



SEMINARIO Y FORO PANEL FOSTER

IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EDUCACIÓN PARA EL CAMBIO GLOBAL

*Jorge Carrasco Cerda
Centro de Investigación Gaia Antártica
Instituto de la Patagonia
Universidad de Magallanes*

TEMARIO

Introducción y conceptos claves

El cambio climático

Impactos en Chile

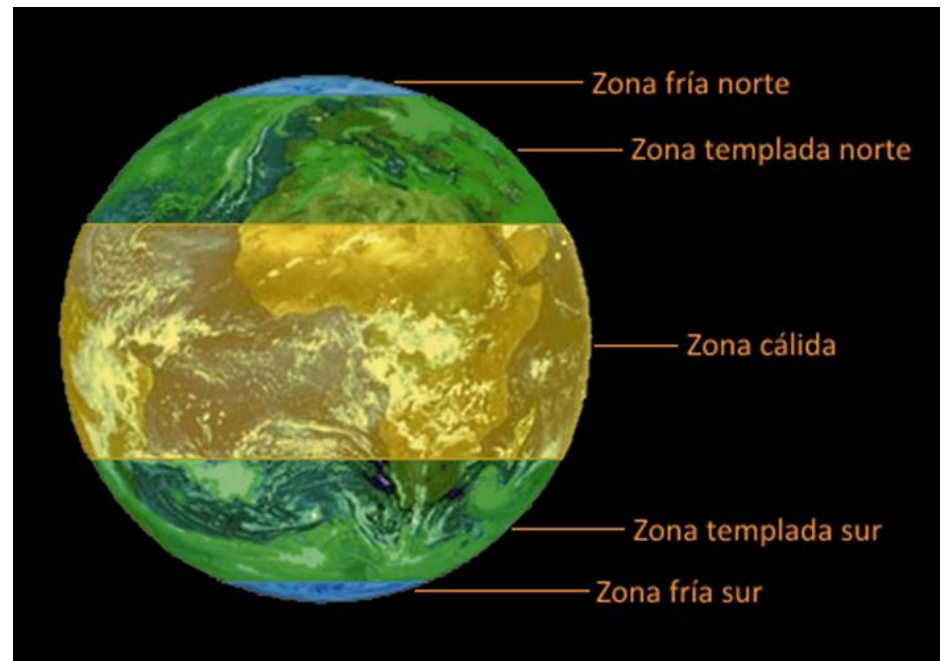
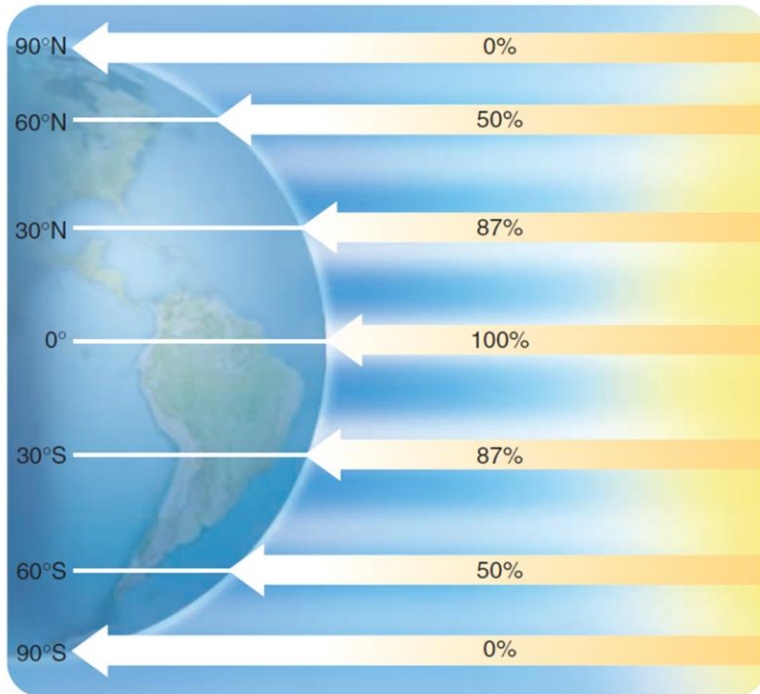
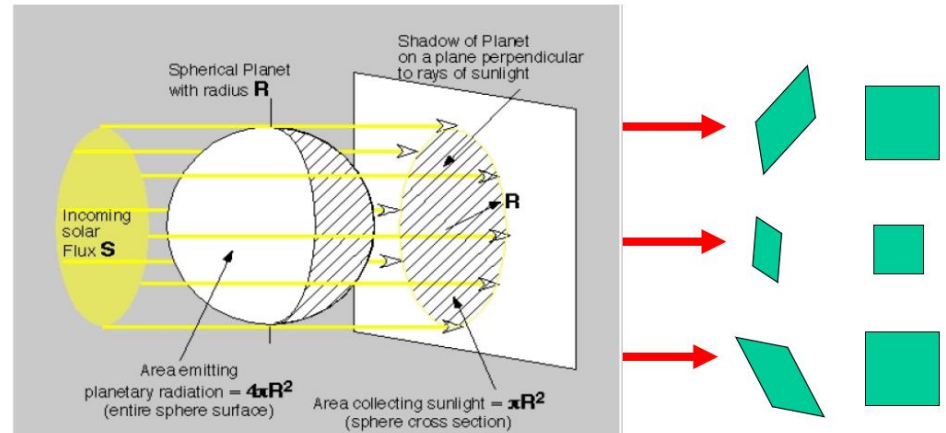
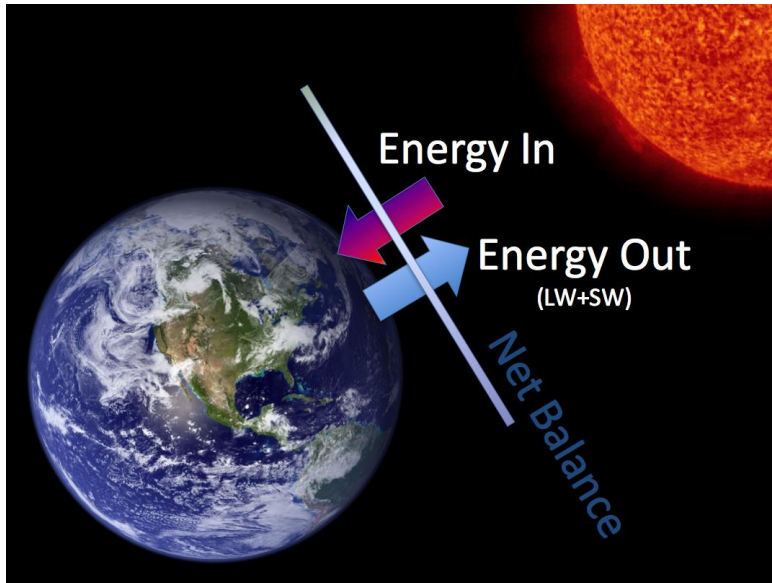
¿Qué se viene?

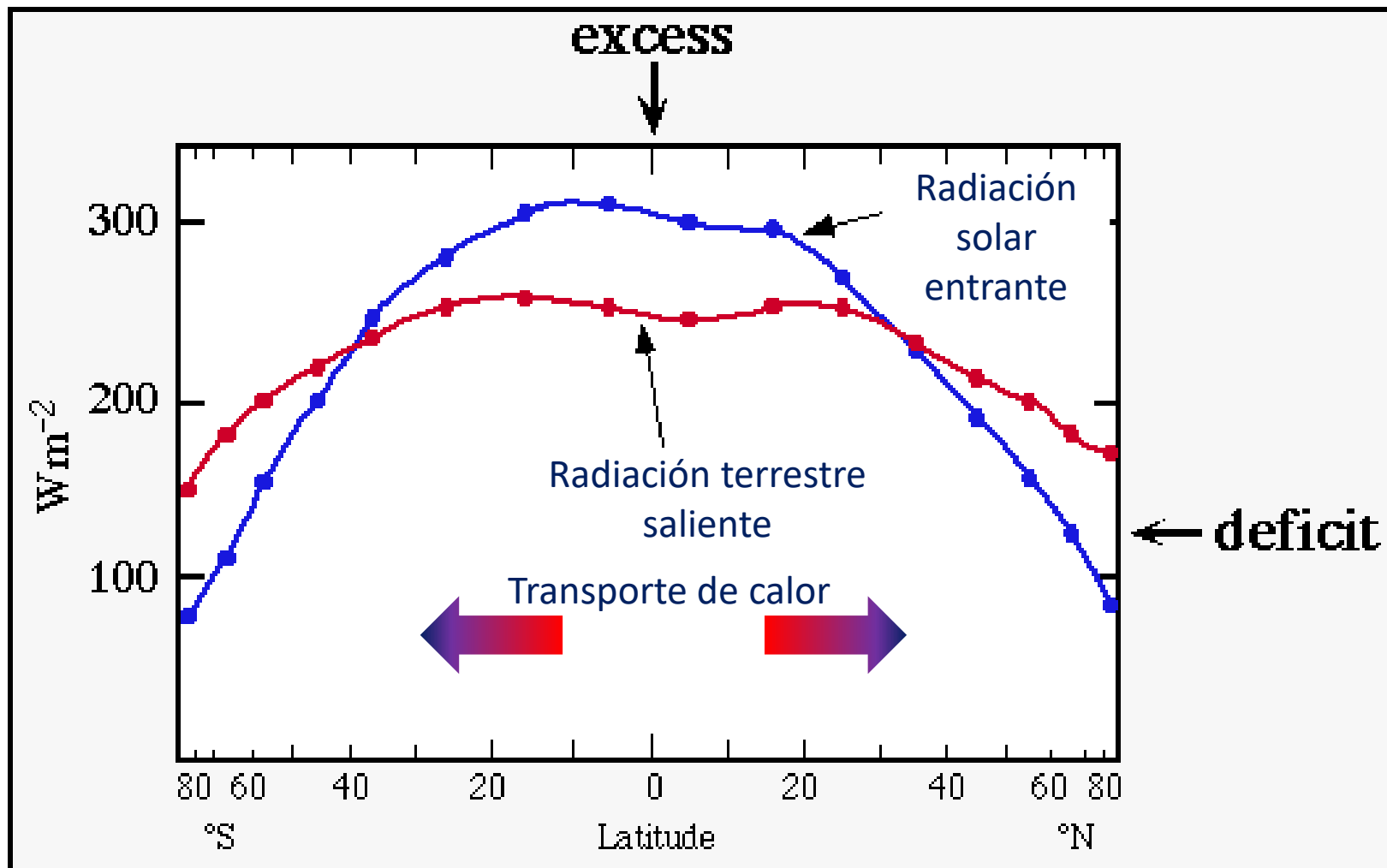
Definiciones
Conceptos

EL CAMBIO CLIMÁTICO



Balance Radiativo





Atmósfera: circulación general del viento

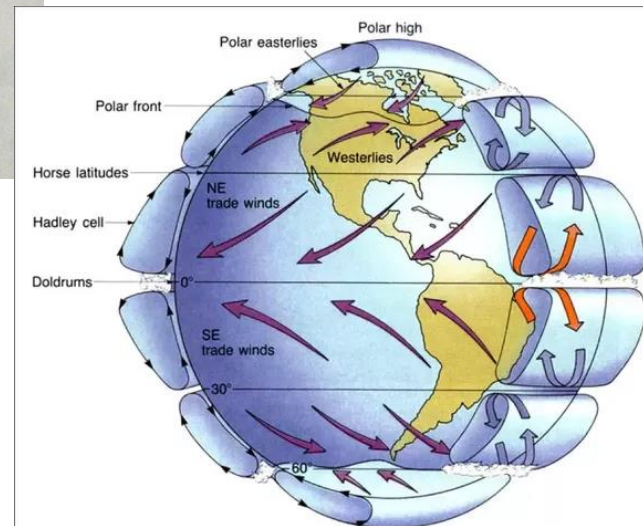
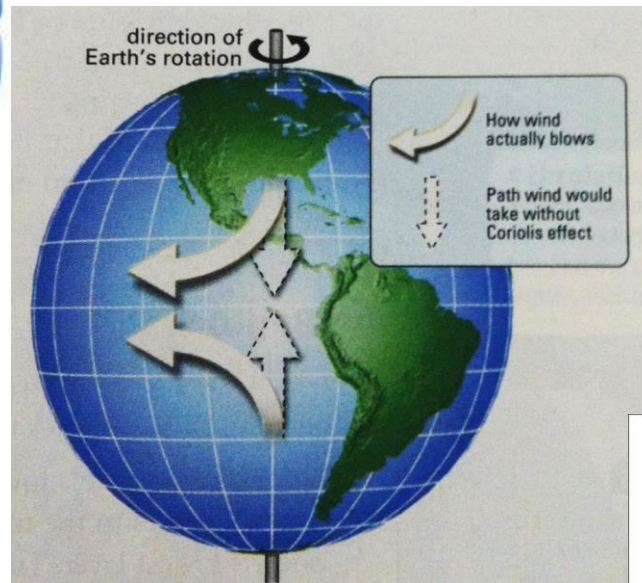
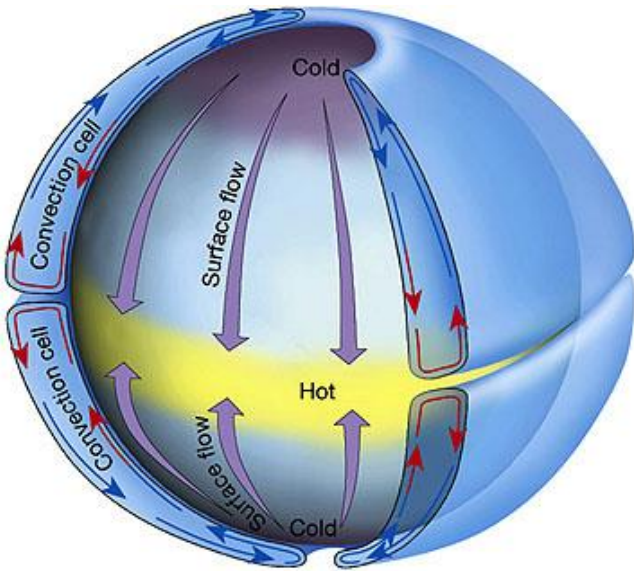
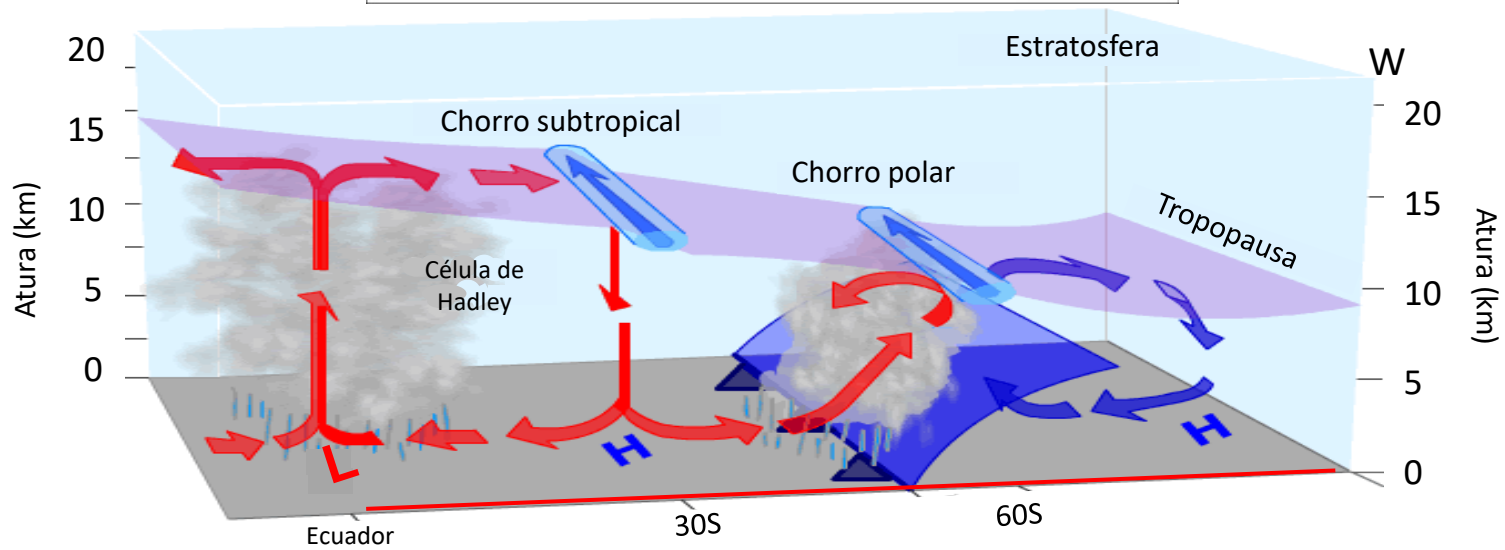
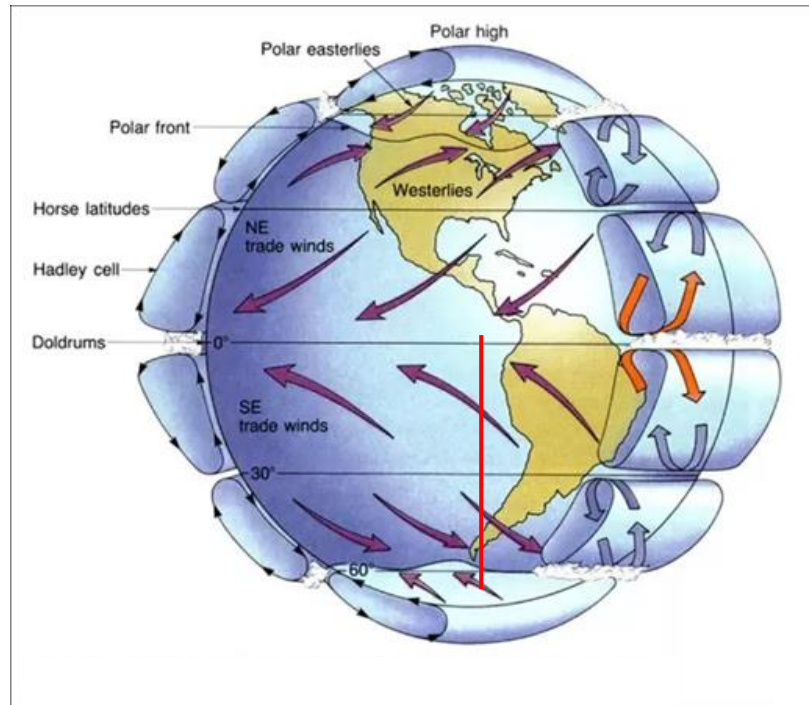
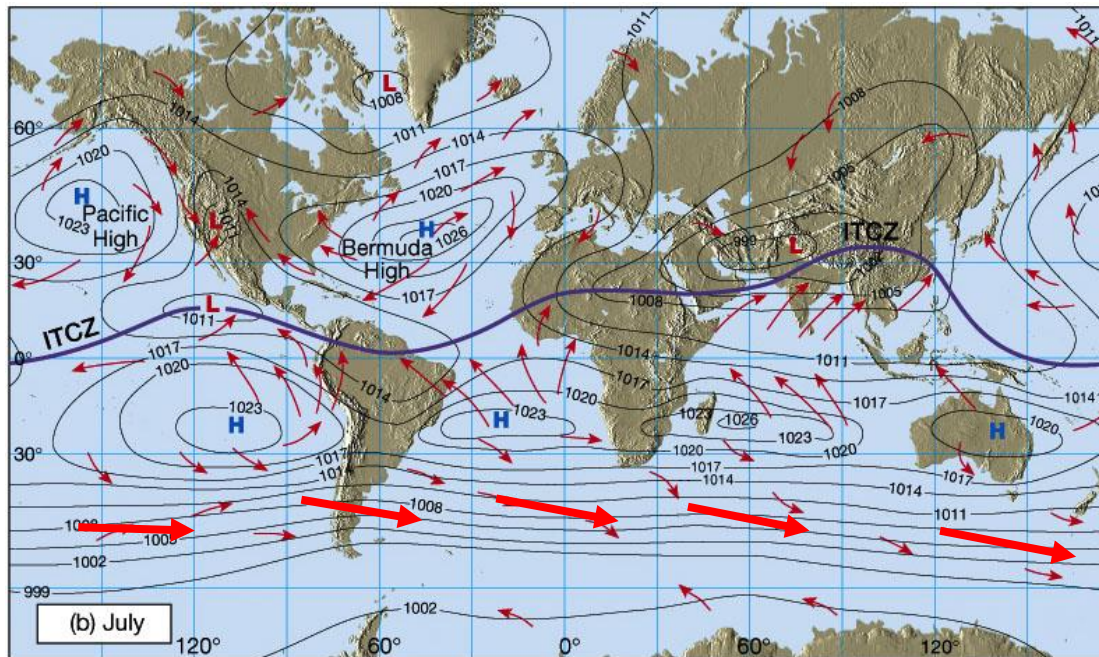
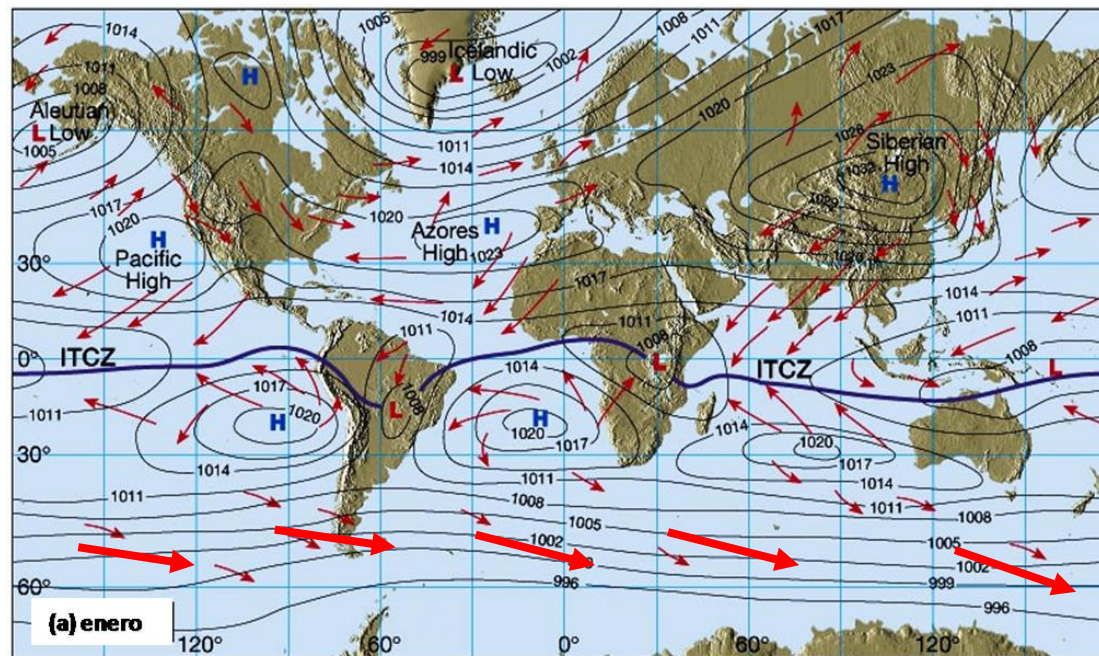
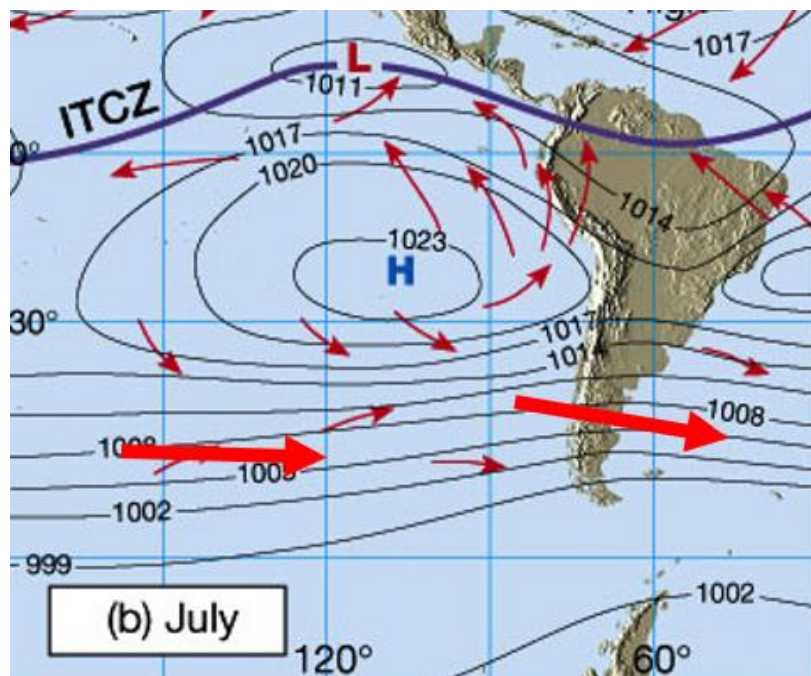
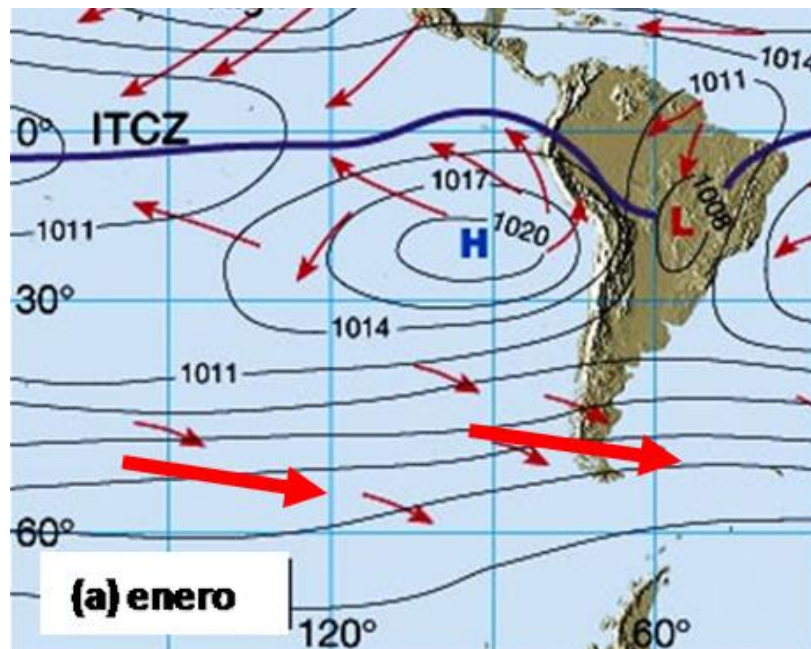


Figure 8*3 Idealized global circulation proposed for the three-cell circulation model.

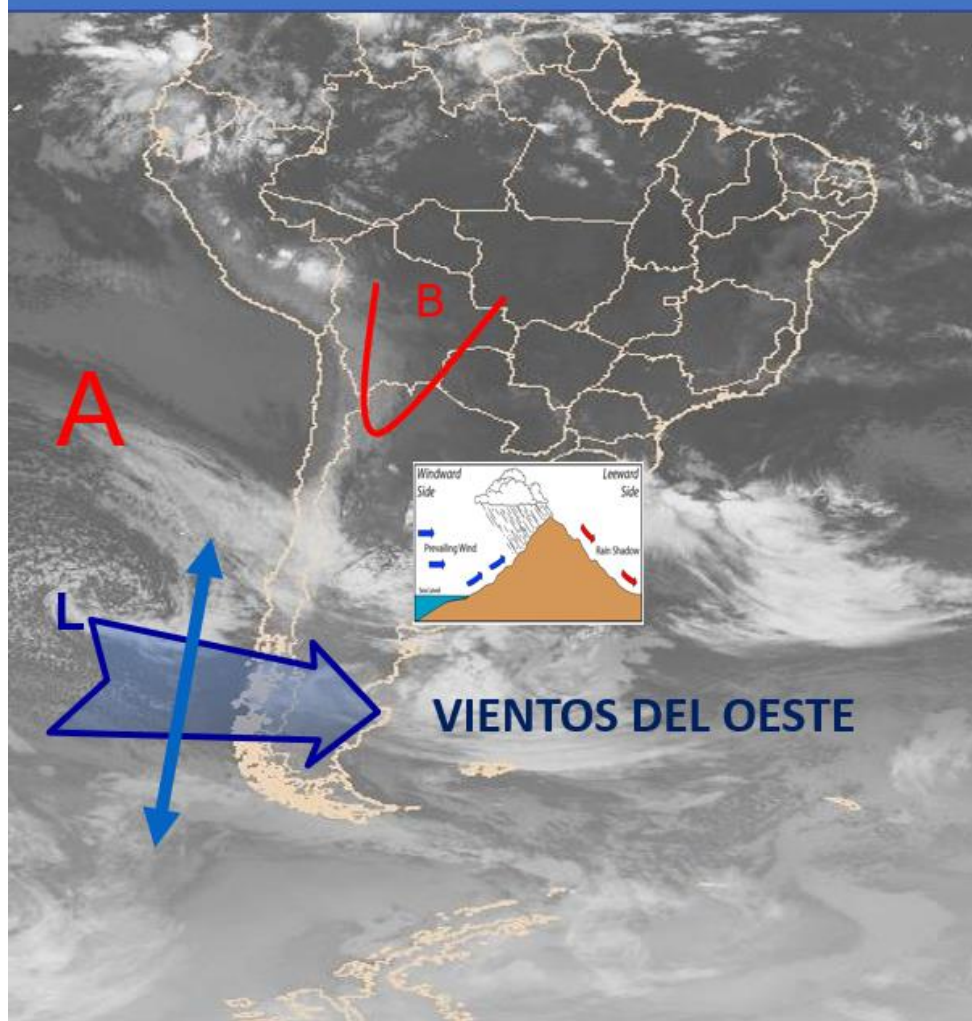
Atmósfera: circulación general del viento

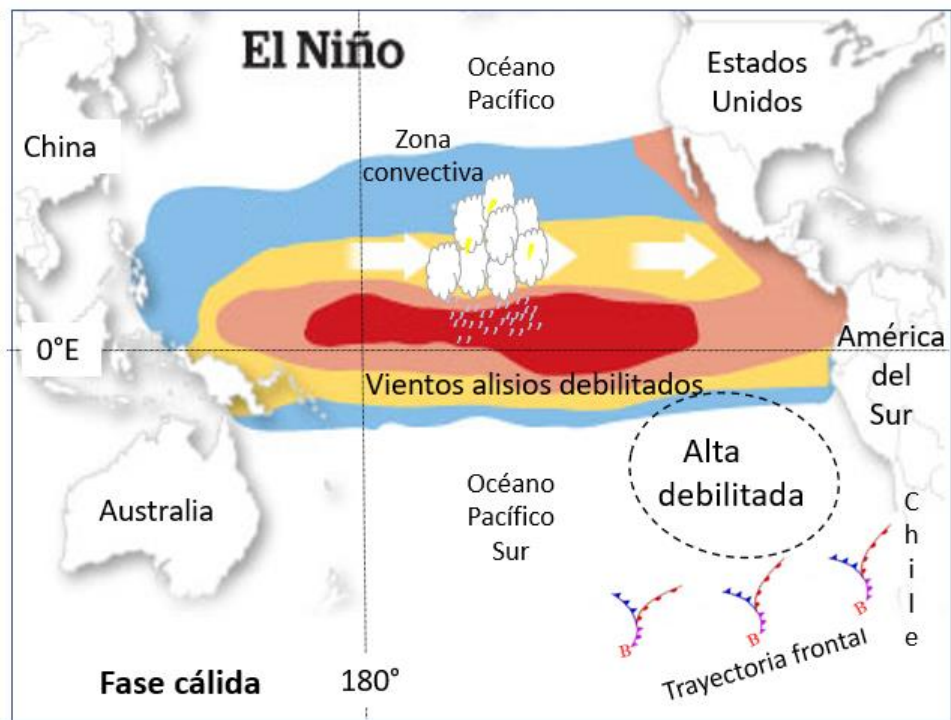
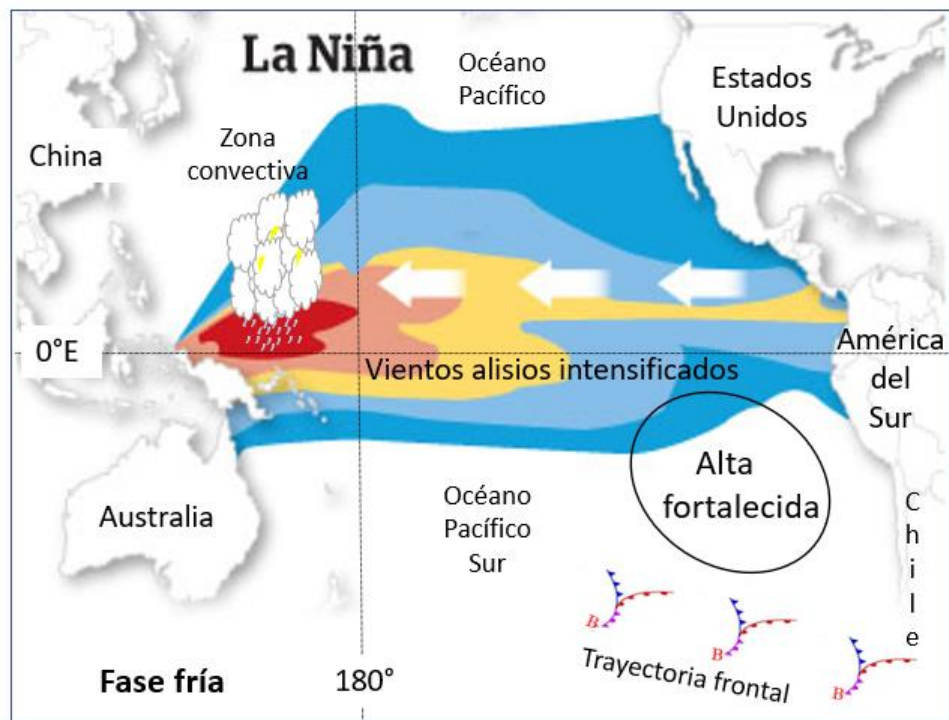






PATRÓN ATMOSFÉRICO QUE DEFINE EL CLIMA EL CHILE

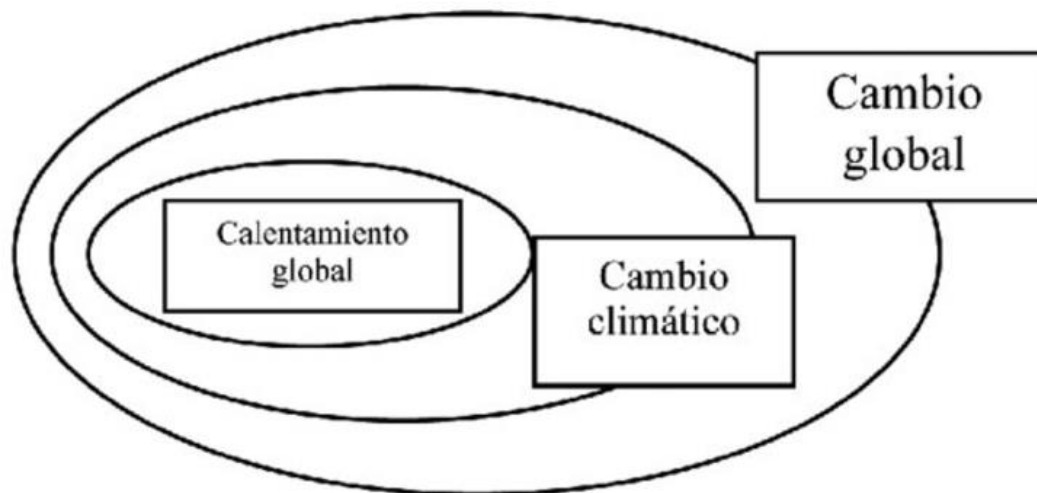




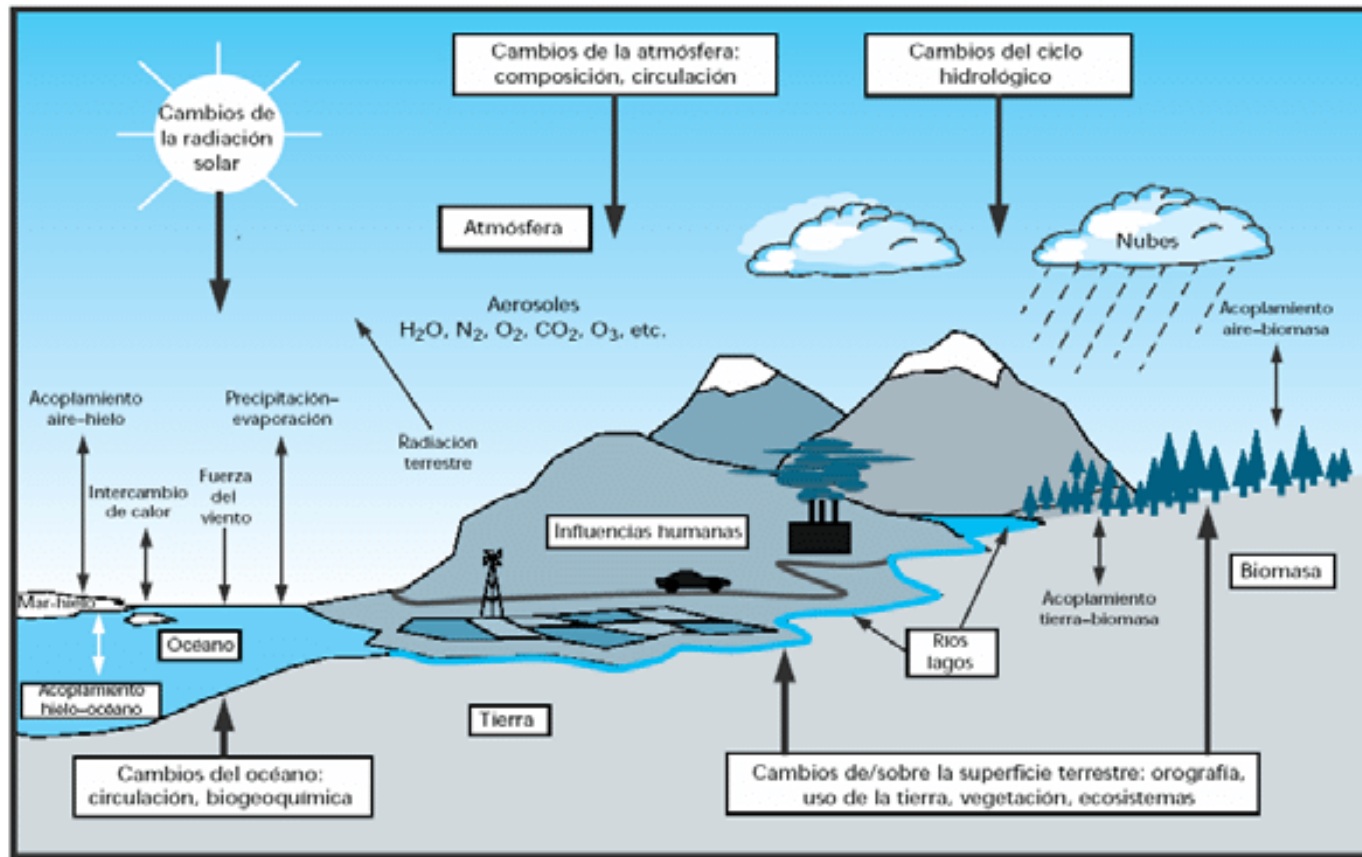
Cambio climático

Climate change

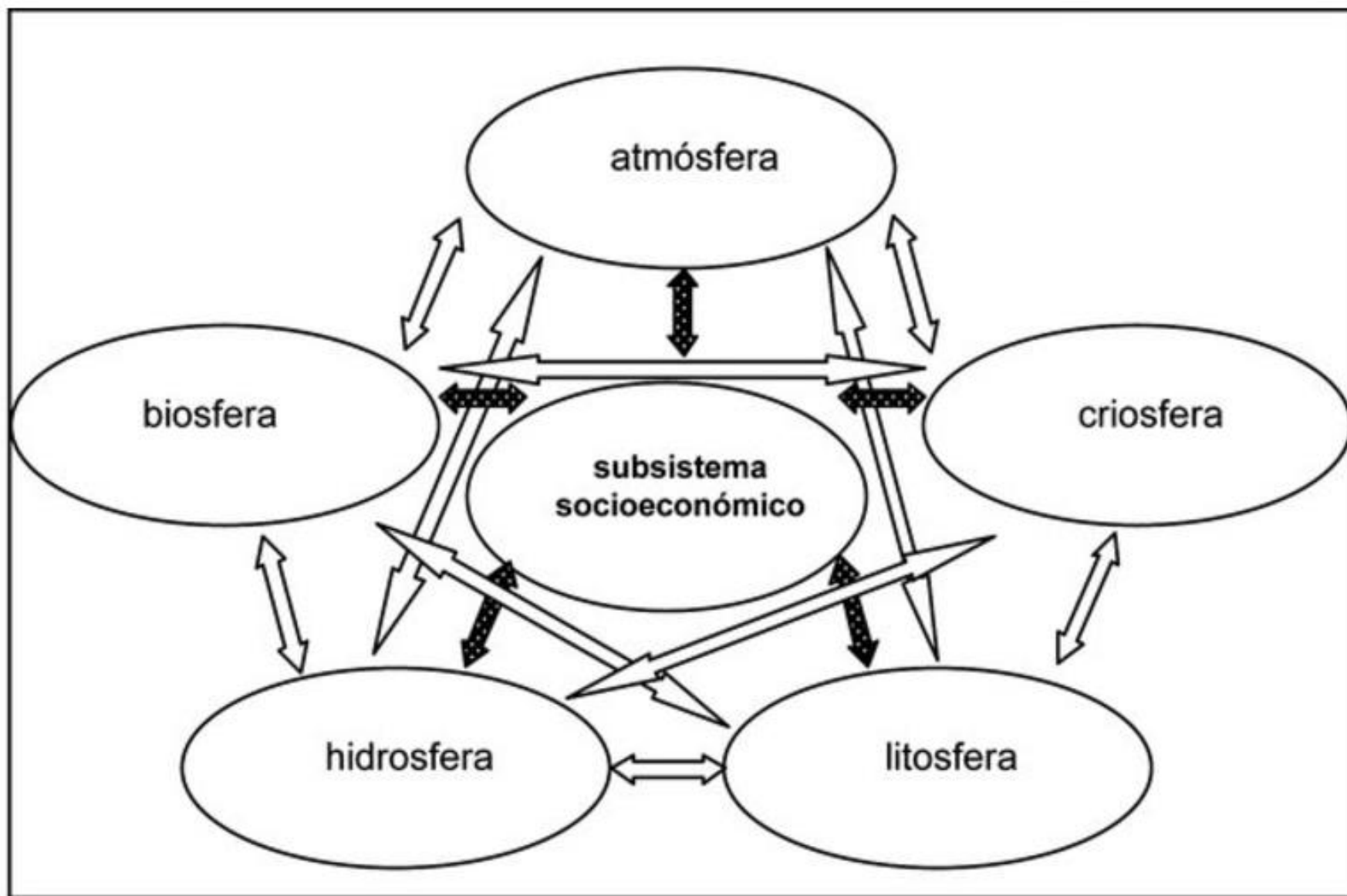
El cambio climático es el término usado para describir cambios en el estado del clima que puede ser identificado por cambios en el promedio y/o la variabilidad de sus propiedades y que persisten por un periodo extendido, típicamente décadas o mayores



El clima es el promedio y la variabilidad de variables atmosféricas



El sistema climático es la suma de las componentes: atmósfera, hidrósfera (océanos, ríos, lagos), criósfera (hielo), la litósfera (elementos terrestres) y la biósfera (elementos vivos)



TEMARIO

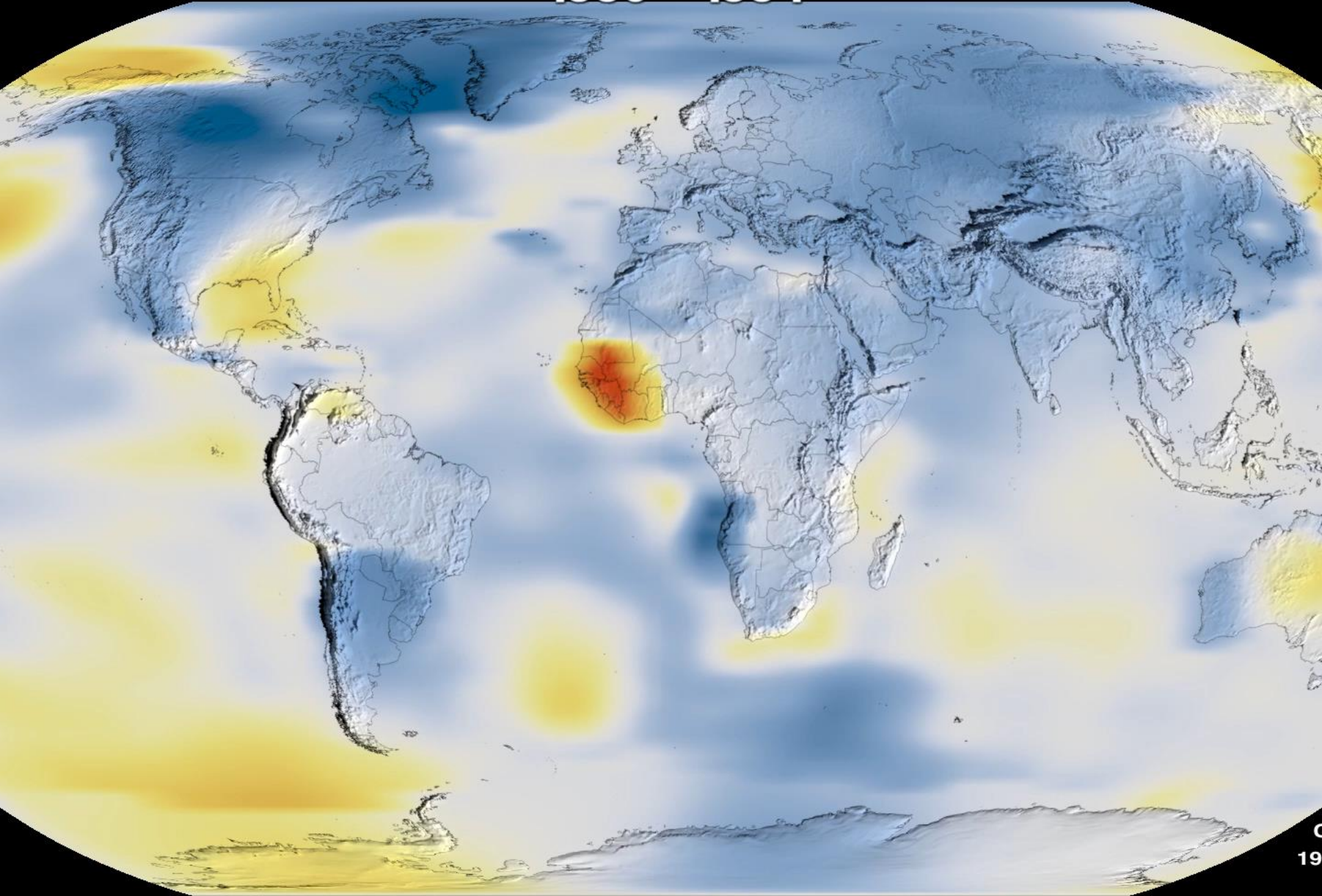
Introducción y conceptos claves

El cambio climático

Impactos en Chile

¿Qué se viene?

Temperature Anomaly 1880 - 1884



Jueves 17 de junio, 15:00 horas

EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS RIESGOS NATURALES COSTEROS; EL EJEMPLO DE QUEBEC, CANADÁ

Presenta
Dr. Guillaume Marie, Geógrafo y Profesor de Universidad de Quebec en Rimouski (UQAR) Canadá.

Inscripciones escribir a:
hannan.aziz@unhcr.org

Organiza
PNUD
Unidad de Cooperación

EL MERCURIO DE CALAMA

Cambio climático traerá menos lluvias y alza de las temperaturas en la zona

Investigación realizada por el Observatorio de Cambio Climático de la Universidad de Chile, en colaboración con la Oficina de Estudios y Políticas Económicas del Ministerio del Interior.

LA VANGUARDIA

Los expertos alertan que la crisis climática se agudiza y es irreversible

Los científicos de la ONU advierten que el calentamiento global podría superar los 2 grados Celsius en 2050, lo que provocaría graves consecuencias para la humanidad.



El precio de la luz sigue desbocado: marca un nuevo récord y apunta a los 120 euros

Los expertos advierten que la inflación seguirá creciendo, lo que podría provocar graves consecuencias para la economía.

Los expertos advierten que la inflación seguirá creciendo, lo que podría provocar graves consecuencias para la economía.

Los expertos advierten que la inflación seguirá creciendo, lo que podría provocar graves consecuencias para la economía.

Los expertos advierten que la inflación seguirá creciendo, lo que podría provocar graves consecuencias para la economía.

Los expertos advierten que la inflación seguirá creciendo, lo que podría provocar graves consecuencias para la economía.

Los expertos advierten que la inflación seguirá creciendo, lo que podría provocar graves consecuencias para la economía.

Los expertos advierten que la inflación seguirá creciendo, lo que podría provocar graves consecuencias para la economía.

Los expertos advierten que la inflación seguirá creciendo, lo que podría provocar graves consecuencias para la economía.

Los expertos advierten que la inflación seguirá creciendo, lo que podría provocar graves consecuencias para la economía.

Los expertos advierten que la inflación seguirá creciendo, lo que podría provocar graves consecuencias para la economía.

Los expertos advierten que la inflación seguirá creciendo, lo que podría provocar graves consecuencias para la economía.

Los expertos advierten que la inflación seguirá creciendo, lo que podría provocar graves consecuencias para la economía.

Los expertos advierten que la inflación seguirá creciendo, lo que podría provocar graves consecuencias para la economía.

Los expertos advierten que la inflación seguirá creciendo, lo que podría provocar graves consecuencias para la economía.

Los expertos advierten que la inflación seguirá creciendo, lo que podría provocar graves consecuencias para la economía.

Los expertos advierten que la inflación seguirá creciendo, lo que podría provocar graves consecuencias para la economía.

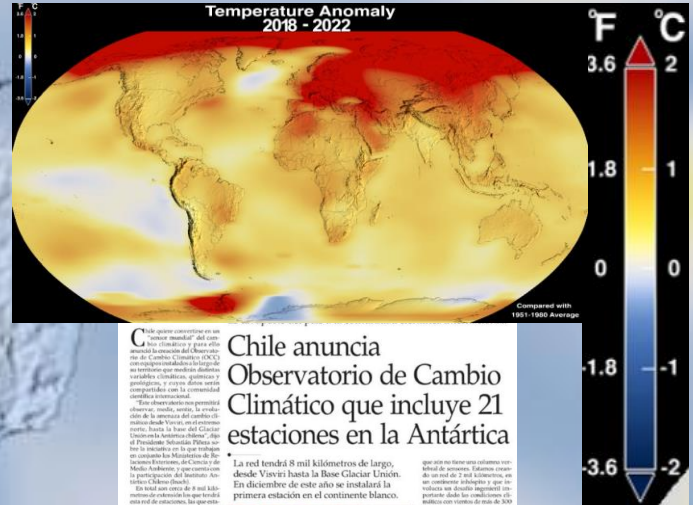
Los expertos advierten que la inflación seguirá creciendo, lo que podría provocar graves consecuencias para la economía.

Los expertos advierten que la inflación seguirá creciendo, lo que podría provocar graves consecuencias para la economía.

Expertos analizan si el corte de agua es culpa del cambio climático



Cambio climático eleva riesgo de desbordes en 83 localidades, incluyendo a San Antonio



Chile anuncia Observatorio de Cambio Climático que incluye 21 estaciones en la Antártica

La red tendrá 8 mil kilómetros de largo, desde Vavri hasta la Base Glaciér Unión. En diciembre de este año se instalará la primera estación en el continente blanco.

Los científicos advierten que el calentamiento global podría superar los 2 grados Celsius en 2050, lo que provocaría graves consecuencias para la humanidad.

Tema del día

Investigación adelanta inquietante escenario por el "cambio climático"

Los científicos advierten que el calentamiento global podría superar los 2 grados Celsius en 2050, lo que provocaría graves consecuencias para la humanidad.



El "sorprendente" cambio en la Antártida que preocupa a los expertos



El impacto del cambio climático en la salud de las personas se está intensificando



Si bien las decisiones políticas adquiridas ahora podrían reducir el desarrollo de enfermedades cardiovasculares e infecciosas, por ejemplo, muchas son inevitables a corto plazo.

Los científicos advierten que el calentamiento global podría superar los 2 grados Celsius en 2050, lo que provocaría graves consecuencias para la humanidad.

Los científicos advierten que el calentamiento global podría superar los 2 grados Celsius en 2050, lo que provocaría graves consecuencias para la humanidad.

Los científicos advierten que el calentamiento global podría superar los 2 grados Celsius en 2050, lo que provocaría graves consecuencias para la humanidad.

Los científicos advierten que el calentamiento global podría superar los 2 grados Celsius en 2050, lo que provocaría graves consecuencias para la humanidad.

Los científicos advierten que el calentamiento global podría superar los 2 grados Celsius en 2050, lo que provocaría graves consecuencias para la humanidad.

Los científicos advierten que el calentamiento global podría superar los 2 grados Celsius en 2050, lo que provocaría graves consecuencias para la humanidad.

Los científicos advierten que el calentamiento global podría superar los 2 grados Celsius en 2050, lo que provocaría graves consecuencias para la humanidad.

Los científicos advierten que el calentamiento global podría superar los 2 grados Celsius en 2050, lo que provocaría graves consecuencias para la humanidad.

Los científicos advierten que el calentamiento global podría superar los 2 grados Celsius en 2050, lo que provocaría graves consecuencias para la humanidad.

Los científicos advierten que el calentamiento global podría superar los 2 grados Celsius en 2050, lo que provocaría graves consecuencias para la humanidad.

Los científicos advierten que el calentamiento global podría superar los 2 grados Celsius en 2050, lo que provocaría graves consecuencias para la humanidad.

Los científicos advierten que el calentamiento global podría superar los 2 grados Celsius en 2050, lo que provocaría graves consecuencias para la humanidad.

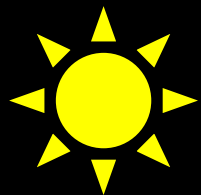
Los científicos advierten que el calentamiento global podría superar los 2 grados Celsius en 2050, lo que provocaría graves consecuencias para la humanidad.

El cambio climático es más mortal que el coronavirus

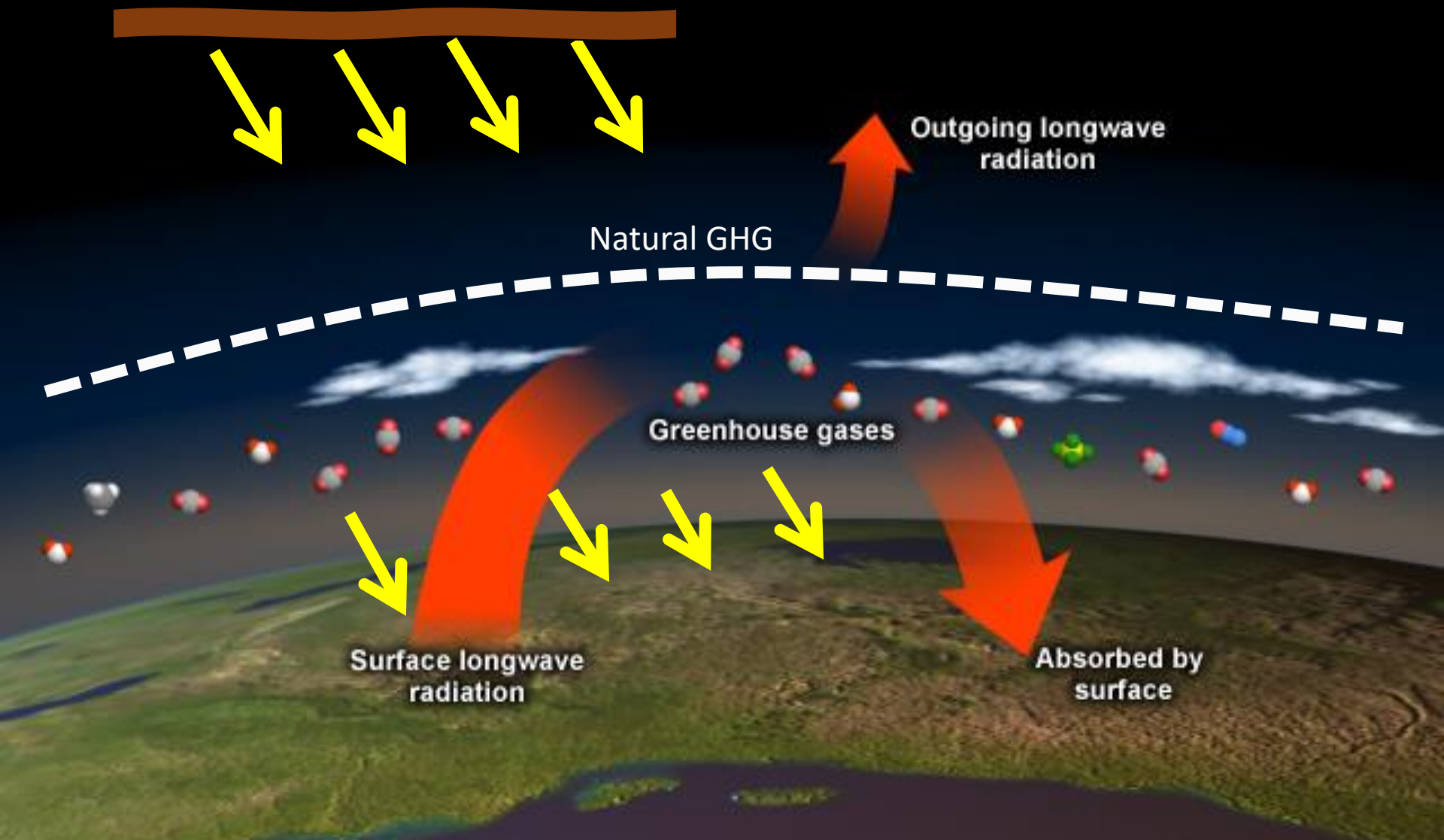


La epidemia mortal de dengue que azota a Colombia, Brasil, México y Nicaragua; la pérdida de hasta el 70% de cultivos en el Corredor Seco de Centroamérica; las inundaciones en Argentina, Uruguay; los incendios en Brasil, Bolivia y Venezuela; y los huracanes de fuerza sin precedentes en el

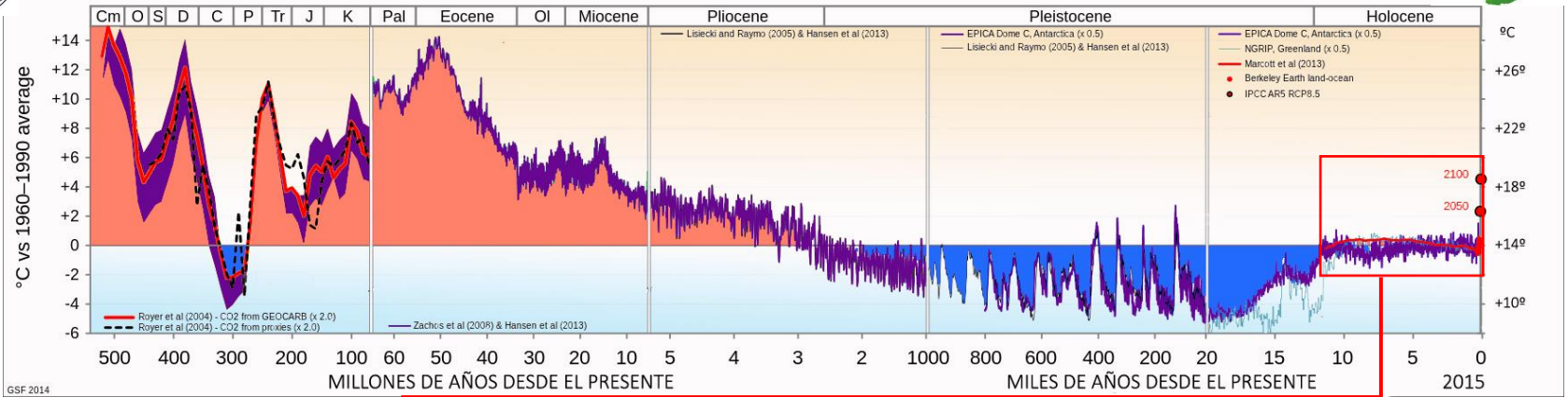
El extraño evento climático que incrementó las temperaturas en la península Antártica



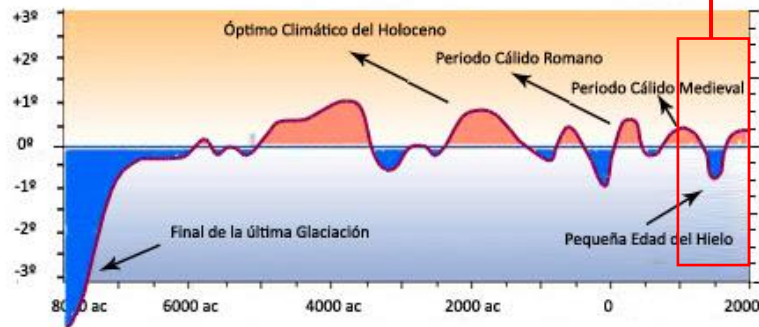
Incremento de GEI, más energía es atrapada



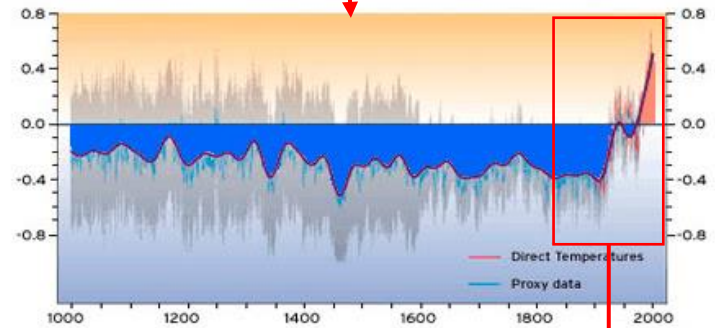
TEMPERATURA DE LA TIERRA



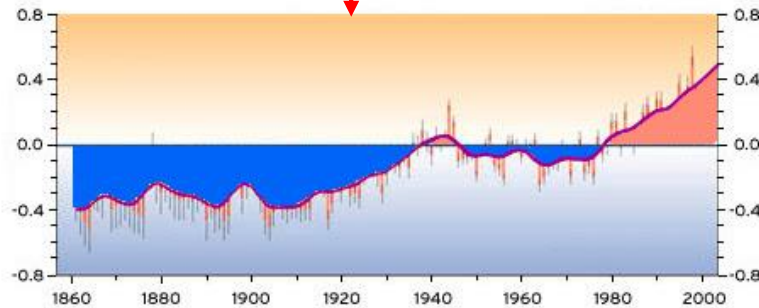
Temperaturas de los últimos 11.000 años



Temperaturas de los últimos 1000 años

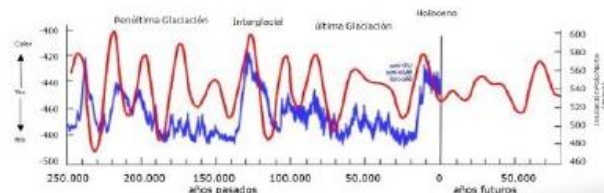


Temperaturas de los últimos 150 años



¿Puede ser el calentamiento global natural?

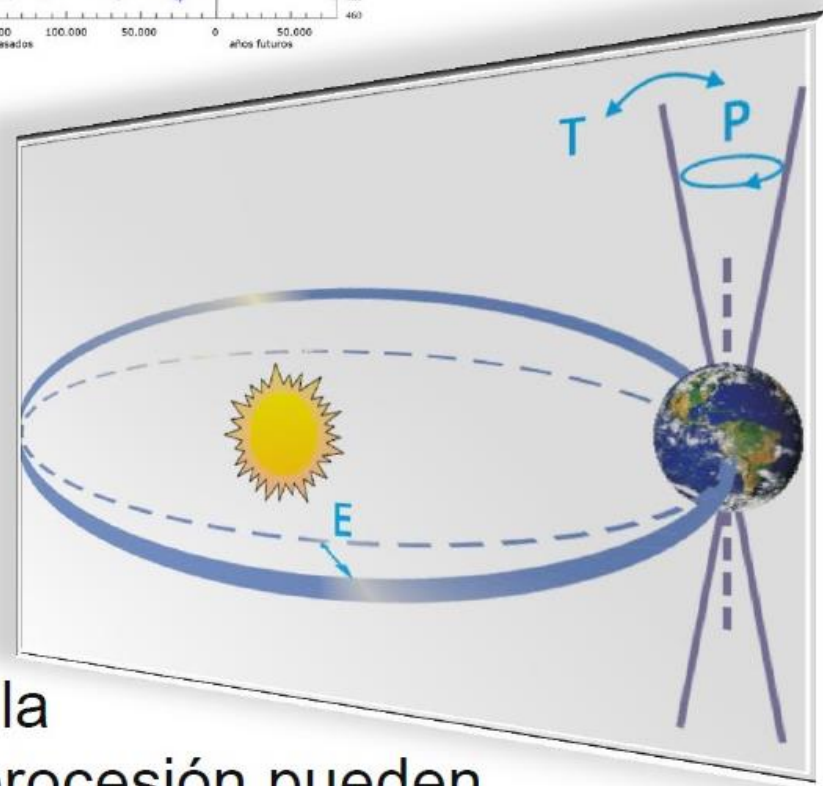
Teoría de Milankovitch



Excentricidad (E): variación del elipse (1 al 11%), en el transcurso de 100.000 años.

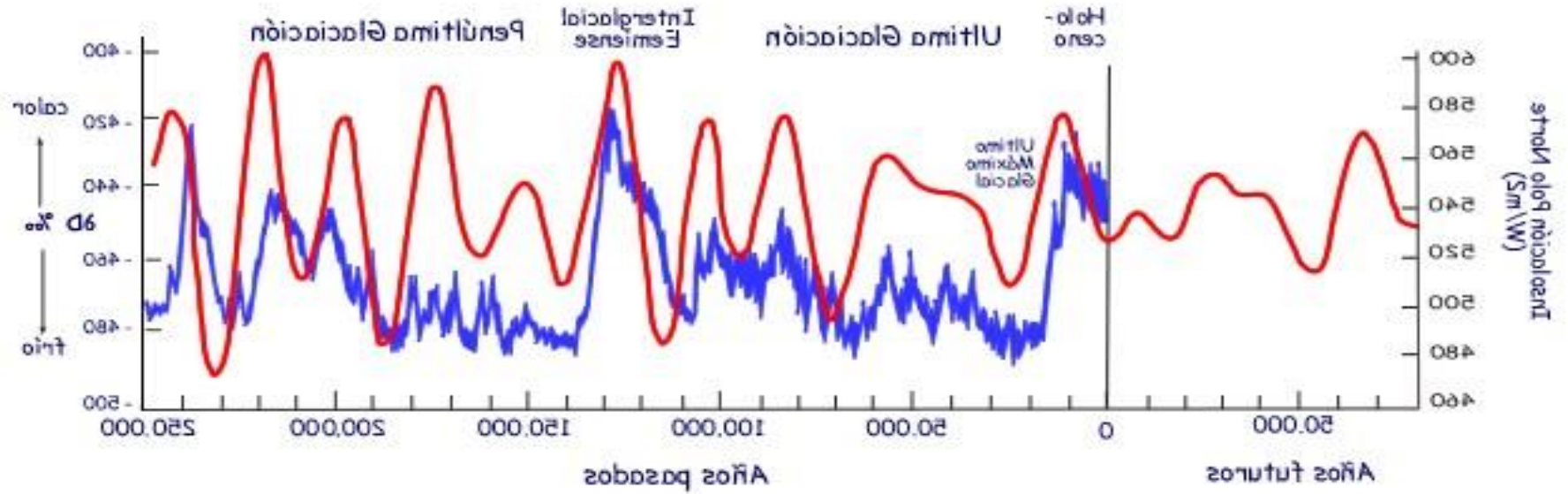
Oblicuidad (T): variación del ángulo del eje de rotación de la Tierra, oscila entre $21,6^\circ$ y $24,5^\circ$ cada 40.000 años.

Precesión (P). Variación del giro del eje de rotación en alrededor de 24.000 años

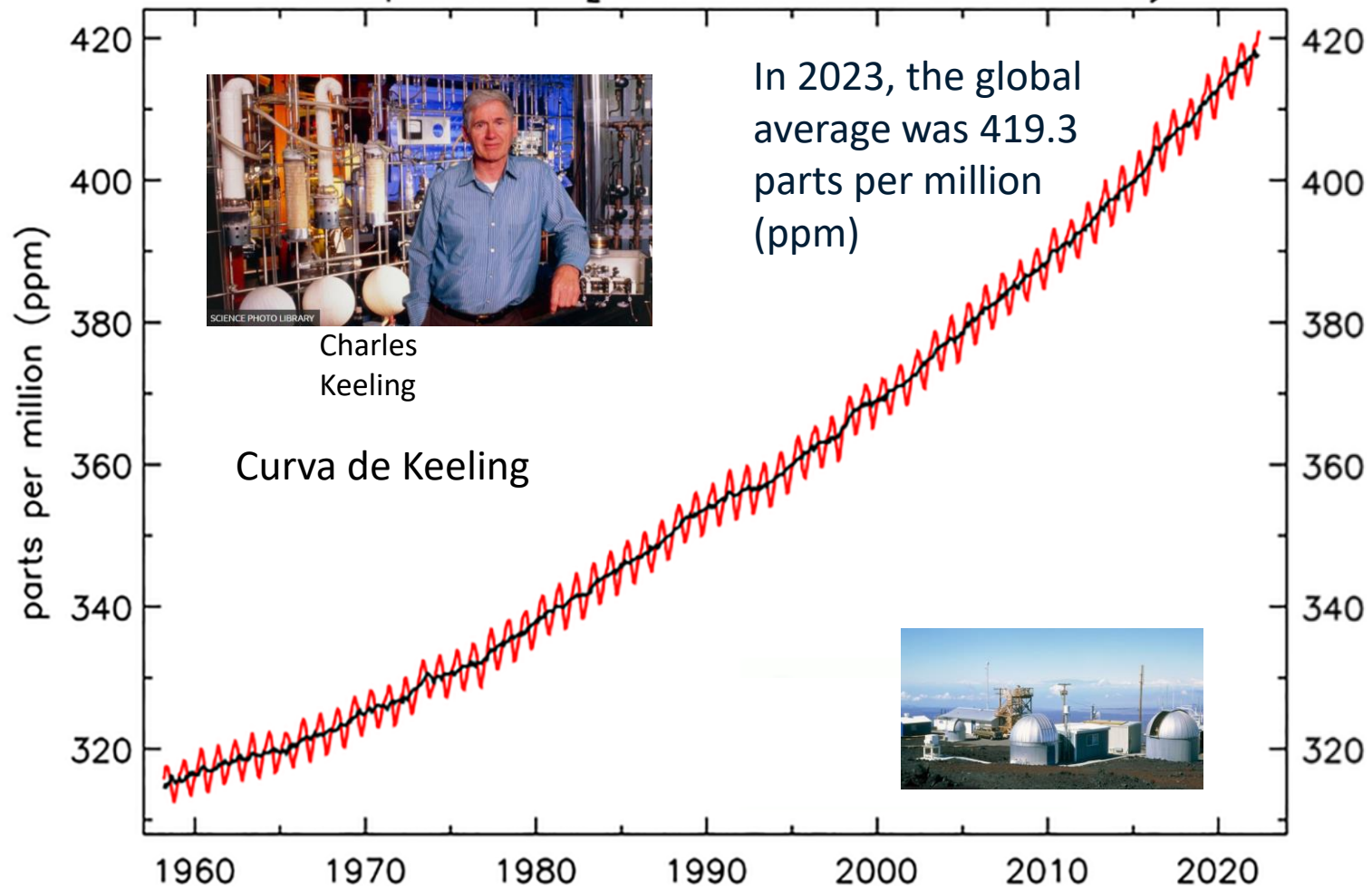


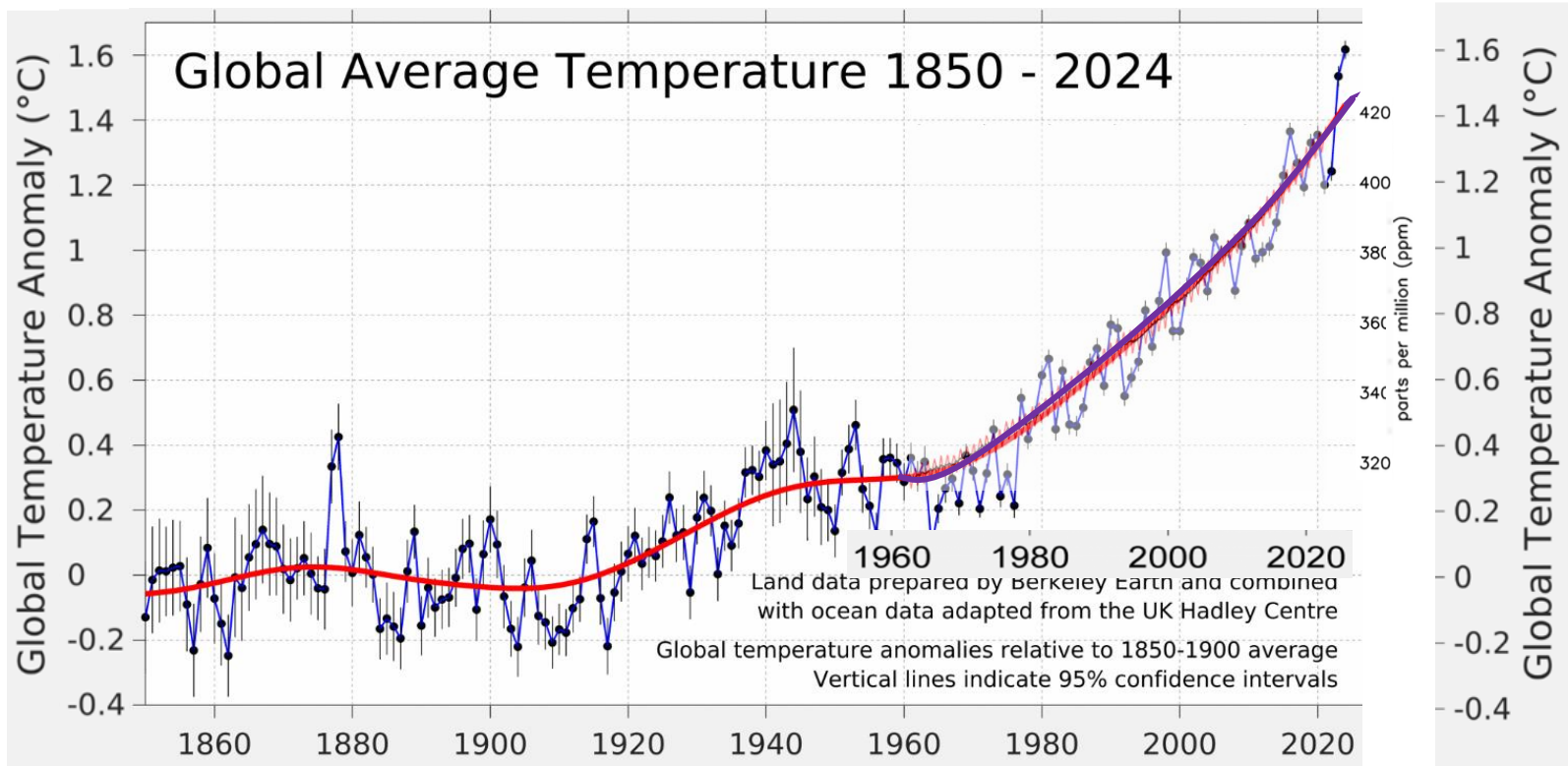
Los ciclos de Milankovitch se basan en que las variaciones de la excentricidad, la oblicuidad y la precesión pueden explicar variaciones del cambio climático del planeta en escala de las eras glaciares e interglaciares.

Ciclo de Milankovitch

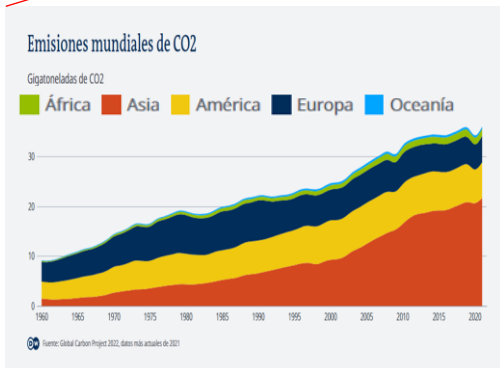
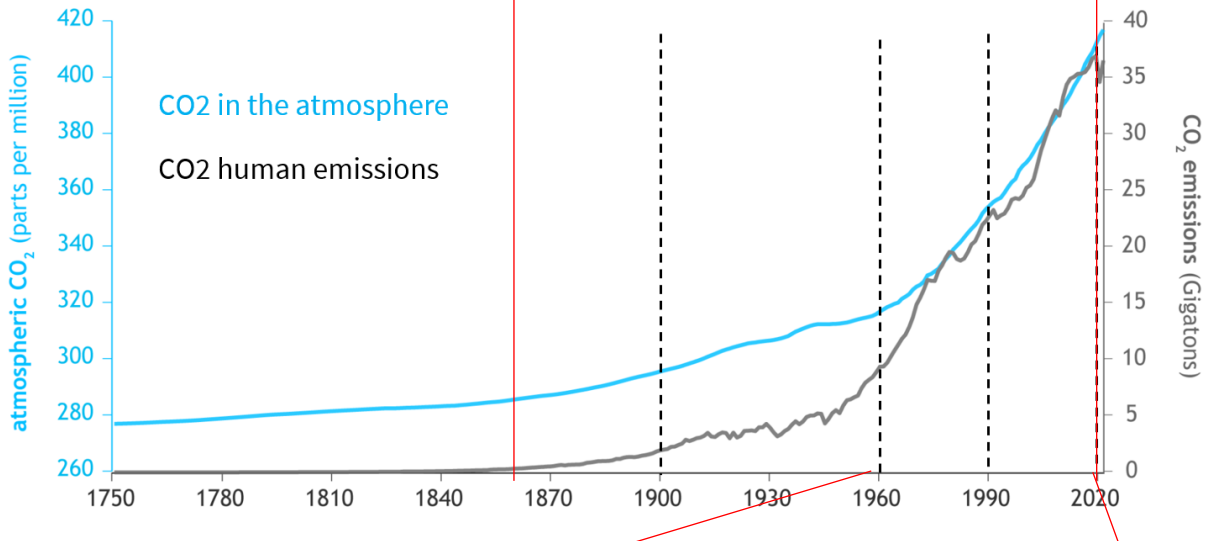
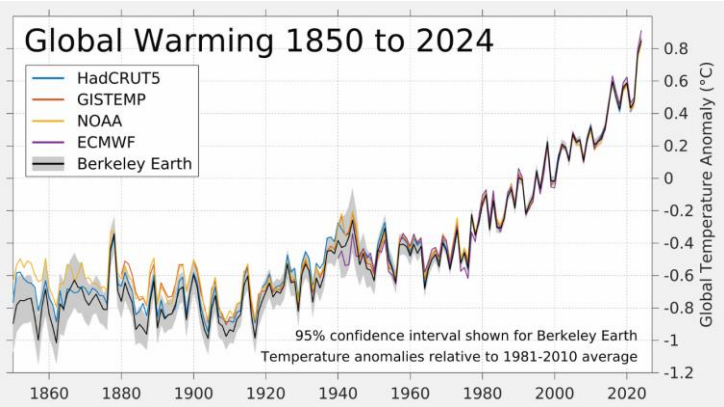
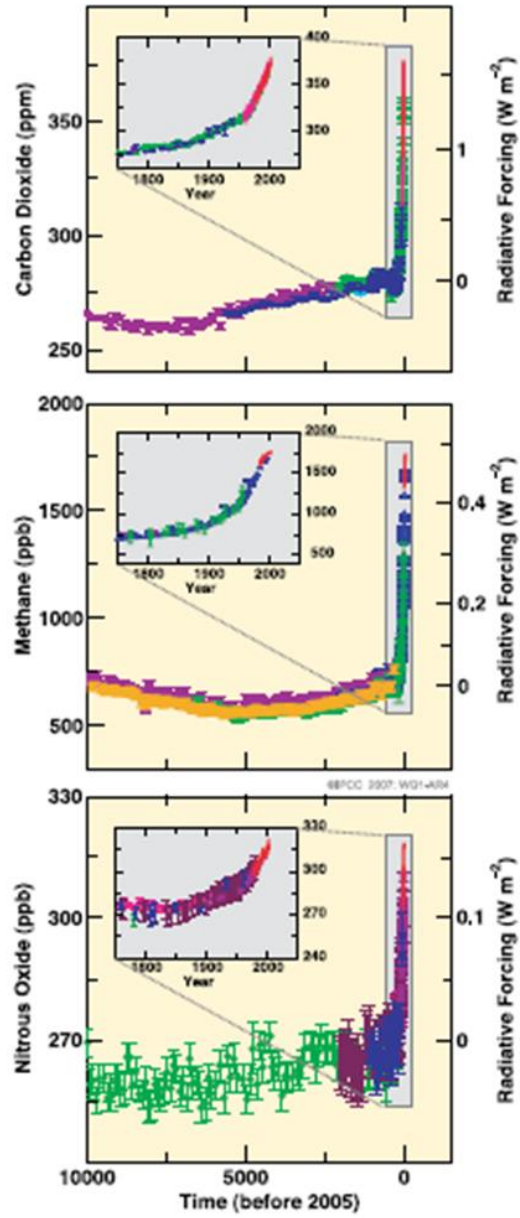


Atmospheric CO₂ at Mauna Loa Observatory





CHANGES IN GREENHOUSE GASES FROM ICE CORE
AND MODERN DATA





Organización Meteorológica Mundial
y el Programa de las Naciones Unidas
para el Medio Ambiente en 1988

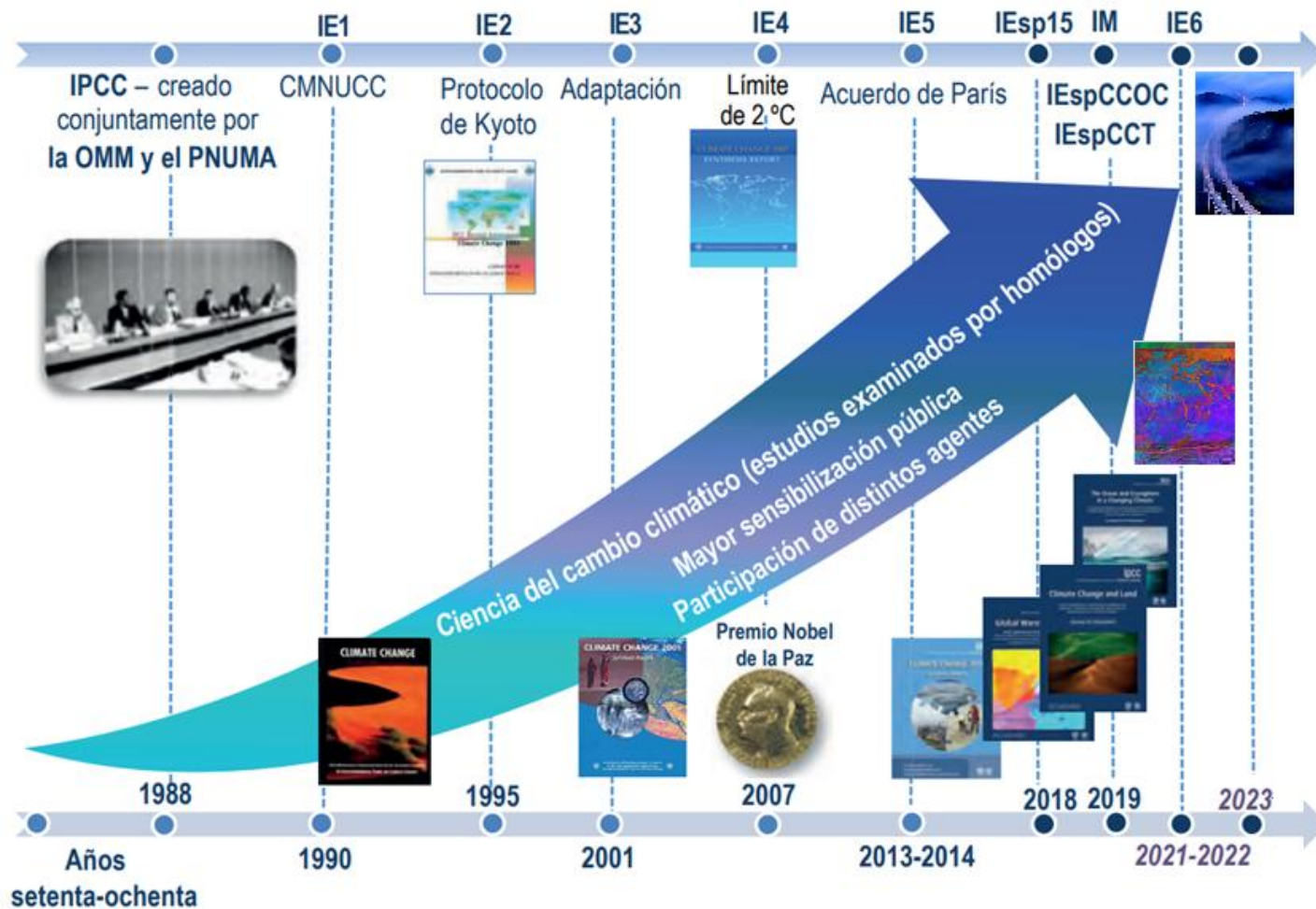
El IPCC se creó para proporcionar a los responsables de políticas, evaluaciones científicas periódicas sobre el cambio climático, sus implicaciones y posibles riesgos futuros, así como para proponer opciones de adaptación y mitigación.

Climate change

IPCC: “scientific Branch”

UNFCCC: “policemaker Branch”

Contribución del IPCC a la ciencia climática y la formulación de políticas



Atmospheric CO₂ at Mauna Loa Observatory

AR1 (1990)

Detección inequívoca de calentamiento, no registrada probablemente en una década.



CUMBRE
DE LA
TIERRA
RÍO 1992

parts per million (ppm)

420

400

380

360

340

320

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

~ 356 ppm

~ 354 ppm

~ 360 ppm

AR2 (1995)

El balance de la evidencia sugiere una influencia humana discernible (en el calentamiento).

June 2022

Atmospheric CO₂ at Mauna Loa Observatory

AR3 (2001)

Gran parte del calentamiento en los últimos 50 años es debido a las actividades humanas (probabilidad 2 de 3).

AR4 (2007)

Gran parte del calentamiento en los últimos 50 años es debido a los gases de efecto invernadero (probabilidad 9 de 10).

~ 383 ppm

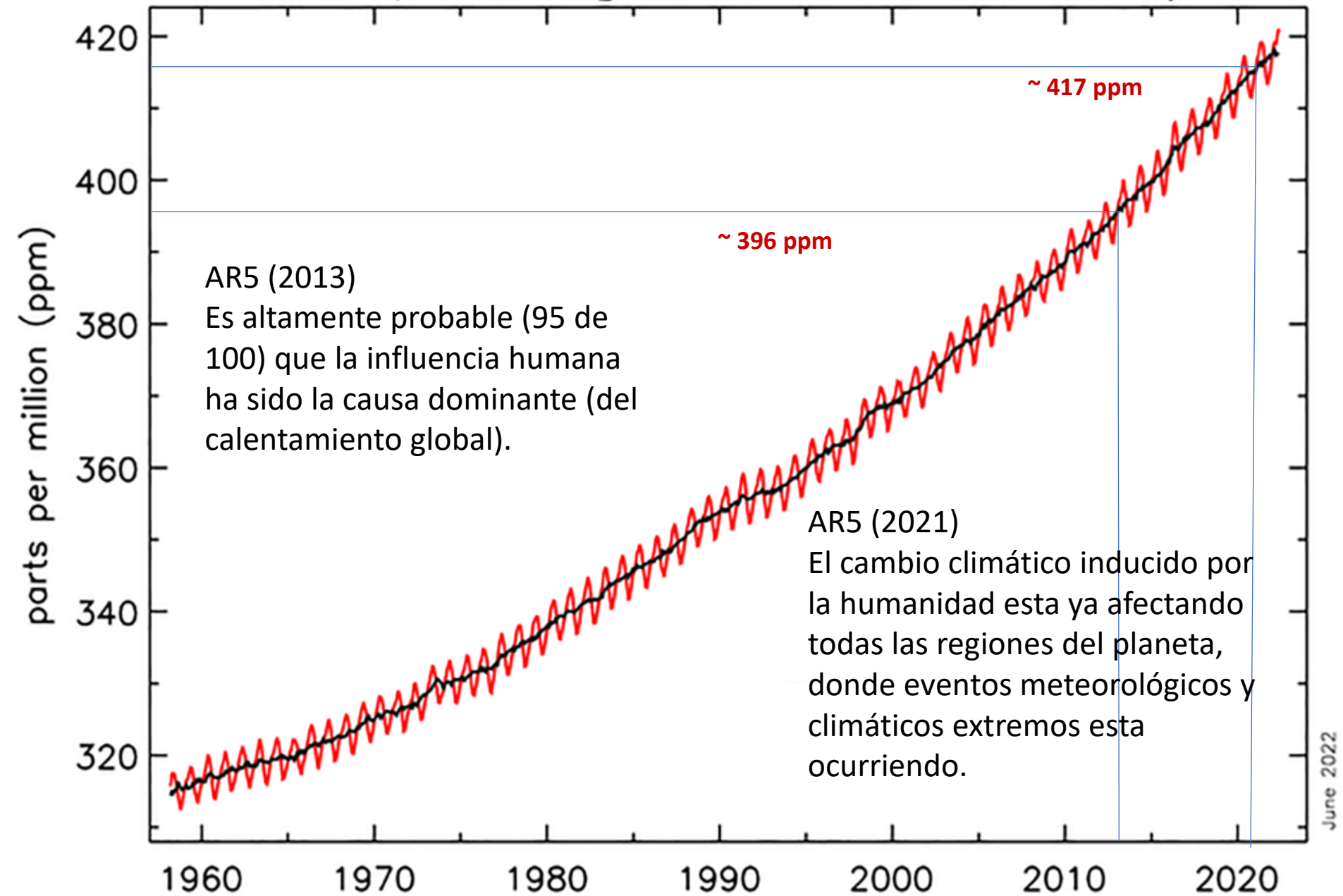
~ 370 ppm



El IPCC y el ex vicepresidente de los Estados Unidos de América, Al Gore, recibieron el premio Nobel de la Paz en 2007 por su labor en materia de cambio climático.



Atmospheric CO₂ at Mauna Loa Observatory



IPCC Reports

www.ipcc.ch

AR1 (1990)

Detección inequívoca de calentamiento, no registrada probablemente en una década.

AR3 (2001)

Gran parte del calentamiento en los últimos 50 años es debido a las actividades humanas (probabilidad 2 de 3).

AR5 (2013)

Es altamente probable (95 de 100) que la influencia humana ha sido la causa dominante (del calentamiento global).

AR2 (1995)

El balance de la evidencia sugiere una influencia humana discernible (en el calentamiento).

AR4 (2007)

Gran parte del calentamiento en los últimos 50 años es debido a los gases de efecto invernadero (probabilidad 9 de 10).

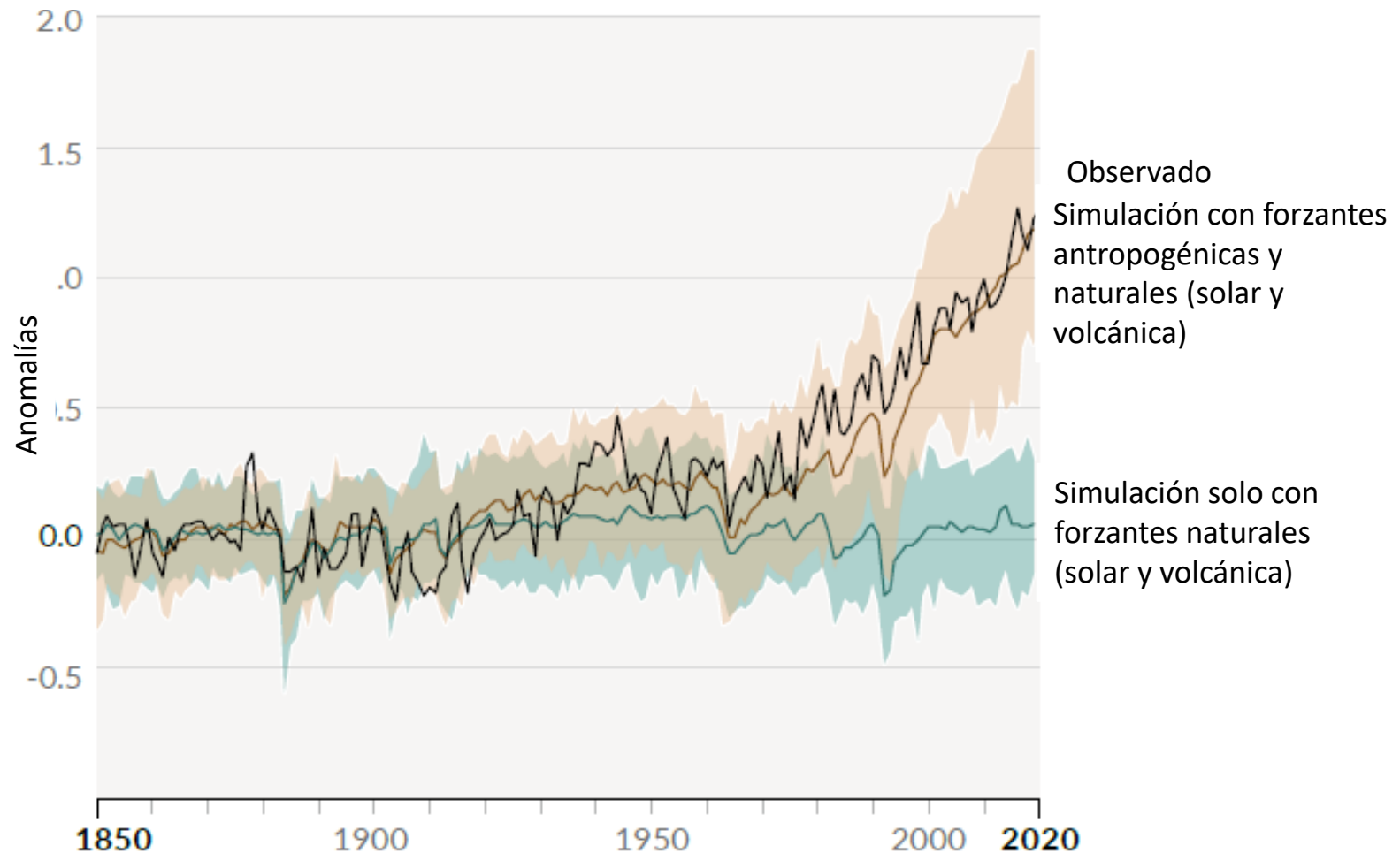


AR5 (2021)

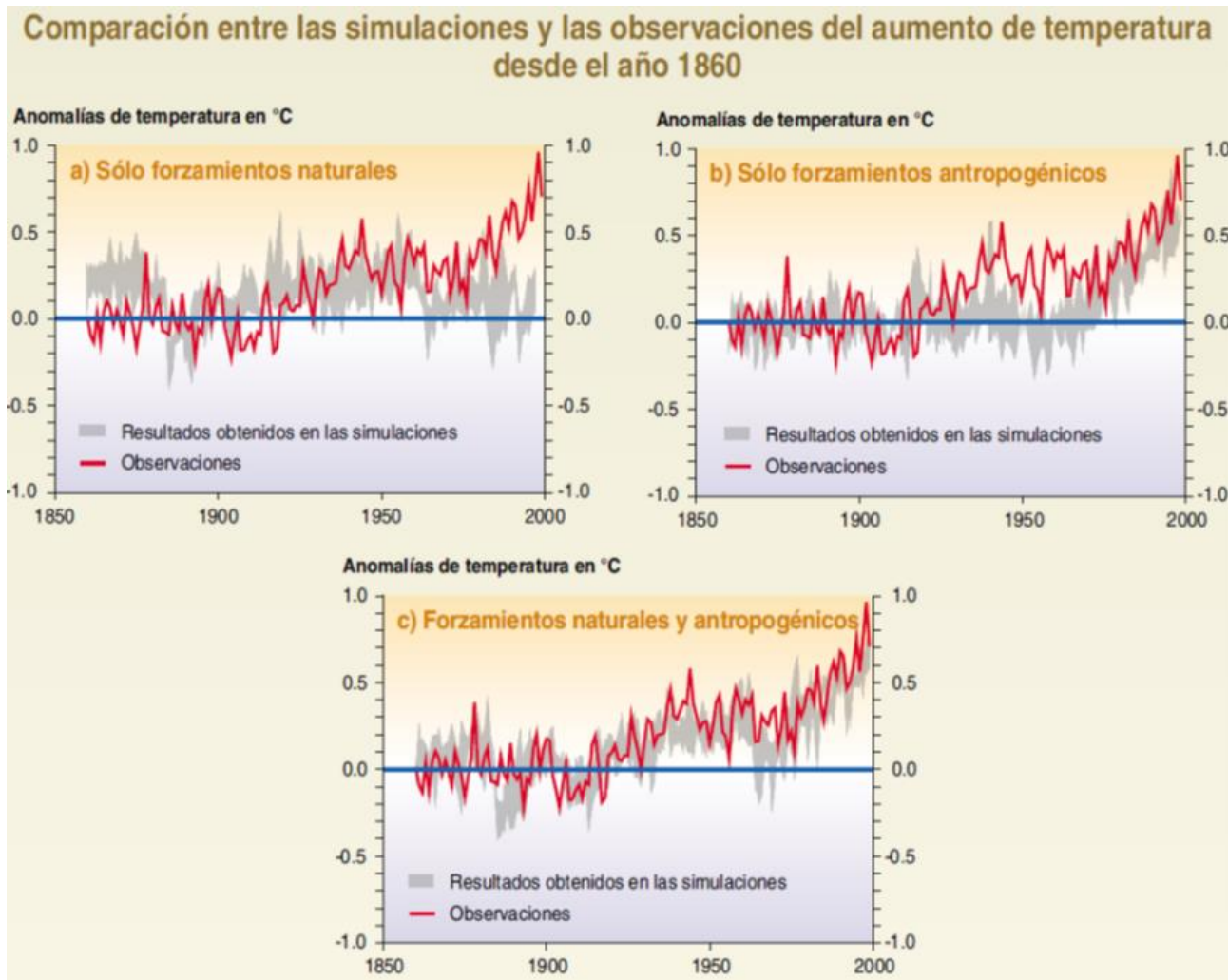
El cambio climático inducido por la humanidad esta ya afectando todas las regiones del planeta, donde eventos meteorológicos y climáticos extremos esta ocurriendo.

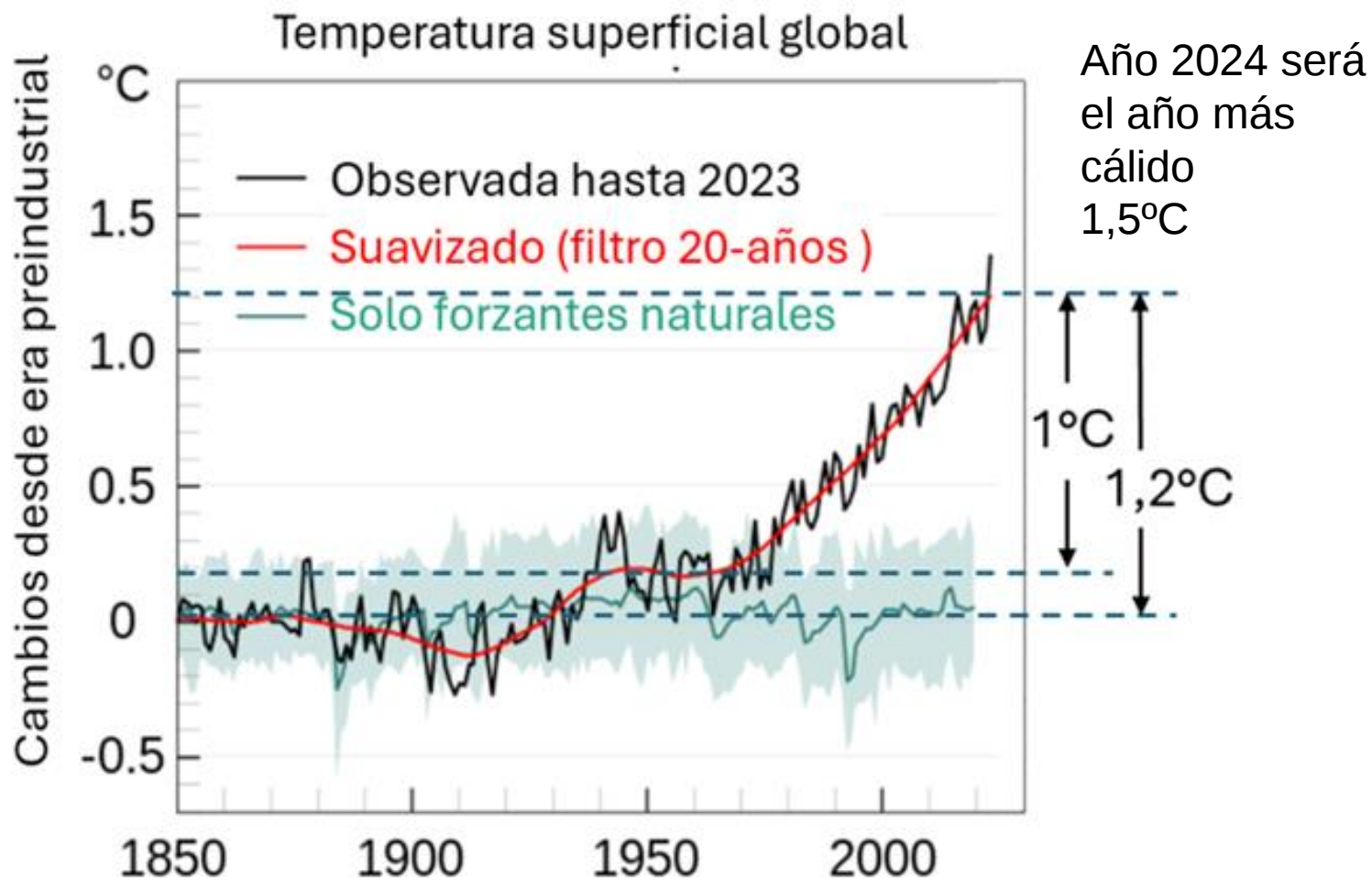
Cambios en la temperatura global relativa al periodo 1850-1900

Cambios en la temperatura superficial global (promedio anual) observada (curva negra) y simulada usando solo las forzantes naturales (curva verde) y las forzantes antropogénicas y naturales (curva café)



There are two major questions in climate modeling - can they accurately reproduce the past (hindcasting) and can they successfully predict the future? To answer the first question, here is a summary of the IPCC model results of surface temperature from the 1800s - both with and without man-made forcings.





TEMARIO

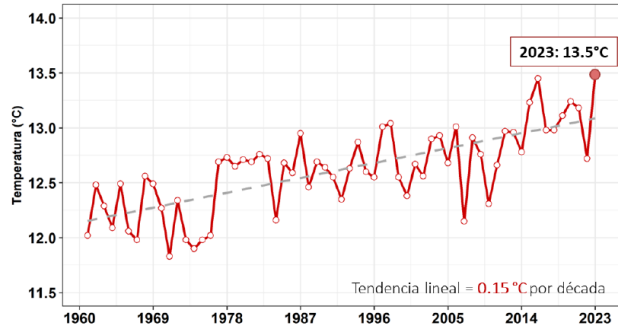
Introducción y conceptos claves

El cambio climático

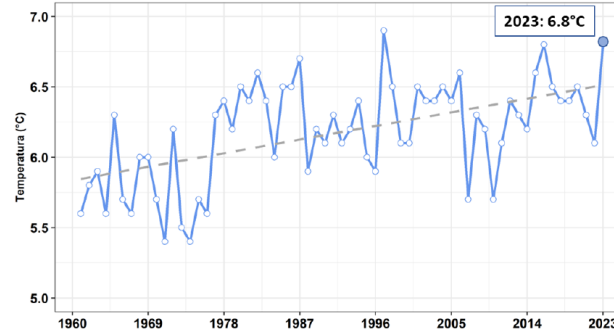
Impactos en Chile

¿Qué se viene?

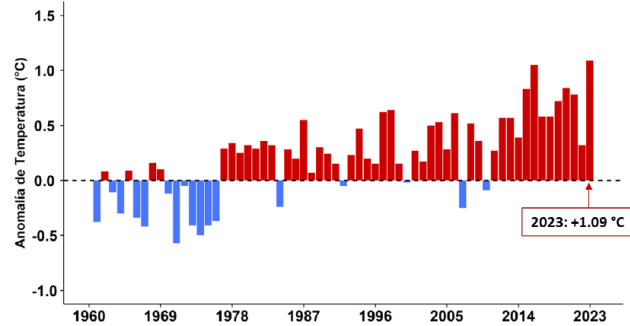
Evolución de la Temperatura Media - Chile



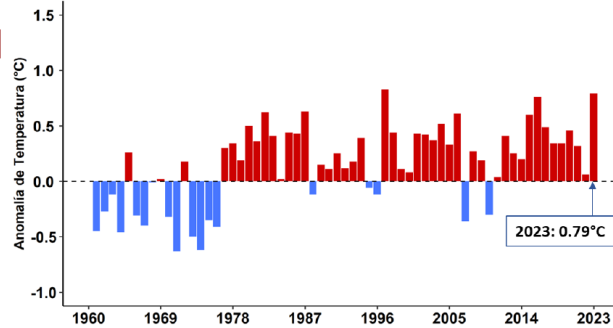
Evolución de la Temperatura Mínima Media - Chile



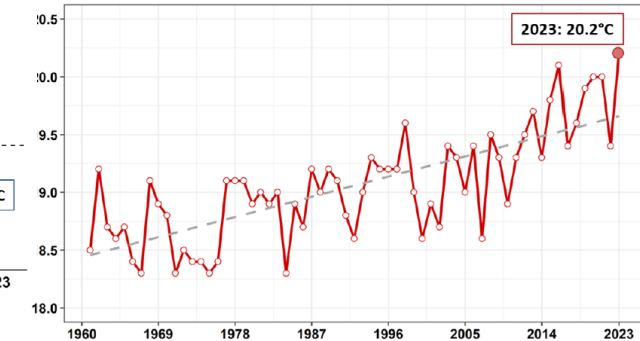
Anomalía de Temperatura Media Nacional (°C)



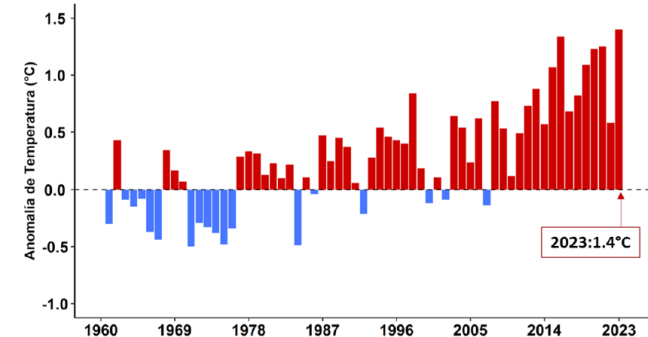
Anomalía de Temperatura Mínima Nacional (°C)



Evolución de la Temperatura Máxima Media - Chile



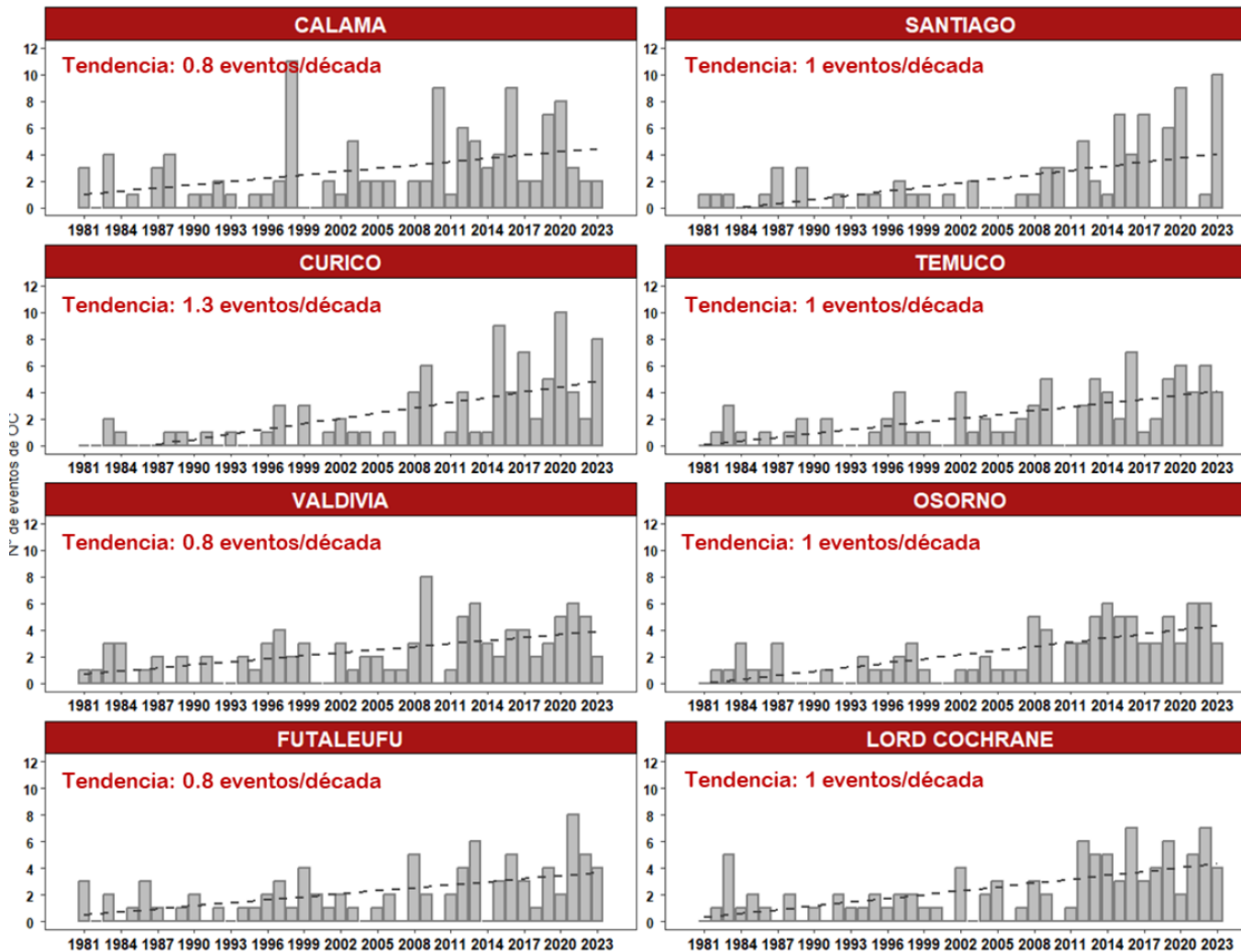
Anomalía de Temperatura Máxima Nacional (°C)



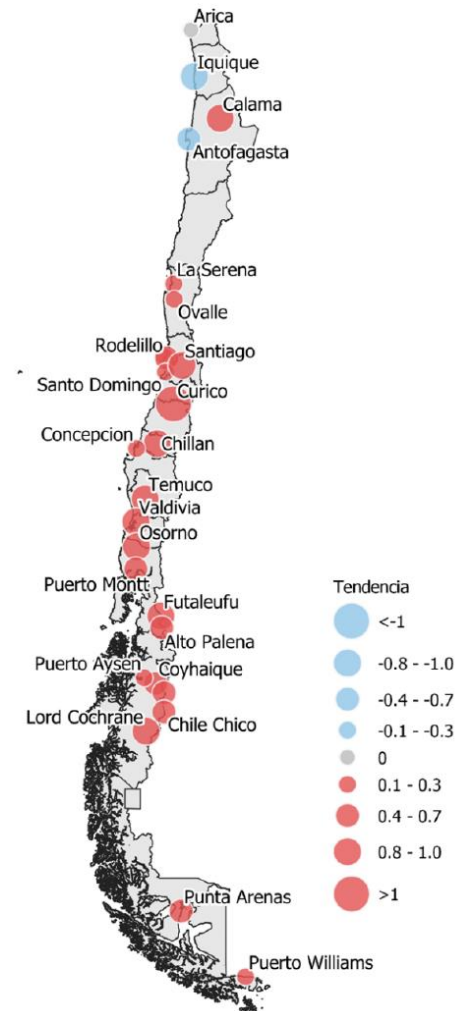
REPORTE ANUAL DE LA
EVOLUCIÓN DEL CLIMA EN CHILE

DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE

TENDENCIA DE EVENTOS DE OC

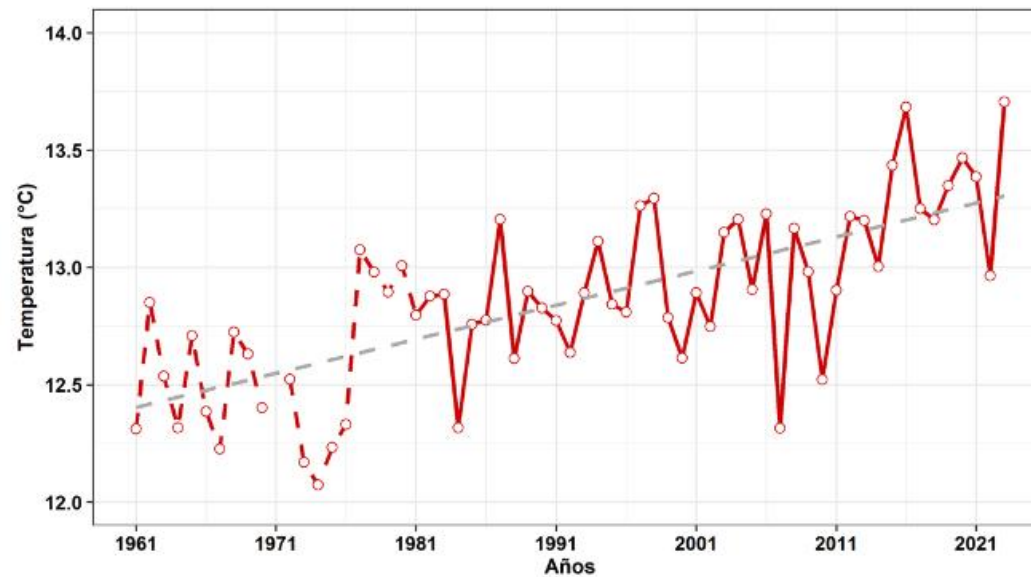


Tendencia de Olas de Calor (1981-2023)

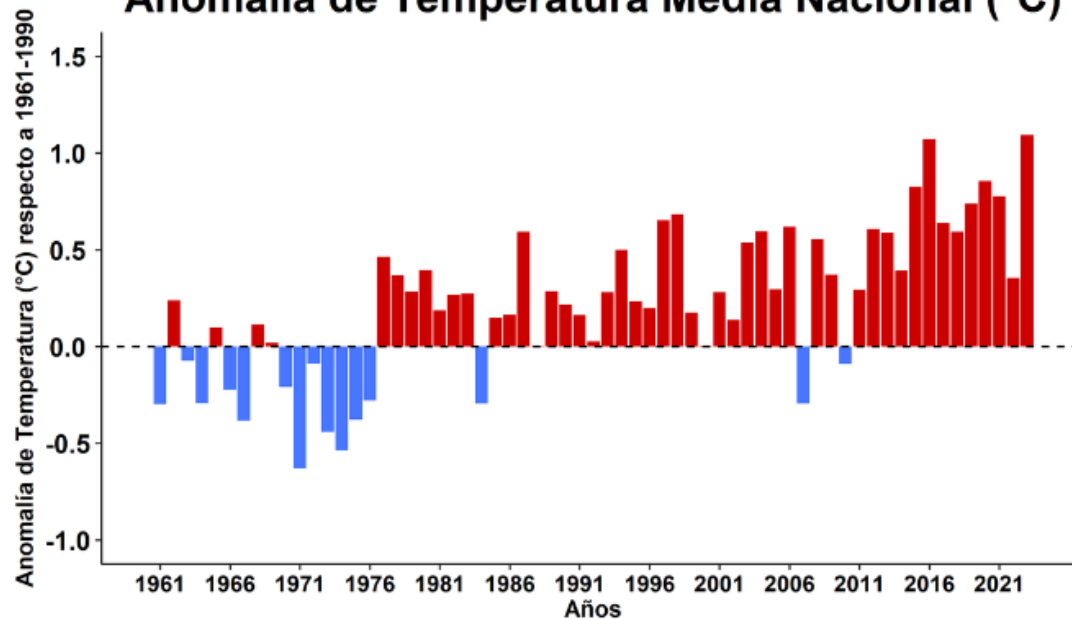


Número de eventos de olas de calor por temporada (noviembre a marzo) desde 1981 hasta el 2023 en barras grises y tendencia lineal en negro para las estaciones de: Calama, Santiago, Curicó, Temuco, Valdivia, Osorno, Futaleufú y Lord Cochrane.

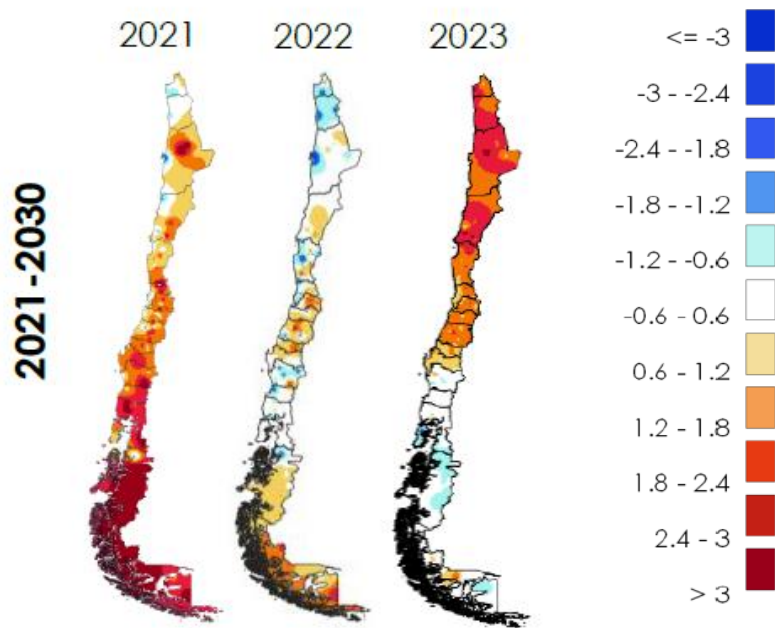
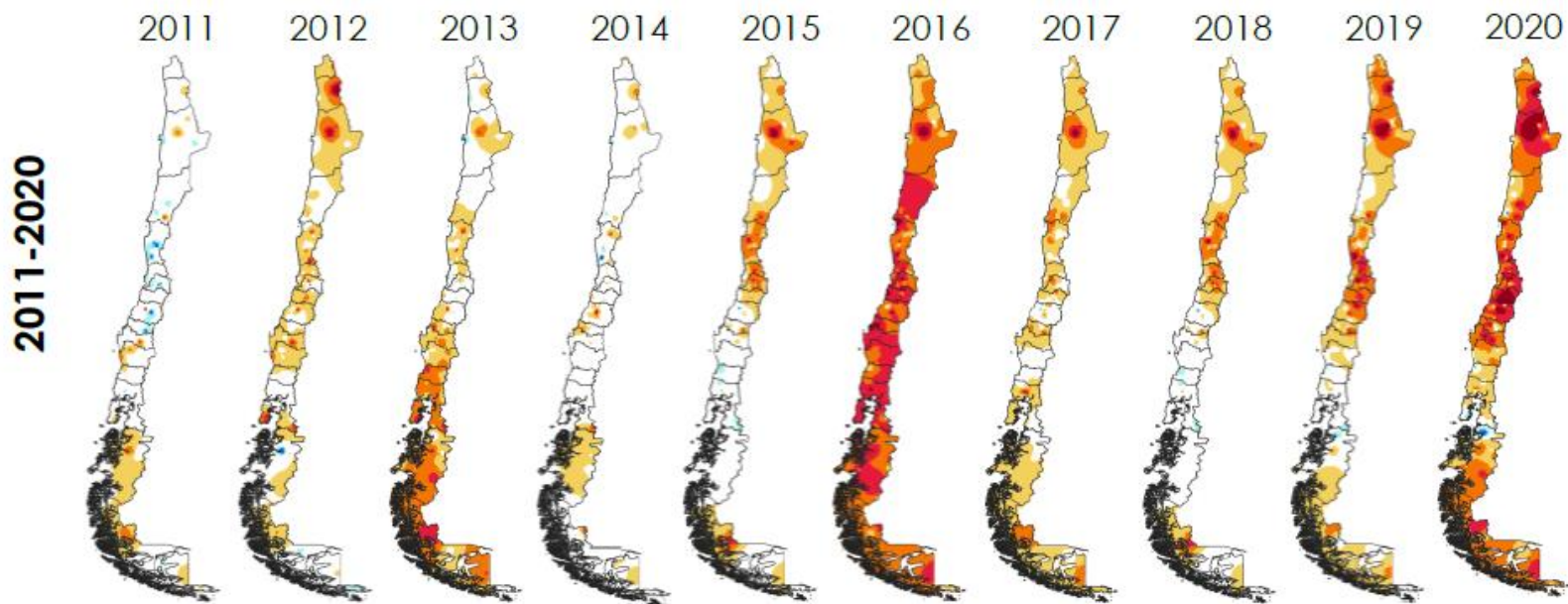
Evolución de la Temperatura Media - Chile



Anomalía de Temperatura Media Nacional (°C)



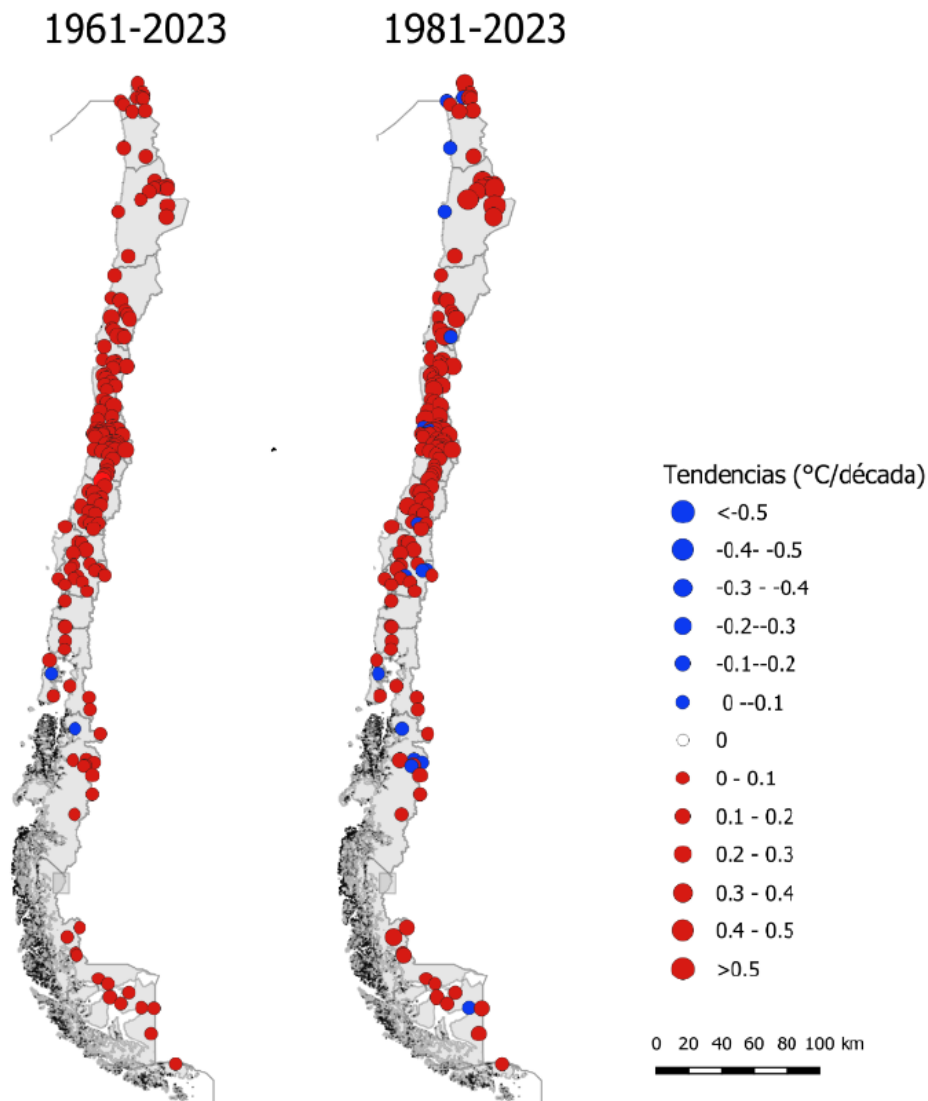
Cambio en °C de la temperatura media en Chile Continental



Mapas anuales de anomalías estandarizadas de la temperatura media en Chile continental (respecto al promedio 1981-2010), utilizando 156 estaciones meteorológicas

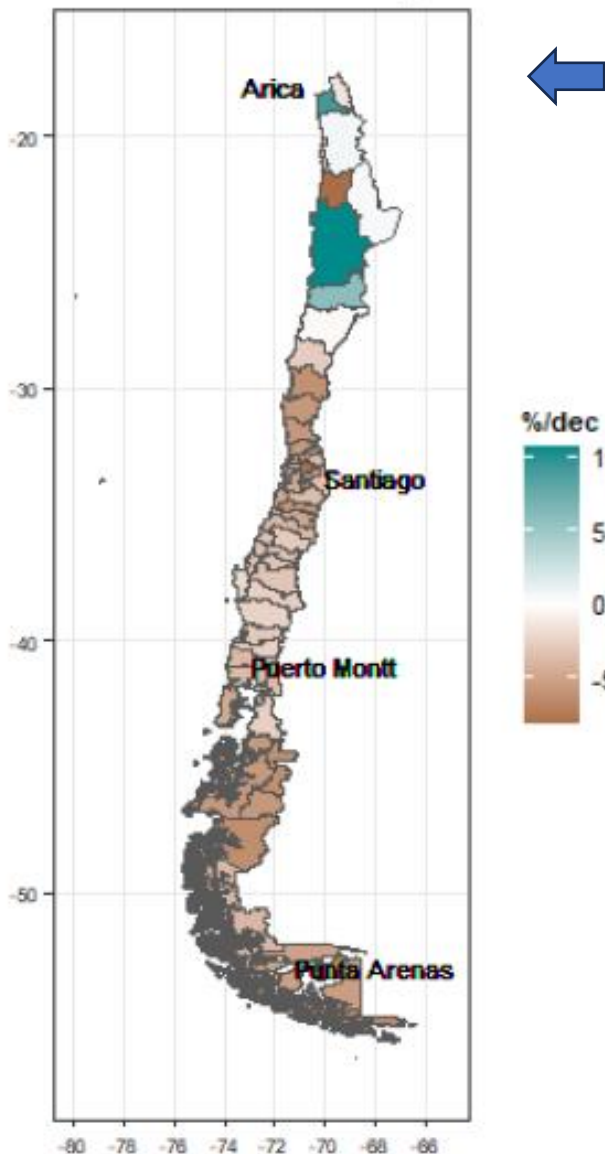
REPORTE ANUAL DE LA EVOLUCIÓN DEL CLIMA EN CHILE
DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE

REPORTE ANUAL DE LA EVOLUCIÓN DEL CLIMA EN CHILE

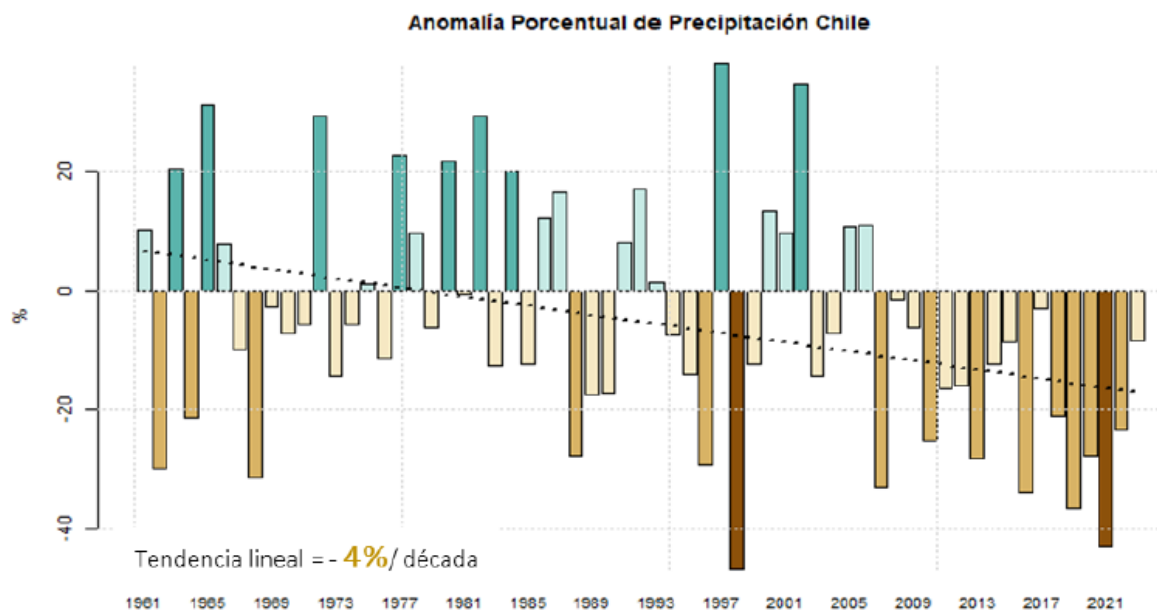


Tendencia anual de la temperatura media (°C/década) desde 1961 al 2023 a la izquierda y desde 1981-2023 a la derecha. Puntos azules indican tendencias negativas y puntos rojos indican tendencias positivas. El tamaño es proporcional al valor de tendencia.

Tendencia de Precipitación

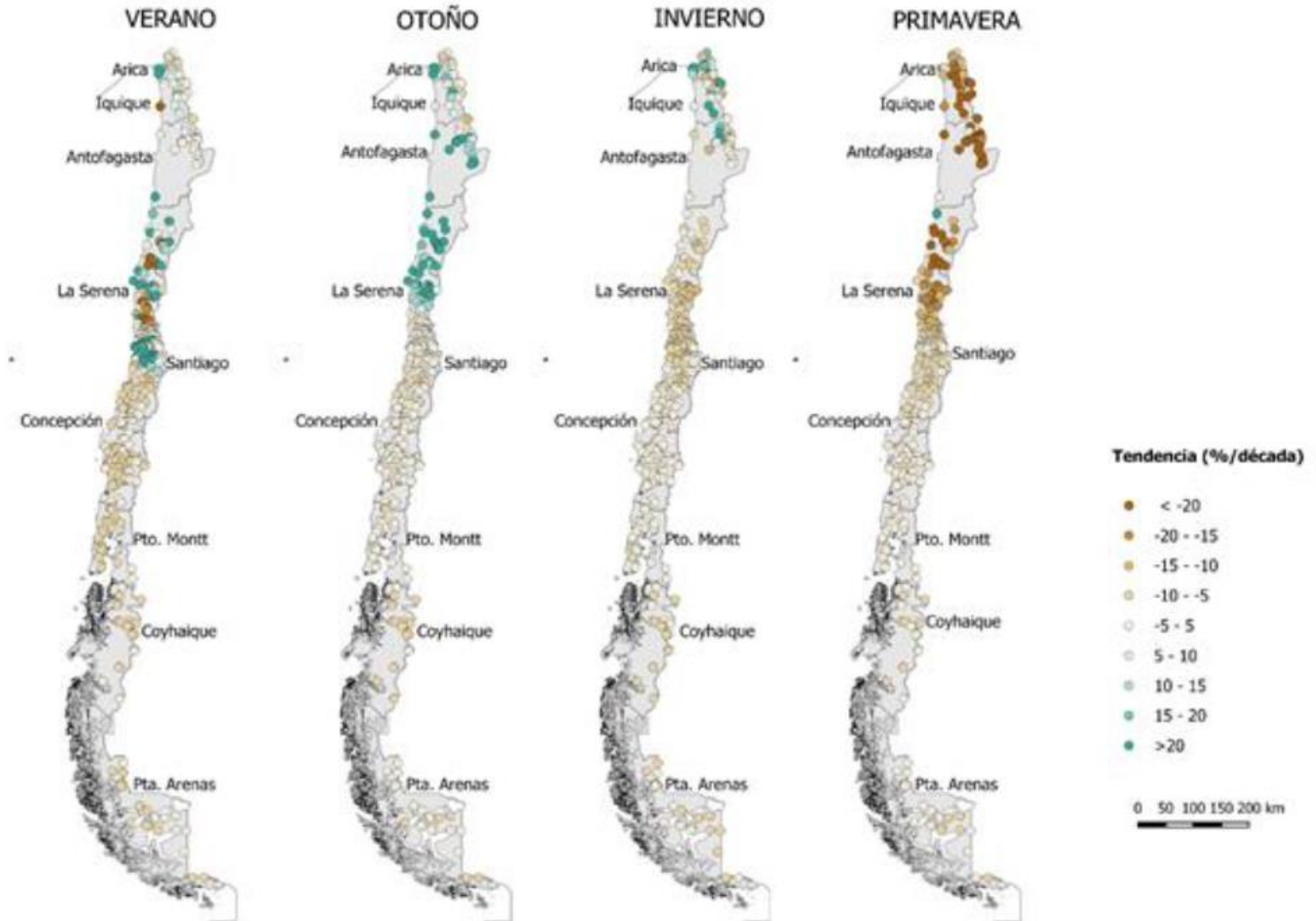


Tendencia porcentual de precipitación (%/década) entre 1961 y 2023.

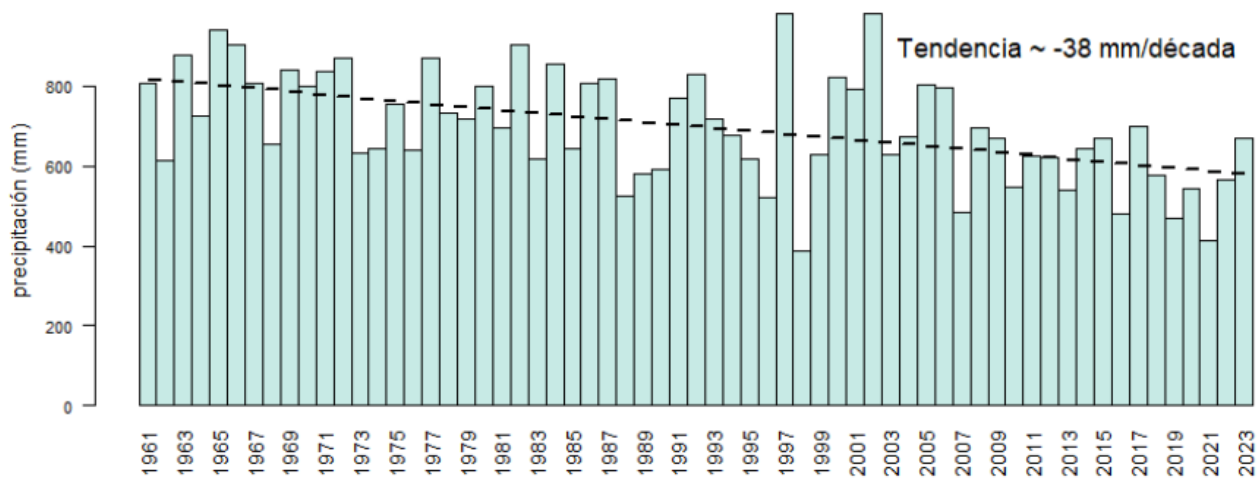


Anomalía porcentual de precipitación total anual respecto al promedio 1961-1990.

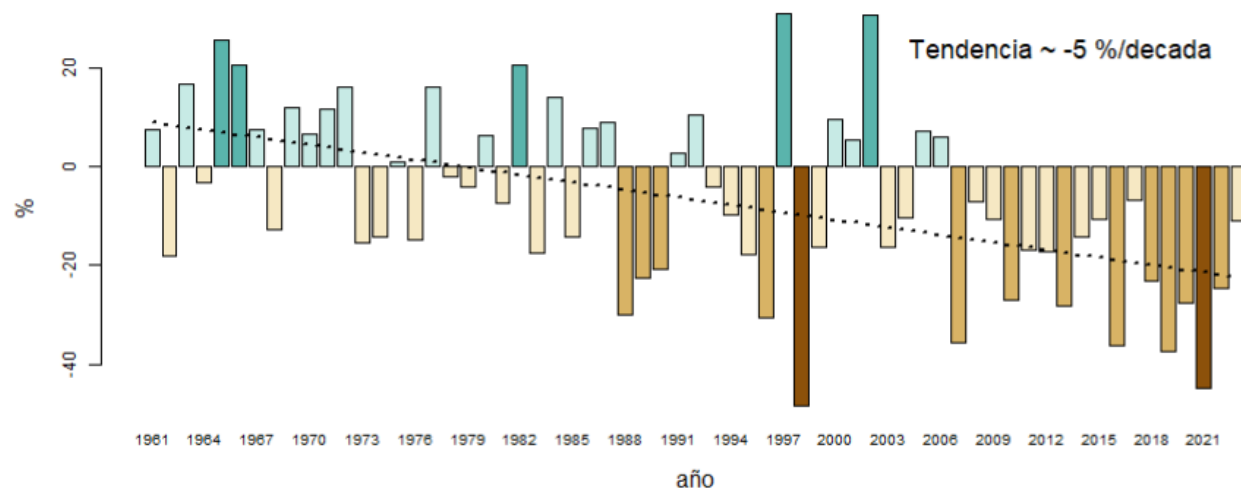
Mapas con las tendencias en %/década de la precipitación estacional



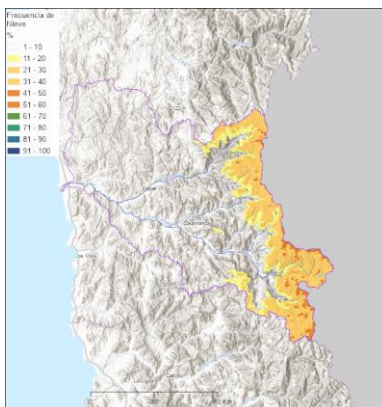
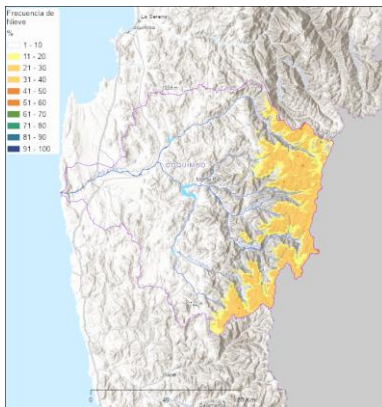
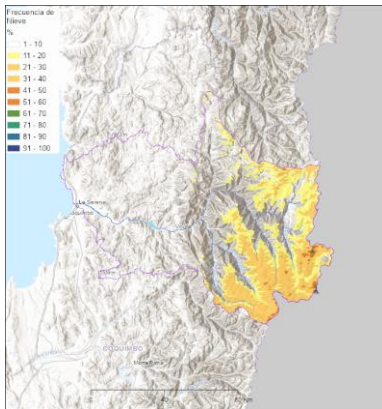
Evolución de la Precipitación Anual - Chile



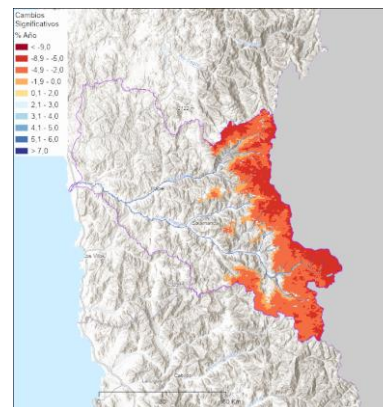
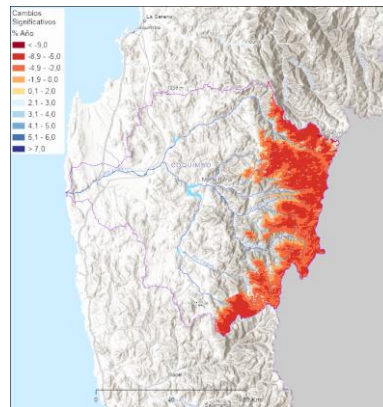
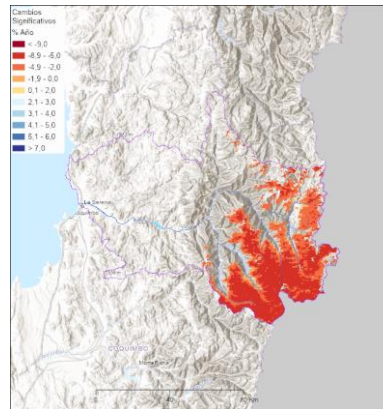
Anomalía Porcentual de Precipitación Chile



Frecuencia de nieve %



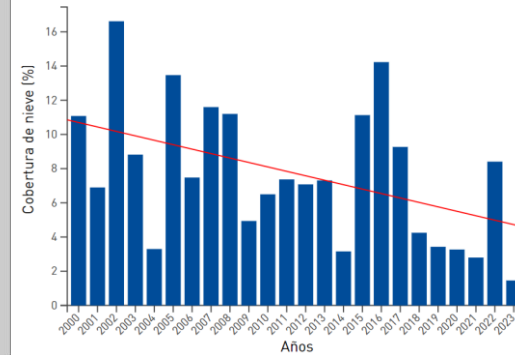
Cambios significativos %/año



4. Cobertura promedio de nieve anual

Cuenca: 043

Pendiente Sen: -0.27 (%/año)

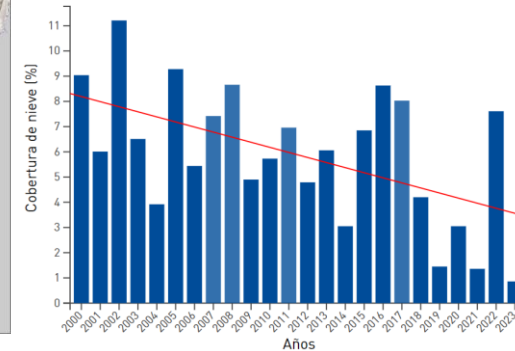


Pendiente Sen:
-0.27 (%/año)

4. Cobertura promedio de nieve anual

Cuenca: 045

Pendiente Sen: -0.19 (%/año)

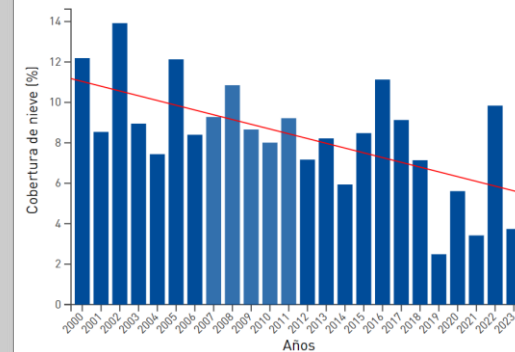


Pendiente Sen:
-0.19 (%/año)

4. Cobertura promedio de nieve anual

Cuenca: 047

Pendiente Sen: -0.24 (%/año)



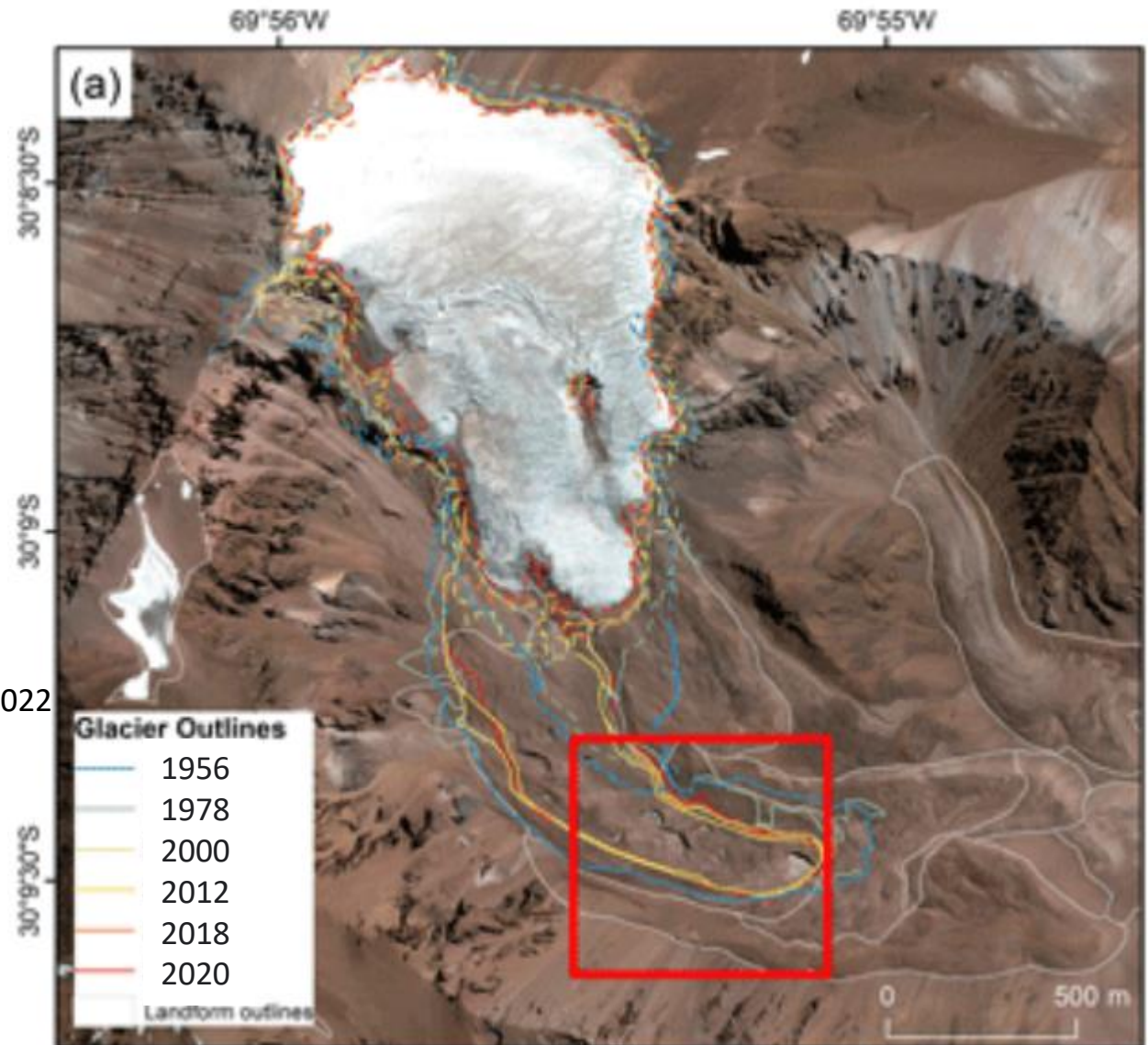
Pendiente Sen:
-0.24 (%/año)

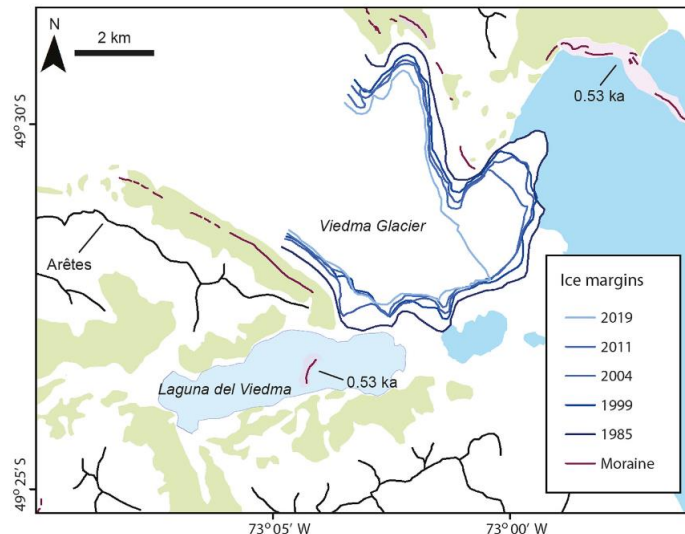
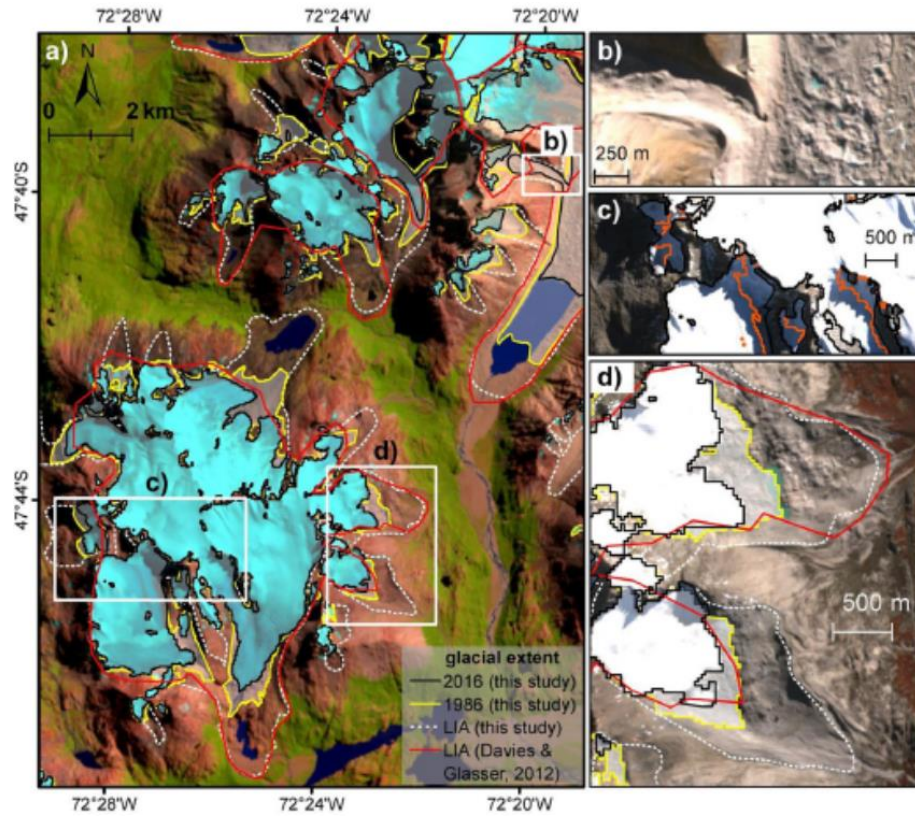


Glaciar Tapado

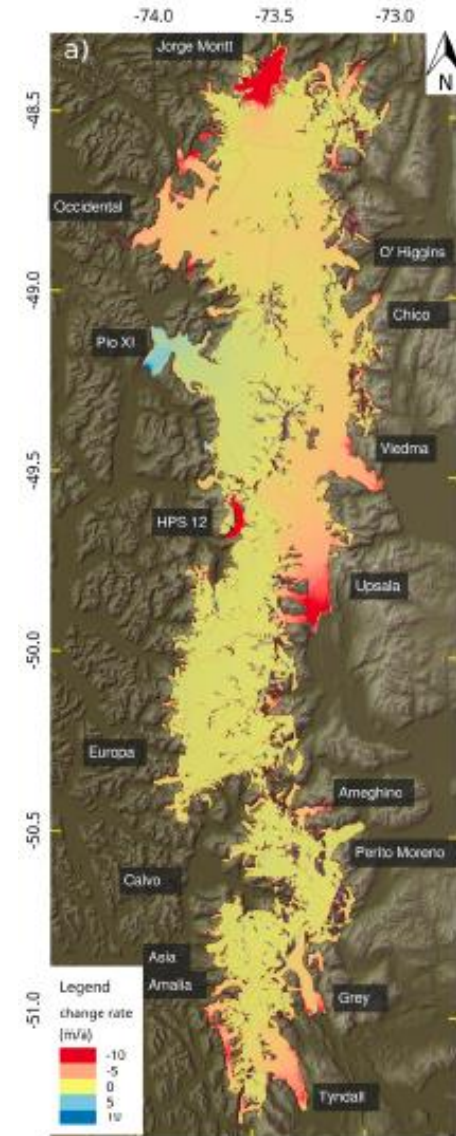
Benjamin Aubrey Robson,
Selley MacDonell et al.
2022. The Cryosphere

<https://doi.org/10.5194/tc-16-647-2022>

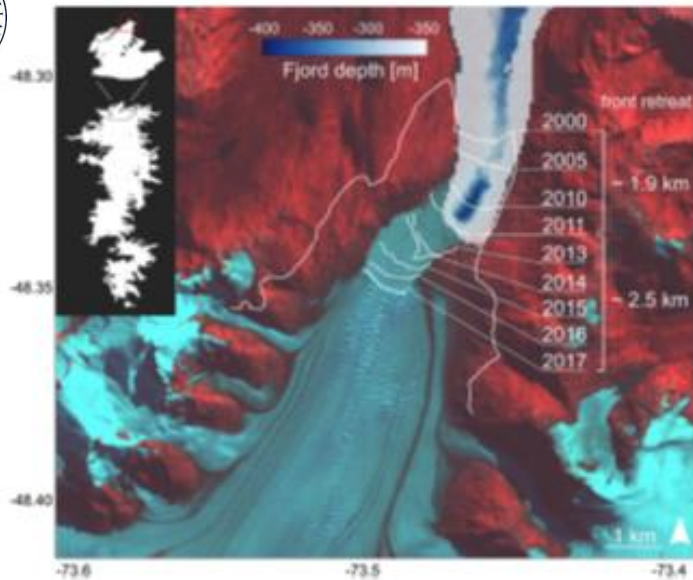




Malz et al. 2018, Remote Sensing

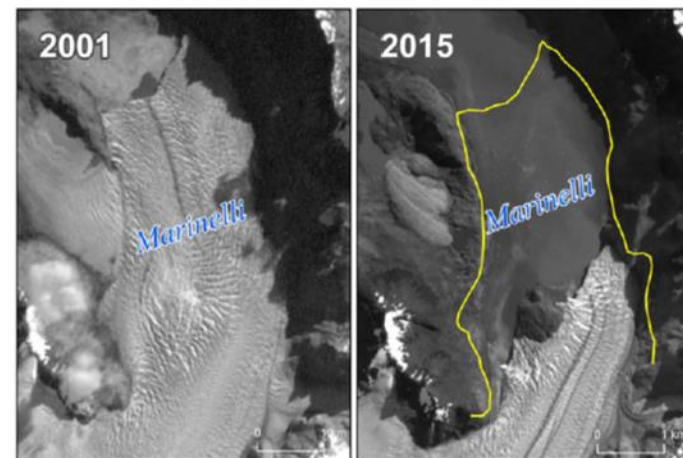
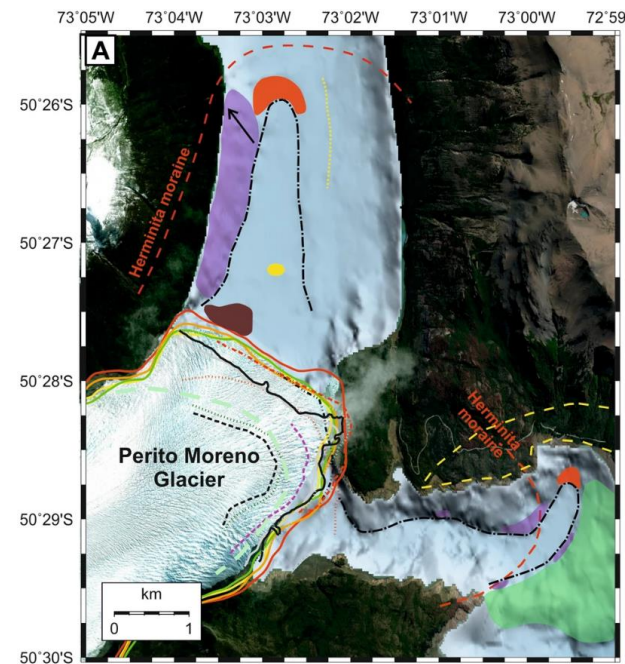
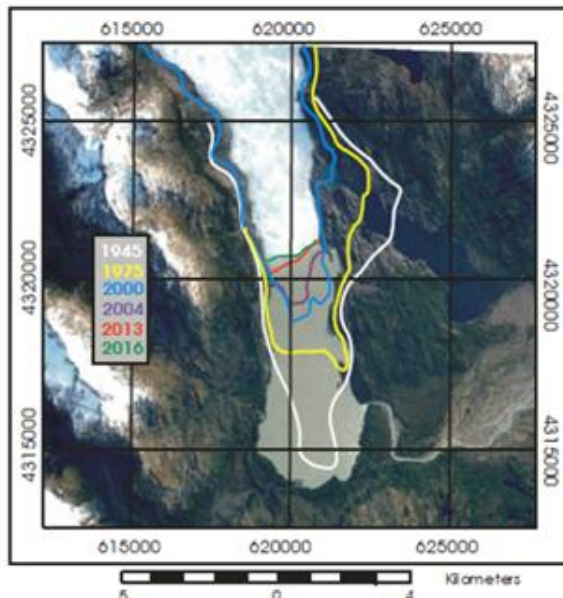


Elevation changes maps of the SPI, pixel-based assessment 2000-2015/16

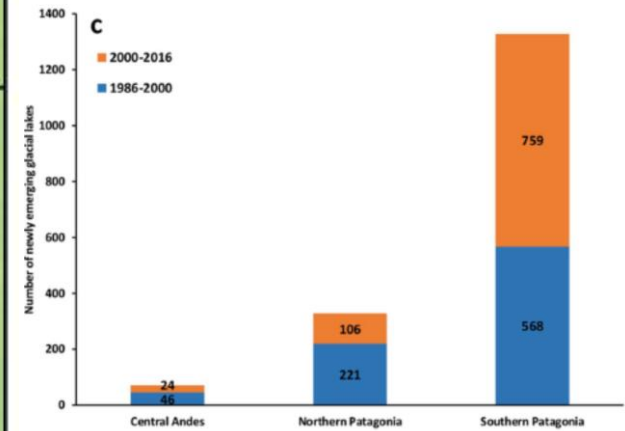
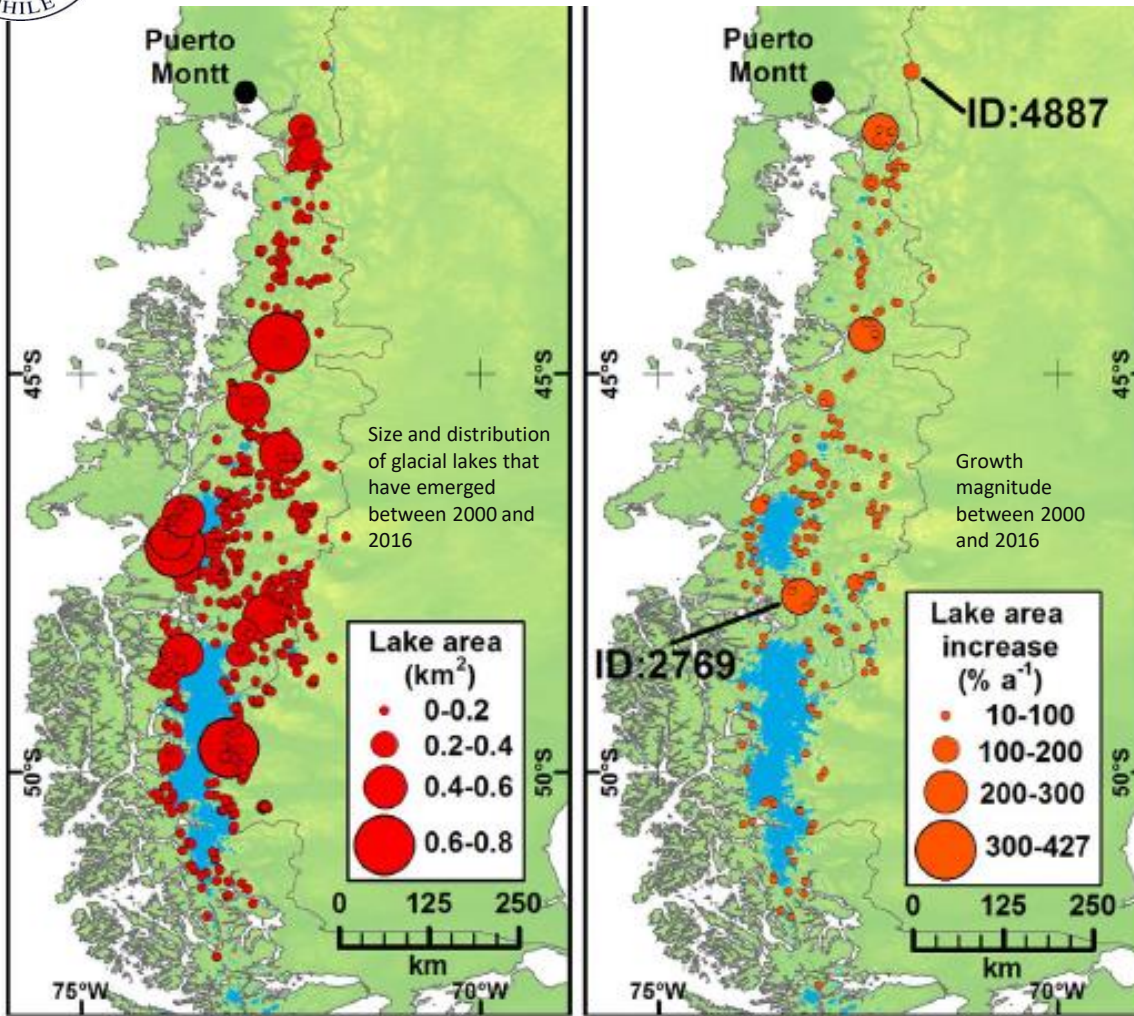


Jorge Montt glacier SPI (-4.5 km^2 2000-2017)

Tyndall Gl.

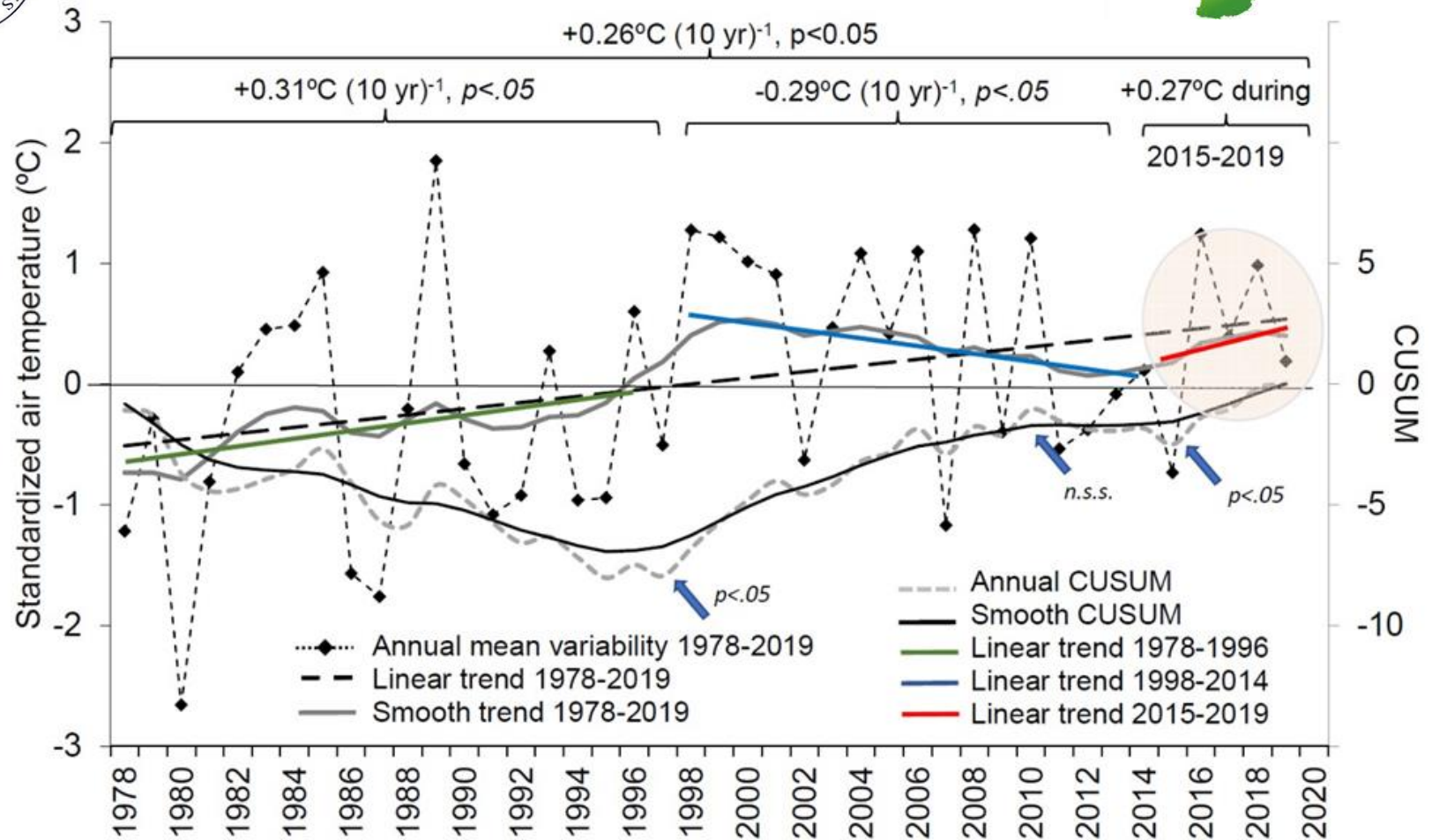


Marinelli glacier Cordillera Darwin (-7.0 km^2 2001-2015)



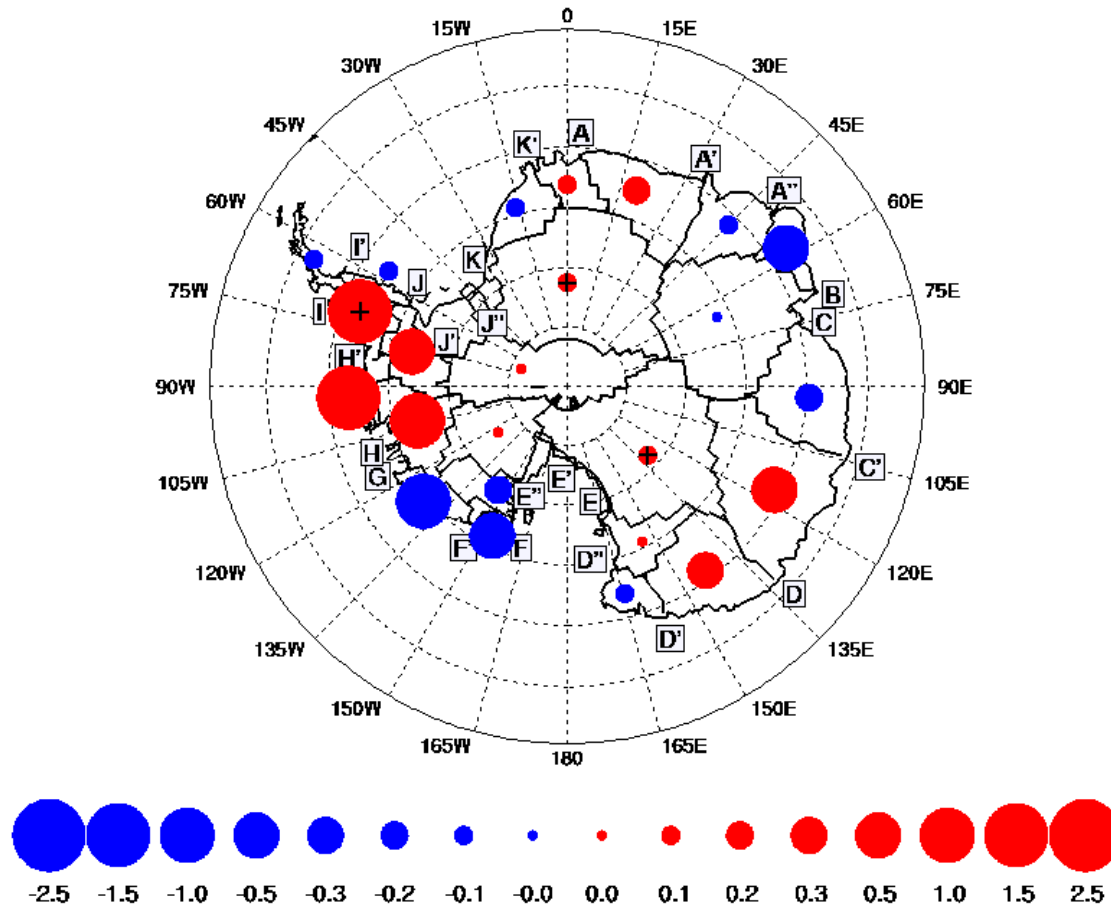
Wilson et al 2018, Global and Planetary Change

Air temperature



Annual mean of the standardized anomalies of the nSAT at stations: Frei, O'Higgins, Esperanza, Marambio, Vernadsky, and San Martin; over the 1978-2019 period. Rhombus and dashed lines are the annual values while the gray curve is the smoothed data. Green, blue and red are respectively the linear trends over the periods: 1978-1996, 1998-2014 and 2015-2019. Arrows indicate the change points given by the CUSUM and bootstrapping analysis.

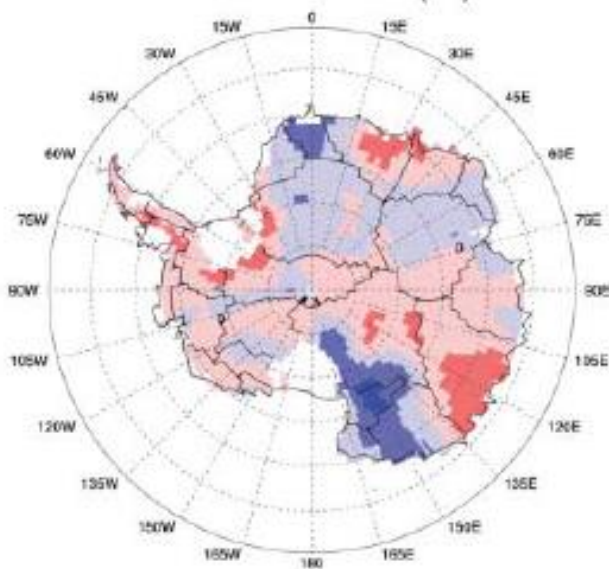
Cambios en la precipitación



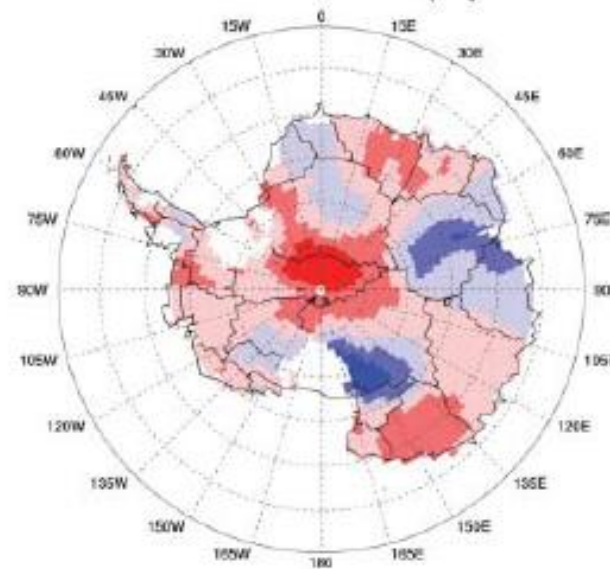
Linear trends of annual Antarctic snowfall accumulation (mm/year) for 1955-2004 in each of the Antarctic glacial drainage basins, adapted from Monaghan and Bromwich (2008). Statistical significance is represented by symbols: “+” is $p < 0.10$; “*” is $p < 0.05$; and “Δ” is $p < 0.01$. The statistical uncertainty accounts for the variance, as well as that due to the methodology and measurement error.

Cambios en la precipitación

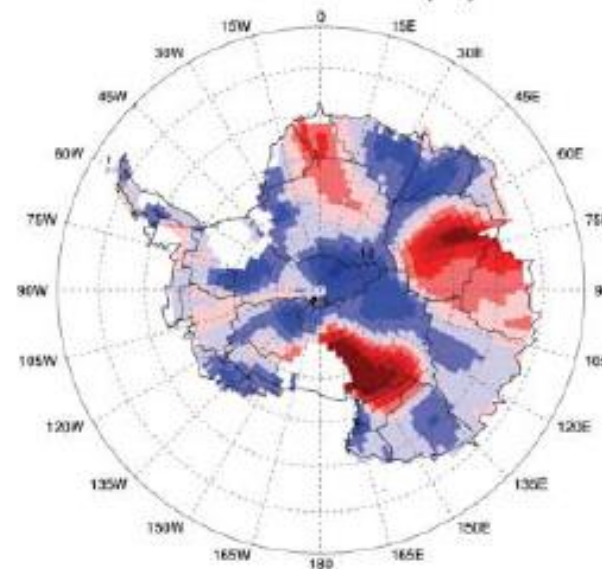
D 1975-1984 difference (%)



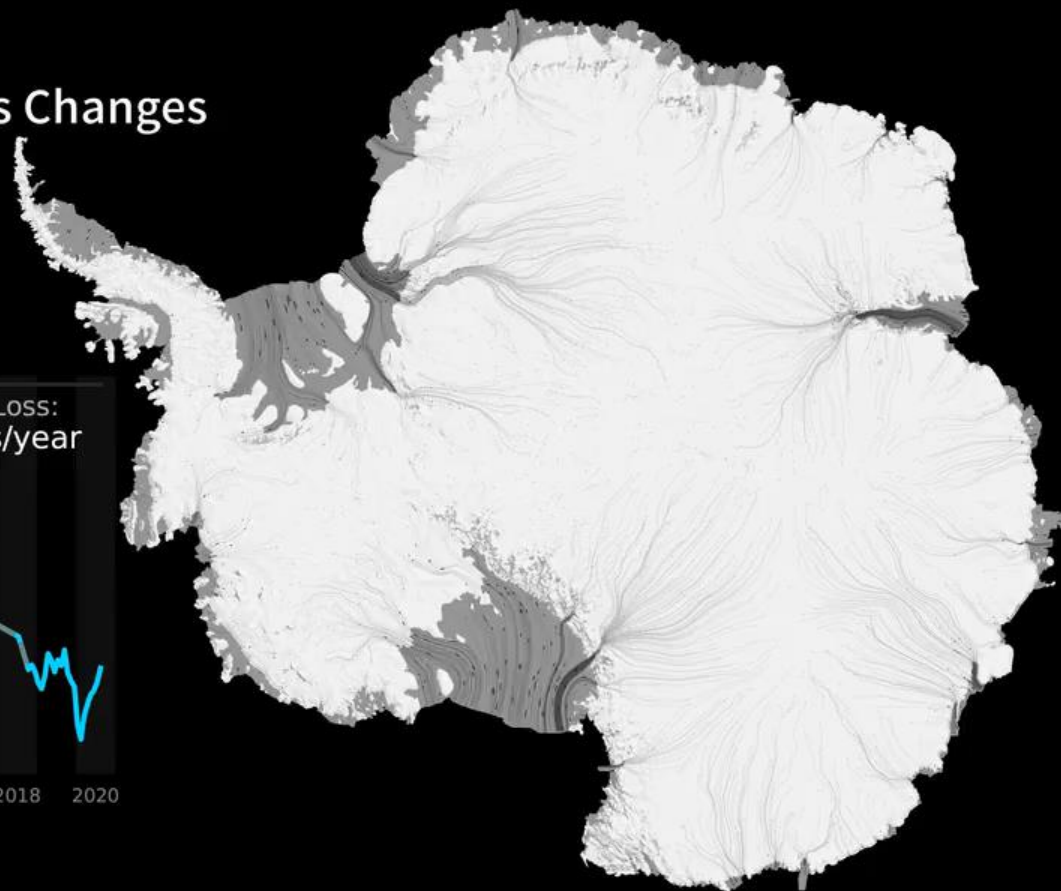
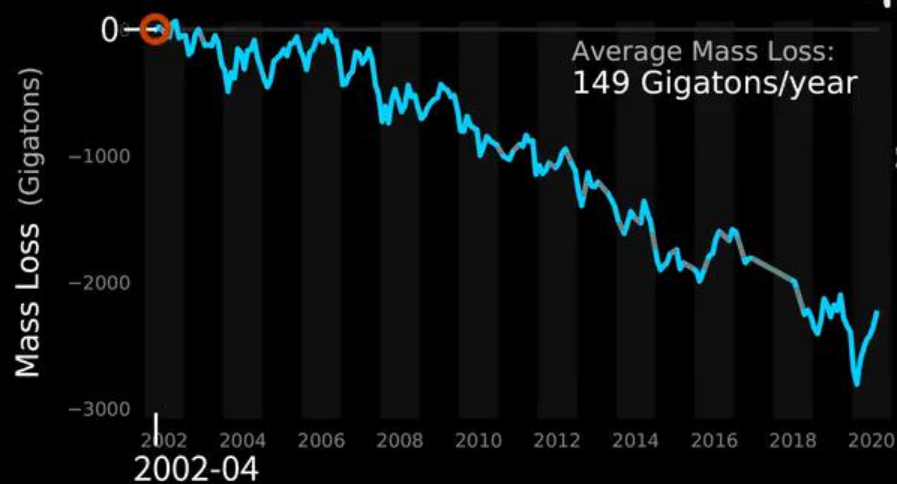
E 1985-1994 difference (%)



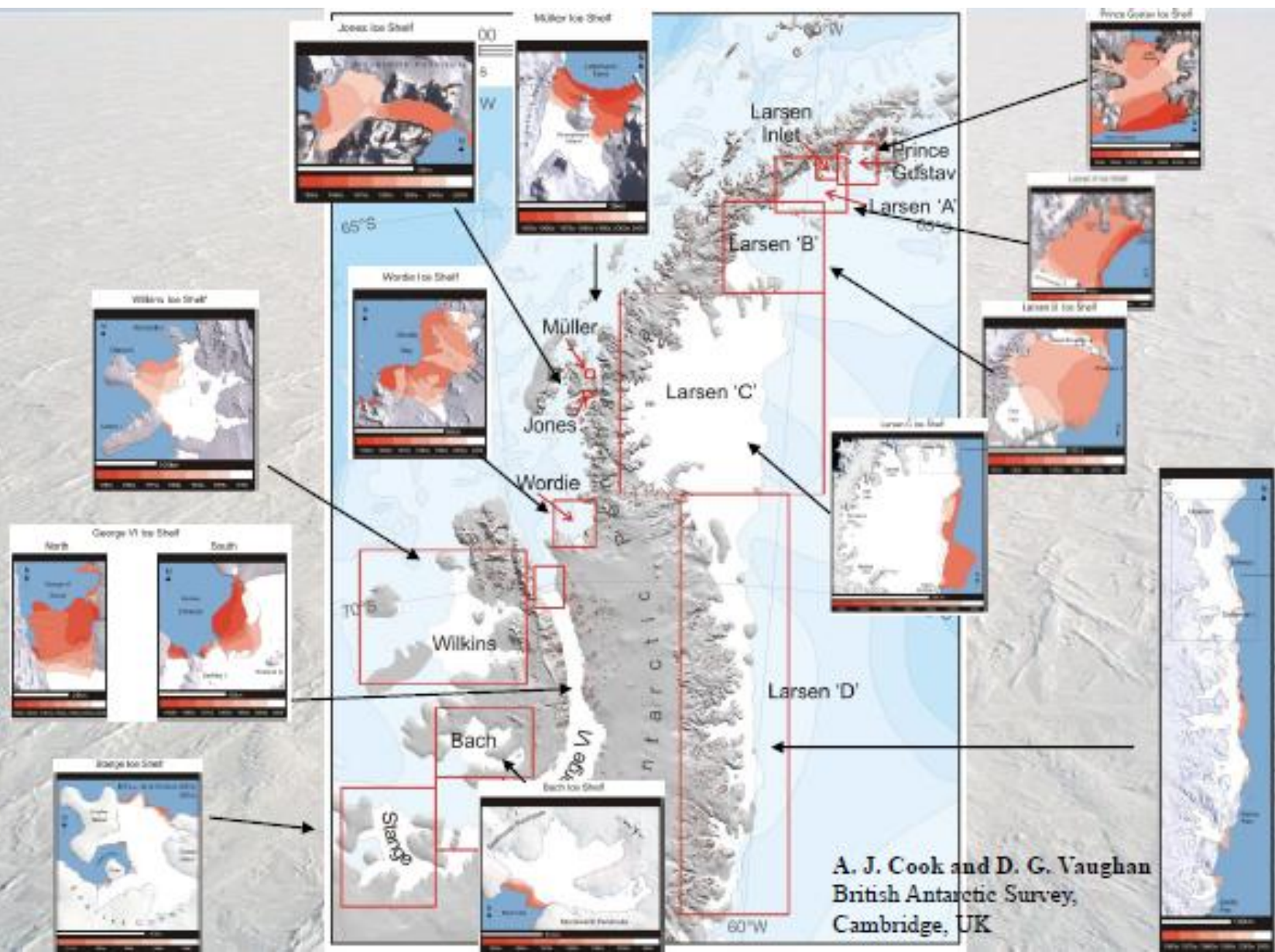
F 1995-2004 difference (%)



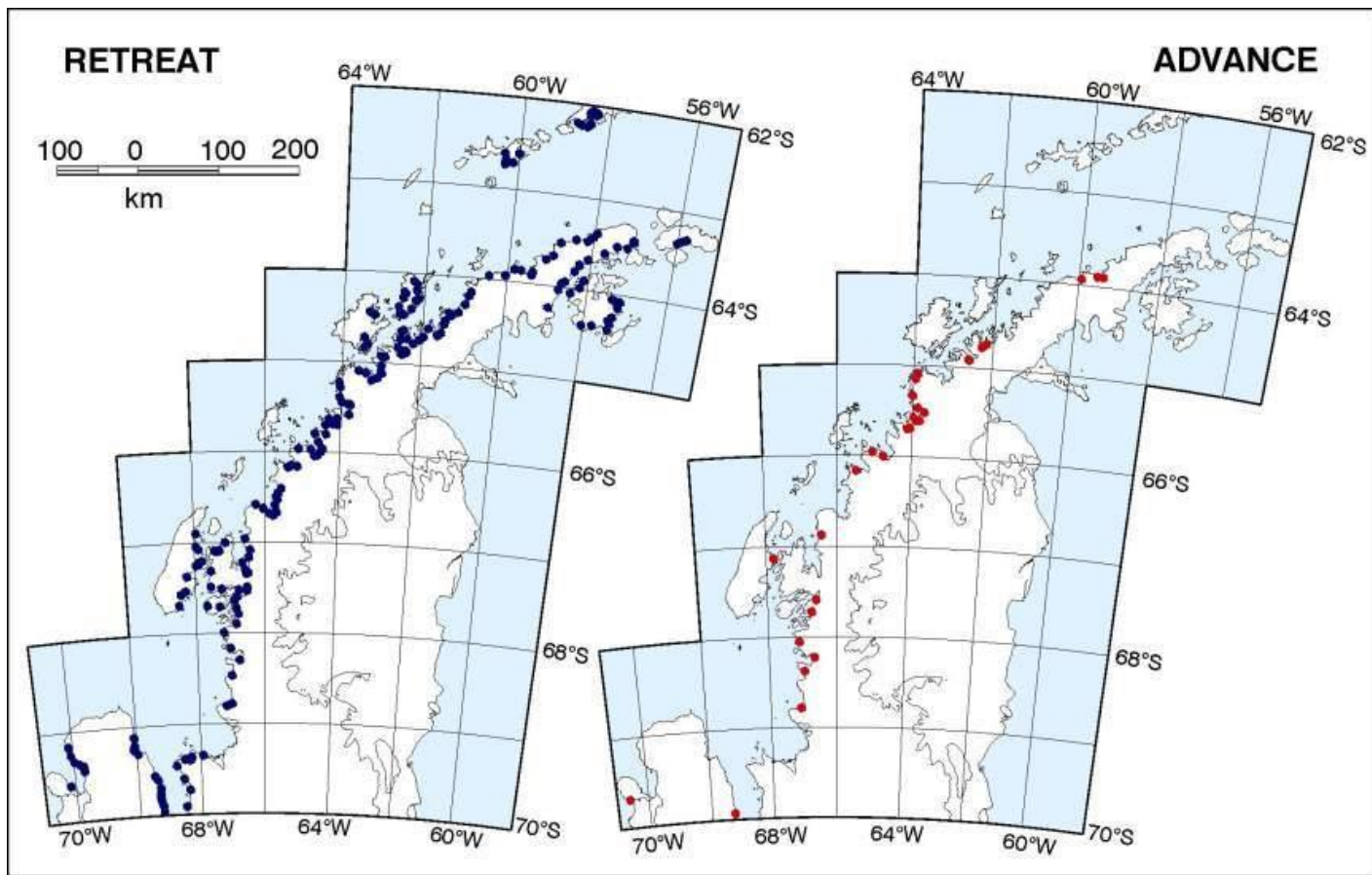
GRACE AND GRACE-FO Observations of Antarctic Ice Mass Changes



Pérdida de hielo en la Península Antártica



Pérdida de hielo en la Península Antártica



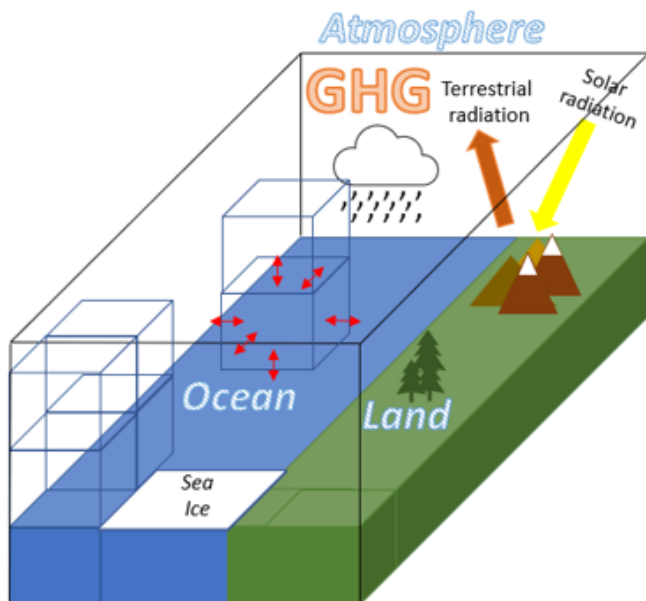
TEMARIO

Introducción y conceptos claves

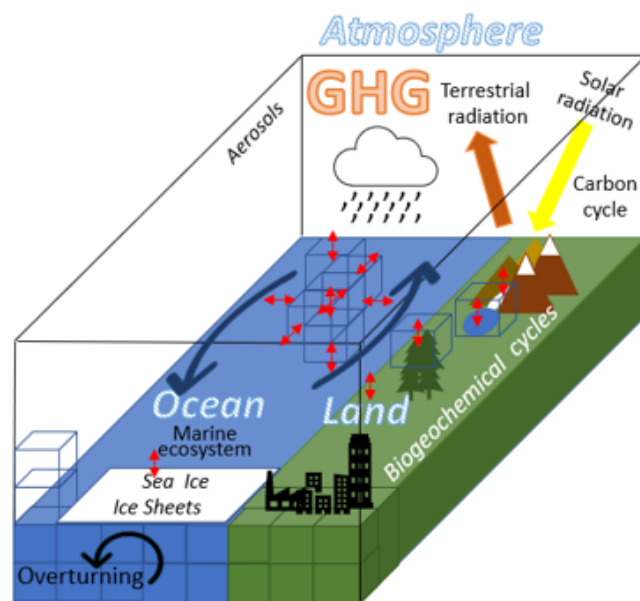
El cambio climático

Impactos en Chile

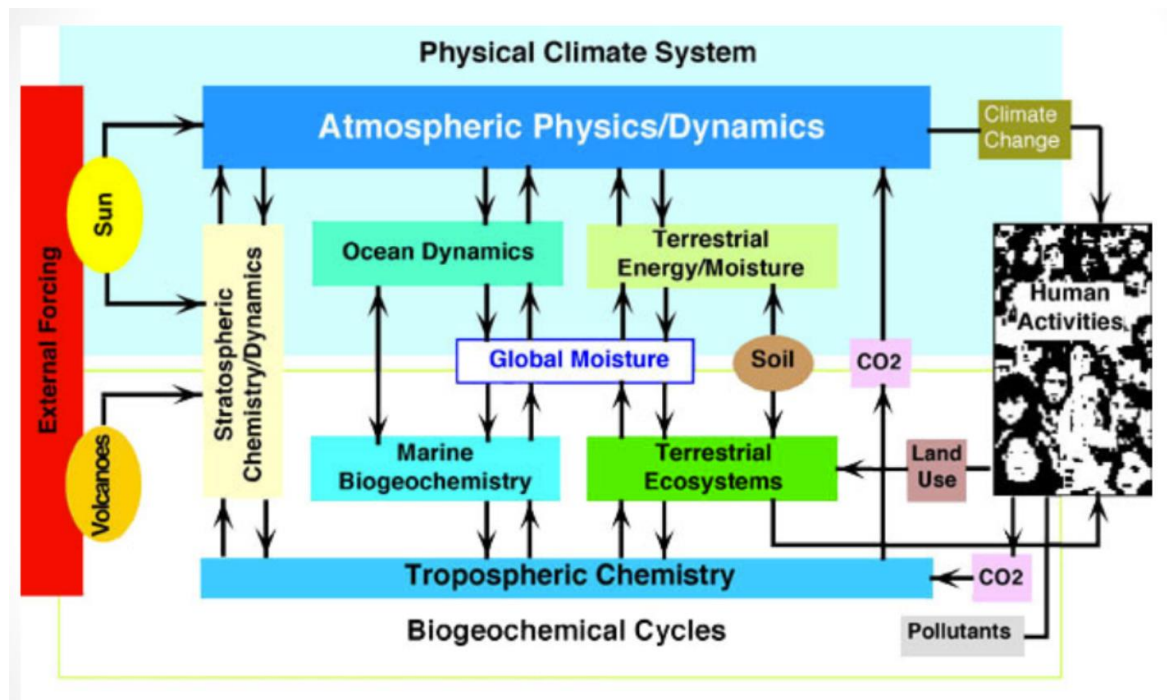
¿Qué se viene?

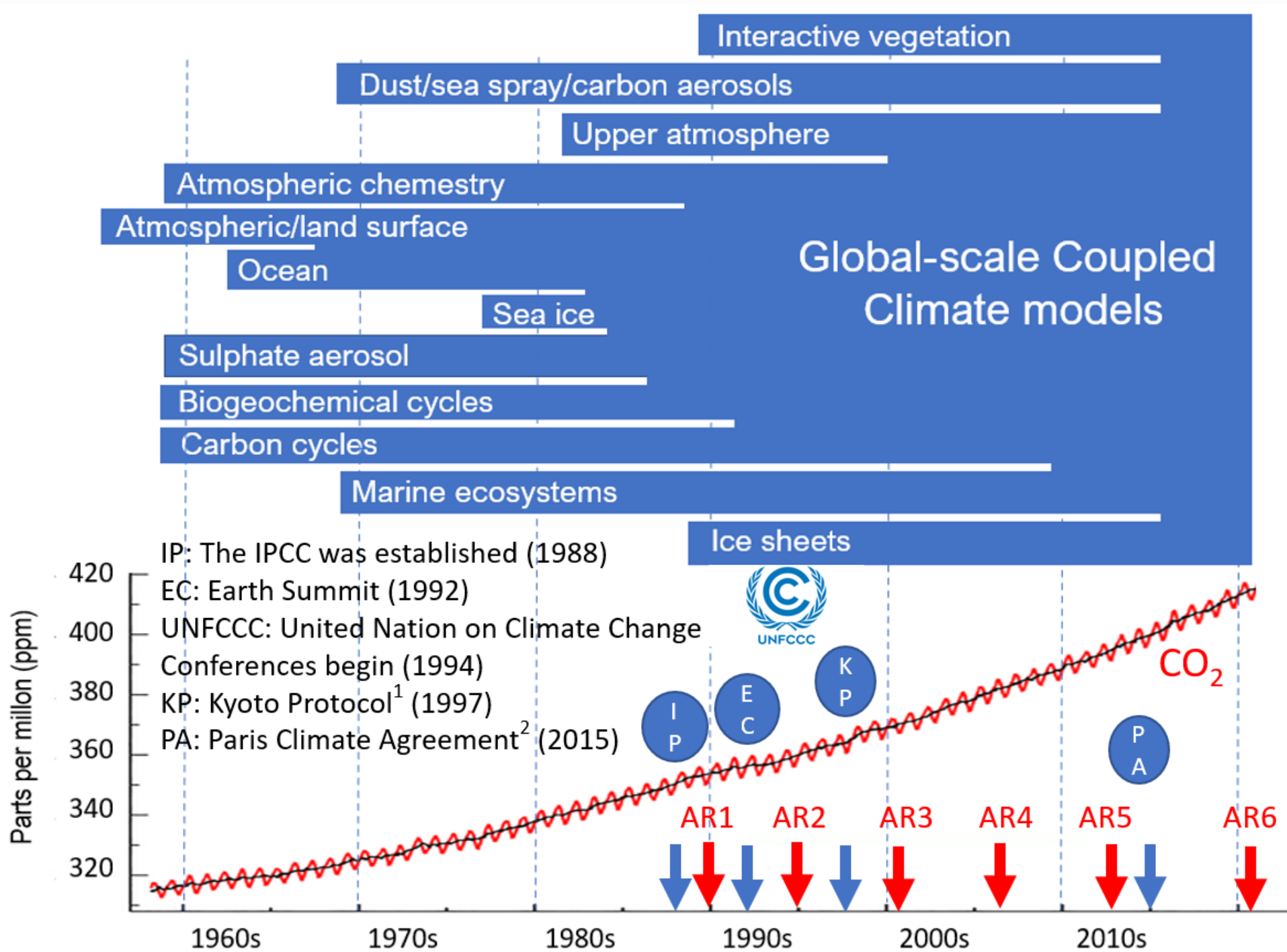


From Global Climate Model

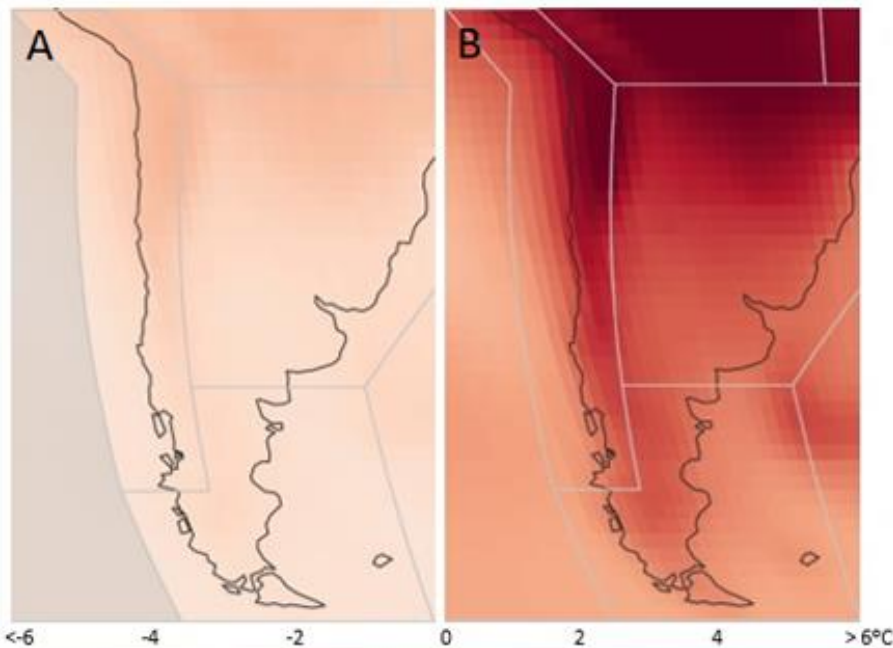


To Climate System Model

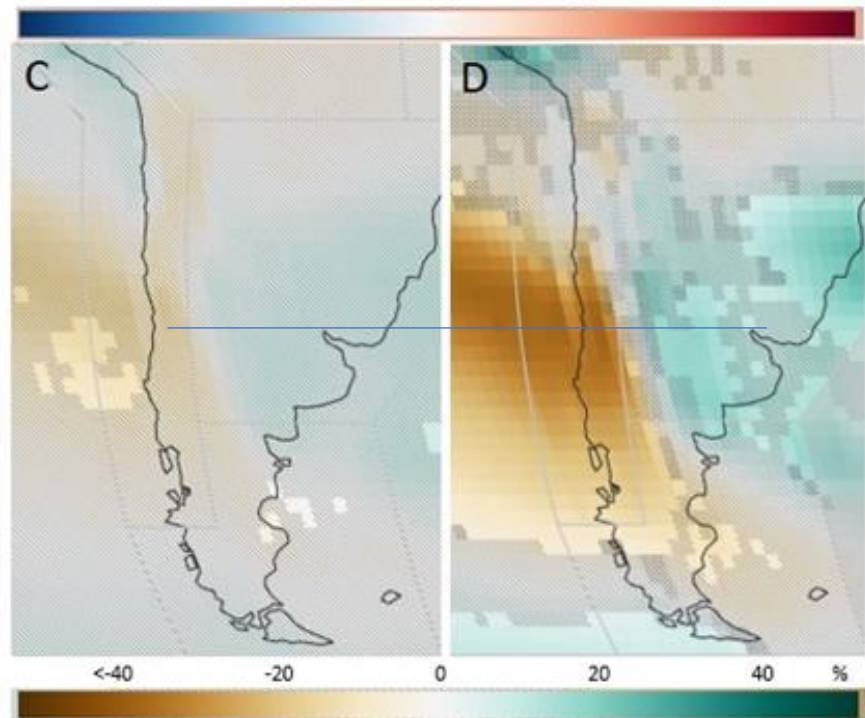




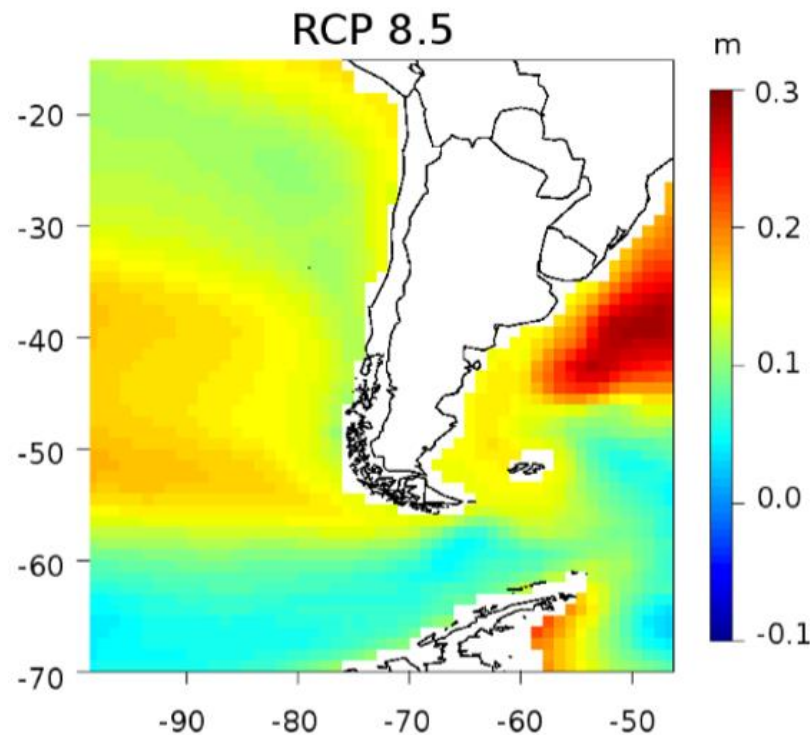
Temperatura



Precipitación



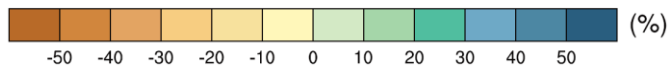
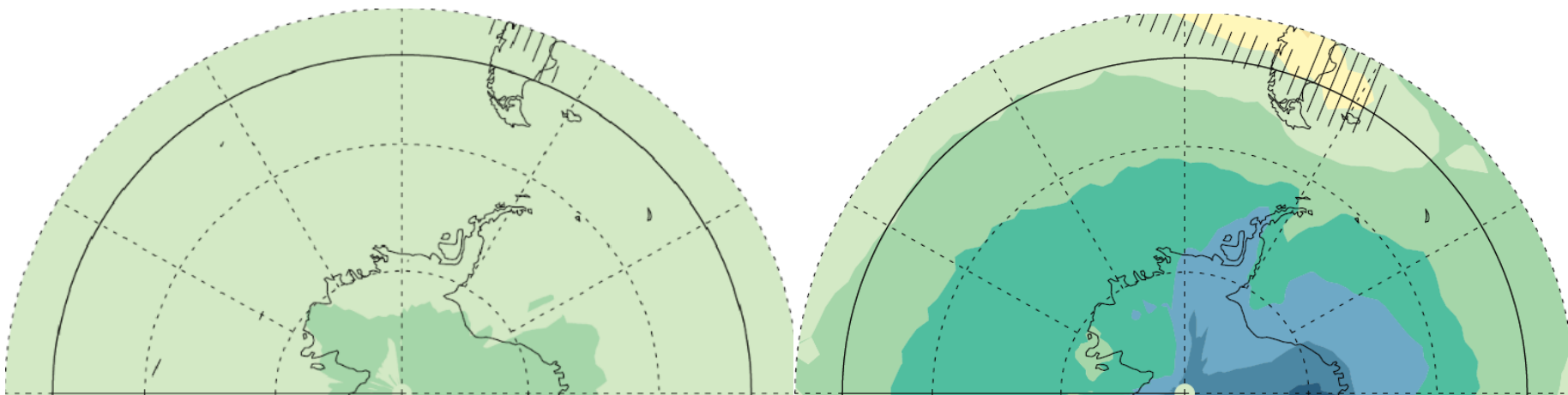
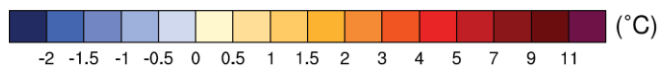
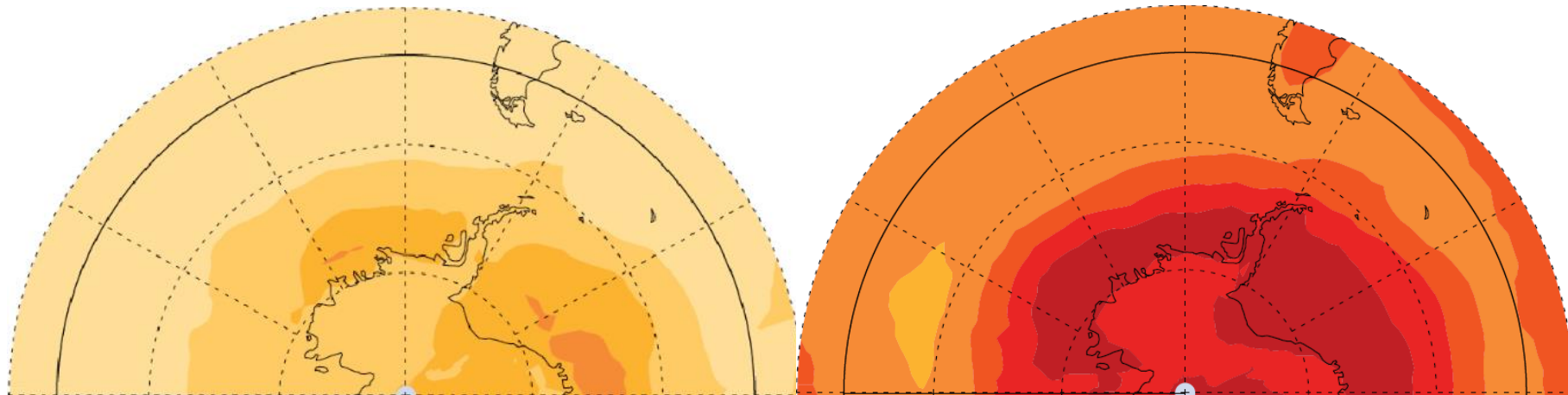
Simulación climática para los cambios de la temperatura (°C, arriba) y la precipitación (% , abajo) para fines del siglo 21 (2081-2100) según el mejor (A y C) y peor (B y D) escenario (SSP1-2.5 y SSP1-8.5). Realizado con el Atlas Interactivo del Grupo I del IPCC (<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>)



The sum of steric and dynamic sea level change shown by the CMIP5 models for 2081 – 2100 to 1986 – 2005. RCP 8.5 scenerio for the multimodel of 17 climate models

SSP1-2.5

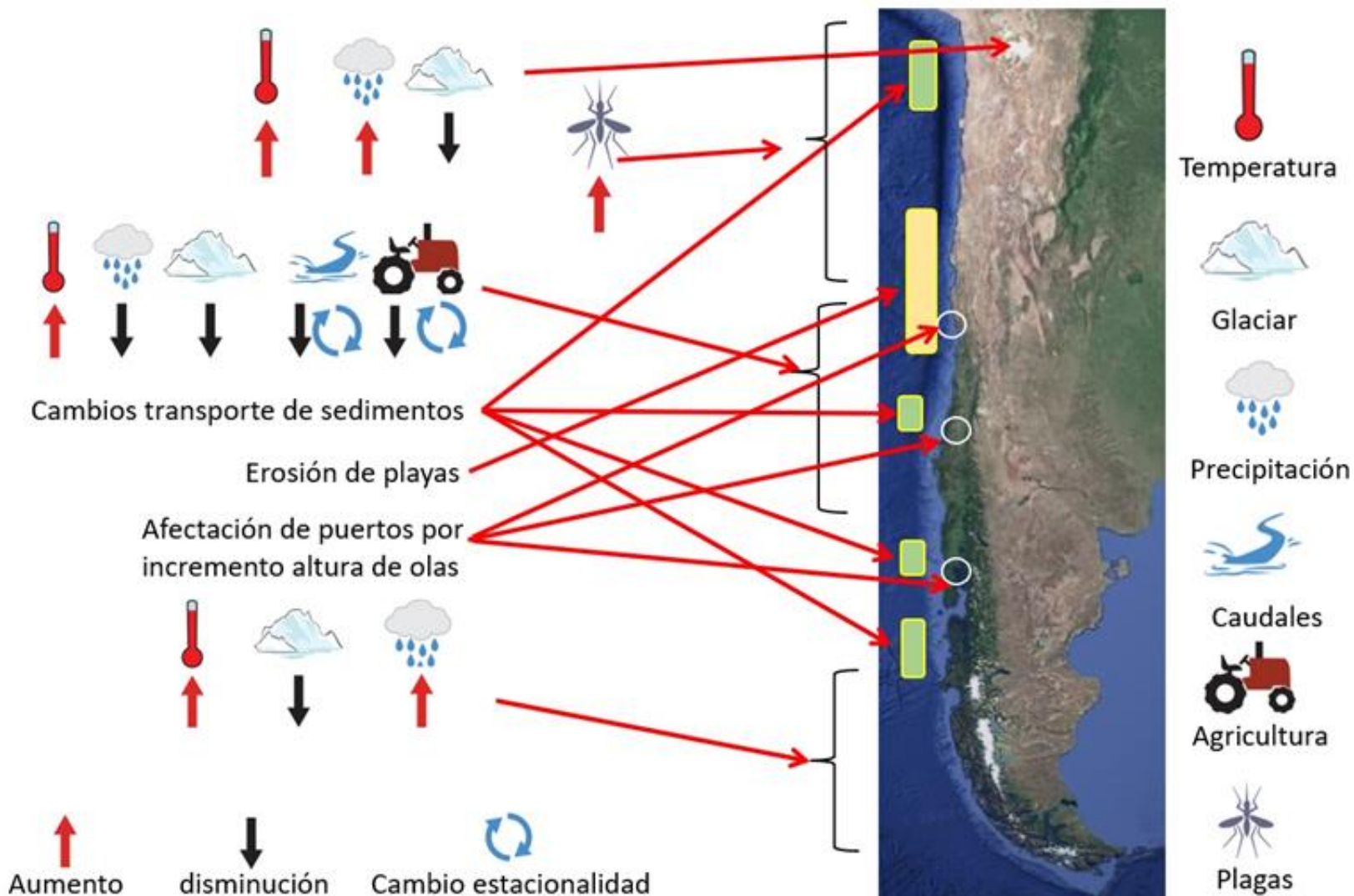
SSP1-8.5



Chile no está ajeno al cambio global del clima, aunque estos pueden ser amortizados por la influencia del Océano Pacífico. De hecho, el país cumple con siete de los nueve criterios de vulnerabilidad definidos por la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre Cambio Climático. A decir, Chile posee zonas costeras bajas, zonas áridas y semiáridas, zonas de bosques, territorios susceptibles a desastres naturales, zonas propensas a sequías y desertificación, zonas urbanas con contaminación atmosférica y ecosistemas de montañas.

CRITERIOS DE VULNERABILIDAD QUE CUMPLE CHILE



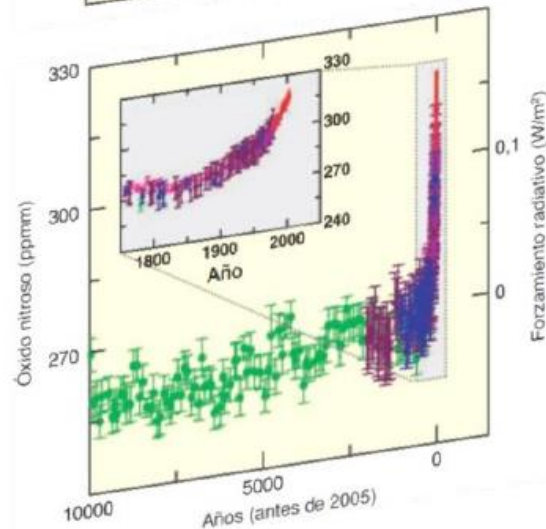
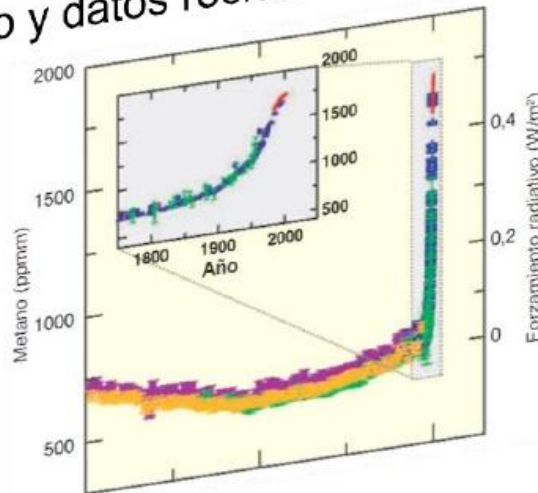
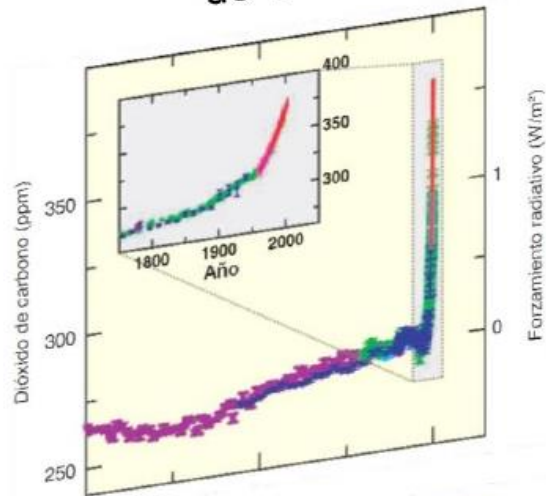


Representación esquemática de los posibles cambios para mediados y fines del siglo 21 en Chile (adaptado de Migrin et al., 2014)



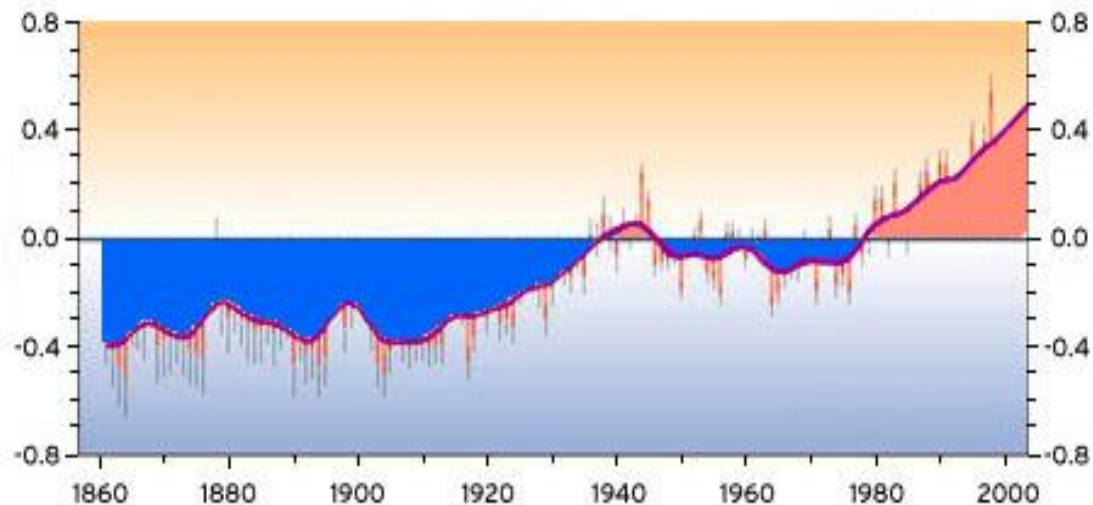
CONCLUSIÓN

Cambios en los gases de efectos invernadero inferidos de núcleos de hielo y datos recientes

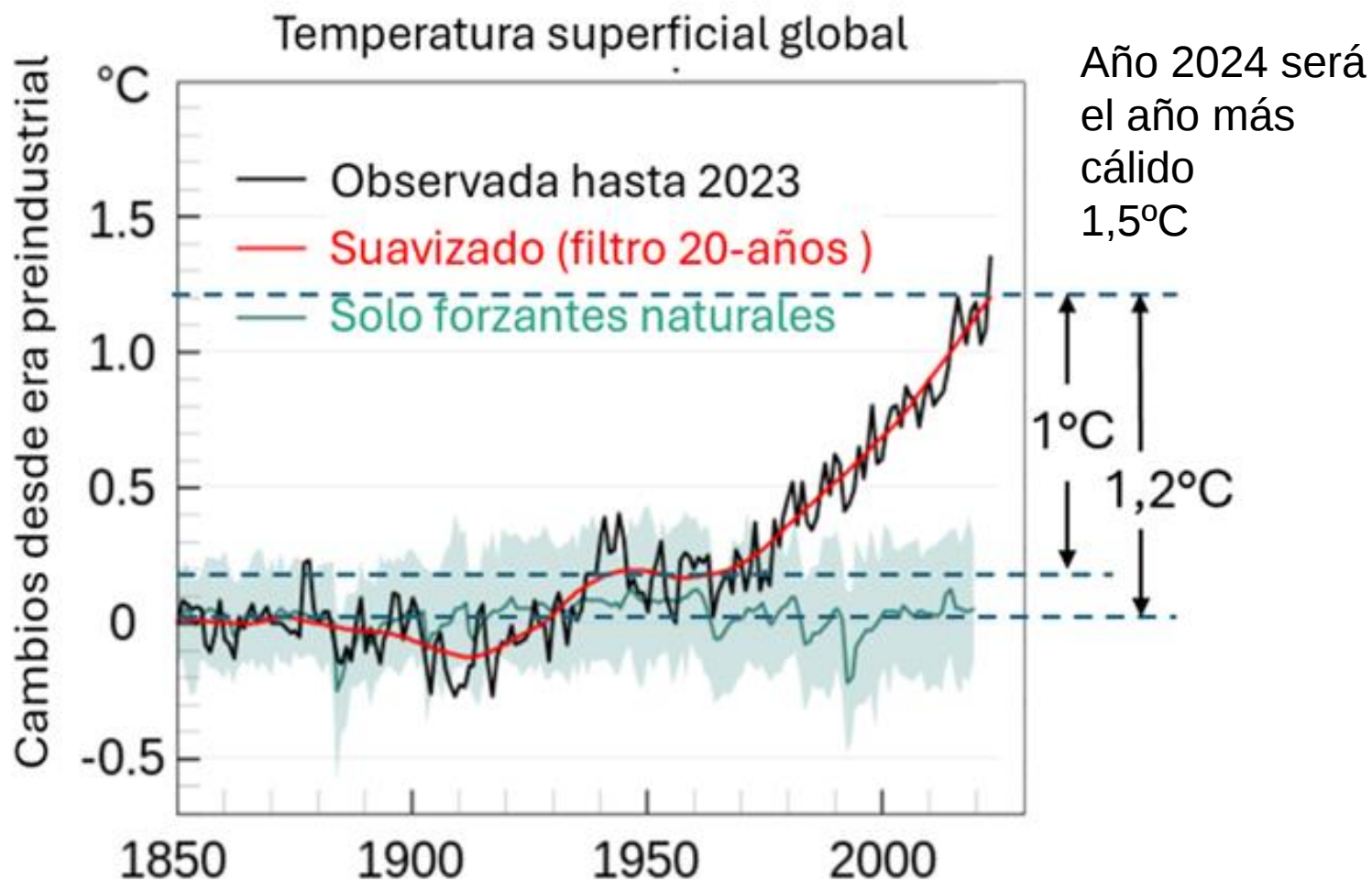


La teoría de Milankovitch no explica los cambios observados después de la revolución industrial.

Temperaturas de los últimos 150 años



El calentamiento global es real

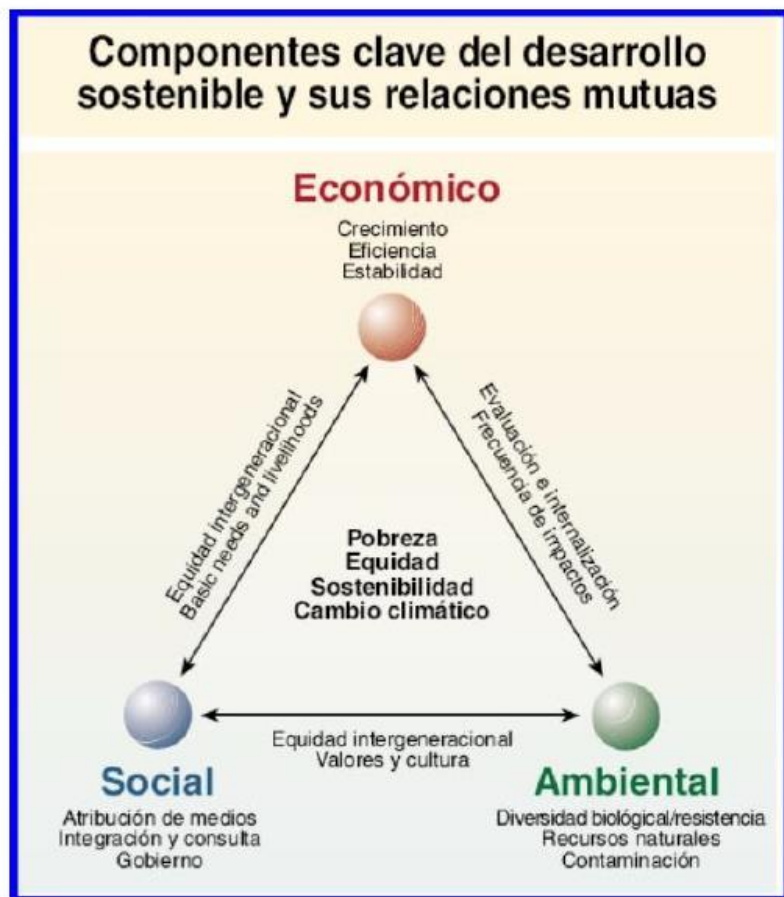




Prof Petteri Taalas
Ex-Secretary-General of WMO

Los impactos del cambio climático son cada vez más graves y plantean desafíos sin precedentes. Se necesita una acción climática drástica para limitar el calentamiento global, lo que requiere transformaciones sociales sin precedentes para sostener el futuro de la vida en la Tierra.

El equilibrio del desarrollo

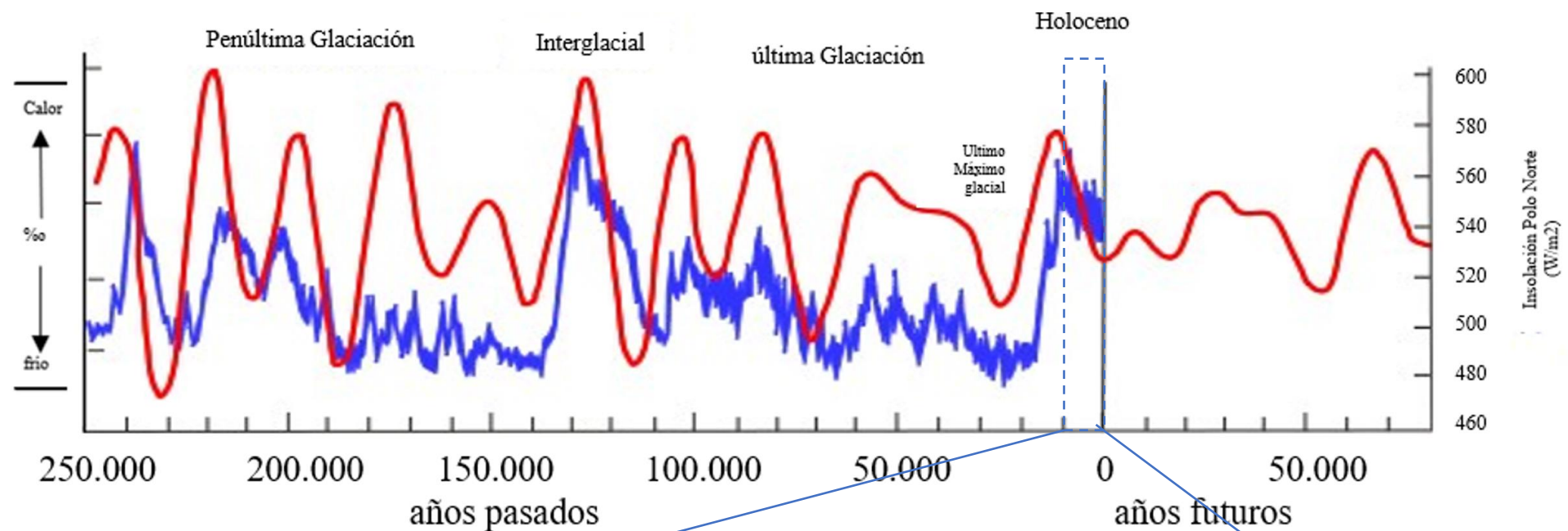


Debemos entender que el cambio climático es un problema de responsabilidad de los gobiernos y de la sociedad civil, que involucra la implementación de políticas públicas e innovación, de información e incentivos para el desarrollo de energía limpia y una economía baja en carbono; que llama a todos los actores desde el nivel local hasta la esfera internacional a ser activos en enfrentar el cambio climático.

El desafío

El gran desafío que plantea el cambio climático es: cómo garantizar a la población un crecimiento económico con eficiencia y estabilidad sin destruir, degradar ni cambiar el medio ambiente para tener una sociedad mundial equitativa y en desarrollo sostenible y armónico con el sistema climático.

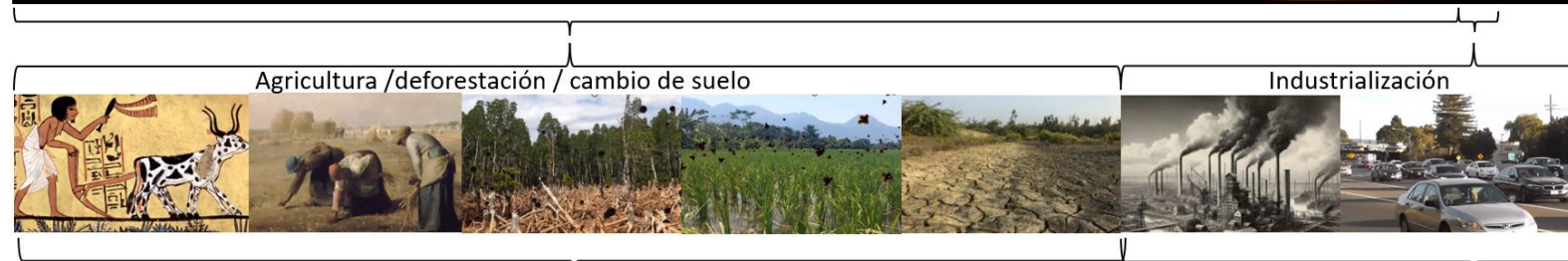
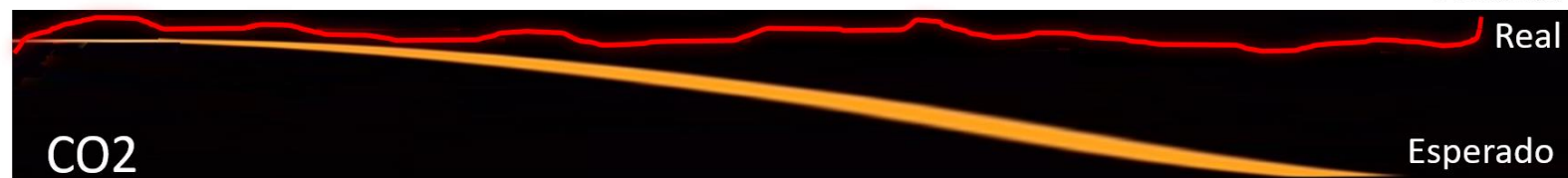




Evolución de CO₂ real (rojo) y esperado (amarillo) en los últimos 10.000 años

10.000 años

Presente



Desde hace 10.000 años hasta el presente

últimos 150-170 años



GRACIAS

Reconocimiento: ANID FONDECYT 1221122
ANILLO 1191932



UNIVERSIDAD
DE SANTIAGO
DE CHILE



GRACIAS

Reconocimiento: ANID FONDECYT 1221122
ANILLO 1231904

