

## Cambio Climático Global Bases Físicas e Impactos en Chile

René D. Garreaud

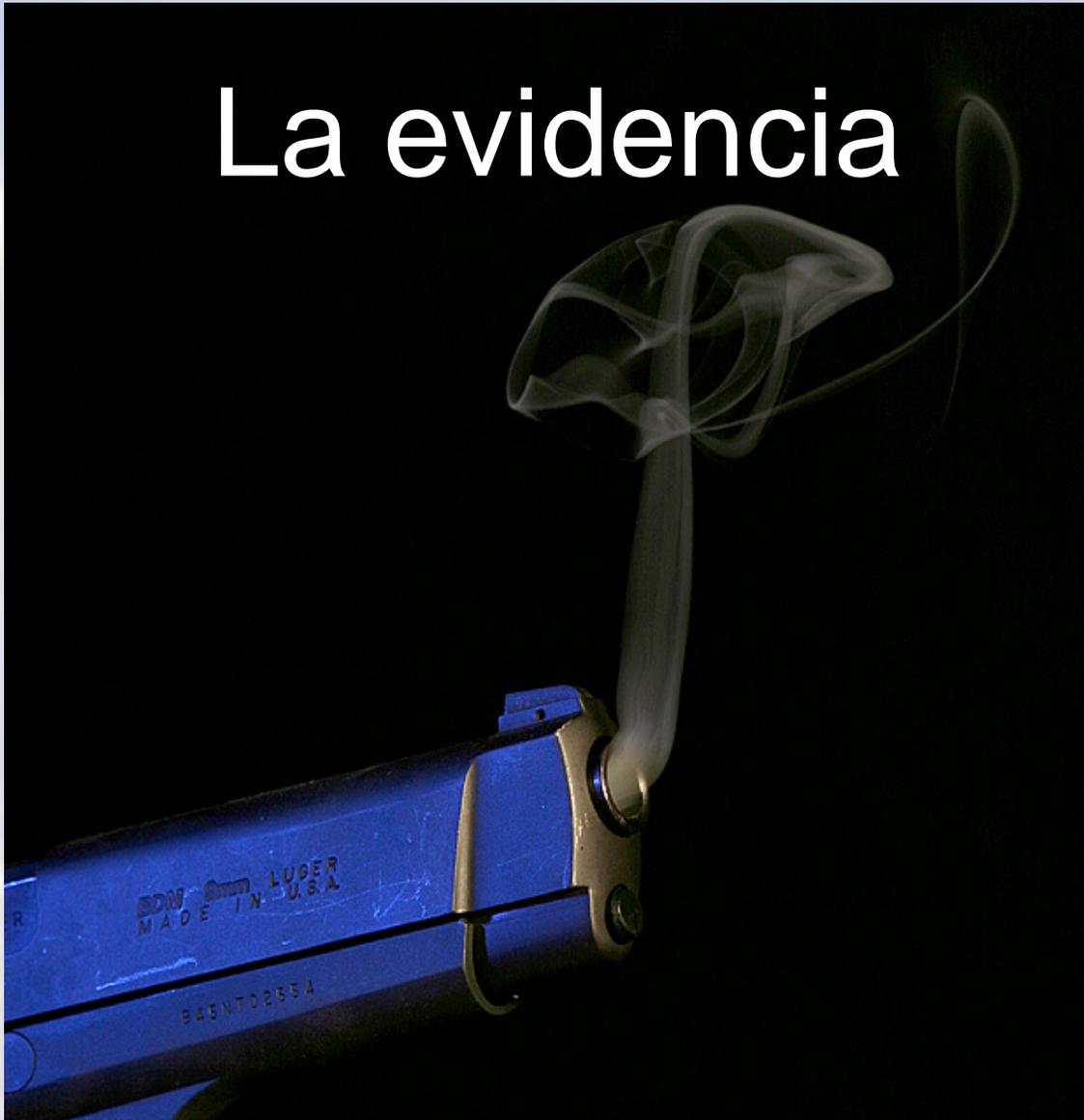
Noviembre 2006

*Departamento de Geofísica  
Universidad de Chile*

## Temario

1. La Evidencia
  - Paleo-cambios
  - Cambios en el siglo XX
2. Bases Físicas del Cambio
3. Pronóstico para mañana

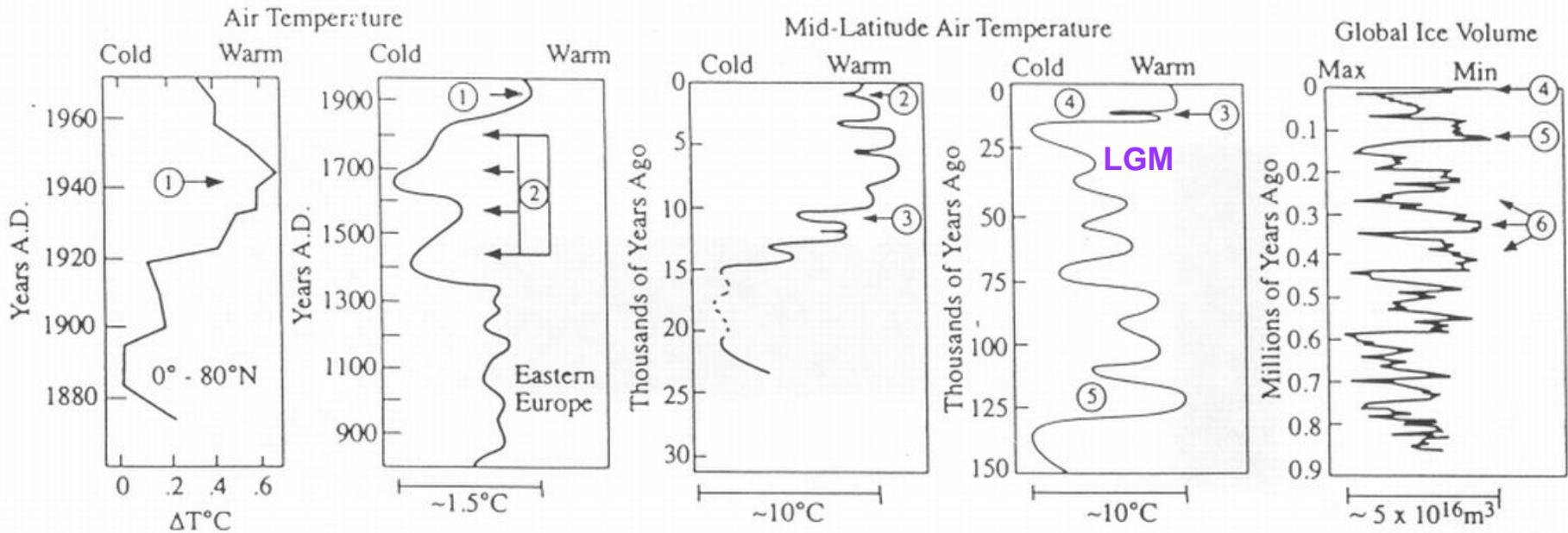
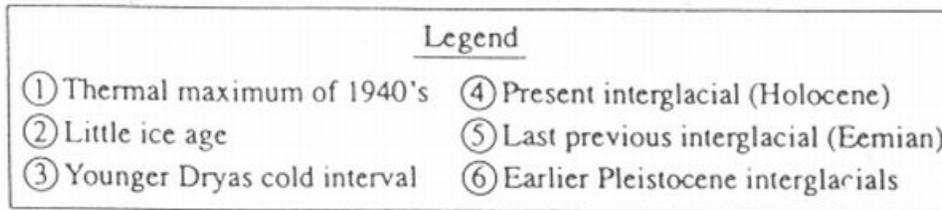
## La evidencia



## Paleoindicadores: indirecta estimación de Temp. y Precip.

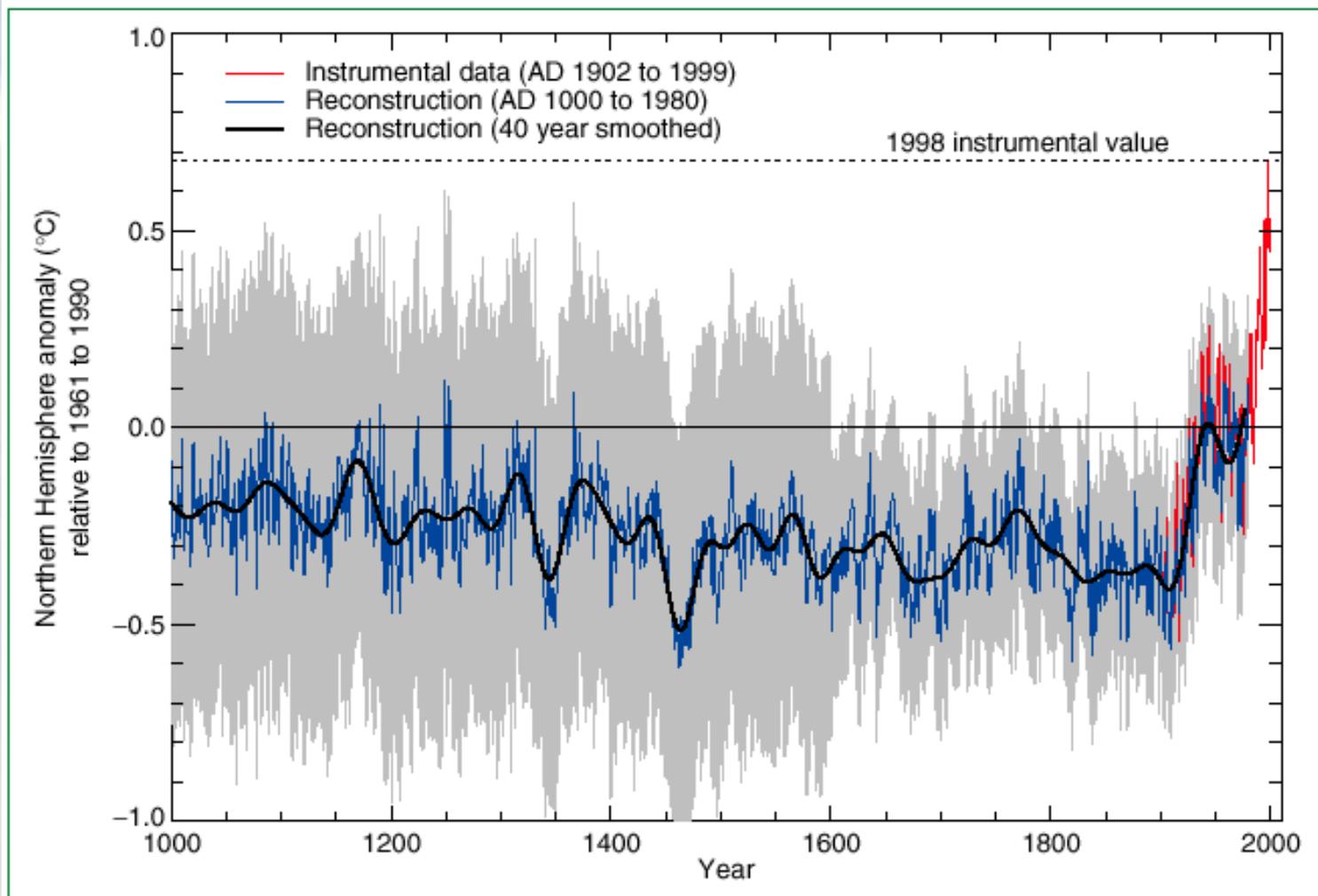


## Entre mas reciente mas detalle...

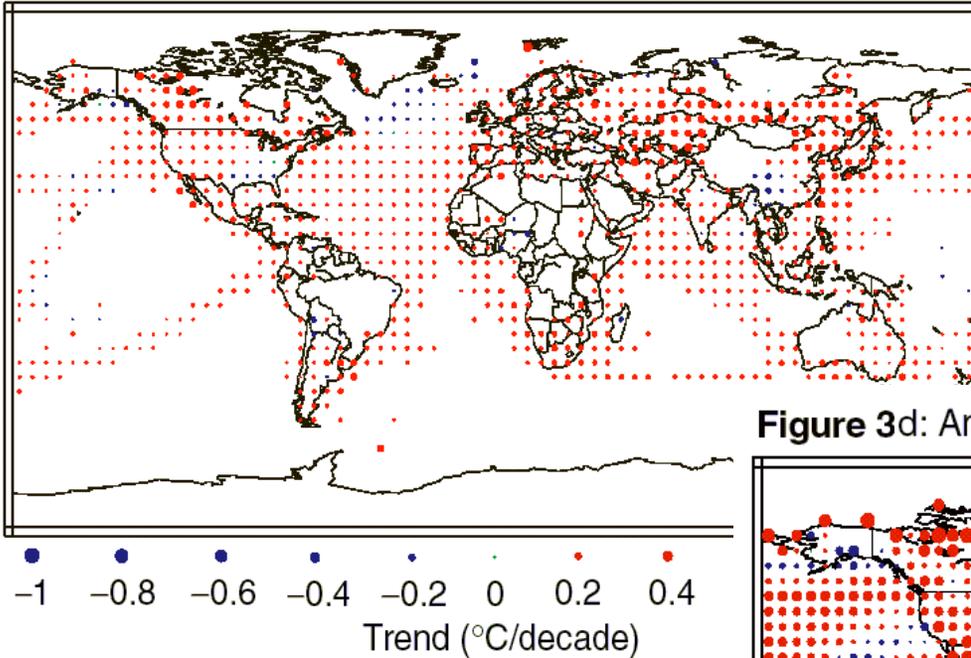


## ¿Que pasó el siglo XX?

### Del enfriamiento global (1950) al Calentamiento Global (1970)

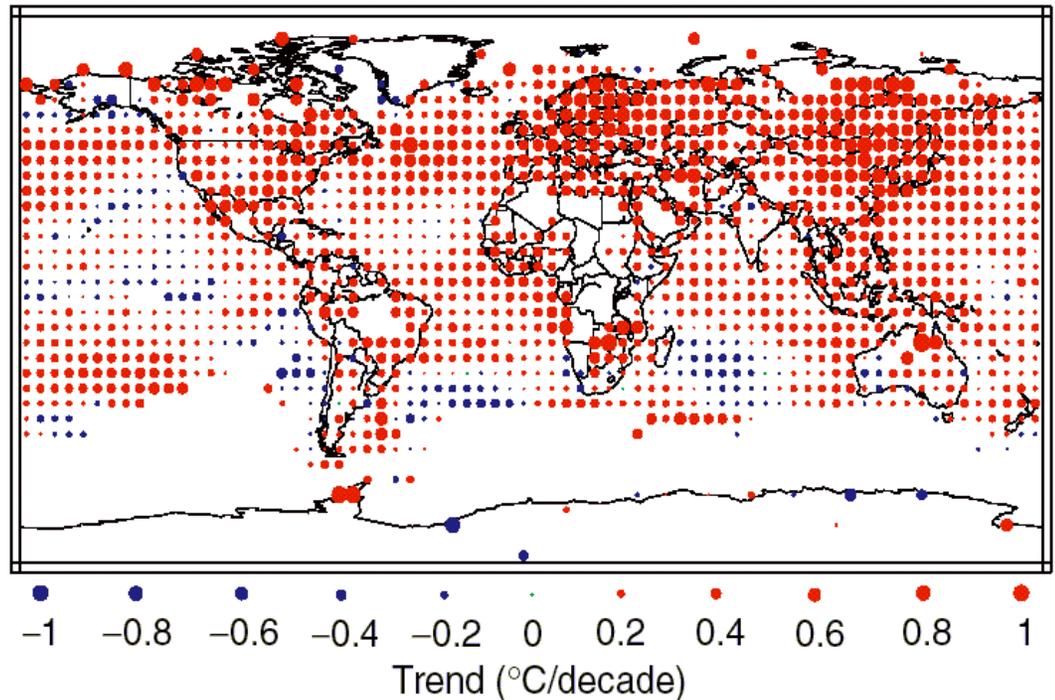


**Figure 3a:** Annual temperature trends, 1901 to 2000



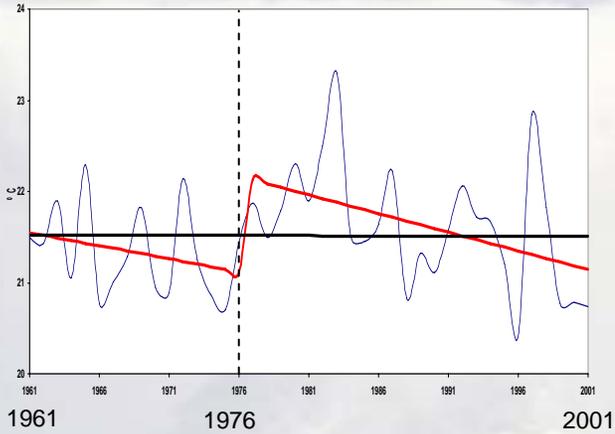
**Calentamiento global  
NO es uniforme ni en el  
tiempo ni el espacio**

**Figure 3d:** Annual temperature trends, 1976 to 2000

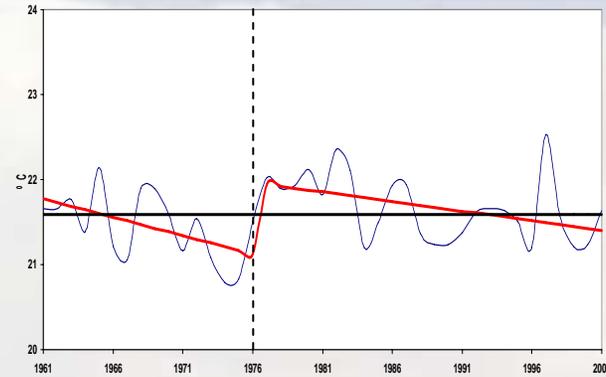


## Evolución de la temperatura máxima media anual (1961-2001)

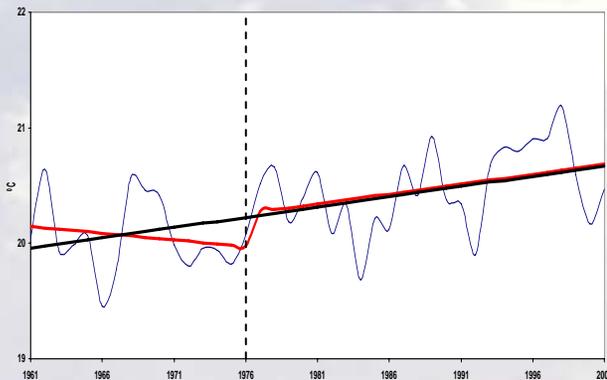
**Arica – Iquique - Antofagasta**



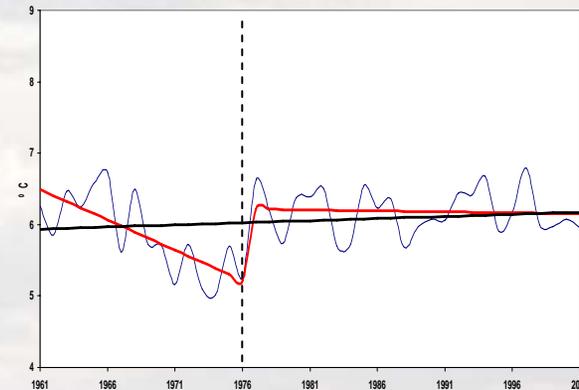
**Copiapó – Vallenar – La Serena**



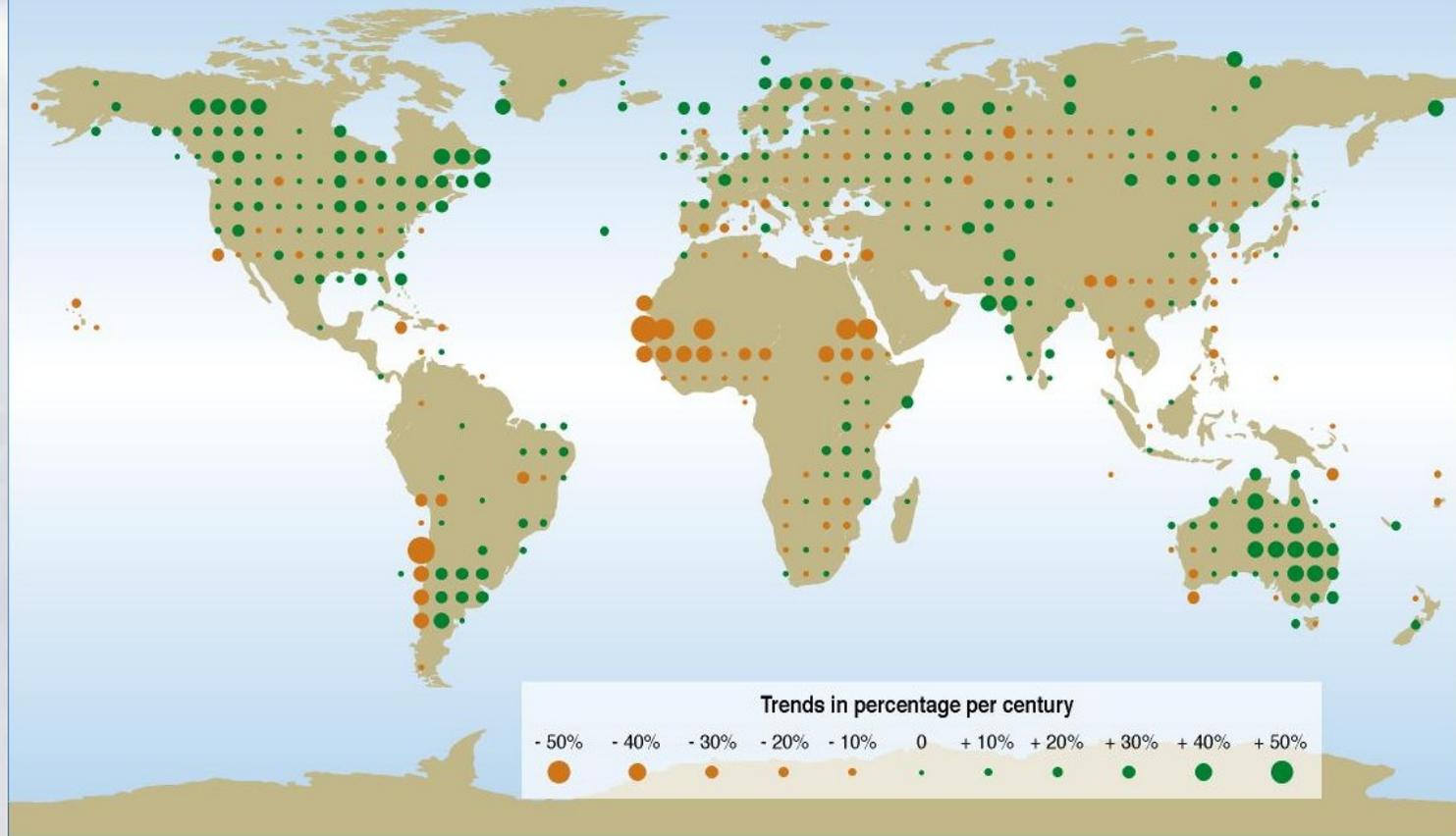
**Stgo – Curicó-Chillán - Concepción**



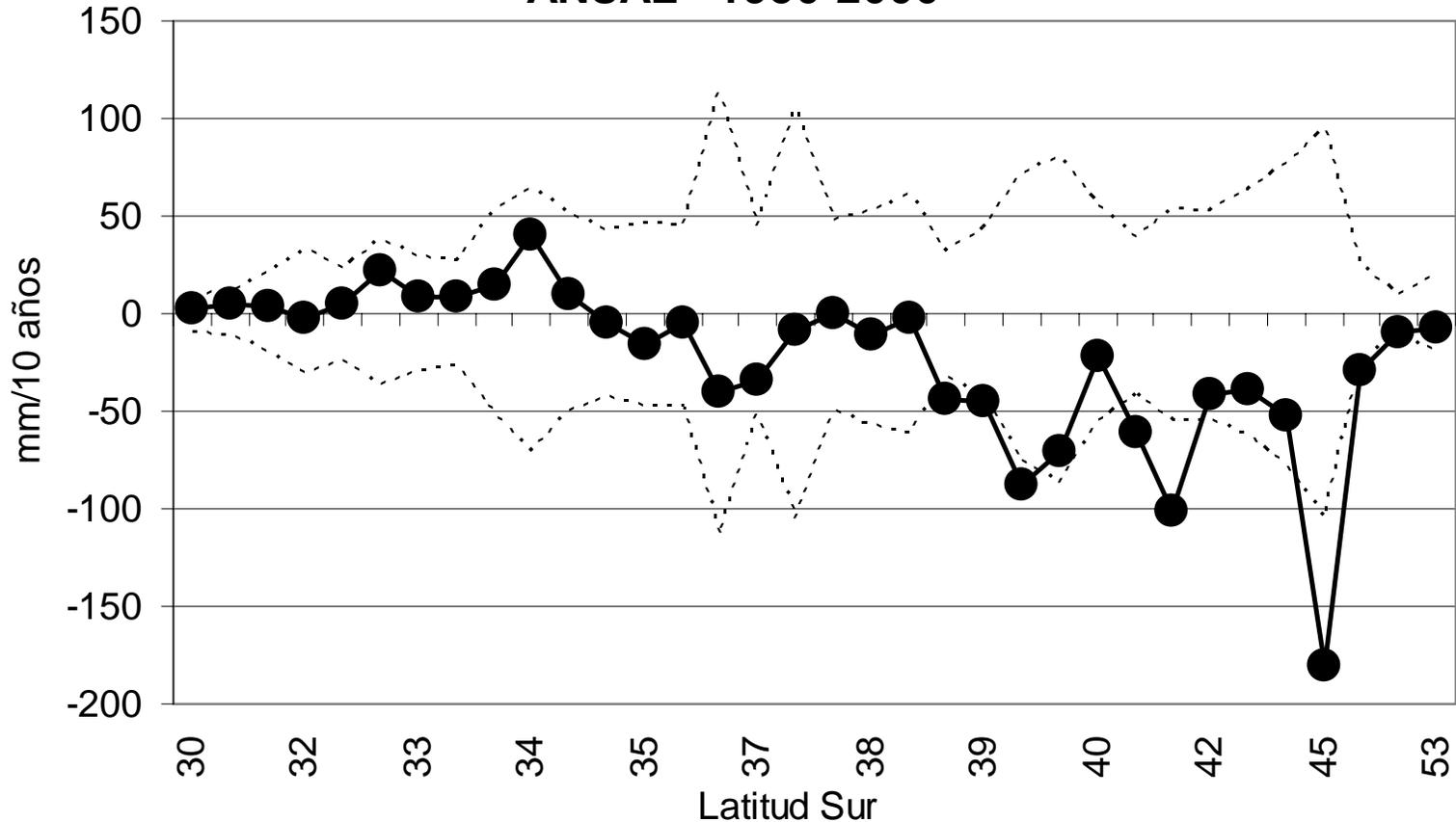
**Temuco – Valdivia - Osorno**



## Annual precipitation trends: 1900 to 2000



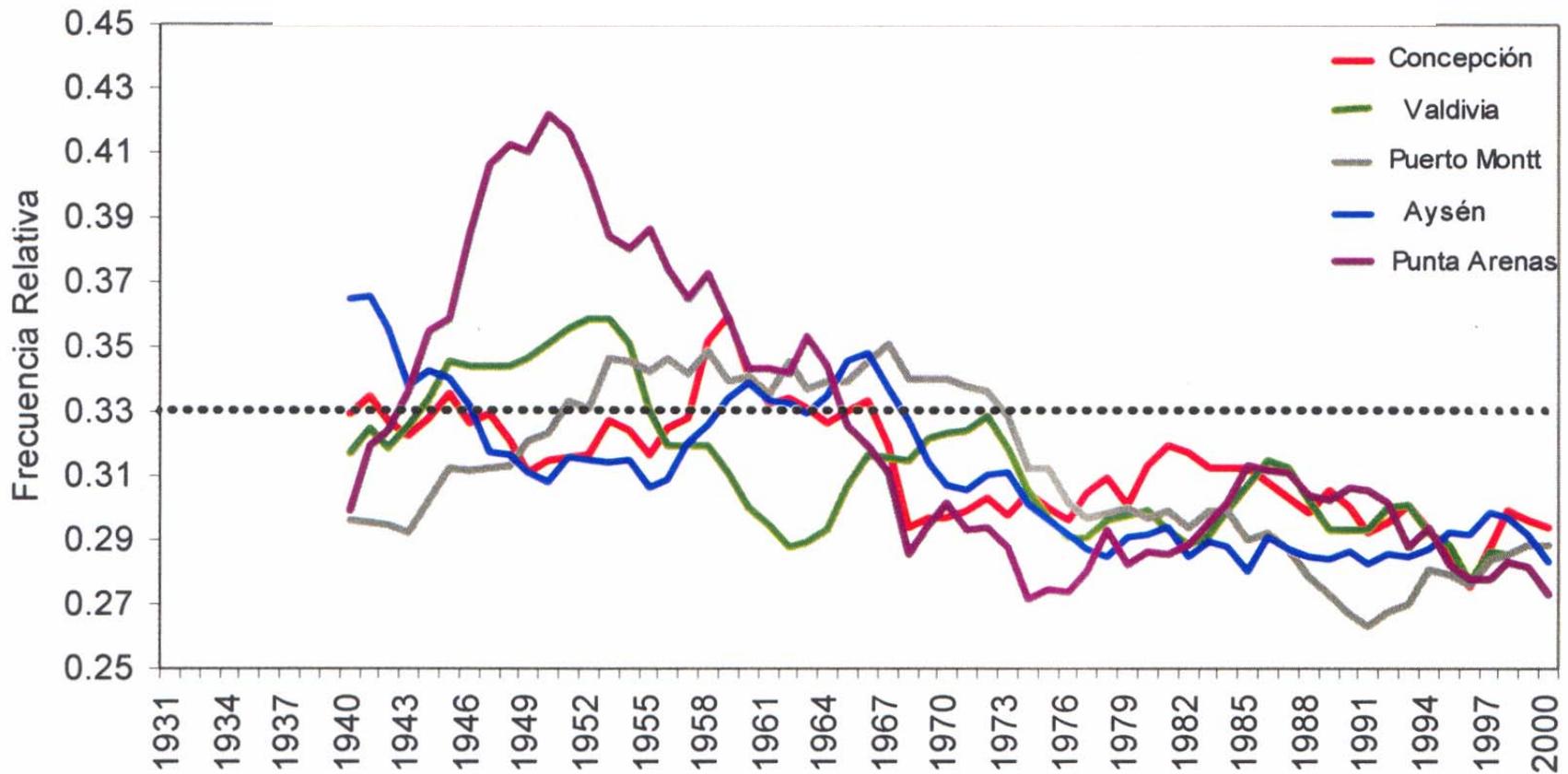
## TENDENCIA DE LA PRECIPITACION ANUAL - 1950-2000



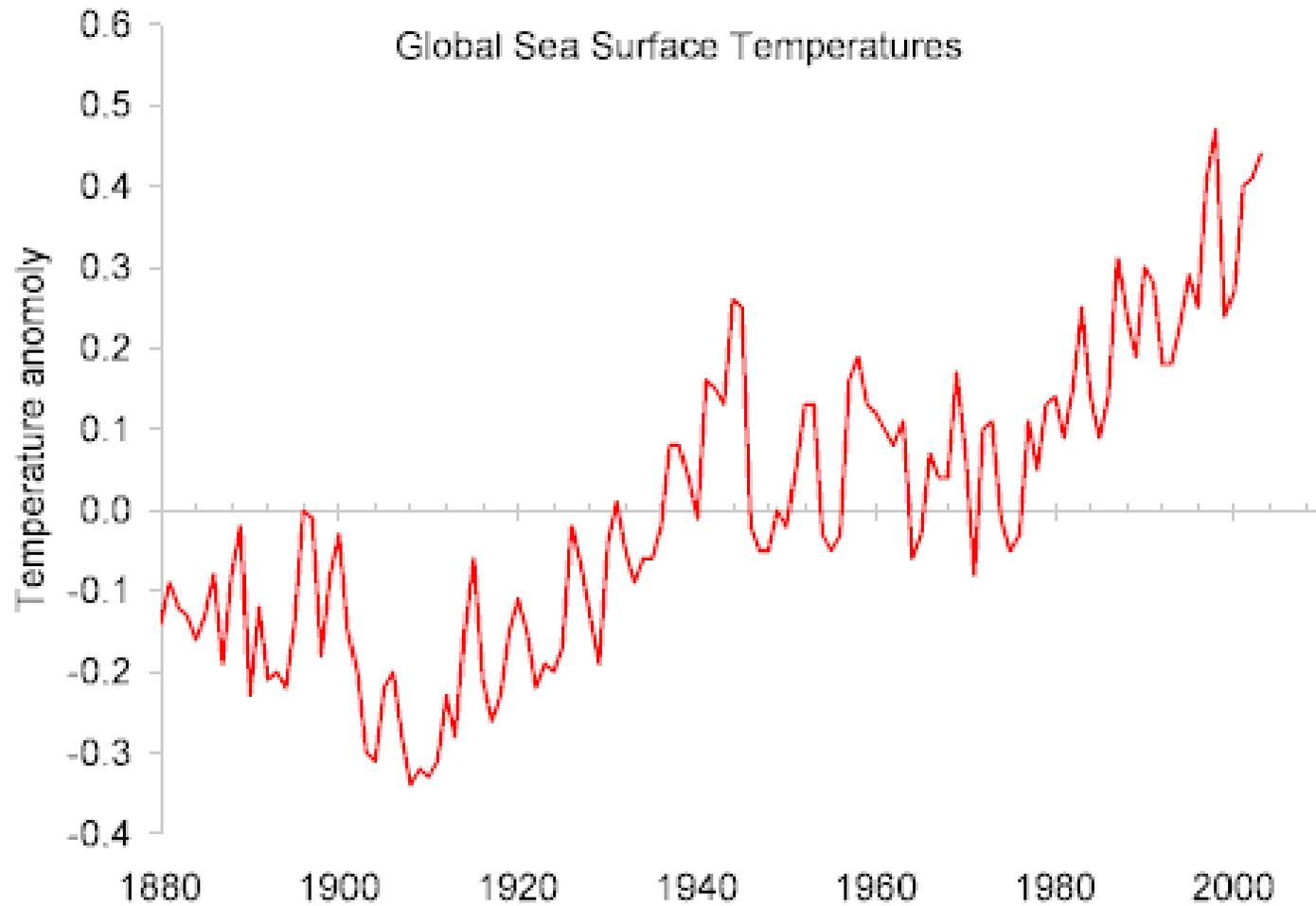
Ref: Quintana, 2004

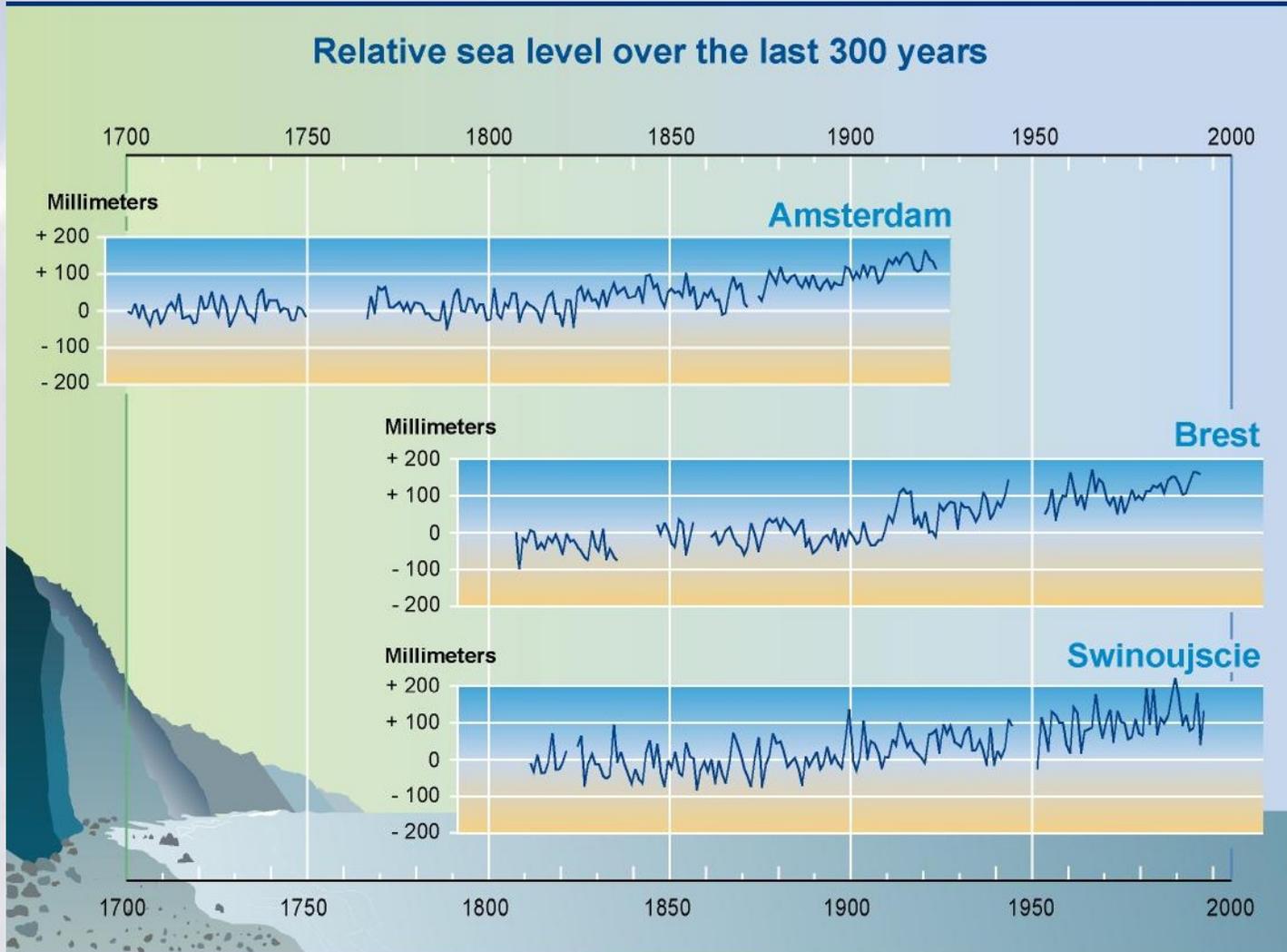
## Frequency of days with precip. in the upper tercile in southern Chile

Periodo de referencia: 1930 – 2000  
Promedio móvil sobre periodos de 10 años.



Ref: Quintana, 2004





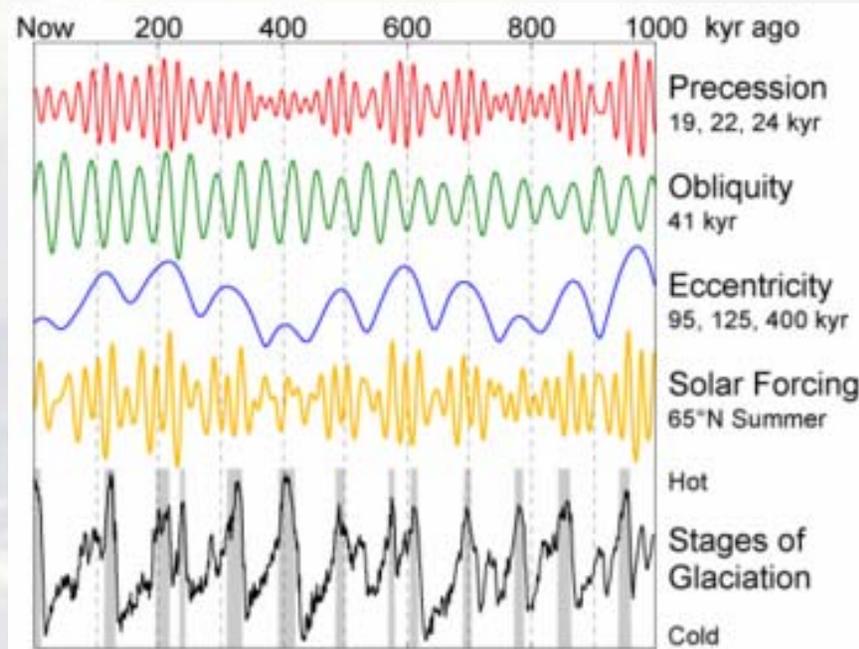
## Factores del cambio

- Factores internos: tectónica, volcanismo,...
- Factores externos: actividad solar, meteoros,....
- Factores antropogénicos: Cambios en la composición de la atmósfera terrestre, uso de suelo, etc.



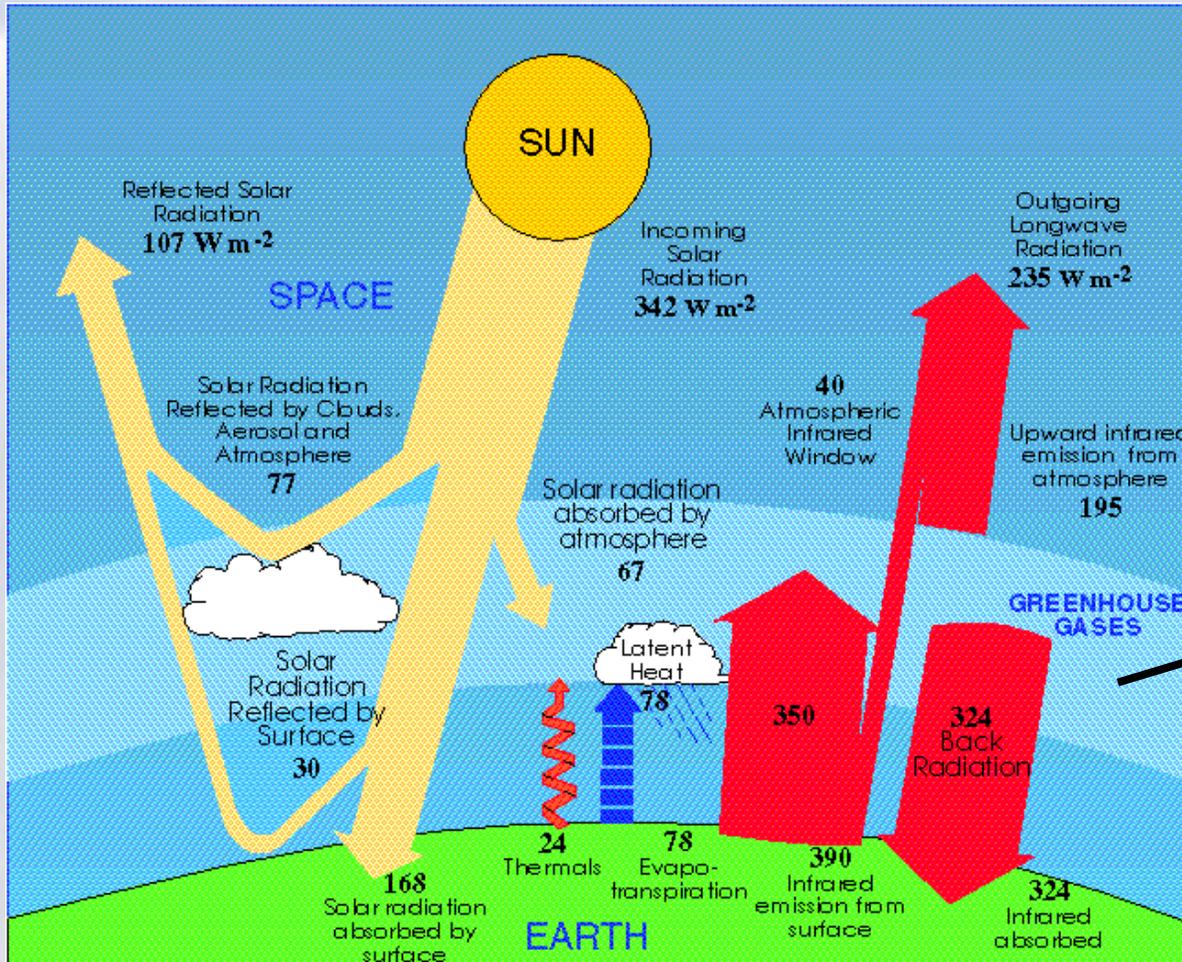
## Teoría de Milankovish

**Cambios en Geometría Tierra-Sol → Cambios en energía disponible  
→ “Gatillo” para cambios climáticos globales...**



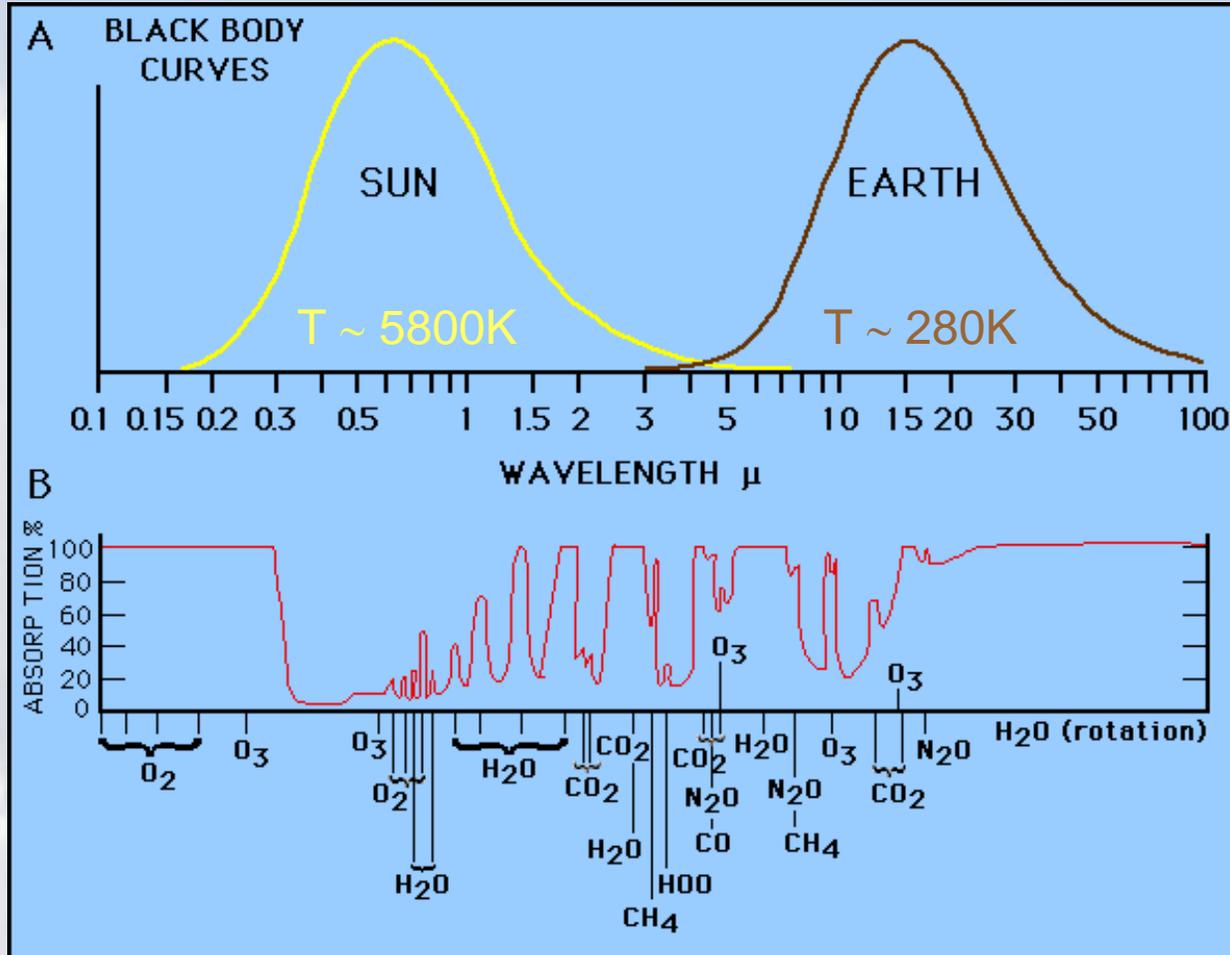
An often-cited 1980 study by Imbrie and Imbrie determined that "Ignoring anthropogenic and other possible sources of variation acting at frequencies higher than one cycle per 19,000 years, this model predicts that the long-term cooling trend which began some 6,000 years ago will continue for the next 23,000 years."<sup>[4]</sup>

## Balance Global de Energía del Planeta Tierra (promedio en latitud y longitud)



Gases Invernadero  
 $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$

Ley de Stephan-Boltzman:  $E^* = \sigma T^4$



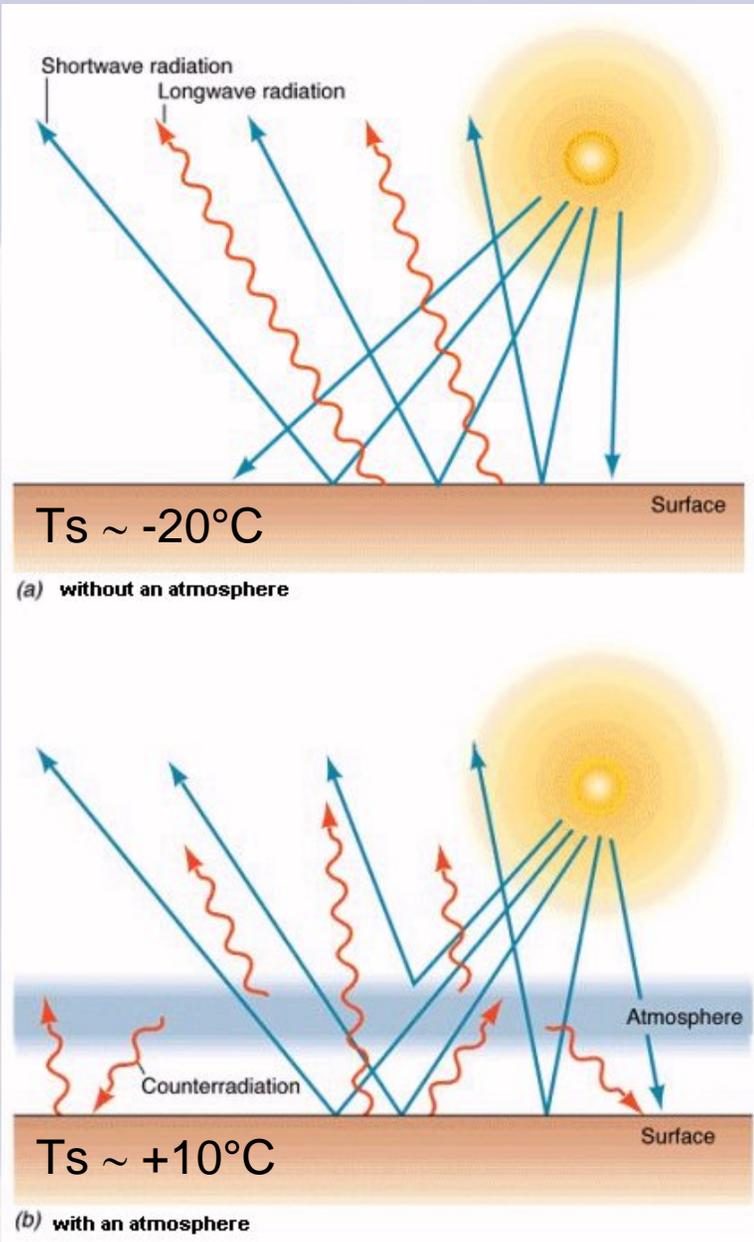
$CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$  son gases invernadero (el principal es el  $H_2O$ )

Presencia de los GI genera contra radiación atmosférica → aumento de Temp. Superficial

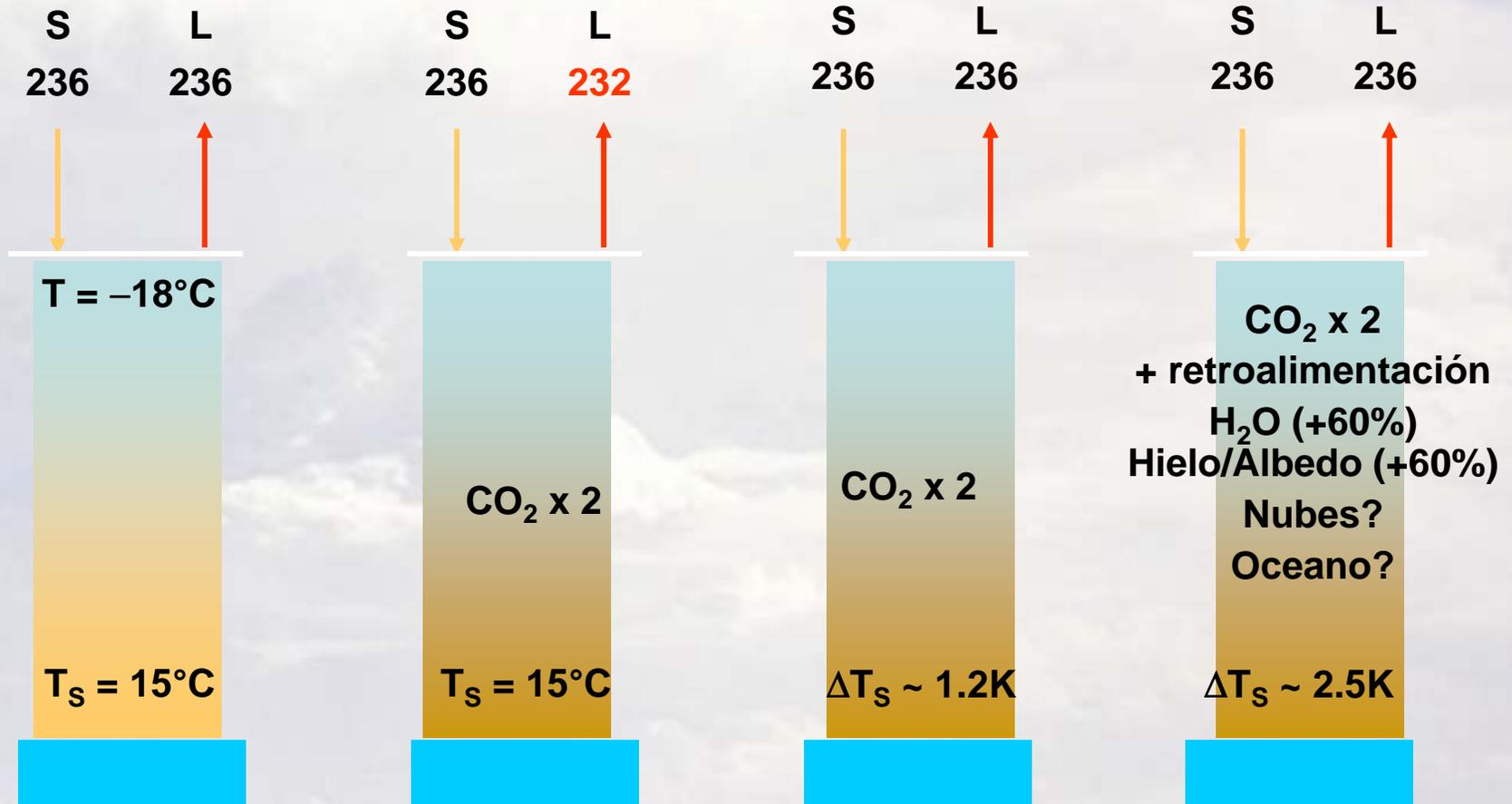
Otra forma: presencia de los GI dificultan escape de la radiación terrestre...para que exista balance en el tope de la atmosfera, superficie de “sobre-calentarse”.

De cualquier manera, efecto invernadero natural(\*) es en parte responsable de la existencia de la vida en el planeta

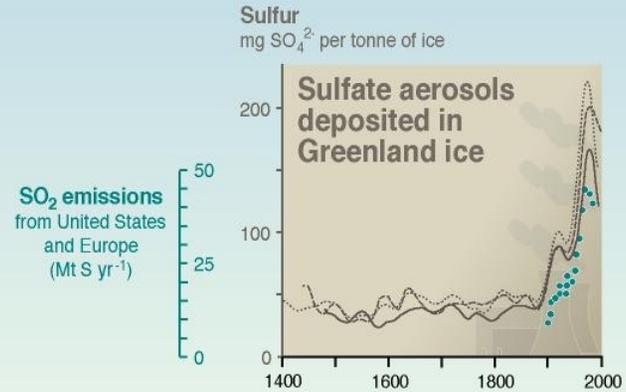
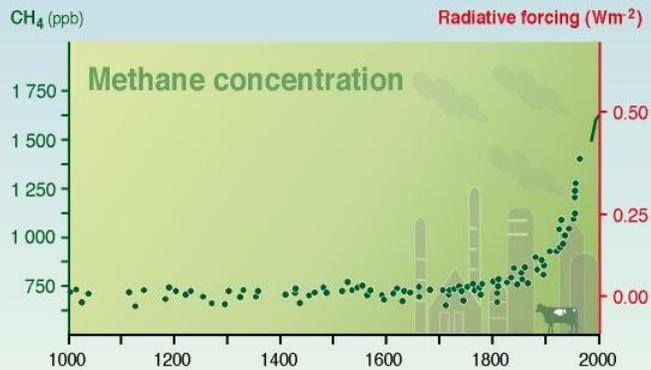
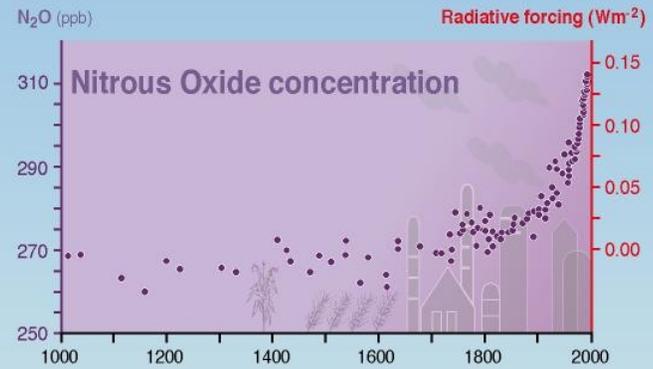
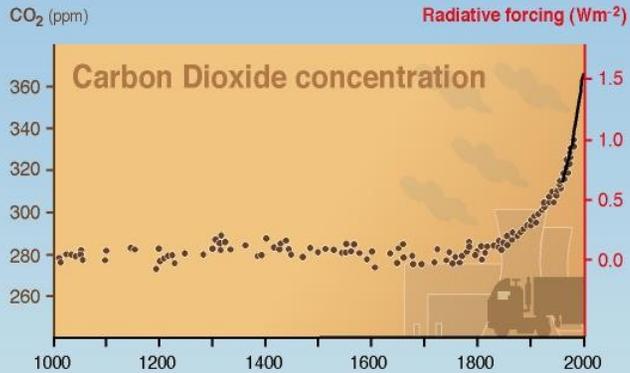
(\*) Fuentes naturales de GI: volcanes, flujos desde el océano, etc.

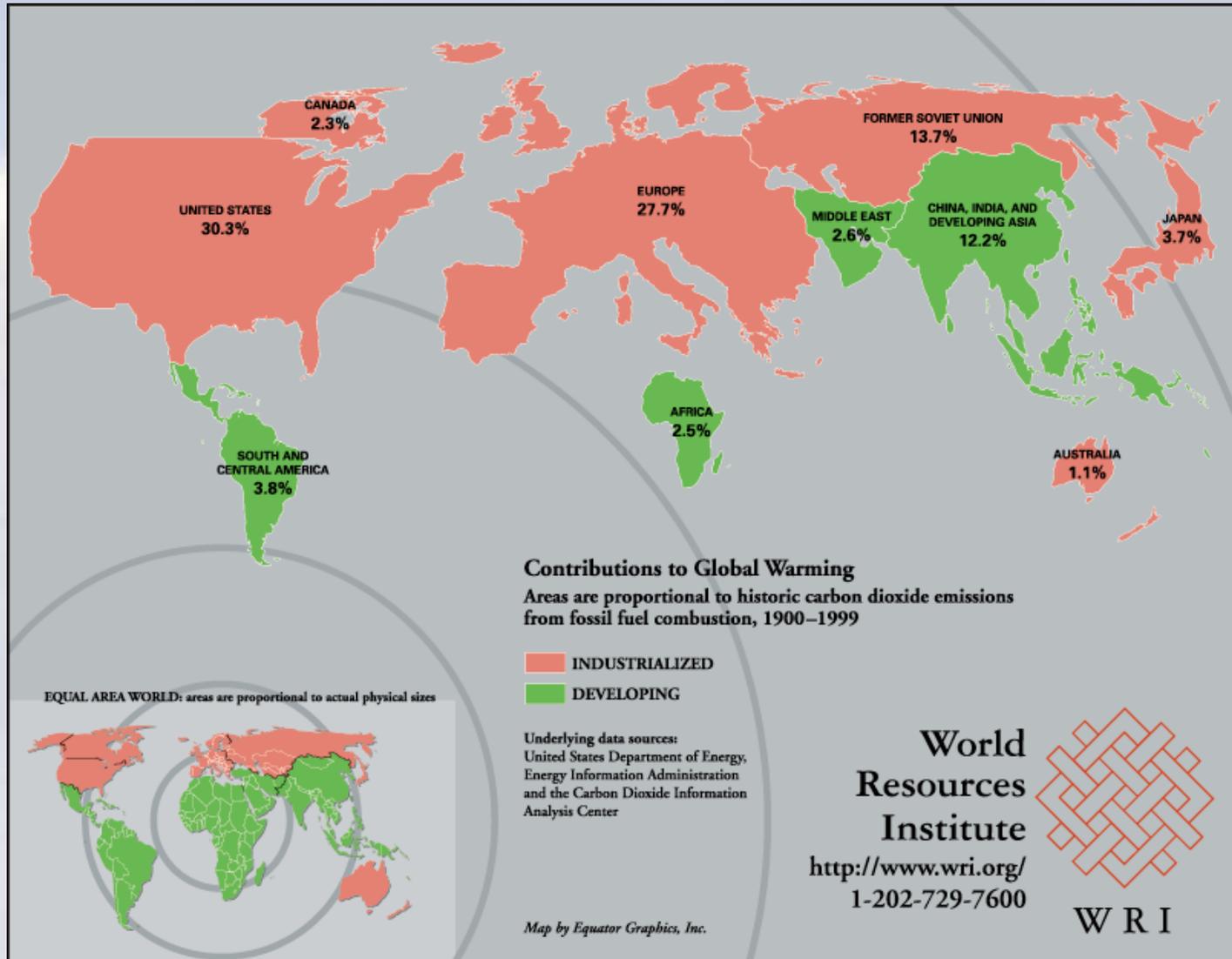


## Efecto invernadero antrópico

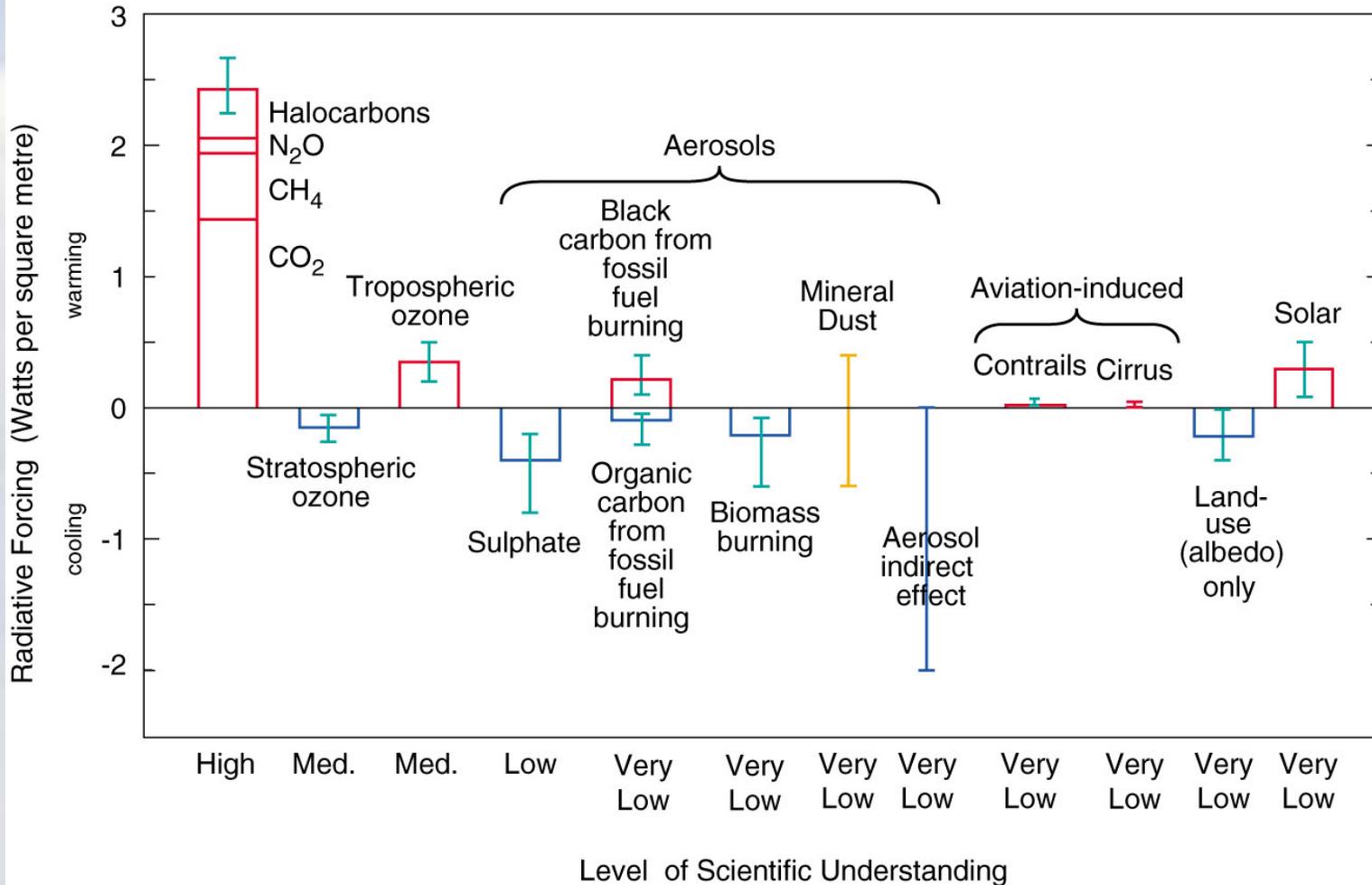


## Indicators of the human influence on the atmosphere during the Industrial era

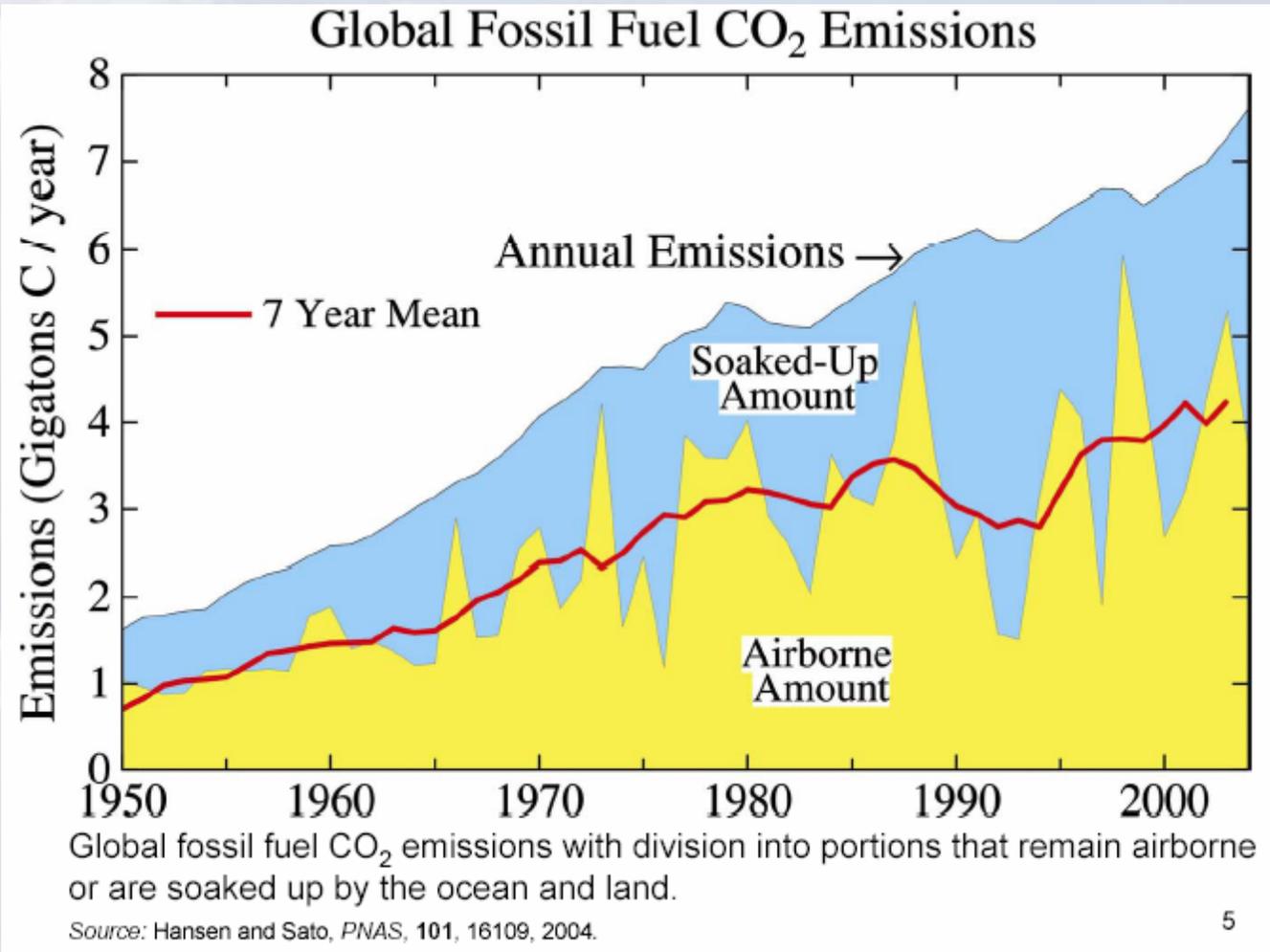




## The global mean radiative forcing of the climate system for the year 2000, relative to 1750



Durante el siglo XX el océano/biosfera ha capturado cerca del 40% del CO<sub>2</sub> emitido...captura puede variar ( $\pm$  ?) con incremento de T



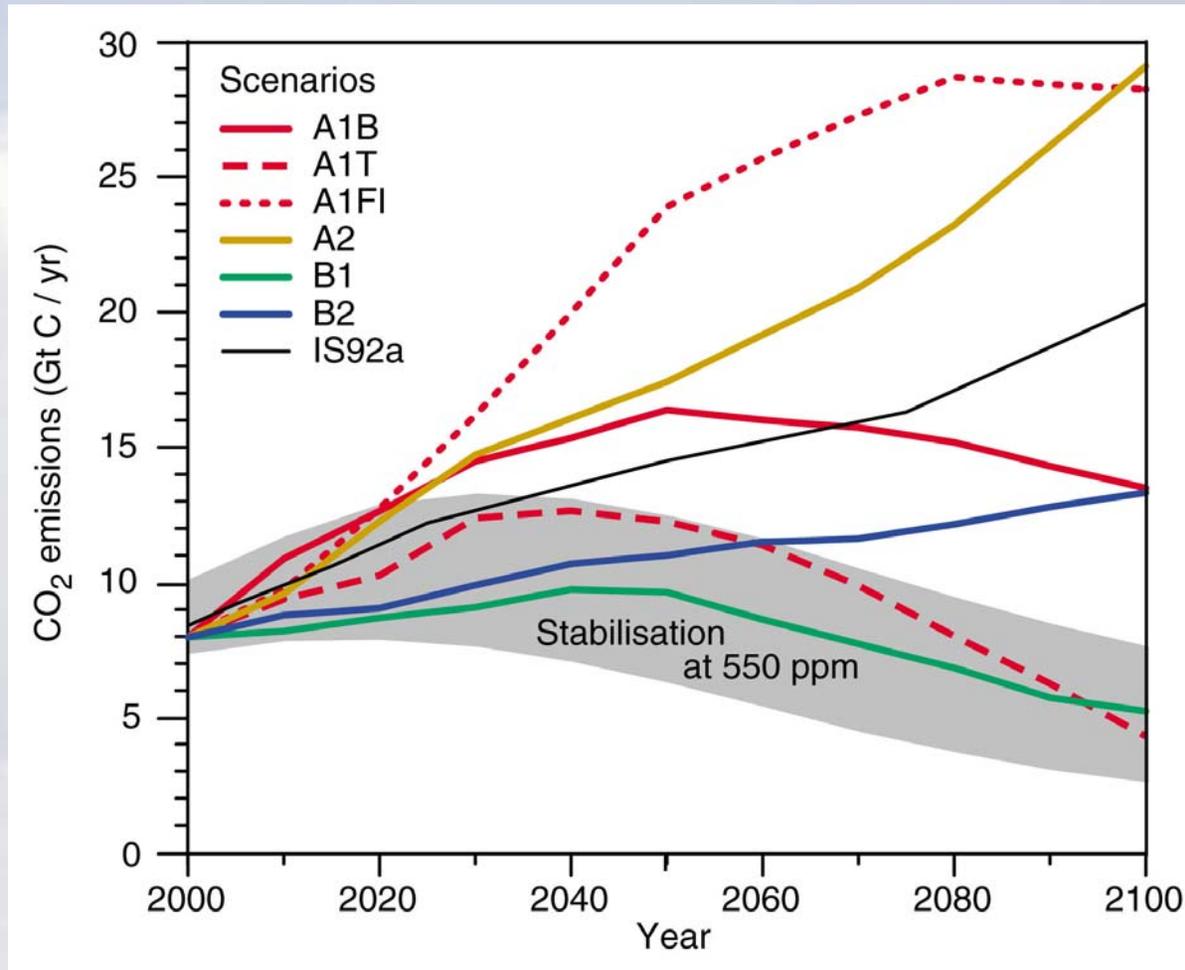
## Posibles retroalimentaciones en el sistema terrestre

Proceso	Nivel de comprensión	Efecto	Probabilidad de activación
Flujos de CO <sub>2</sub> desde el océano	Mediano	+ (?)	Media
Flujos de CO <sub>2</sub> desde el suelo	Mediano	+	Media
Incremento de nubes Cirrus	Mediano	+	?
Incremento de nubes SCu	Mediano	-	?
Derretimiento de hielo (albedo)	Alto	+	Alto

# Proyecciones climáticas para el siglo XXI

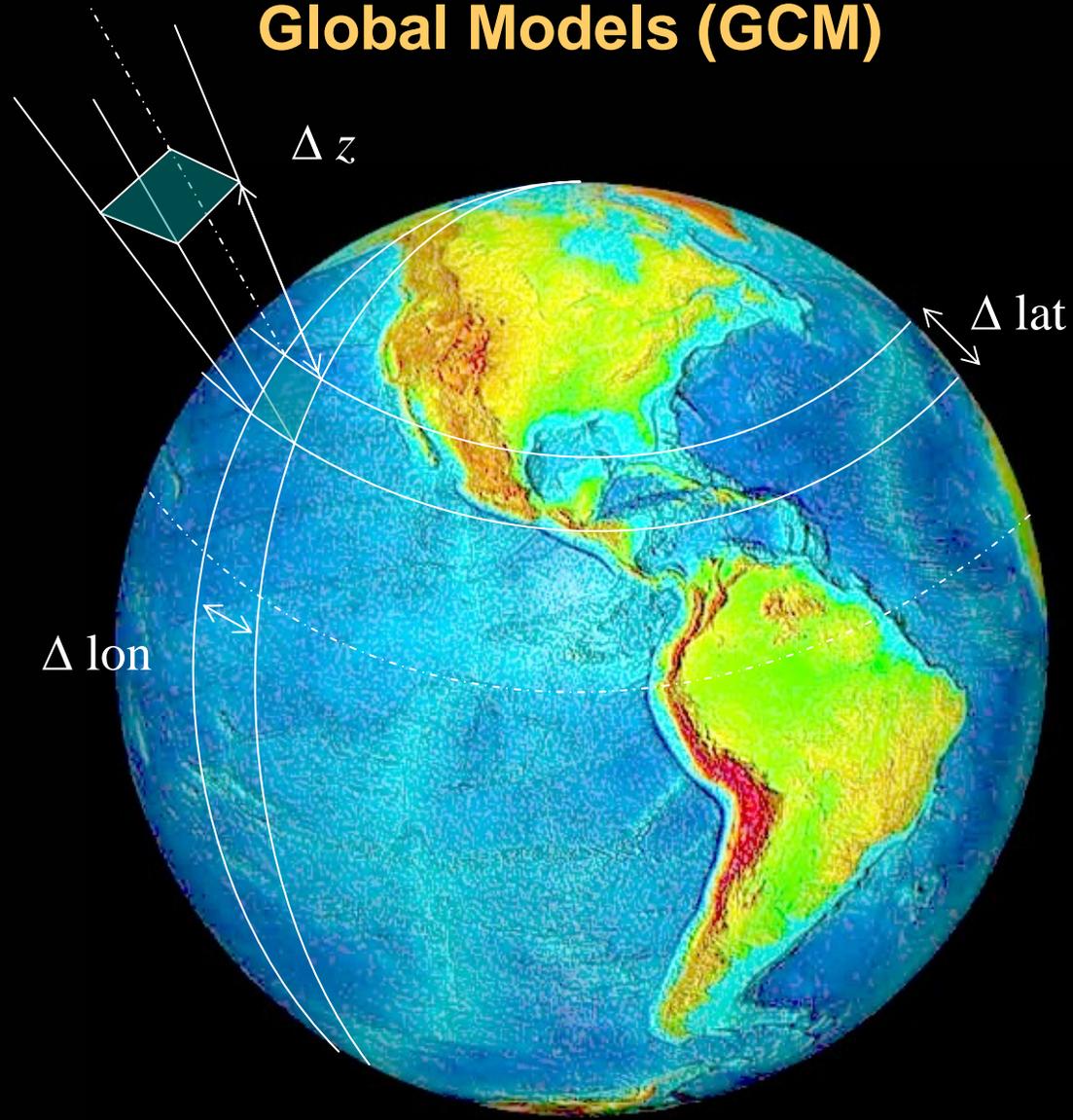


Escenarios de desarrollo global → evolución del CO<sub>2</sub> y otros GI



...lo que con la ayuda de modelos numéricos del clima se traducen en escenarios de clima del futuro

# Global Models (GCM)



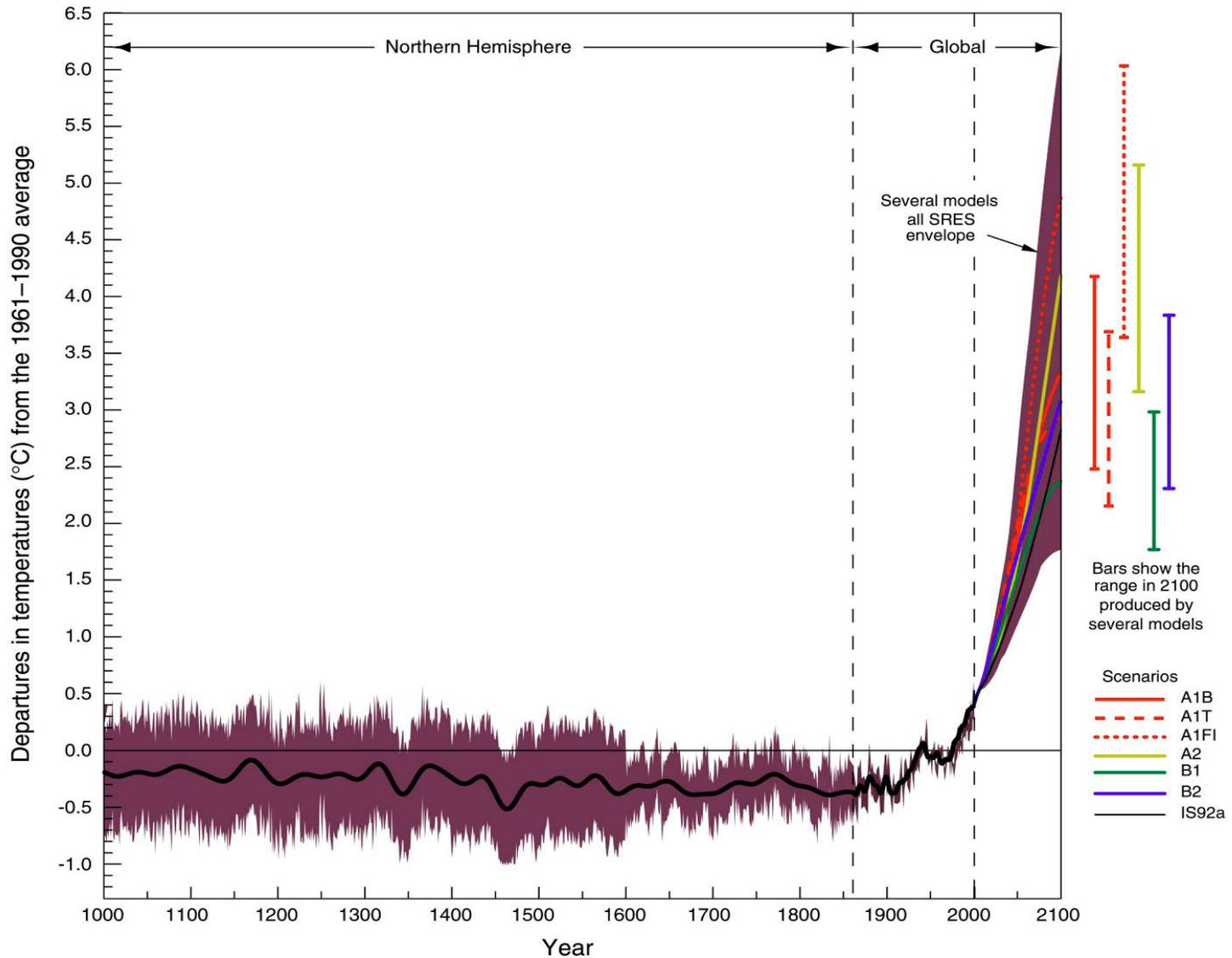
$\Delta \text{lat} \sim \Delta \text{lon} \sim 1^\circ - 3^\circ$

$\Delta z \sim 1 \text{ km}$

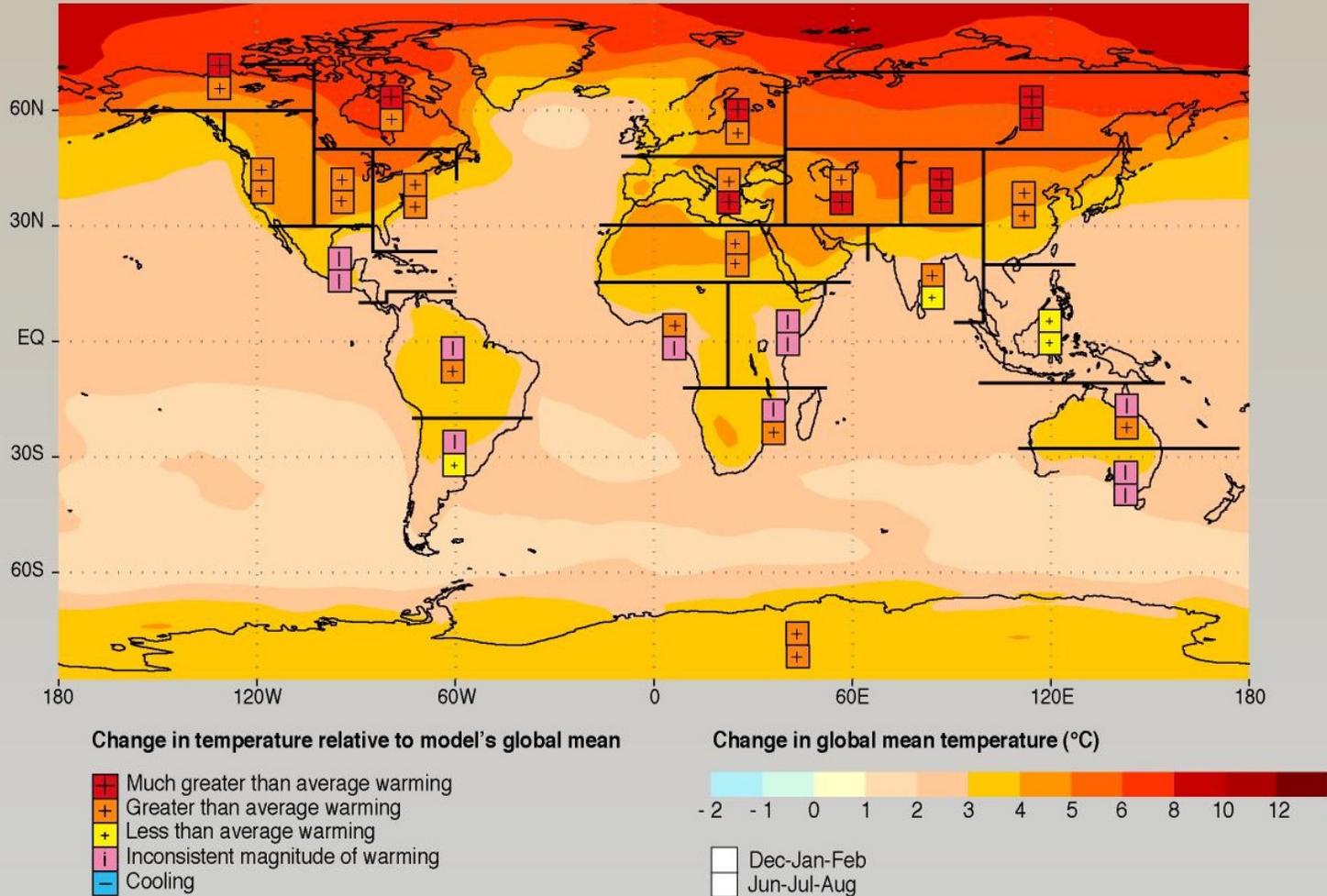
$\Delta t \sim \text{minutes-hours}$

Top of atmosphere: 15-50 km

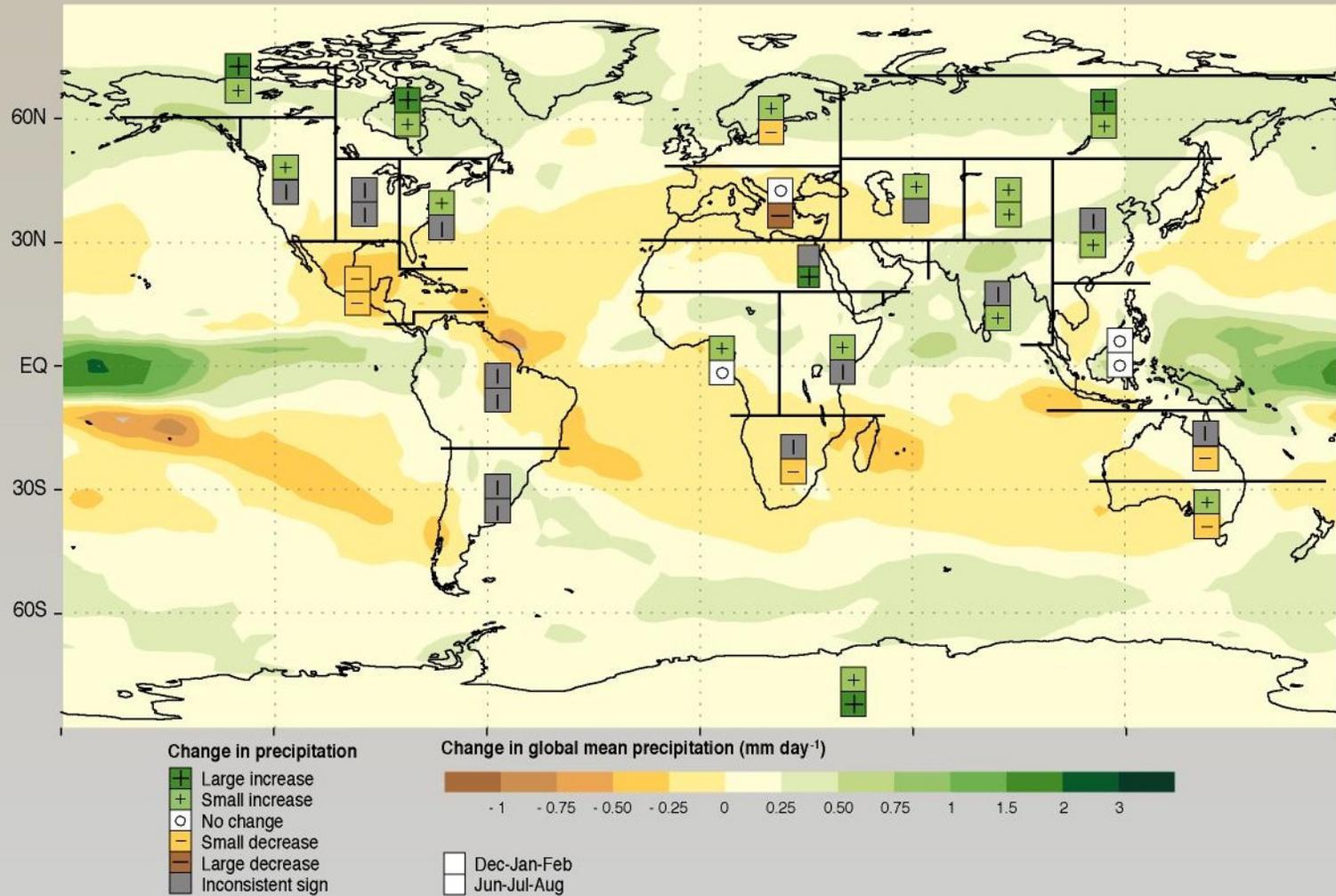
1000 to 1861, N.Hemisphere, proxy data; 1861 to 2000 Global, instrumental; 2000 to 2100, SRES projections

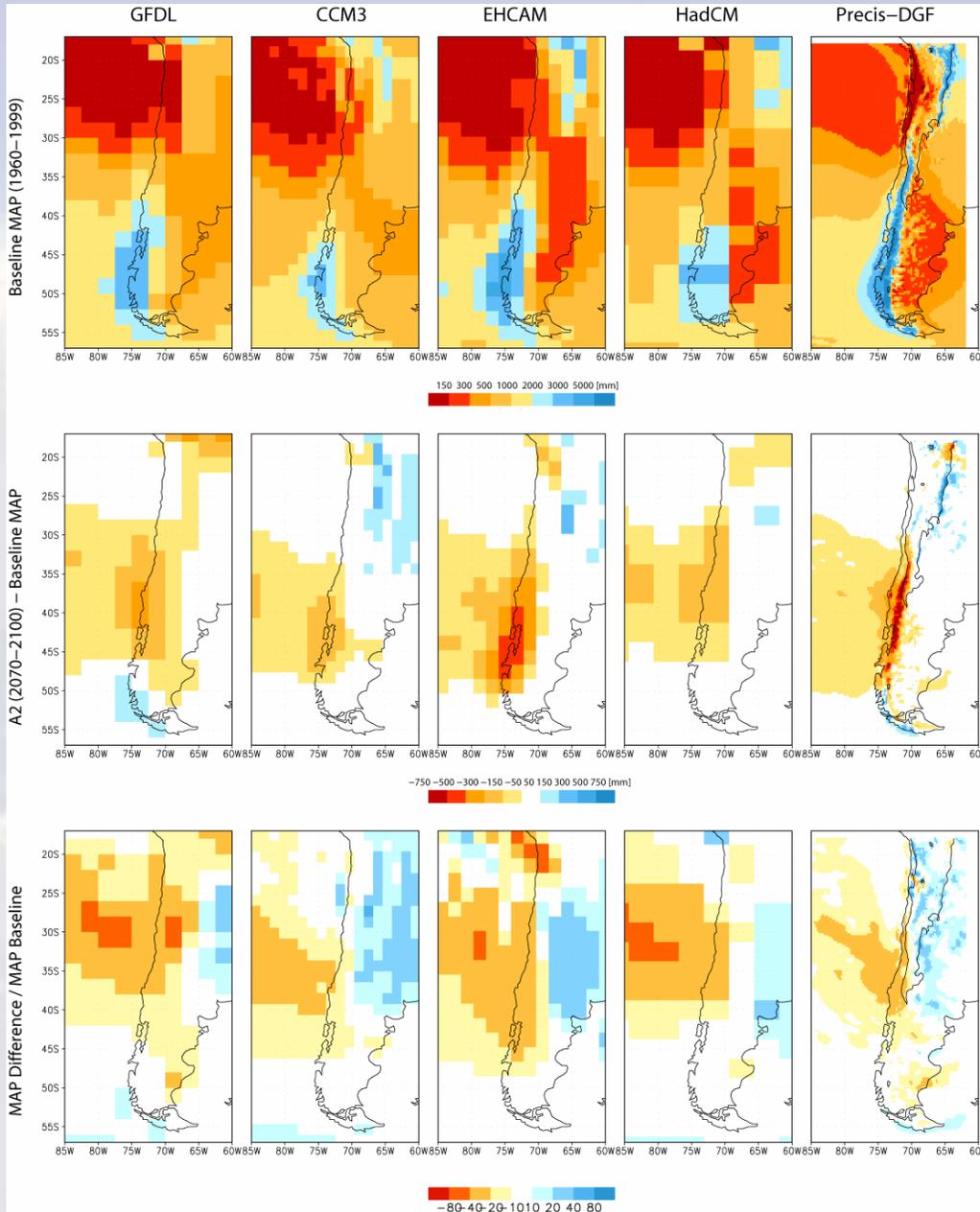


## Change in temperature for scenario A2



## Change in precipitation for scenario A2







FIN