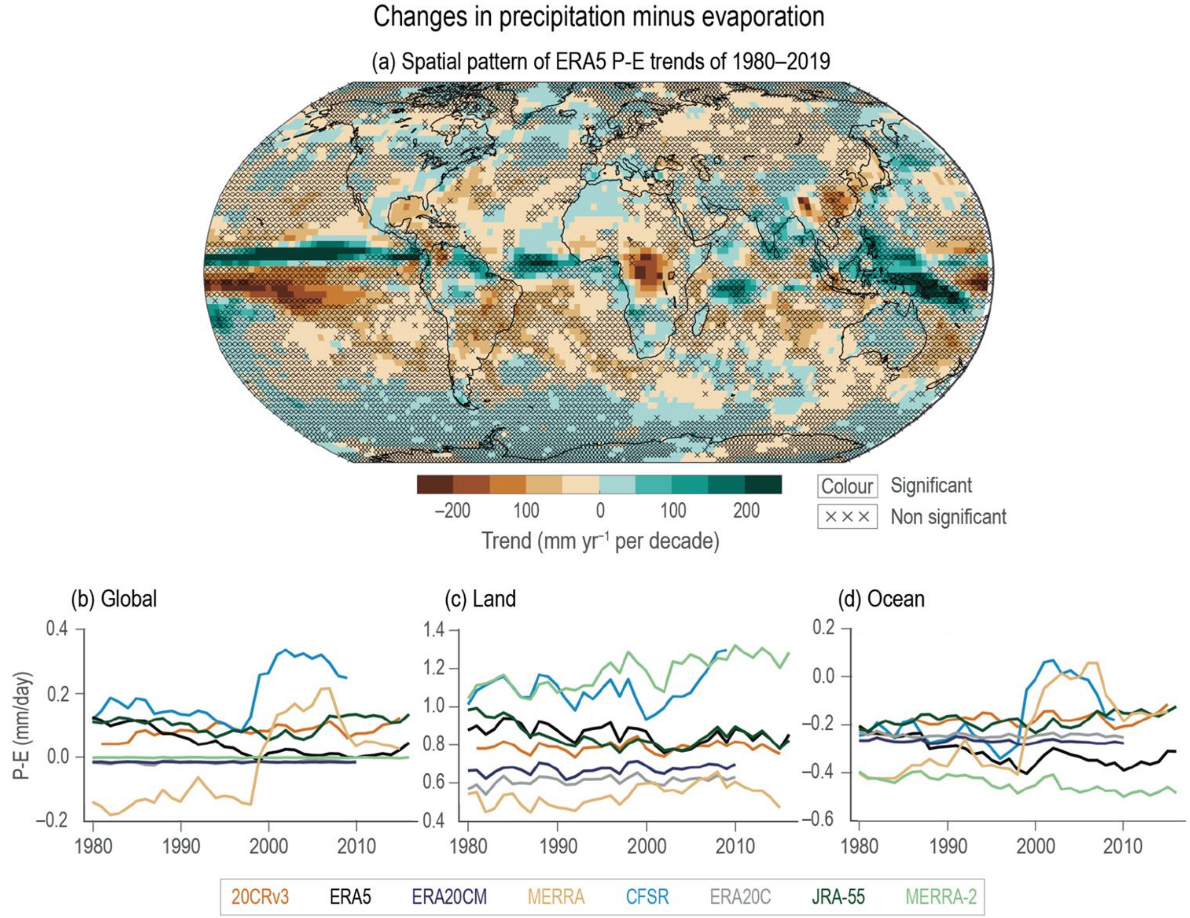
"A pesar de que bajo el calentamiento asociado a gases de efecto invernadero se proyectan eventos más frecuentes de El Niño fuerte, la frecuencia de La Niña multi-anual crece desproporcionadamente más."

Geng et al., 2023.


HOW DOES
CLIMATE CHANGE
AFFECT FLOOD RISK?
WARMER & WETTER ATMOSPHERE
A warmer atmosphere can hold more moisture – approx 7% more for every degree of warming.
MORE ENERGY FOR STORMS
The extra heat in the atmosphere means there is more energy for weather systems that generate intense rainfall.
LOCAL COUNCIL
MORE INTENSE DOWNPOURS
More moisture in the atmosphere means we get more of our rainfall in the form of short, intense downpours. This increases the risk of flash flooding.
COASTAL FLOODING
Climate change is also increasing risks of coastal flooding due to higher sea levels.
CLIMATECOUNCIL.ORG.AU | crowd-funded science information

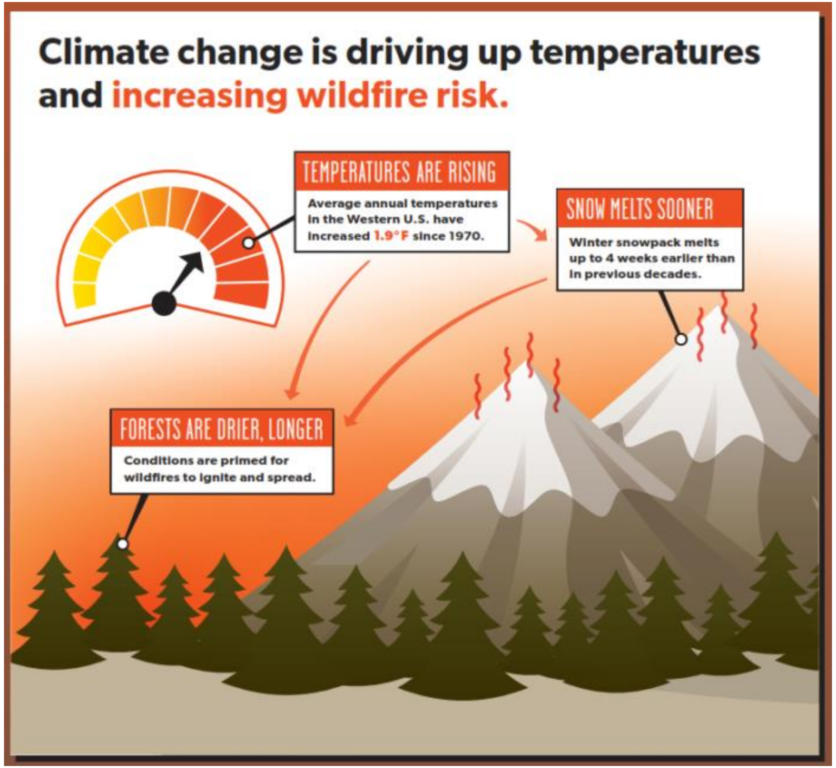
Ciclo del agua



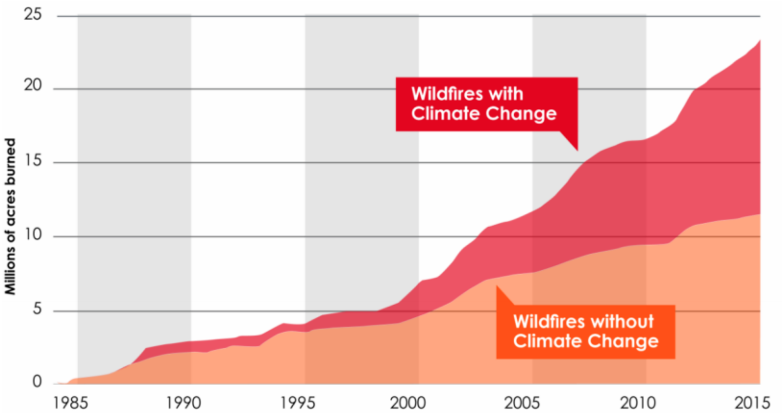


Masson-Delmotte et al. (2021). IPCC sixth report.

Incendios

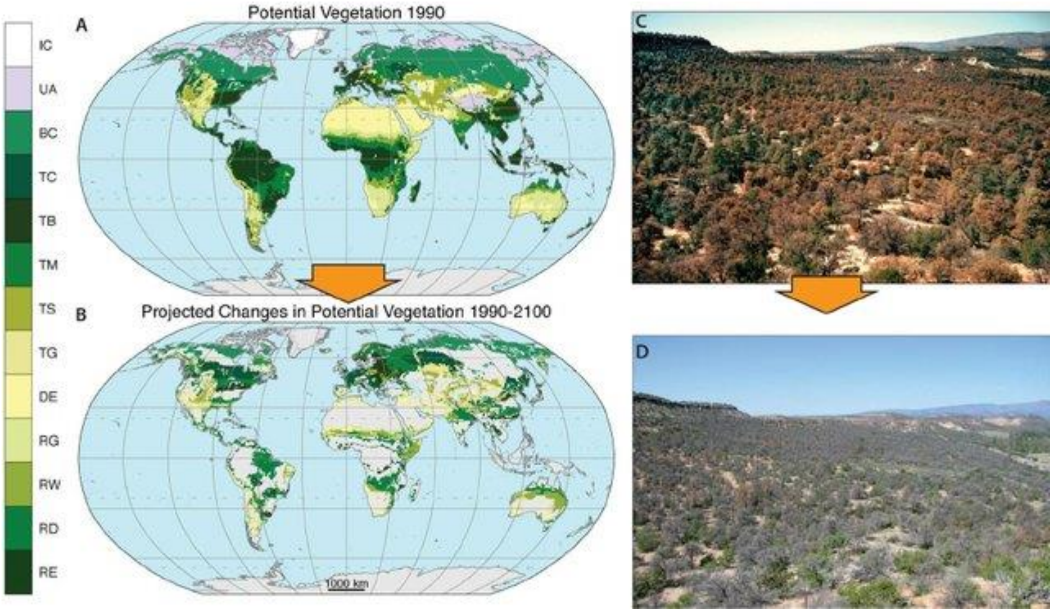


Climate change is driving up temperatures and increasing wildfire risk.
TEMPERATURES ARE RISING
Average annual temperatures in the Western U.S. have increased 1.9°F since 1970.
SNOW MELTS SOONER
Winter snowpack melts up to 4 weeks earlier than in previous decades.
FORESTS ARE DRIER, LONGER
Conditions are primed for wildfires to ignite and spread.



Millions of acres burned
25
20
15
10
5
0
1985
1990
1995
2000
2005
2010
2015
Wildfires with Climate Change
Wildfires without Climate Change

Cambios vegetación

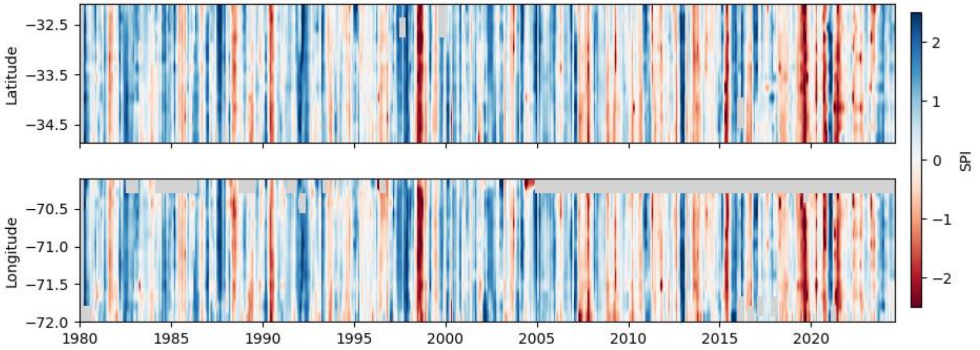


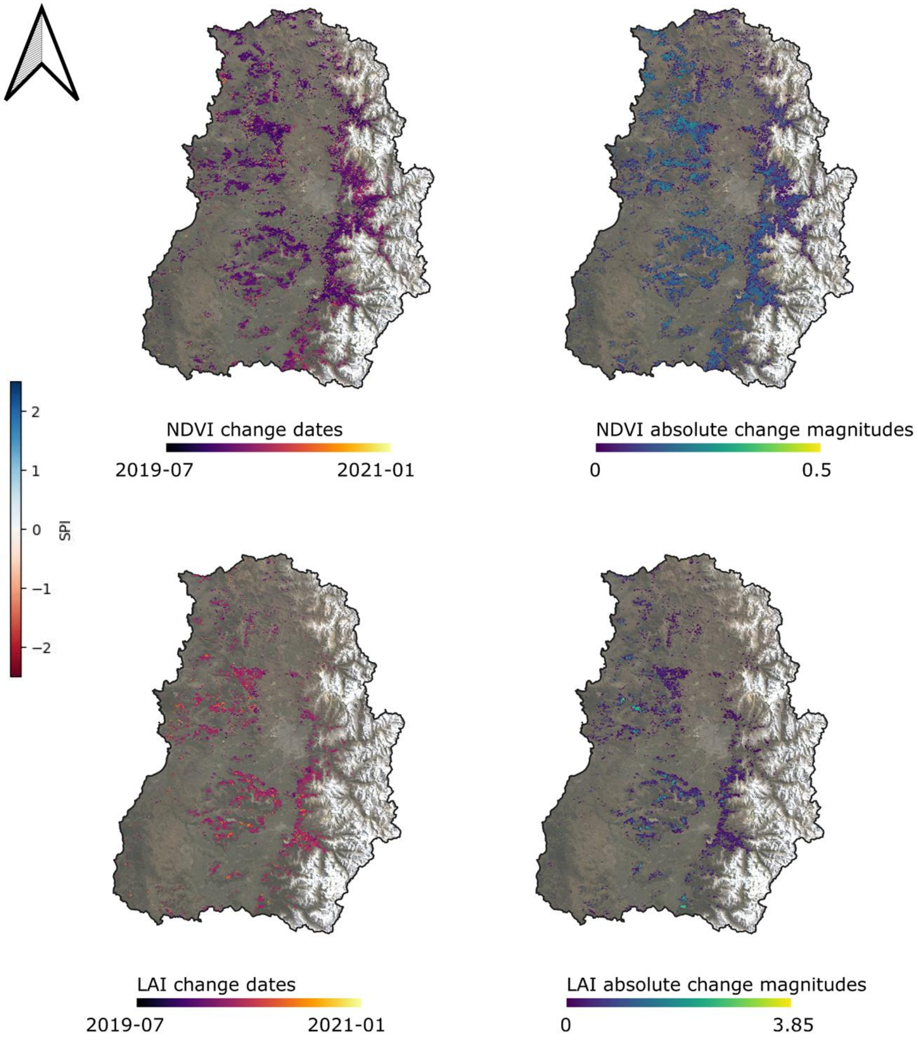
Browning events

IC: ice; UA:Tundra and alpine; BC: boreal conifer forest; TC: Temperate conifer forest; TB: temperate broadleaf forest; TM: temperate mixed forest; TS: temperate shrubland; TG: temperate grassland; DE: desert; RG: tropical grassland; RW: tropical woodland; RE: tropical deciduous broadleaf forest.

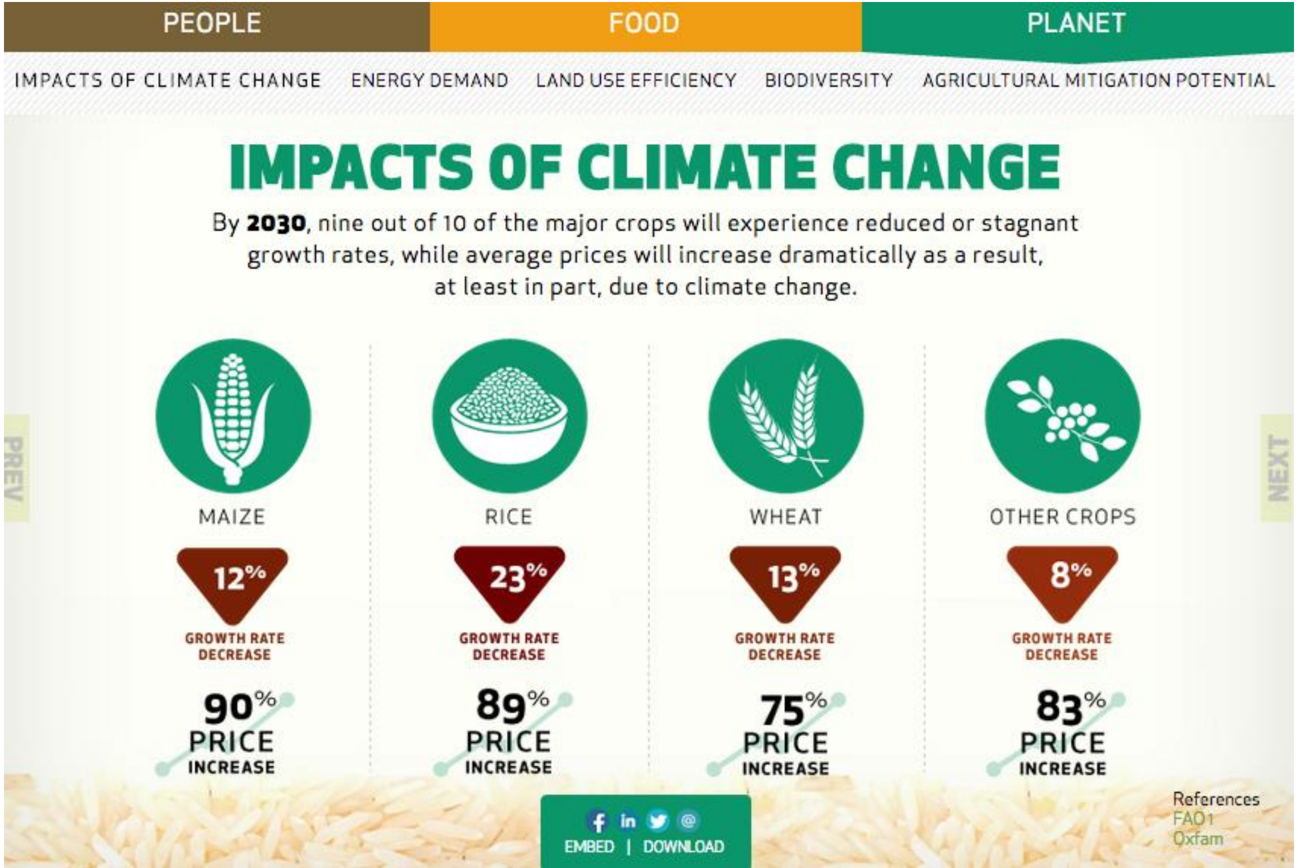
Allen, et al (2015)

Sequía 2019-2020



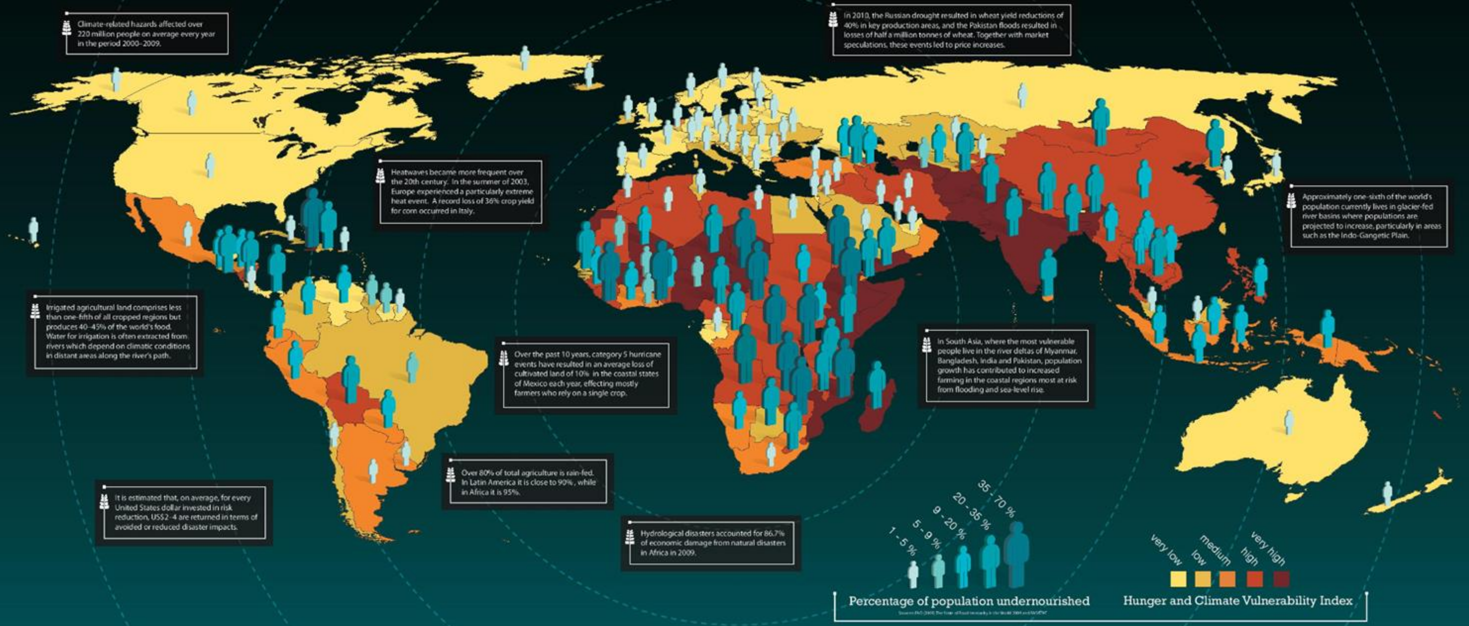


Alimentos



PEOPLE
FOOD
PLANET
IMPACTS OF CLIMATE CHANGE
ENERGY DEMAND
LAND USE EFFICIENCY
BIODIVERSITY
AGRICULTURAL MITIGATION POTENTIAL
IMPACTS OF CLIMATE CHANGE
By 2030, nine out of 10 of the major crops will experience reduced or stagnant growth rates, while average prices will increase dramatically as a result, at least in part, due to climate change.
PREV
NEXT
MAIZE
12% GROWTH RATE DECREASE
90% PRICE INCREASE
RICE
23% GROWTH RATE DECREASE
89% PRICE INCREASE
WHEAT
13% GROWTH RATE DECREASE
75% PRICE INCREASE
OTHER CROPS
8% GROWTH RATE DECREASE
83% PRICE INCREASE
EMBED | DOWNLOAD
References
FAO1
Oxfam

Food insecurity and climate change



MEAN TEMPERATURE

Average temperatures are expected to increase across the globe in the coming decades. In mid to high latitudes increasing average temperatures can have a positive impact on crop production, but in seasonally arid and tropical regions the impact is likely to be detrimental.

MEAN PRECIPITATION

On average an increase in global precipitation is expected, but the regional patterns of rainfall will vary: some areas will have more rainfall, while others will have less. There are high levels of uncertainty about how the pattern of precipitation will change, with little confidence in model projections on a regional scale. Areas that are dependant on seasonal rainfall, and those that are highly dependant on rain-fed agriculture for food security, are particularly vulnerable.

EXTREME EVENTS

Recurrent extreme weather events such as droughts, floods and tropical cyclones worsen livelihoods and undermine the capacity of communities to adapt to even moderate shocks. This results in a vicious circle that generates greater poverty and hunger. The impacts on food production of extreme events, such as drought, may cancel out the benefits of the increased temperature and growing season observed in mid to high latitudes.

CO_2 FERTILISATION

Carbon dioxide (CO_2) concentrations are known to be increasing. However, the effect of CO_2 fertilisation on crop growth is highly uncertain. In particular, there is a severe lack of experimental work in the Tropics exploring this issue. There is some evidence that although CO_2 fertilisation has a positive effect on the yield of certain crops, there may also be a detrimental impact on yield quality.

DROUGHT

Meteorological drought (the result of a period of low rainfall) is projected to increase in intensity, frequency and duration. Drought results in agricultural losses, reductions in water quality and availability, and is a major driver of global food insecurity. Droughts are especially devastating in arid and semi-arid areas, reducing the quantity and productivity of crop yields and livestock. Seven hundred million people suffering from hunger already live in semi-arid and arid zones.

HEATWAVES

In all cases and in all regions, one in 20-year extreme temperature events are projected to be hotter. Events that are considered extreme today will be more common in the future. Changes in temperature extremes even for short periods can be critical, especially if they coincide with key stages of crop development.

HEAVY RAINFALL AND FLOODING

While uncertain, it appears that there will be more heavy rainfall events as the climate warms. Heavy rainfall leading to flooding can destroy entire crops over wide areas, as well as devastating food stores, assets (such as farming equipment) and agricultural land (due to sedimentation).

MELTING GLACIERS

Melting glaciers initially increase the amount of water flowing in river systems and enhance the seasonal pattern of flow. Ultimately, however loss of glaciers would cause water availability to become more variable from year to year as it will depend on seasonal snow and rainfall, instead of the steady release of stored water from the glacier irrespective of that year's precipitation.

TROPICAL STORMS

For many arid regions in the Tropics, a large portion of the annual rain comes from tropical cyclones. However, tropical cyclones also have the potential to devastate a region, causing loss of life and widespread destruction to agricultural crops and lands, infrastructure, and livelihoods.

Some studies suggest tropical cyclones may become more intense in the future with stronger winds and heavier precipitation. However, there is a limited consensus among climate models on the regional variation in tropical cyclone frequency.

SEA-LEVEL RISE

Increases in mean sea-level threaten to inundate agricultural lands and salinise groundwater in the coming decades and centuries. Sea-level rise will also increase the impact of storm surges which can cause great devastation.

CHANGES IN HEALTH AND NUTRITION

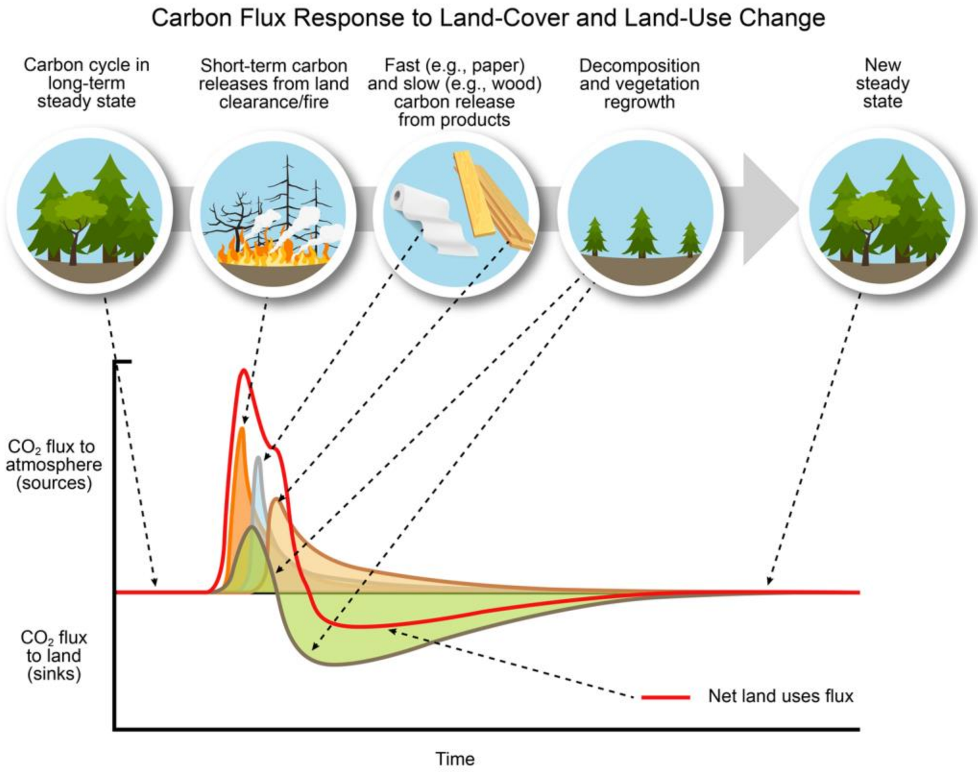
Climate change has the potential to affect different diseases, including respiratory illness and diarrhoea. Disease results in a reduced ability to absorb nutrients from food and increases the nutritional requirements of sick people. Poor health in a community also leads to a loss of labour productivity.

The production of this poster was partly funded by the Government of Luxembourg.

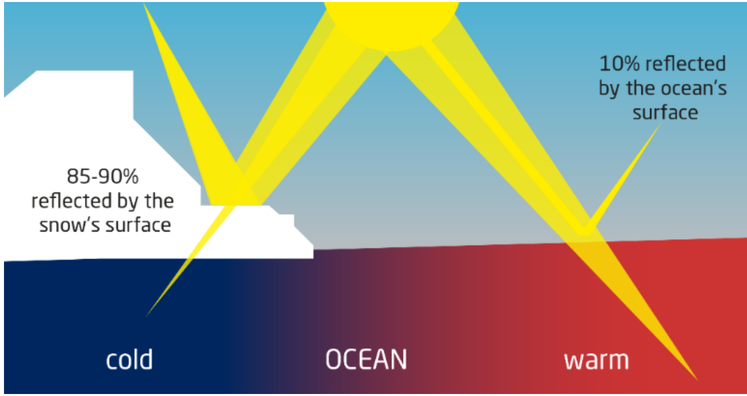
For more information on food security and climate change and for references for the poster, please visit: **www.metoffice.gov.uk/climate-change/guide/impacts/food** or **www.wfp.org/climate-change**

Proceso complejo

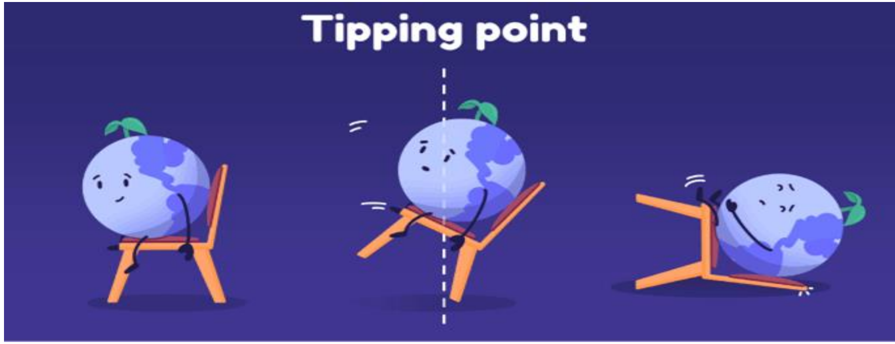
Múltiples interacciones



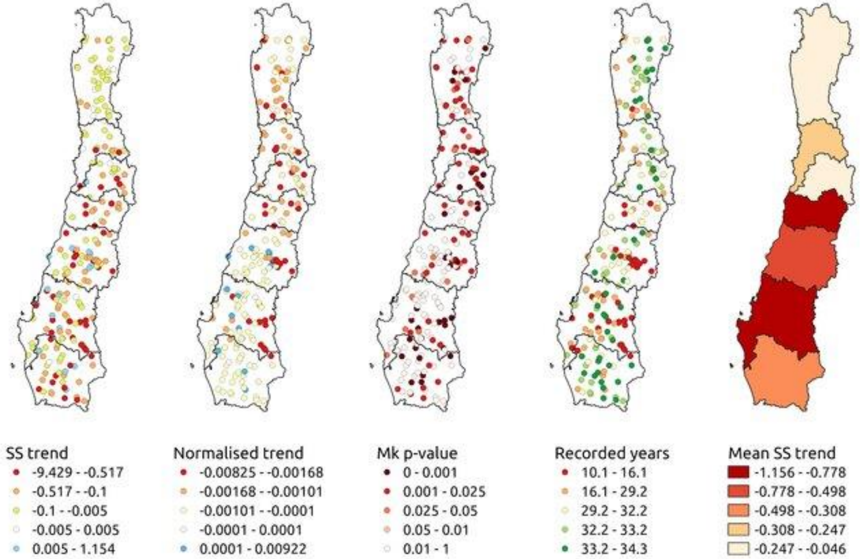
Múltiples feedbacks

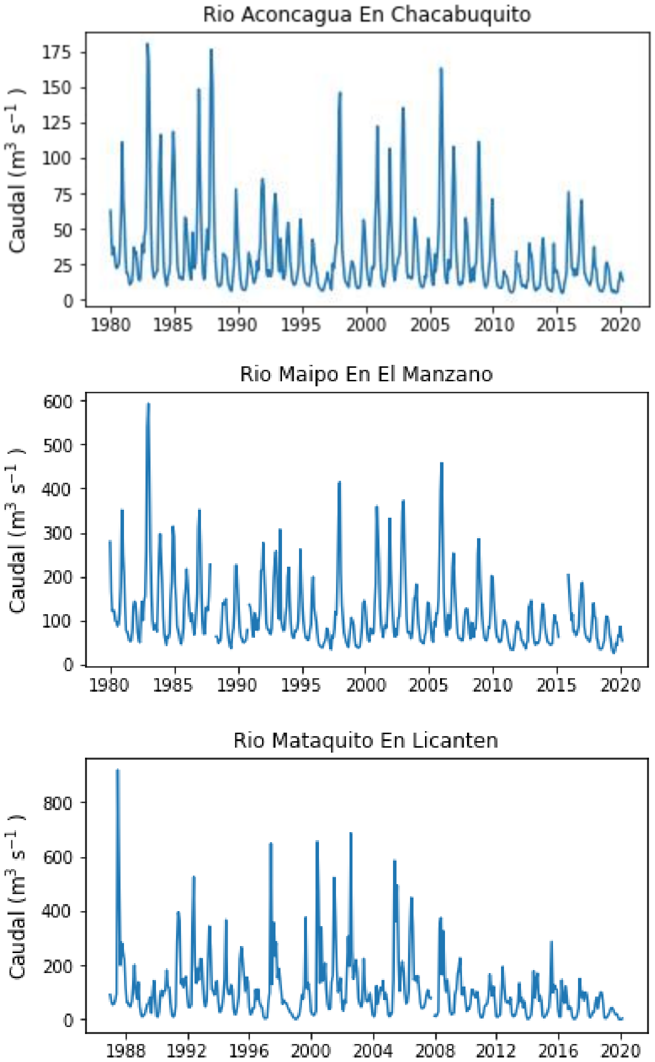


Puntos de inflexión



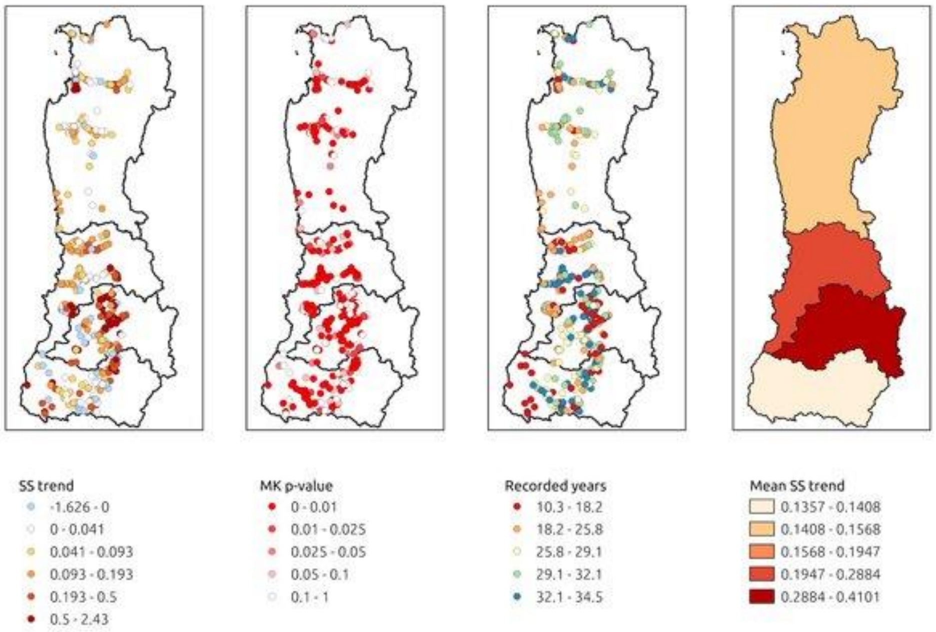
Recursos hídricos: Aguas superficiales

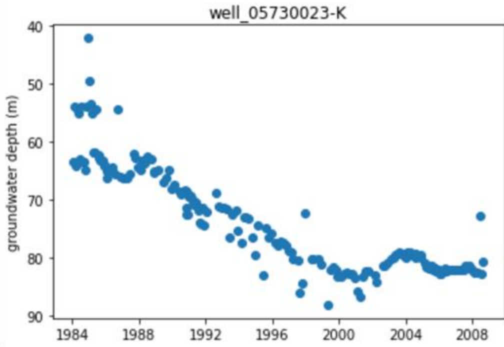


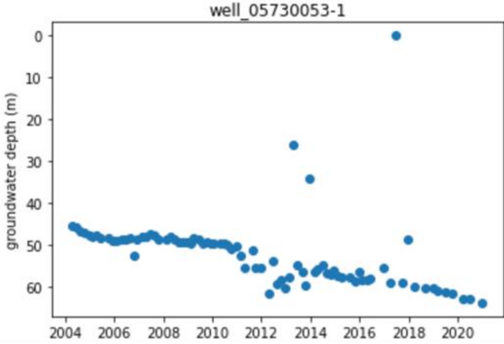


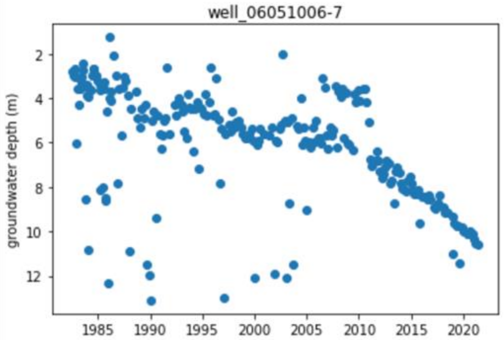
- 52% de las estaciones presentan tendencias negativas
- Tendencia media de -0.83 $m^3 s^{-1} año^{-1}$

Aguas subterráneas en Chile



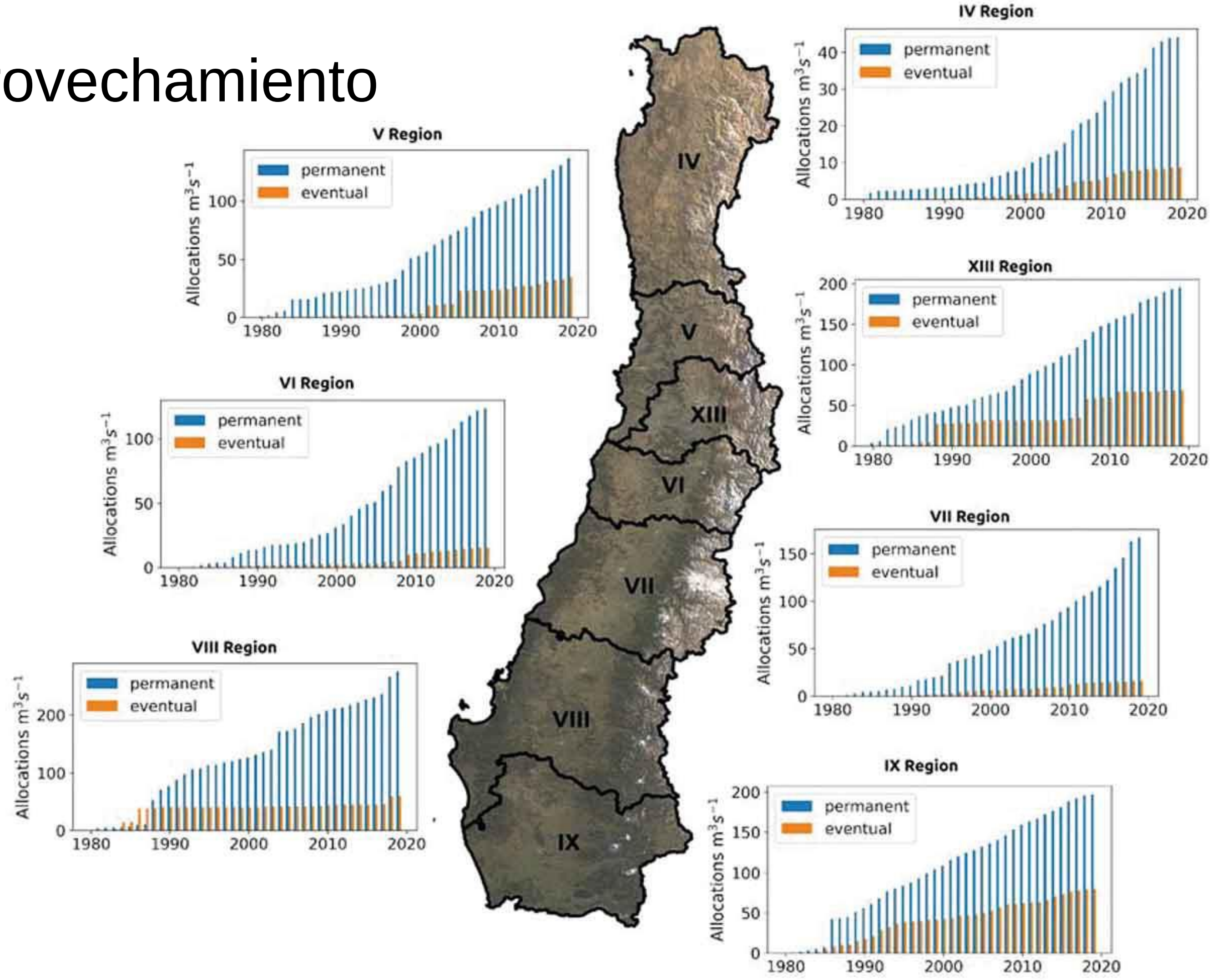




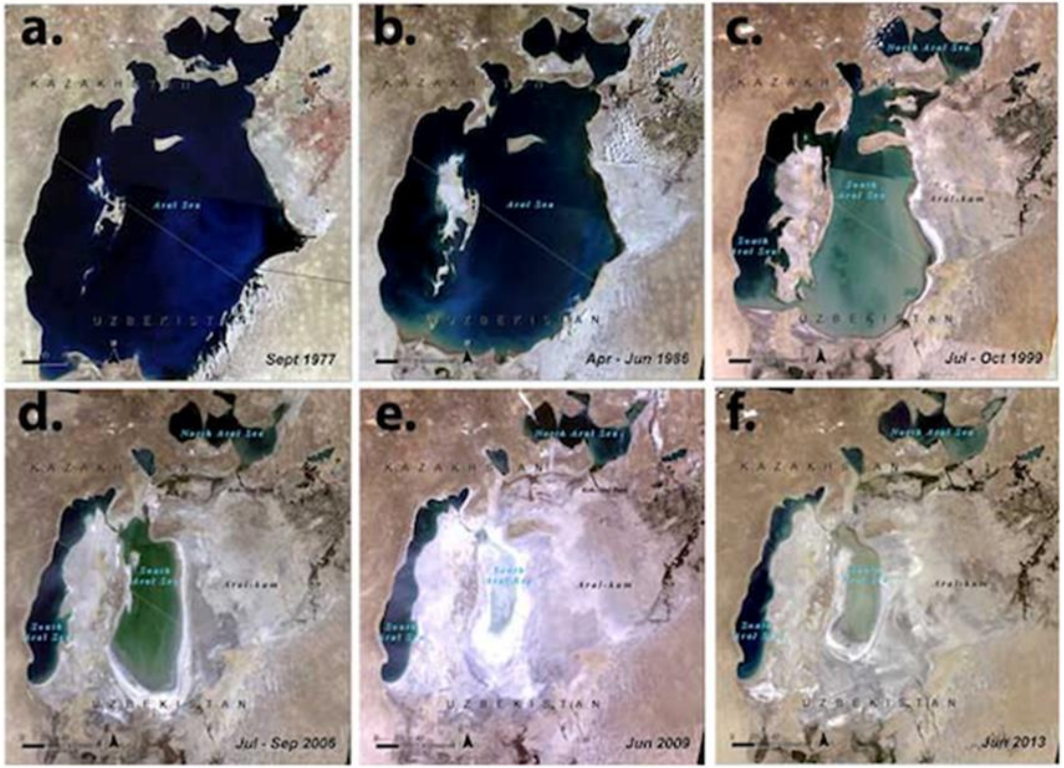


- 65% de los pozos presentan tendencias negativas
- Niveles piezométricos decaen en promedio 0.34 m año^{-1}

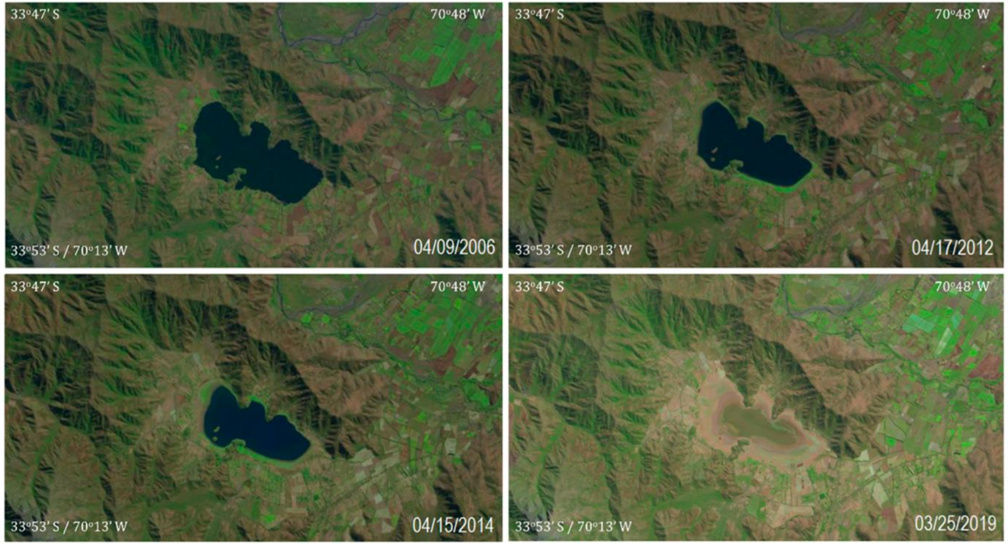
Derechos de aprovechamiento de aguas (DAA)



Síndrome del Mar Aral



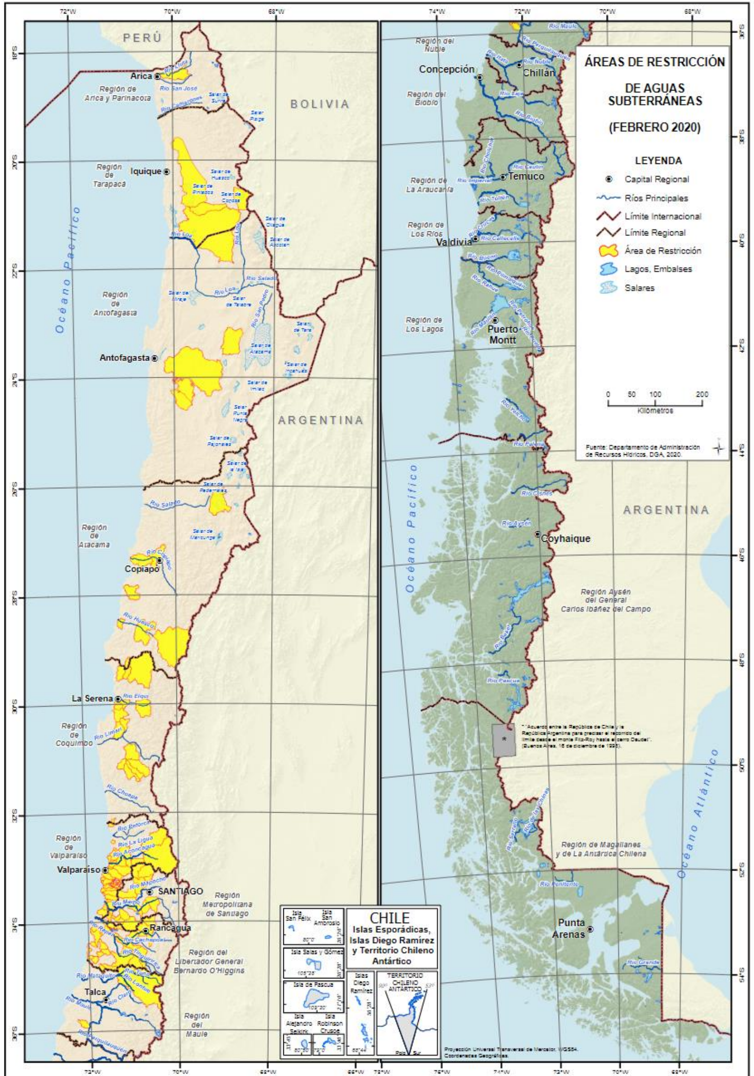
¿En Chile?



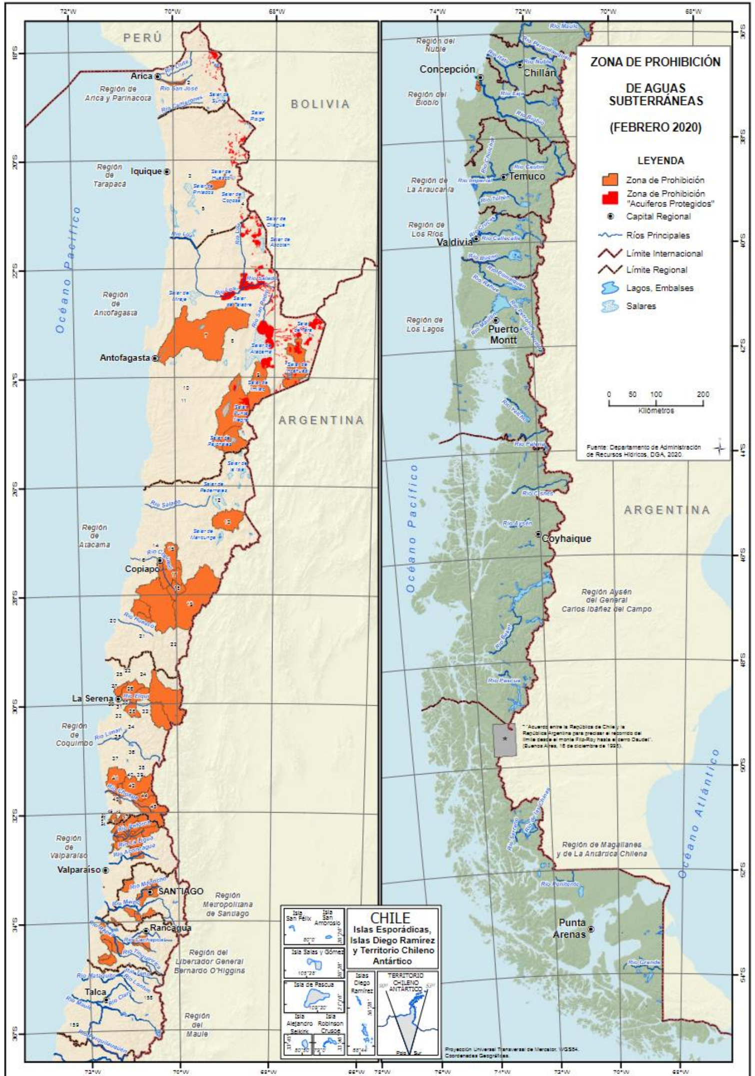
Valdés-Pineda, R., García-Chevesich, P., Valdés, J. B., & Pizarro-Tapia, R. (2020). The first drying lake in Chile: causes and recovery options. *Water*, *12*(1), 290.

¿Disponibilidad v/s demanda?

- Si bien la demanda puede variar en función de la disponibilidad, los volúmenes concedidos son estáticos (cantidad de DAA constituidos) y se ha constatado sobre-otorgamiento de derechos en distintas cuencas.
- Por otro lado, la disponibilidad es variable (variabilidad climática intra e interanual).
- Gobernanza deficiente regida particularmente en una suerte de anarquía en el uso en función de la titularidad de DAA (¿quiénes gestionan el agua en Chile?). También existen zonas de prohibición y áreas de restricción, así como también declaraciones de agotamiento. Sin embargo, las regularizaciones de DAA continúan.

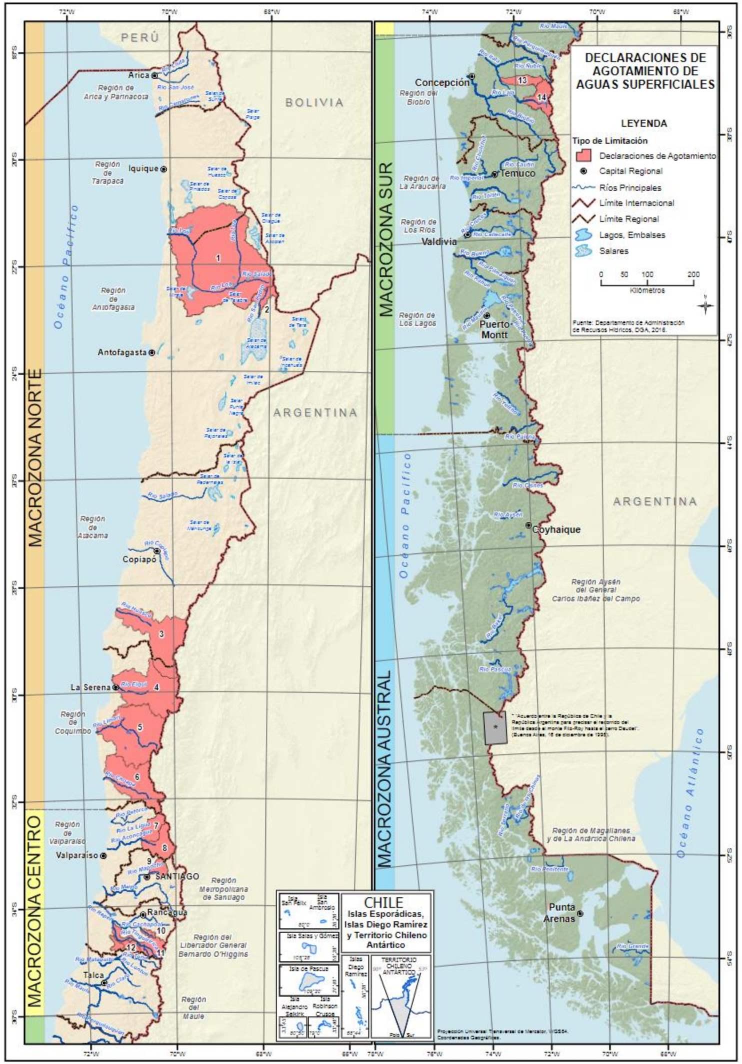


ÁREAS DE RESTRICCIÓN
DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
(FEBRERO 2020)
LEYENDA
Capital Regional
Ríos Principales
Límite Internacional
Límite Regional
Área de Restricción
Lagos, Embalses
Salares
Kilómetros
Fuente: Departamento de Administración de Recursos Hídricos, DGA, 2020.
PERÚ
BOLIVIA
ARGENTINA
Océano Pacífico
Océano Atlántico
Arica
Iquique
Antofagasta
Copiapo
La Serena
Valparaíso
SANTIAGO
Rancagua
Talca
Concepción
Chillán
Temuco
Valdivia
Puerto Montt
Coyhaique
Punta Arenas
Región de Arica y Parinacota
Región de Tarapaca
Región de Antofagasta
Región de Atacama
Región de Coquimbo
Región de Valparaíso
Región Metropolitana de Santiago
Región del Libertador General Bernardo O'Higgins
Región del Maule
Región del Ñuble
Región del Biobío
Región de La Araucanía
Región de Los Ríos
Región de Los Lagos
Región Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo
Región de Magallanes y de La Antártica Chilena
CHILE
Islas Esporádicas, Islas Diego Ramírez y Territorio Chileno Antártico
Isla San Félix
Isla San Ambrosio
Isla Salas y Gómez
Isla de Pascua
Isla Alejandro Selkirk
Isla Robinson Crusoe
Islas Diego Ramírez
TERRITORIO CHILENO ANTÁRTICO
Polo Sur
Proyección Universal Transversal de Mercator, WGS84. Coordenadas Geográficas.



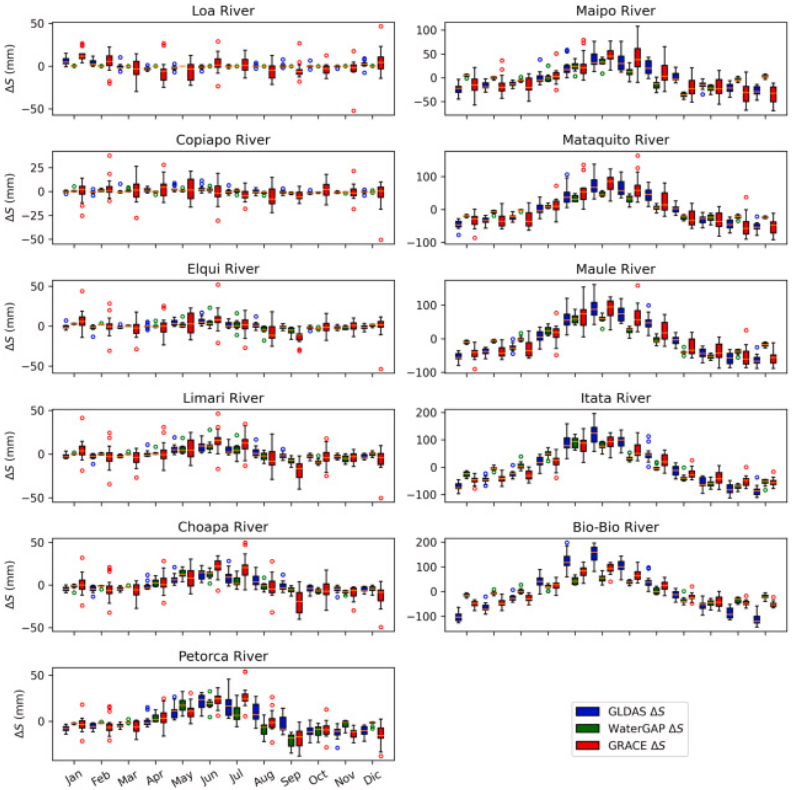
ZONA DE PROHIBICIÓN
DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
(FEBRERO 2020)
LEYENDA
Zona de Prohibición
Zona de Prohibición "Acuíferos Protegidos"
Capital Regional
Ríos Principales
Límite Internacional
Límite Regional
Lagos, Embalses
Salares
Kilómetros
Fuente: Departamento de Administración de Recursos Hídricos, DGA, 2020.
PERÚ
BOLIVIA
ARGENTINA
Océano Pacífico
Océano Atlántico
Arica
Iquique
Antofagasta
Copiapo
La Serena
Valparaíso
SANTIAGO
Rancagua
Talca
Concepción
Chillán
Temuco
Valdivia
Puerto Montt
Coyhaique
Punta Arenas
Región de Arica y Parinacota
Región de Tarapaca
Región de Antofagasta
Región de Atacama
Región de Coquimbo
Región de Valparaíso
Región Metropolitana de Santiago
Región del Libertador General Bernardo O'Higgins
Región del Maule
Región del Ñuble
Región del Biobío
Región de La Araucanía
Región de Los Ríos
Región de Los Lagos
Región Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo
Región de Magallanes y de La Antártica Chilena
CHILE
Islas Esporádicas, Islas Diego Ramírez y Territorio Chileno Antártico
TERRITORIO CHILENO ANTÁRTICO
Proyección Universal Transversal de Mercator, WGS84. Coordenadas Geográficas.

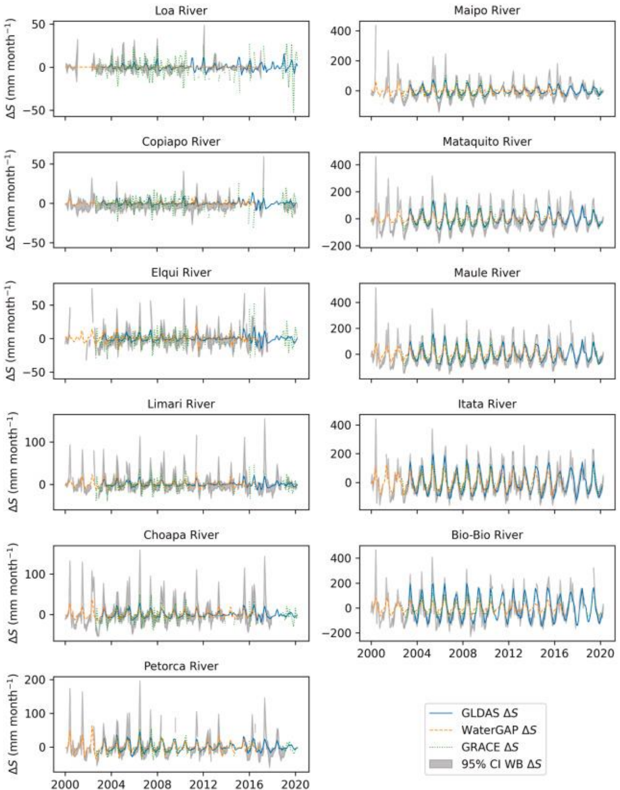
Agotamiento



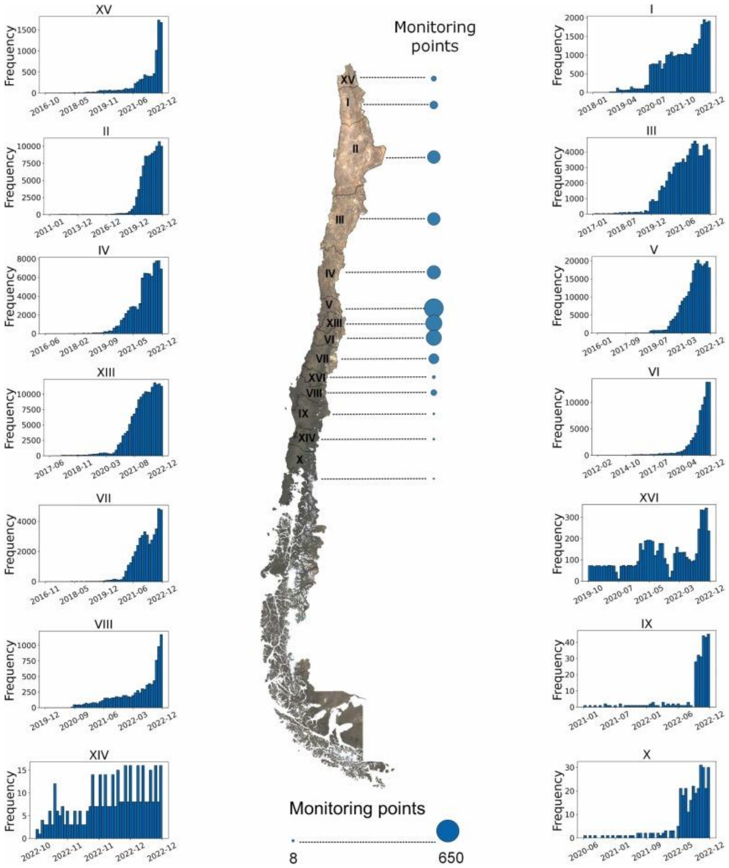
Desafíos/oportunidades

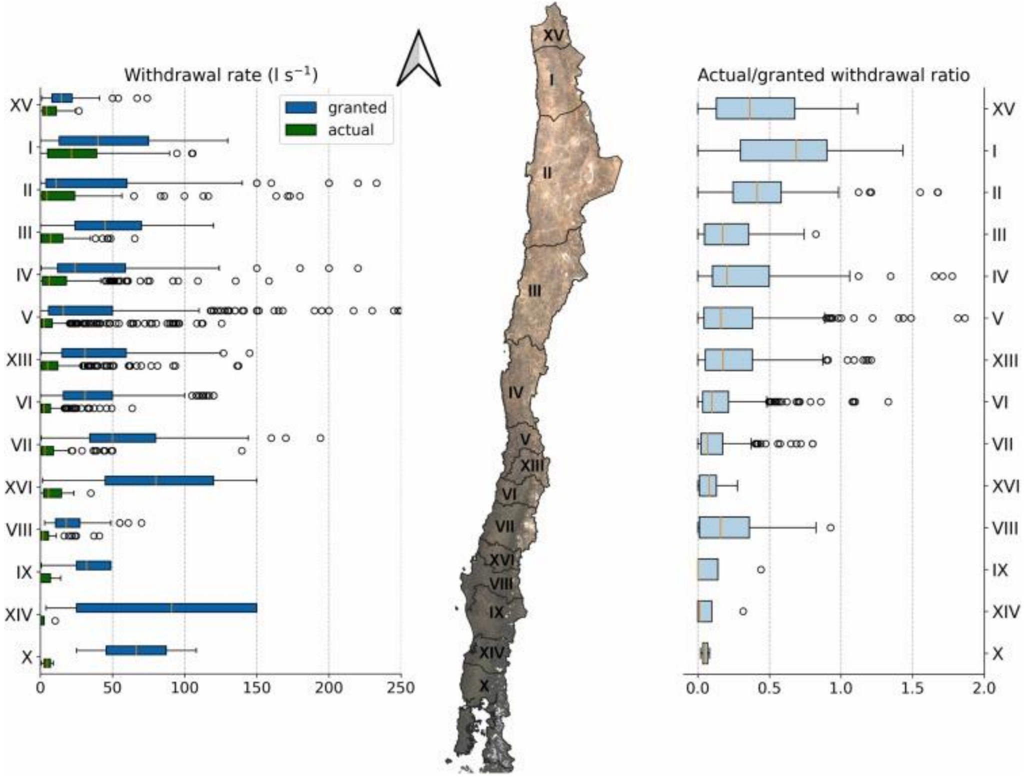
Conocimiento de cuencas: cuantificación, monitoreo, modelamiento



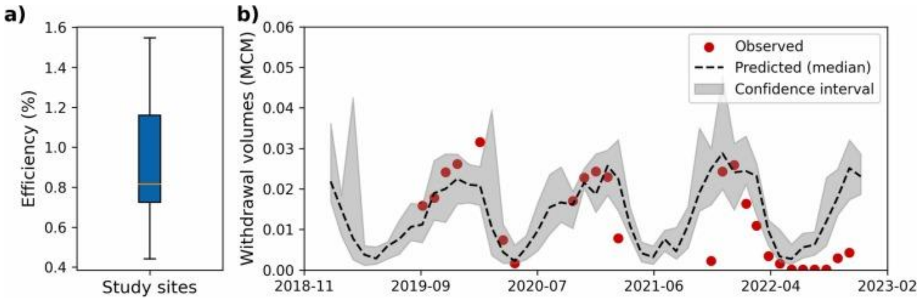


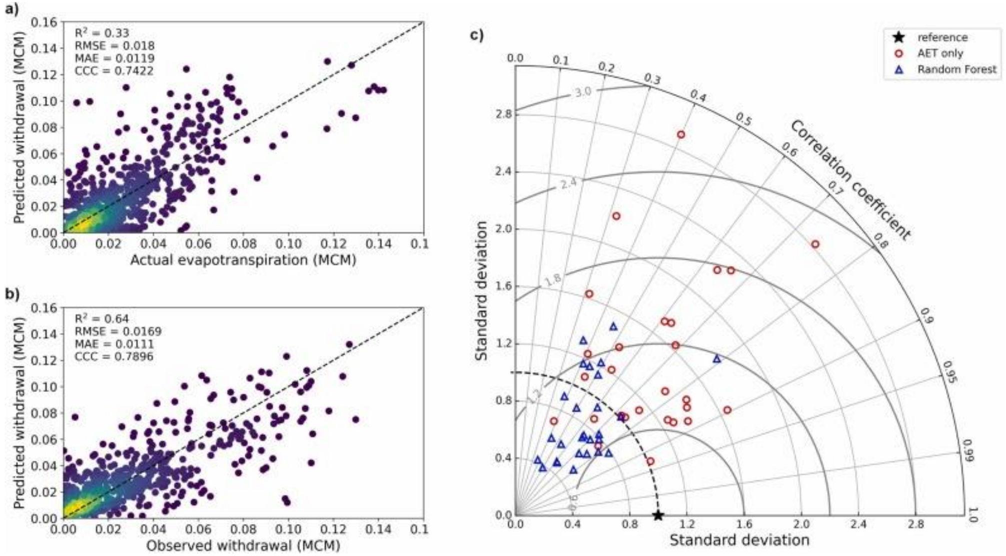
Conocimiento de la demanda

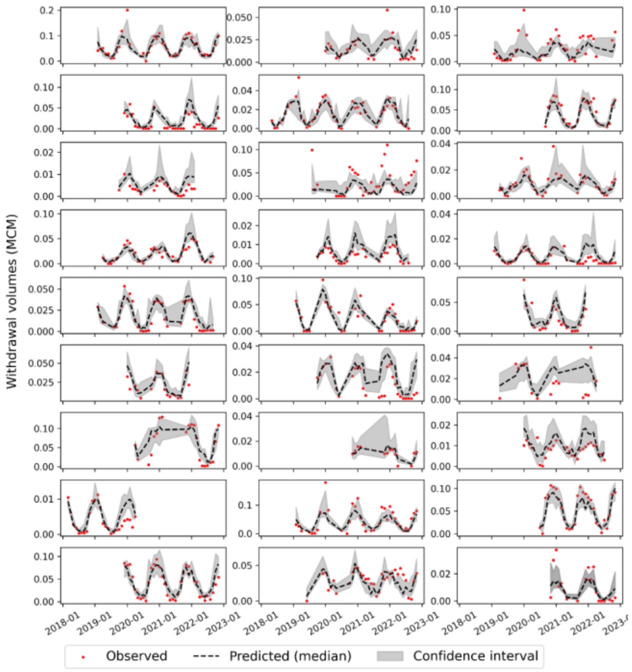




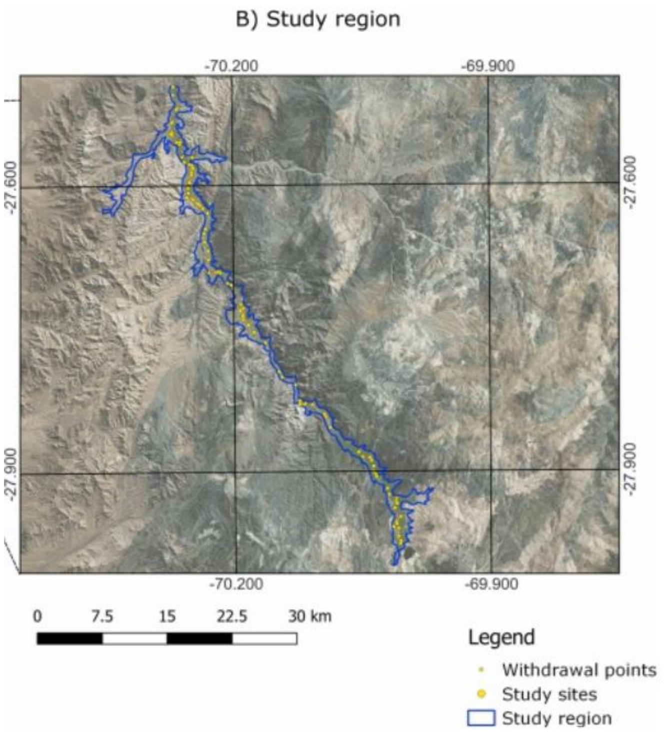
Auditoría, fiscalización y priorización de recursos

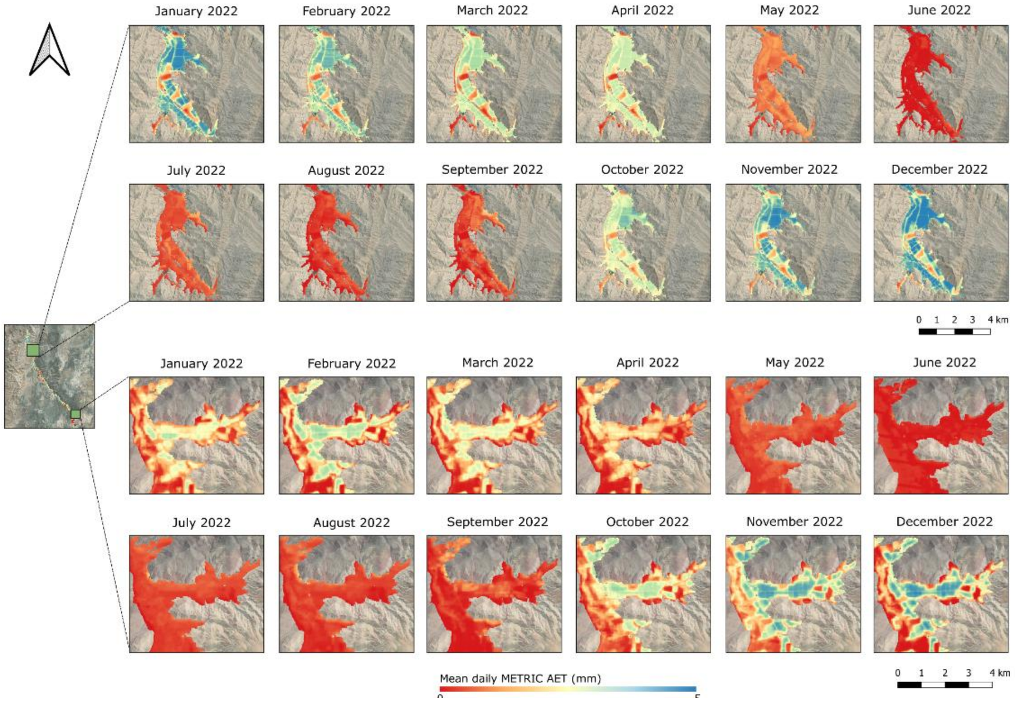


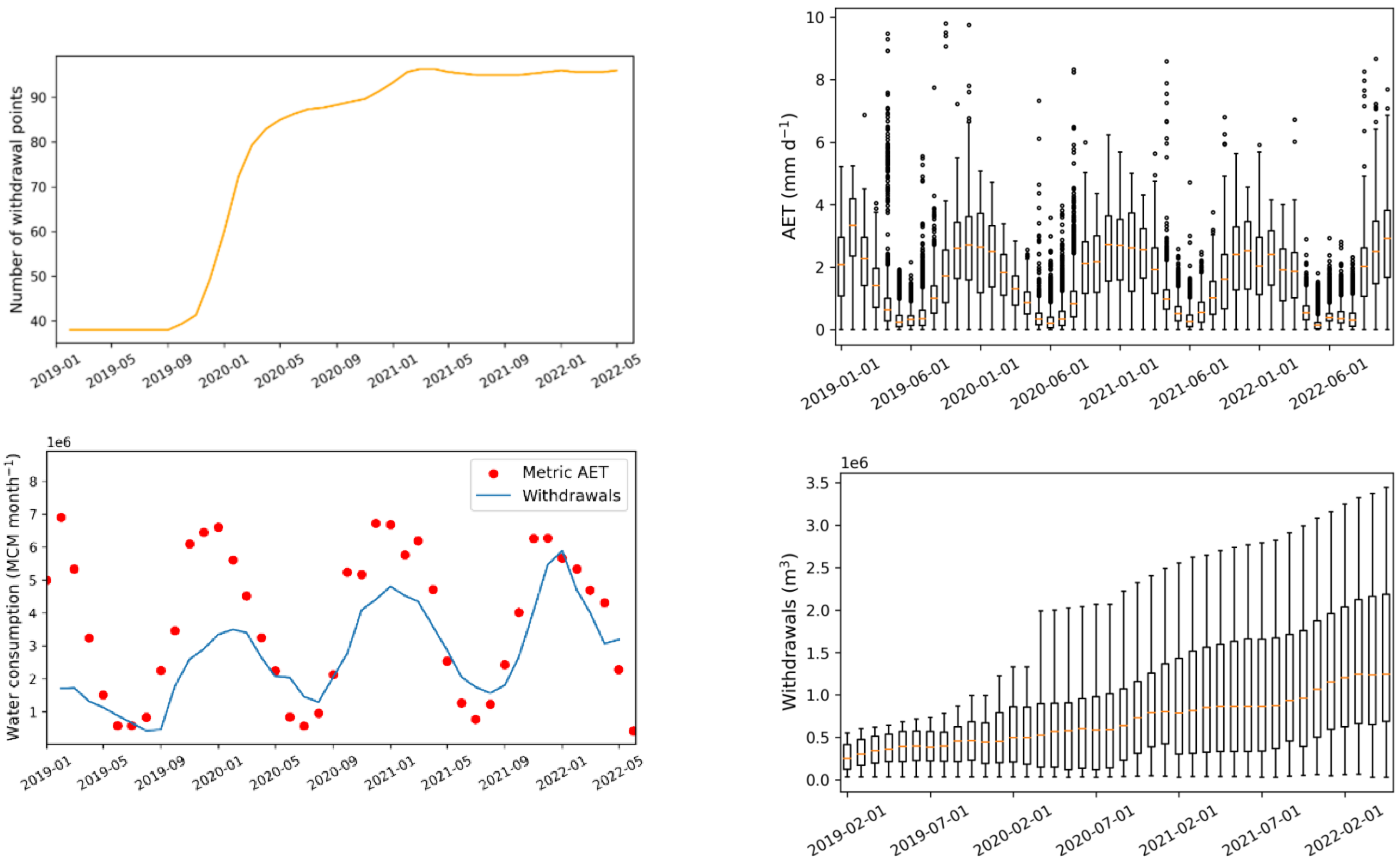




Democratización y transparencia en el manejo de cuencas/regiones







Number of withdrawal points
AET (mm d^{-1})
1e6
Water consumption (MCM month^{-1})
Metric AET
Withdrawals
1e6
Withdrawals (m^3)

Gestión de los recursos hídricos (adaptación y mitigación)

- Mayor eficiencia en el uso del agua (tecnificación del riego, cultivos y variedades más eficientes, entre otros).
- Prácticas de manejo agrícolas (aumento en la retención de agua en los suelos y reducción de la evaporación).
- Cambio en el uso del suelo y reconversión (migración de la agricultura).

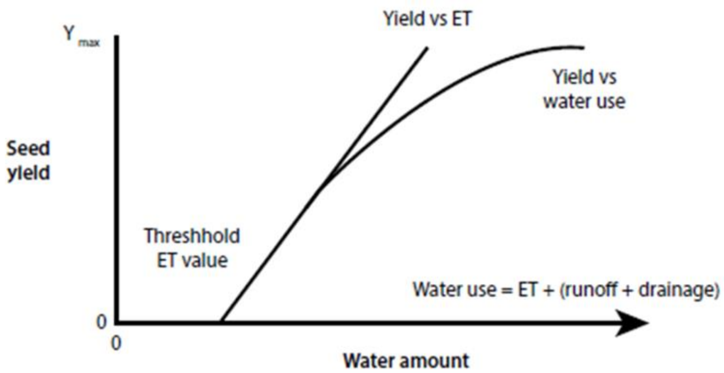
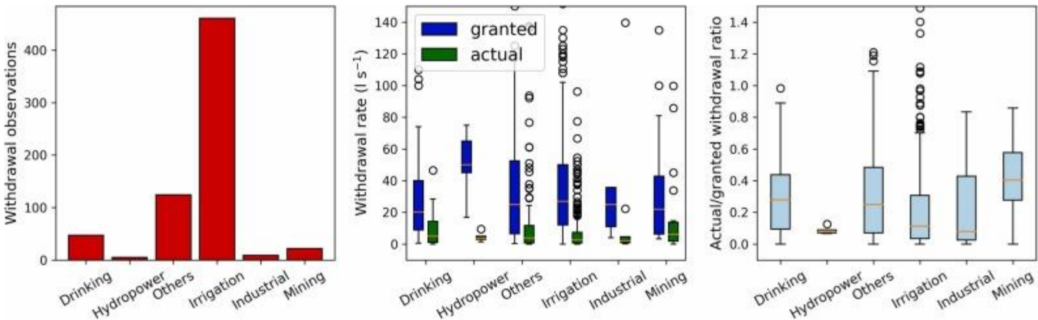


Figure 8. Generalized relationship between yield and water amount (ET or water use). (Stone and Schlegel 2006)



Conclusiones

- El cambio climático es evidente (consenso científico en artículos revisados por pares del orden del 99%) y traerá consecuencias devastadoras en las próximas décadas.
- La interacción entre el cambio climático y deficiencias en la gobernanza y gestión hídricas han conducido a un progresivo agotamiento de los recursos hídricos y a una mayor escasez de agua.
- Las tecnologías y el modelamiento nos permiten cuantificar, monitorear y fiscalizar de mejor forma los recursos y su uso.
- La gestión de los recursos hídricos tiene un rol fundamental que desempeñar para afrontar los desafíos del escenario actual.
- Existe la necesidad de pasar de modelos de gobernanza y gestión rígidos, opacos, individuales y basados en la competencia a modelos adaptativos, dinámicos, integrales, transparentes y basados en la colaboración.

Referencias

- Allen, C. D., Breshears, D. D., & McDowell, N. G. (2015). On underestimation of global vulnerability to tree mortality and forest die-off from hotter drought in the Anthropocene. Ecosphere, 6(8), 1-55.
- Fuentes, I., Vervoort, R. W., & McPhee, J. (2024). Global evapotranspiration models and their performance at different spatial scales: Contrasting a latitudinal gradient against global catchments. *Journal of Hydrology*, *628*, 130477.
- Fuentes, I., Vervoort, R. W., McPhee, J., & Rojas, L. A. R. (2024). Agricultural water accounting: Complementing a governance monitoring schema with remote sensing calculations at different scales. *Agricultural Water Management*, *292*, 108676.
- Fuentes, I., Fuster, R., Avilés, D., & Vervoort, W. (2021). Water scarcity in central Chile: the effect of climate and land cover changes on hydrologic resources. *Hydrological Sciences Journal*, *66*(6), 1028-1044.
- Geng, T., Jia, F., Cai, W., Wu, L., Gan, B., Jing, Z., ... & McPhaden, M. J. (2023). Increased occurrences of consecutive La Niña events under global warming. Nature, 619(7971), 774-781.
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., ... & Zhou, B. (2021). Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, 2(1), 2391.
- Stone, L. R., & Schlegel, A. J. (2006). Crop water use in limited-irrigation environments.
- Thornton, P. K., Ericksen, P. J., Herrero, M., & Challinor, A. J. (2014). Climate variability and vulnerability to climate change: a review. Global change biology, 20(11), 3313-3328.
- Valdés-Pineda, R., García-Chevesich, P., Valdés, J. B., & Pizarro-Tapia, R. (2020). The first drying lake in Chile: causes and recovery options. *Water*, *12*(1), 290.

¡Gracias por su atención!

contacto: ifuentes@udla.cl