

(CR)<sup>2</sup>

Center for Climate  
and Resilience Research  
[www.CR2.cl](http://www.CR2.cl)

# Clima y Cambio Climático

*Earth system science for Chile:  
a sound basis for building resilience in a changing climate*

Sponsoring Institution



Associated Institutions



Funding Agency



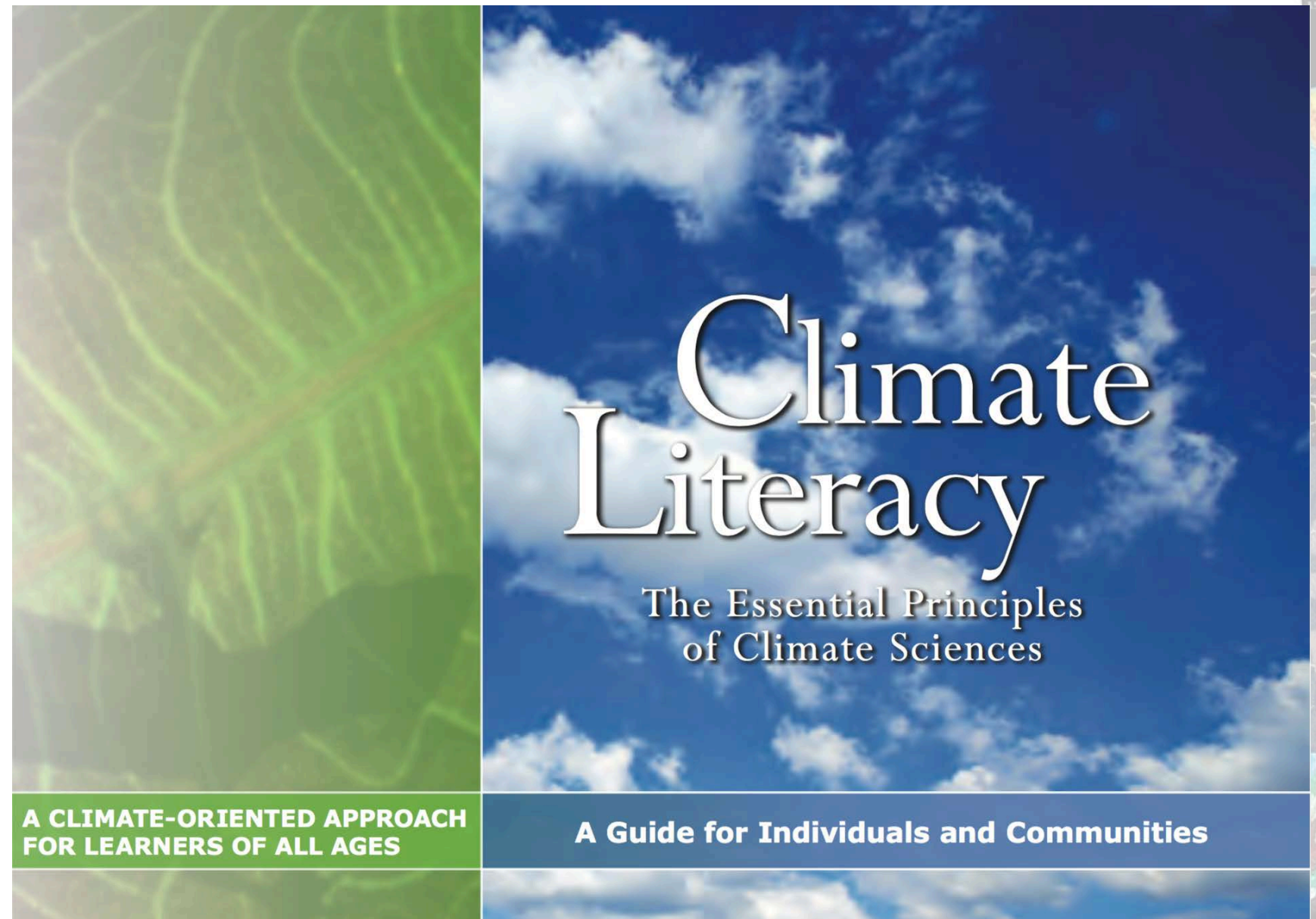


# Resumen

- Conceptos /Glosario
- El sistema climático
- Física del cambio climático
- Evidencia del cambio climático
- Proyecciones de cambio climático: Global y para Chile
- Mitigación

# Principios para una alfabetización en cambio climático

7 principios para entender la influencia del clima sobre nosotros y la influencia nuestra sobre el clima.



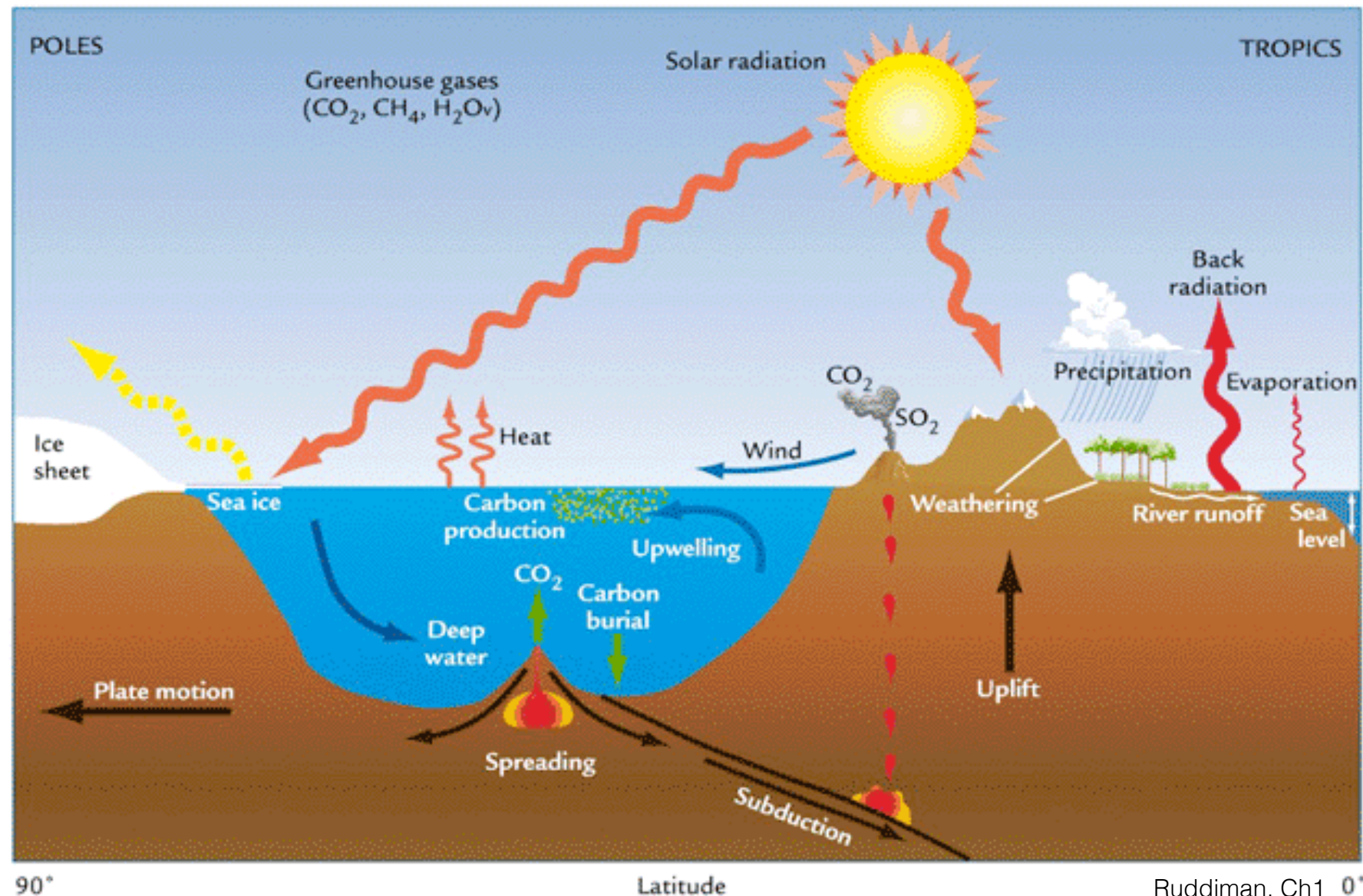
Second Version: March 2009  
[www.climatescience.gov](http://www.climatescience.gov)



# Conceptos básicos

- Clima / Tiempo
- Sistema Climático
- Balance Radiativo/Energético
- Forzante / Forzante Radiativo
- Respuesta
- Interacciones / realimentaciones
- Variabilidad natural /Cambio climático
- Efecto Invernadero
- Incertidumbre
- Detección / Atribución
- Predicción /Proyección
- Escenarios (de emisiones)
- Modelación Climática / conjunto/ensambles

# El Sistema Climático



## Qué es el clima?

El clima es el estado promedio del Tiempo



# Componentes del sistema climático:

Cómo funciona el clima terrestre?

## Forzantes

Cambios en tectónica de placas

Cambios en la órbita terrestre

Cambios en radiación solar

Cambios en GEI y cambio de uso de suelo

Atmósfera



Vegetación o biósfera



Criósfera



Superficie terrestre



rios y lagos



Hidrosfera

Océano



## Respuestas

Cambios en la Atmósfera

Cambios en la Criósfera

Cambios en el océano

Cambios en la Biósfera

Cambios en la sup. terrestre

**Interacciones y re-alimentaciones**  
**CICLOS INTEGRADORES**

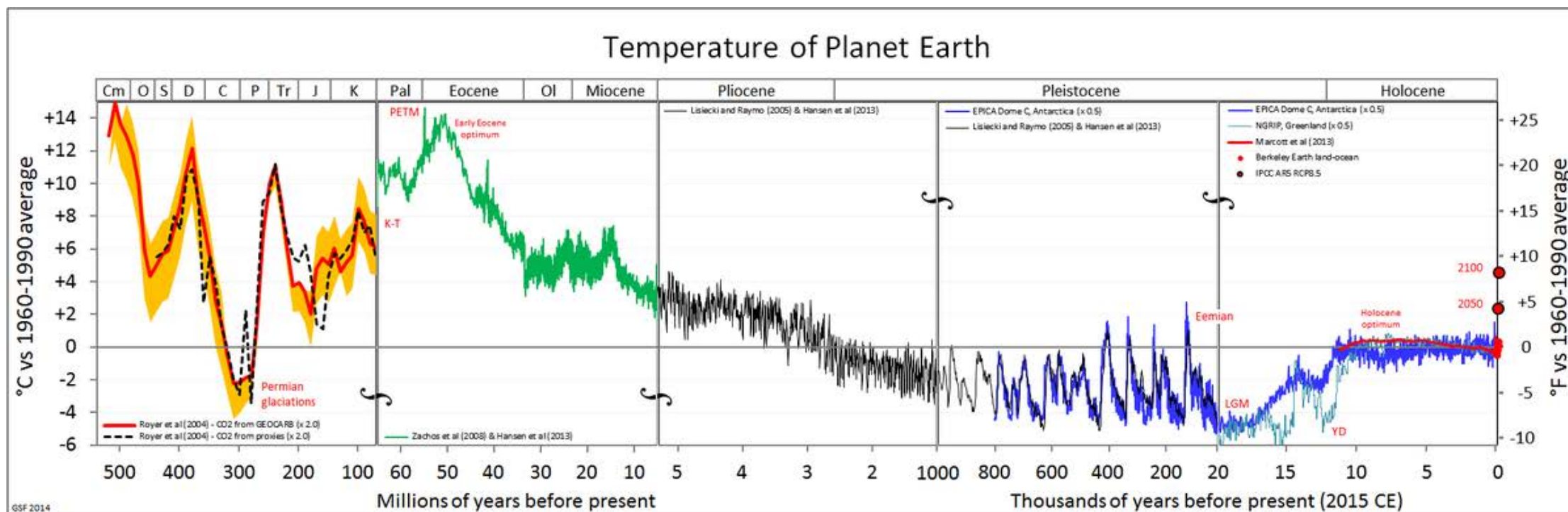


# Evolución de la temperatura

+ CALIDO



+ FRIO

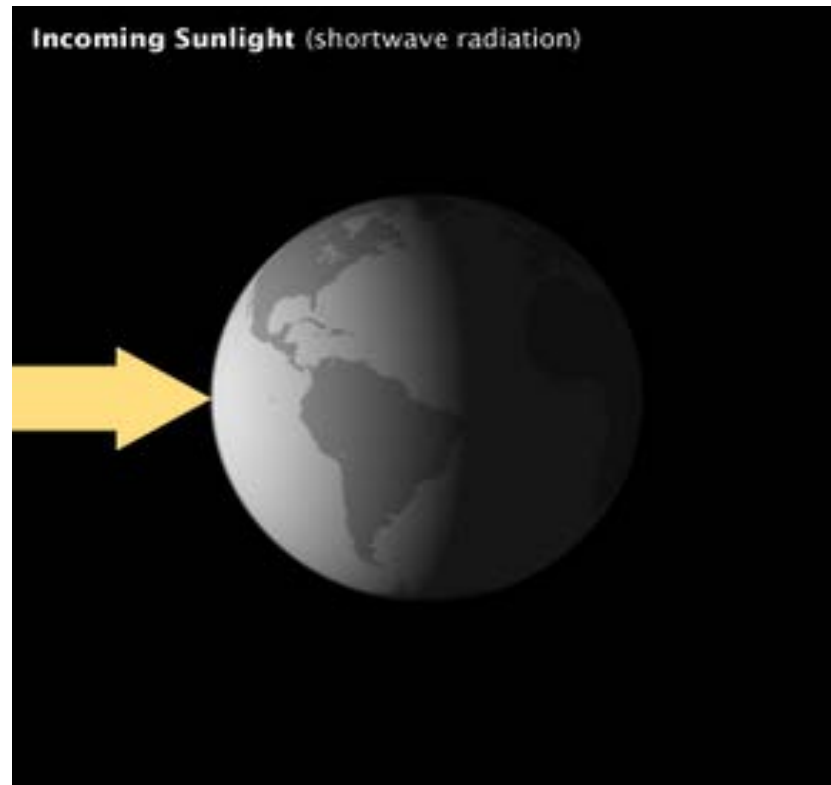


All palaeotemps [CC BY-SA 3.0](#)  
Glen Fergus - Own work

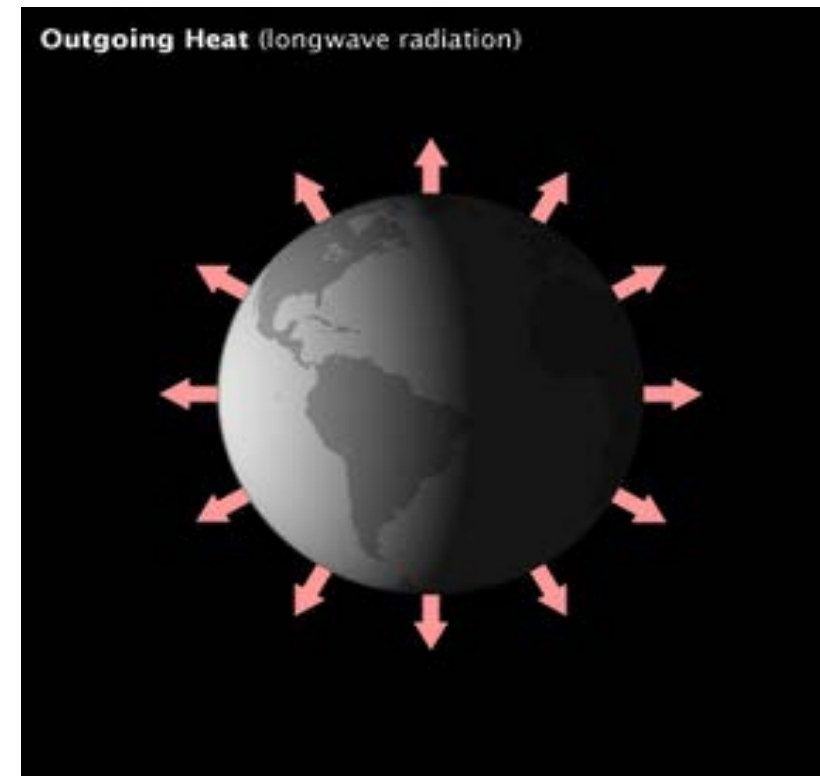
El registro geológico nos muestra que el clima ha cambiado de manera muy importante en el pasado: **Variabilidad Natural**

# Por qué y cómo cambia el clima en el planeta?

La tierra se encuentra en un balance “radiativo” o **balance energético**



El motor de nuestro planeta es el SOL

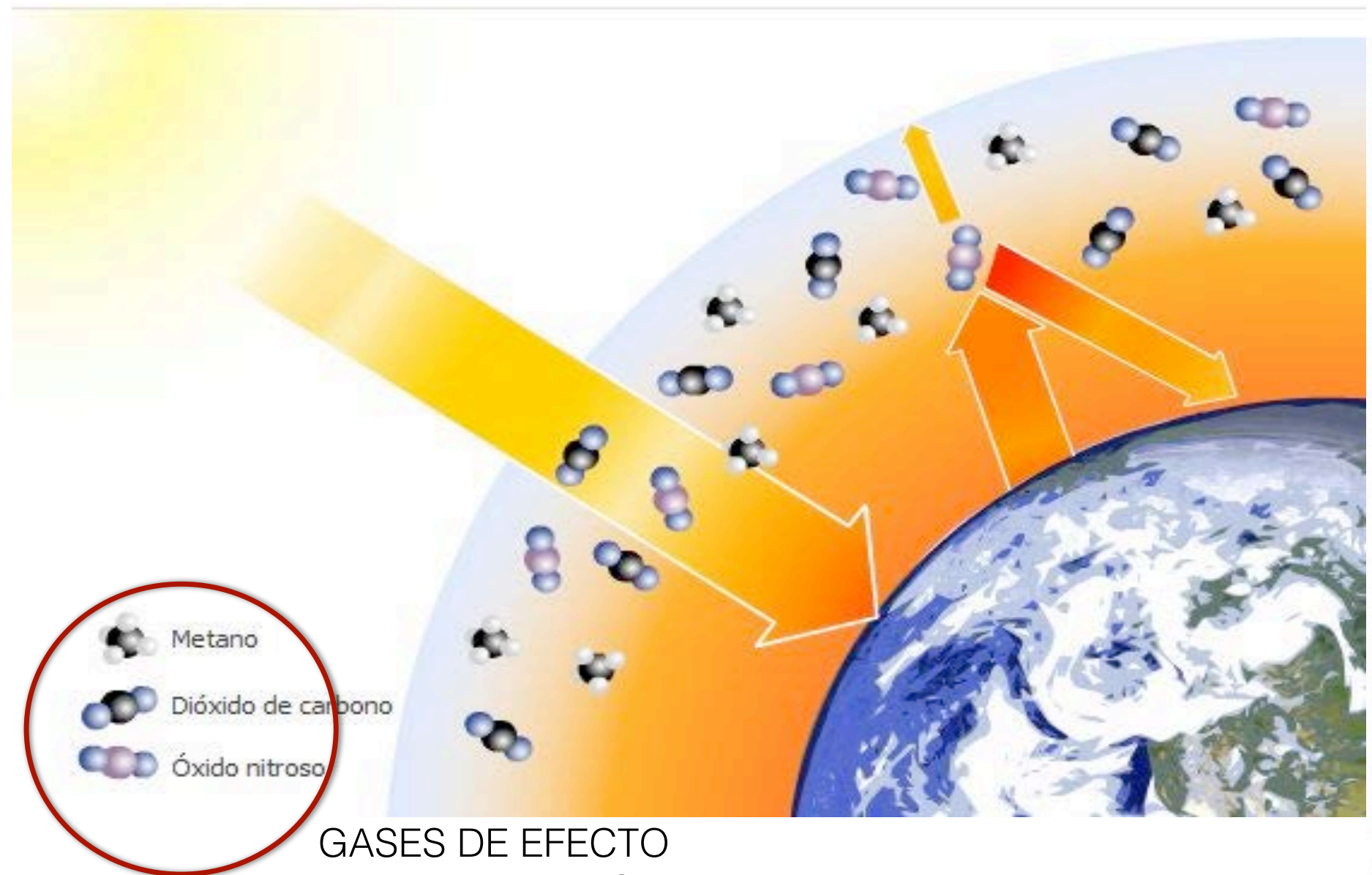
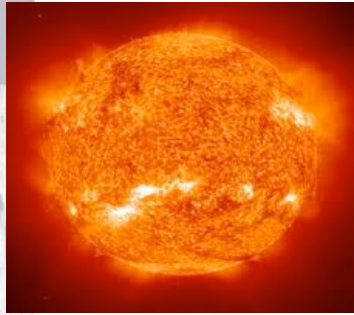


Tierra emite energía infrarroja

Energía que entra = energía que sale  
-> Temperatura de equilibrio



...pero el planeta tiene una ***atmósfera***, que interactúa con esta energía: **El efecto Invernadero**



GASES DE EFECTO  
INVERNADERO

Fig: Enciclopedia digital Encarta 2008

# Composición química de la atmósfera actual (no siempre ha sido así!)

A pesar que “otros” representa < 1% del total, aquí están los gases más importantes:

Ozono, CO<sub>2</sub>,  
Vapor de agua,  
Aerosoles, CH<sub>4</sub>...

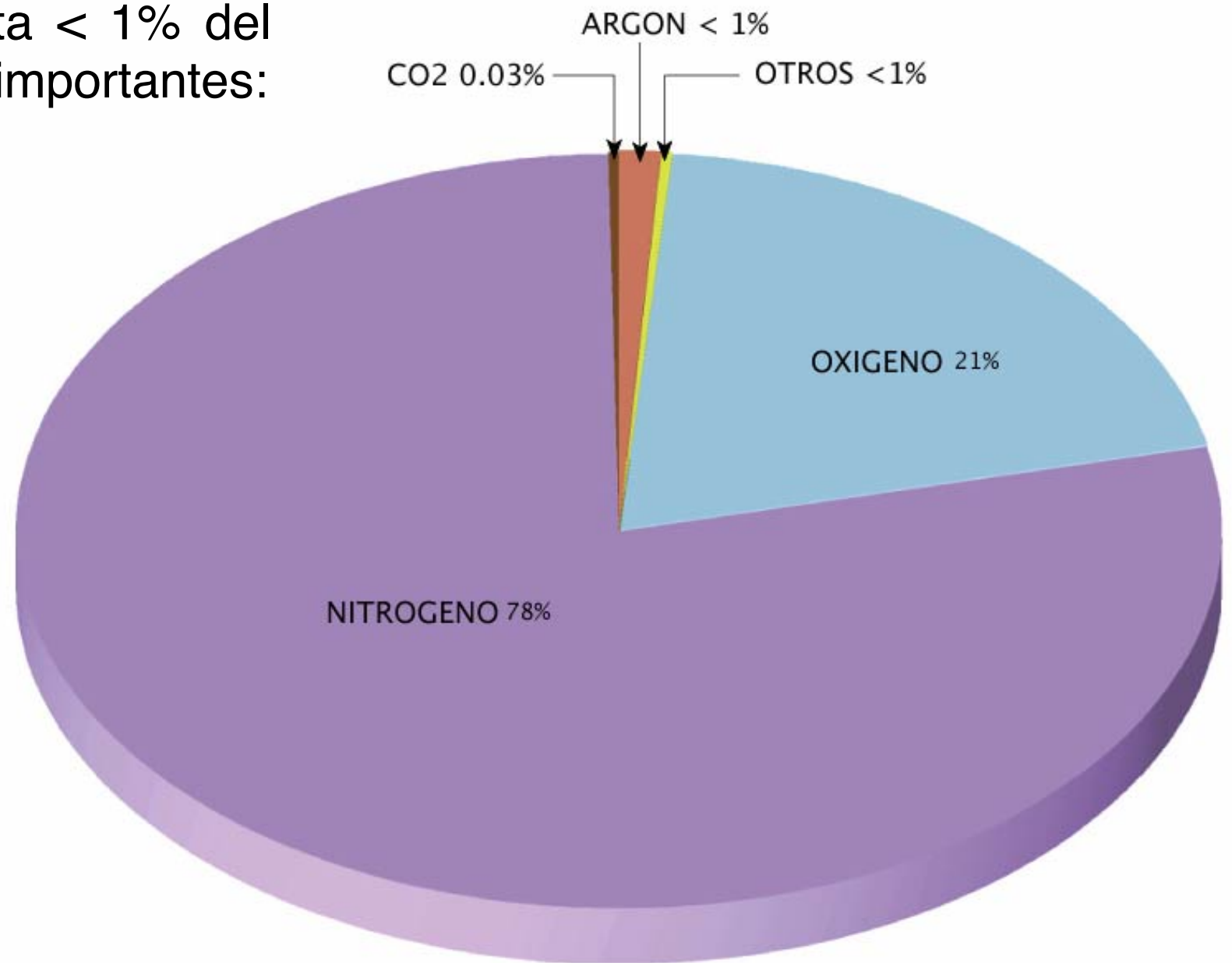


Fig: [http://www.ux1.eiu.edu/~cfjps/1400/atmos\\_origin.html](http://www.ux1.eiu.edu/~cfjps/1400/atmos_origin.html)



# El carbono es un elemento fundamental en nuestro planeta

- Es un **gas de efecto invernadero**
- Es el “ladrillo” principal de la vida
- Existe en distintas “formas”
  - Gaseoso  $\text{CO}_2$  en la atmósfera
  - Orgánico  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  en vegetación
  - Roca silicatos  $\text{CaCO}_3$
- Se encuentra en distintos “reservorios” (atmósfera, biósfera terrestre y oceánica y en la tierra sólida).
- Existen 2 sub-ciclos de carbono:
  - Orgánico
  - inorgánico

# Ciclo de carbono y reservorios de carbono

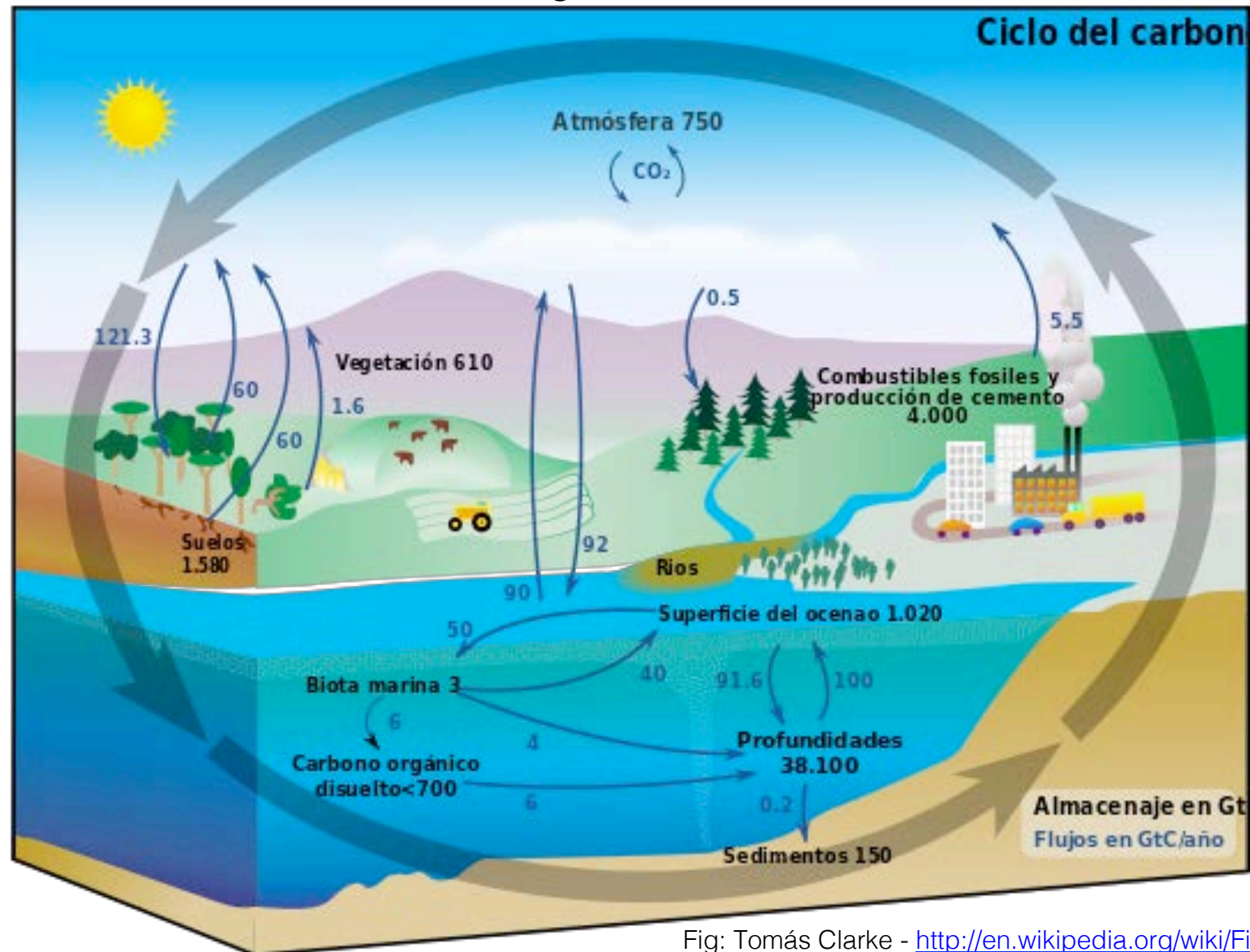


Fig: Tomás Clarke - [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Carbon\\_cycle-cute\\_diagram.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Carbon_cycle-cute_diagram.svg)

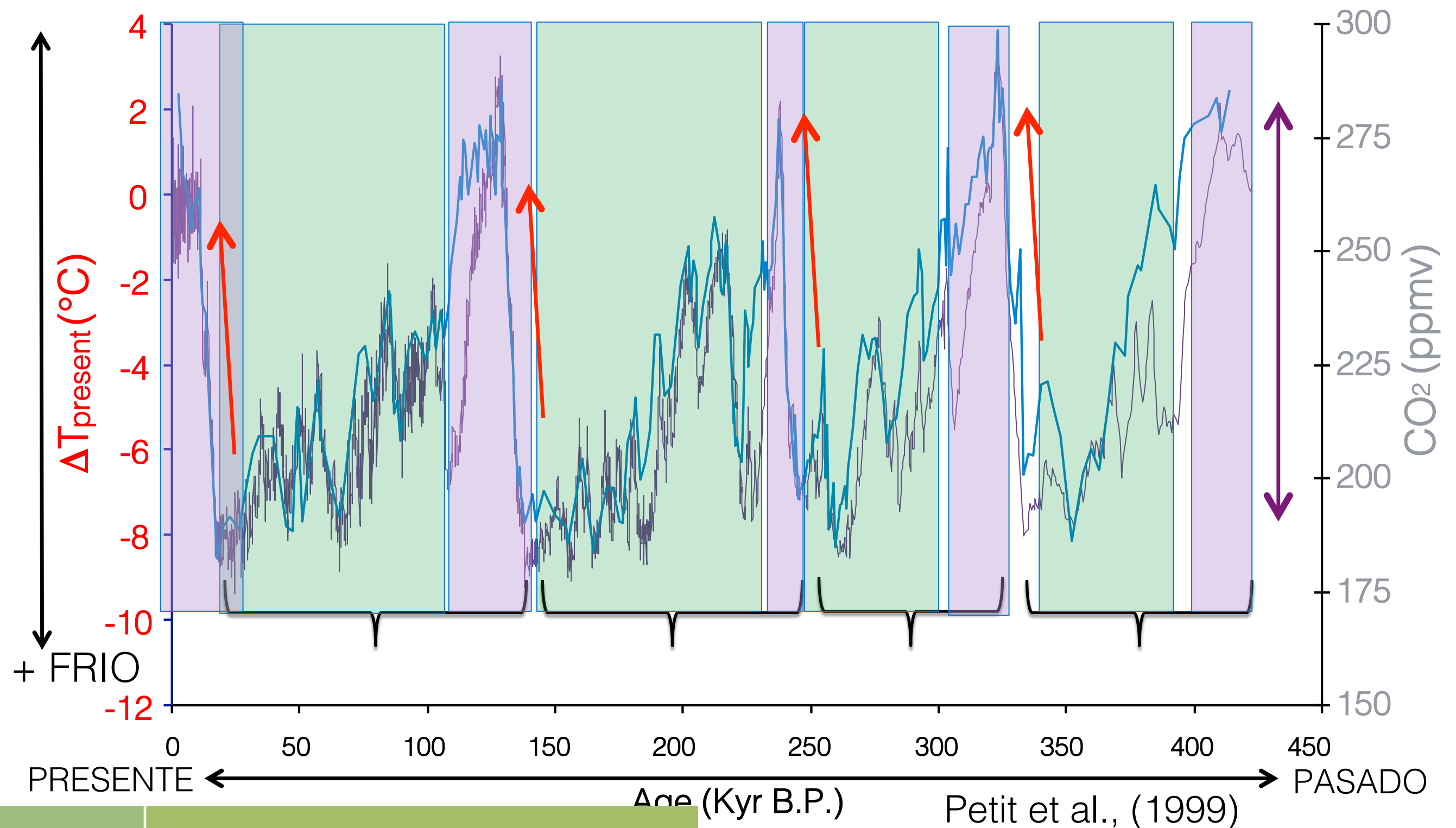
2 características muy importantes del  $\text{CO}_2$  en la atmósfera:

- Es un gas bien mezclado → no importa donde se contamine, se mezcla rápidamente!
- Permanece un largo tiempo en la atmósfera (como 100 años)



# Glacial-interglacial cycles

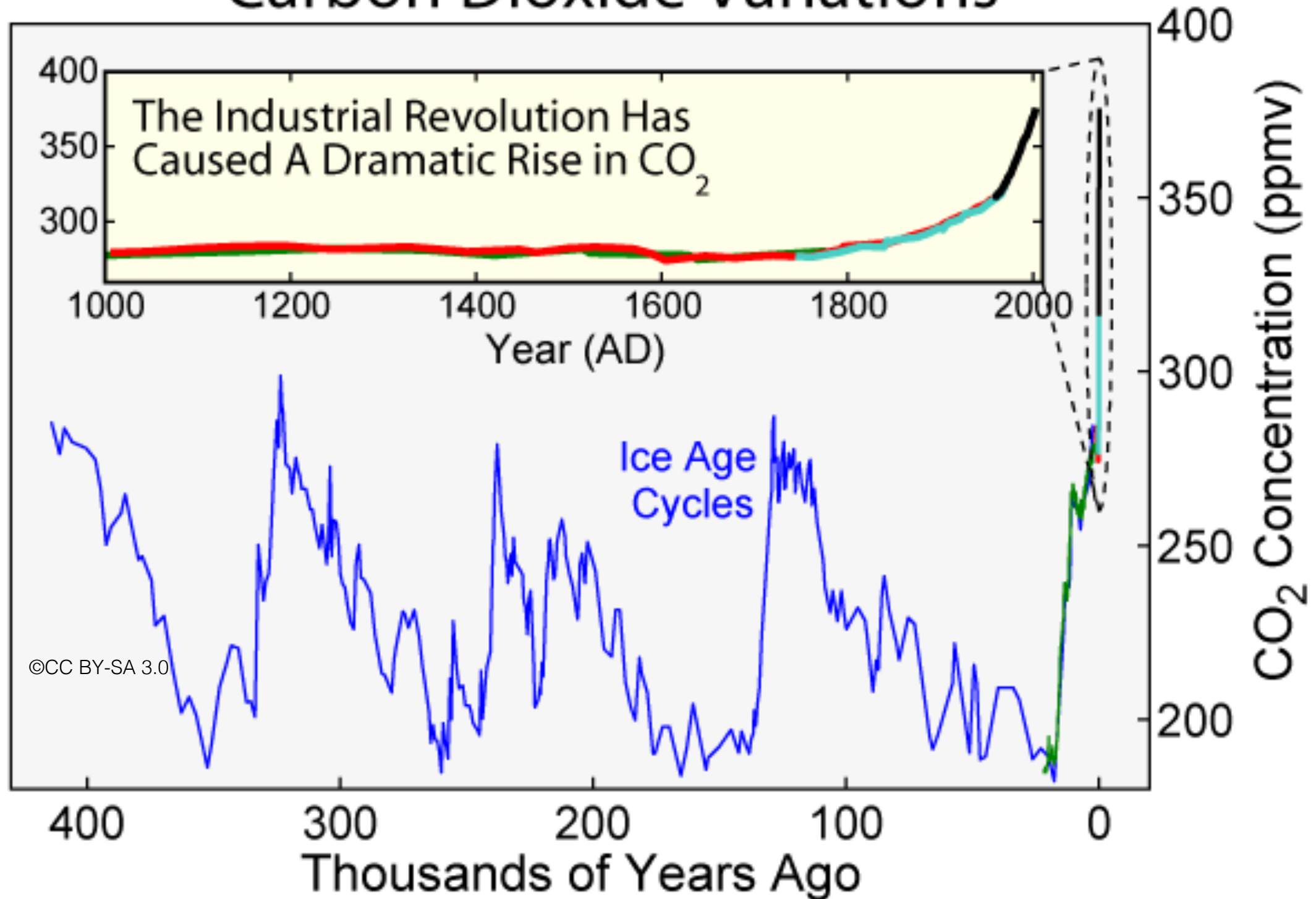
+ CALIDO



3

LIFE ON EARTH DEPENDS  
ON, IS SHAPED BY, AND  
AFFECTS CLIMATE.

# Carbon Dioxide Variations



La perturbación humana al ciclo de carbono es  
GRANDE



# Actividades Humanas y emisiones de Gases de Efecto Invernadero



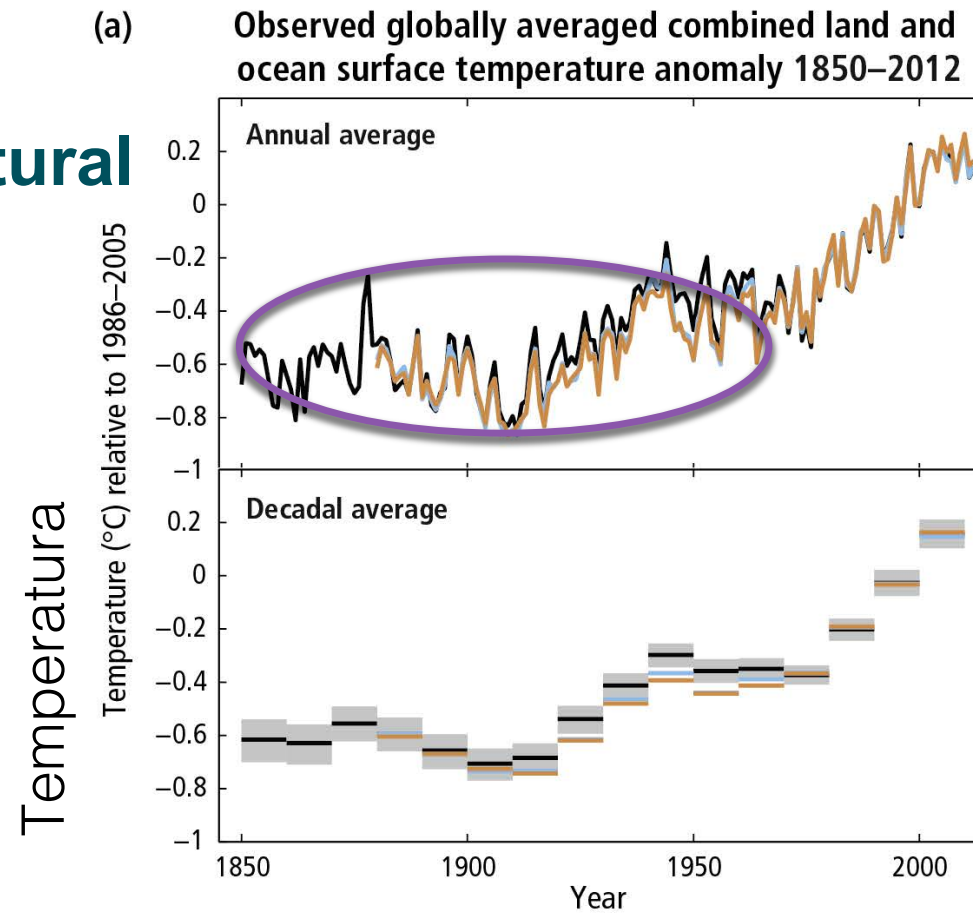
De dónde vienen estos gases?

- $\text{CO}_2$ : quema de combustibles fósiles: petróleo, carbón.
- $\text{CH}_4$ : gas natural, sistema digestivo de animales rumiantes, agricultura como el arroz.
- $\text{NO}_2$ : fertilizantes en agricultura.

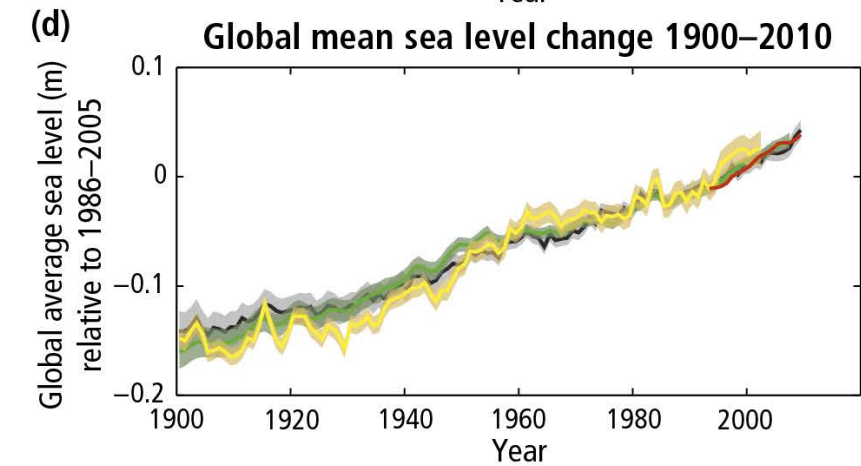
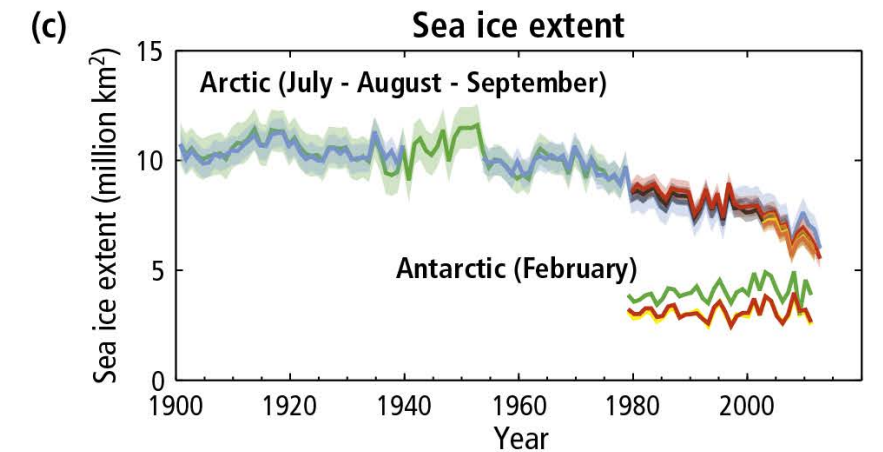
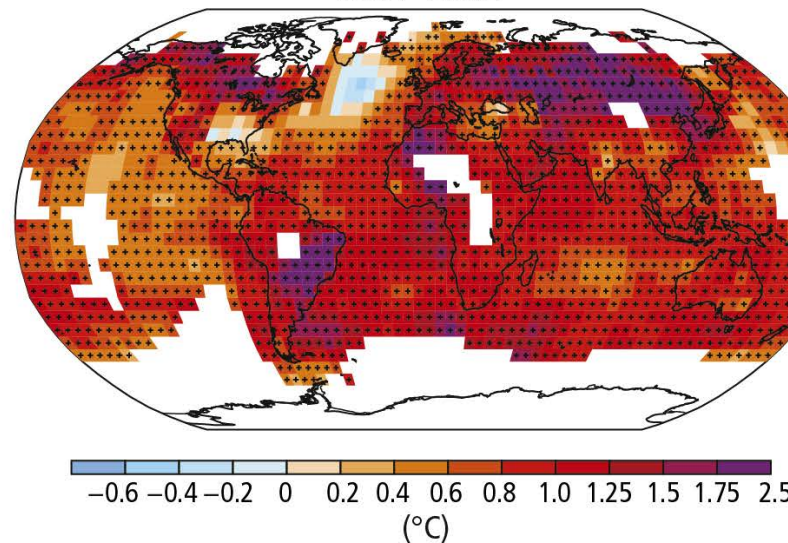


# Cambios observados: Detección

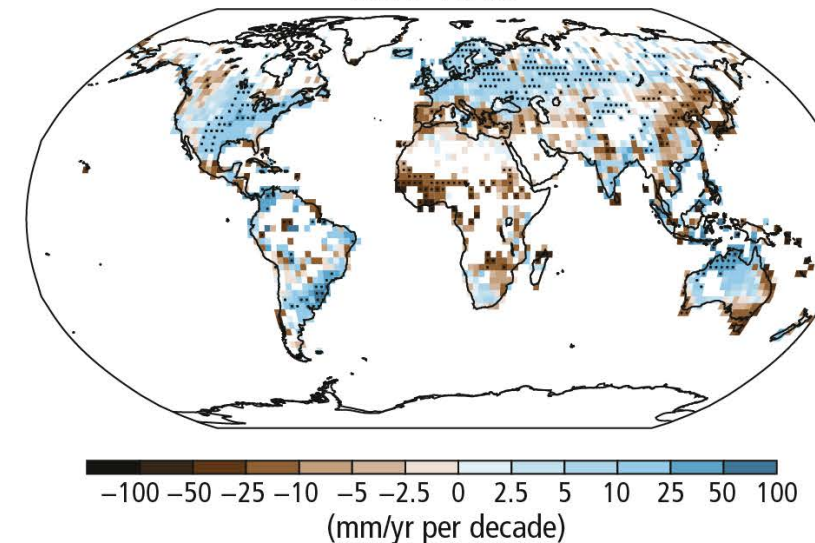
## Variabilidad natural



(b) Observed change in surface temperature 1901–2012



(e) Observed change in annual precipitation over land 1951–2010



Hielo Marino

Nivel del Mar

Precipitación

IPCC SPM-AR5, 2013



# Cambios de temperatura en el contexto de los últimos 20mil años

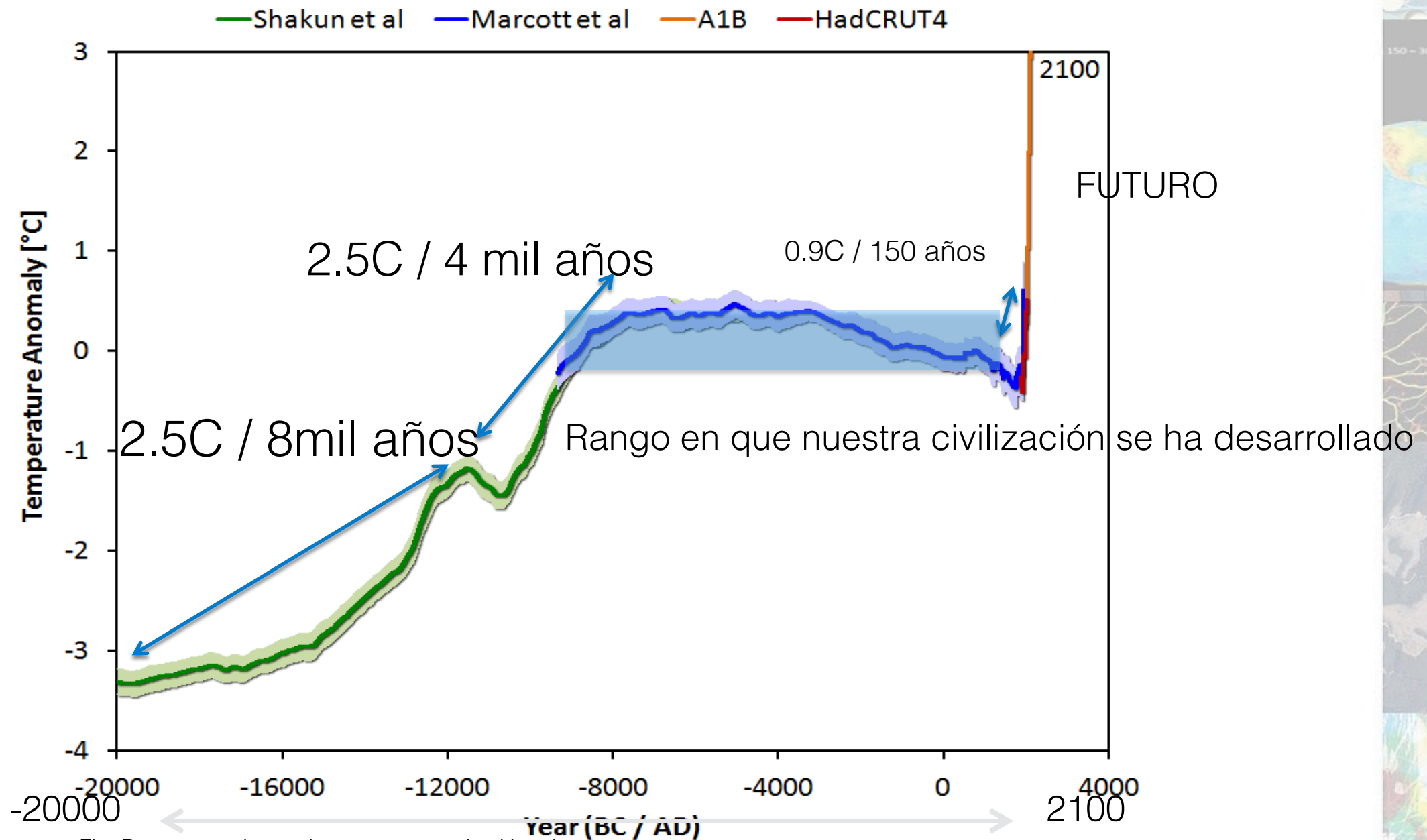
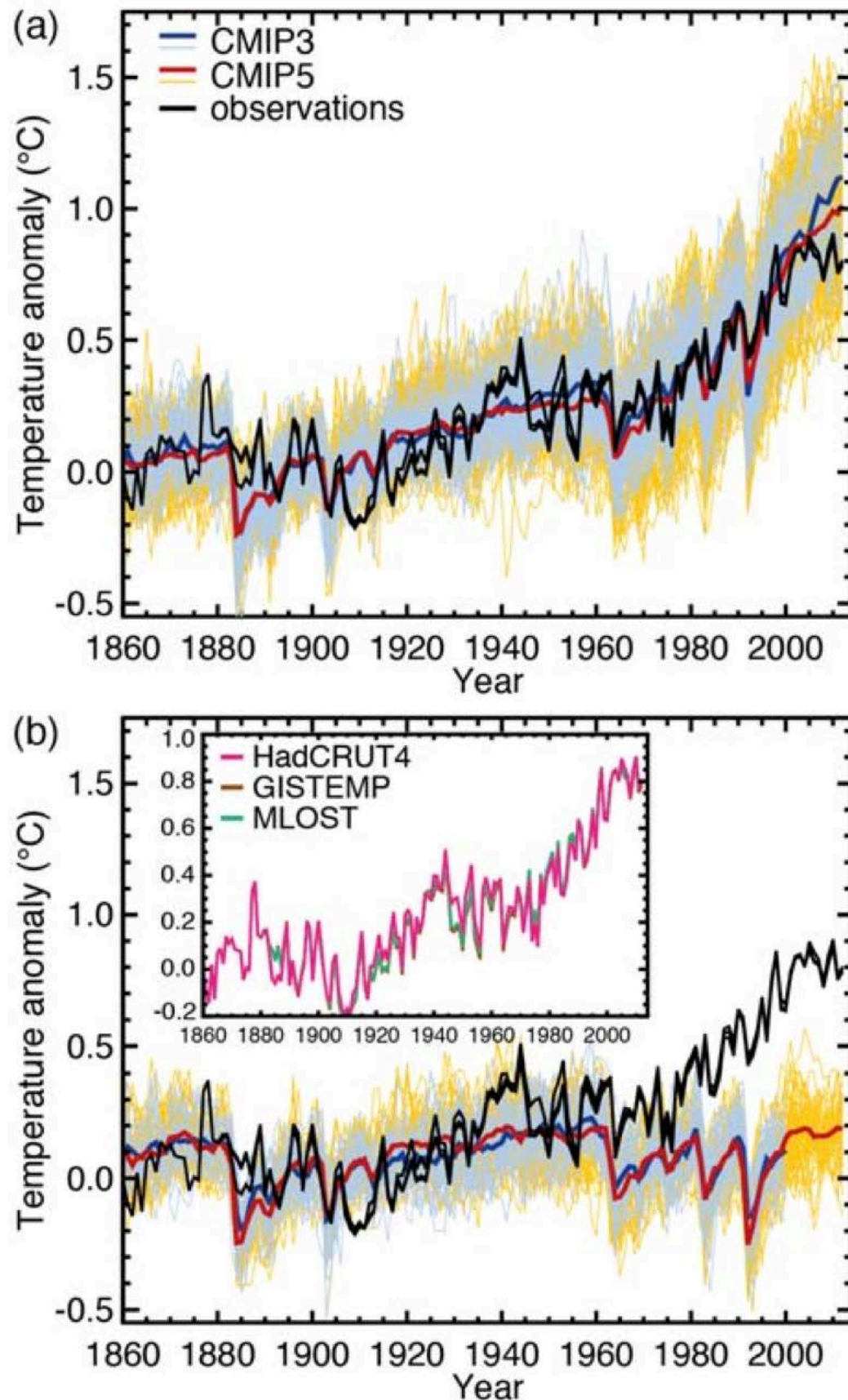


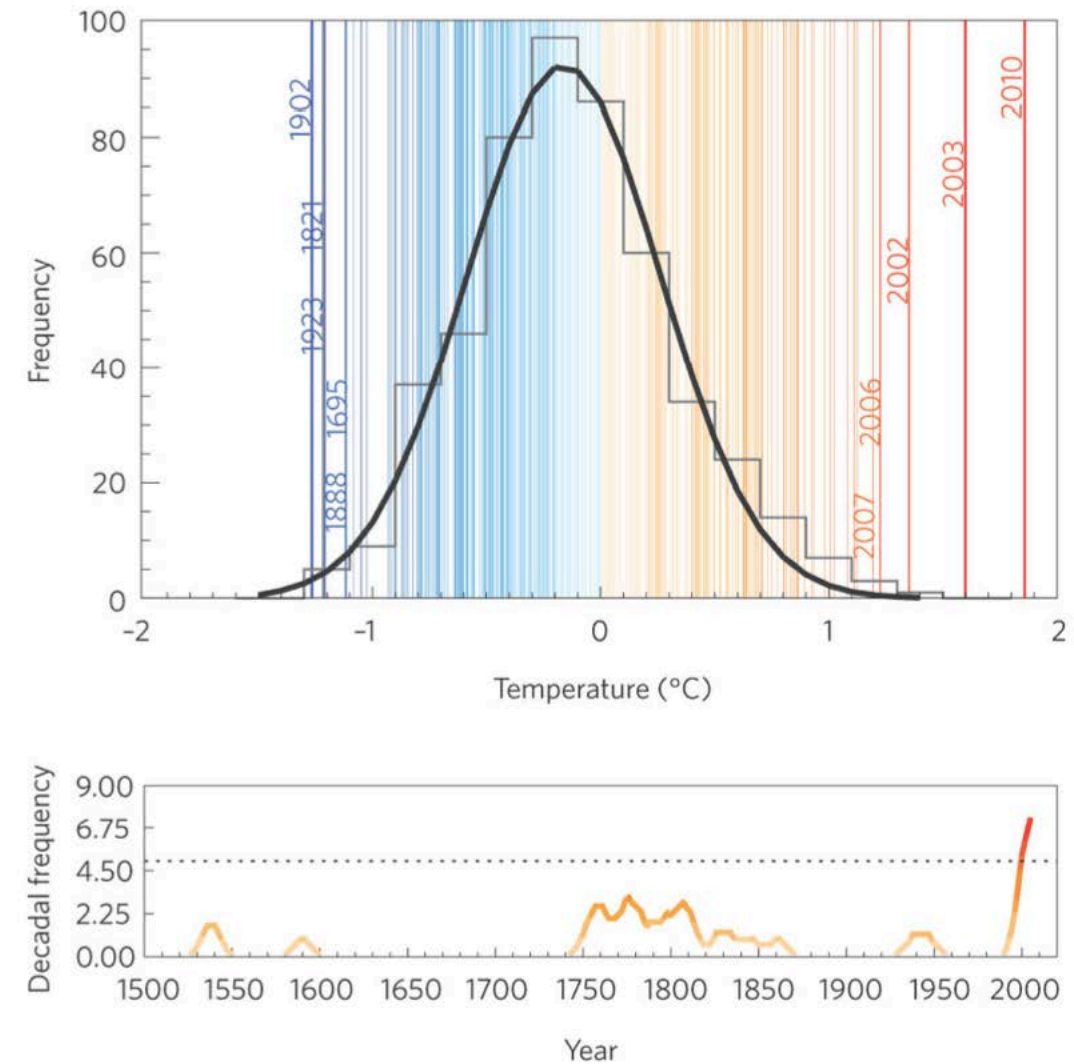
Fig: Reconstrucciones de temperatura: Jos Hagelaars, realclimate.org

## La tasa de cambio de temperatura ha aumentado significativamente

# Atribución de cambio climático



**Figure 15:** Distribution (top panel) and timeline (bottom) of European summer temperatures since 1500.



Source: Barriopedro et al. 2011.



# En resumen

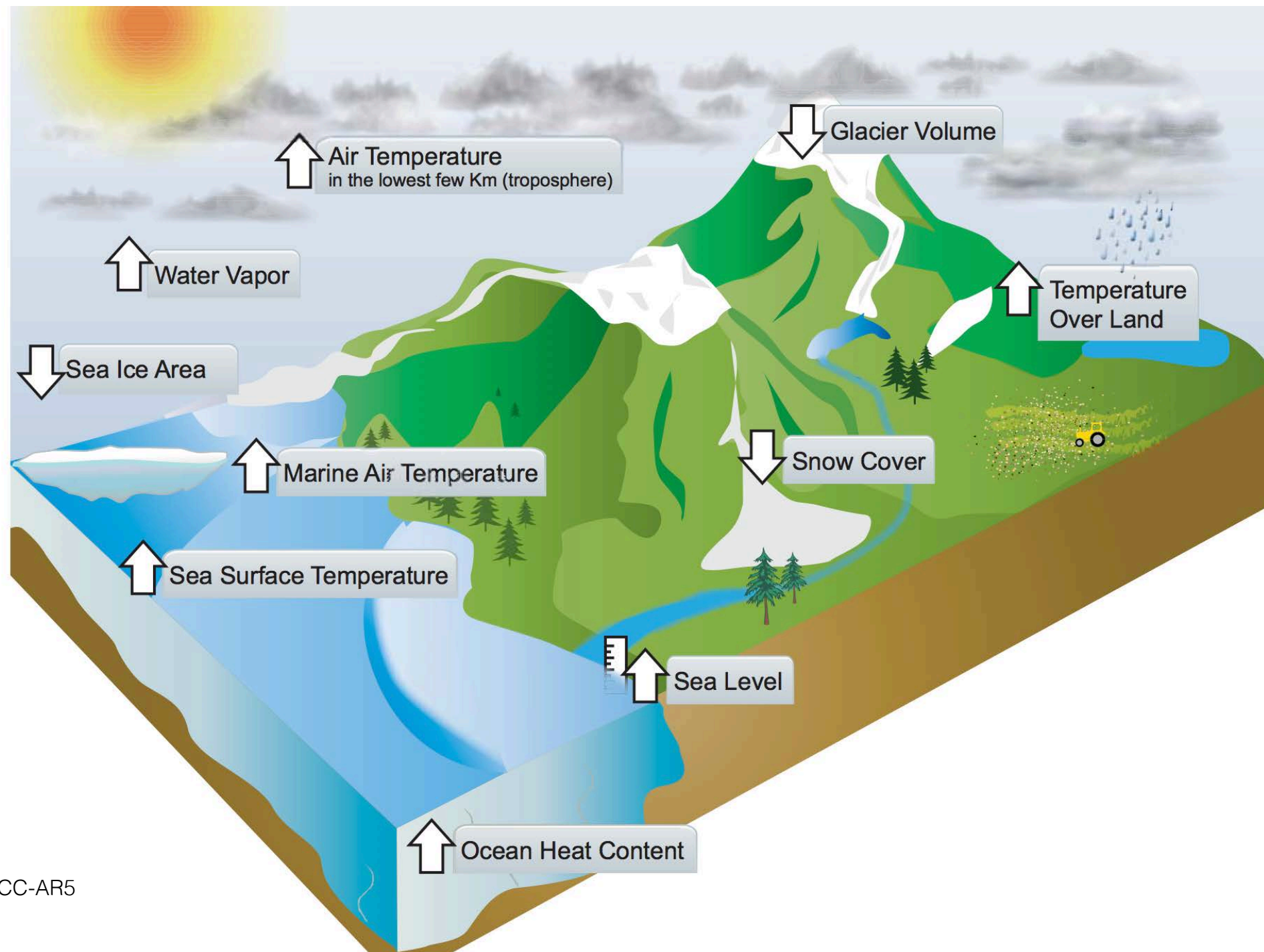
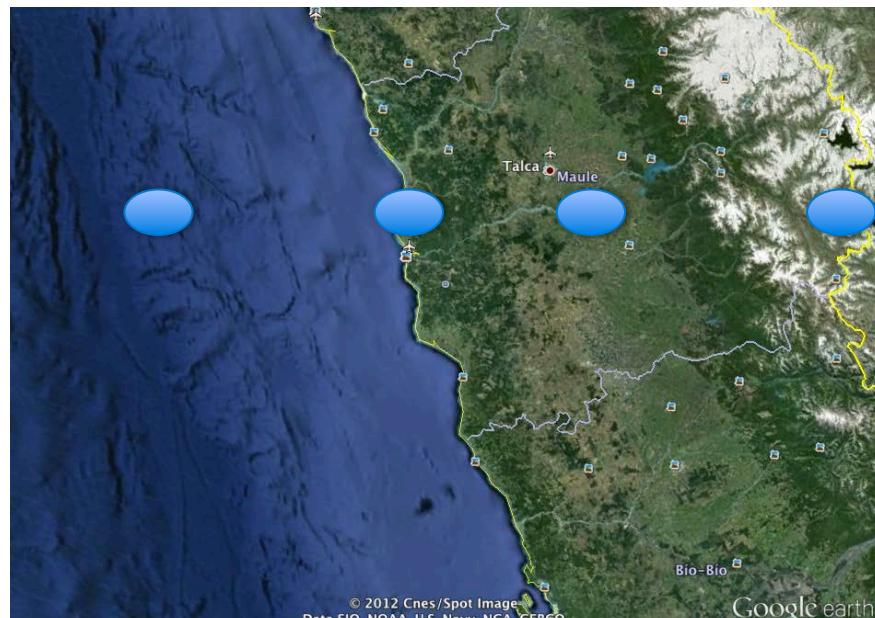


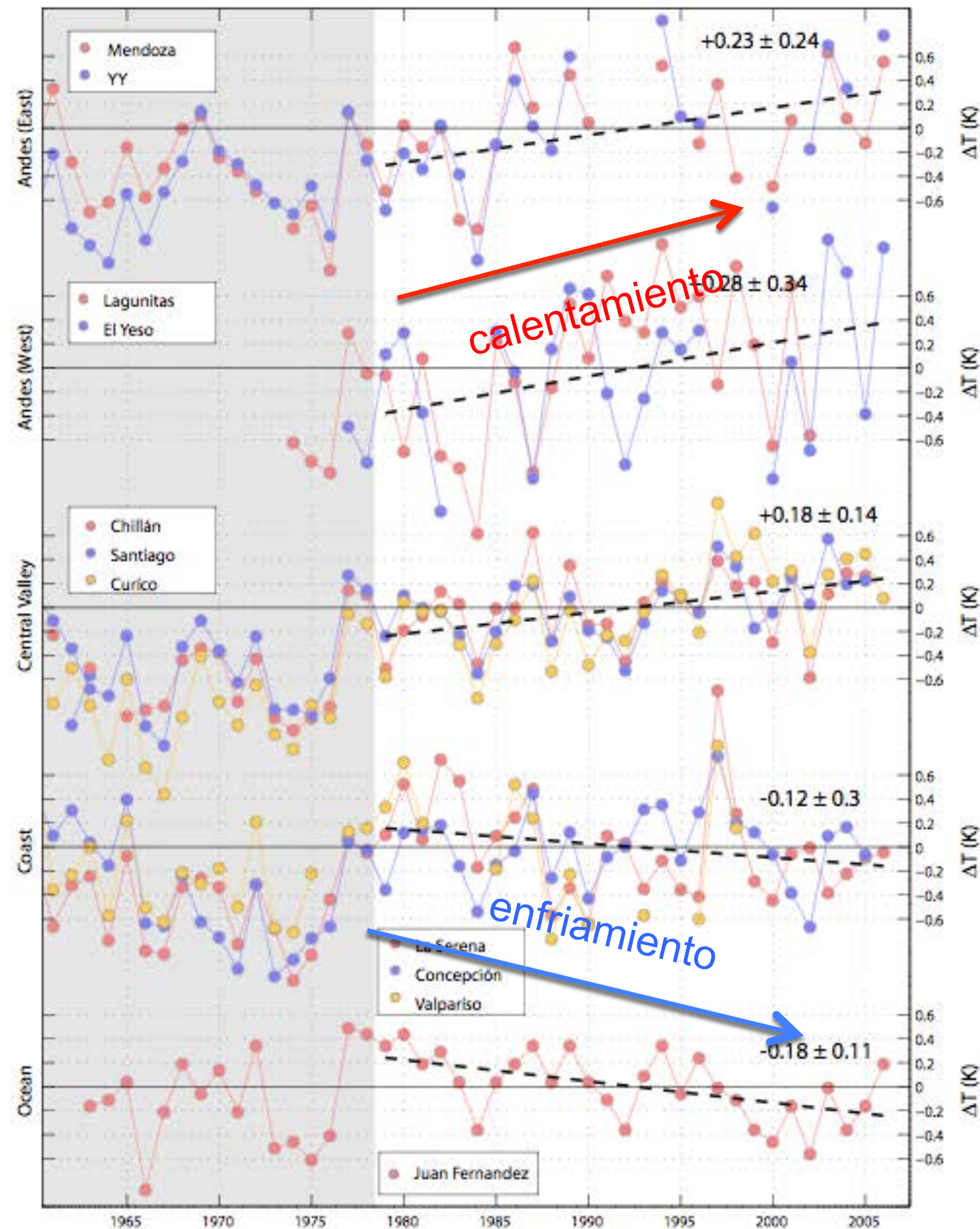
Fig: WGI, IPCC-AR5



# Chile: Tendencia de Temperaturas medias anuales

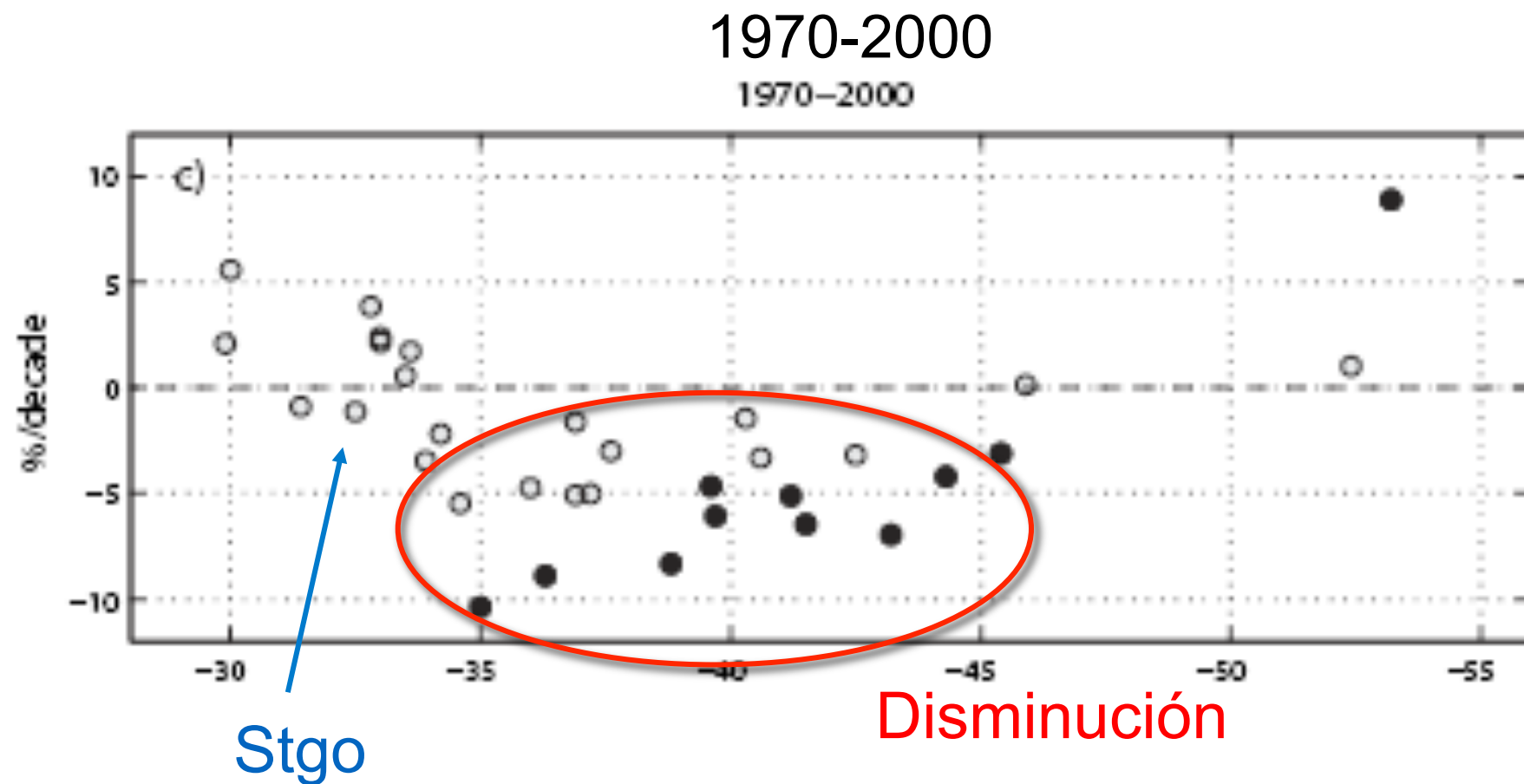


Falvey and Garreaud, 2009





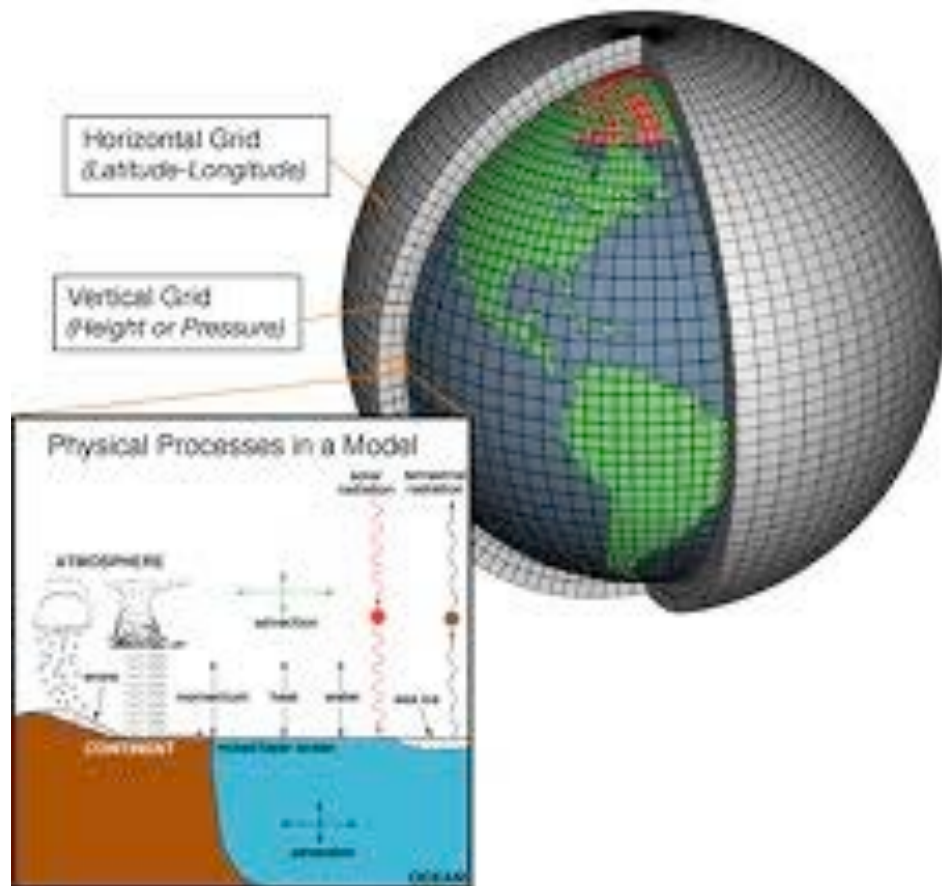
# Chile: Tendencias de precipitación anual



Quintana y Aceituno, 2011

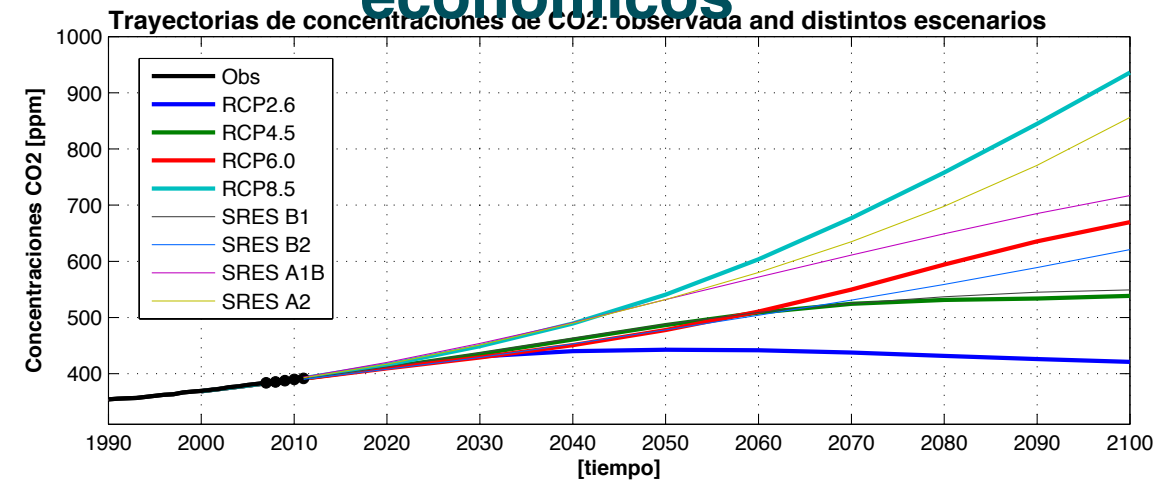
# ...la cadena para realizar proyecciones de cambio climático...

## Modelos Climáticos

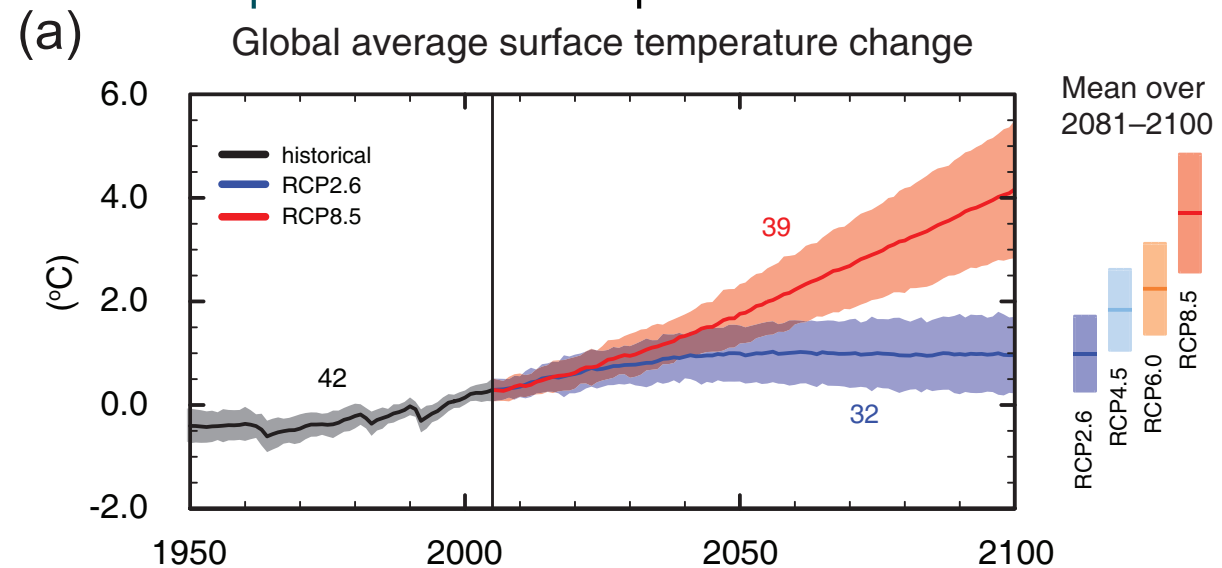


[NOAA 200th Celebration](#) diagram showing a climate model

## Forzantes: Escenarios de desarrollo socio-económicos



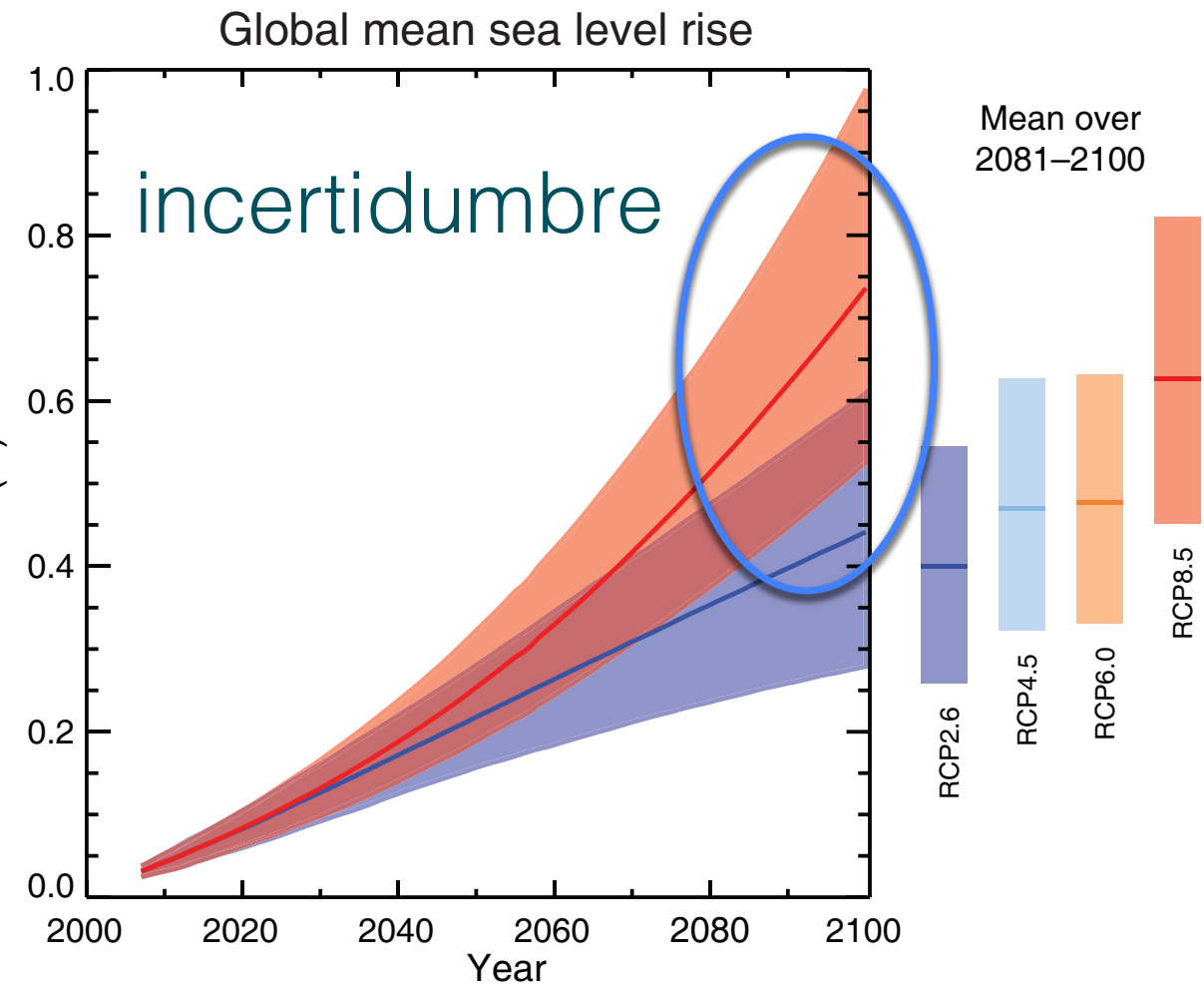
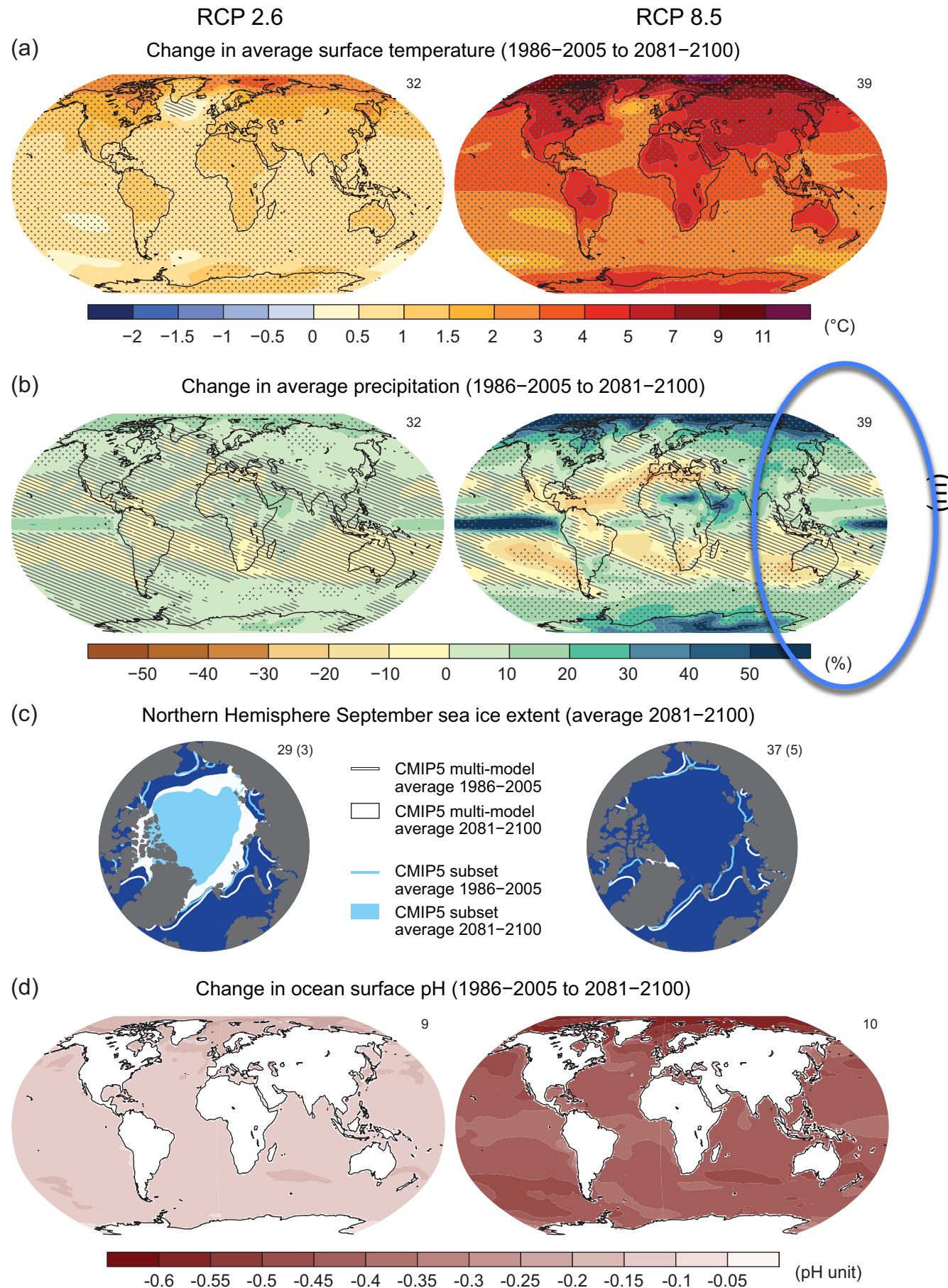
## Respuesta: Temperatura Global





# Ensamble/conjunto de proyecciones climáticas

Temperatura  
Precipitación



IPCC SPM-AR5, 2013

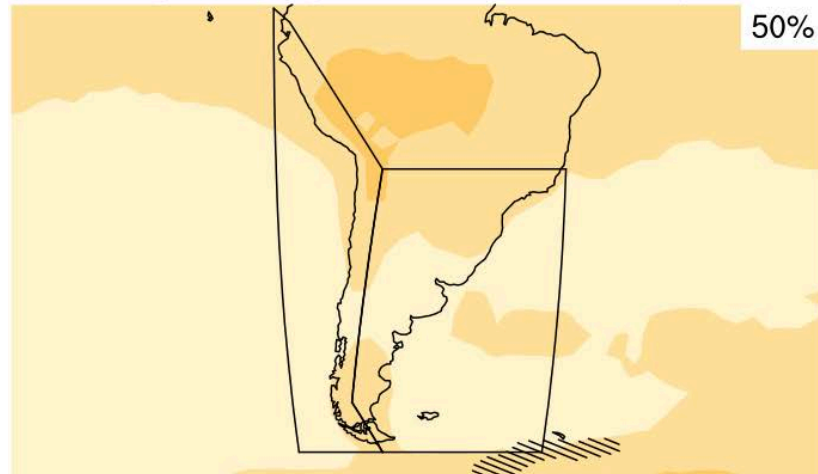
7

CLIMATE CHANGE WILL HAVE  
CONSEQUENCES FOR THE EARTH  
SYSTEM AND HUMAN LIVES.

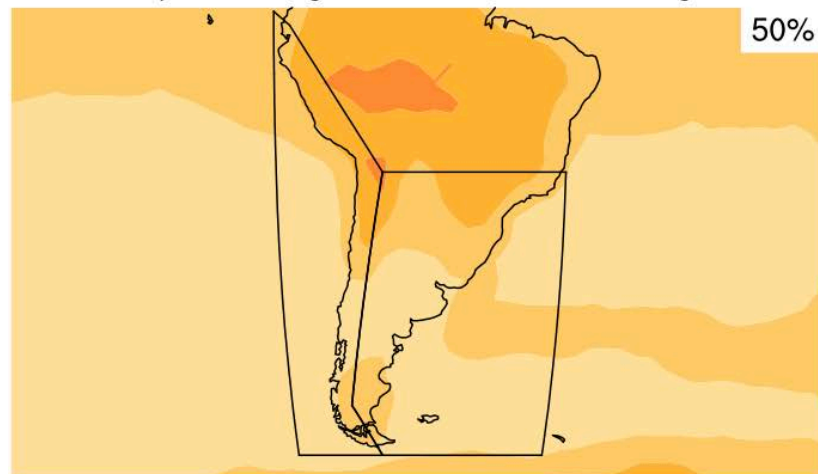


# Proyecciones según RCP4.5

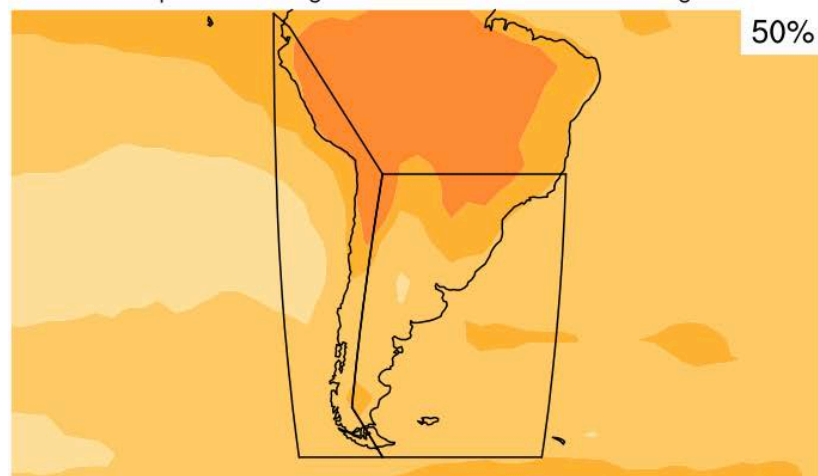
Temperature change RCP4.5 in 2016-2035: June-August



Temperature change RCP4.5 in 2046-2065: June-August



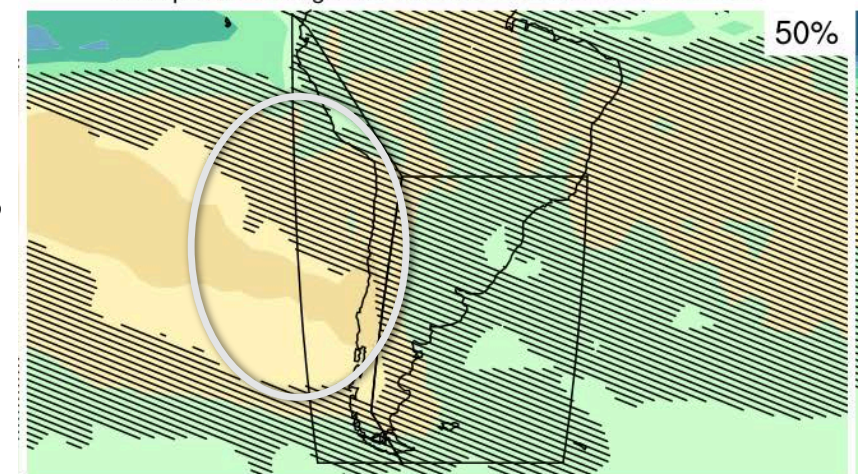
Temperature change RCP4.5 in 2081-2100: June-August



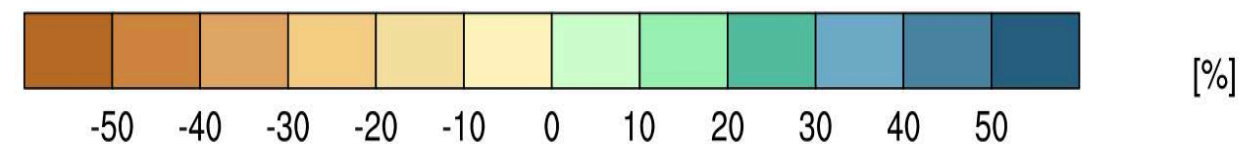
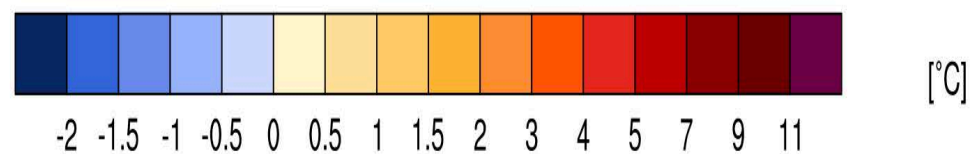
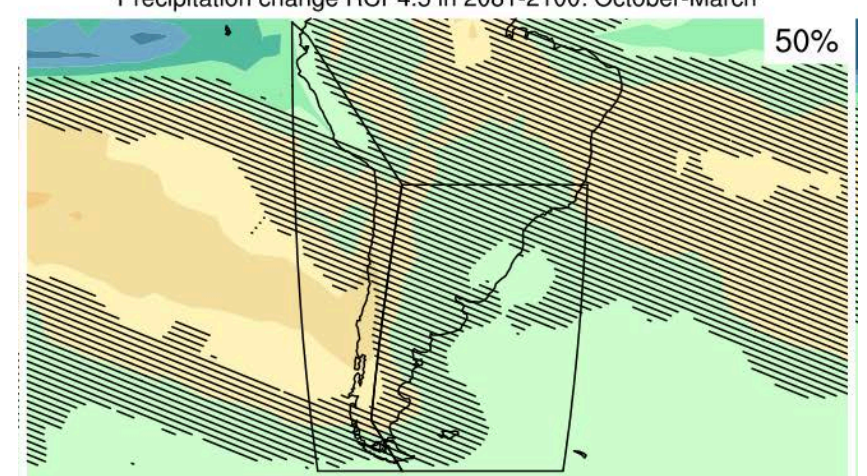
Precipitation change RCP4.5 in 2016-2035: October-March



Precipitation change RCP4.5 in 2046-2065: October-March



Precipitation change RCP4.5 in 2081-2100: October-March



Disminución de las precipitaciones



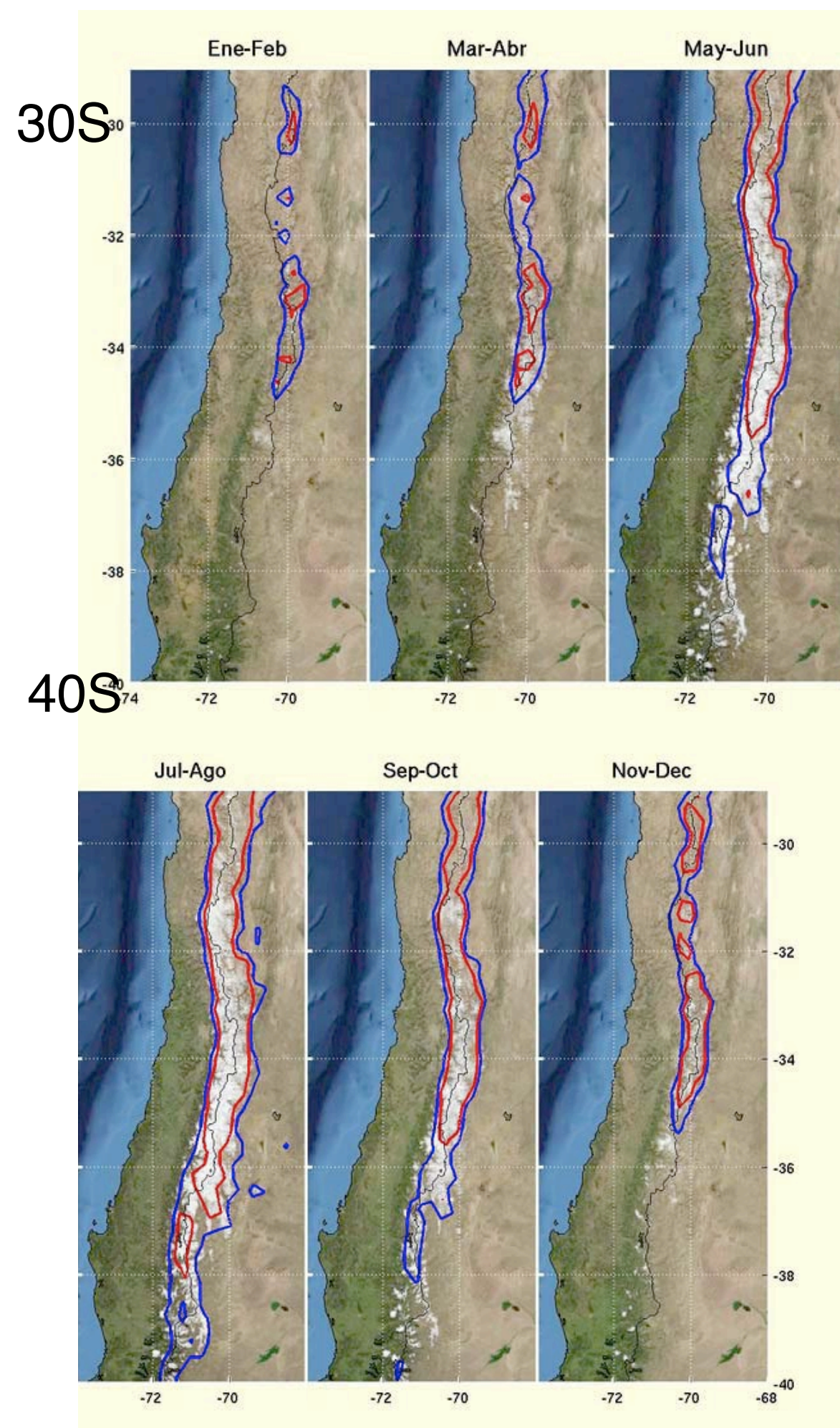
# Cambio en la isoterma cero

- Clima Actual
- Futuro, Escenario A2

→ Esto significa disminución de nieve en la cordillera

DGF-PRECIS

Futuro: 2071-2100 / Presente: 1961-1990

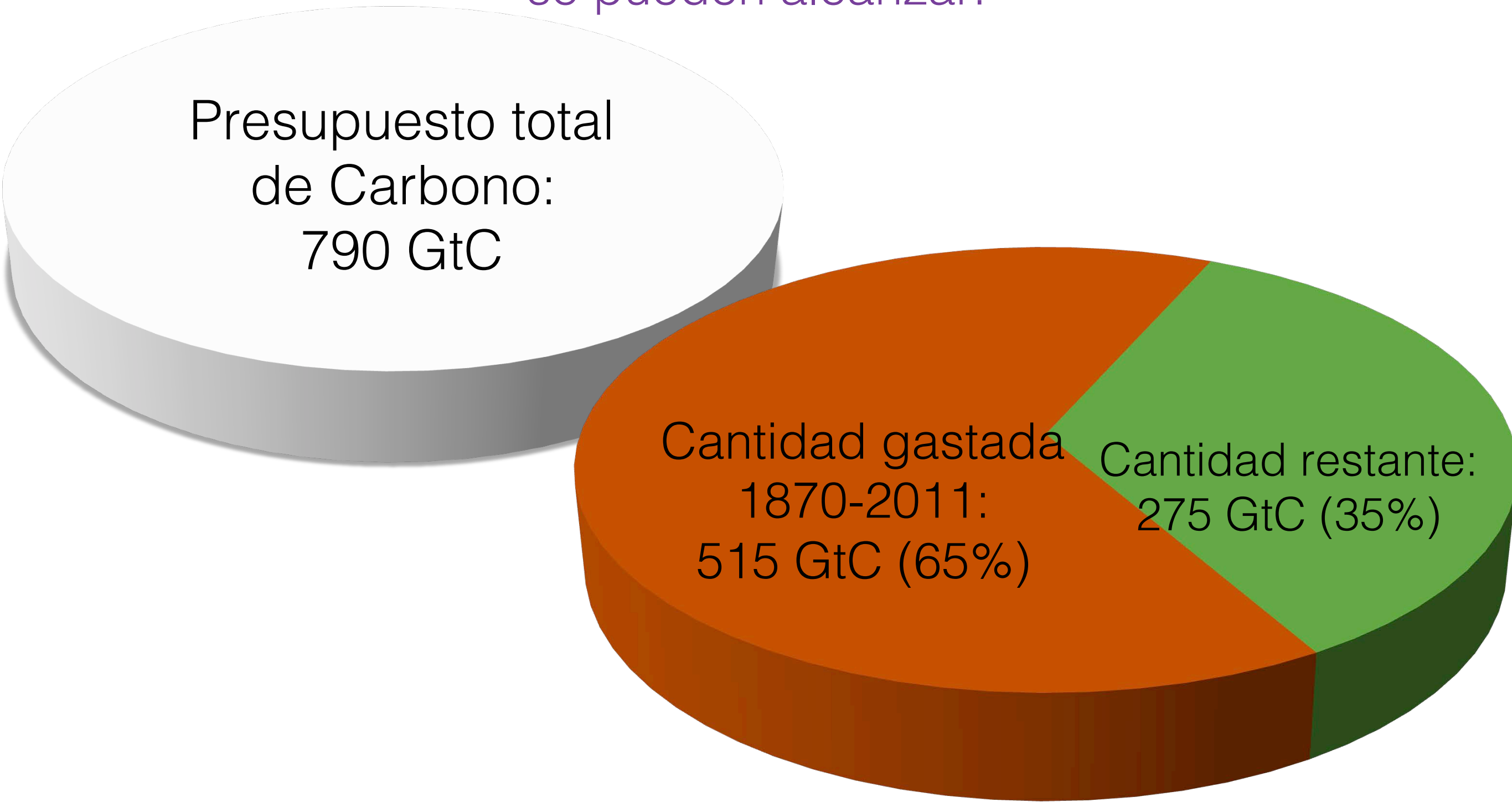


Para limitar el calentamiento del planeta a 2°C por sobre la temperatura pre-industrial, éstas son las emisiones de CO<sub>2</sub> que se pueden alcanzar:

Presupuesto total  
de Carbono:  
790 GtC

Cantidad gastada  
1870-2011:  
515 GtC (65%)

Cantidad restante:  
275 GtC (35%)





# Medidas de mitigación



Uso más eficiente de energía



Más energías renovables no basadas en carbón



Mejorar los sumideros de carbón: menos deforestación



Cambios en estilos de vida y de comportamientos

# Ejemplo para entender la magnitud de los cambios requeridos:

- Año de zero emisiones:  $\sim 2050$
- Cuota personal  $Q=5 \text{ tonCO}_2/\text{pers}/\text{yr}$
- Equivalente a llenar un estanque de 50 litros cada 9 días