

EL SISTEMA CLIMÁTICO Y SUS COMPONENTES.

- El **CLIMA** es una síntesis del tiempo atmosférico en una **región** particular. En un **lugar** determinado se habla de **MICROCLIMA**, especialmente cuando difiere notoriamente del clima de la región correspondiente. Del **CLIMA** dependen desde los estados de ánimo, pasando por la disponibilidad (precio) de alimentos, agua y energía, hasta la historia de la humanidad, particularmente las grandes migraciones. De ahí la importancia de conocer los factores que controlan el **CLIMA**, sus fluctuaciones y tendencias de largo plazo. En este sentido, el **CLIMA** presenta variaciones "naturales" y "antropogénicas". Uno de los grandes desafíos de la ciencia actual es separar en forma inequívoca estas dos componentes.
- El **CLIMA** de una región depende de la latitud, altitud y orientación en relación a los **rayos solares**. La palabra **CLIMA** viene del griego (*inclinación*: se entiende de los rayos solares). El **calentamiento diferencial** de la superficie terrestre genera **vientos** (brisas en la escala local); ambos producen **evaporación**. A su vez la convergencia del vapor de agua hacia un cierto lugar o región, producto de los vientos y la evaporación, genera **nubes y precipitación**. Las nubes juegan a su vez un papel esencial en la intercepción de la radiación solar y también de la terrestre (efecto invernadero).
- El **sistema climático** de la Tierra determina la distribución de agua y energía (radiante, cinética, potencial) sobre la superficie terrestre. Sus elementos constitutivos son: la **atmósfera**, los **océanos**, la **cubierta helada (criósfera)** y el resto de la **superficie terrestre** (vegetación, suelo desnudo, nieve, agua dulce, arena etc.).
- Agua en el planeta tierra expresada en profundidad de agua líquida equivalente, si ésta cubriera toda la superficie terrestre:

Reservorio	Profundidad equiv. (m)	% del total
Océanos	2650	97
Campos de hielo, glaciares	60	2.2
Agua subterránea (estimado)	20	0.7
Lagos y ríos (estimado)	0.35	0.013
Humedad del suelo	0.12	0.013
Atmósfera	0.025	0.0009
Total	2730	100

- **Océanos** cubren el **71%** de la superficie terrestre con una profundidad media de **3729 m**. Tiene una gran memoria climática: Capacidad de acumular y entregar calor en escala de tiempo desde estaciones del año hasta siglos (circulación superficial y profunda, respectivamente). Intercambian gases, partículas y energía con la atmósfera. Rol fundamental de la **biósfera**.
- Un **70%** de la **superficie continental** está en el **Hemisferio Norte**, lo que marca profundas diferencias climáticas inter-hemisféricas (calentamiento diferencial).
- La **criósfera** cubre un **11%** de la superficie continental (Groenlandia y Antártica) y un **7%** de la superficie del mar (océanos glaciales Artico y Antártico).

HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL CLIMA DE LA TIERRA

- Clima terrestre suficientemente "estable" como para sustentar la vida desde hace 3.5 mil millones de años (3500 Ga), pero con profundas y dramáticas variaciones. Sistema Tierra-Luna se formó hace 4500 Ga a partir del Big-Bang que ocurrió hace 13.7 Ga.
- **Registros climáticos** : instrumentales, históricos, registros físicos, biológicos y químicos (registros paleoclimáticos).
 - Registros **instrumentales** (desde mediados del siglo XVII: barómetro, termómetro) muestran temperaturas en aumento desde los 1880's, con un calentamiento máximo de alrededor de 0.5 °C que culminó alrededor de 1940. Posteriormente hubo una declinación de alrededor de 0.2 °C hasta 1975, que fue seguido por un calentamiento hasta ahora (*Figura 1-1*). Posible impacto de la isla térmica urbana (alrededor de 0.1°C). También se ha observado en este período una disminución de la amplitud diaria de la temperatura (T_{máx.}-T_{mín.}), particularmente la subida de T_{mín.} (efecto invernadero: gases; bruma; aerosoles).
 - Registros **históricos** (ej. Inundaciones del Nilo, obras de arte, invasiones etc.)
 - Registros **paleoclimáticos** (*Figura 1-2*): Especialmente buenos para los últimos 100.000 años. Fuentes de información: testigos de hielo (isótopos de O₂, polvo); anillos de crecimiento de árboles, pólen fósil, posición de glaciares, testigos de fondo de lagos, bahías y océano profundo (razón O¹⁸/O¹⁶ en conchas de foraminíferas es f(1/T)).
 - Informe Panel Internacional del Cambio Climático (IPCC, 2007) (*Figura 1-3*)
- El **Cuaternario** (1.8 millones de años; desarrollo del *Homo Sapiens*). Ciclos de acumulación de hielo en los continentes (períodos glaciares-interglaciares), particularmente amplios en los últimos 700.000 años, con **ciclos regulares** debidos fundamentalmente a variaciones orbitales de la tierra en torno al sol y a su eje de rotación (teoría de **Milankovitch**): excentricidad (100.000 años: 1 a 11%), oblicuidad (41.000 años: 22.1 -24.5 grados) y precesión equinoccial (27.000 años). (*Figura 1-4*). Poca/mucha insolación en verano del hemisferio norte acumula/ derrite nieve invernal >> períodos **glaciares/interglaciares**.
- Después de una mínima cobertura de hielo 125.000 años atrás (similar a la actual), ésta fue aumentando hasta un máximo 20.000 años atrás (**LGM**). Entre 14.000 y 7.000 años atrás se derritieron los glaciares para llegar abruptamente a la situación actual (**interglacial**), con un incremento en el nivel del mar del orden de 120 m. La historia del CO₂ sigue de cerca la de los cambios de temperatura (*Figura 1-3*) entre esos extremos: 190 ppmv en el LGM; 280 ppmv en la época pre-industrial, 350 ppmv en 1990. El metano (CH₄) ha experimentado variaciones similares.
- El **Holoceno**: Entre 9.000 y 5.500 años atrás (Holoceno temprano), luego del deshielo que siguió al último máximo glacial (LGM) los monzones del HN fueron mas intensos (mas lluvias de verano) junto con un desplazamiento hacia el ecuador de los oestes del HS (mas lluvias en Chile semiárido) producto de cambios en los parámetros orbitales. Entre las oscilaciones climáticas mas recientes hay un período cálido medieval y luego un período frío conocido como la Pequeña edad del hielo (LIA) entre 1250-1850, producto de un descenso en la luminosidad (actividad) solar

Figura 1.1 Diferencia anual de la temperatura media global del aire entre 1850 y el presente con respecto a un promedio estándar entre 1961-1990 (30 años)

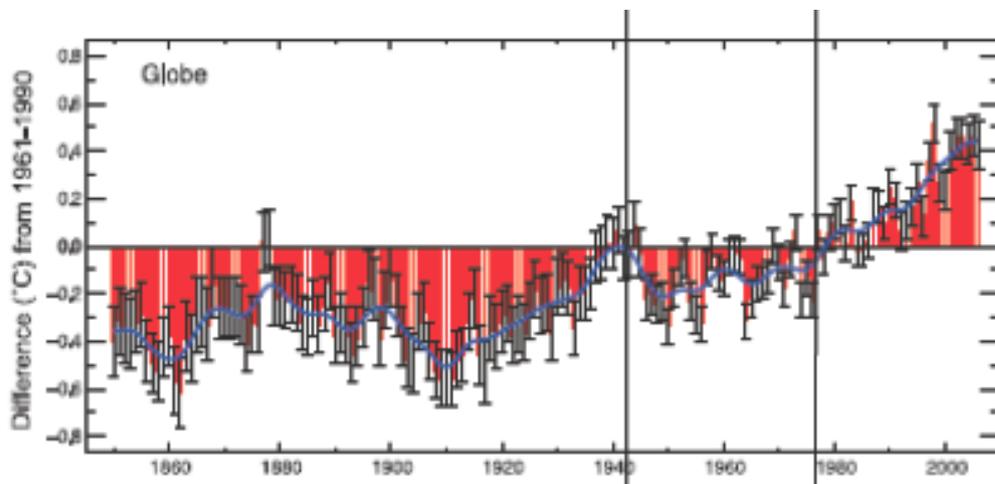
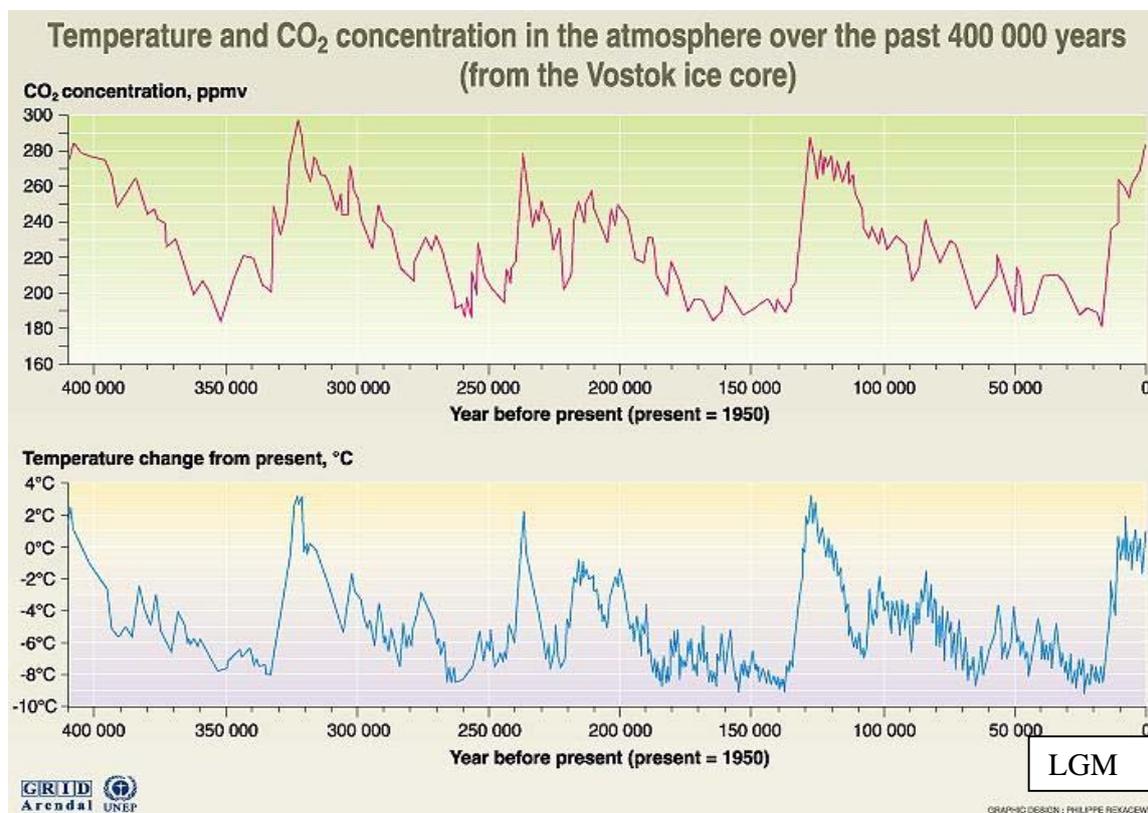


Figura 1.2 Cambios en la temperatura global media del aire y concentración de dióxido de carbono en los últimos 420.000 años.



Source: J.R. Peill, J. Jouzel, et al. Climate and atmospheric history of the past 420 000 years from the Vostok ice core in Antarctica, Nature 389 (3June), pp 429-436, 1998.

Figura 1.3 Cambios en la temperatura, nivel del mar y cubierta nival en el hemisferio norte.

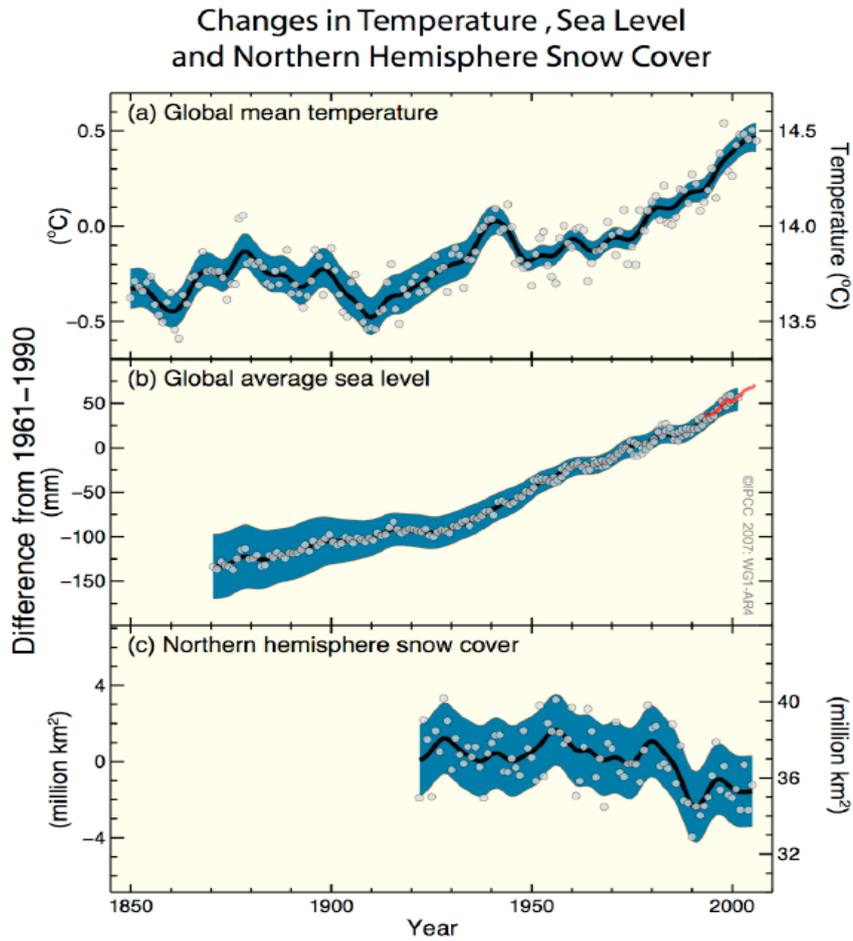


FIGURE SPM-3. Observed changes in (a) global average surface temperature; (b) global average sea level rise from tide gauge (blue) and satellite (red) data and (c) Northern Hemisphere snow cover for March-April. All changes are relative to corresponding averages for the period 1961-1990. Smoothed curves represent decadal averaged values while circles show yearly values. The shaded areas are the uncertainty intervals estimated from a comprehensive analysis of known uncertainties (a and b) and from the time series (c). {FAQ 3.1, Figure 1, Figure 4.2 and Figure 5.13}

Figura 1.4 Variaciones orbitales (Milankovitch)

FIGURE 6.24 Orbital variations. **A.** The shape of Earth's orbit changes during a cycle that spans about 100,000 years. It gradually changes from nearly circular to one that is more elliptical and then back again. This diagram greatly exaggerates the amount of change. **B.** Today, the axis of rotation is tilted about 23.5° to the plane of Earth's orbit. During a cycle of 41,000 years, this angle varies from 22° to 24.5° . **C.** Precession. Earth's axis wobbles like that of a spinning top. Consequently, the axis points to different spots in the sky during a cycle of about 26,000 years.

