

Universidad de Chile
Departamento de Geofísica

Introducción a la Meteorología y Oceanografía (2010)

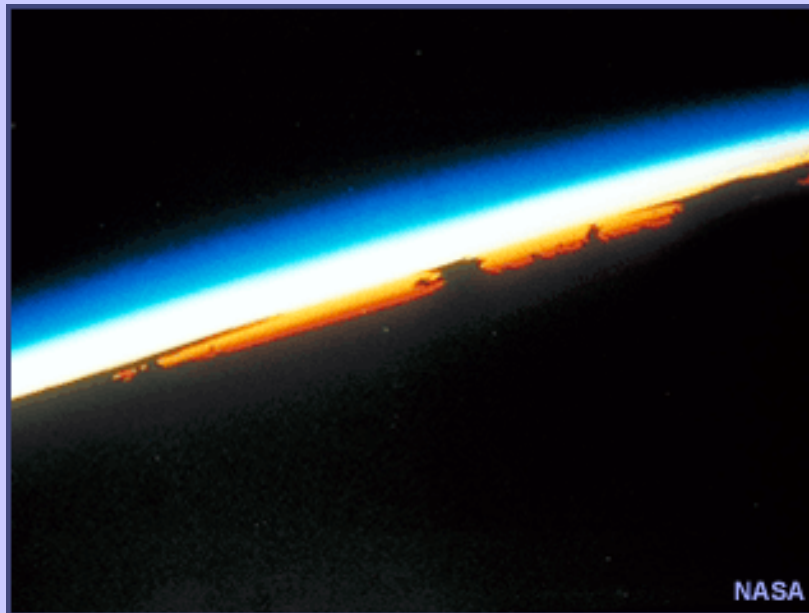
El Sistema Climático Terrestre

Prof. René Garreaud
www.dgf.uchile.cl/rene

¿Cuan grande es la atmósfera?

La atmósfera es la capa gaseosa que rodea al planeta tierra (otros planetas también tienen esta envoltente). La experiencia nos indica que el aire se hace menos denso con la altura, una señal que la atmósfera tiene un limite vertical.

Una primera aproximación de ese limite ($H \sim 60$ Km) fue obtenida en el año 1025 (Alhazen), considerando el tiempo que transcurre desde que el sol se pone en el horizonte y comienza la noche (ocaso 36 min aprox). Verificar!



Variables de Estado:
T, HR, v, p.....

Introducción a la Meteorología. Sistema Climático

UCh/FCFM/DGF – R. Garreaud

Tiempo, Clima, Sistema Climático

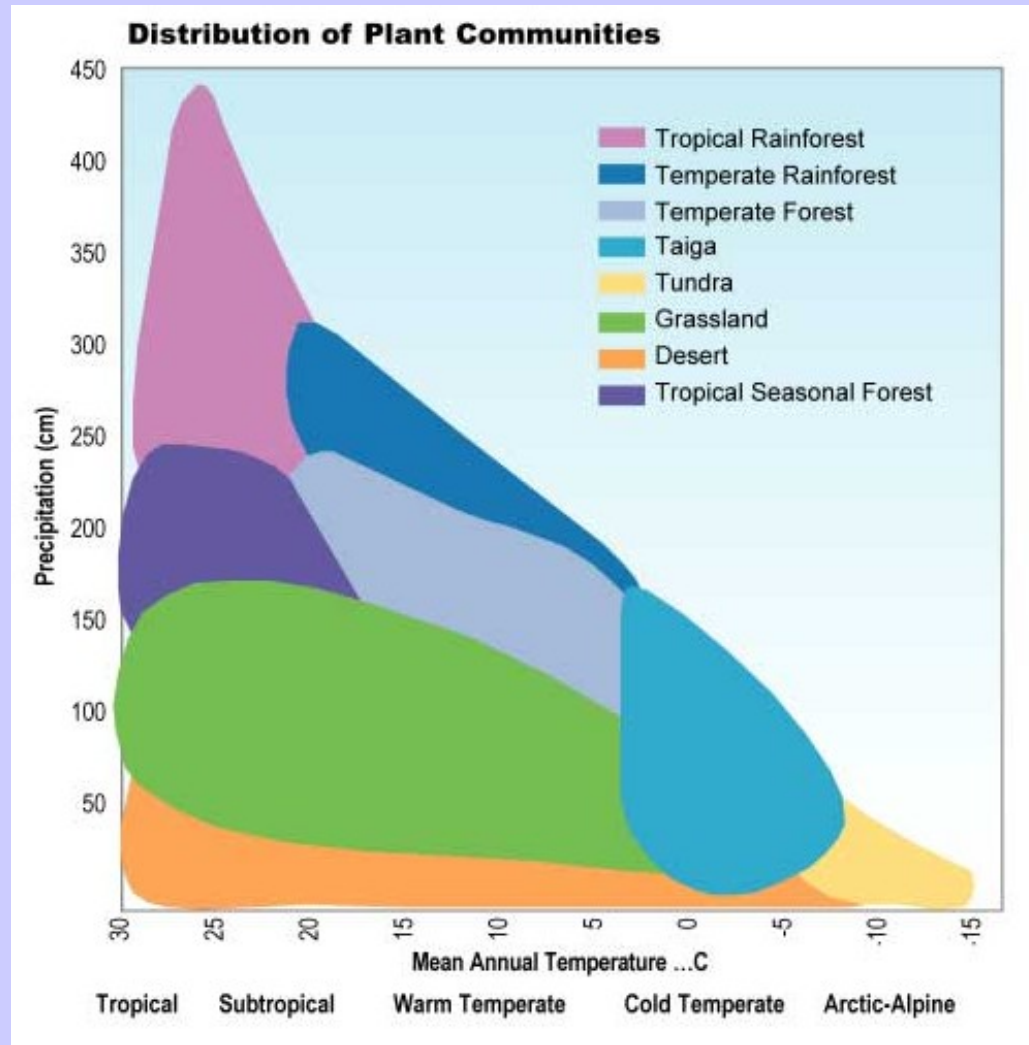
Tiempo: Condiciones atmosféricas “instantaneas”: temperatura, presión, humedad, precipitación, viento, etc. Las variaciones más importantes del tiempo ocurren en la escala inter-diaria. Cambios de tiempo controlados por dinámica interna de la atmósfera.

Clima: Condiciones atmosféricas “medias” en una región. Promedios calculados sobre muchos años (30). El clima determina mucha de las características ecológicas (bio-geografía) e incluso sociales y económicas de una región.

Sistema Climático: Incluye a los subsistemas terrestres (atmósfera, hidrosfera, criosfera, biosfera, litosfera), las interacciones entre y sus forzamientos externos (e.g., actividad solar) que determinan el clima terrestre.

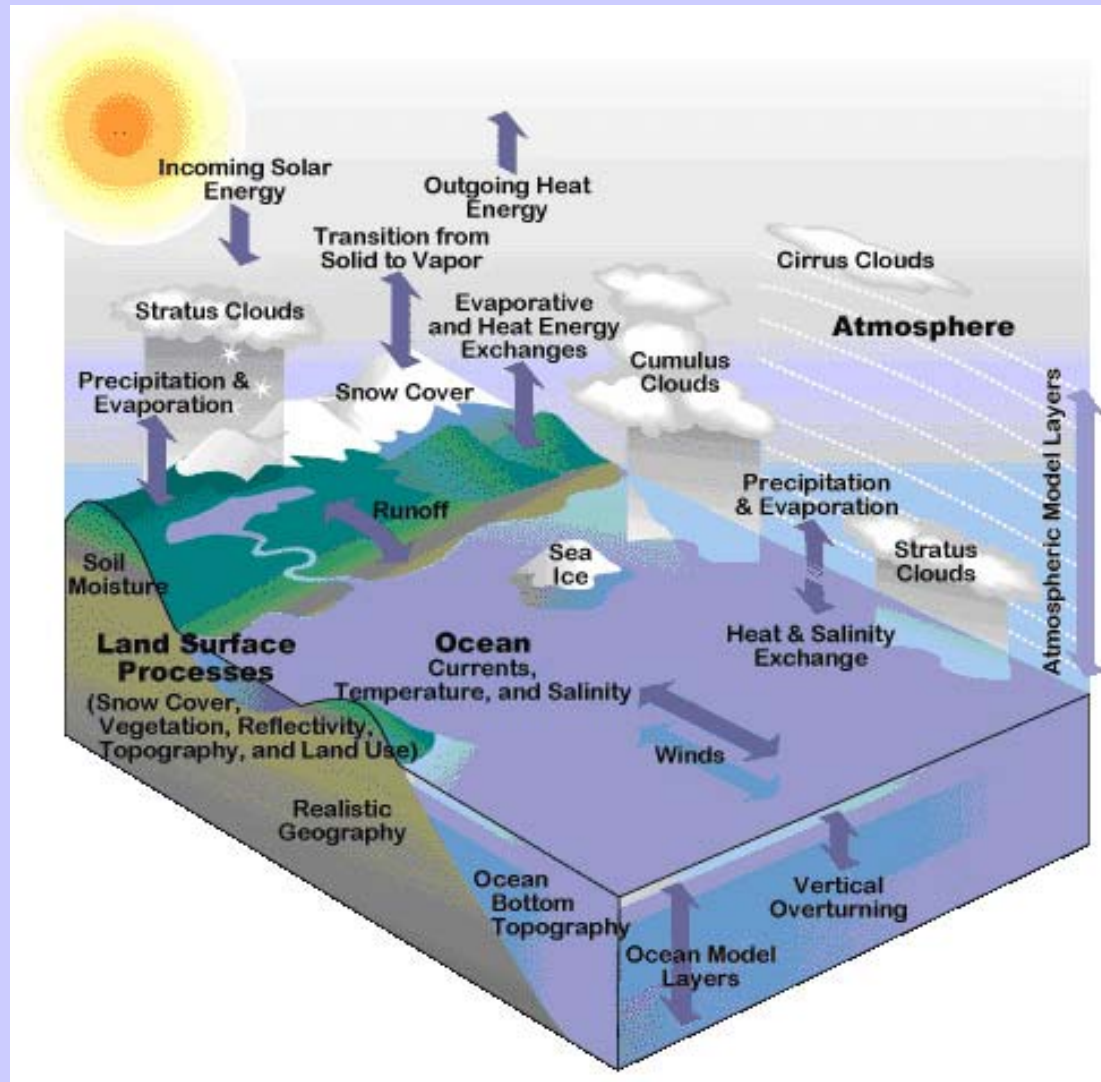
Introducción a la Meteorología. Sistema Climático

UCh/FCFM/DGF – R. Garreaud



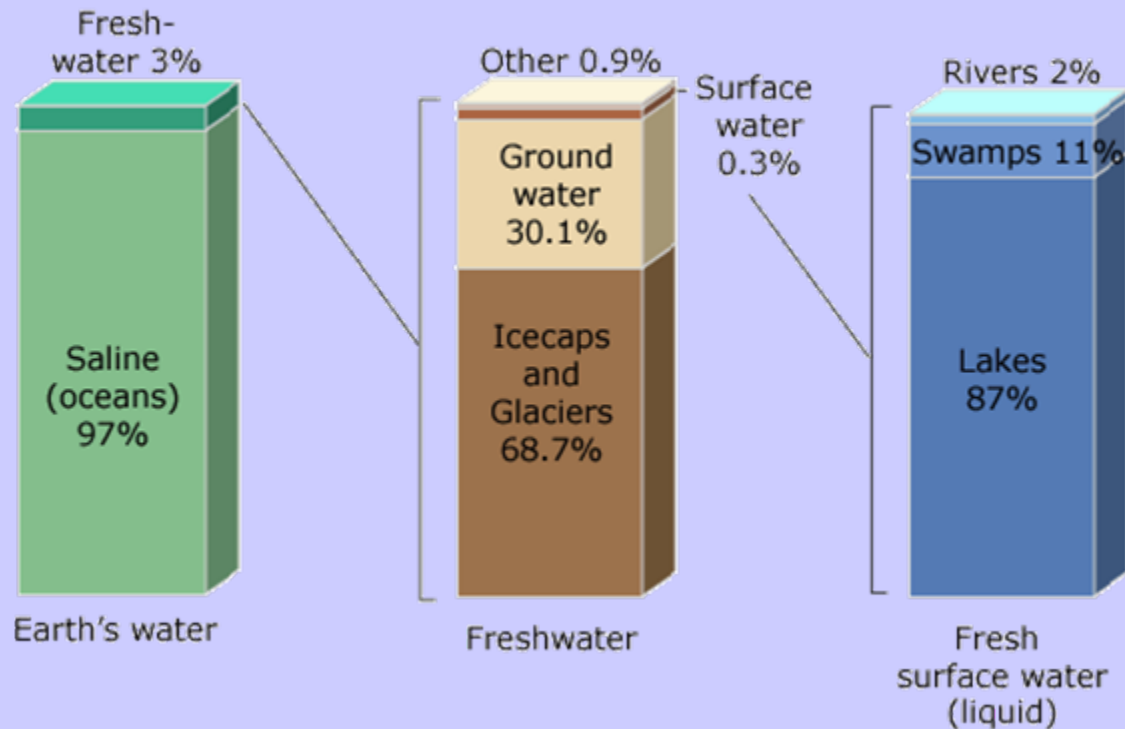
Introducción a la Meteorología. Sistema Climático

UCh/FCFM/DGF – R. Garreaud



Hidrosfera

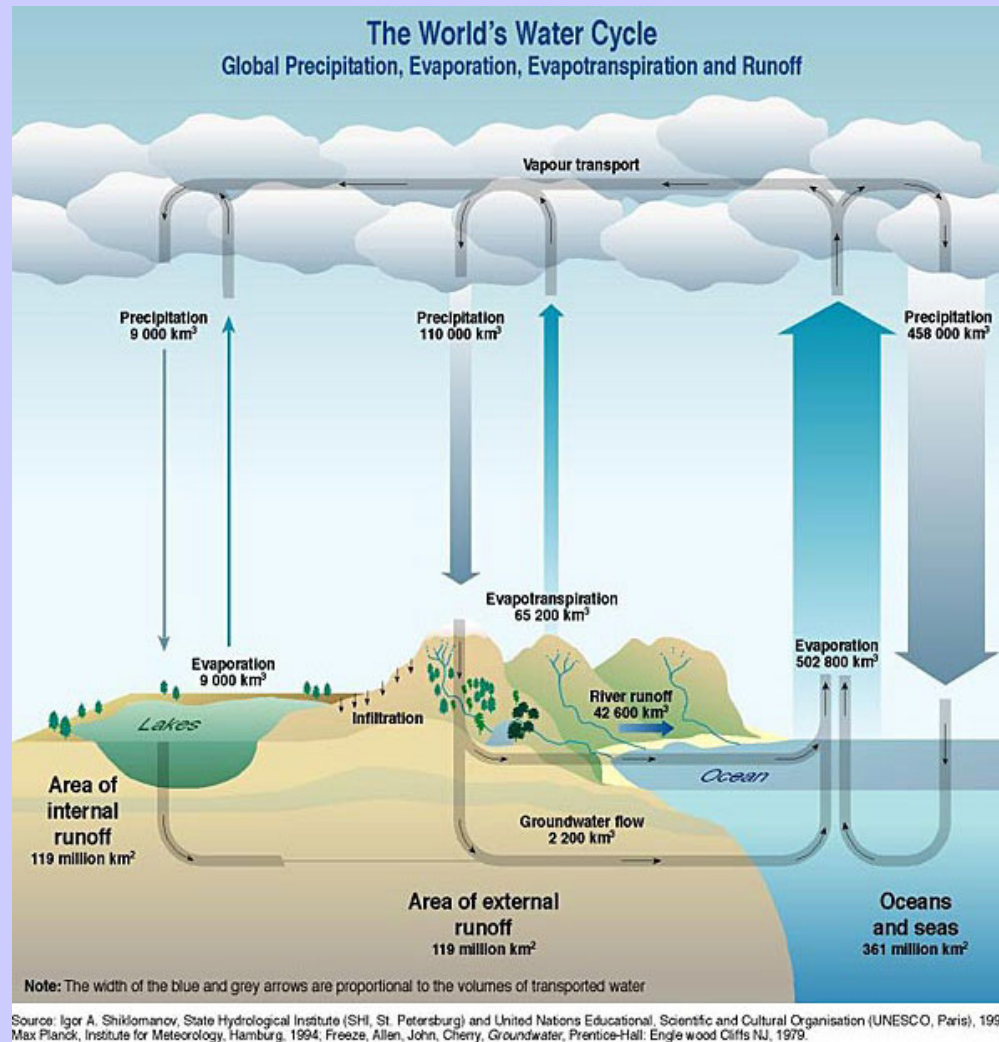
Distribution of Earth's Water



Introducción a la Meteorología. Sistema Climático

UCh/FCFM/DGF – R. Garreaud

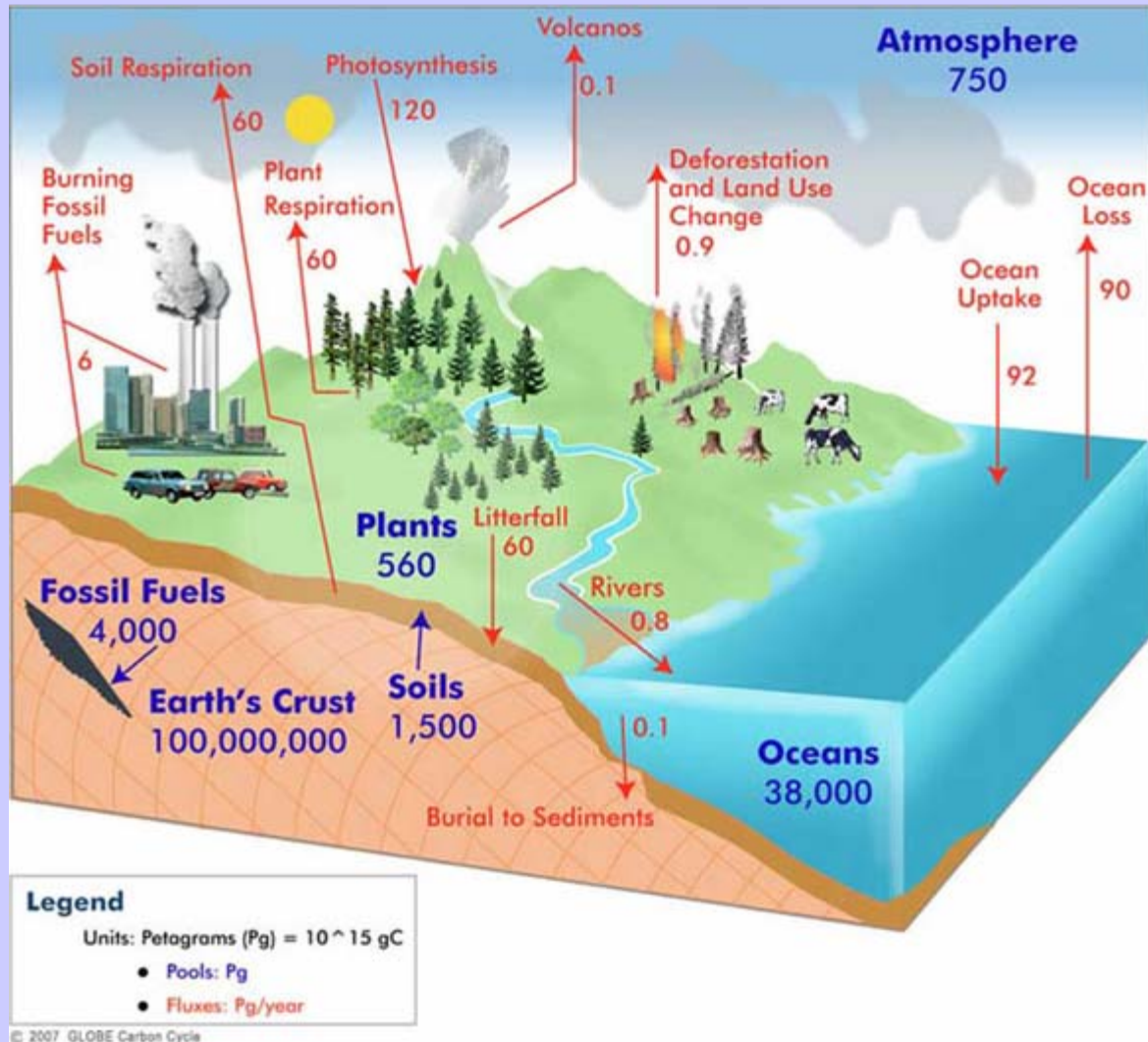
Ciclo del Agua...esencial para la vida en el planeta



Introducción a la Meteorología. Sistema Climático

UCh/FCFM/DGF – R. Garreaud

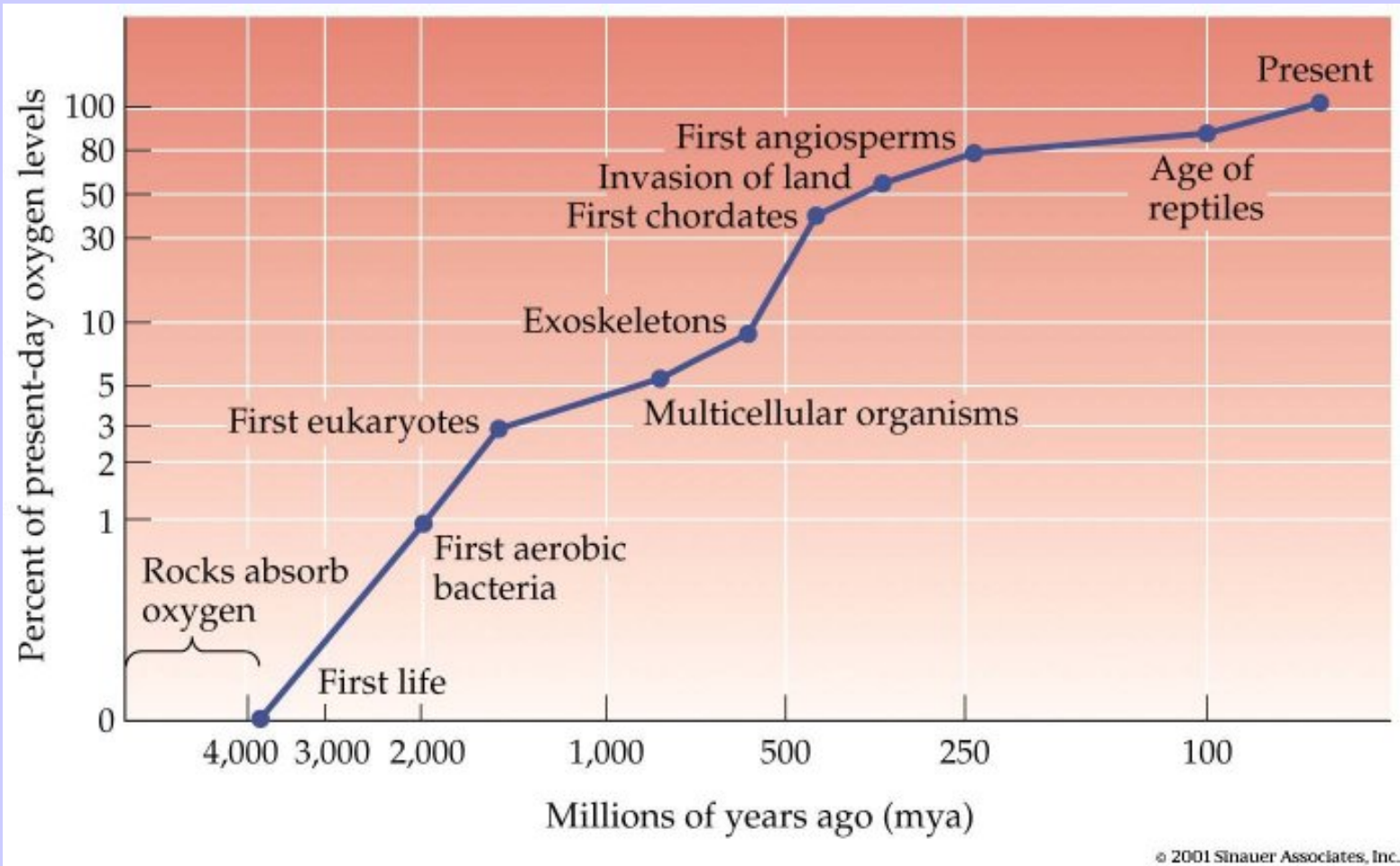
Ciclo del Carbono. CO₂ es un potente gas invernadero



Introducción a la Meteorología. Sistema Climático

UCh/FCFM/DGF – R. Garreaud

Historia de la atmósfera terrestre: Composición



21%

Especies
+ abundantes

H, He

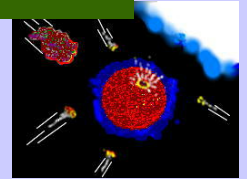
H₂O, CO₂, SO₂, N₂

N, O₂, N, H₂O

Introducción a la Meteorología. Sistema Climático

UCh/FCFM/DGF – R. Garreaud

Historia de la Atmósfera



- El planeta tierra se formó hace unos 4.500 millones de años (Ma). Su atmósfera consistía probablemente de gases abundantes en el sistema solar: Hidrogeno (H) y Helio (He). Ambos gases son muy livianos y eventualmente se perdieron hacia el espacio:

Vel. escape campo gravitacional = 11 km/s - Vel. típica de una molécula = $(2kT / Mm)^{0.5}$

Vel. típica H = 3 km/s (M=1)....probabilidad de escape: 1/1e6

Vel. típica O = 0.8 km/s (M=16)....probabilidad de escape: 1/1e80



- Emisiones volcánicas y enfriamiento del magma inyectaron H₂O, CO₂, SO₂, N₂, H₂, Cl₂ a la atmósfera primitiva.
- Enfriamiento de la atmósfera primitiva permitió que vapor de agua condensara y precipitara para formar los océanos.
- Parte del CO₂ se disolvió en las gotas y también precipitó, incorporándose al océano.

Introducción a la Meteorología. Sistema Climático

UCh/FCFM/DGF – R. Garreaud



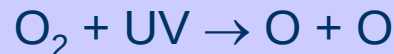
Aparece la vida....

3.900 millones de años atrás, bacterias anaeróbicas (cianobacterias) en el océano comenzaron a producir O_2 a través de la reacción foto-sintética:



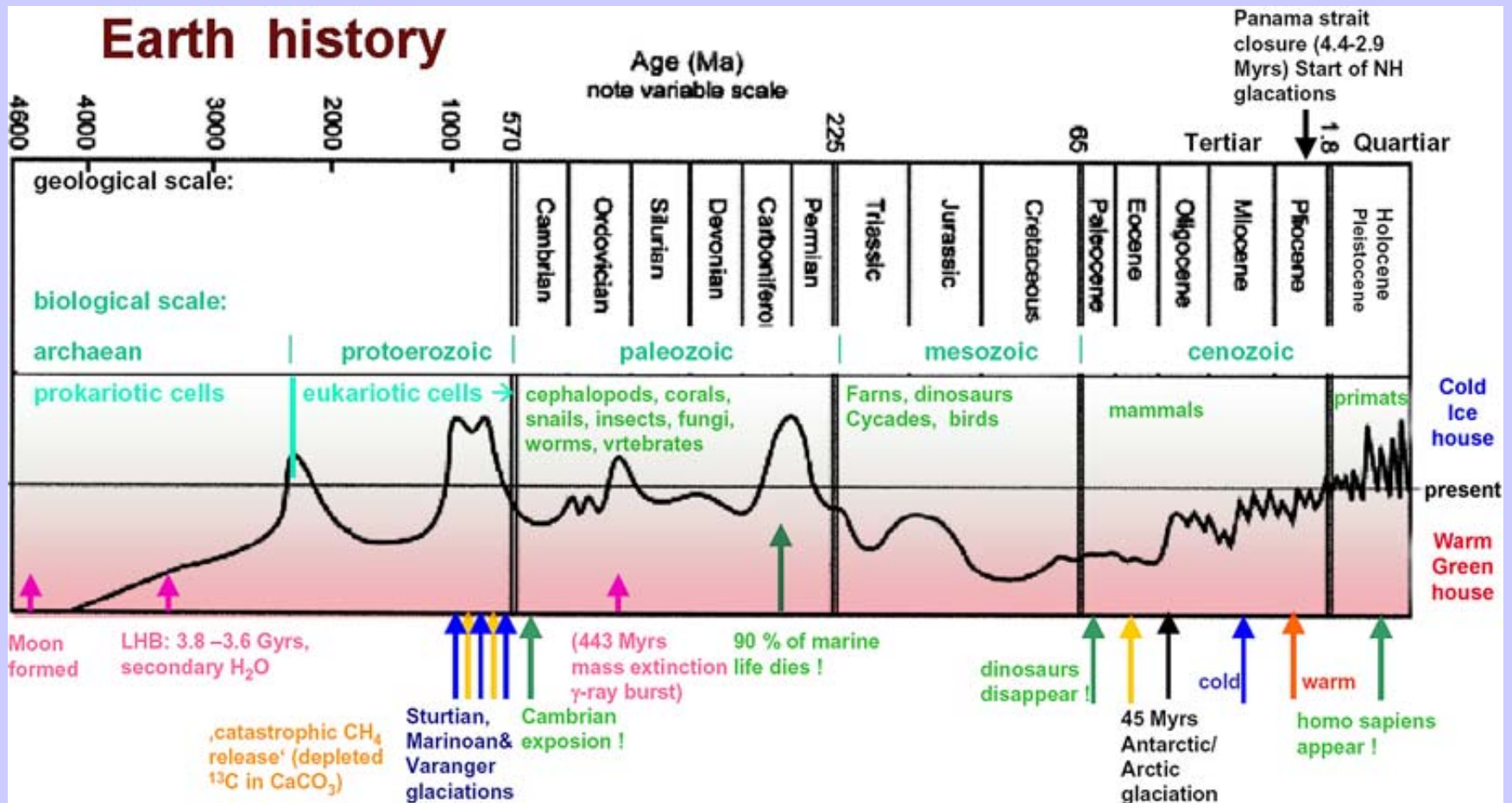
La reacción anterior requiere luz visible. Bacterias ubicadas cerca de la superficie para recibir luz, pero no tan cerca como para “quemarse” con la radiación UV. Otra fuente posible de Oxígeno es la fotodisociación del Hidrógeno:

La acumulación del O_2 en la atmósfera conlleva la formación de una capa de Ozono (O_3) a través de las reacciones:



La primera reacción “consume” la radiación Ultravioleta (UV), de forma que la formación de la capa de Ozono permite que los organismos vivos se acerquen a la superficie del océano y eventualmente salgan a la tierra unos 400 Ma atrás.

Historia de la atmósfera terrestre: Temperatura



Introducción a la Meteorología. Sistema Climático

UCh/FCFM/DGF – R. Garreaud



PERMIAN
225 million years ago



TRIASSIC
200 million years ago



JURASSIC
135 million years ago



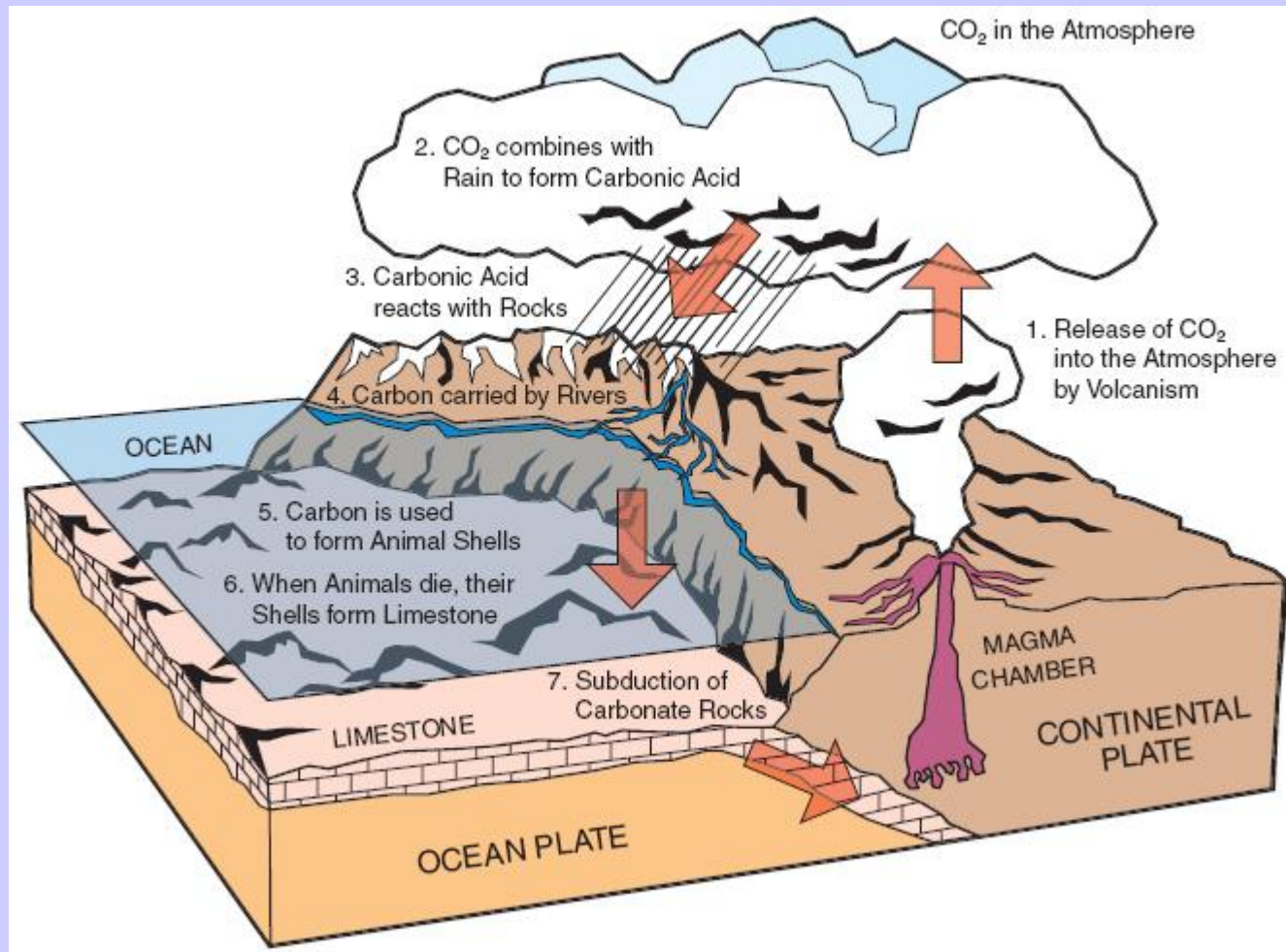
CRETACEOUS
65 million years ago



PRESENT DAY

Introducción a la Meteorología. Sistema Climático

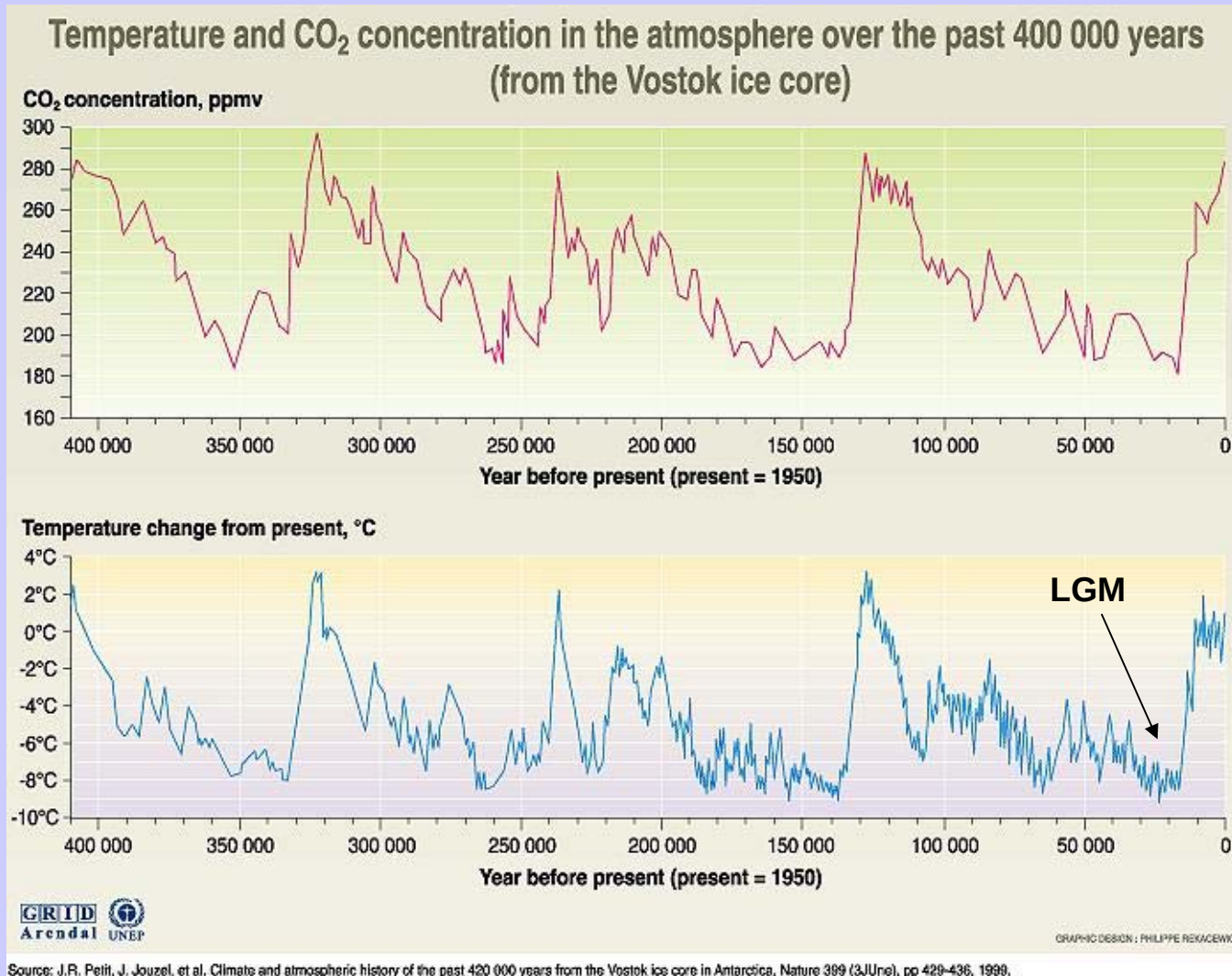
UCh/FCFM/DGF – R. Garreaud



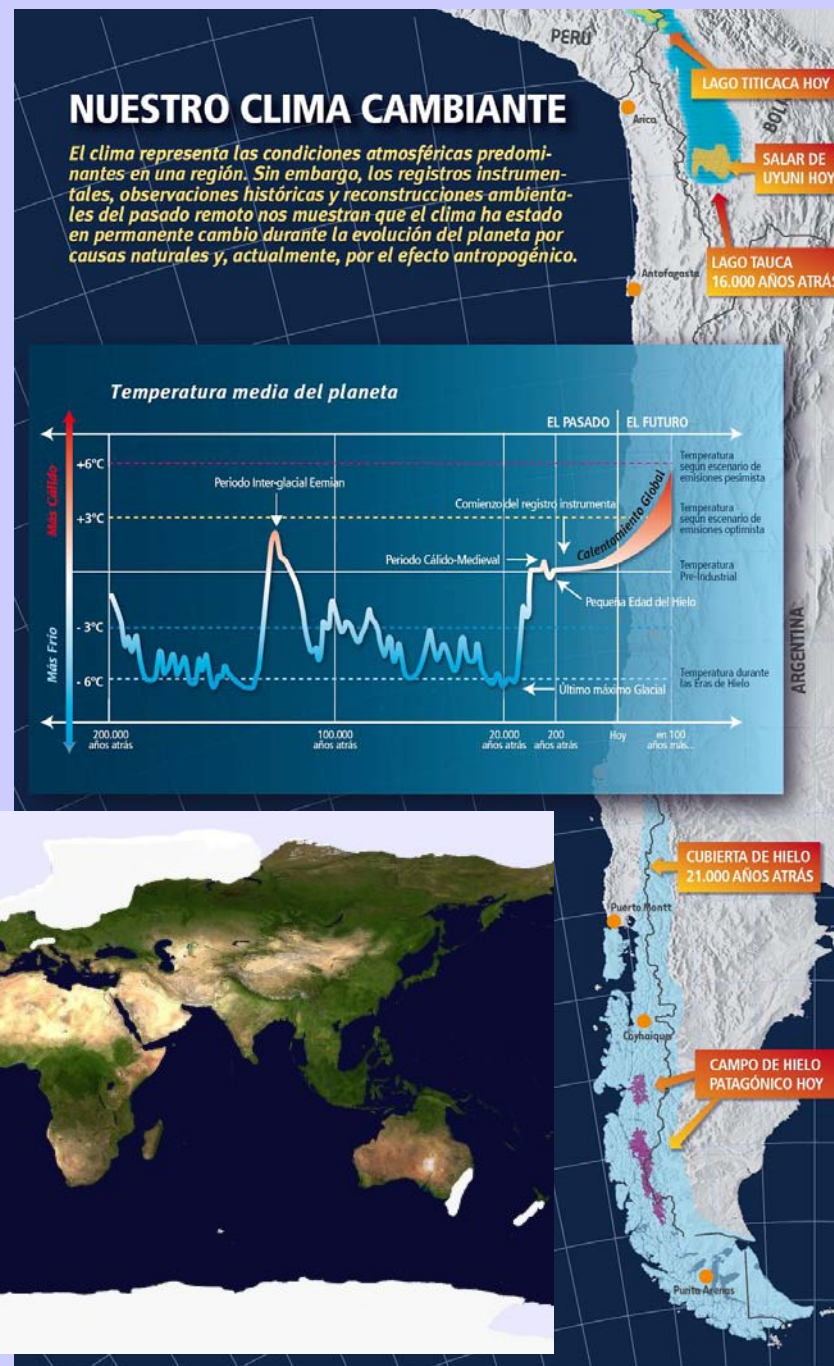
Introducción a la Meteorología. Sistema Climático

UCh/FCFM/DGF – R. Garreaud

Historia de la atmósfera terrestre: Temperatura



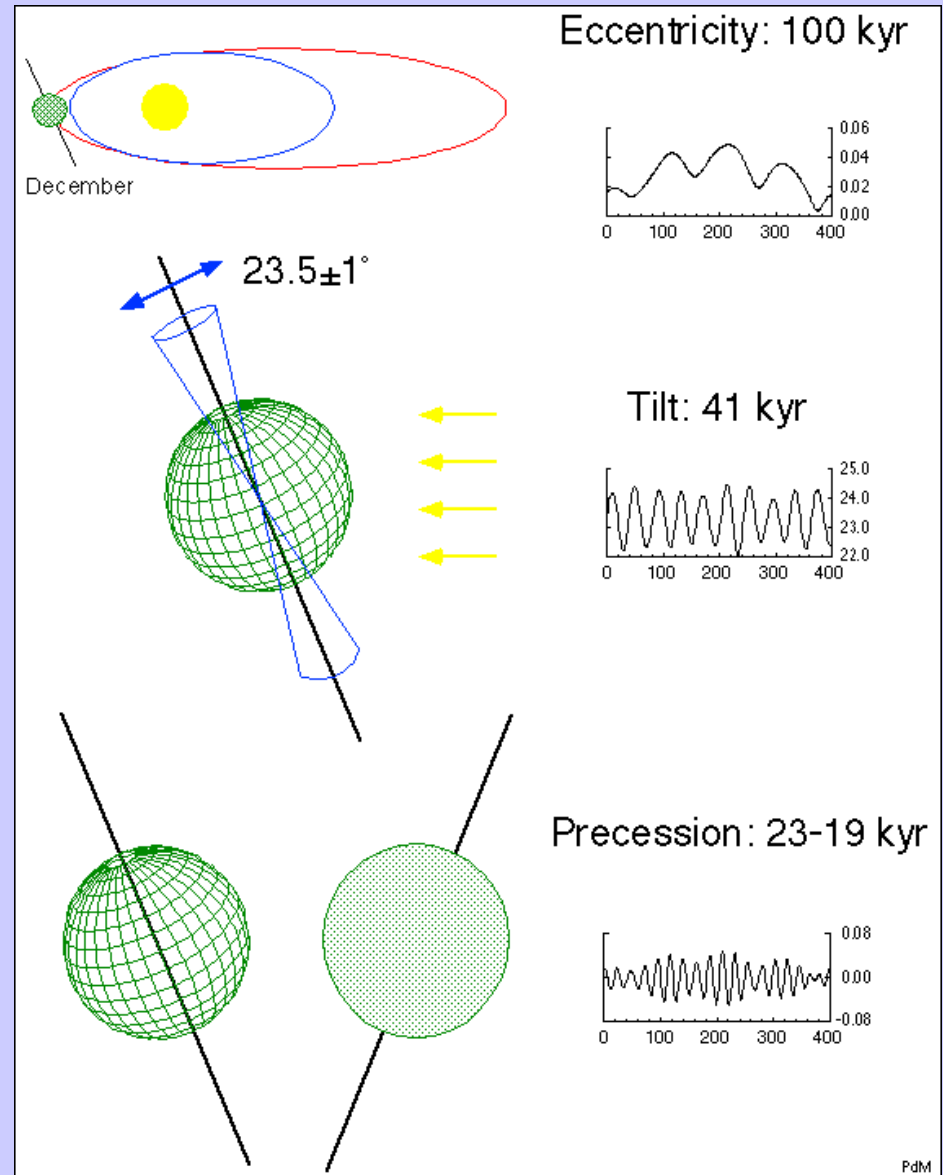
Condiciones durante el Ultimo máximo glacial



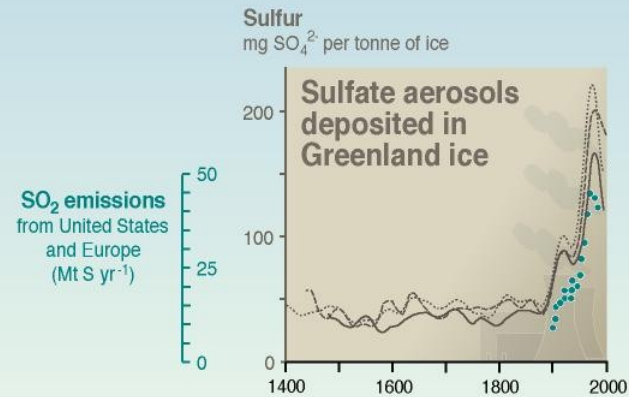
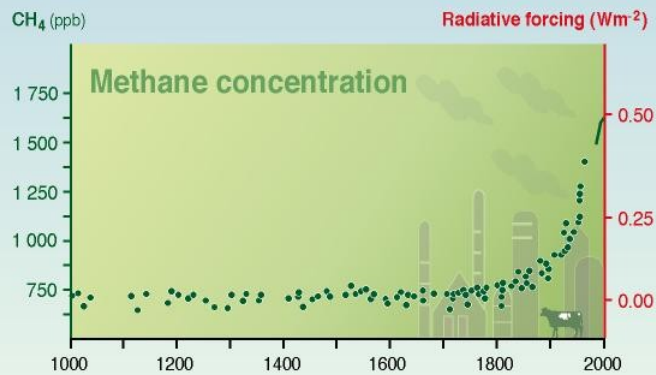
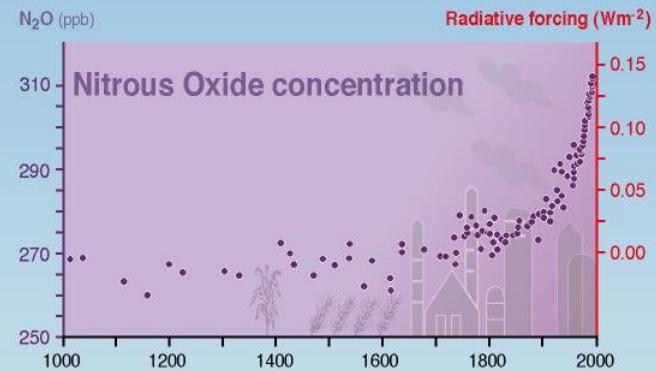
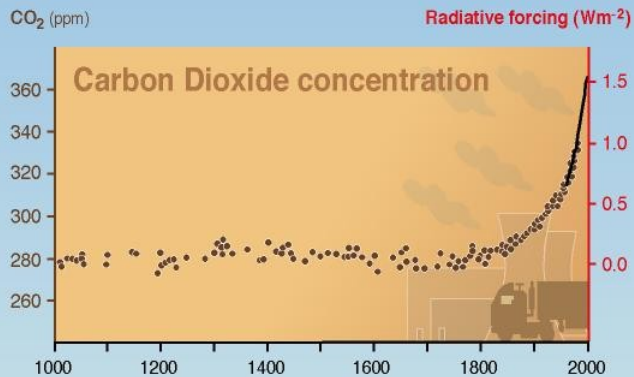
Introducción a la Meteorología. Sistema Climático

UCh/FCFM/DGF – R. Garreaud

Alternancia de condiciones glaciares-interglaciales durante los últimos 900 mil años se atribuyen a cambios en la geometría tierra-sol → cambios en la insolación HN → efecto albedo....

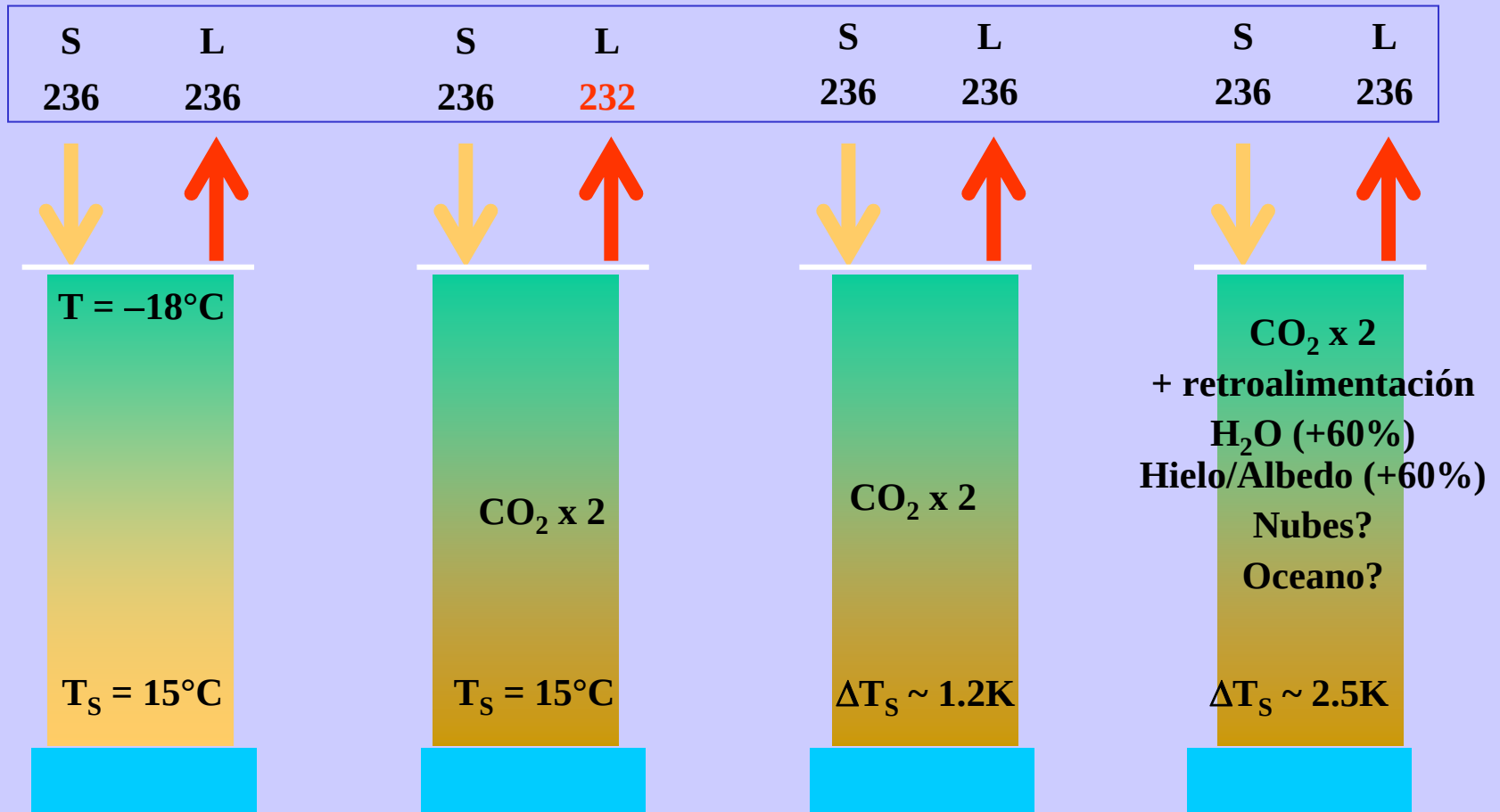


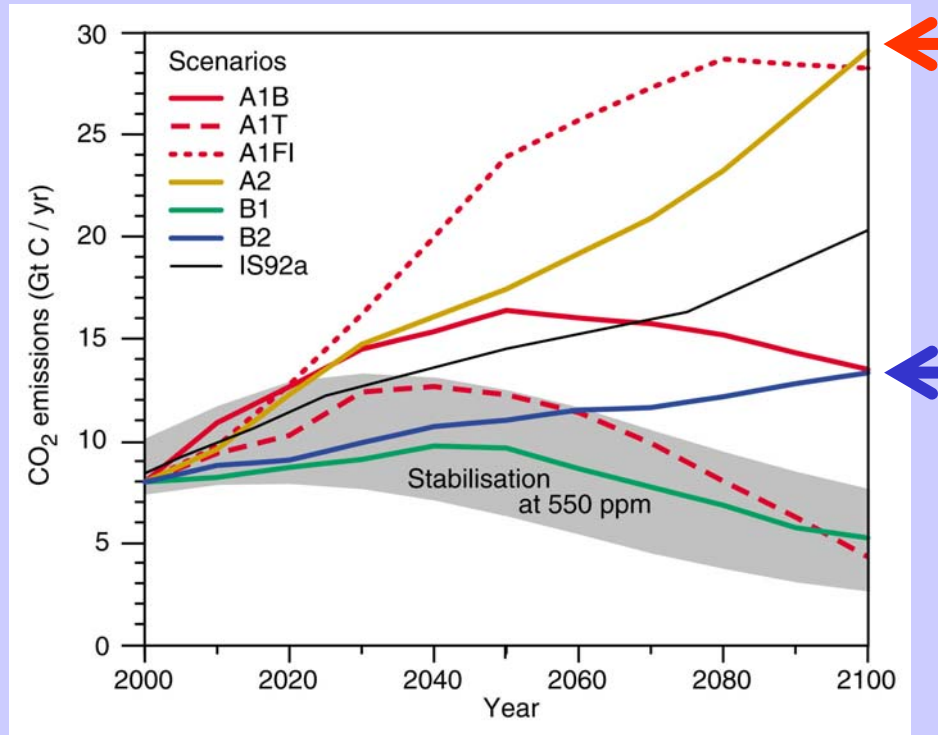
Indicators of the human influence on the atmosphere during the Industrial era



Efecto invernadero antrópico

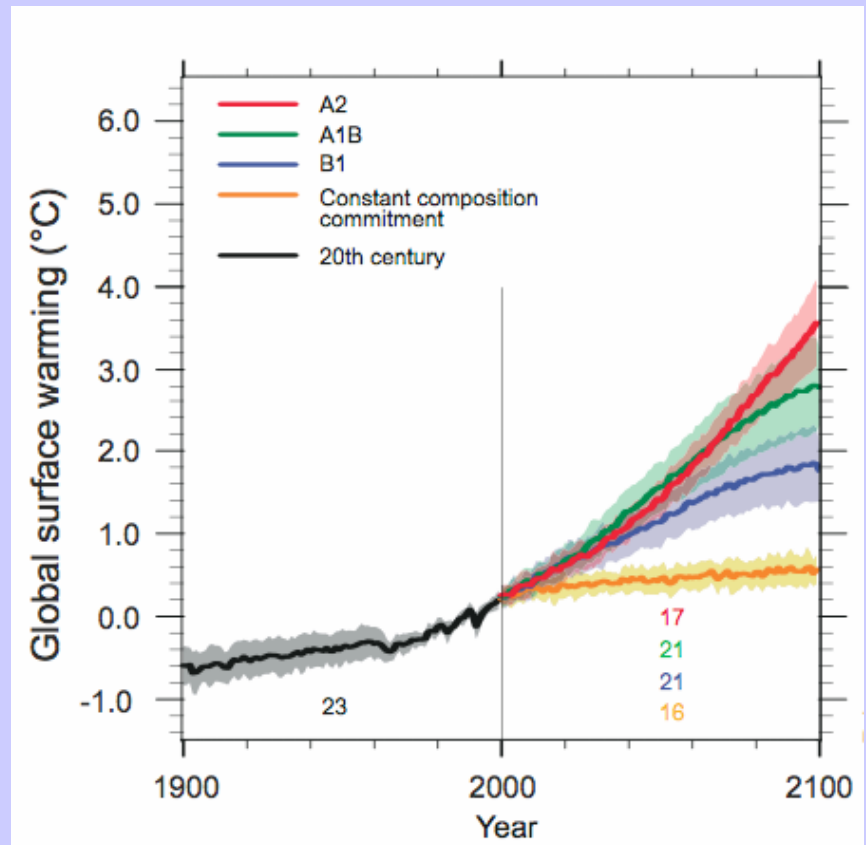
Sistema terrestre tiende al equilibrio



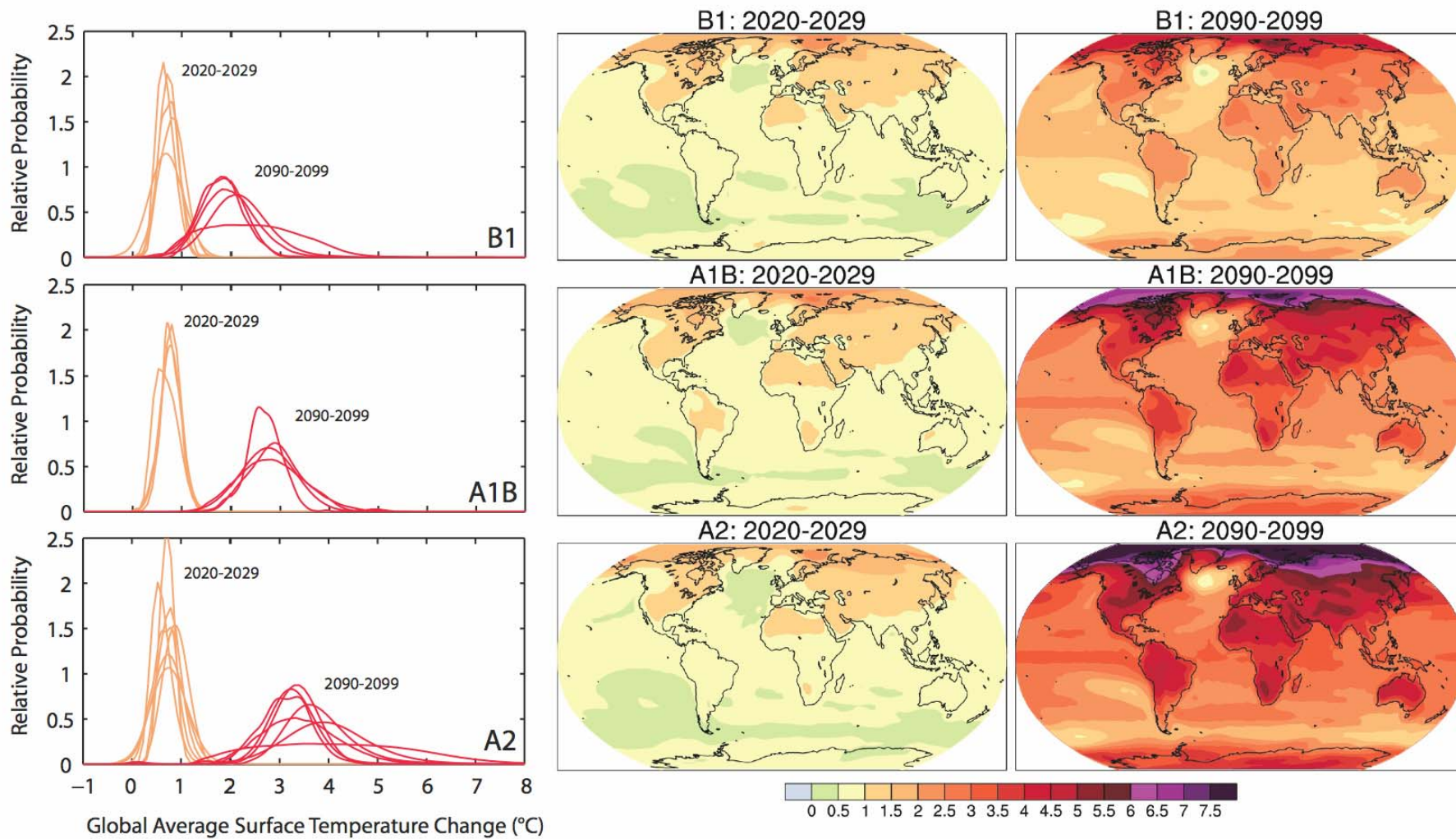


Escenarios Desarrollo
Economico-Social

GCMs

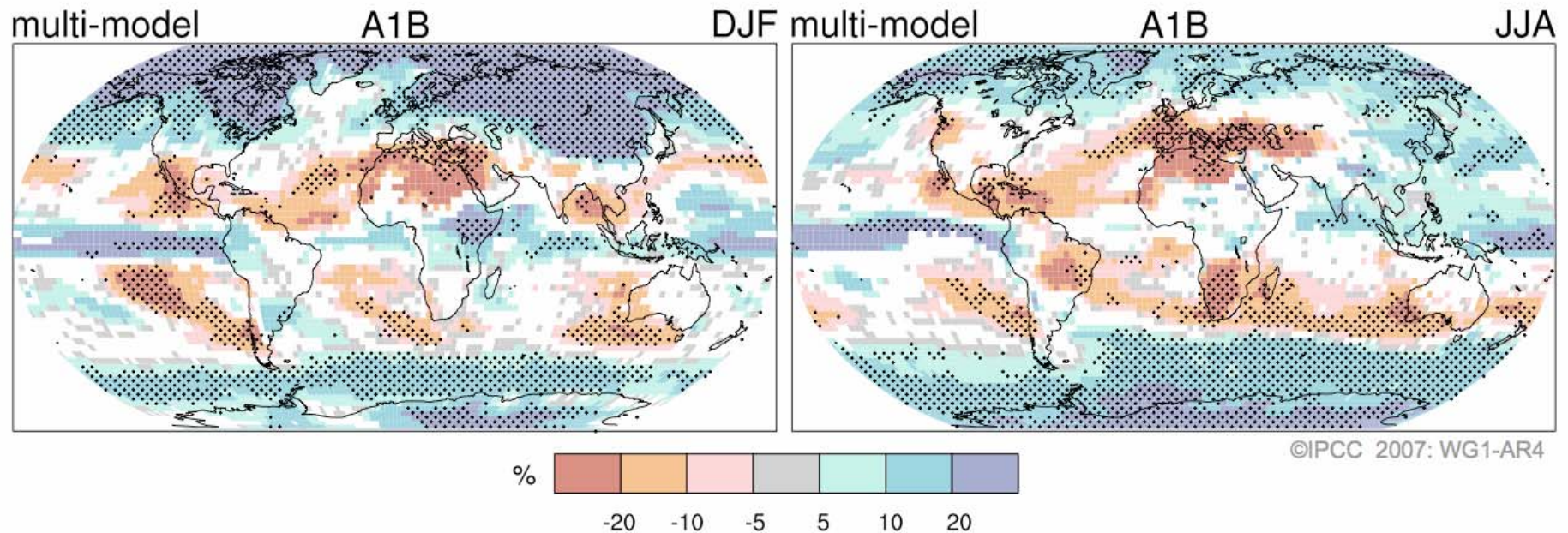


AOGCM Projections of Surface Temperatures

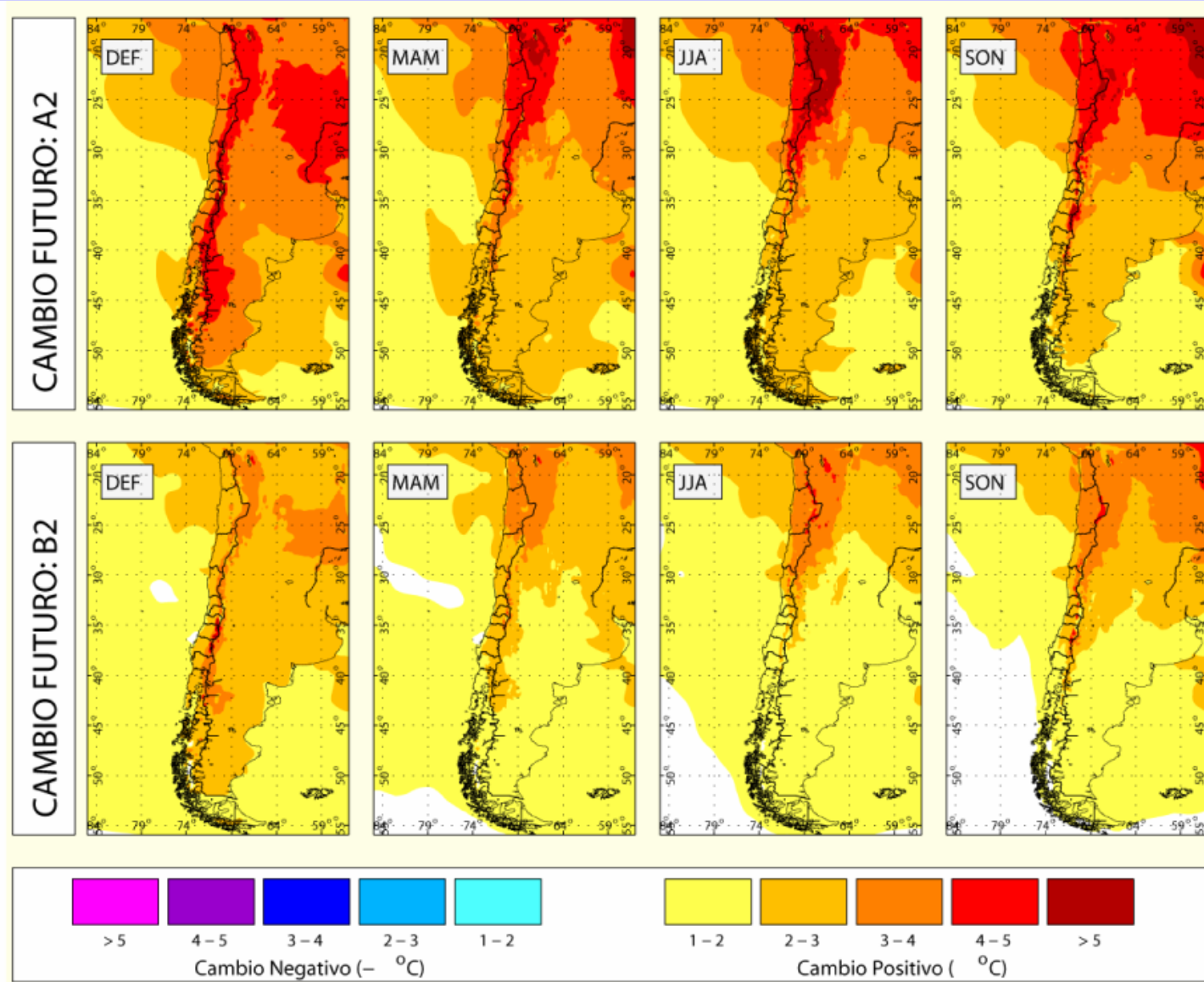


© IPCC 2007: WG1-AR4

Projected Patterns of Precipitation Changes

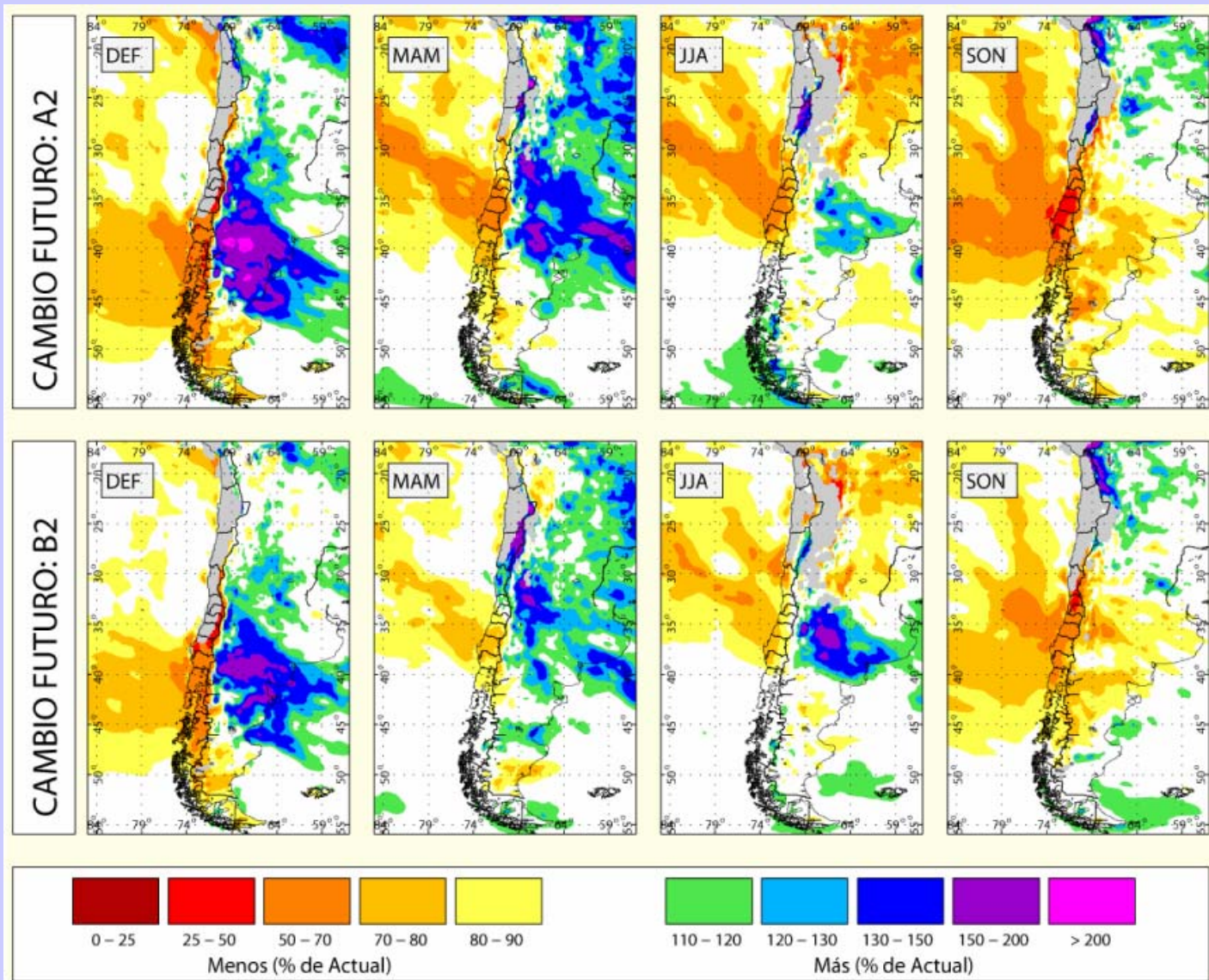


PRECIS-DGF $T_{\text{futuro}} - T_{\text{presente}}$



Futuro: 2071-2100 / Presente: 2071-2100

PRECIS-DGF $R_{\text{futuro}} / R_{\text{presente}}$



Futuro: 2071-2100 / Presente: 2071-2100