



semana 1: introducción al sistema climático y cc

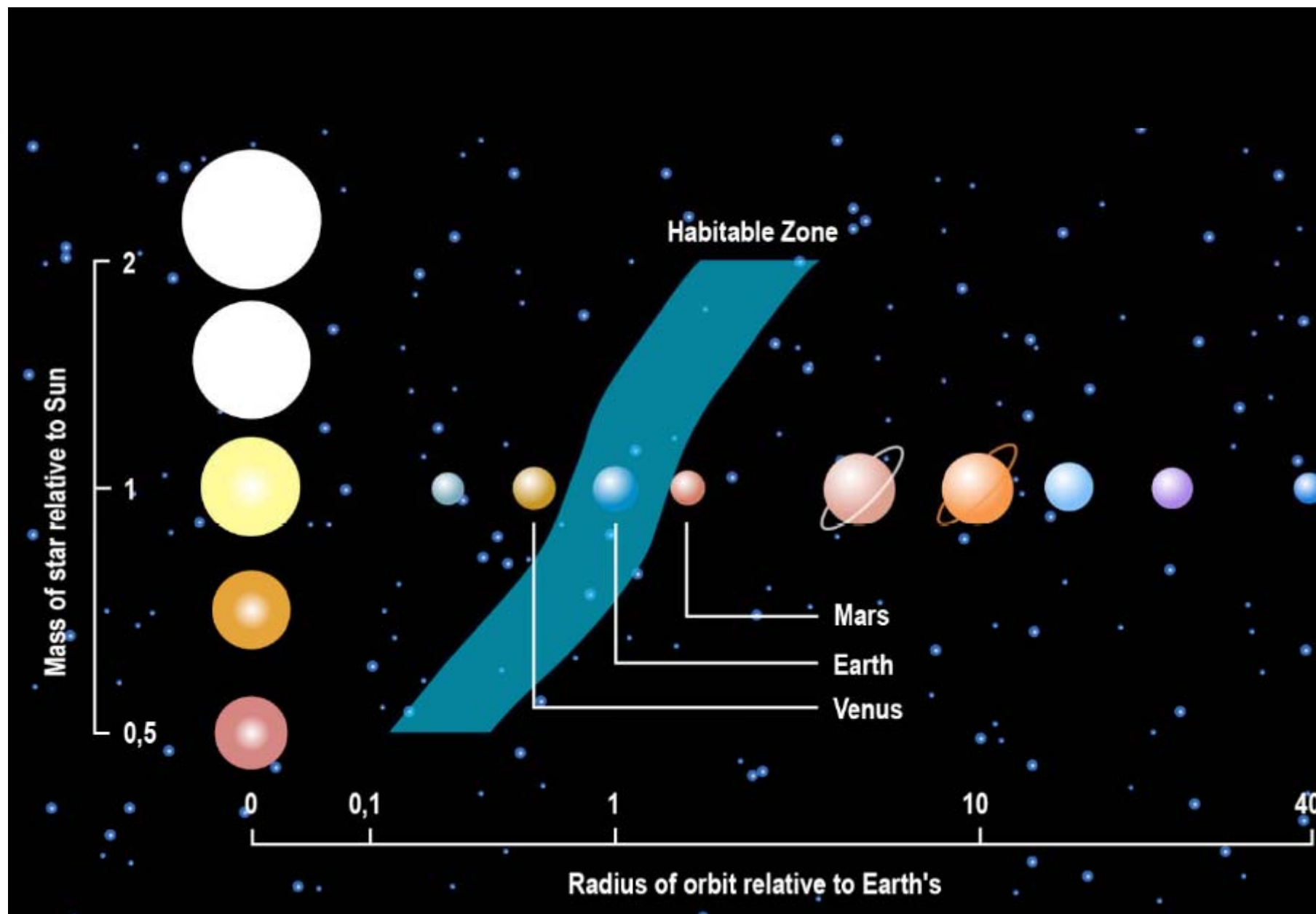
eh1d3 - calentamiento global:
un análisis científico-humanista

Martín Jacques Coper
martin@dgf.uchile.cl

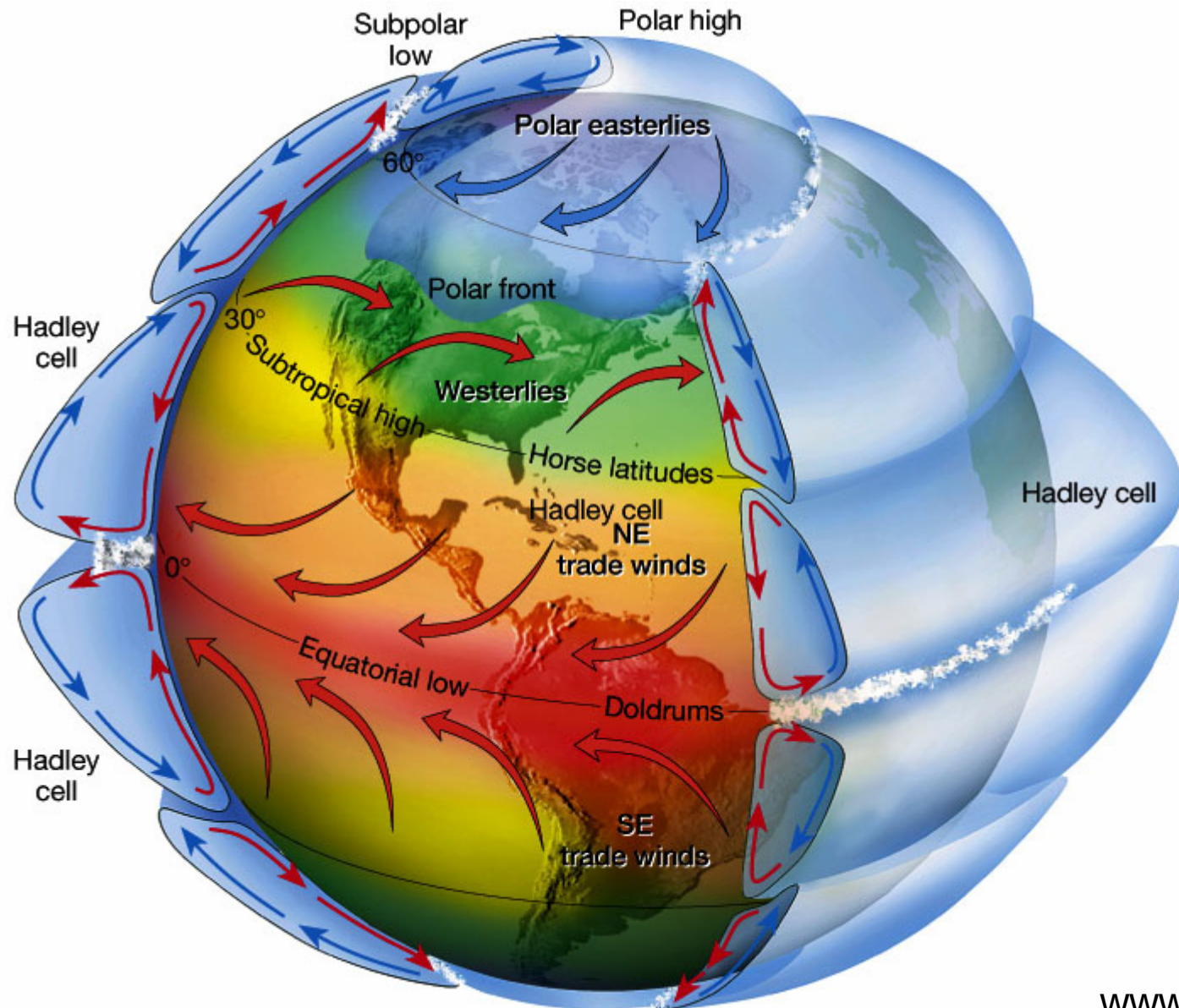
contenidos



- presentación y *advertencias*
- vistazo al sistema climático
- cambios climáticos ‘pasados’ en la Tierra
 - registros de climas previos al periodo instrumental
 - evolución (temperatura) en distintas escalas temporales
 - glaciaciones: teoría de Milankovitch
 - otro ejemplo: ENSO vs PDO



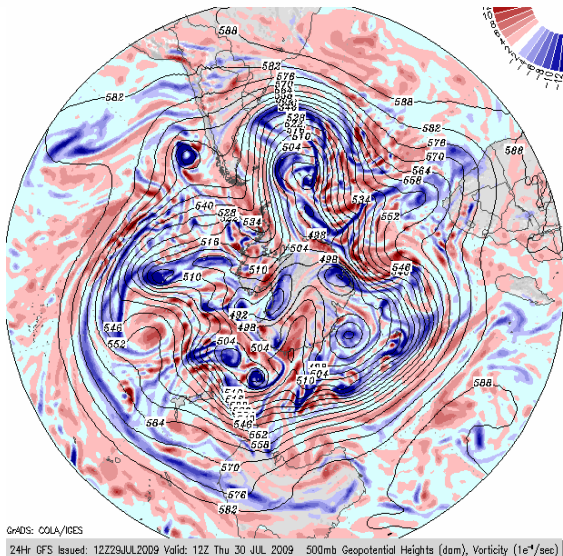
la dinámica del sistema climático



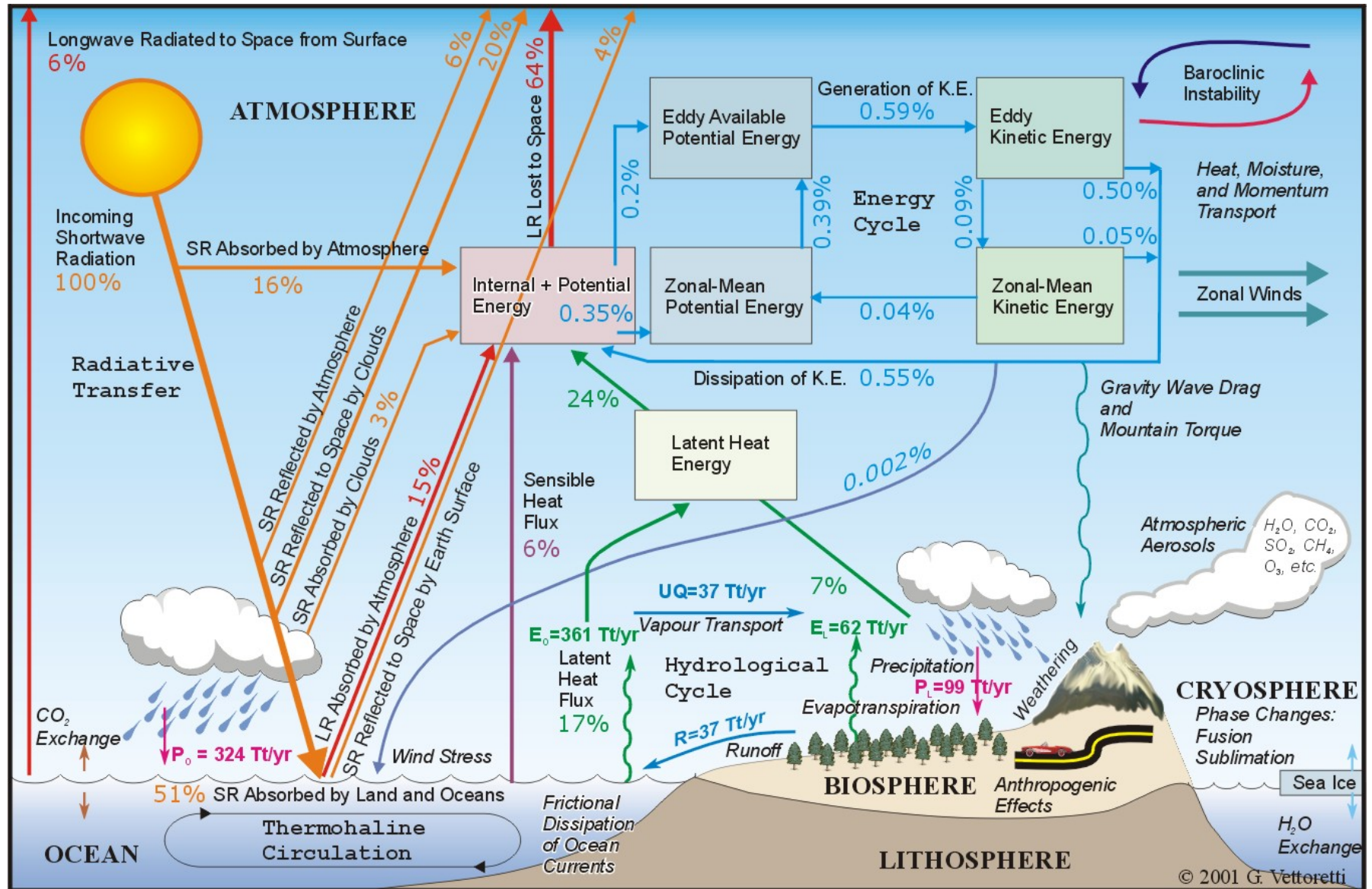
movimientos en la atmósfera

Table 1.4 Scales of Atmospheric Motions

Type of motion	Horizontal scale (m)
Molecular mean free path	10^{-7}
Minute turbulent eddies	$10^{-2} - 10^{-1}$
Small eddies	$10^{-1} - 1$
Dust devils	$1 - 10$
Gusts	$10 - 10^2$
Tornadoes	10^2
Cumulonimbus clouds	10^3
Fronts, squall lines	$10^4 - 10^5$
Hurricanes	10^5
Synoptic cyclones	10^6
Planetary waves	10^7



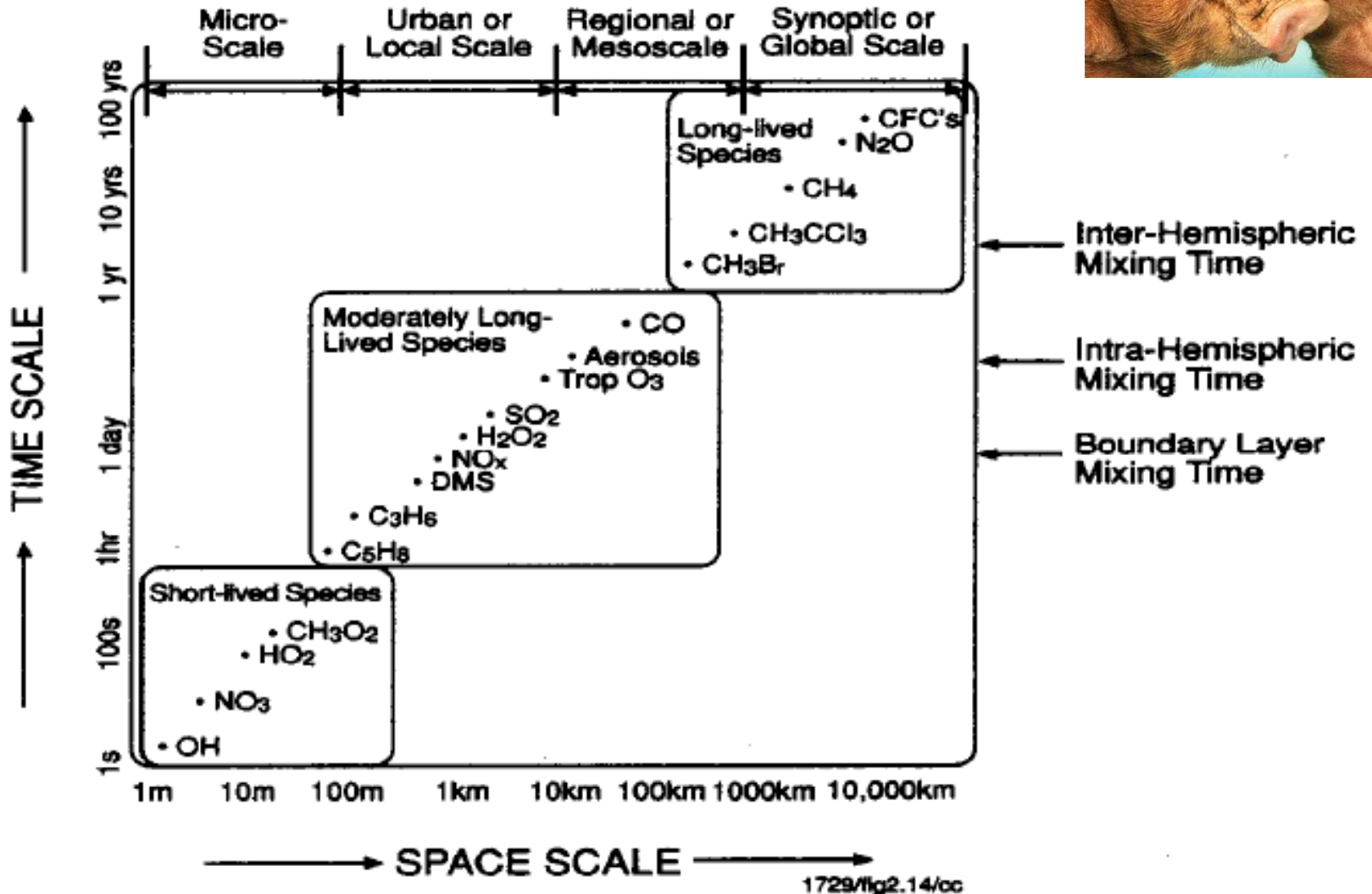
interacciones complejas



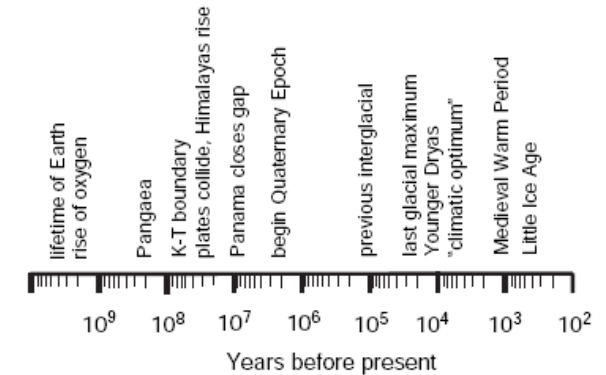
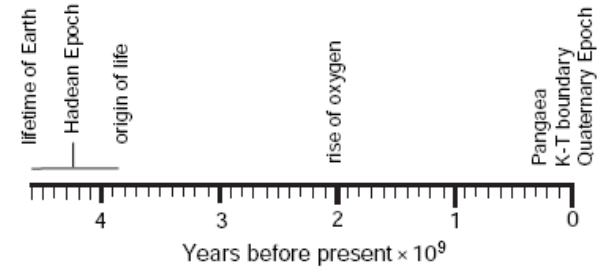
transporte de masa, energía (calor), momentum

componentes: atmósfera, hidrósfera, criósfera, litósfera, biósfera...

también hay química...



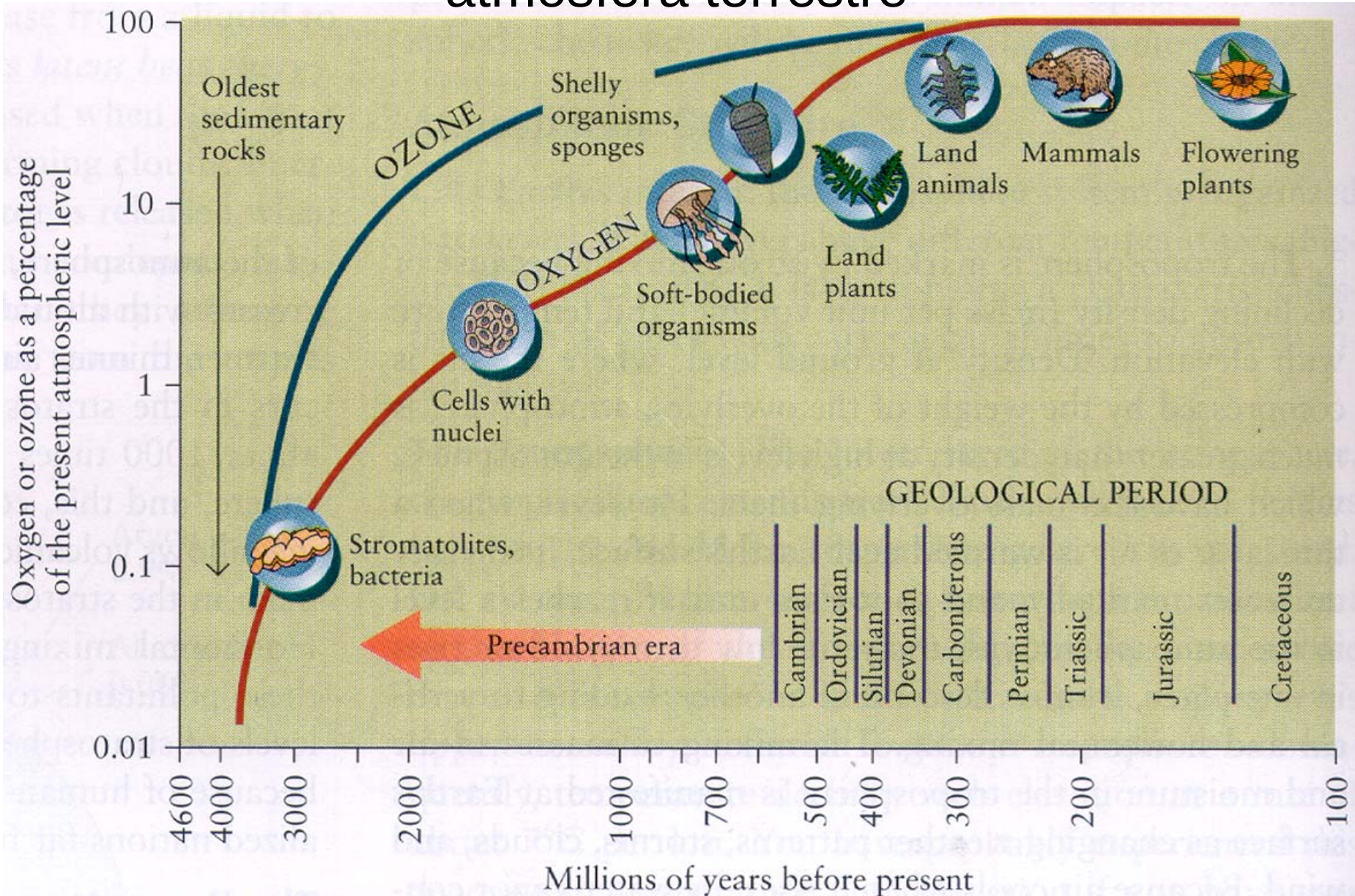
nuestra pequeñez



Suceso	Edad 10 ⁶ años	Fecha 'equivalentes'	Hora
Formación de la Tierra	4.550	Ene-01	
Rocas más antiguas (sedimentarias)	3.800	Mar-01	
Primeras formas de vida (estromatolitos)	3.500	Mar-25	
Oxígeno en la atmósfera (Franjas de hierro)	2.000	Jul-24	
Primeros animales multicelulares	680	Nov-07	
Primeros animales vertebrados	450	Nov-25	
Primeras plantas terrestres	430	Nov-27	
Primeros peces	400	Nov-29	
Primeros anfibios	365	Dic-02	
Primeros mamíferos y dinosaurios	200	Dic-15	
Ruptura de Gondwana	150	Dic-19	11:00:00
Extinción de dinosaurios	65	Dic-26	21:00:00
Antártica se separa de Australia	53	Dic-27	
Primeros monos	25	Dic-29	24:00:00
Hombre de Neanderthal	0,042	Dic-31	23:55:16
Registro histórico (Sumeria)	0,005	Dic-31	23:59:25
Origen Era Cristiana	0,002	Dic-31	23:59:46
Descubrimiento América	0,0005	Dic-31	23:59:56

Años BP	Historia de la Agricultura
12000	Origen de la agricultura en Mesopotamia y Río Amarillo (China)
11000	De nómada a sedentario
10500	Primeras colonias estables con cientos de pobladores
9500	Animales domesticados: cabras, ovejas, cerdos y vacunos
6400	Invencción de la rueda al W del Mar Negro
6000	Toda Europa practica la agricultura en granjas
	Metalurgia, caballo domesticado
5000	Escritura en Sumeria
4000	Irrigación es aplicada profusamente en arrozales del SE de Asia
2000	Practicamente todos los cultivos actuales eran practicados
	Población crece multiplicándose por 20
	De villas a pueblos a ciudades con estructuras sociales complejas: ricos/pobres, ejércitos estables
3200 a 1400	Aparecen las mayores religiones: 604 BC Taoismo, 570 budismo, 551 Confucio, 0 cristo, 570 AD Mahoma. Para proteger a los
	desposeídos en sociedades crecientemente ricas
0	Chinos inventan la pólvora
1340	Arabes inventan el cañón

evolución de la vida y de la composición de la atmósfera terrestre



registros del clima *moderno*

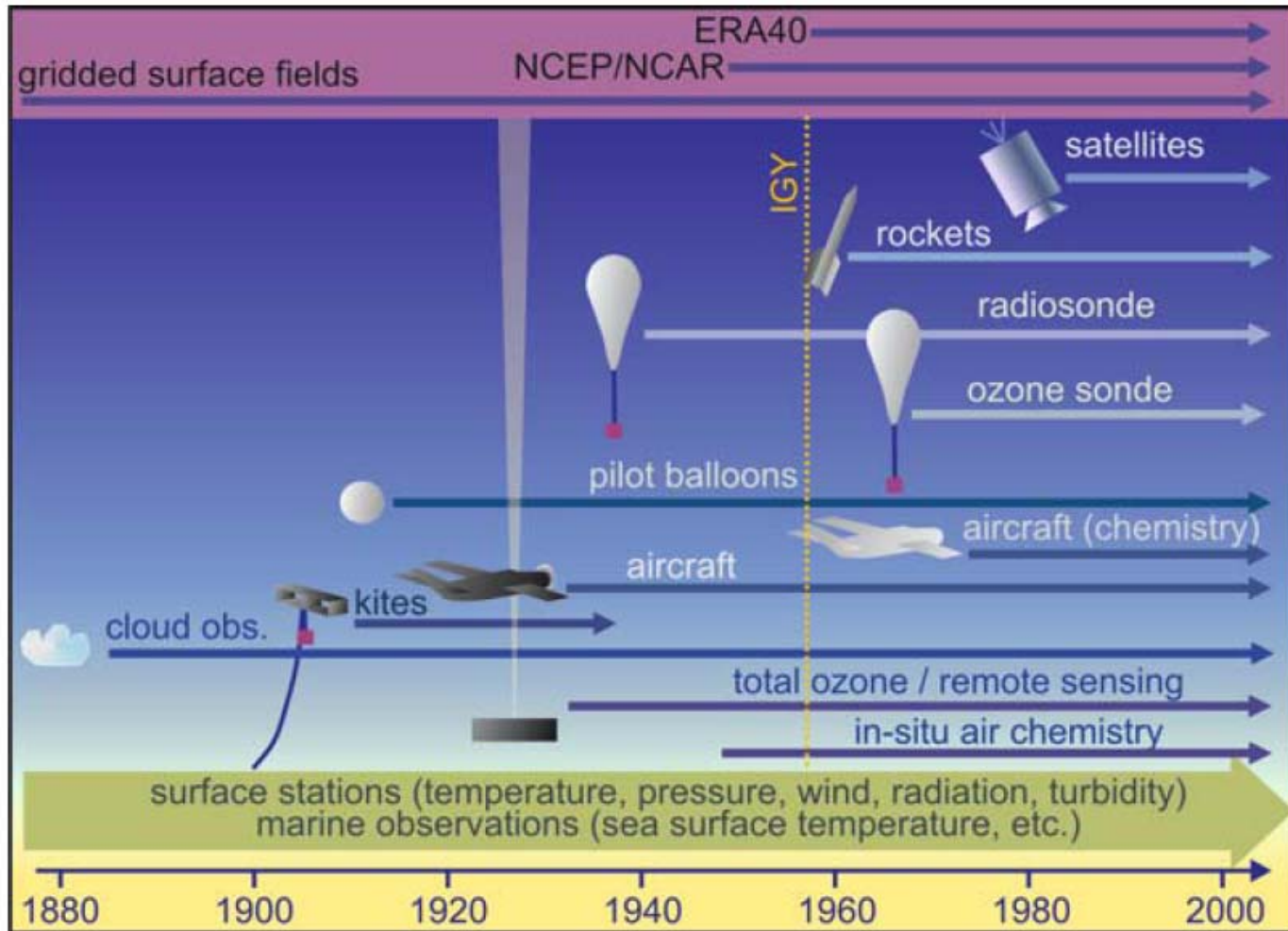
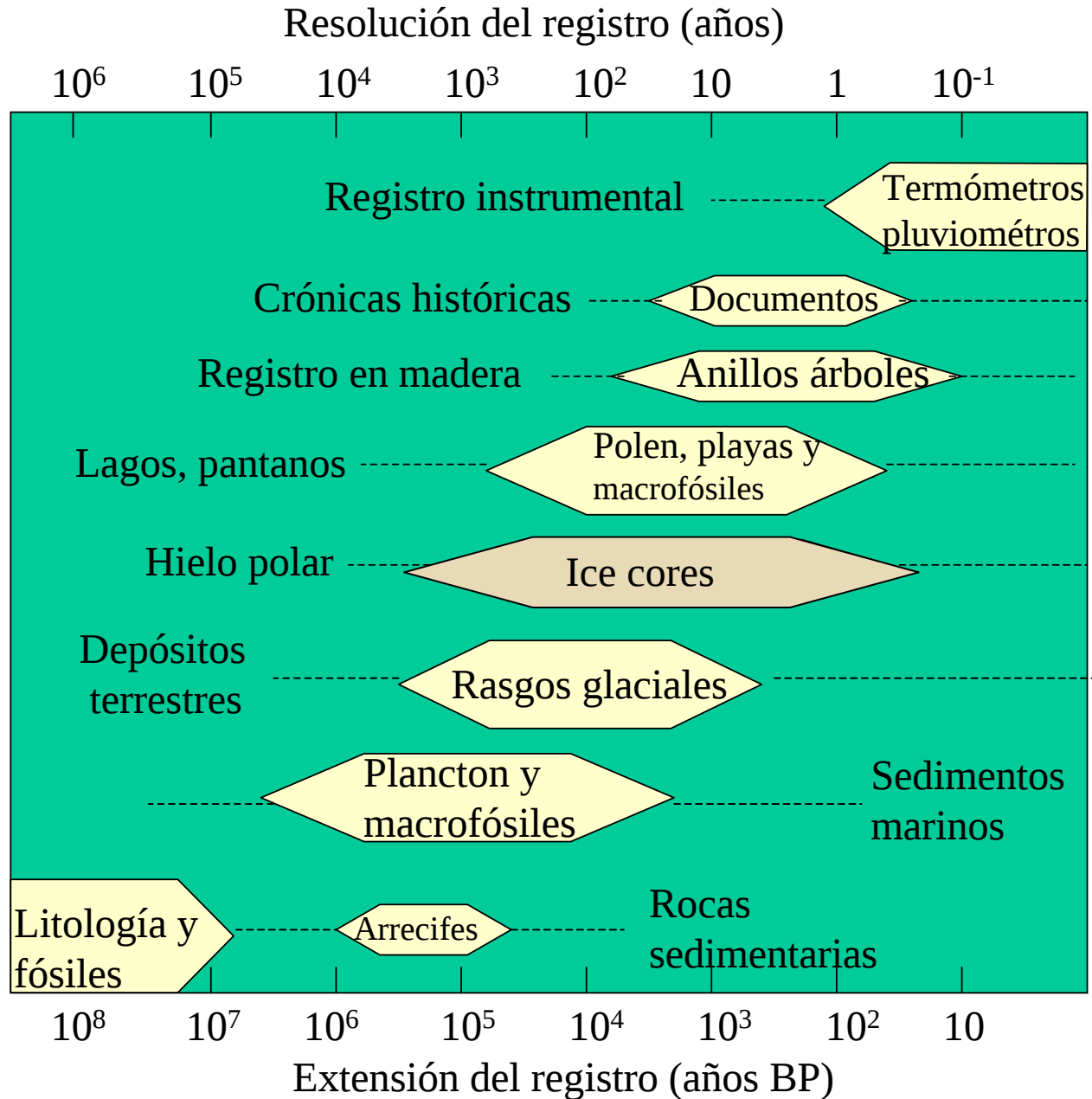


Fig. 3 Measurement platforms for 20th century climate data (adapted from Brönnimann et al. 2005).

paleoclima: los testigos del pasado



distintos *proxies*



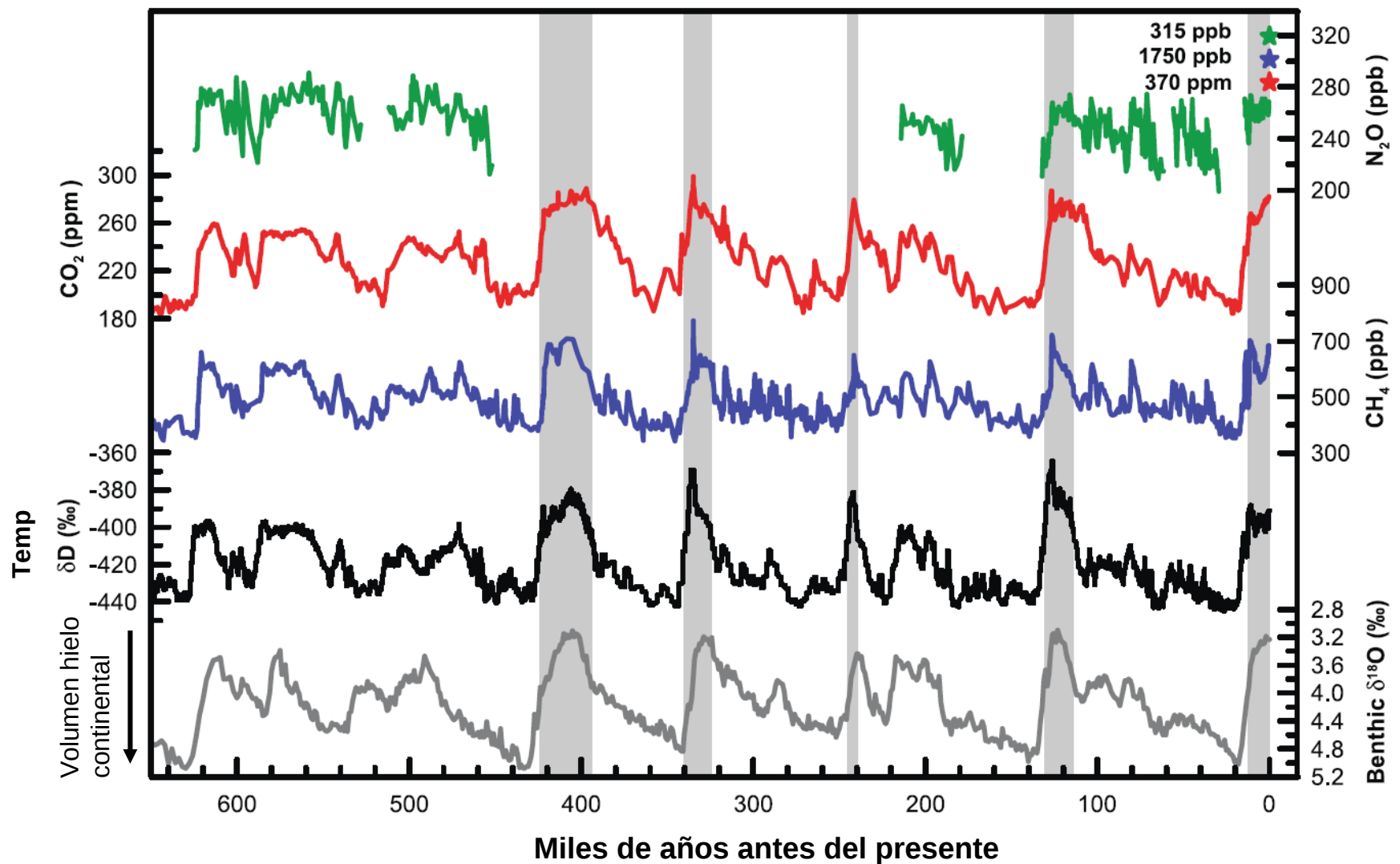
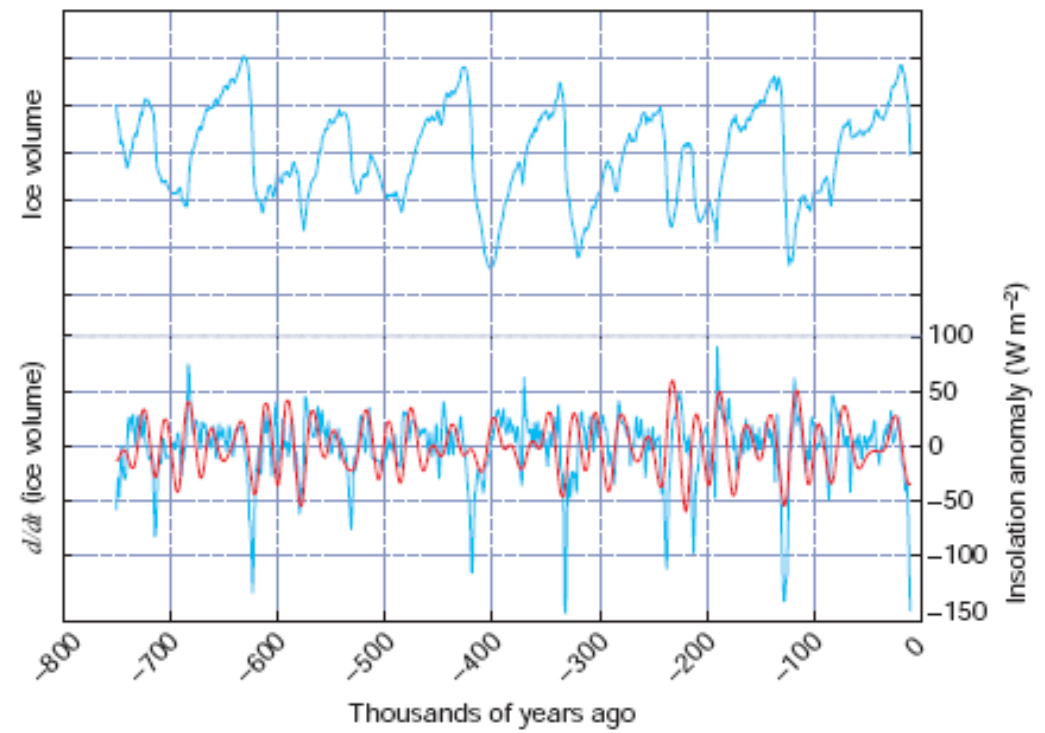


Figure 6.3. Variations of deuterium (δD ; black), a proxy for local temperature, and the atmospheric concentrations of the greenhouse gases CO₂ (red), CH₄ (blue), and nitrous oxide (N₂O; green) derived from air trapped within ice cores from Antarctica and from recent atmospheric measurements (Petit et al., 1999; Indermühle et al., 2000; EPICA community members, 2004; Spahni et al., 2005; Siegenthaler et al., 2005a,b). The shading indicates the last interglacial warm periods. Interglacial periods also existed prior to 450 ka, but these were apparently colder than the typical interglacials of the latest Quaternary. The length of the current interglacial is not unusual in the context of the last 650 kyr. The stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}O$ marine records (dark grey), a proxy for global ice volume fluctuations (Lisiecki and Raymo, 2005), is displayed for comparison with the ice core data. Downward trends in the benthic $\delta^{18}O$ curve reflect increasing ice volumes on land. Note that the shaded vertical bars are based on the ice core age model (EPICA community members, 2004), and that the marine record is plotted on its original time scale based on tuning to the orbital parameters (Lisiecki and Raymo, 2005). The stars and labels indicate atmospheric concentrations at year 2000.

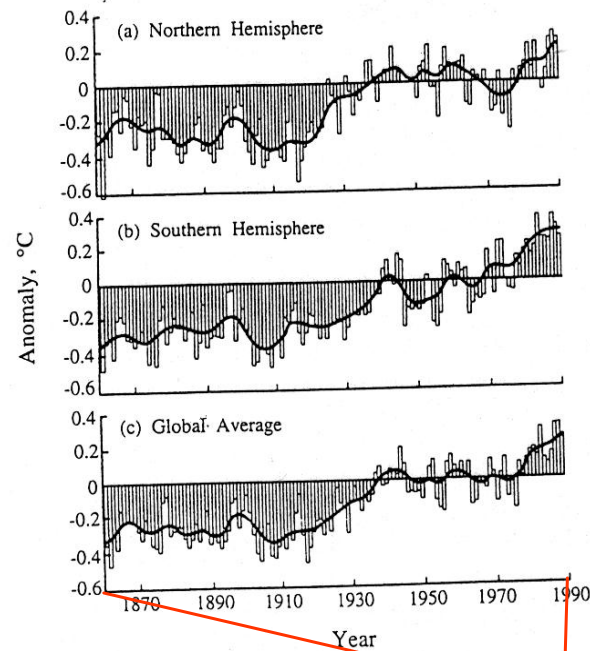
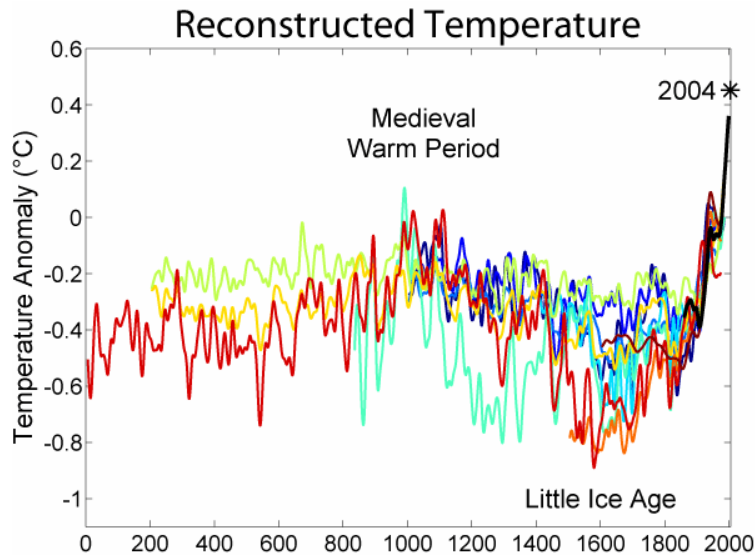


applet!
<http://cimss.ssec.wisc.edu/wxfest/Milankovitch/earthorbit.html>

cc: las escalas temporales

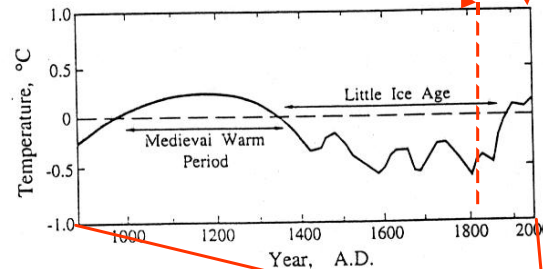
- las mediciones (directas e indirectas) dan cuenta de distintas escalas (temporales y espaciales) de variabilidad climática
- en el caso de oscilaciones, se puede hablar de periodos o frecuencias
- las altas frecuencias están ‘anidadas’ en las bajas
- un cambio en el clima de una determinada escala temporal se asocia a una causa de similar característica
- sin embargo, el clima presenta distintos tipos de variabilidad (no todo es tan ‘regular’)



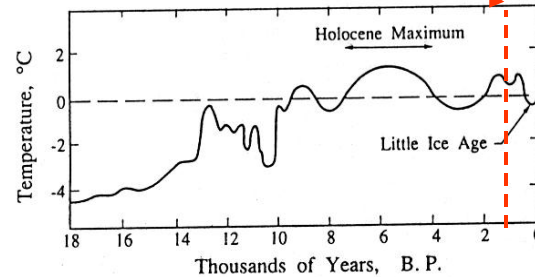


Variación de la temperatura del aire sobre continentes y mares junto con temperaturas del mar superficial, respecto del valor promedio entre 1951- 1980.

- Arriba Hemisferio Norte
- Centro Hemisferio Sur
- Abajo Global.

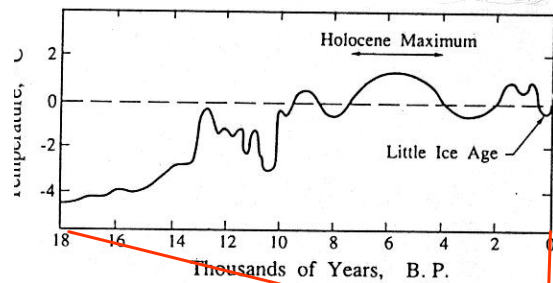


Variación de la temperatura del aire cerca de la superficie a través del último milenio. Extraídas de anillos de árboles y crónicas principalmente para Europa occidental y Este de Norteamérica. Variaciones respecto del valor medio durante 1900.

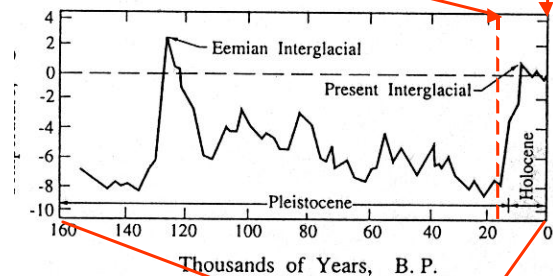


Variación de la temperatura del aire cerca de la superficie a través de los últimos 18000 años respecto del valor medio de 1900. Estimadas de una variedad de fuentes.

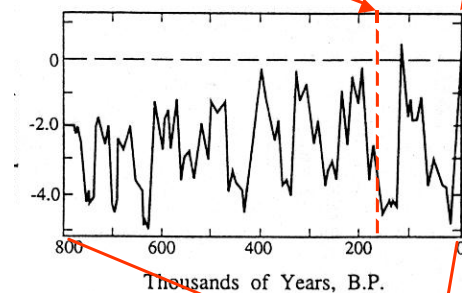
Figura 3a



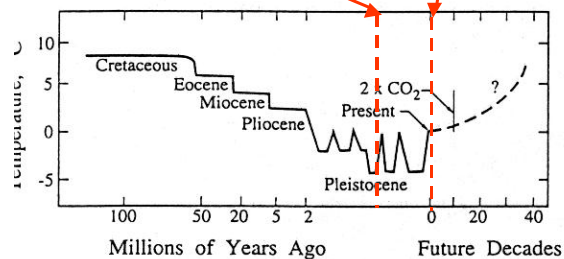
Variación de la temperatura del aire cerca de la superficie a través del último milenio. Extraídas de anillos de árboles y crónicas principalmente para Europa occidental y Este de Norteamérica. Variaciones respecto del valor medio durante 1900.



Temperatura del aire cerca de la Antártica para los últimos 150.000 años estimadas a partir de razones isotópicas en testigos de hielo recuperados en la Base Vostok, referidos al valor de 1900.



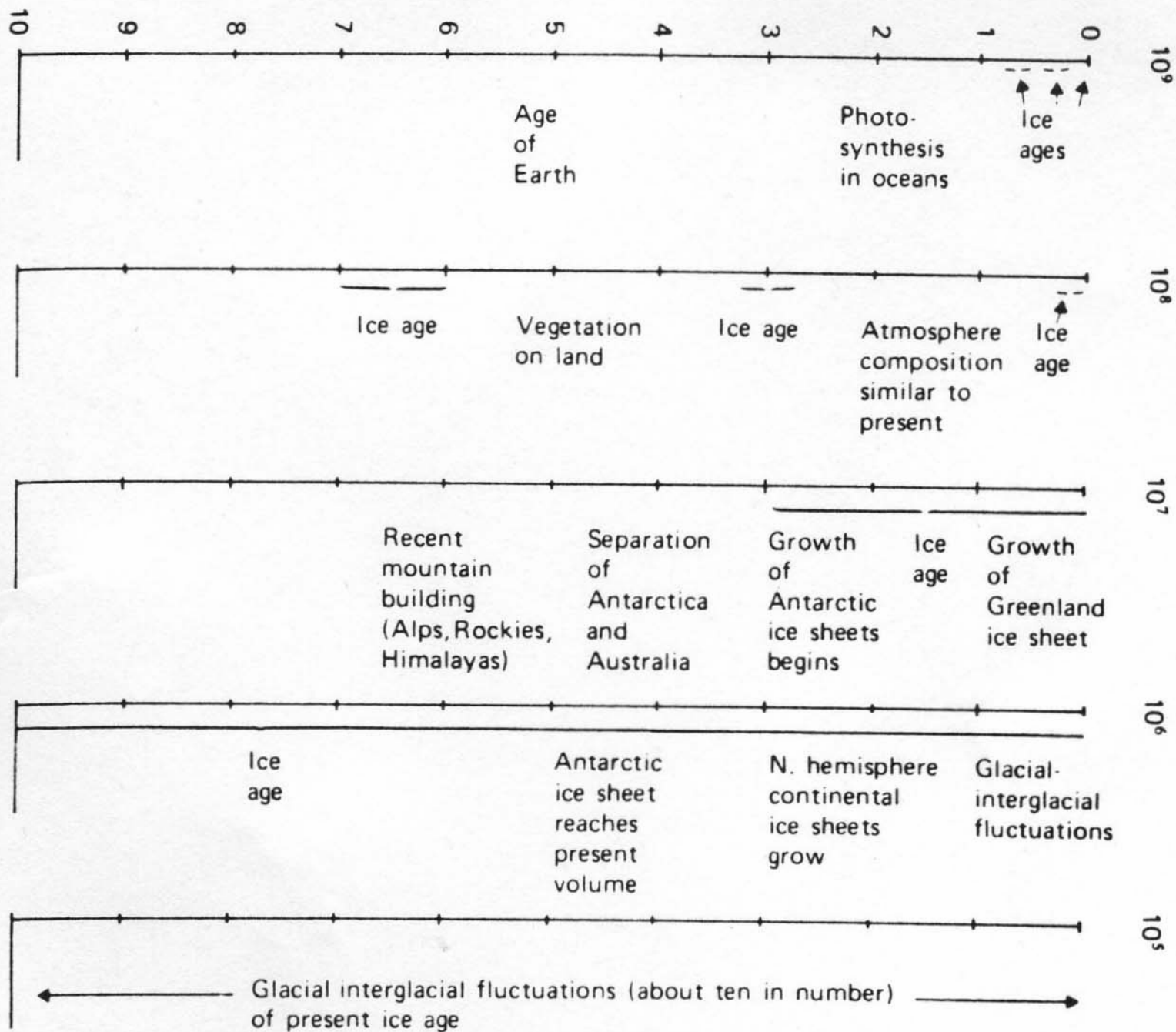
Estimación de temperaturas superficiales para los últimos 800.000 años inferidas de la razón de isótopos de oxígeno en plankton fósil depositado en el fondo marino.



Reconstrucción esquemática de la temperatura global media a través de los últimos 100 millones de años en base a sedimentos marinos y terrestres. El pronóstico está basado en un consumo substancial de las reservas de combustible fósil.

Figura 3b

Years before present (x power of ten)



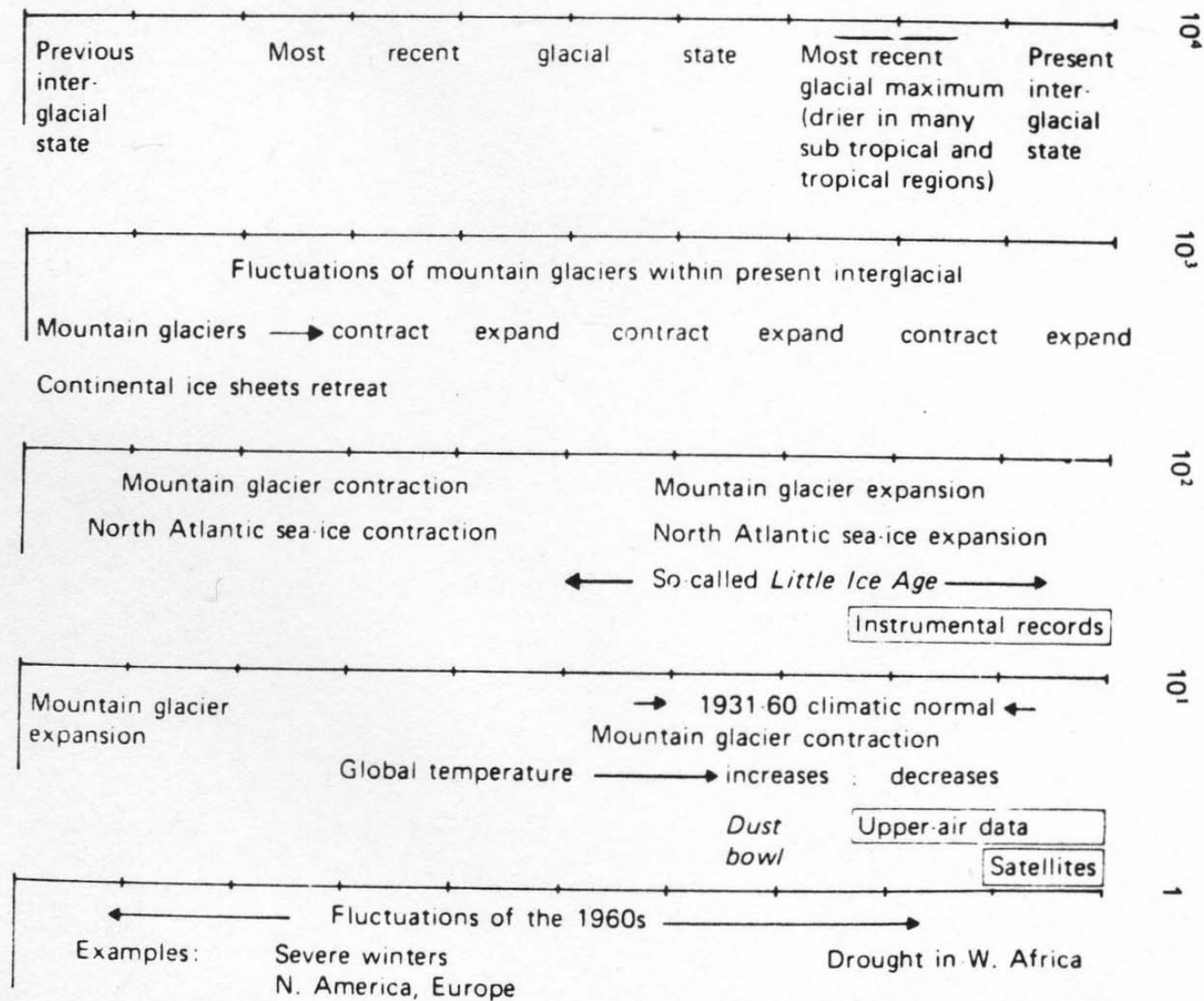


Figure 2.14 Examples of climatic fluctuations at timescales ranging from 10^4 to 1 years. Each successive column, from left to right, is an expanded version (expanded by a factor of 10) of one-tenth of the previous column. Thus, higher-frequency climatic variations are "nested" within lower-frequency changes (from Kutzbach 1974).

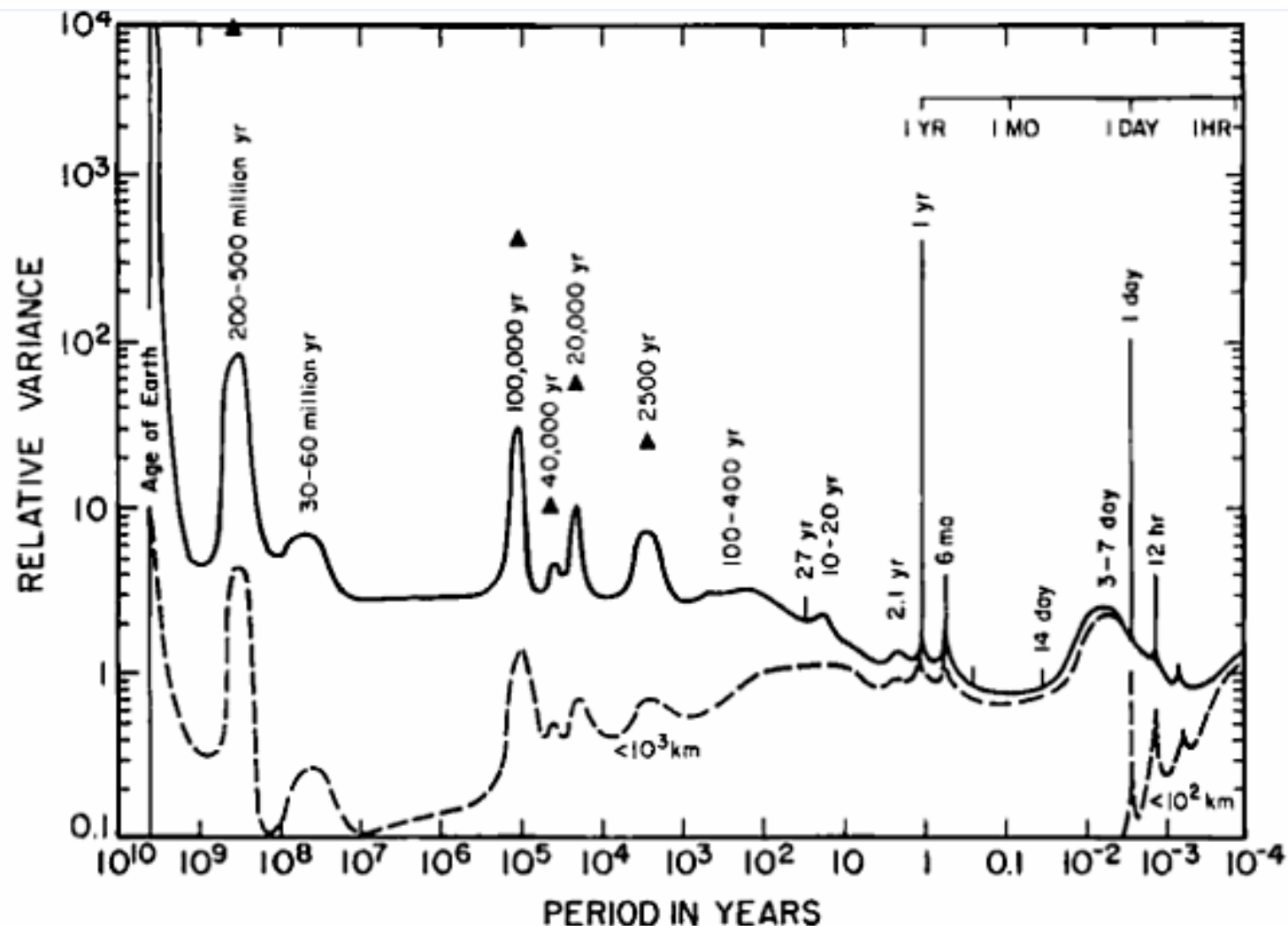
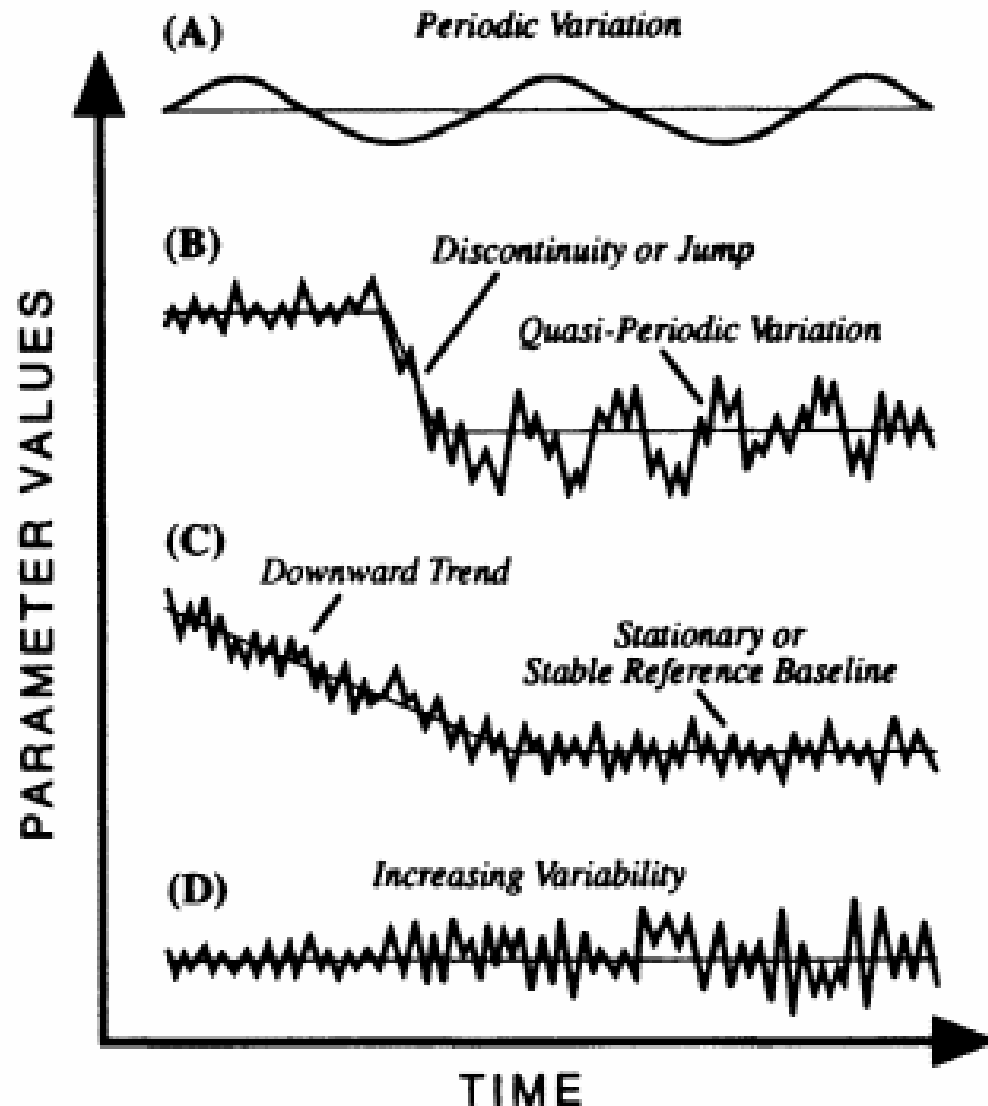


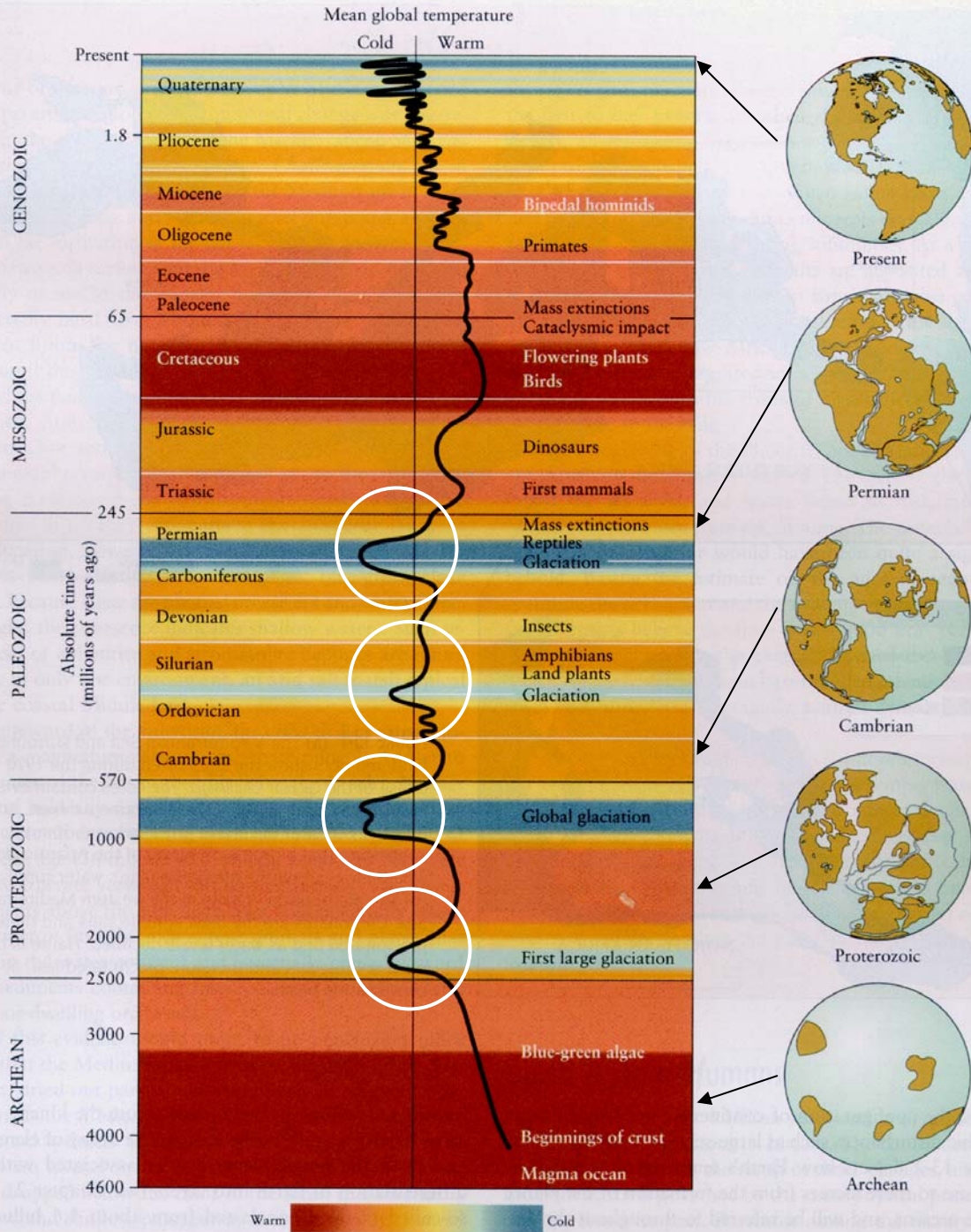
FIG. 1. Estimate of relative variance of climate over all periods (wavelengths) of variation, from those comparable to the age of the Earth to about 1 hr. The solid curve represents total variance on all spatial scales of variation. Dashed curves in the lower part of the figure indicate the contributions to the total variance from processes characterized by spatial scales less than those indicated (in kilometers). Strictly periodic components of variation are represented by spikes of arbitrary width. Triangles indicate the scaling relationship between the spikes and the amplitude of other features of the spectrum. From Mitchell (1976).

un poco de estadística!

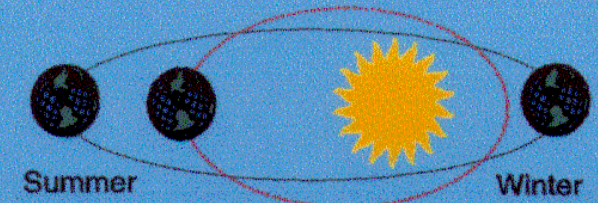
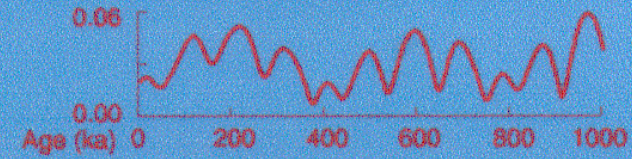


- el cambio del clima es una combinación de componentes:

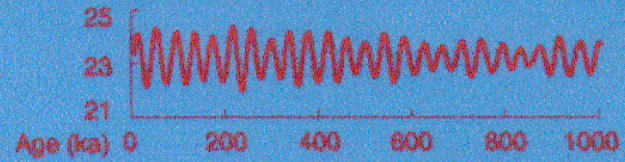
- (cuasi)periódicos
- abruptos
- tendencias
- cambio de parámetros estadísticos (media, varianza)



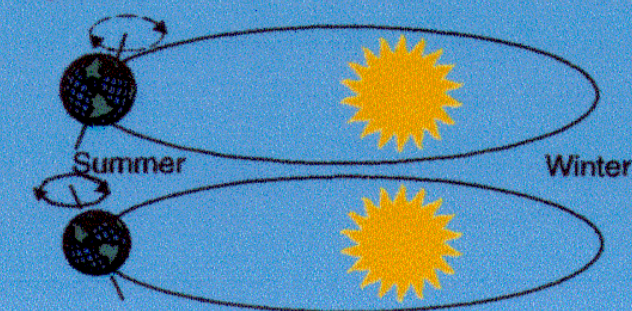
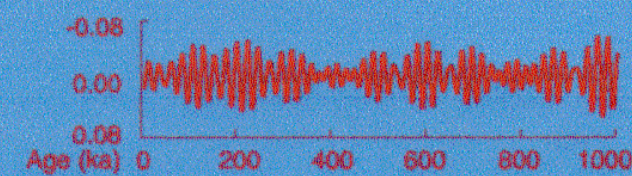
A Eccentricity: 400 ka and 100 ka

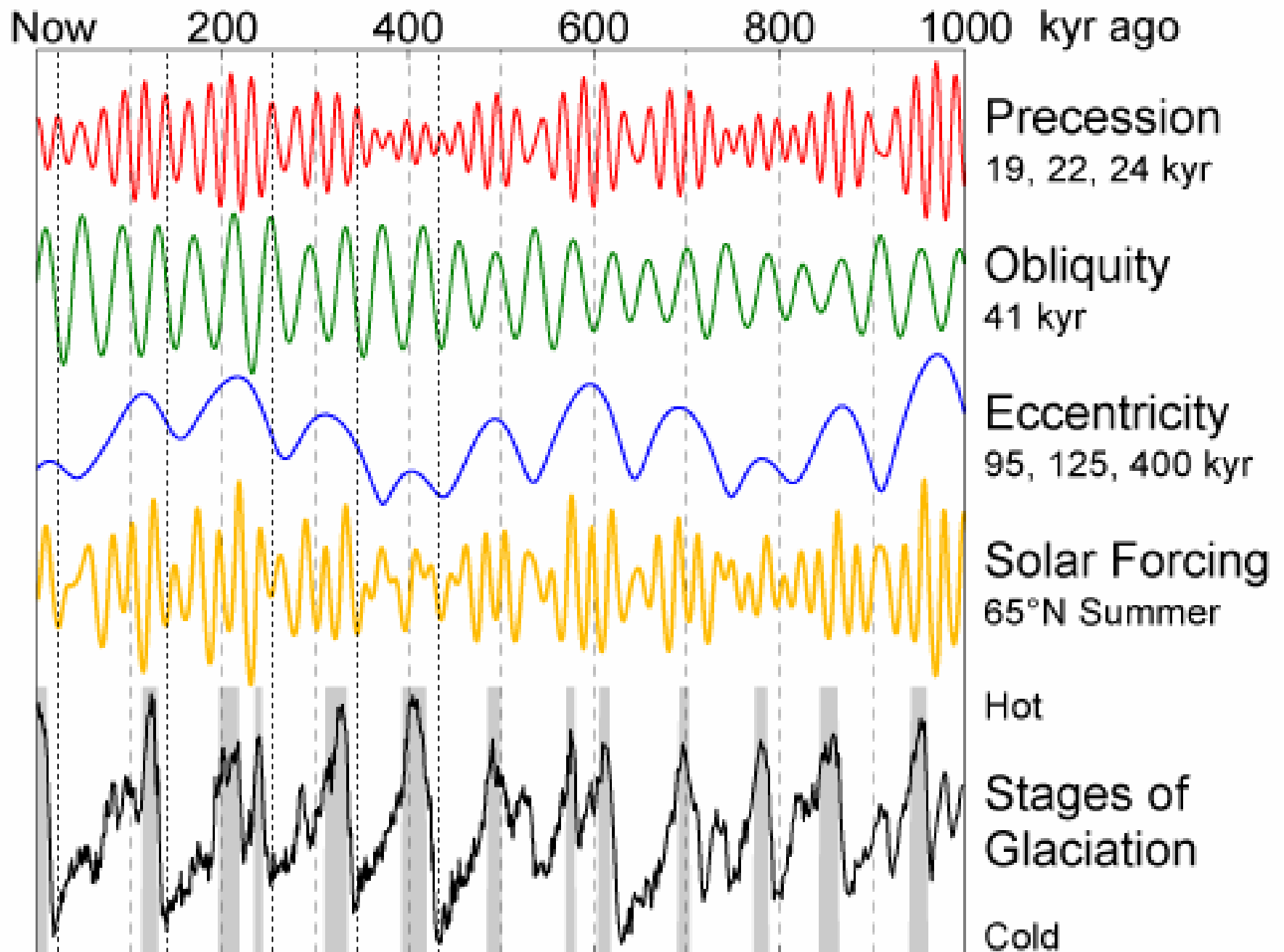


B Obliquity: 41 kyr



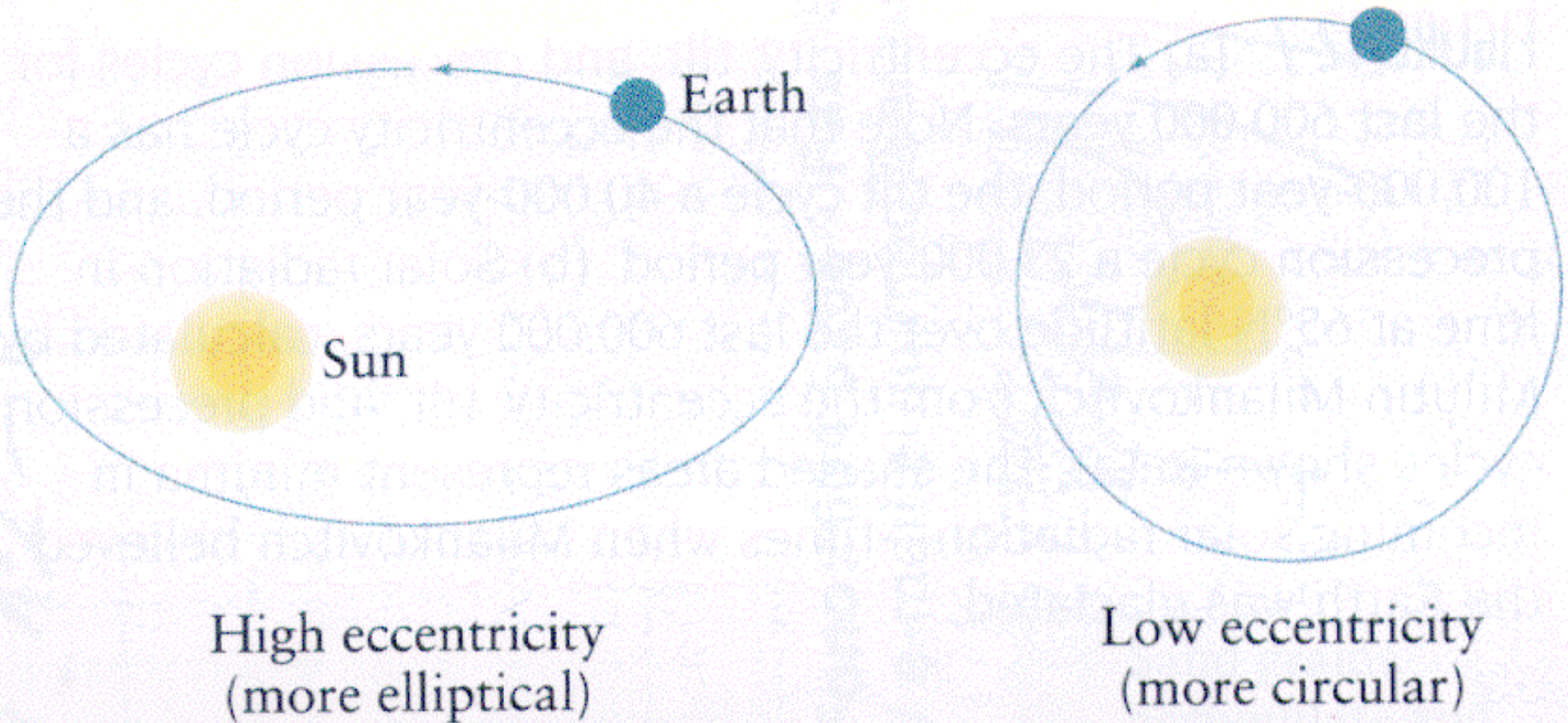
C Axial precession: 23 kyr





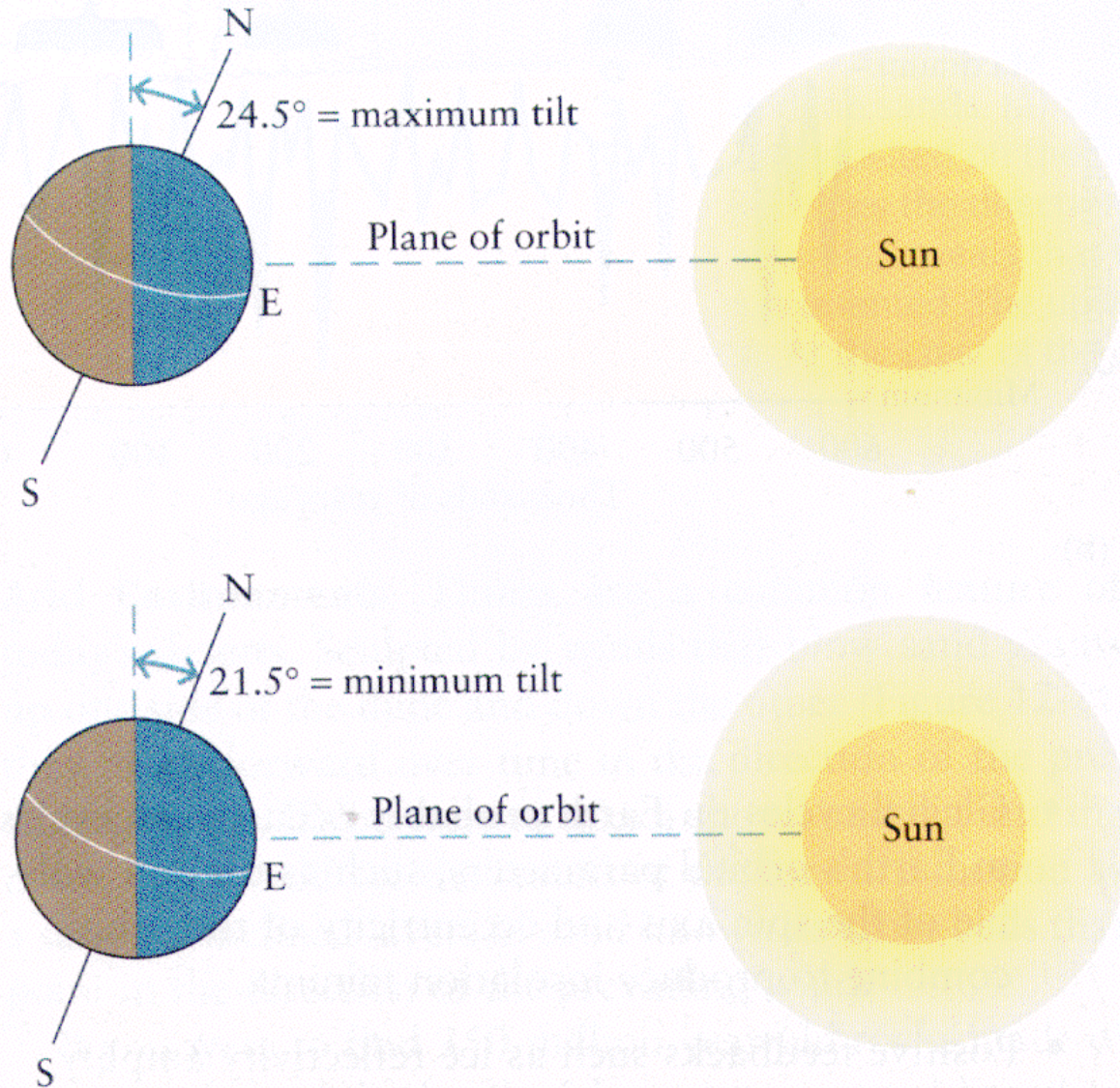
Variaciones en la excentricidad de la elipse

→ Período: 100-400 ka (1ka= 1000 años)



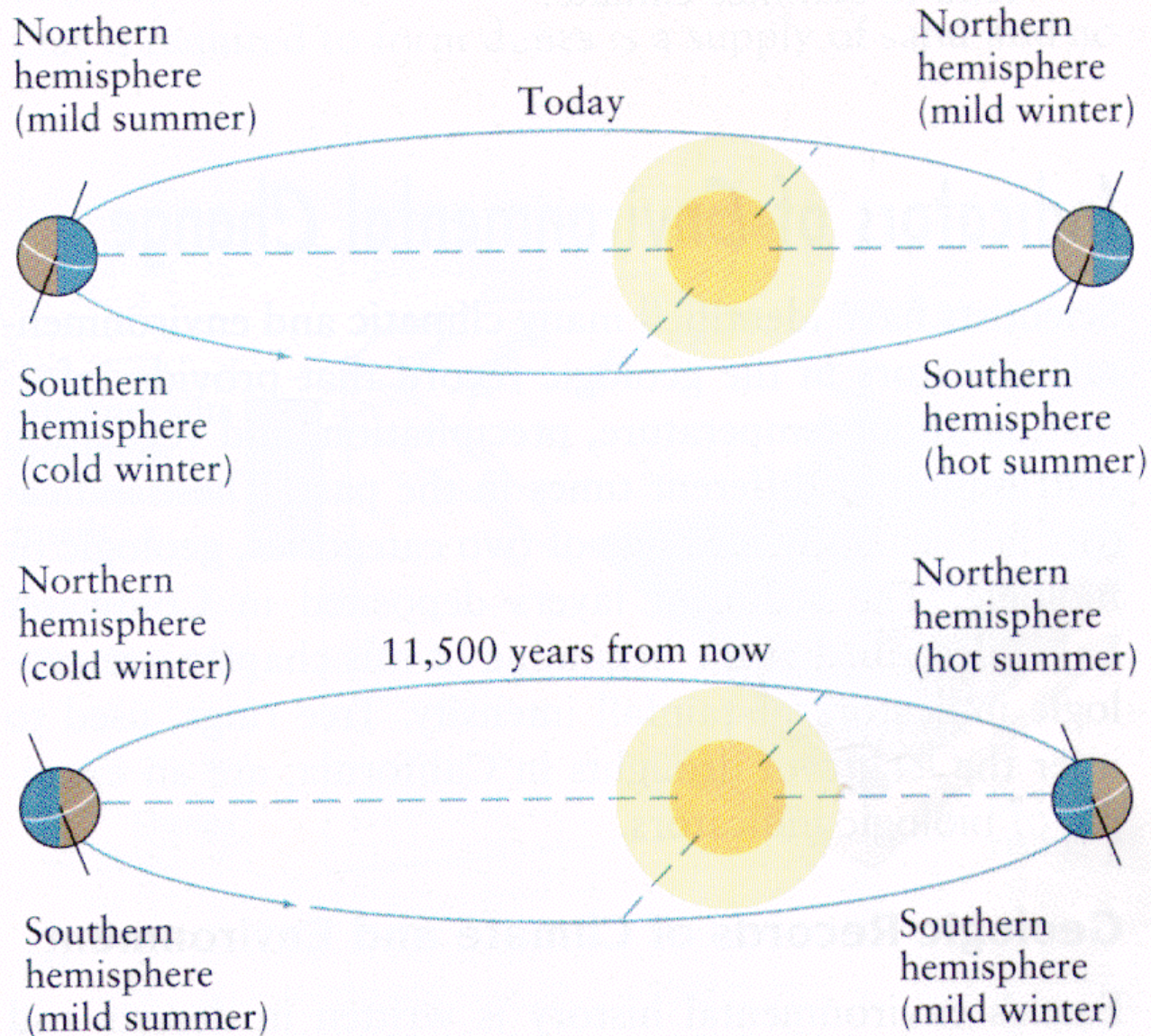
(a) Ellipticity (dominant period = 100,000 years)

Cabeceo del eje de rotación → Período: 41 ka



(b) Tilt of the axis (period = 41,000 years)

Precesión del eje de rotación → Período: 23 ka



(c) Precession of the equinoxes (period = 23,000 years)

otro ejemplo: ENSO vs PDO en SA

el 'salto climático' de 1976/77

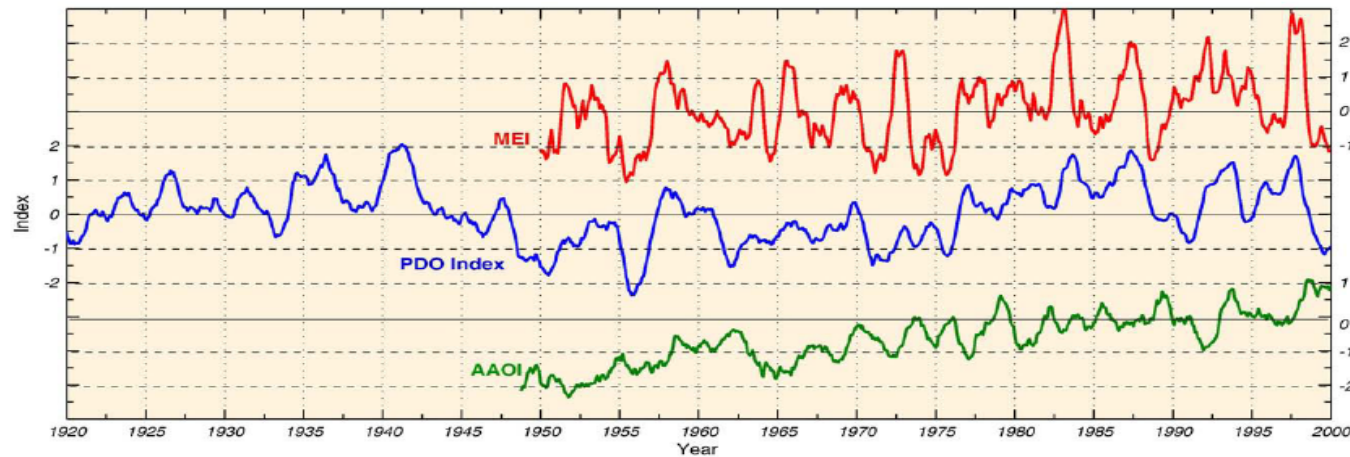
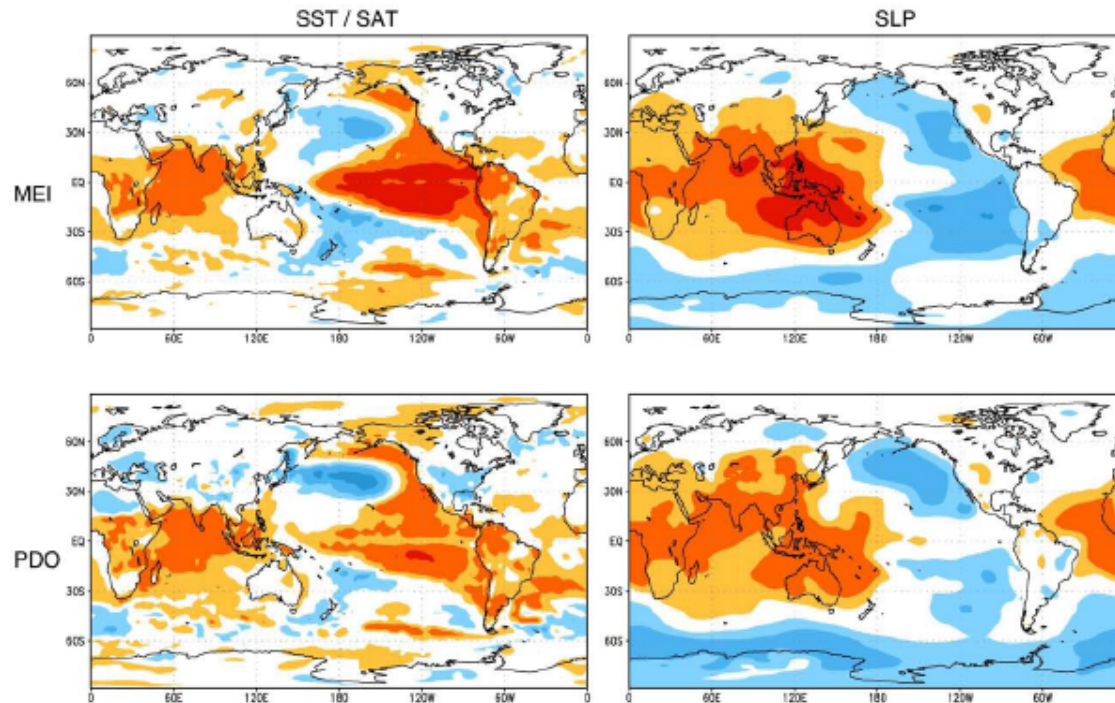
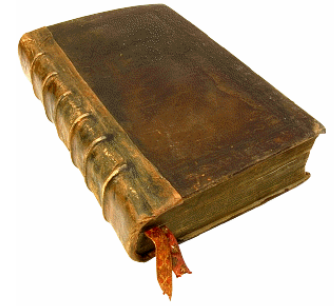


Fig. 5. Time series (1920–2000) of monthly mean Multivariate ENSO Index (MEI), PDO Index and AAO Index. All indexes were smoothed using a 5-month running mean filter. Original indices obtained from Climate Diagnostic Center (NOAA).



bibliografía principal



BRADLEY, R.S. 1985. *Quaternary paleoclimatology: methods of paleoclimatic reconstruction*. Allen & Unwin.

GARREAUD, R.D., et al. 2008. *Present-day South American climate, Paleogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*
doi:10.1016/j.palaeo.2007.10.032

HOLTON, J. 2004. *An introduction to dynamic meteorology*.
Elsevier Academic Press.

WALLACE, J. M. & HOBBS. P. V. 2006. *Atmospheric Science: An Introductory Survey*, 2nd edition.