



Center for Climate
and Resilience Research
www.CR2.cl



UNIVERSIDAD
DE CHILE
PATROCINA



UNIVERSIDAD
DE CONCEPCIÓN
INSTITUCIONES ASOCIADAS



UNIVERSIDAD
AUSTRAL DE CHILE
INSTITUCIONES ASOCIADAS



CONICYT
FINANCIA

 www.cr2.cl

 [@cr2_uchile](https://twitter.com/cr2_uchile)

 [/cr2uchile](https://facebook.com/cr2uchile)



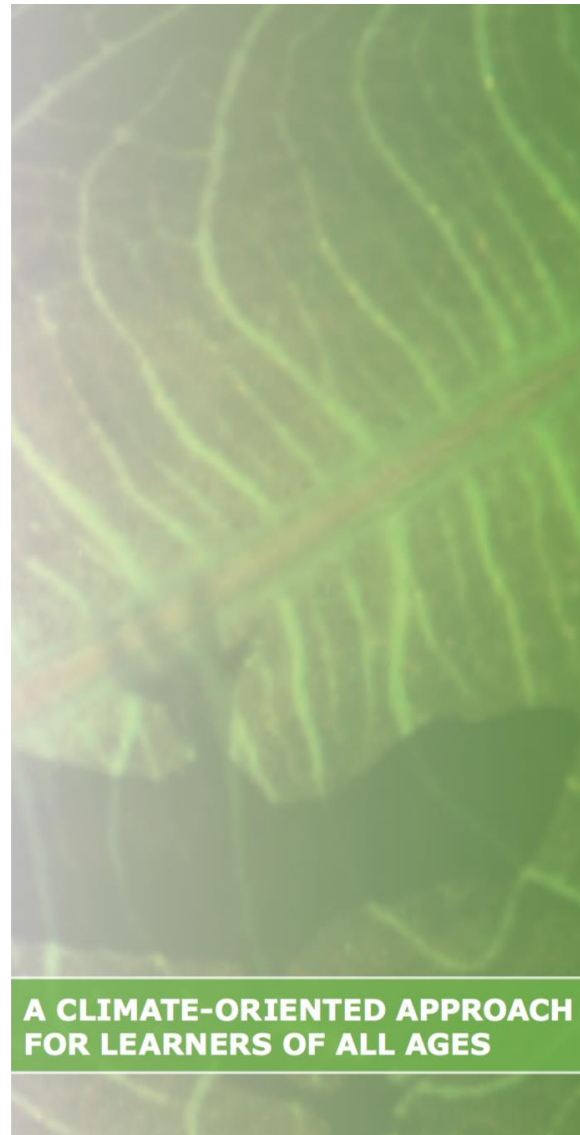
De qué hablamos cuando hablamos de cambio climático ?

Maisa Rojas

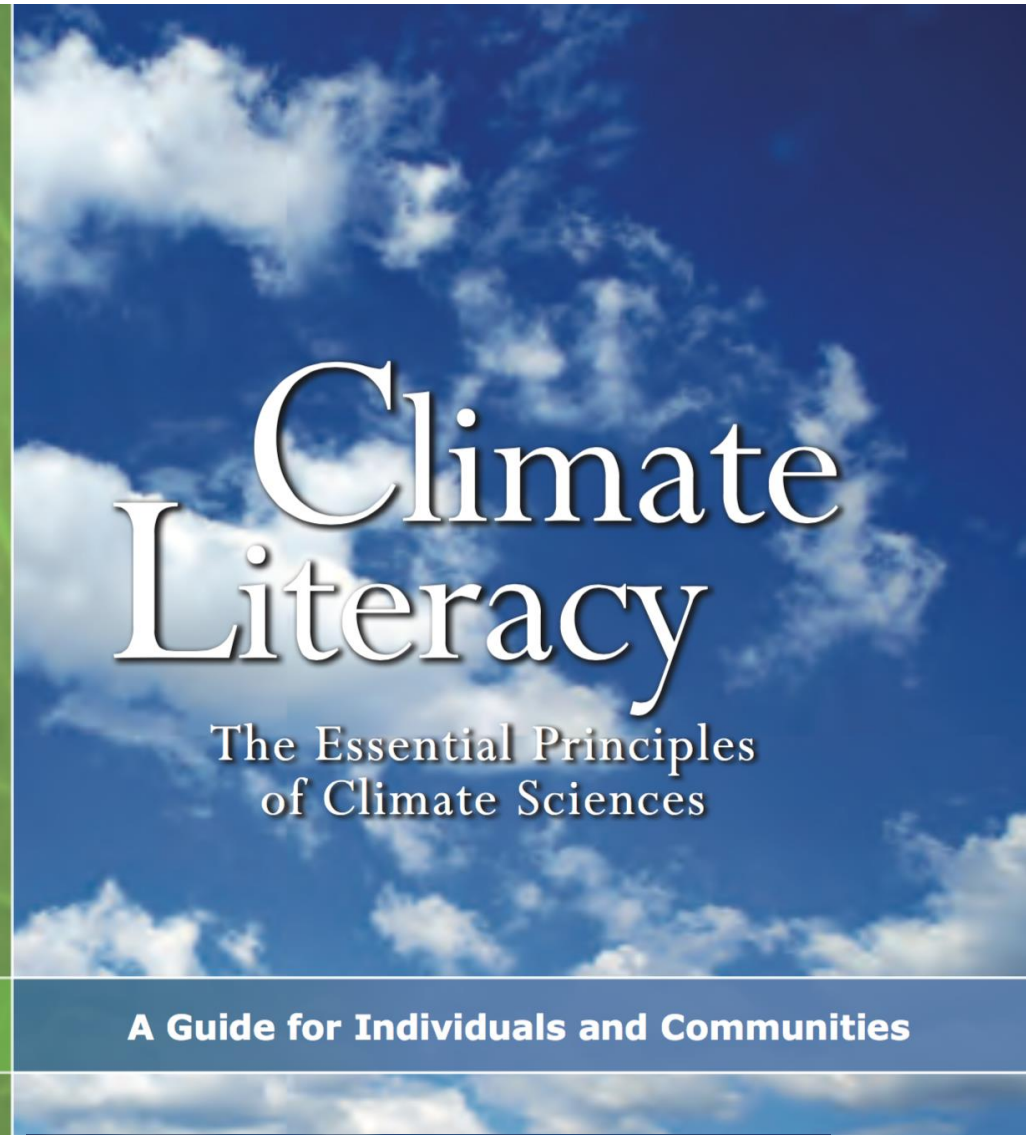
Profesora Asociada del Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile
Investigadora del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia



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



**A CLIMATE-ORIENTED APPROACH
FOR LEARNERS OF ALL AGES**



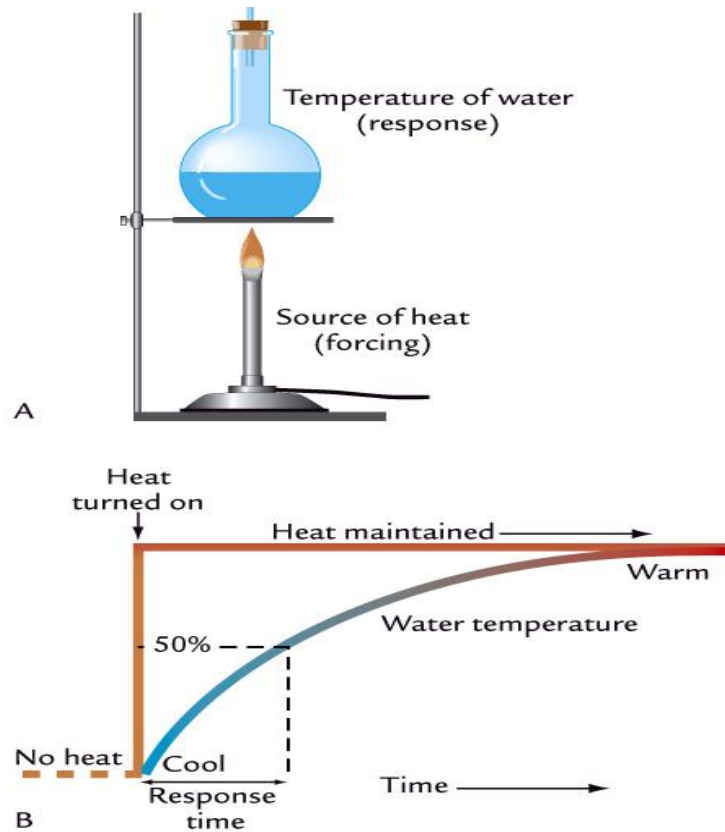
A Guide for Individuals and Communities

**Second Version: March 2009
www.climate-science.gov**

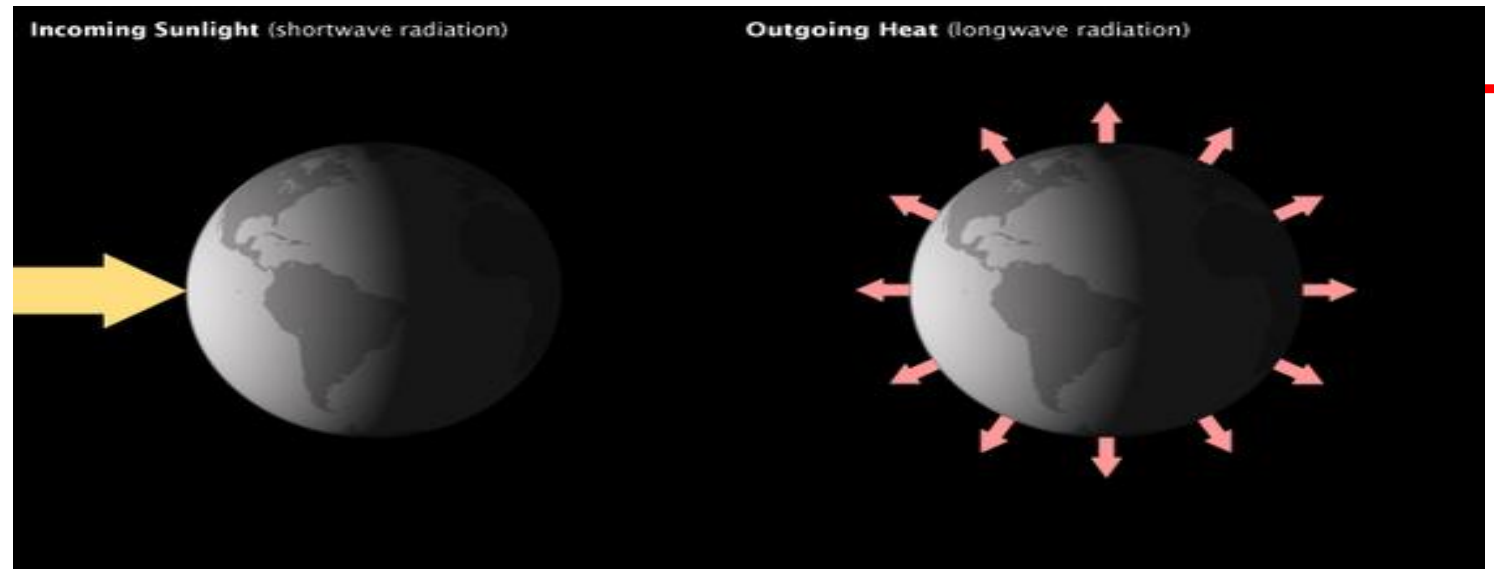
P1: El sol es la fuente principal de energía del sistema climático terrestre

Por qué y cómo cambia el clima en el planeta?

Forzante y Respuesta



La tierra se encuentran en un balance “radiativo” o balance energético

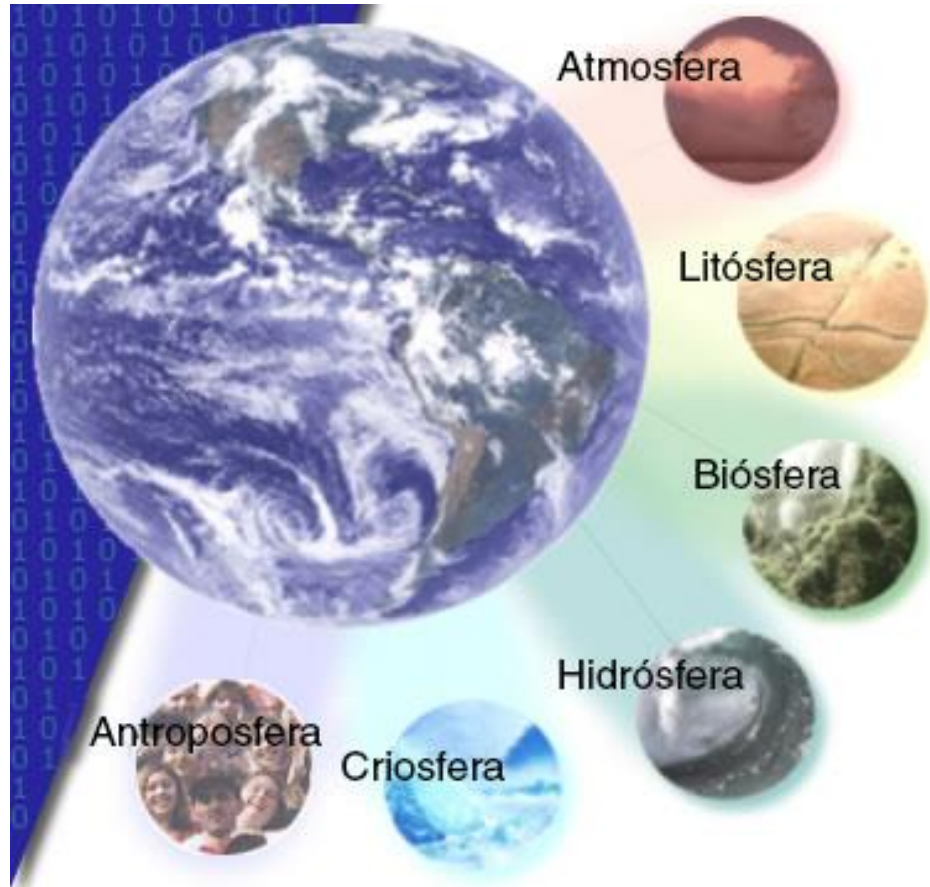


El motor de nuestro planeta es el SOL

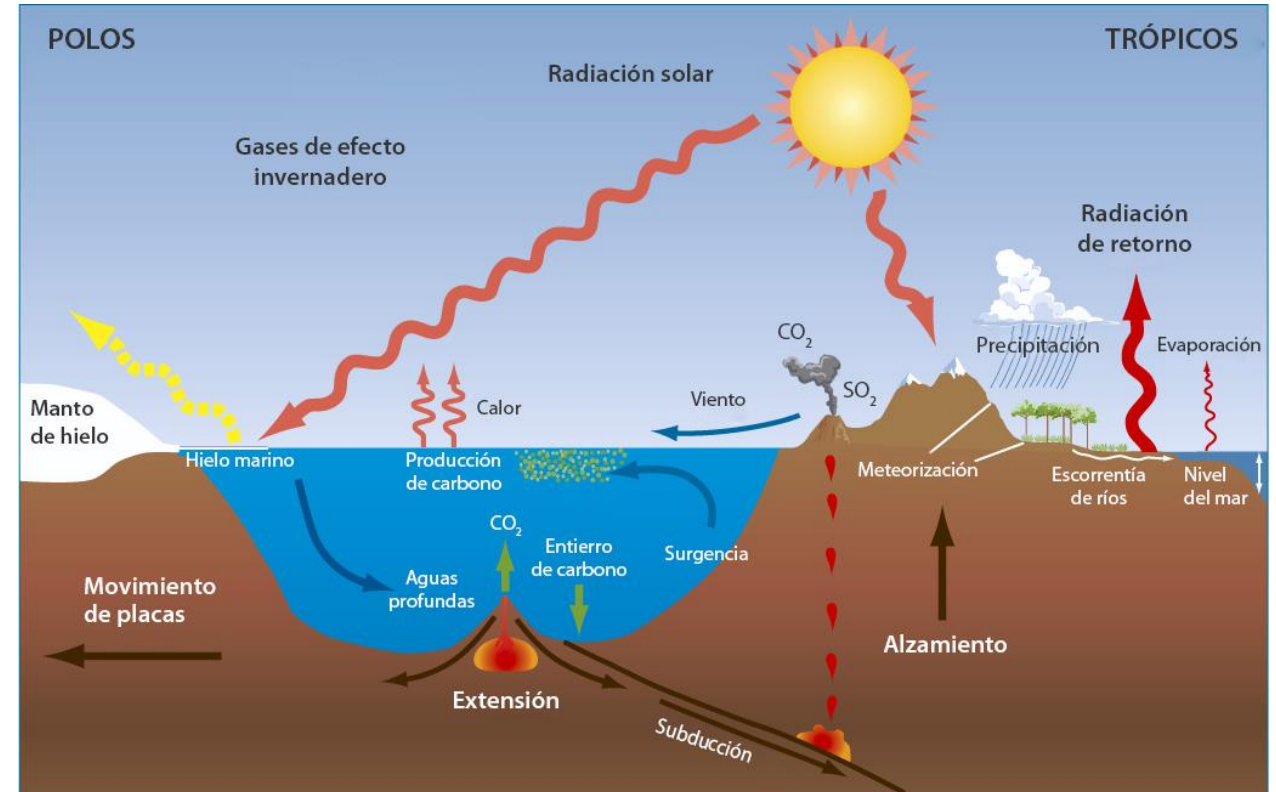
Tierra emite energía infrarroja

energía que entra = energía que sale
→ Temperatura de equilibrio

P2: El clima es regulado por complejas interacciones entre las distintas componentes del sistema tierra.



El Sistema Climático actual



Traducido de Ruddiman, Ch1

P3: La vida en la tierra depende de, es moldeada por y afecta a su vez el clima.

La importancia de los ciclos en la Tierra



- Gas de efecto invernadero
- “ladrillo” principal de la vida
- Existe en distintas “formas”
 - Gas: CO_2
 - Orgánico $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ en vegetación
 - Roca silicatos CaCO_3

Desde comienzos de la revolución industrial hemos perturbado el ciclo natural del carbono de manera muy significativa

2 características muy importantes del 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)

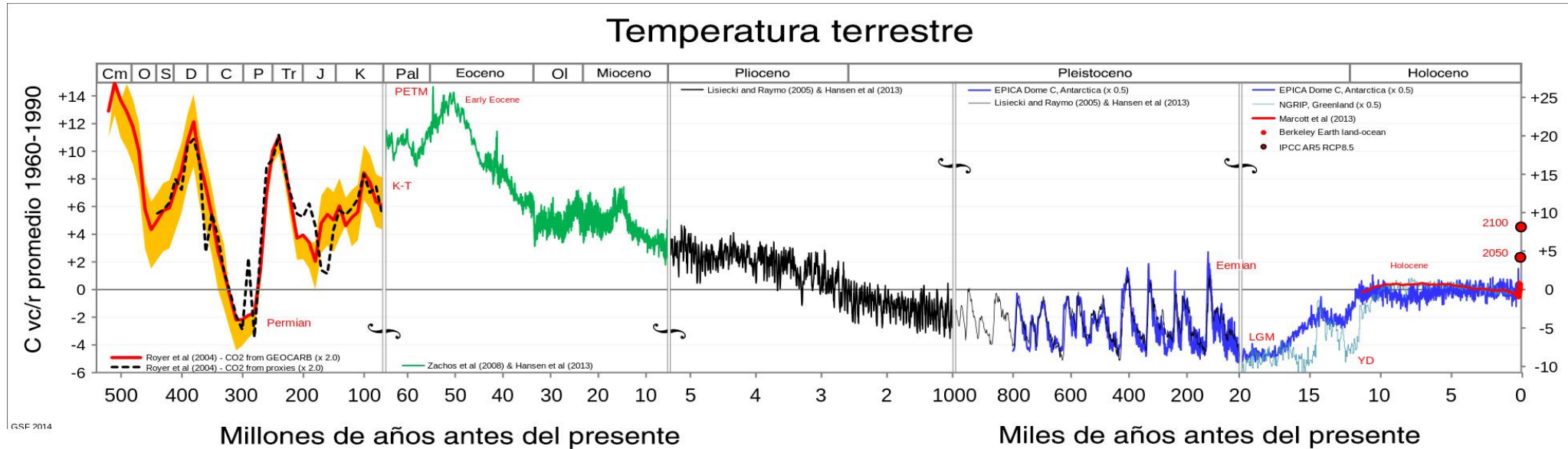
P4: El clima varía en el espacio y tiempo debido a procesos naturales y antrópico

Evolución de la temperatura

+ CALIDO



+ FRIO

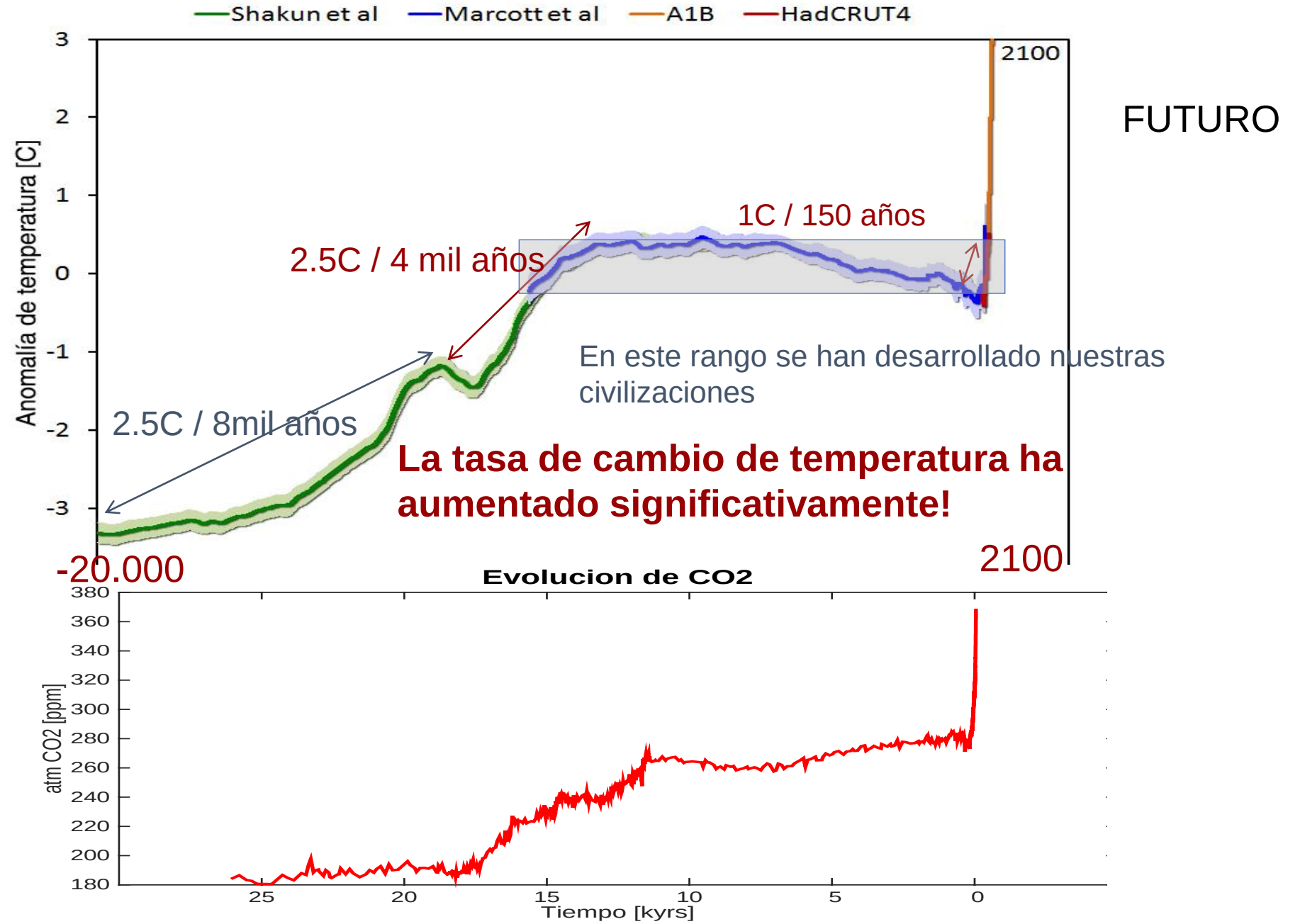


All palaeotemps [CC BY-SA 3.0](#)
Glen Fergus - Own work



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

Cambios de Temperatura en el contexto de los últimos 20mil años



Reconstrucciones de
temperatura: Jos Hagelaars,
realclimate.org

P5: Nuestro entendimiento del sistema climático viene a partir de estudios observacionales, teóricos y modelación.

Ejemplo de un modelo climático global

Sistema de ecuaciones que describen el movimiento del fluido, radiación, composición química, etc..

$$\frac{DU}{Dt} + 2\Omega \times U = -\frac{1}{\rho} \nabla p + g + F_r$$

Elementos de un modelo



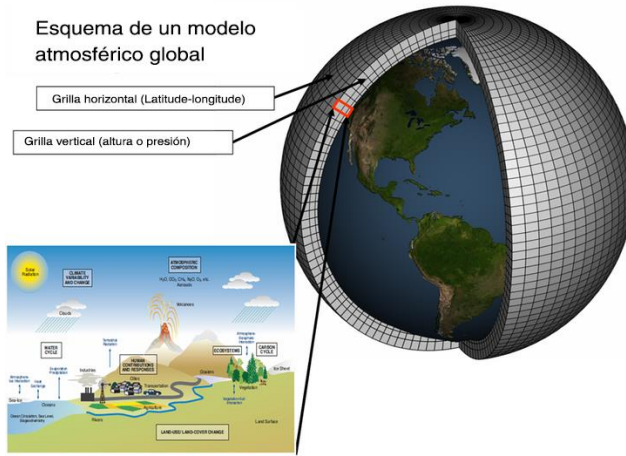
FIG. 1. Schematic of the different component models in CESM1.

...Se discretizan sobre una grilla en 3-dimensiones

Esquema de un modelo atmosférico global

Grilla horizontal (Latitude-longitude)

Grilla vertical (altura o presión)



Algunas definiciones:

Ensamble: grupo de simulaciones de modelos

Predicción climática: simular con un modelo el estado futuro del clima a partir de una condición inicial (ej. predicción del tiempo).

Proyección climática: simular con un modelo el estado futuro del clima a varios años/décadas, basado en condiciones de borde...

Incertidumbre: imposibilidad de conocer con exactitud el estado futuro del clima o tiempo.

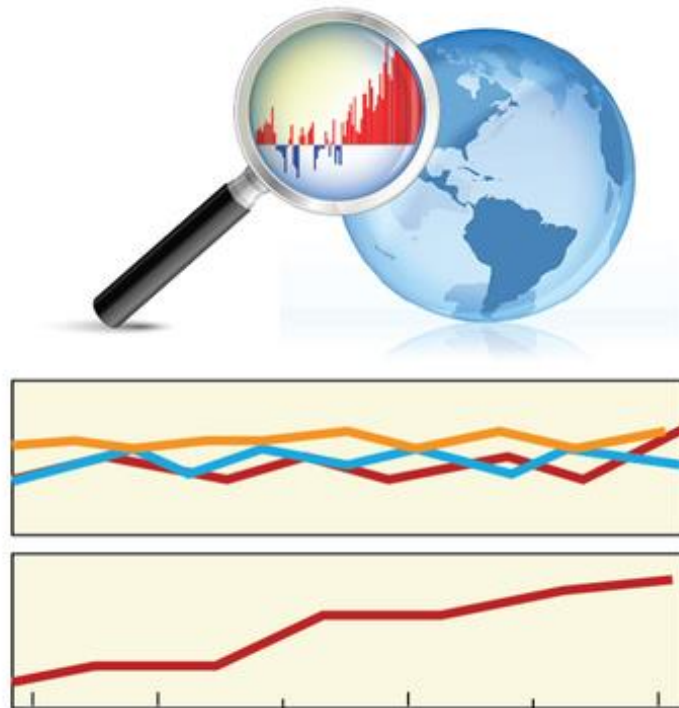
Por qué usamos ensambles (conjunto de simulaciones) ?

El clima futuro está determinado por la respuesta a (a) forzantes externos (Gases de efecto invernadero) y (b) variabilidad natural inherente al sistema climático.

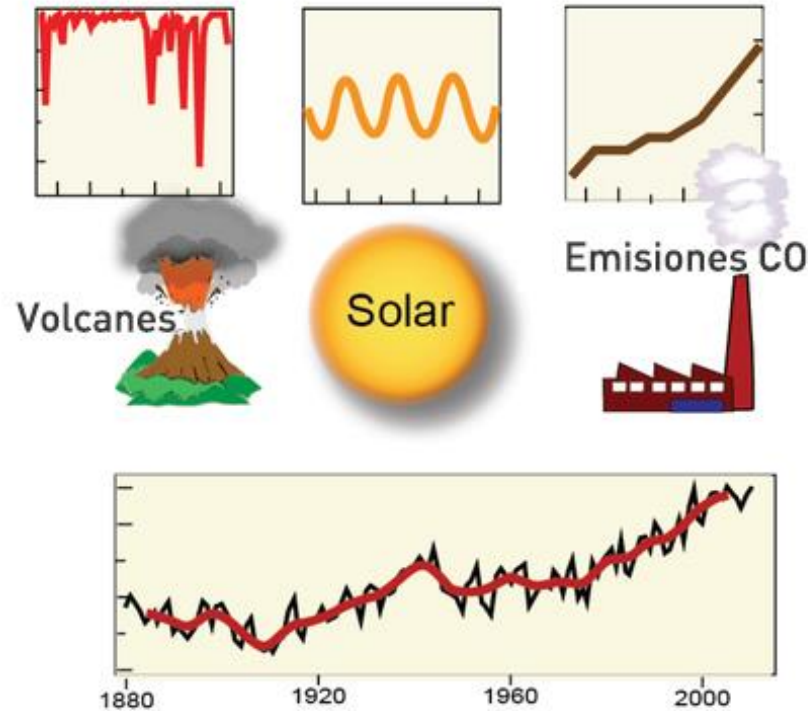
→ necesidad de evaluar incertidumbre a través del uso de ensambles de simulaciones.

P5: Nuestro entendimiento del sistema climático viene a partir de estudios observacionales, teóricos y modelación.

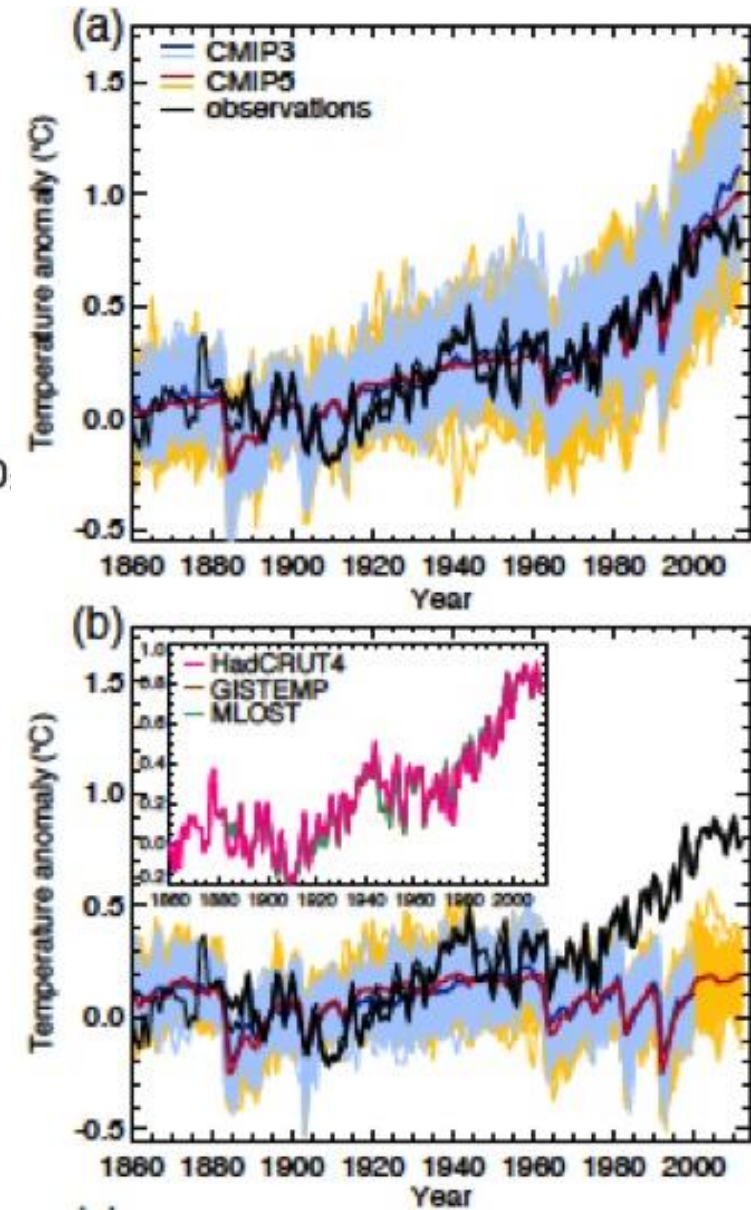
Detección y atribución



Detección: encontrar algo fuera de lo "normal".
Una "señal" emergiendo sobre el "ruido"

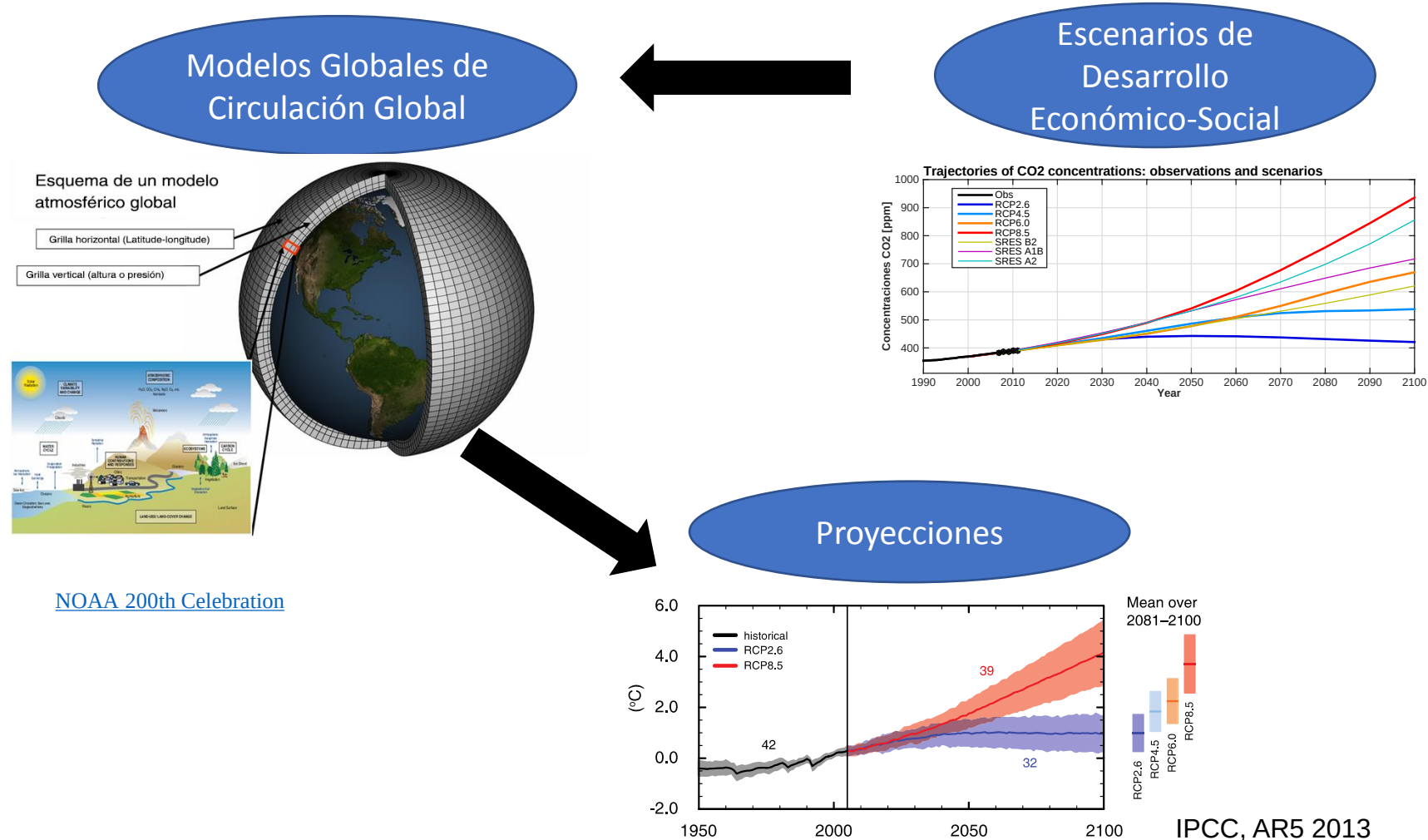


Atribución: determinar la "causa"
de una tendencia detectada



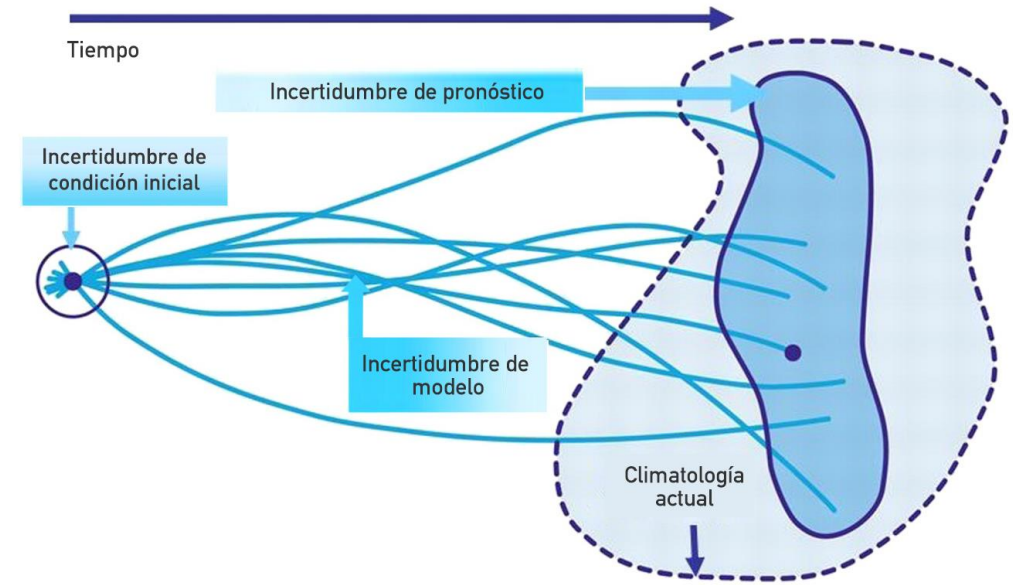
Proyecciones

Cómo se construyen las proyecciones de cambio climático?

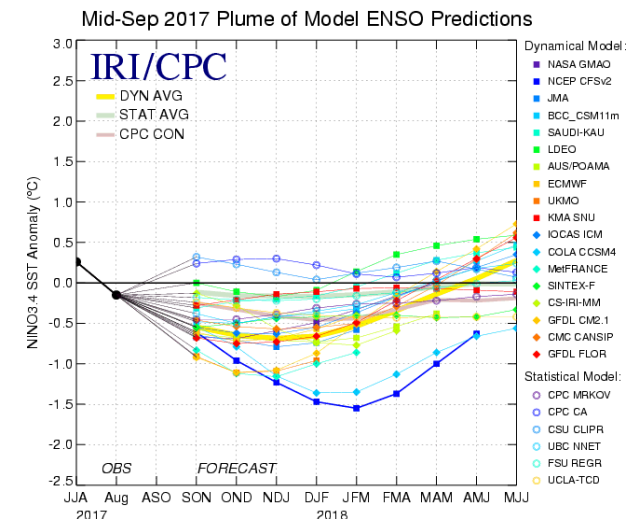


Tipos de incertidumbre

- **Incertidumbre de emisiones**
→ se aborda con la construcción de múltiples escenarios igualmente probables.
- **Incertidumbre del modelo:** los modelos no representan todos los procesos relevantes de manera perfecta, etc.. → se aborda usando ensambles.
- **Incertidumbre en condiciones iniciales o borde** → múltiples simulaciones (predicción del tiempo)
- **Variabilidad natural** → múltiples simulaciones con condiciones iniciales algo distintas.



Traducido de Slingo and Palmer (2011)



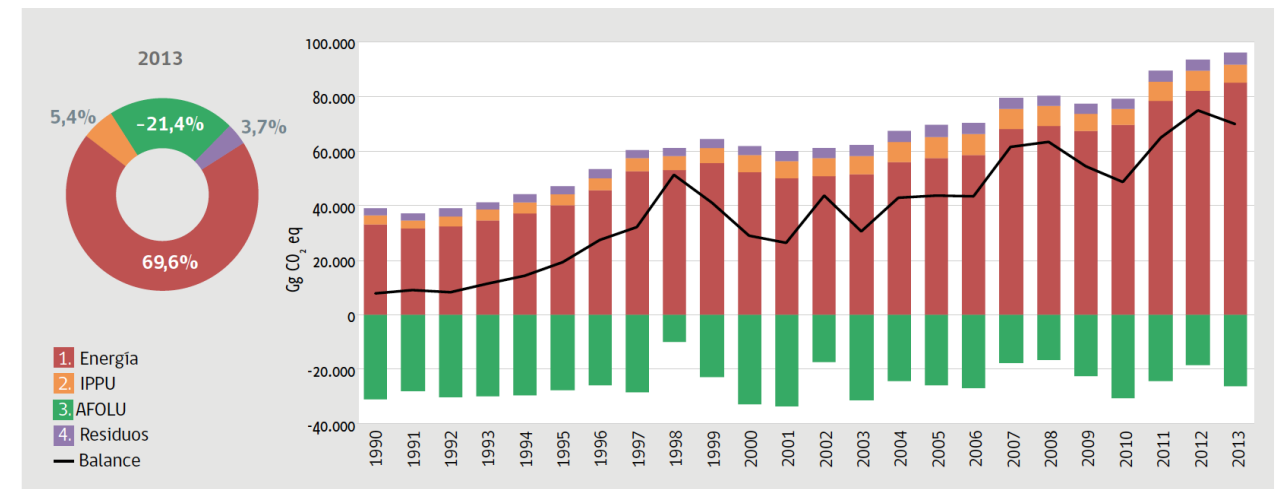
P6: Actividades humanas están impactando el sistema climático

De dónde vienen estos gases?

- CO₂: quema de combustibles fósiles: petróleo, carbón.
- CH₄: gas natural, sistema digestivo de animales rumiantes, agricultura como el arroz.
- NO₂: fertilizantes en agricultura.

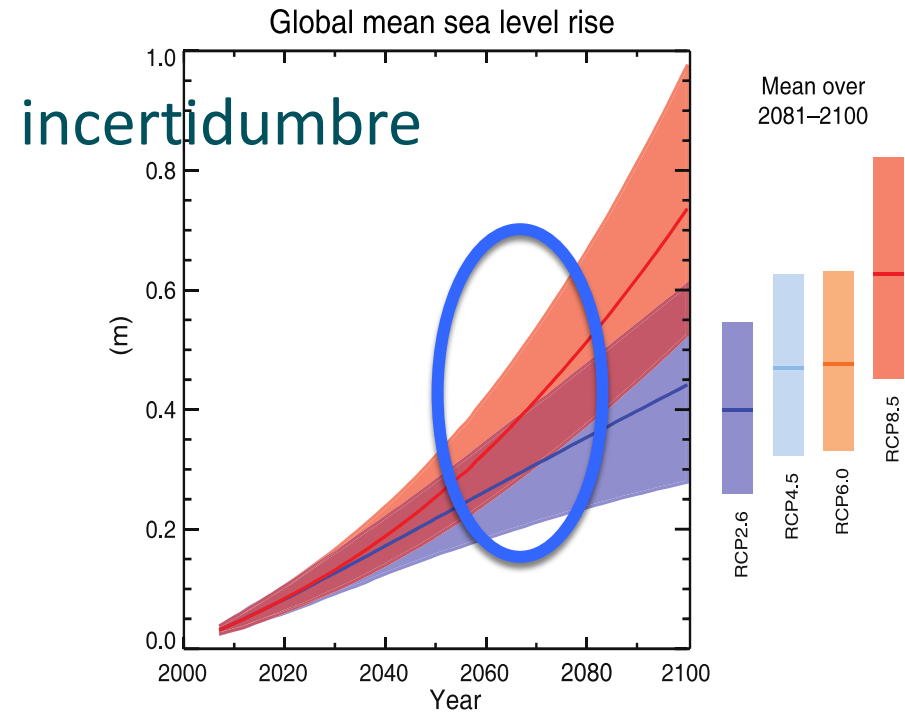
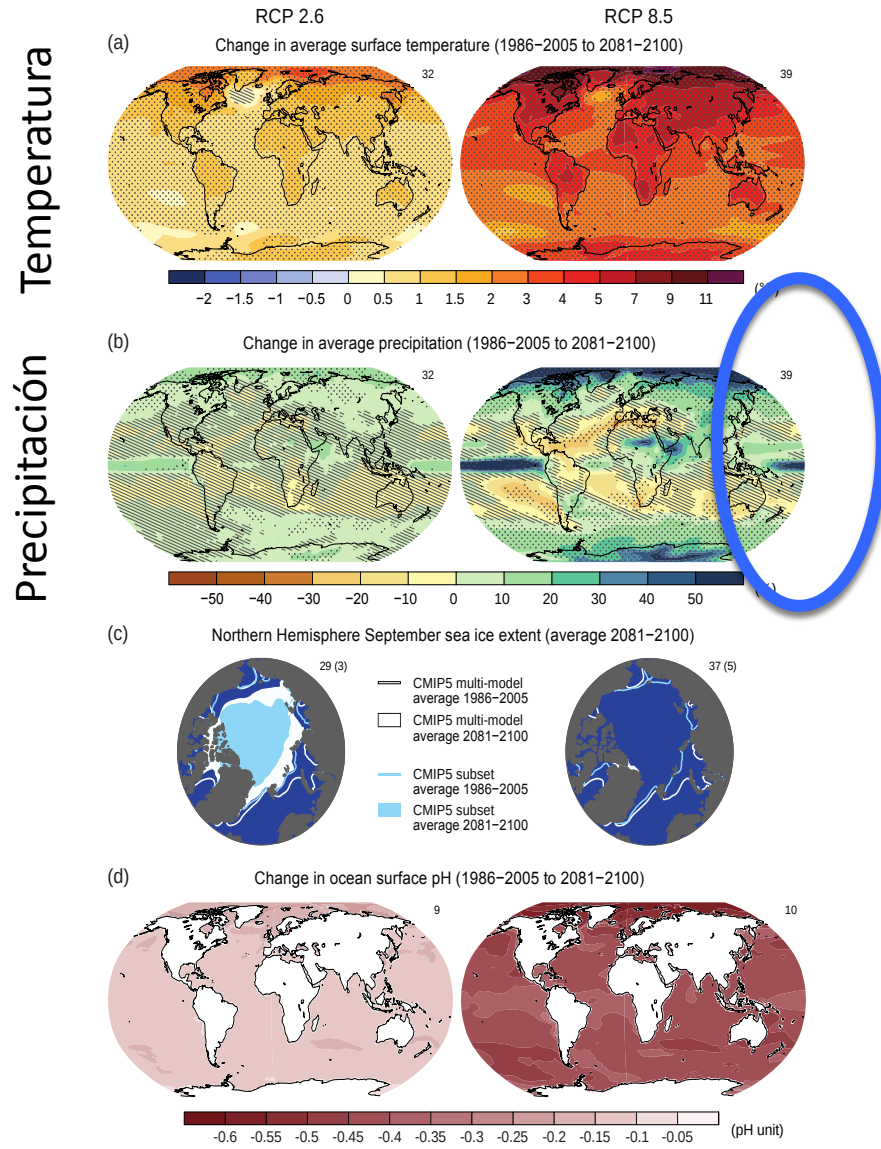


Figura 2-4. INGEI de Chile: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO₂ eq) por sector, serie 1990-2013



P7: El cambio climático tendrá consecuencias sobre el sistema tierra y las vidas humanas

Ensamble/conjunto de proyecciones climáticas

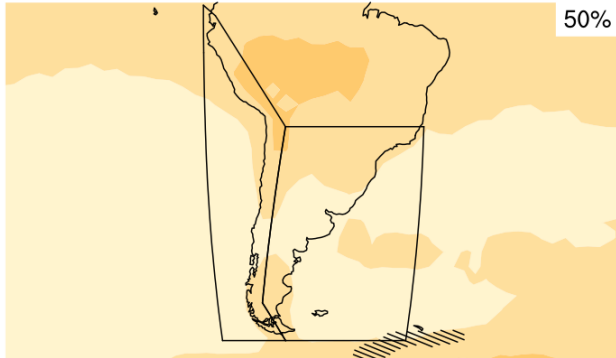


IPCC SPM-AR5, 2013

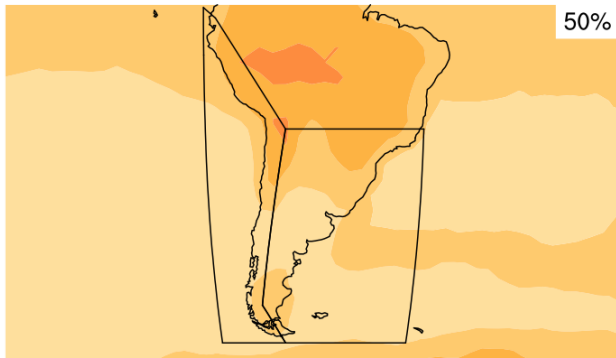
P7: El cambio climático tendrá consecuencias sobre el sistema tierra y las vidas humanas

Proyecciones según RCP4.5

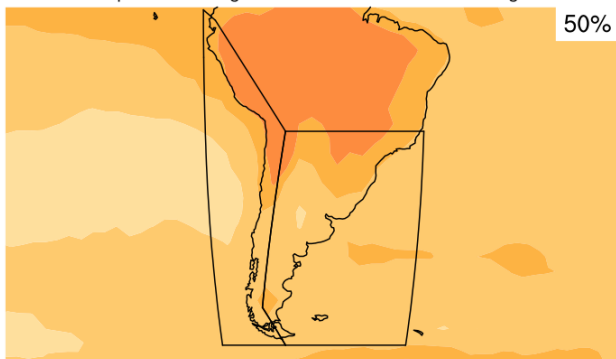
Temperature change RCP4.5 in 2016-2035: June-August



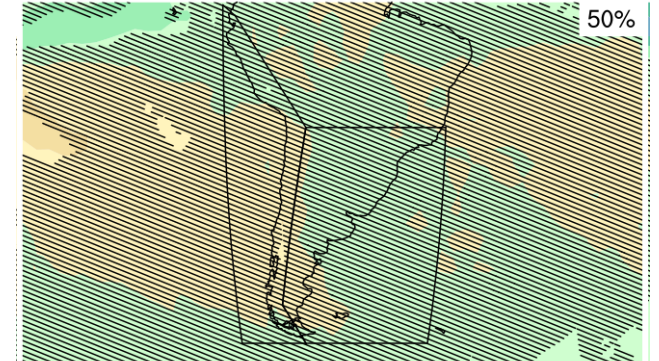
Temperature change RCP4.5 in 2046-2065: June-August



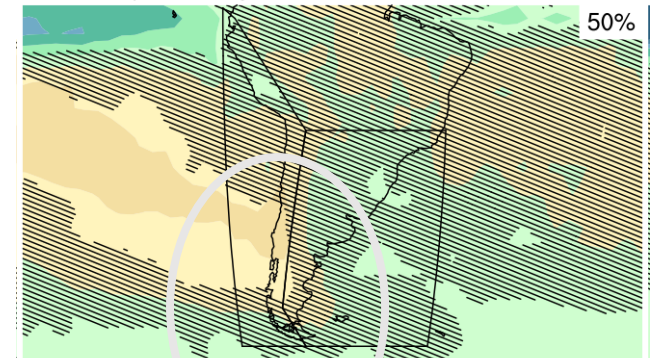
Temperature change RCP4.5 in 2081-2100: June-August



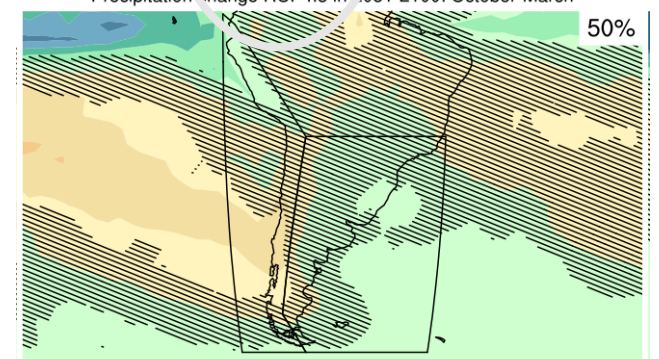
Precipitation change RCP4.5 in 2016-2035: October-March



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



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



Disminución de las precipitaciones