

GF3003

Introducción a la Meteorología y
Oceanografía

Ciencias Atmosféricas

Laura Gallardo Klenner

Departamento de Geofísica de la
Universidad de Chile

Primavera 2011

HOY

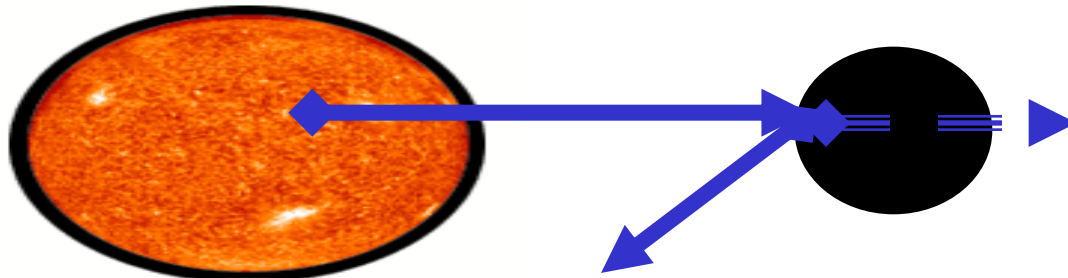
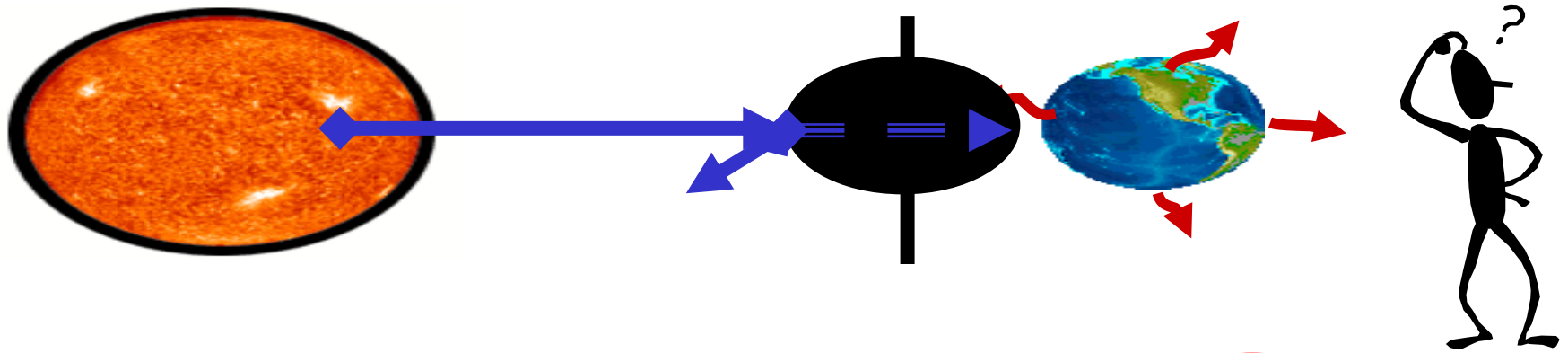
- *Antropoceno*
- Estratificación termodinámica y composición de la atmósfera
- Ecuación de estado termodinámico
- Balance hidrostático
- Ecuación hipsométrica

Más específicamente, el/la alumno/a será capaz de:

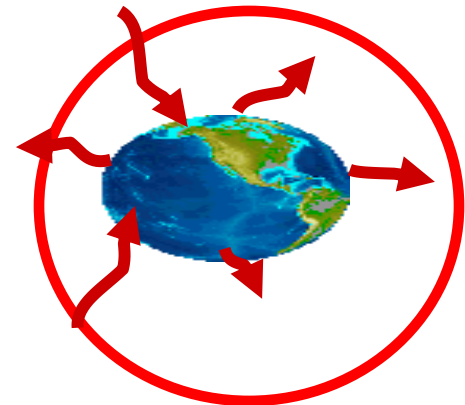
- **Reconocer y describir forzantes climáticas antrópicas**
- **Describir y explicar la estratificación termodinámica de la atmósfera**
- **Describir los términos y resolver problemas usando la ecuación hipsométrica**



Cambios antrópicos al balance radiativo



Aerosoles y núcleos
de condensación



Gases de
efecto
invernadero



Antropoceno: la era geológica actual

¿Camino a terra incógnita?

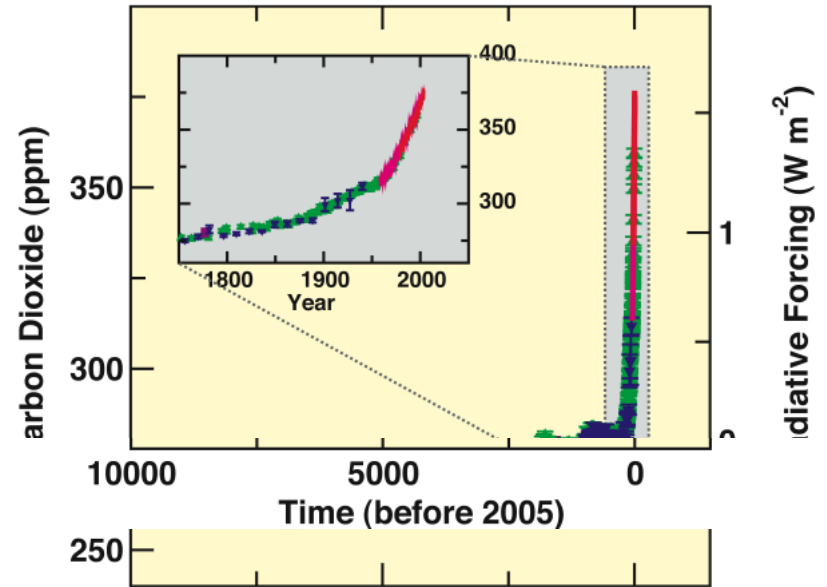
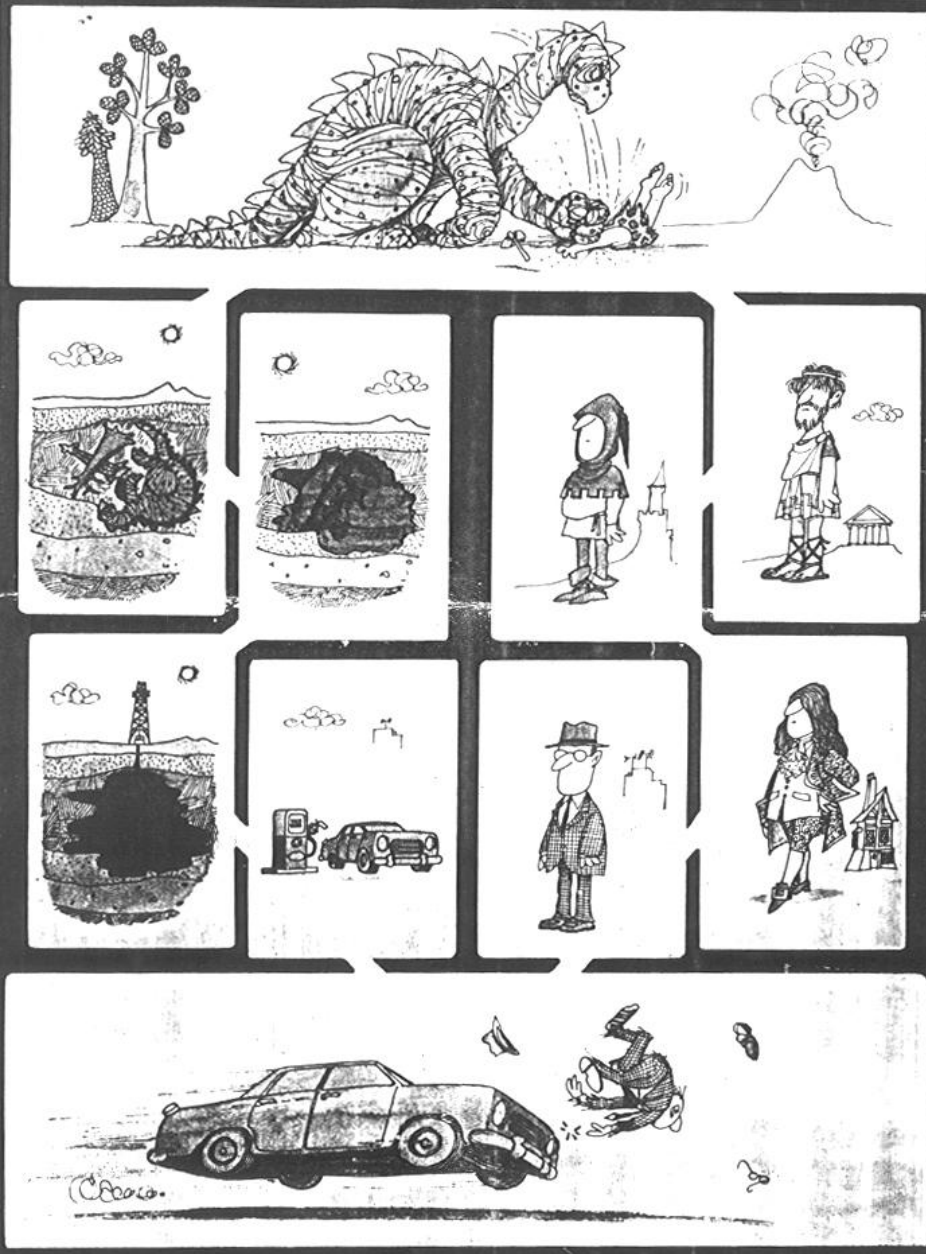
© Copyright (2004) IGBP - Glynn Gorick

¿Perturbaciones antrópicas globales?



LGK 2011 GF3003

http://eoimages.gsfc.nasa.gov/ve/1438/earth_lights.gif



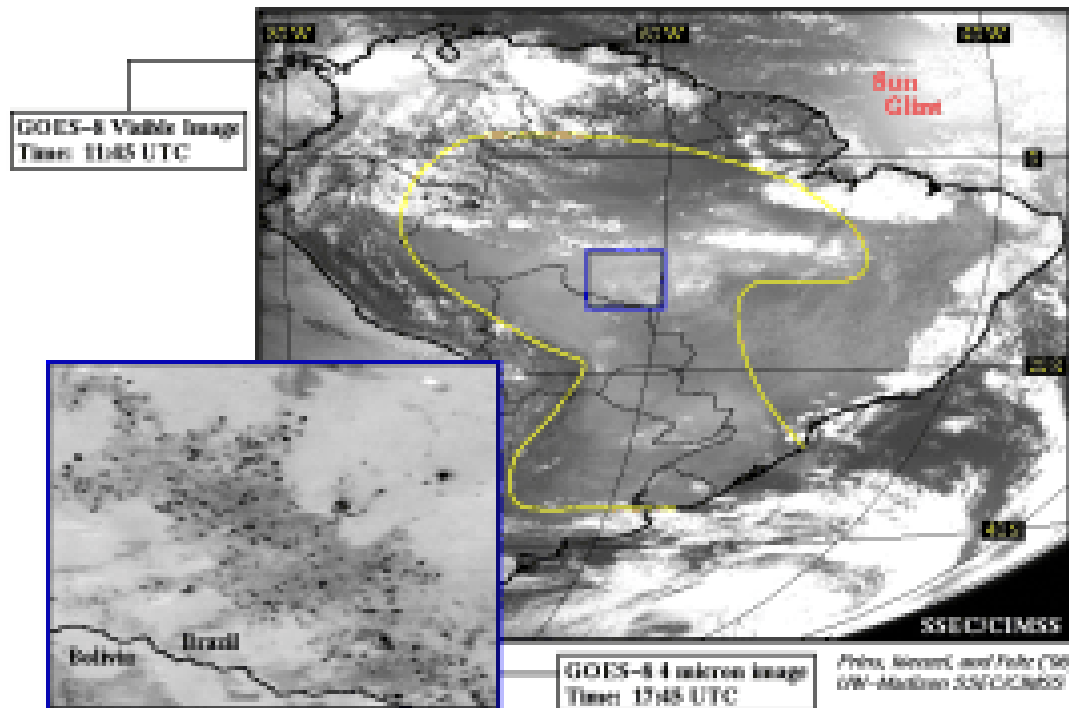
**Quema de combustibles
fósiles
y aumento de gases
con efecto invernadero y
otros**

Quema de biomasa

Smoke Pall and Fires Observed in GOES-8 Imagery

Date: 27-Aug-1997

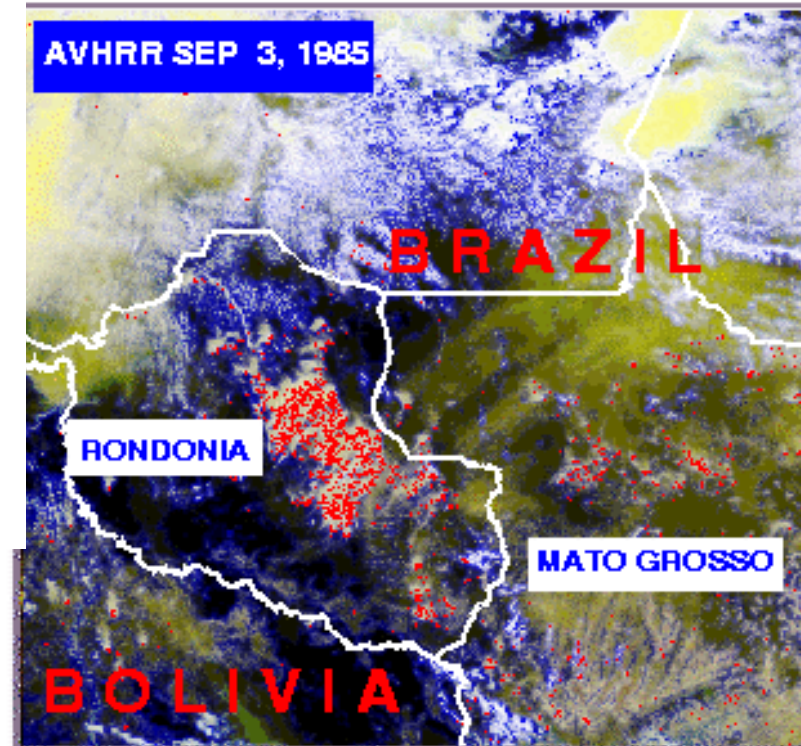
Smoke Coverage: ~ 4.0 million km^2

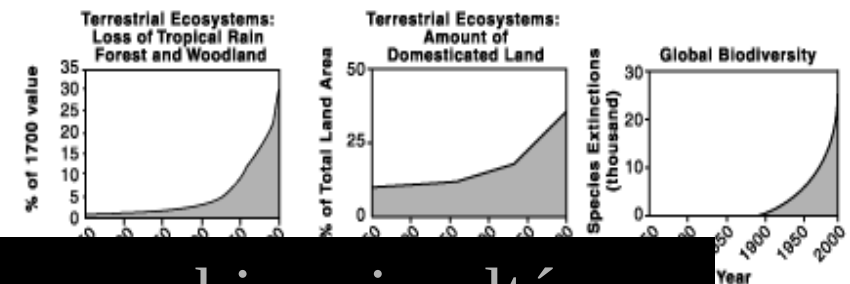
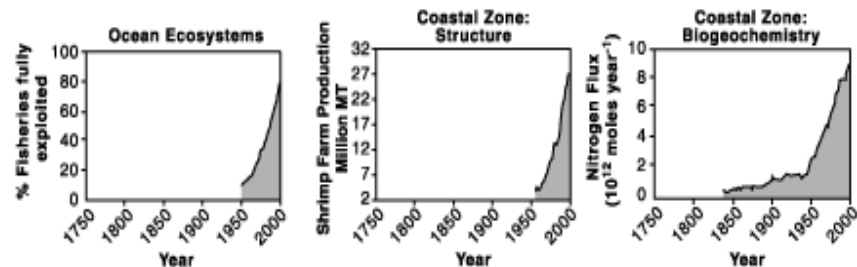
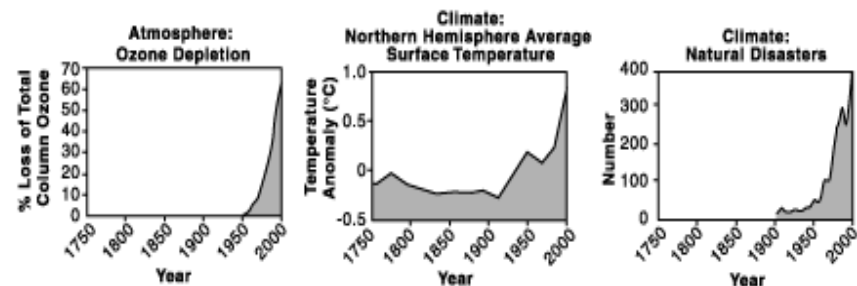
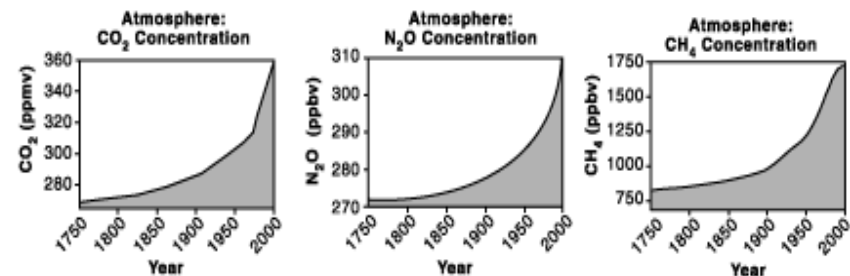
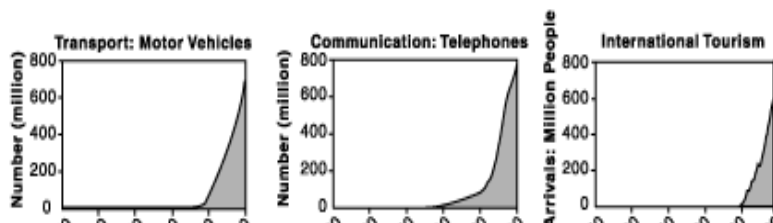
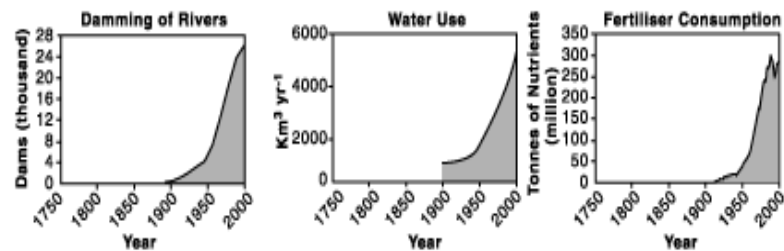
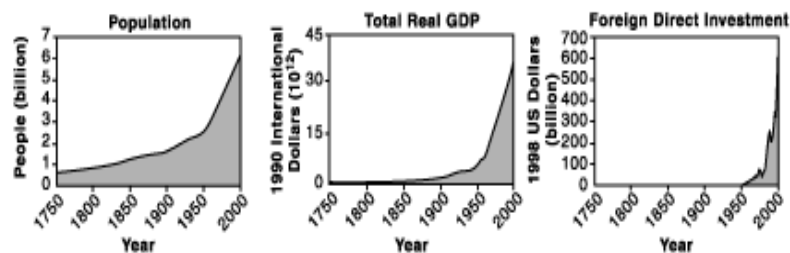


CERRADO BURNING

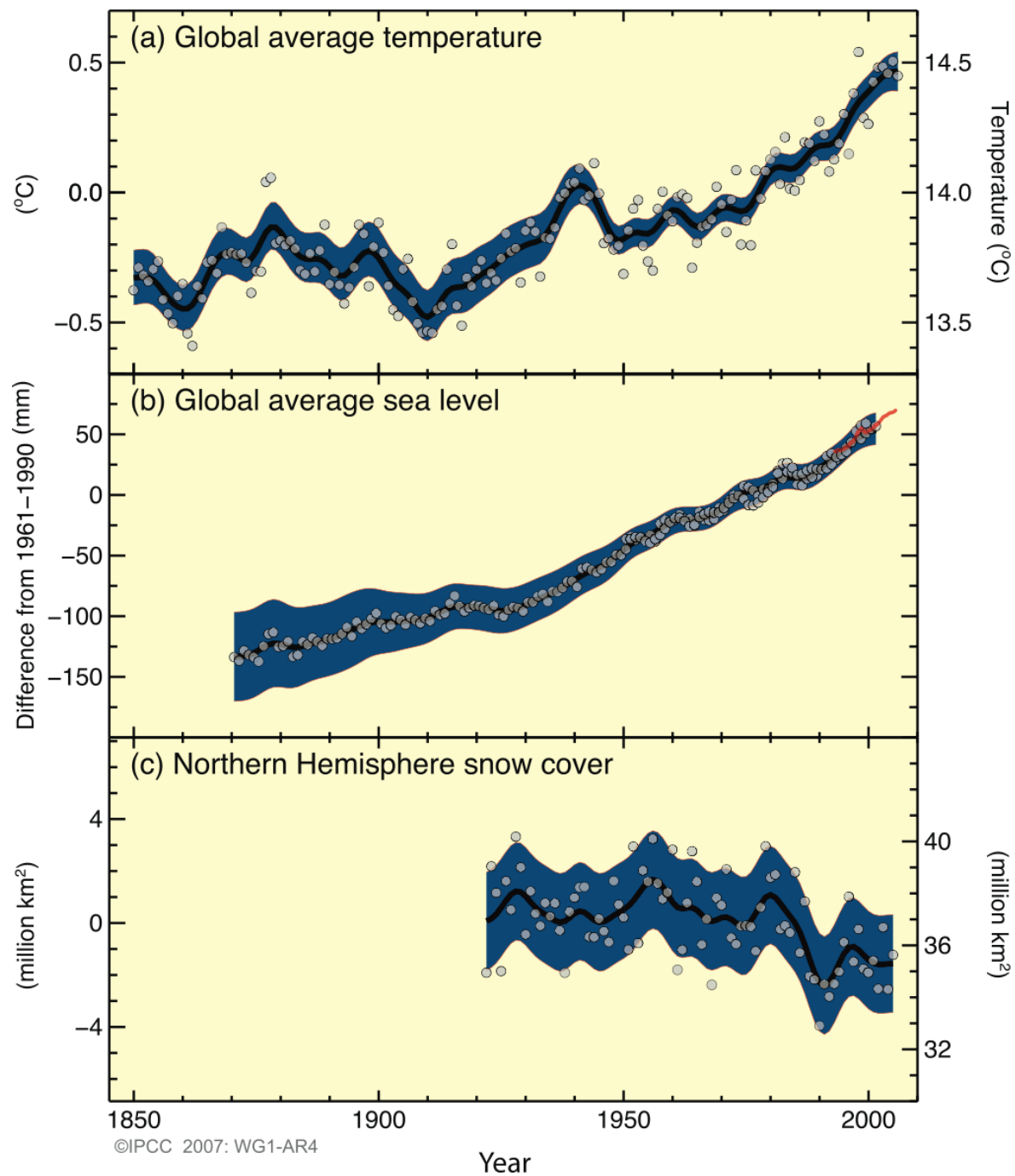
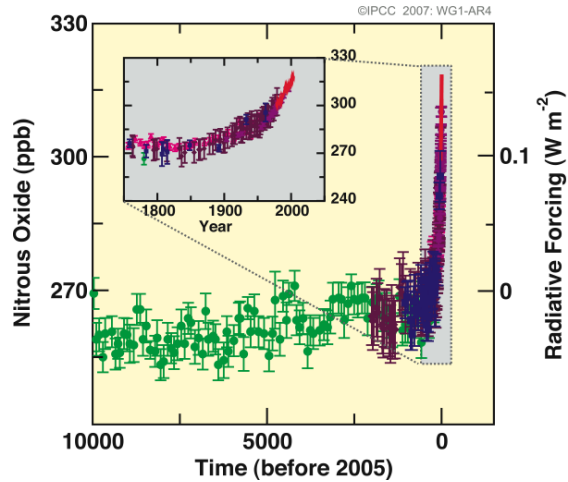
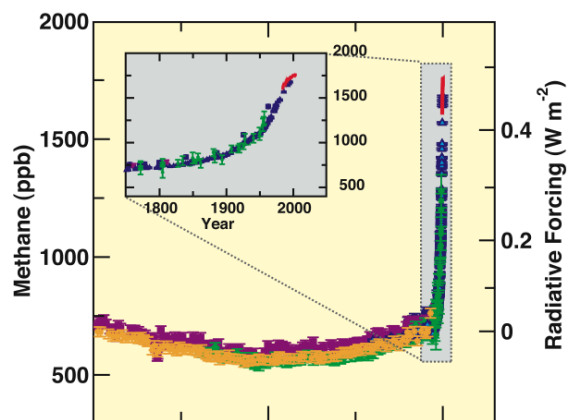
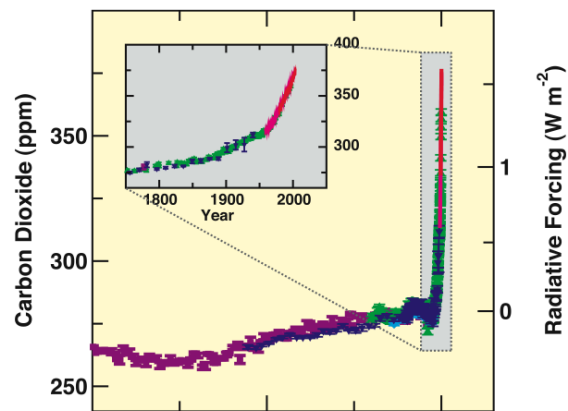


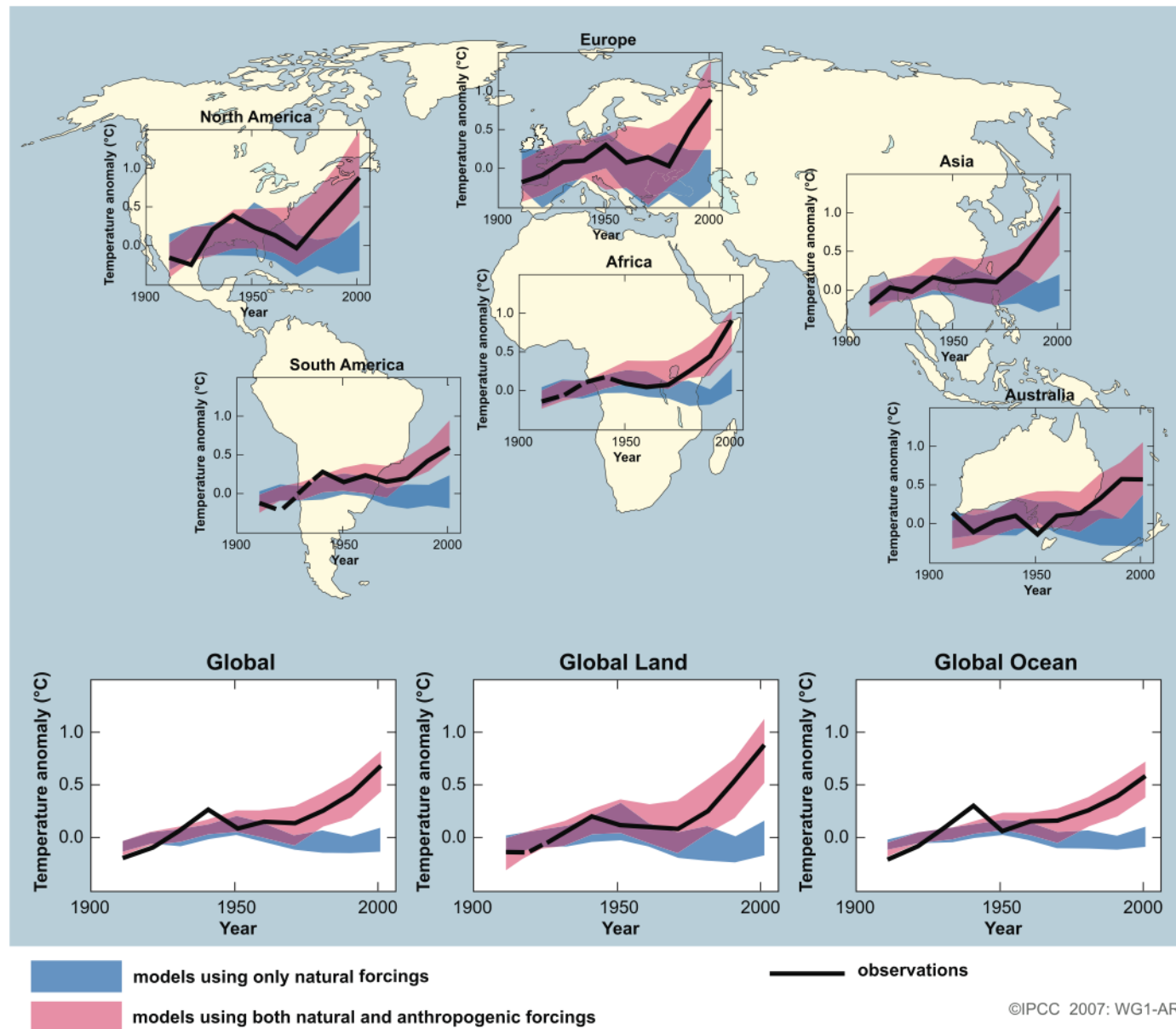
AVHRR SEP 3, 1985





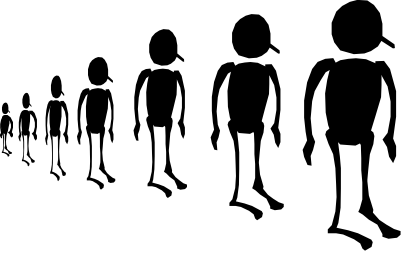
Somos responsables de muchos cambios simultáneos





LGK 2011 GF3003

IPCC, 2007



Antropoceno

- Los seres humanos nos hemos convertido en un agente climático comparable a los no antrópicos
- Se verifican cambios climáticos y ellos obedecen, en modo distinguible e inequívoco, a perturbaciones antrópicas.
- Cambio global es mucho más que cambio climático
- El sistema climático es **COMPLEJO** y su respuesta ante múltiples perturbaciones puede llevar a otros equilibrios o desequilibrios momentáneos o permanentes...eso ha ocurrido antes.

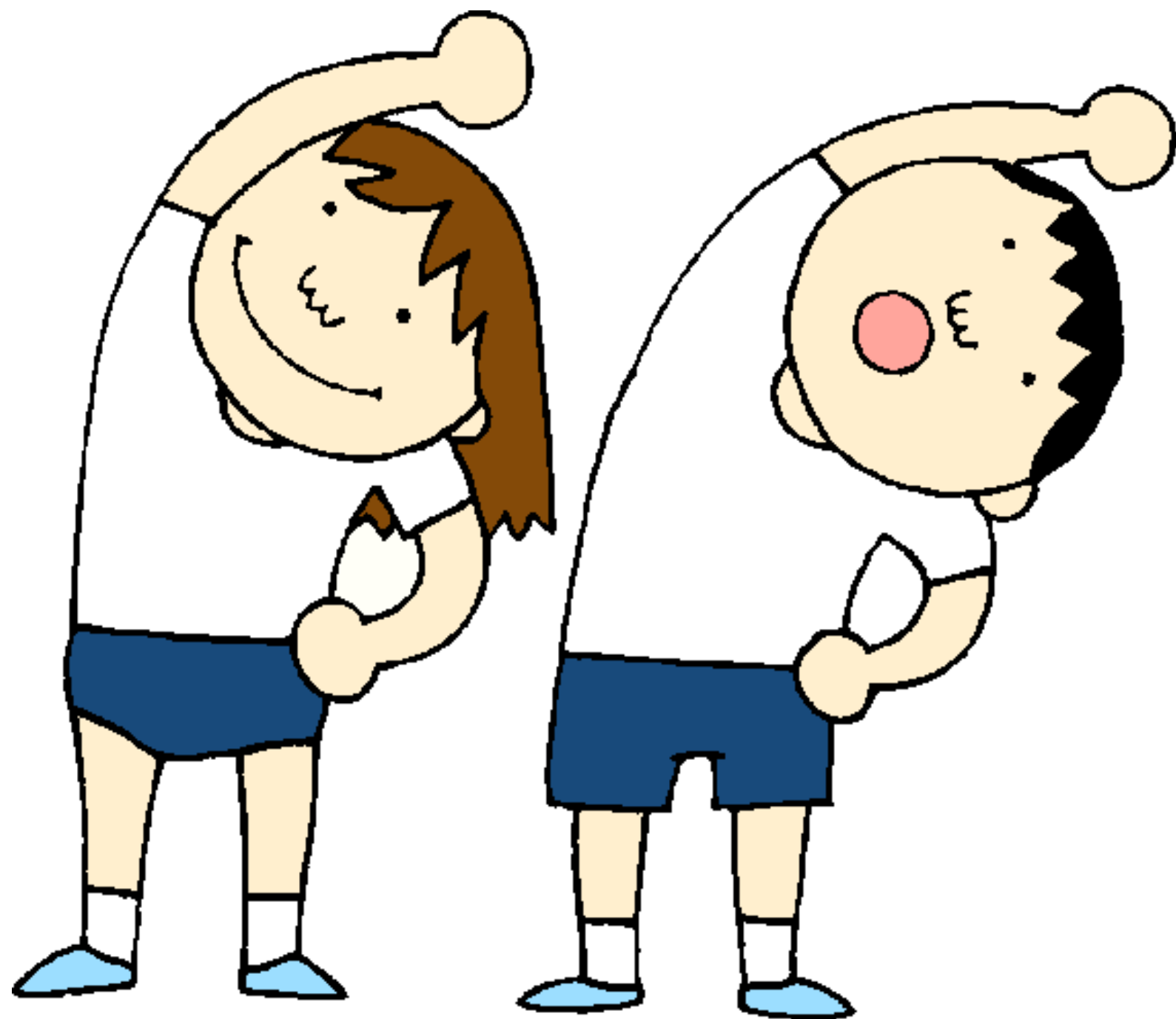


LGK 2011 GF3003

<http://www3.mpch-mainz.mpg.de/~air/anthropocene/Text.html>







Μετεωρολογψ

“Ahora consideremos la región que queda segunda bajo la celestial y primera sobre la Tierra. Esta región es la provincia conjunta del agua y el aire”

Aristóteles



Una envoltante, mayoritariamente gaseosa, muy tenue

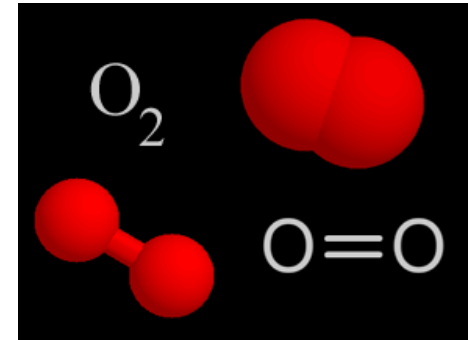
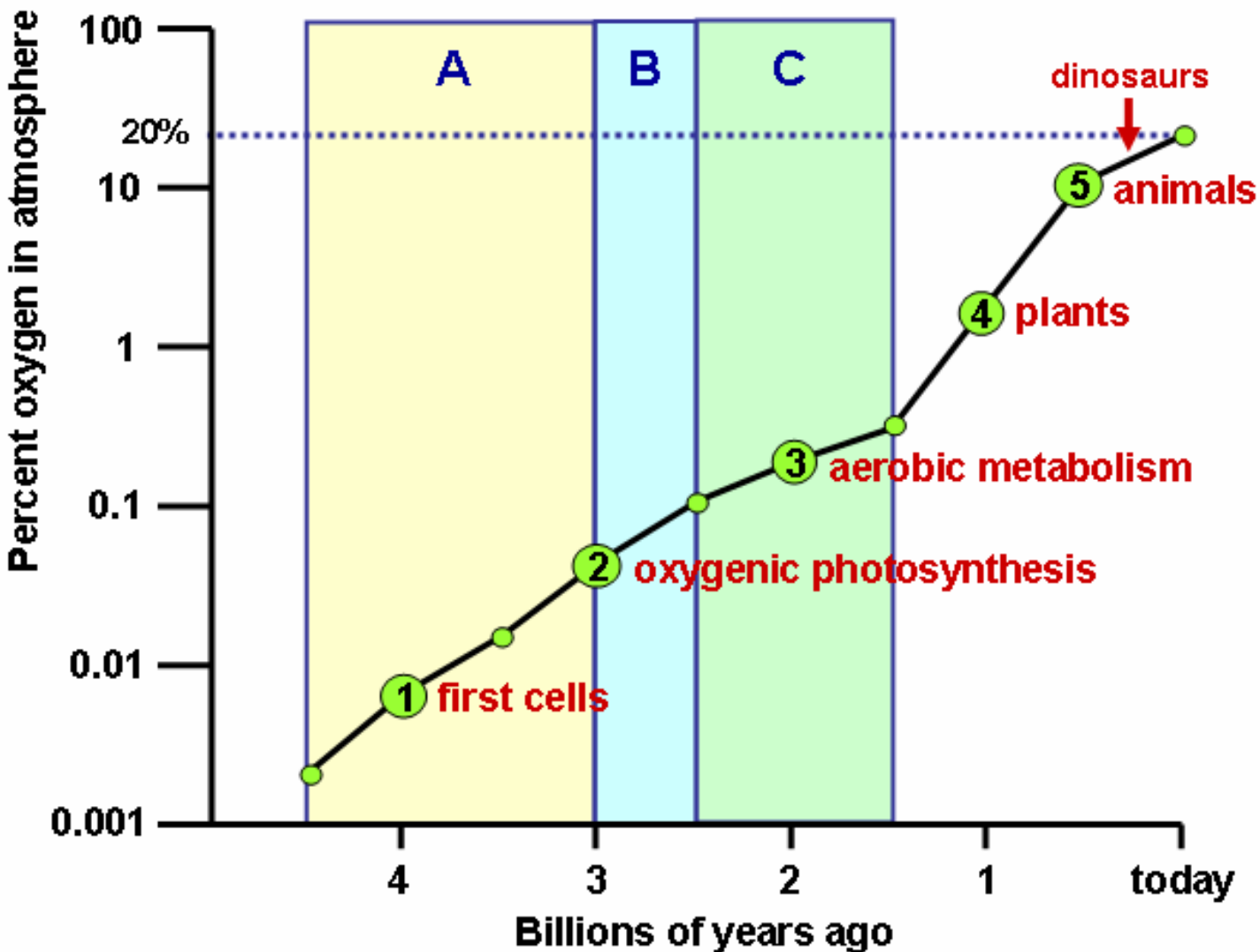


El espesor del fluido atmosférico ~ 100 km

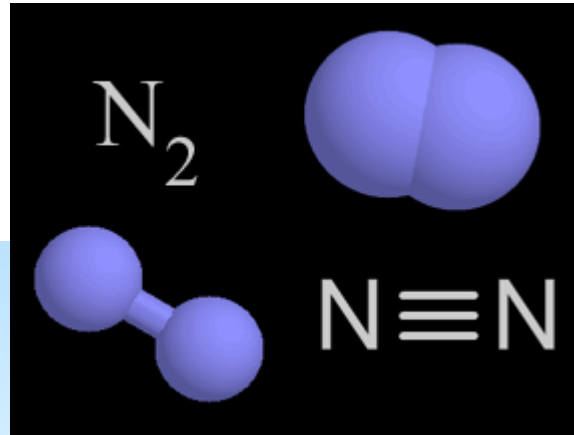
Contando la capa ionizada ~ 600 km

Se compara con ~ 6300 km de radio terrestre

Sabemos que tiene oxígeno molecular



El compuesto más común
(4/5~80%): nitrógeno molecular



Composición mayoritaria de la atmósfera

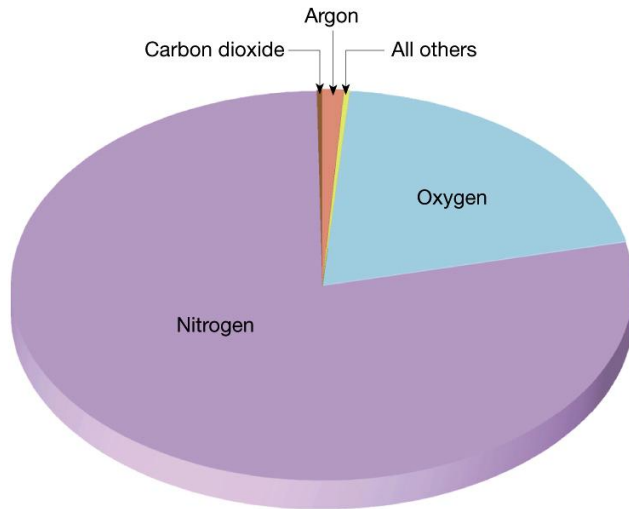
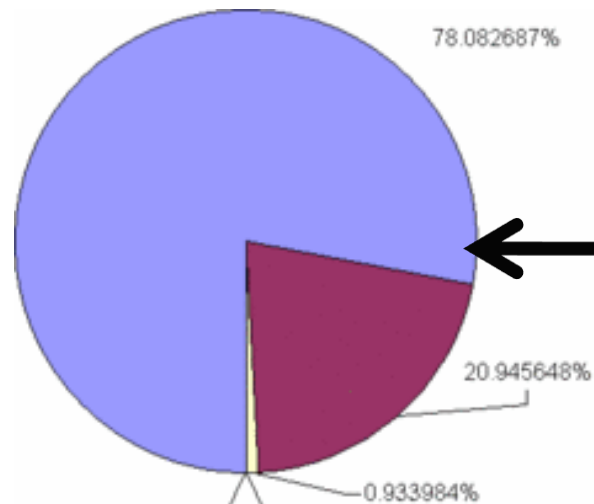


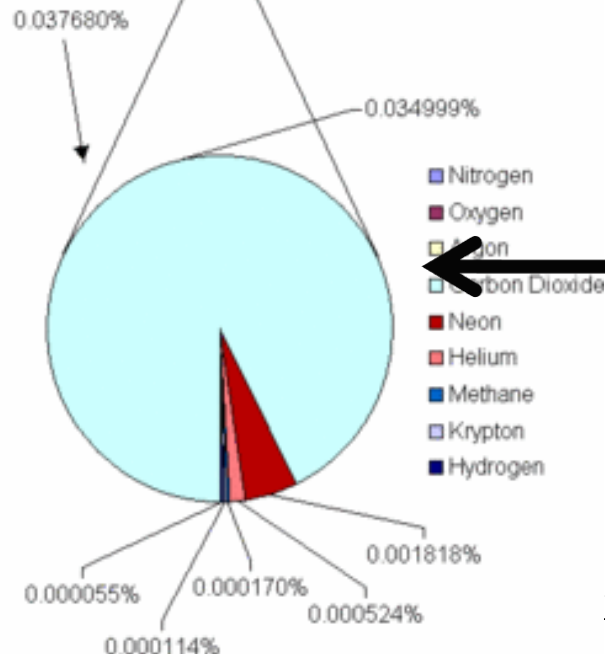
Table 1-2 Principal gases of dry air

Constituent	Percent by Volume	Concentration in Parts Per Million (PPM)
Nitrogen (N ₂)	78.084	780,840.0
Oxygen (O ₂)	20.946	209,460.0
Argon (Ar)	0.934	9,340.0
Carbon dioxide (CO ₂)	0.036	360.0
Neon (Ne)	0.00182	18.2
Helium (He)	0.000524	5.24
Methane (CH ₄)	0.00015	1.5
Krypton (Kr)	0.000114	1.14
Hydrogen (H ₂)	0.00005	0.5

Otra manera de ver lo mismo



Definen las propiedades del fluido en términos de masa



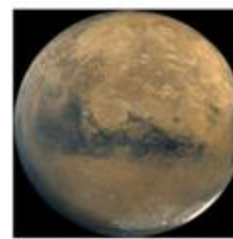
Definen las propiedades del fluido en términos de química, biología, etc...y de energía



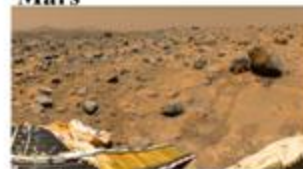
Venus



Earth



Mars



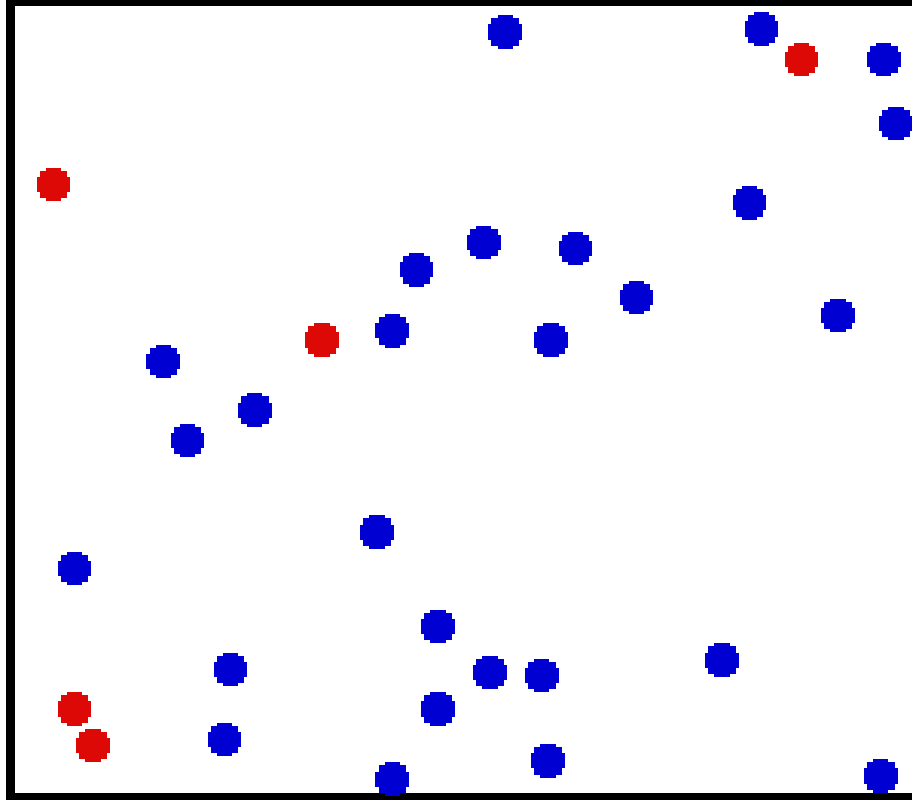
Planet	Atmospheric Pressure	Chemical Composition of Atmosphere (%)			
		N ₂	O ₂	H ₂ O	CO ₂
Venus	92 atm	<2	<0.001	0.0001-0.3	>98
Earth	1 atm	78	21	0.0001-4	0.035
Mars	0.006 atm	2.5	<0.25	<0.001	>96

Estructura termodinámica

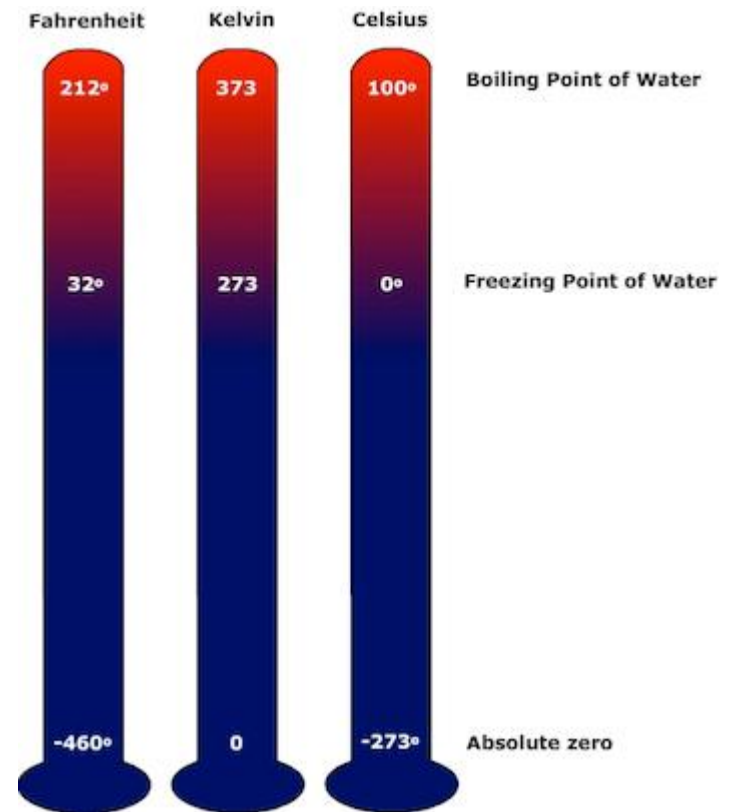


Perfil vertical de temperatura
característico de la atmósfera
terrestre

¿Pero qué es la temperatura?

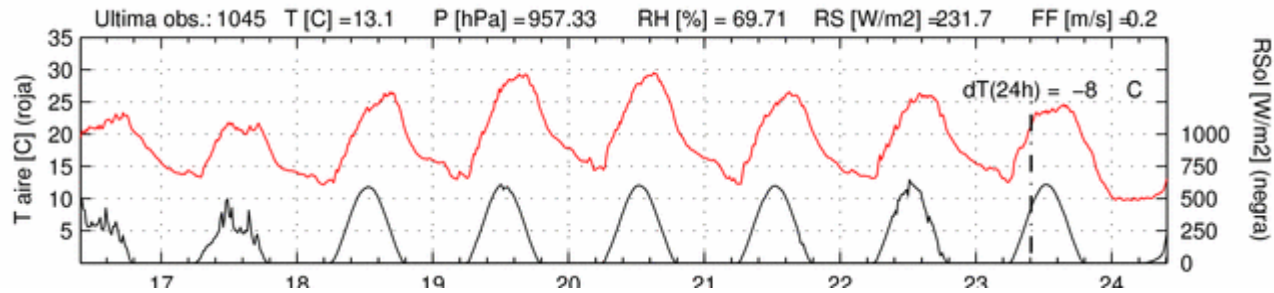


$$\overline{E_k} = \frac{3}{2}kT$$

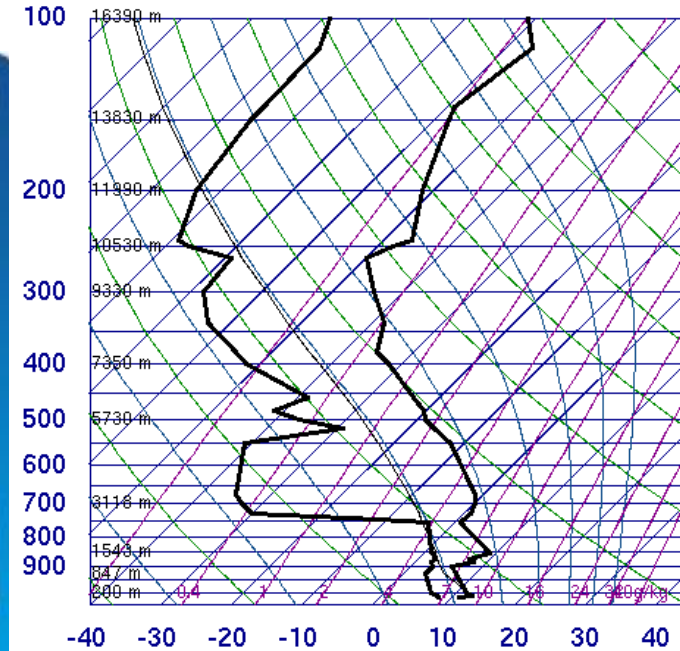


LGK 2011 GF3003

Midiendo la temperatura del aire



85586 SCSN Santo Domingo

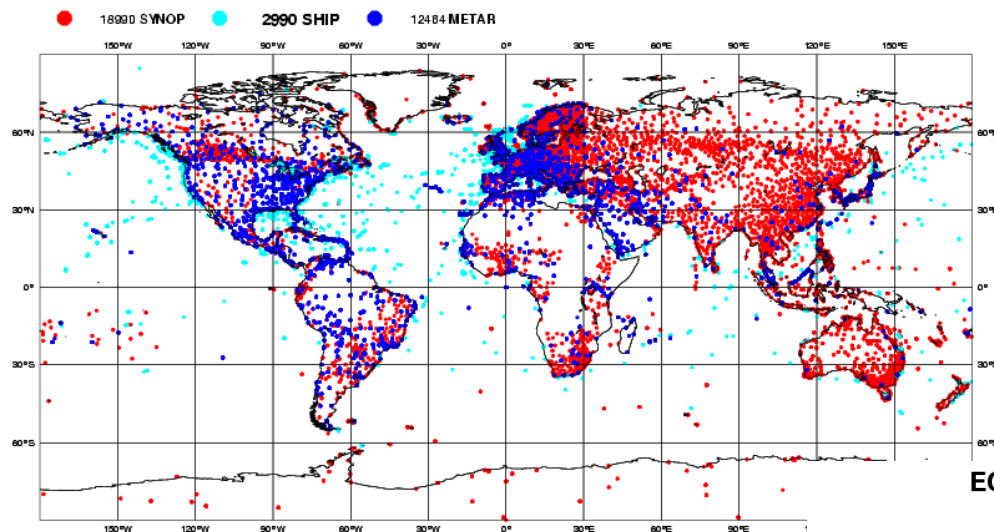


SLAT	-33.65
SLON	-71.61
SELV	75.00
SHOW	3.86
LIFT	9.01
LFTV	8.94
SWET	62.59
KINX	-4.70
CTOT	19.50
VTOT	27.50
TOTL	47.00
CAPE	0.00
CAPV	0.00
CINS	0.00
CINV	0.00
EQLV	-9999
EQTV	-9999
LFCT	-9999
LFCV	-9999
BRCH	0.00
BRCV	0.00
LCLT	278.0
LCLP	916.8
MLTH	285.0
MLMR	5.96
THCK	5530.
PWAT	14.94

ECMWF Data Coverage (All obs DA) - Synop-Ship-Metar

23/Oct/2011; 12 UTC

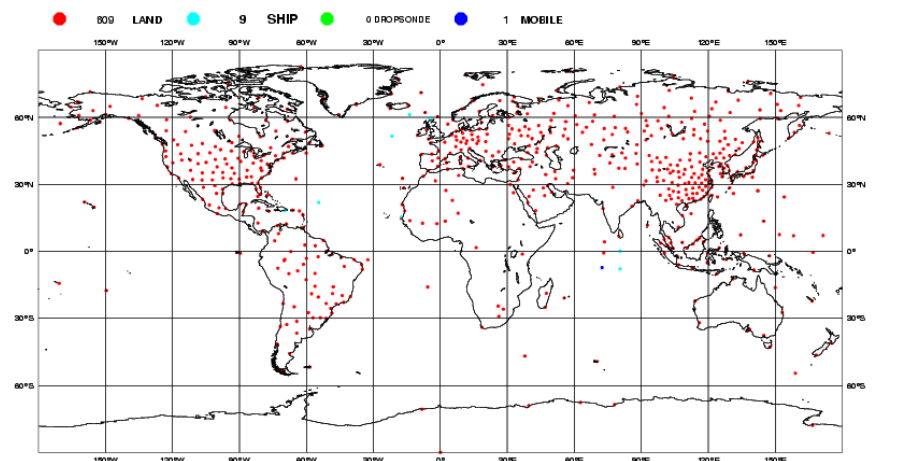
Total number of obs = 34444



ECMWF Data Coverage (All obs DA) - Temp

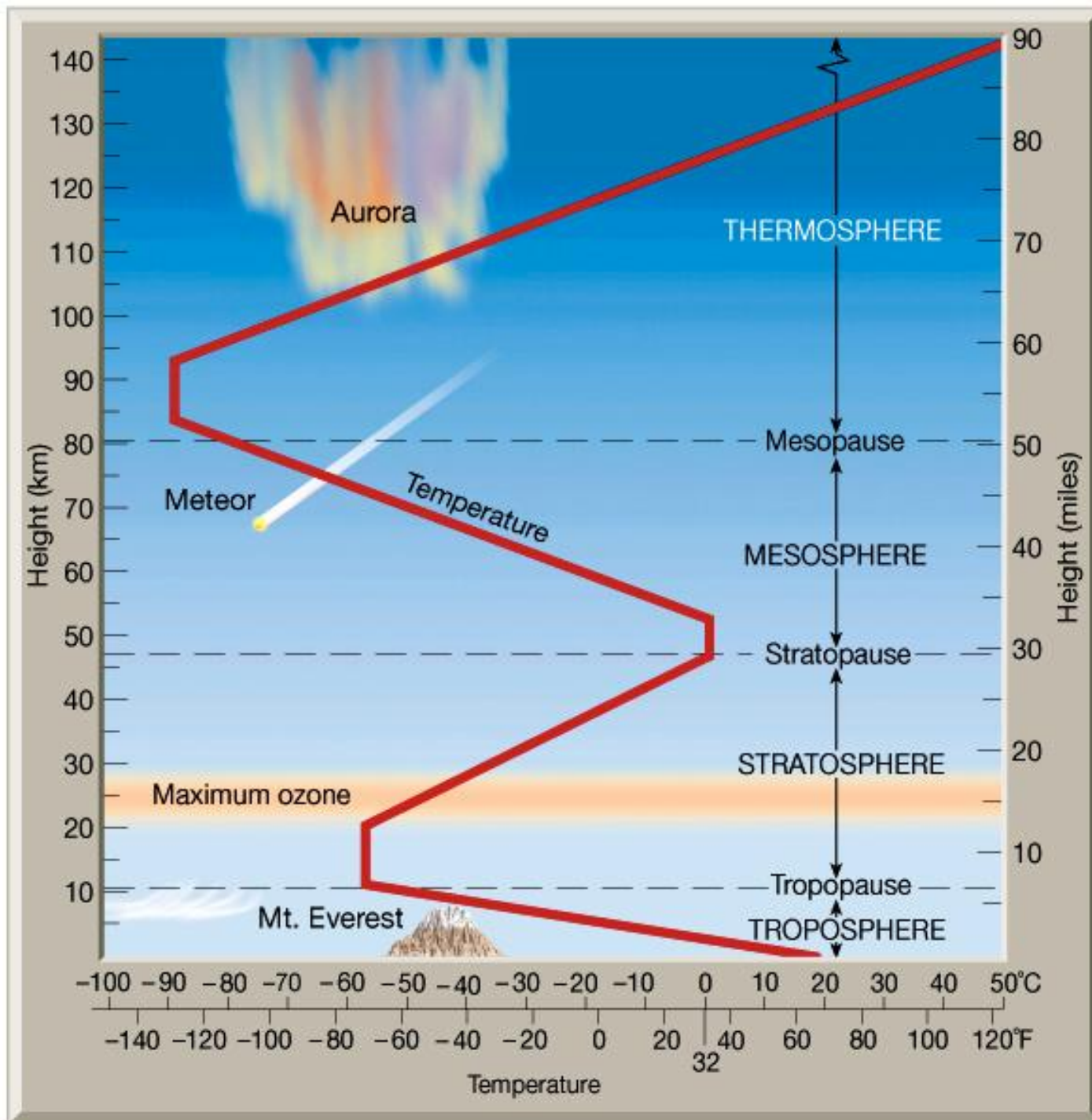
23/Oct/2011; 12 UTC

Total number of obs = 619

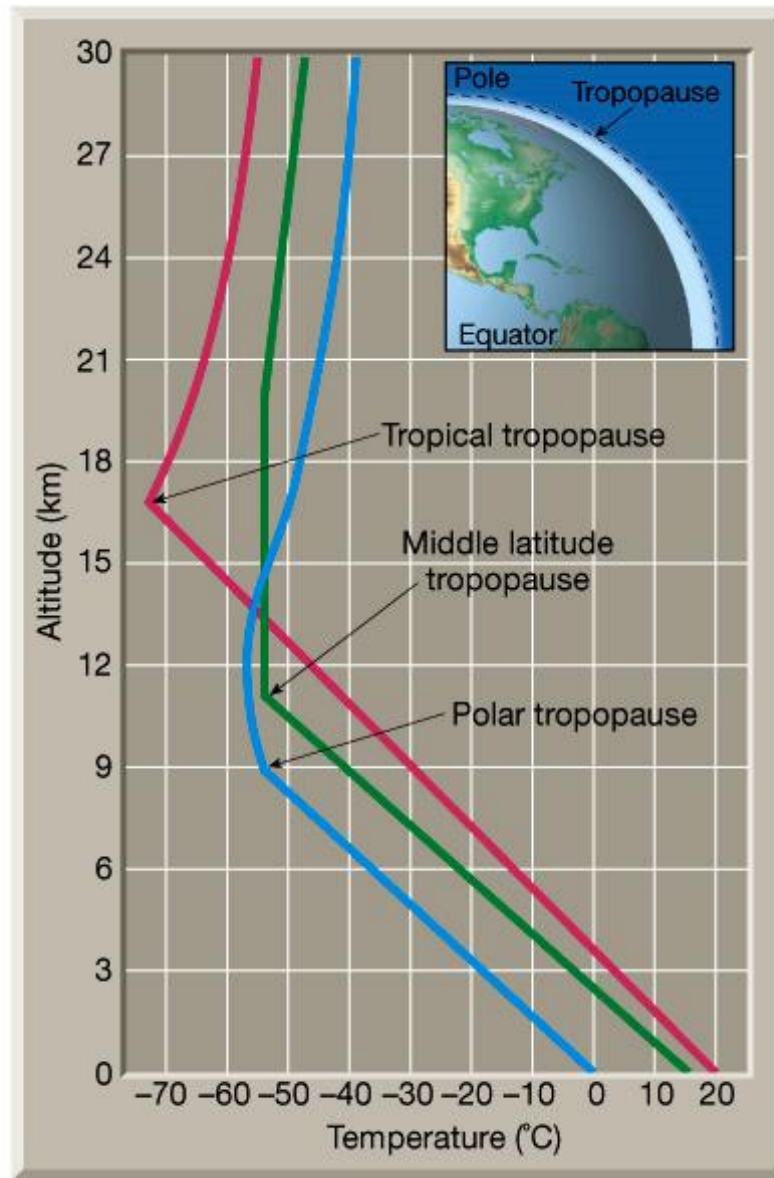


ECMWF

LGK 2011 GF3003

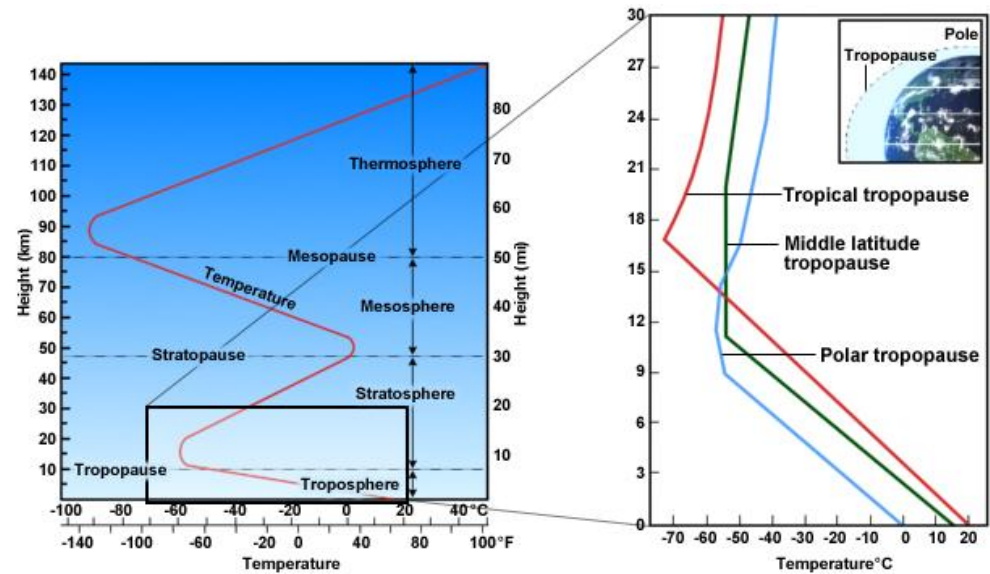


Los niveles NO son fijos



¿Por qué desciende generalmente la temperatura en la tropósfera?

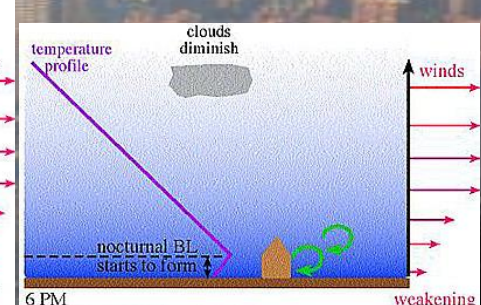
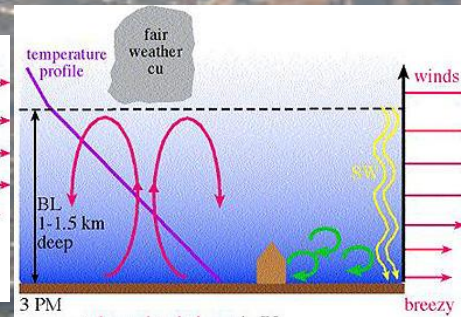
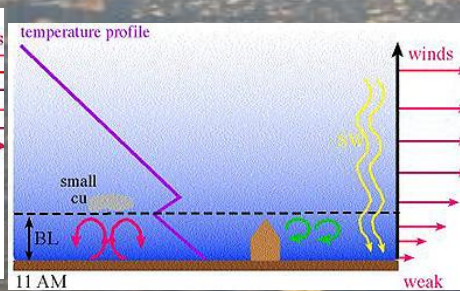
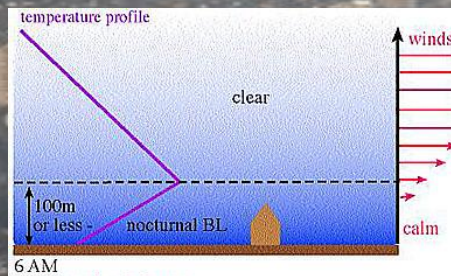
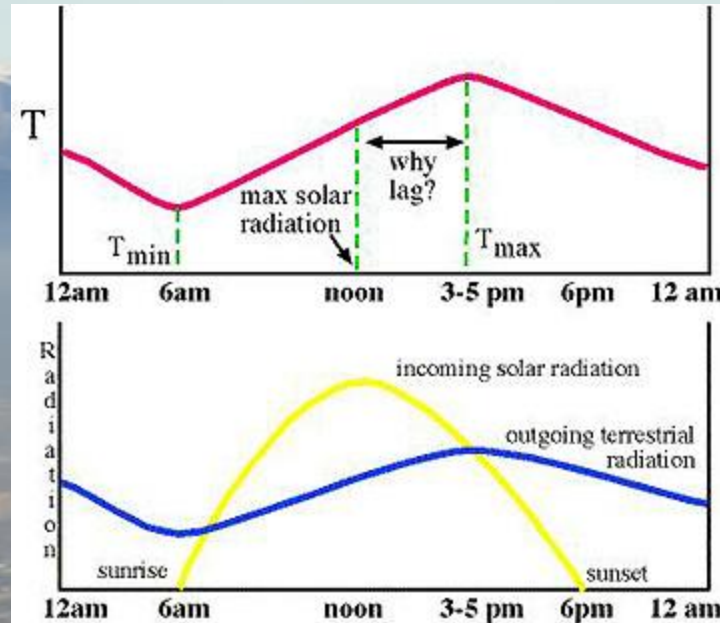
- La tropósfera, que contiene el 75% de la masa atmosférica, es calentada desde abajo (el sol calienta la superficie)
- La condición es termodinámicamente inestable (aire caliente por debajo de aire frío)



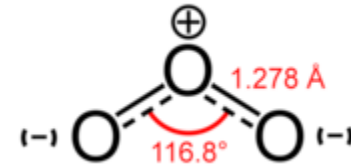
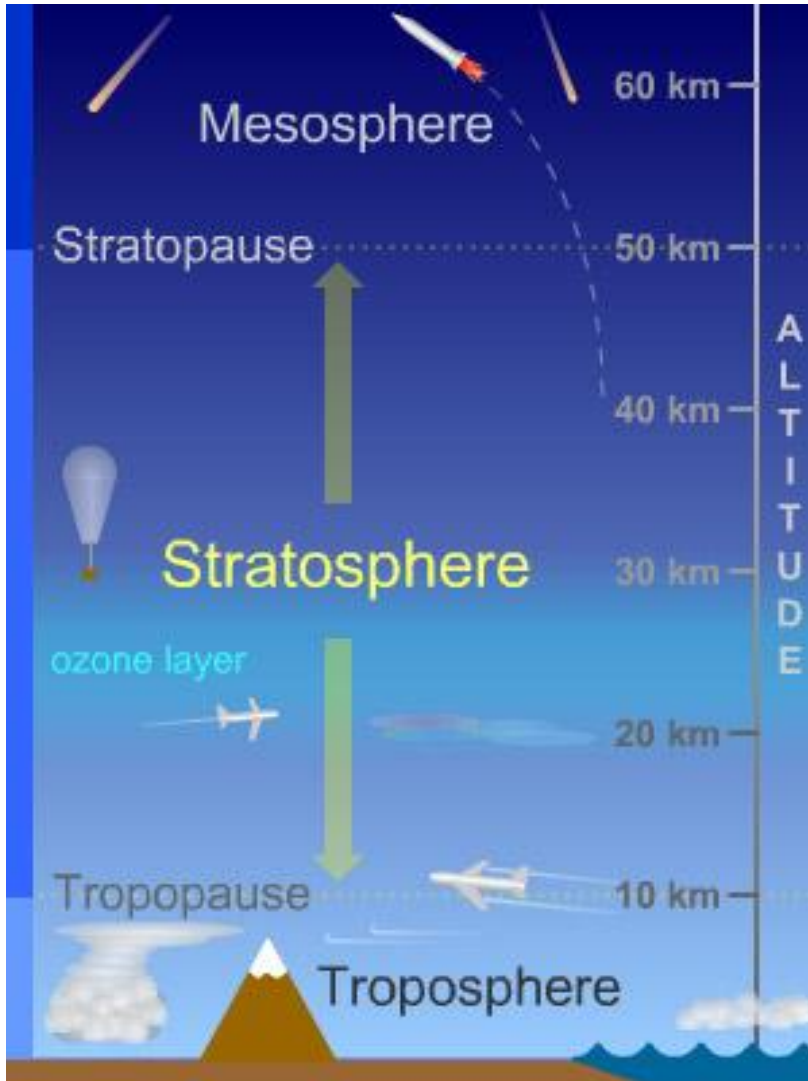
del griego τροπος (*tropos* = girar) y σφαира (*sphaira* = esfera).

LGK 2011 GF3003

Dibujar los perfiles de temperatura para condiciones diurnas y nocturnas



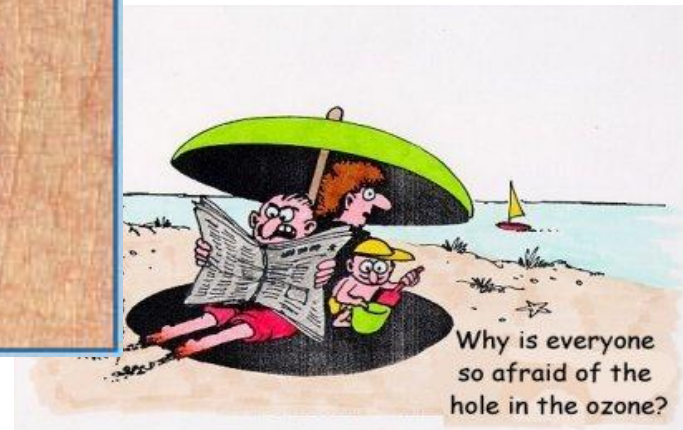
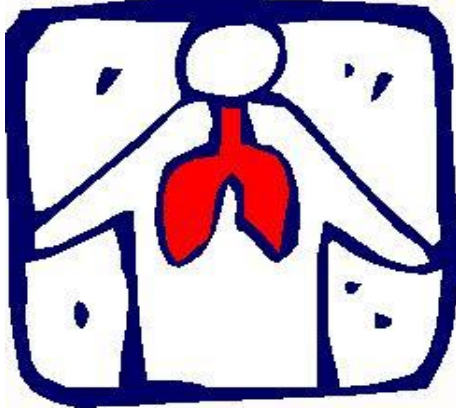
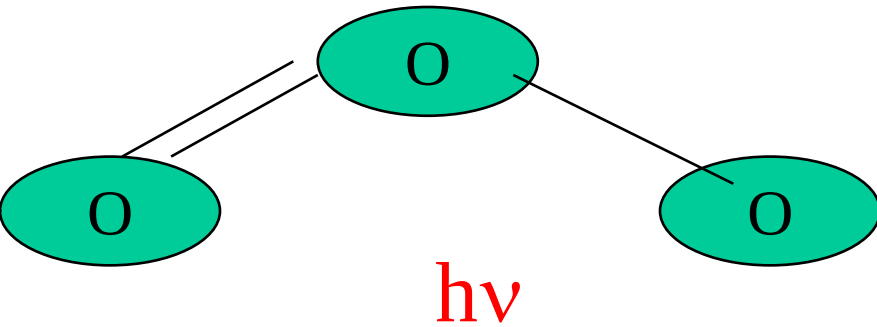
¿Por qué aumenta en la estratósfera?

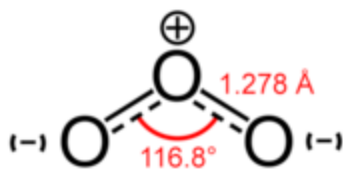


Nube estratosférica polar

Ozono (οζειν=olor)

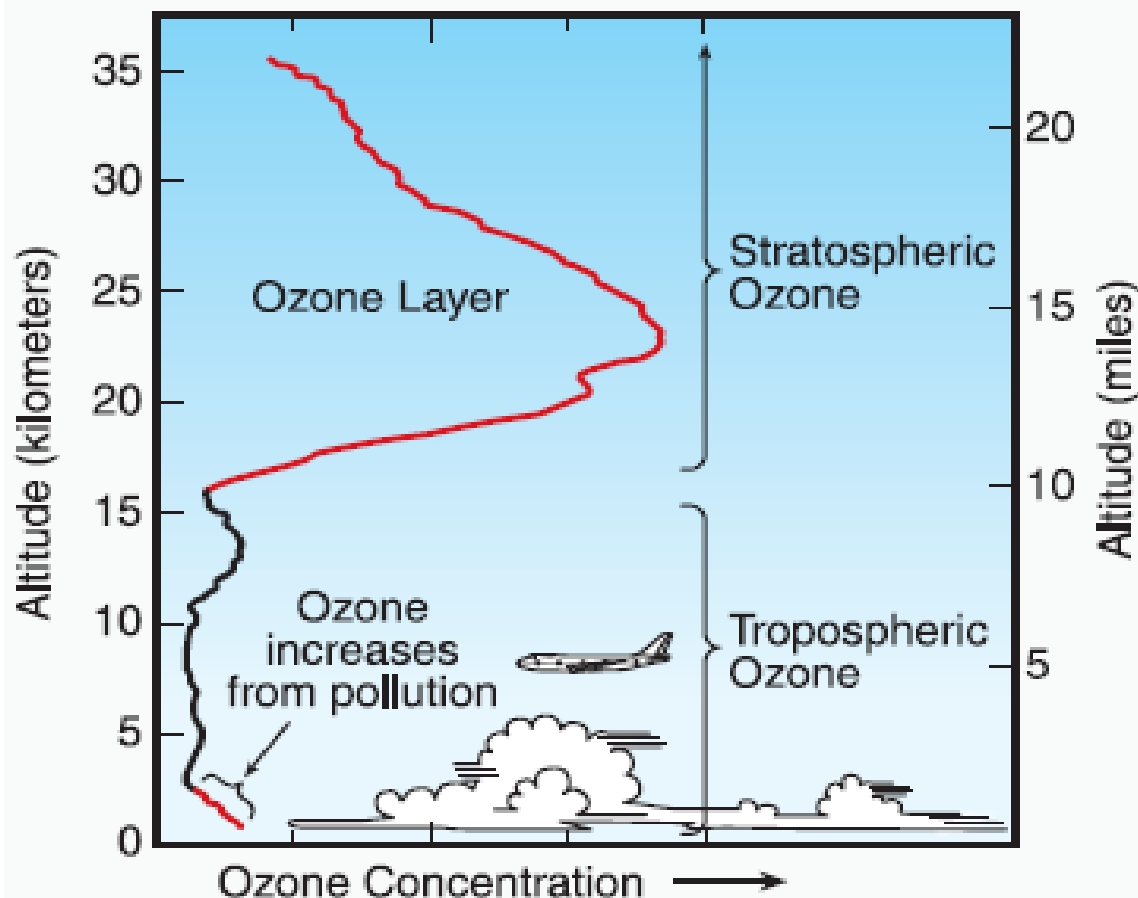
$h\nu$





¿Dónde está el ozono?

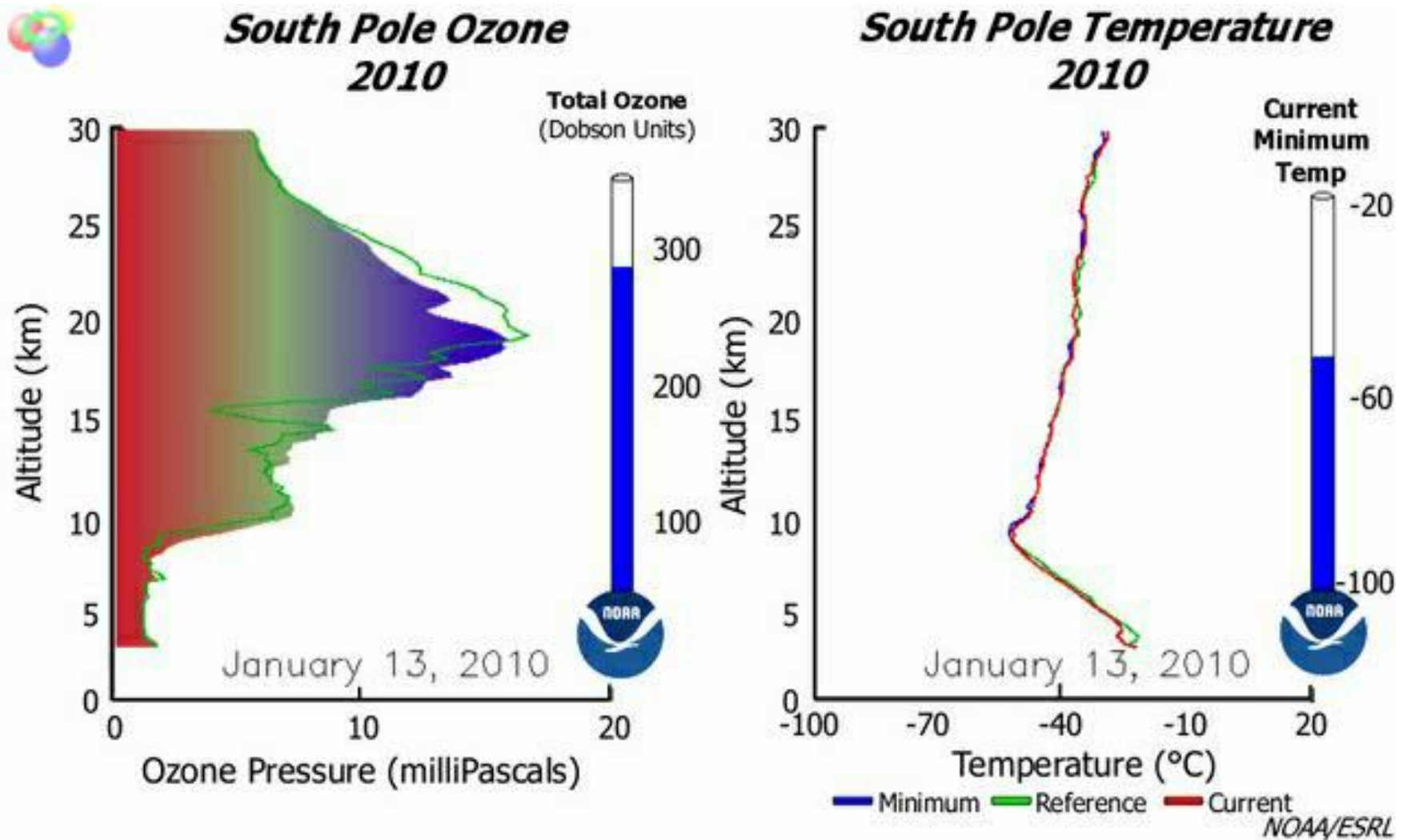
Ozone in the Atmosphere



Ozone Amount
(pressure, milli-Pascals)

- Contains 90% of Atmospheric Ozone
- Beneficial Role:
Acts as Primary UV Radiation Shield
- Current Issues:
 - Long-term Global Downward Trends
 - Springtime Antarctic Ozone Hole Each Year

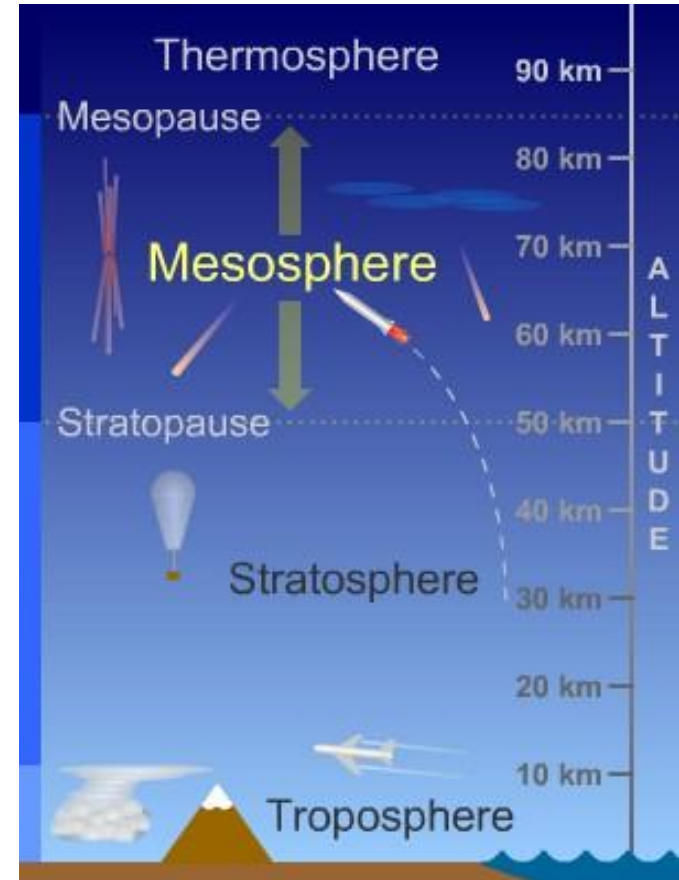
- Contains 10% of Atmospheric Ozone
- Harmful Impact: Toxic Effects on Humans and Vegetation
- Current Issues:
 - Episodes of High Surface Ozone in Urban and Rural Areas



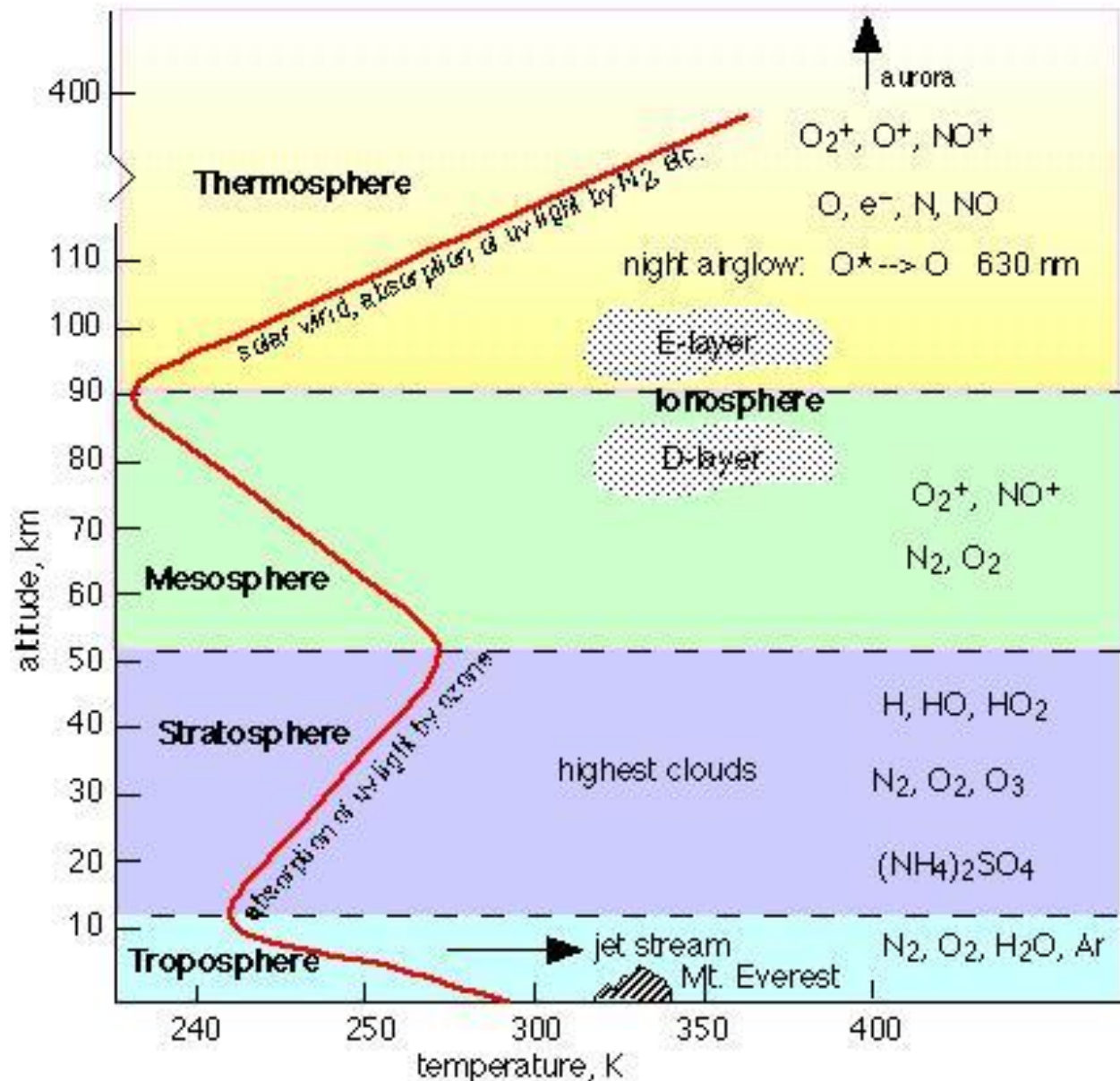
Mesósfera



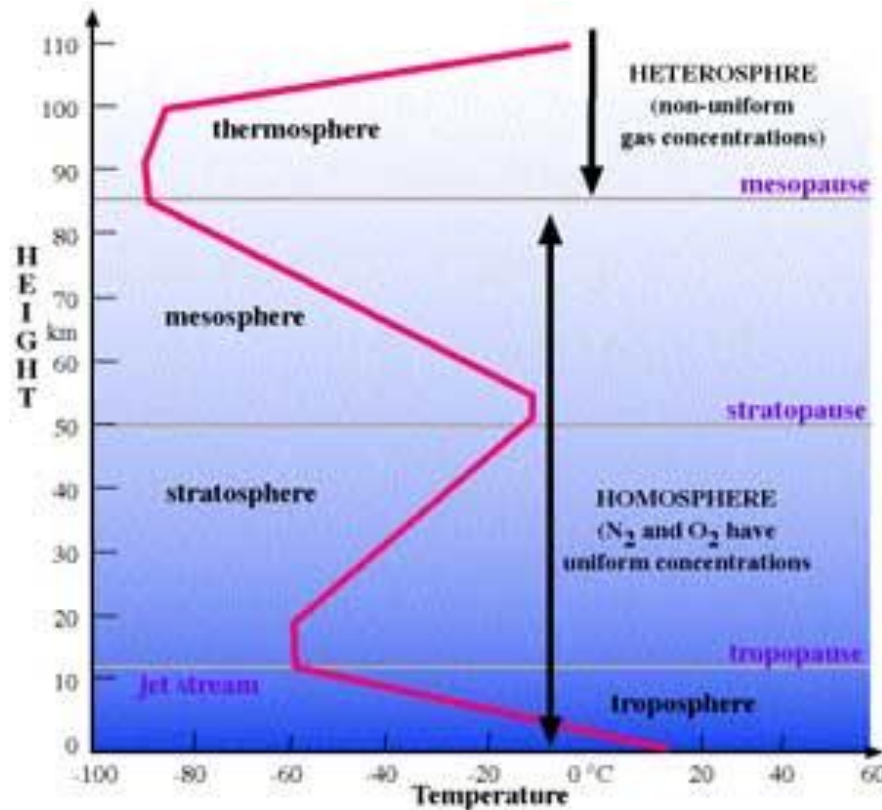
Nubes noctilucuentes desde Estocolmo
Foto. Nathan Wilhem



Estructura y composición van de la mano

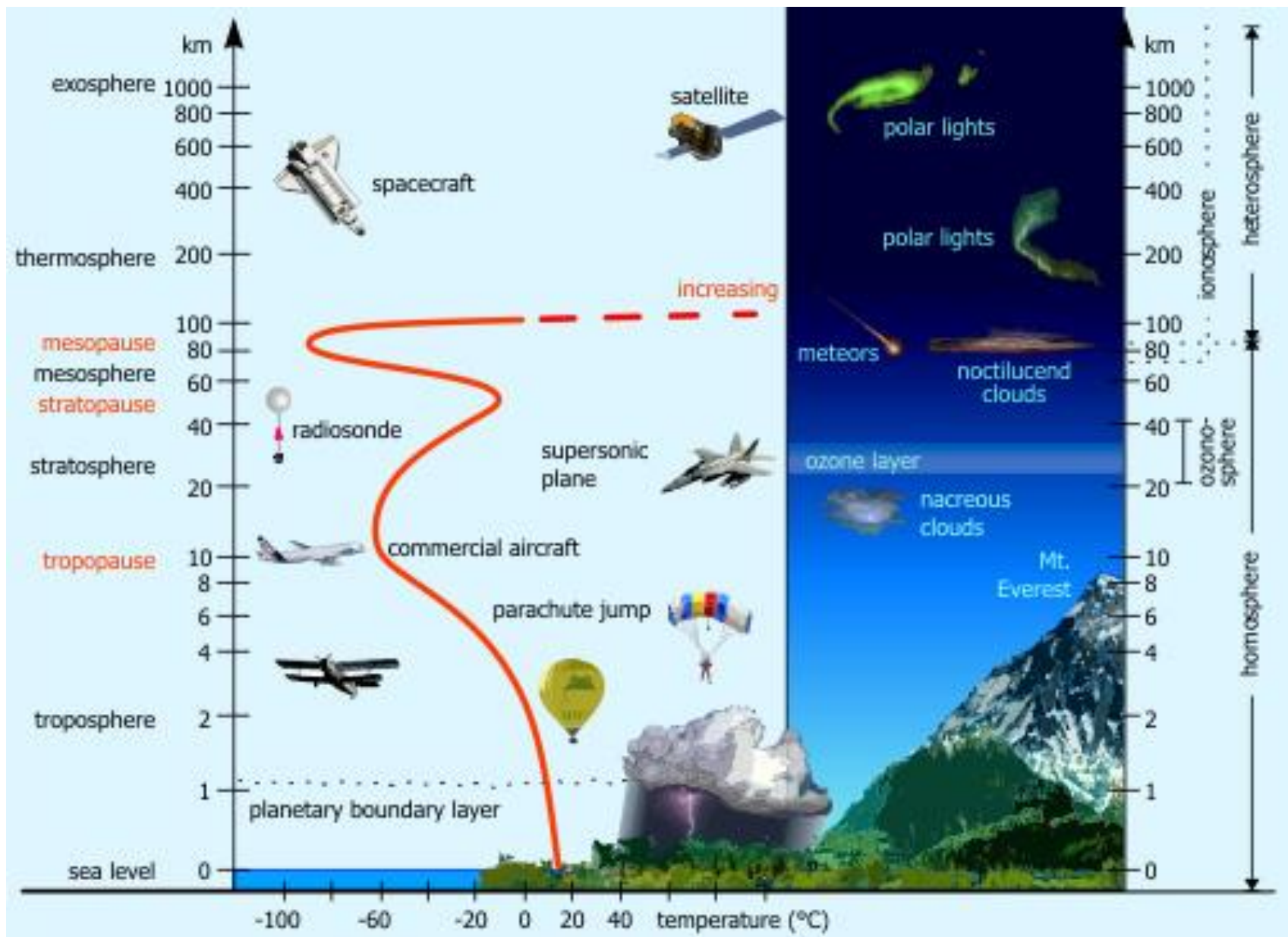


Como los 100 primeros km están muy bien mezclados (en cuanto a comp. mayoritarios)



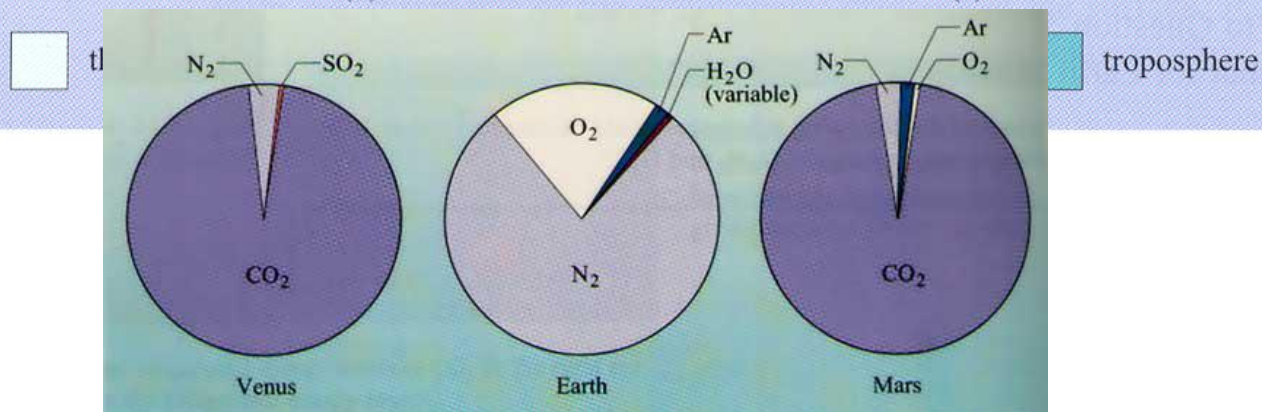
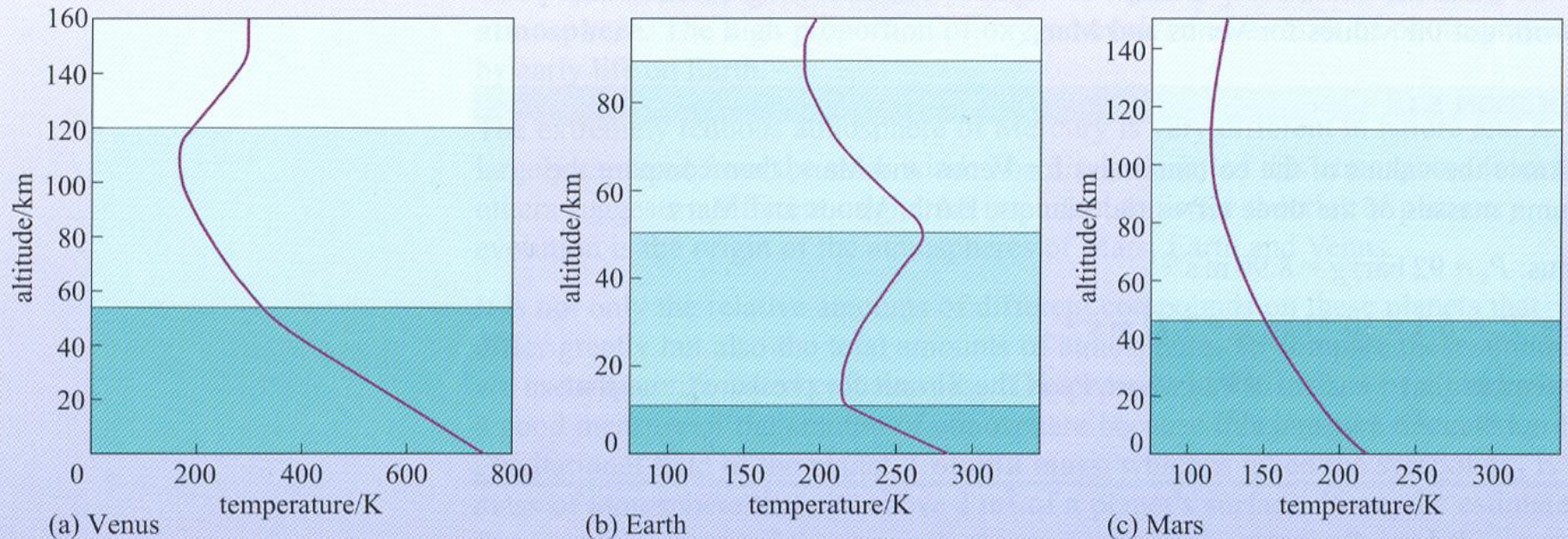
Heterósfera
(estratificación por
peso molecular)

Homósfera
(mezcla eficiente)



LGK 2011 GF3003

Por supuesto, según la composición cambia la estructura termodinámica



5 minutos....



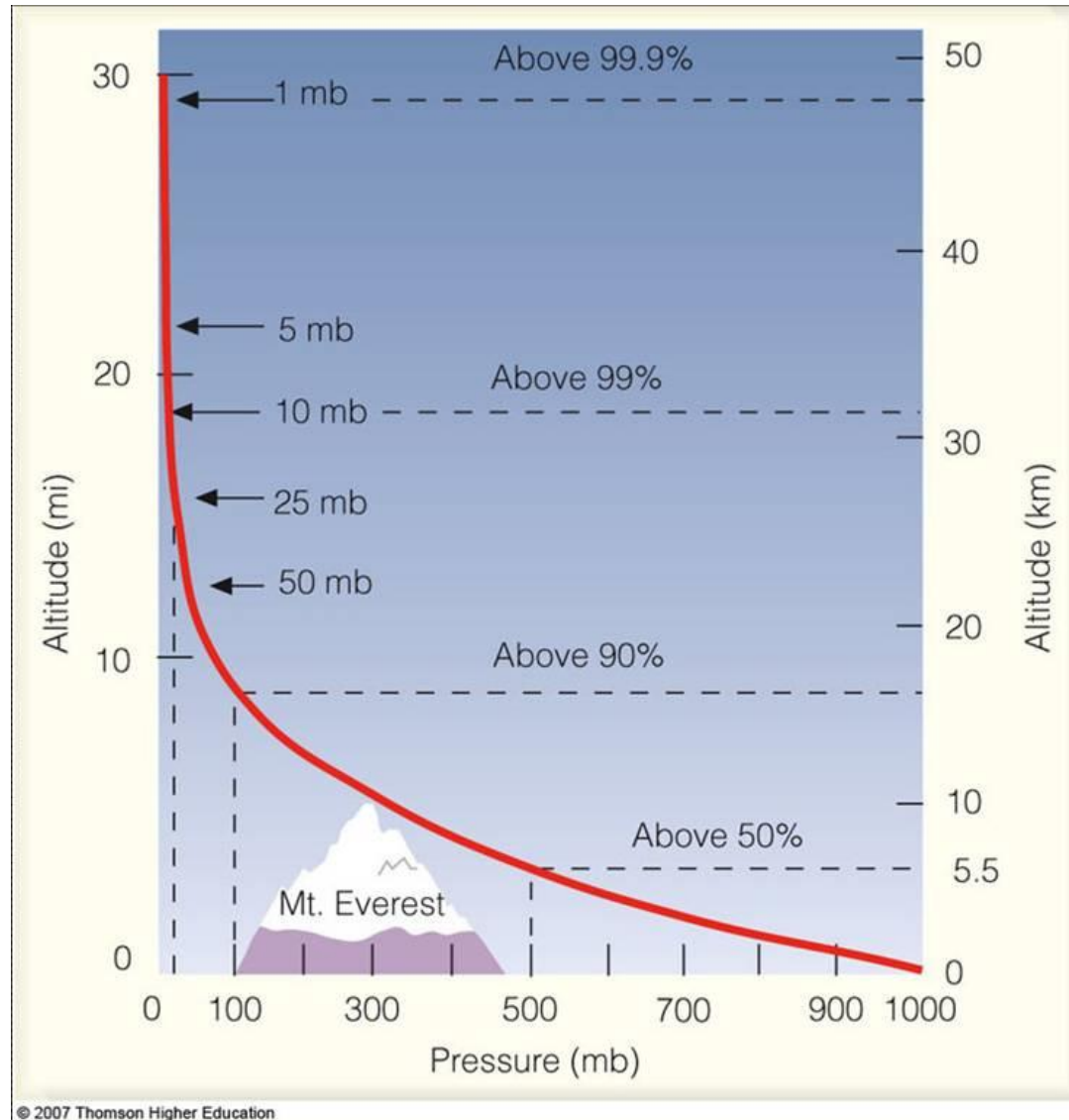
LGK 2011 GF3003

A satellite photograph of Earth showing a curved horizon. The upper portion of the image is dominated by a thick, white layer of clouds, representing the atmosphere. Below the clouds, the dark blue and green colors of the ocean and landmasses are visible. The text is overlaid on the right side of the image.

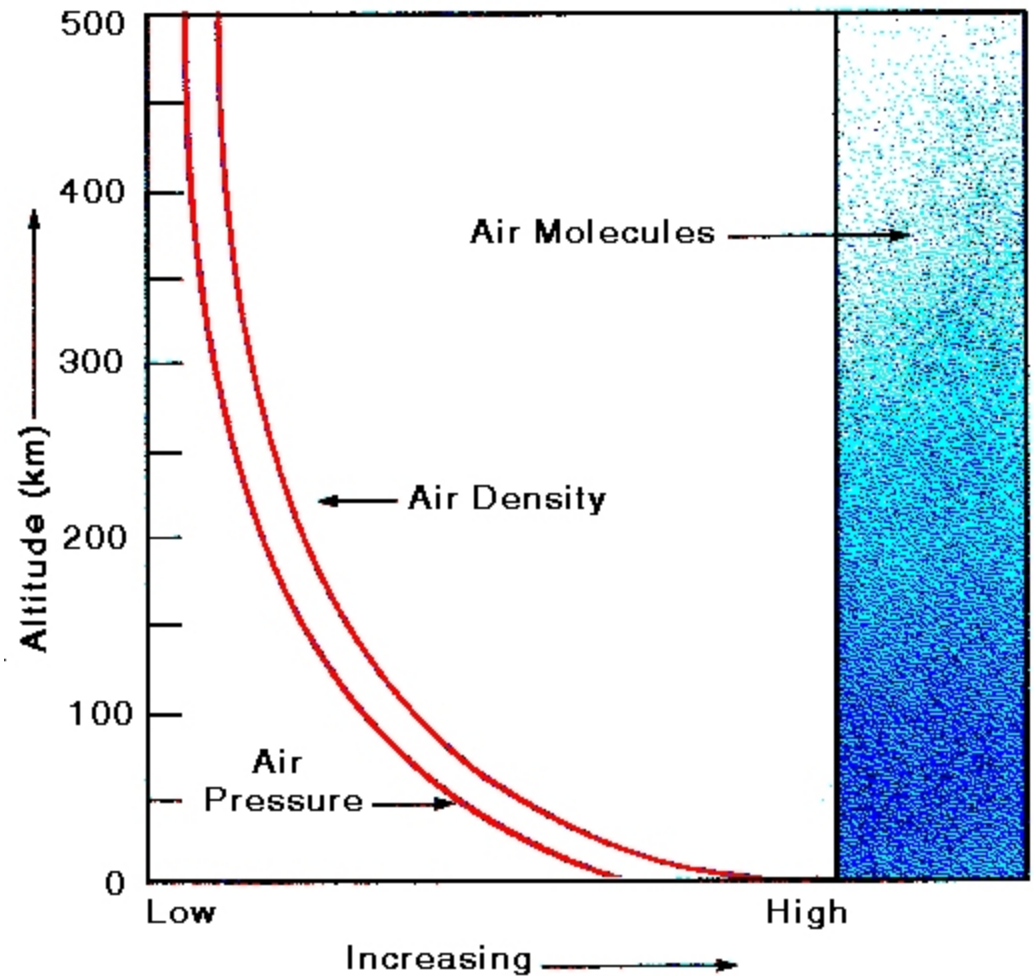
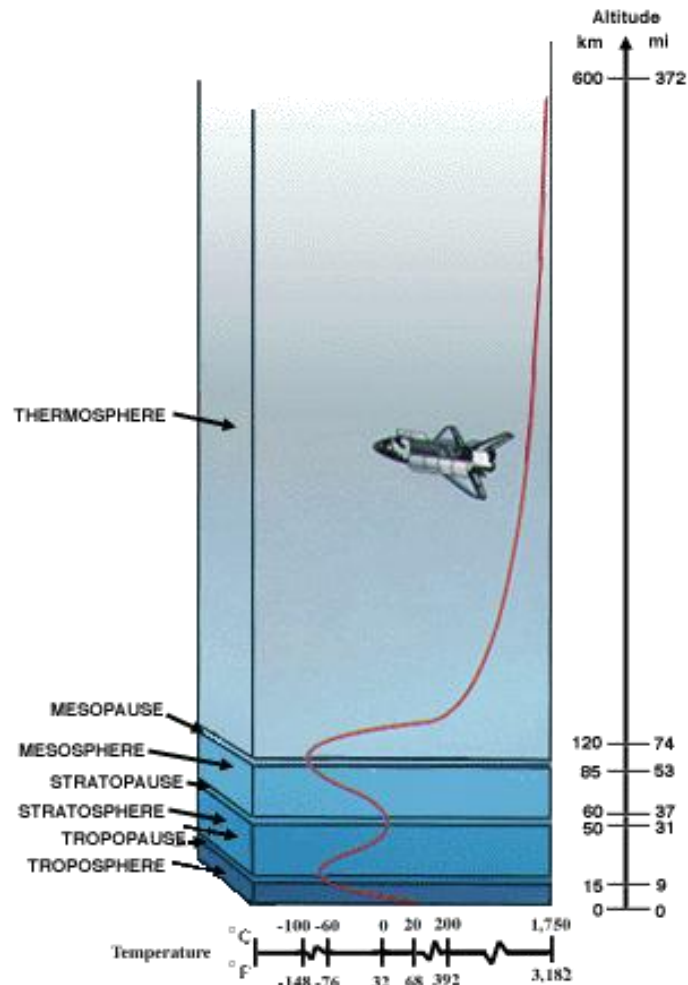
En la atmósfera
prevalecen los
movimientos
horizontales

Se comporta, grosso
modo, como un gas
ideal

¿Cómo cambia la presión con la altura?



Entonces:



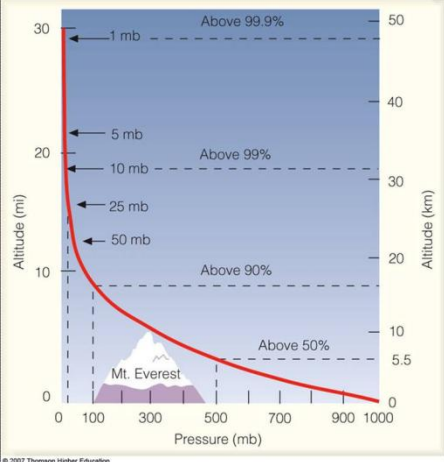
Atmósfera como gas ideal

$$pV = n R^* T = \frac{m}{M} R^* T$$



$$p = \rho R T$$

$$R = \frac{R^*}{M} = 287 \left[\frac{\text{J}}{\text{kg K}} \right]; M \approx 29 \left[\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right]$$

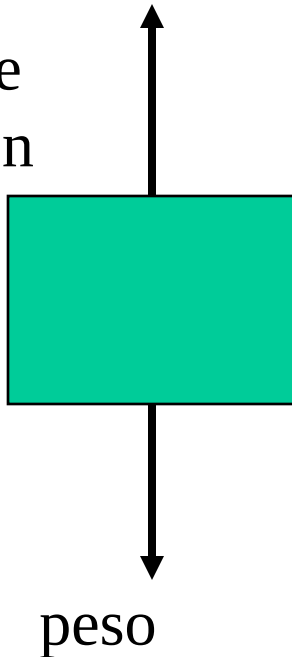


Balance hidrostático

“La atmósfera no se cae...”

La fuerza de gravedad (hacia abajo) es compensada por el gradiente vertical de presión (hacia arriba)

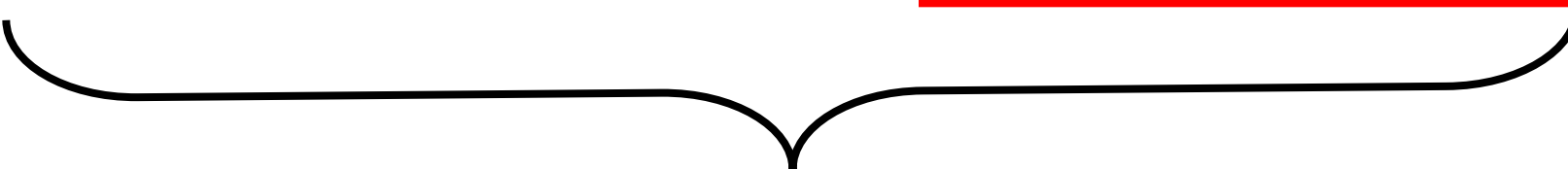
Gradiente
de presión



$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g$$

$$p = \rho R T$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g$$


$$\frac{\partial p}{p} = -\frac{g}{RT} \partial z$$

Esto da una excelente aproximación de la variación vertical de la presión. Excepto en situaciones con movimientos verticales intensos, por ejemplo, tornados.

Ecuación hipsométrica

$$\frac{\partial p}{p} = -\frac{g}{RT} \partial z$$

$$\Rightarrow \int_{p_s}^p \frac{\partial p}{p} = -\frac{g}{R} \int_0^z \frac{\partial z}{T}$$

$$\Rightarrow \ln\left(\frac{p}{p_s}\right) = -\frac{g}{R} \int_0^z \frac{\partial z}{T}$$

$$\text{o } p = p_s \exp\left(-\frac{g}{R} \int_0^z \frac{\partial z}{T}\right)$$

Ecuación hipsométrica

$$\frac{\partial p}{p} = -\frac{g}{RT} \partial z$$

$$p_2 = p_1 \exp\left(-\frac{g}{R} \int_{z_1}^{z_2} \frac{\partial z}{T}\right)$$

$T \sim \text{constante}$

$$\Rightarrow \Delta z = z_2 - z_1 \approx \frac{RT}{g} \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right)$$

Isohipsas

$$\frac{\partial p}{p} = -\frac{g}{RT} \partial z = \frac{1}{RT} \partial \phi, \quad \phi = \text{altura geopotencial}$$

$$p_2 = p_1 \exp\left(-\frac{1}{R} \int_{z_1}^{z_2} \frac{\partial z}{T}\right)$$

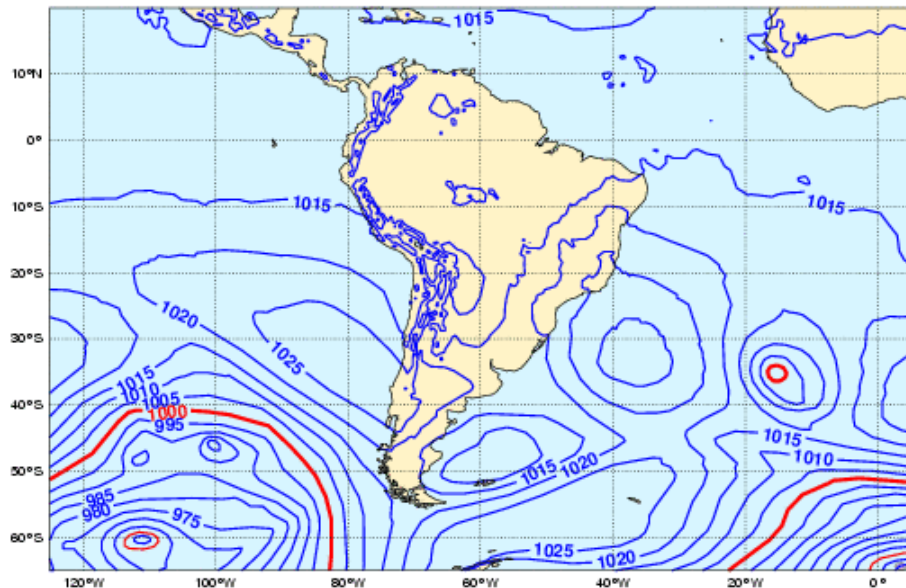
$T \sim \text{constante}$

$$\Rightarrow \Delta \phi \approx RT \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right)$$

Cartas meteorológicas

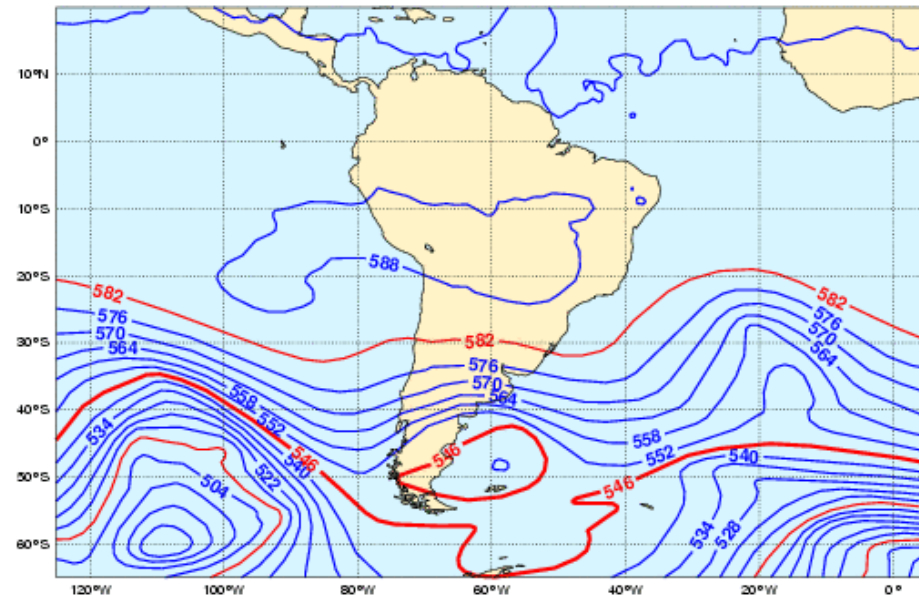
Isóbaras (=igual presión)

Thursday 19 August 2010 00UTC ECMWF Forecast t+0 VT: Thursday 19 August 2010 00UTC
Mean sea level pressure (MSLP) Deterministic Forecast and Standard Deviation (shaded)



Isohipsas (=igual altura geopotencial)

Thursday 19 August 2010 00UTC ECMWF Forecast t+0 VT: Thursday 19 August 2010 00UTC
500h Pa Geopotential Deterministic Forecast and Standard Deviation (shaded)



En superficie se muestra la presión atmosférica a nivel del mar en hPa (isóbaras)

En altura se muestra la altura geopotencial para un cierto nivel de presión (isohipsas), por ejemplo a 500 hP (“carta de 500”)

Escala de altura (“*Scale height*”)

$$\frac{\partial p}{p} = -\frac{g}{RT} \partial z \quad \text{o} \quad p_2 = p_1 \exp\left(-\frac{g}{R} \int_{z_1}^{z_2} \frac{\partial z}{T}\right)$$

Análisis dimensional

$$\Rightarrow H = \frac{RT}{g}$$

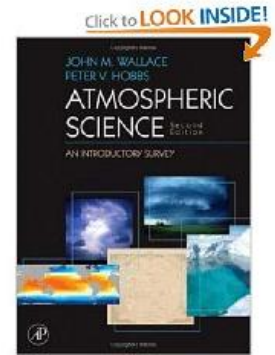
En H, la presión ha disminuido en 1/e para una atmósfera isotérmica

Preguntas para cuando estudien

- Estimar la masa de la atmósfera ($M_{\text{atm}} \sim 5 \times 10^{21}$ g) sabiendo que a nivel de superficie la presión es aproximadamente 1000 hPa
- ¿Cuál es la composición atmosférica de Júpiter?
¿Cómo es su estratificación térmica?



Lecturas de hoy



- Obligatoria
 - Wallace and Hobbs, Atmospheric Science
 - Ch. 1.: 1.3.1; 1.3.2; 1.3.4
 - Ch. 3.: 3.1, 3.2
 - Antropoceno (<http://www.mpch-mainz.mpg.de/~air/anthropocene/Text.html>)
- Opcional
 - Planetary atmospheres
(<http://lasp.colorado.edu/~bagenal/3720/index.html>)
- Más sobre química atmosférica GF3022
(Contaminación atmosférica)