

HIDROLOGÍA

CALSE 5: HIDROCLIMATOLOGÍA DE COLOMBIA

Segunda parte

Julián David Rojo Hdz.

I.C. Msc. Recursos Hidráulicos

A spiral-bound notebook with a brown cover and a white page. The spiral binding is on the left side. The page is mostly blank, with a horizontal line near the top. The text "2.2 BALANCE DE ENERGÍA" is written in the center in a bold, orange, sans-serif font.

2.2 BALANCE DE ENERGÍA

CONTENIDO

2.2.1 Ley de Stefan Boltzman

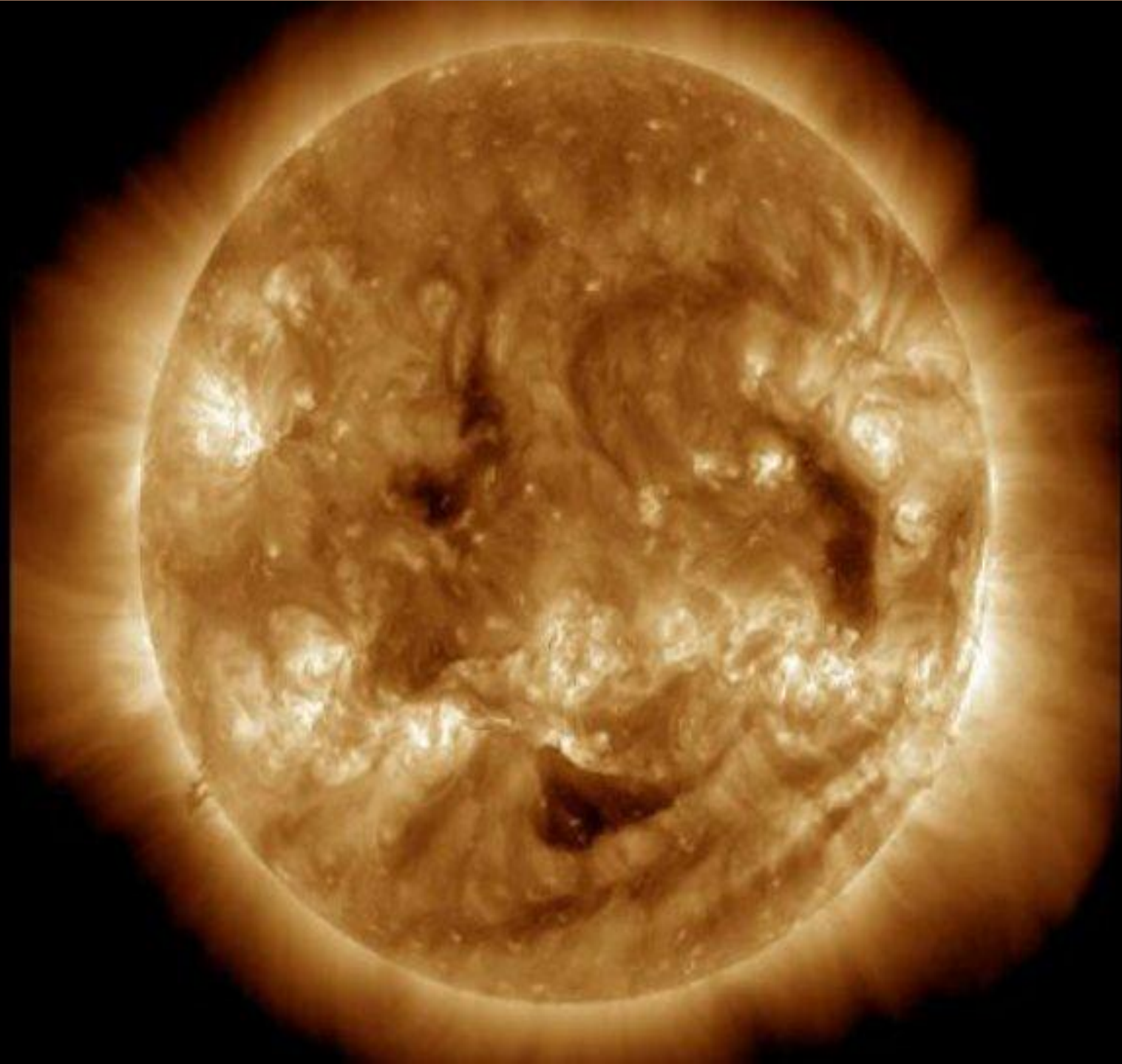
2.2.2 Radiación solar.

2.2.3 Temperatura efectiva del planeta

2.2.4 El efecto invernadero

2.2.5 Ecuación de balance de energía.

2.2.6 Variabilidad temporal.



LEY DE STEFAN BOLTZMAN

- Todo cuerpo caliente ($T > 0 \text{ K}$) emite radiación térmica con una potencia emisiva hemisférica total (W/m^2) proporcional a la cuarta potencia de su temperatura:

$$R = \varepsilon \sigma T^4$$

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}^4$$

LA RADIACION SOLAR

- El motor principal que mueve el ciclo hidrológico es la radiación solar, que determina también las características climáticas de una región.
- La temperatura promedio de la fotosfera solar es de 5785 K.
- Para dicha temperatura la radiación emitida por el sol es de $6.35E7 \text{ W/m}^2$, perpendicular a la superficie solar.
- La luminosidad (potencia total) del sol es de $3.87E26 \text{ W}$.
- La radiación solar en el tope de la atmosfera terrestre (Tambien llamada constante solar S_0) es de 1377 W/m^2 .

LONGITUD DE ONDA

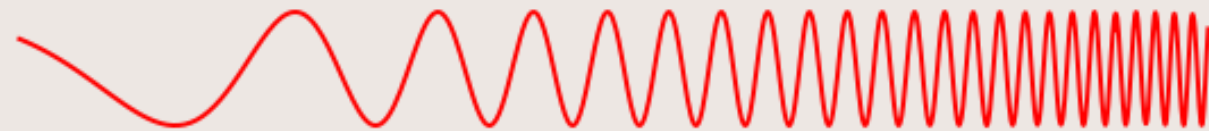
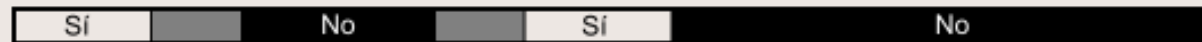
- Los gases calientes, incandescentes, que comprimen su superficie, emiten energía en forma de radiaciones electromagnéticas constituidas por un espectro de ondas de un amplio rango de longitudes, que viajan a una velocidad de 300000 km/s y están dadas por la Ley de Planck

$$E_{\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 [\exp(C_2/\lambda T) - 1]}$$

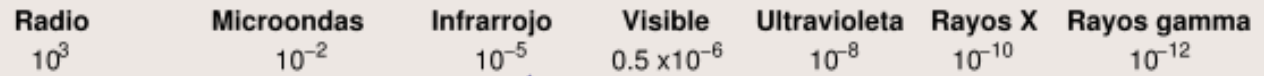
$$C_1 = 3.7427 \times 10^8 \text{ W}\mu\text{m}^4\text{m}^{-2}; C_2 = 1.4388 \times 10^4 \mu\text{m}^{\circ}\text{K}$$

EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

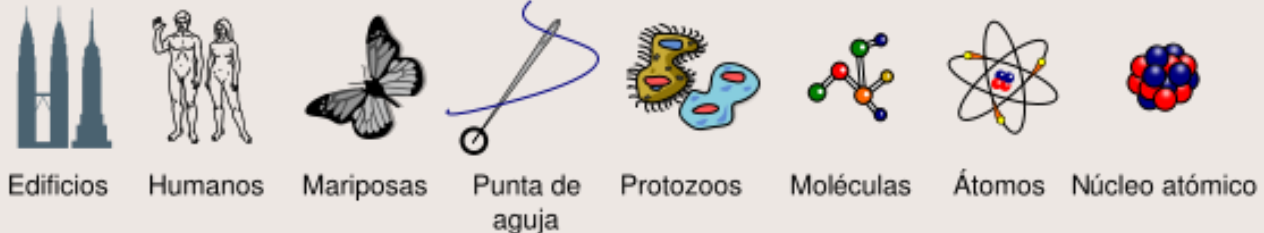
¿Penetra la atmósfera terrestre?



Tipo de radiación
Longitud de onda (m)



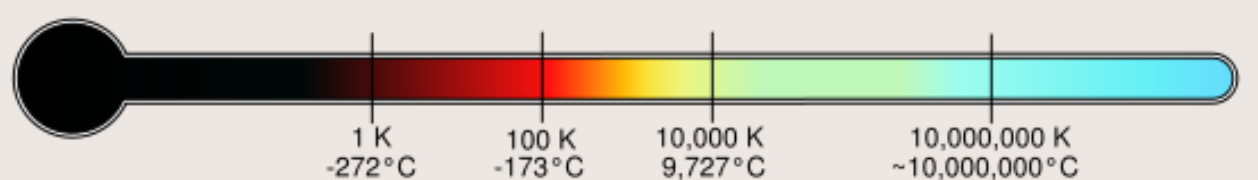
Escala aproximada de la longitud de onda



Frecuencia (Hz)



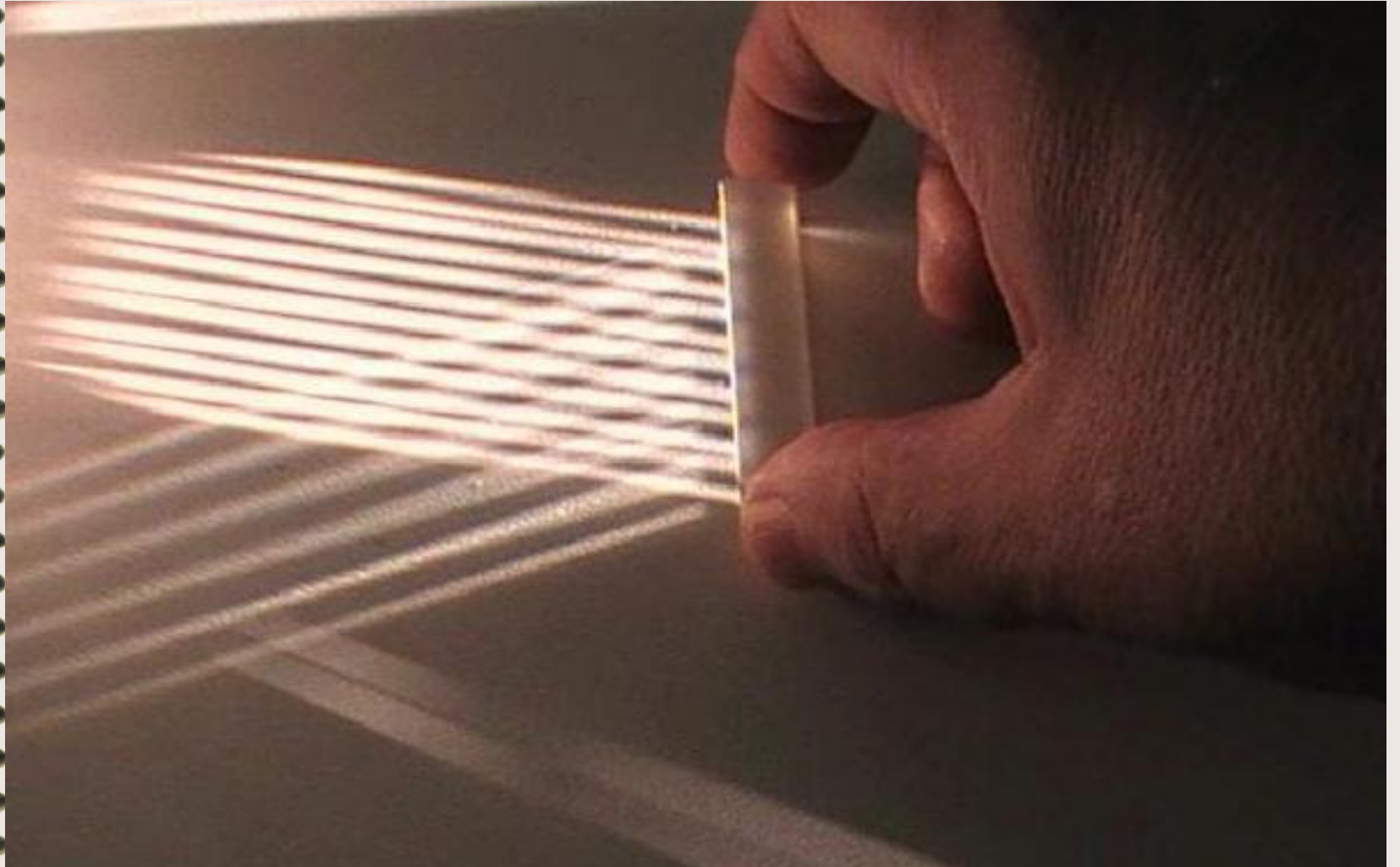
Temperatura de los objetos en los cuales la radiación con esta longitud de onda es la más intensa



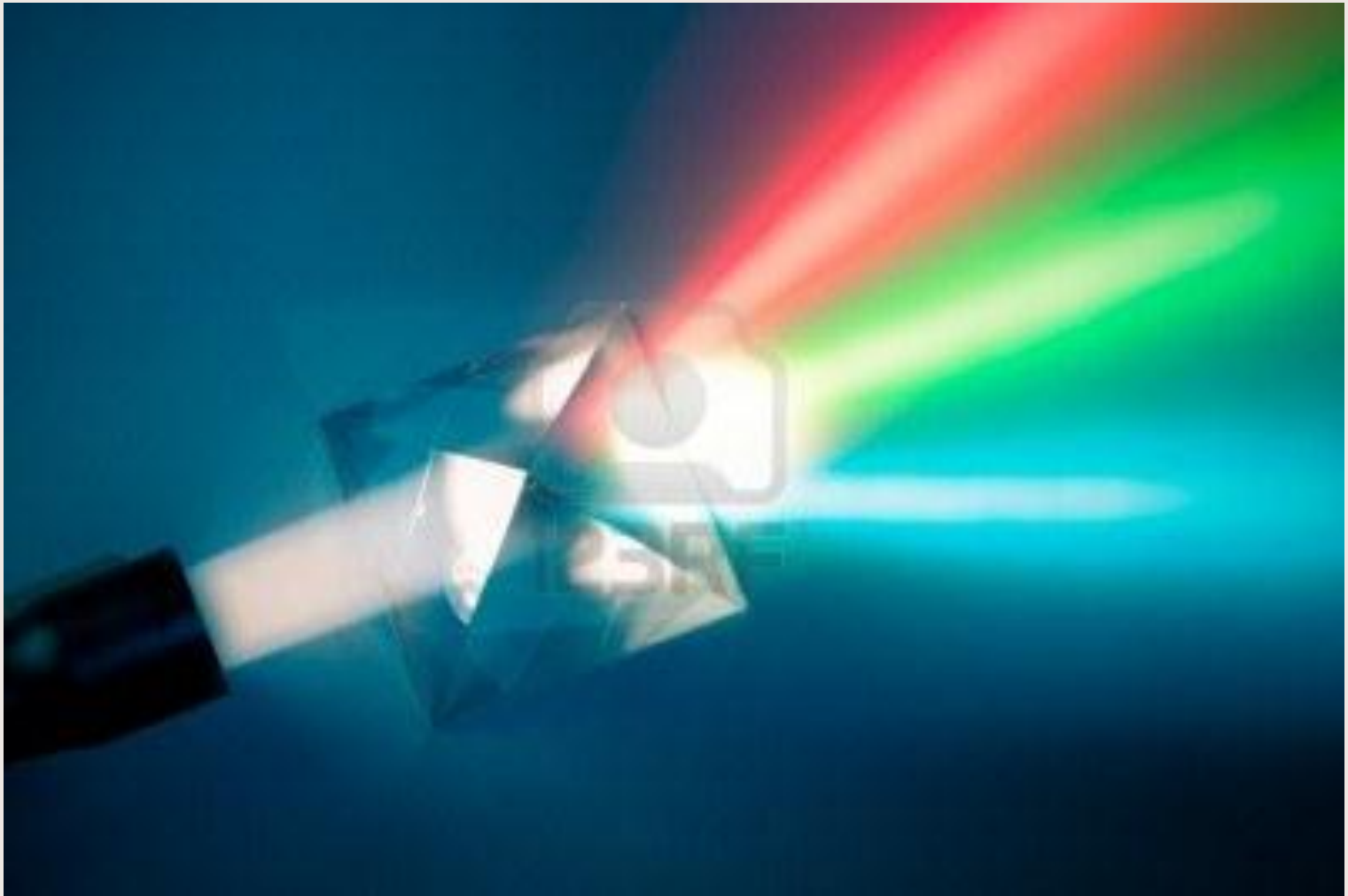
PROPIEDADES DE LA LUZ

- **Reflexión:** Cambio en la dirección de una onda al entrar en contacto con la superficie de separación entre dos medios diferentes.
- **Albedo:** porcentaje de radiación reflejada con respecto a la radiación incidente. Para la tierra varía entre el 30% y el 40%.
- **Dispersión:** Separación de las ondas electromagnéticas en distintas frecuencias al atravesar un material determinado.

REFLEXIÓN Y ALBEDO



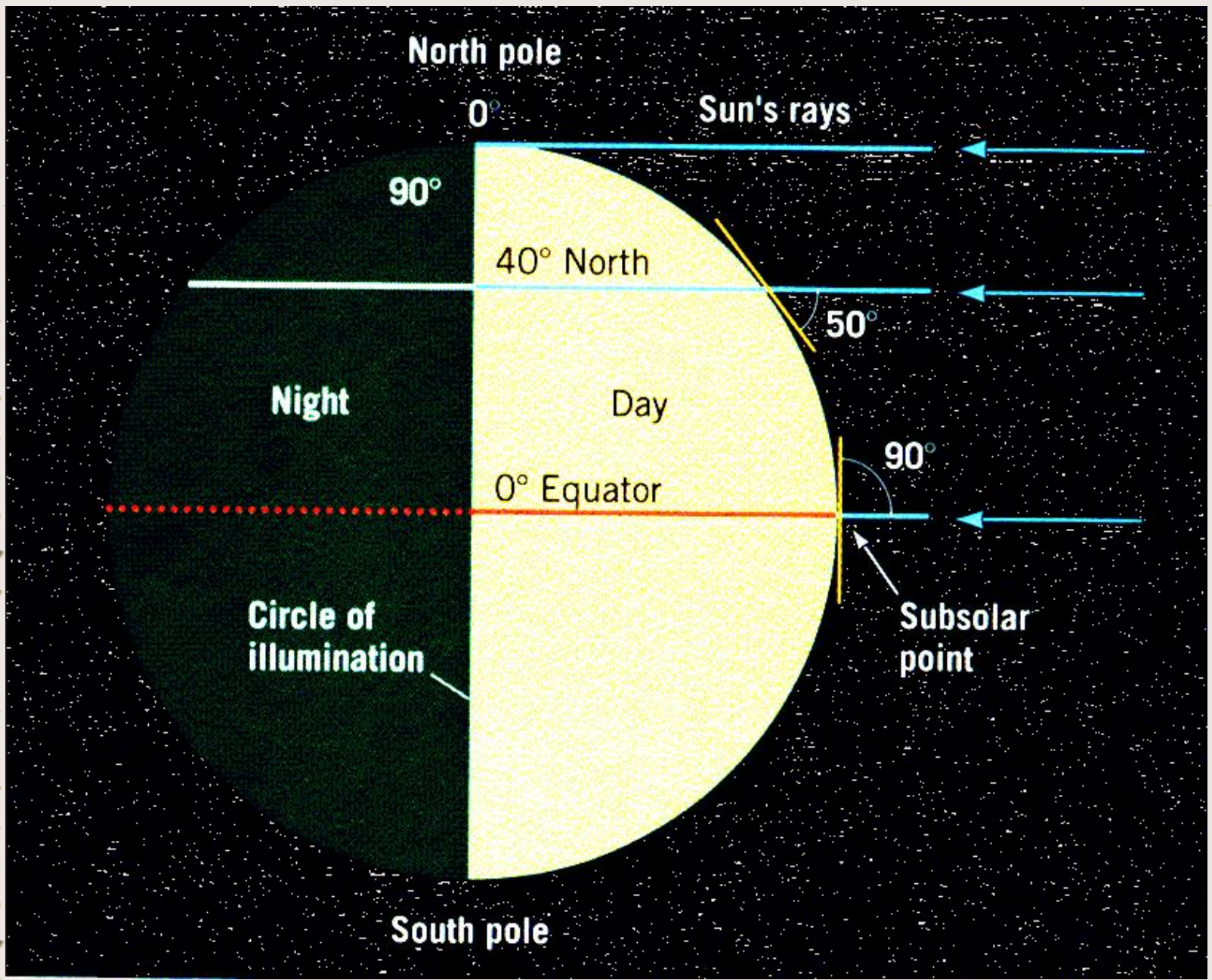
DISPERSIÓN DE LA LUZ



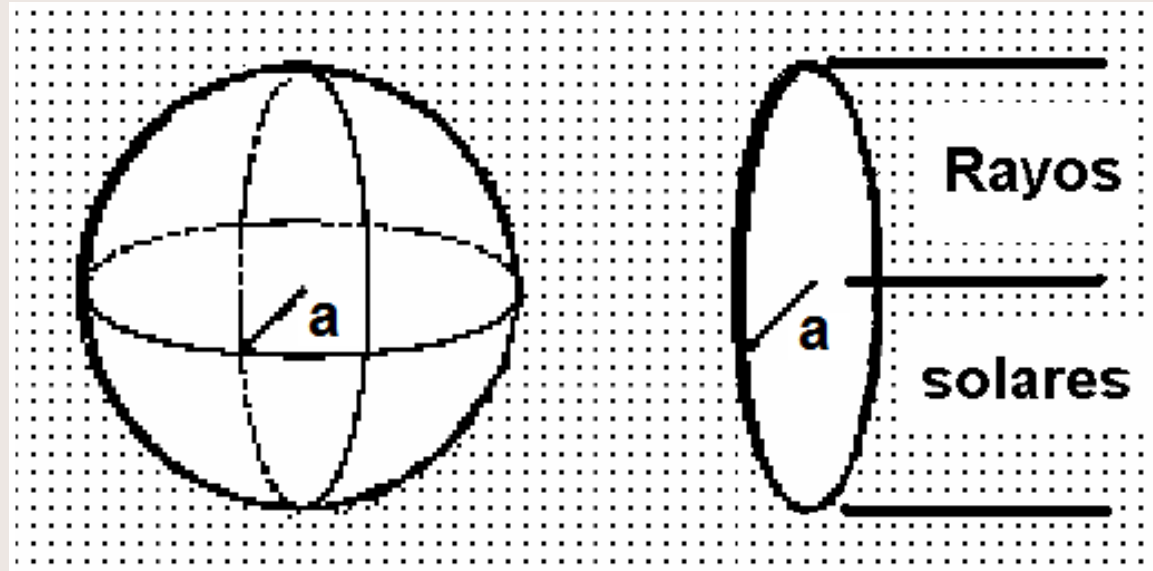


PROPIEDADES DE LOS CUERPOS

- **Trasparencia:** propiedad óptica de la materia mediante la cual un material *deja pasar (no absorbe)* la luz.
- **Opacidad:** propiedad óptica de la materia mediante la cual un material *no deja pasar (absorbe)* la luz.
- **Cuerpo Negro:** Objeto teórico o ideal que absorbe toda la luz y toda la energía radiante que incide sobre él.



TEMPERATURA EFECTIVA DE LA TIERRA

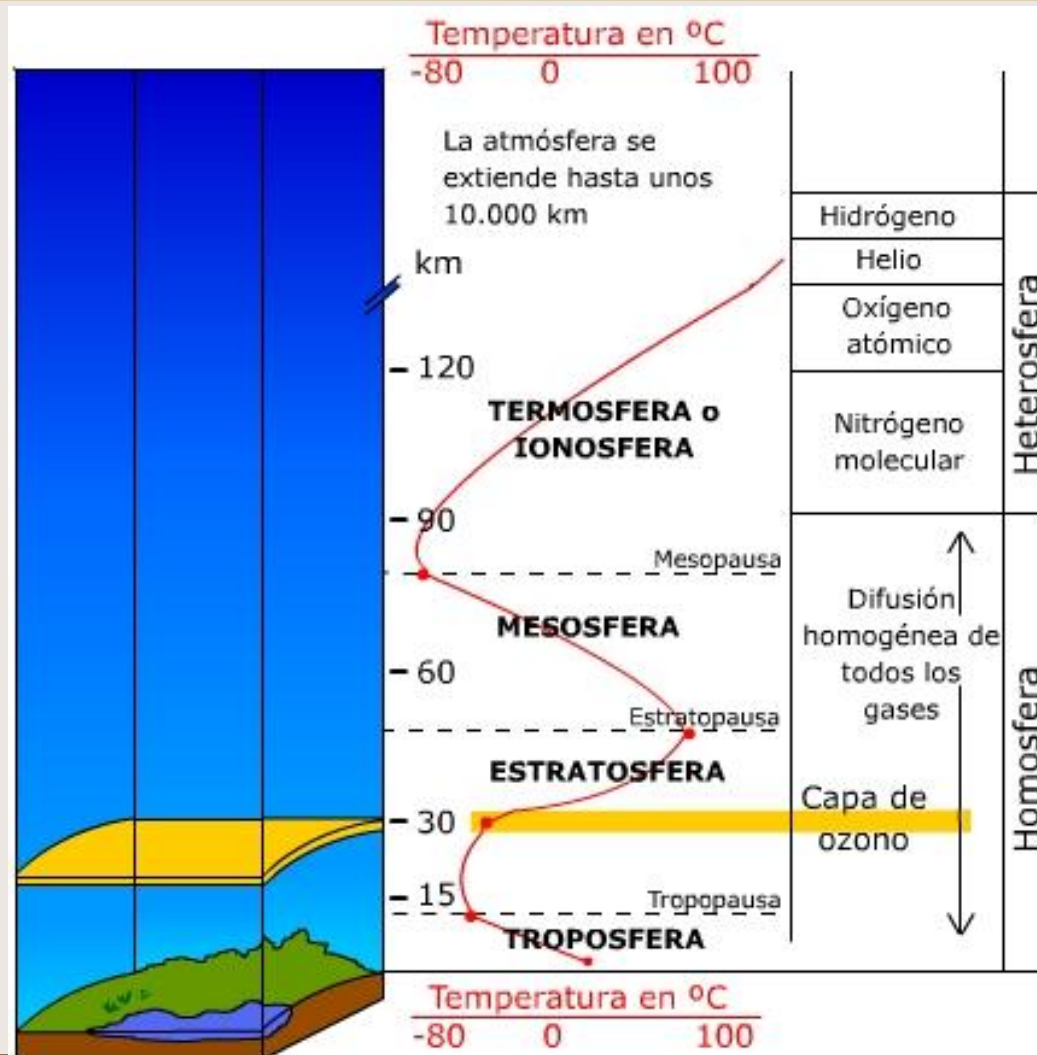


$$E_{in} = S_0 \pi a^2 (1 - \alpha)$$

$$E_{out} = \sigma T^4 4\pi a^2$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{S_0 (1 - \alpha)}{4\sigma}}$$

EL EFECTO DE LA ATMÓSFERA



LA CAPA DE OZONO

- El ozono es un compuesto inestable de tres átomos de oxígeno, el cual actúa como un potente filtro solar evitando el paso de una pequeña parte de la radiación ultravioleta (UV) llamada B que se extiende desde los 280 hasta los 320 nanómetros (nm).
- La radiación UV-B puede producir daño en los seres vivos, dependiendo de su intensidad y tiempo de exposición; estos daños pueden abarcar desde irritación a la piel, conjuntivitis y deterioro en el sistema de defensas, hasta llegar a afectar el crecimiento de las plantas y dañando el fitoplancton, con las posteriores consecuencias que esto ocasiona para el normal desarrollo de la fauna marina.
- El ozono es un gas tan escaso que, si en un momento lo separásemos del resto del aire y que lo atrajésemos al ras de tierra, tendría solamente **3 mm de espesor**.

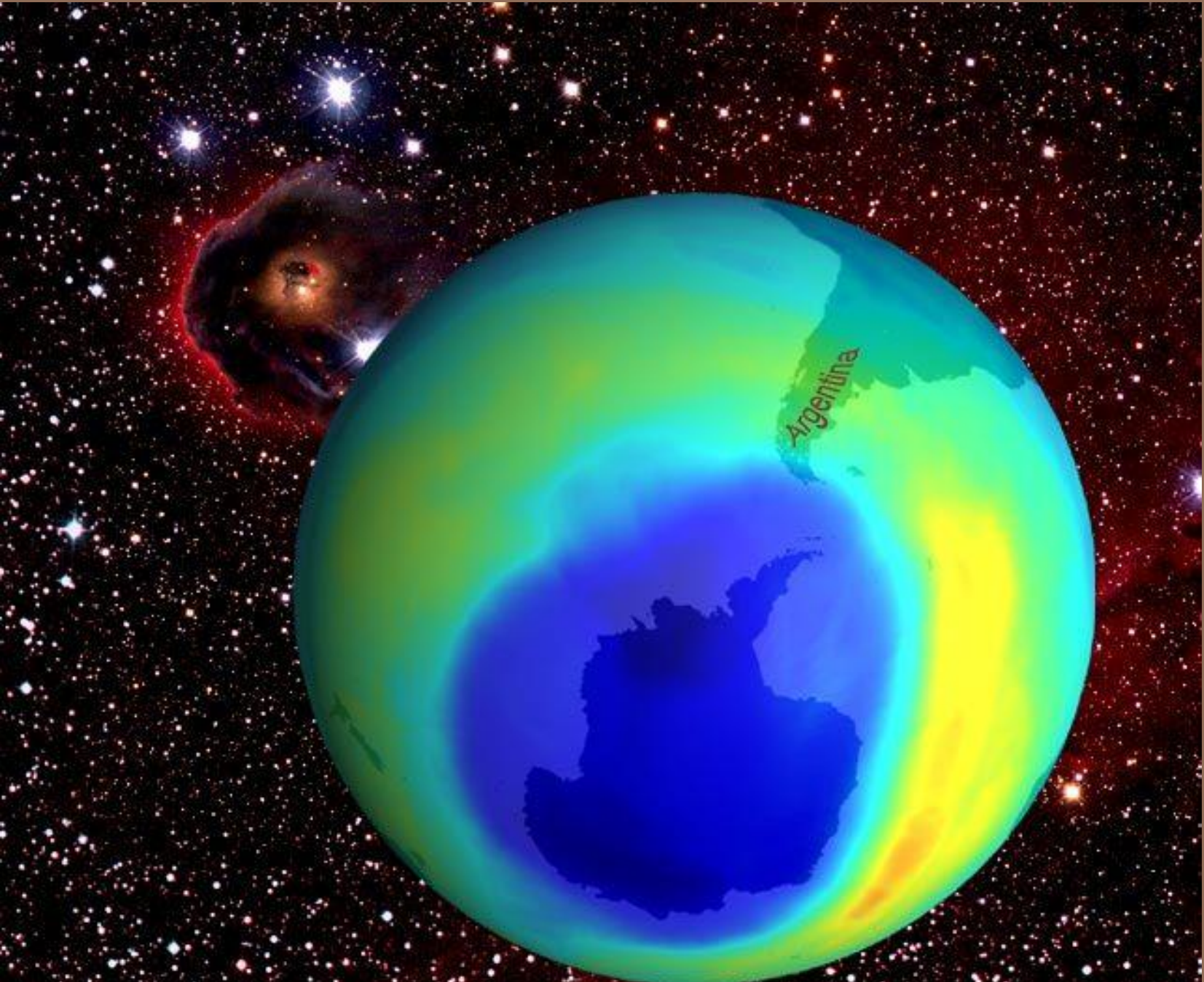
MEDIDA DEL OZONO

- El contenido total de ozono en la atmósfera se define a partir de la cantidad de ese gas, contenida en una columna vertical de 1 cm² de base, a valores de presión y temperatura " standard".
- Un valor más frecuente es el que se expresa en miliatmosferas/centímetros, lo que define a la **UNIDAD DOBSON** (UD)
- Una UD corresponde, en promedio, a una concentración aproximada a una parte por billón en volumen.
- Los valores usuales observados en la atmósfera oscilan entre los 230 y 500 UD.
- A su vez, su distribución no es absolutamente uniforme en toda la vertical, calculándose que cerca del 90% de su concentración se encuentra en la baja estratosfera, con un máximo entre 19 y 23 km de altura en promedio.

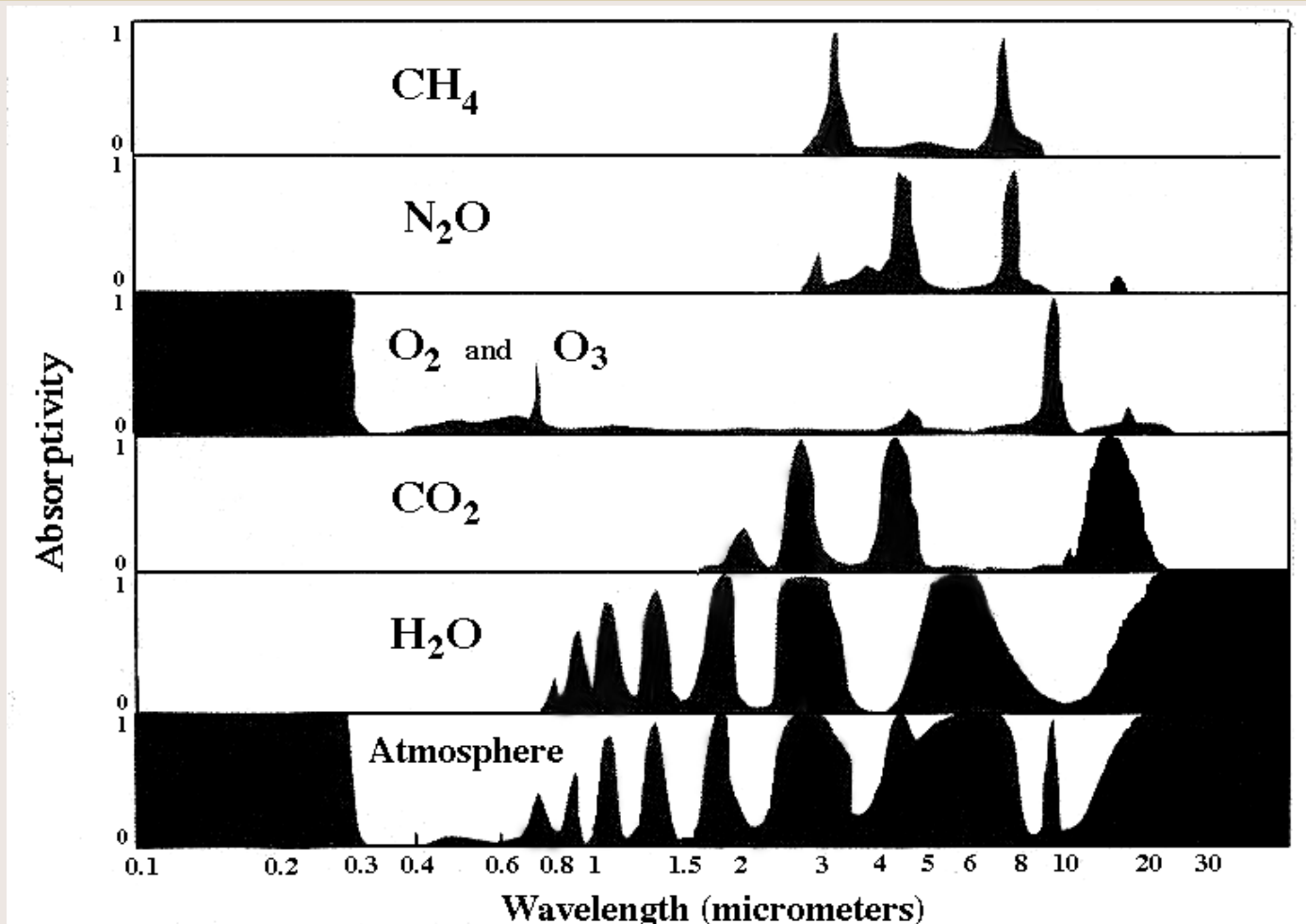
AGUJERO DE OZONO

En rigor no existe un agujero. En forma estacional, entre los meses de agosto y noviembre, se viene observando, desde mediados de los 70 una región con valores relativamente bajos, con una zona estrecha que lo delimita, con fuertes gradientes separando estos bajos valores, de un entorno con alta concentración del gas.

Se habla de agujero cuando hay menos de 220 unidades de ozono entre la superficie y el espacio.



ABSORCION DE RADIACIÓN POR LA ATMÓSFERA

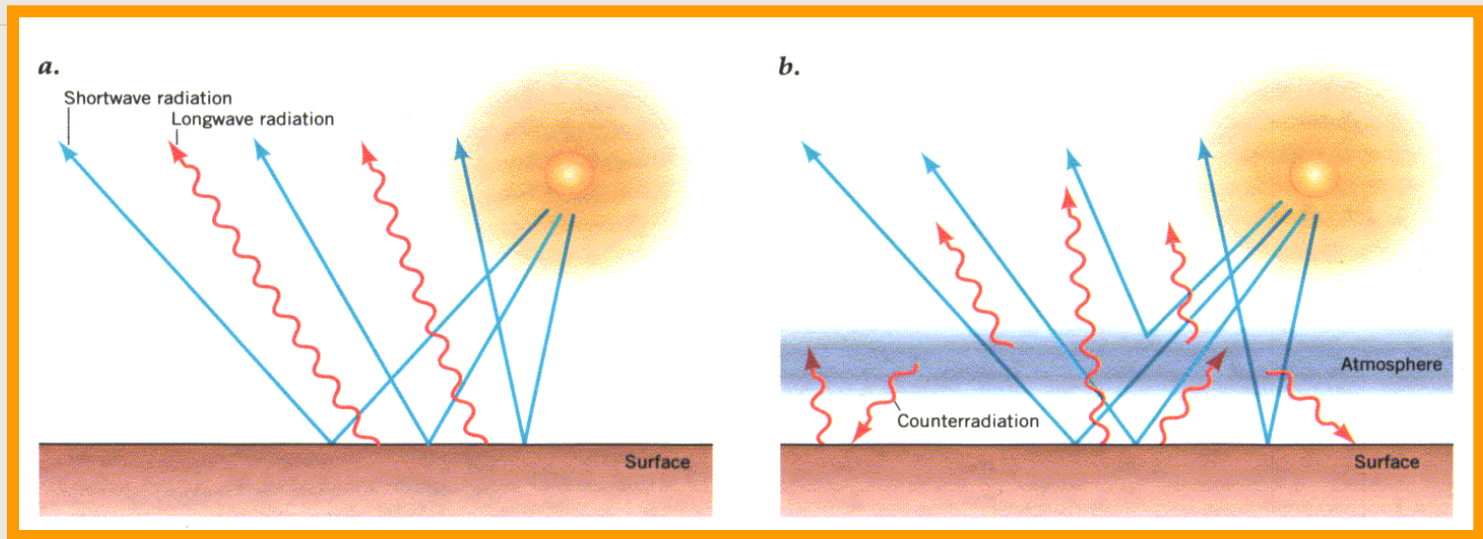


EL EFECTO INVERNADERO

Primera aproximación:

- Asumiendo que la atmósfera es transparente a la luz del sol (no absorbe la radiación de onda corta).
- Pero la atmósfera es opaca a la radiación de onda larga proveniente de la tierra.

EL EFECTO INVERNADERO



Balance en la Atmosfera

$$\varepsilon_s T_s^4 = 2\varepsilon_A T_A^4$$

$$T_A = \sqrt[4]{\frac{S_0(1-\alpha)}{4\sigma}}$$

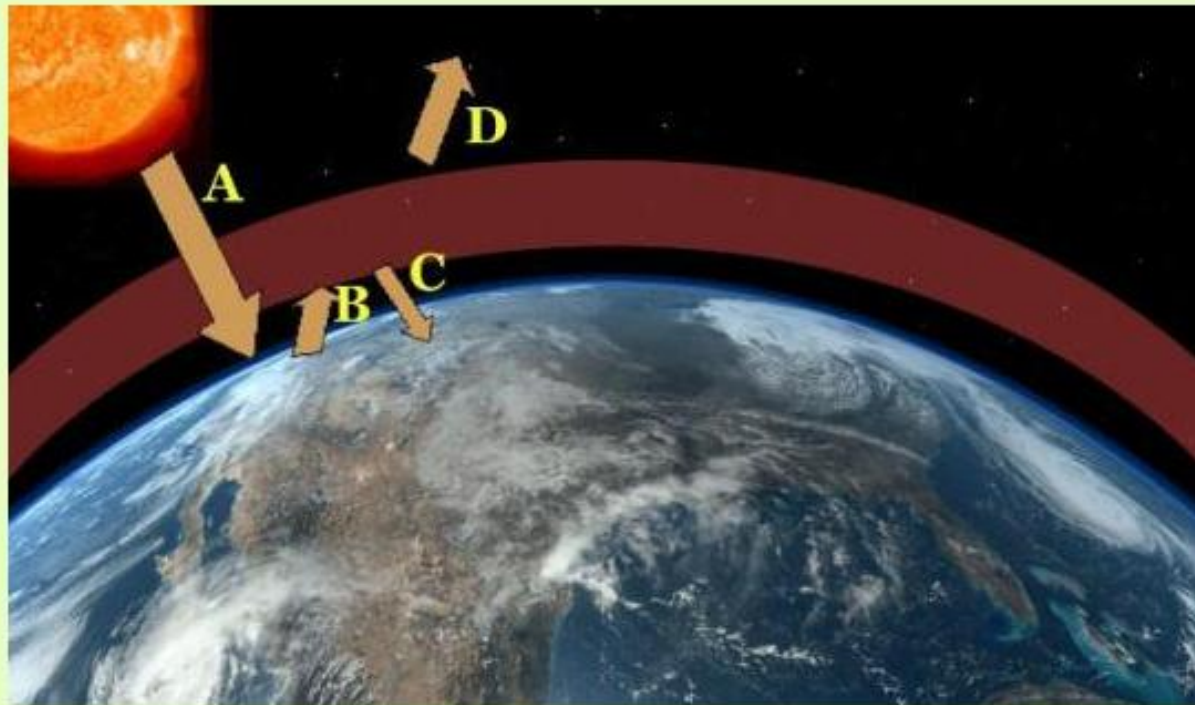
Balance en Superficie

$$\frac{S_0}{4}(1-\alpha) + \sigma T_A^4 = \sigma 2T_A^4$$

$$T_s = \left(\sqrt[4]{2}\right)T_A$$

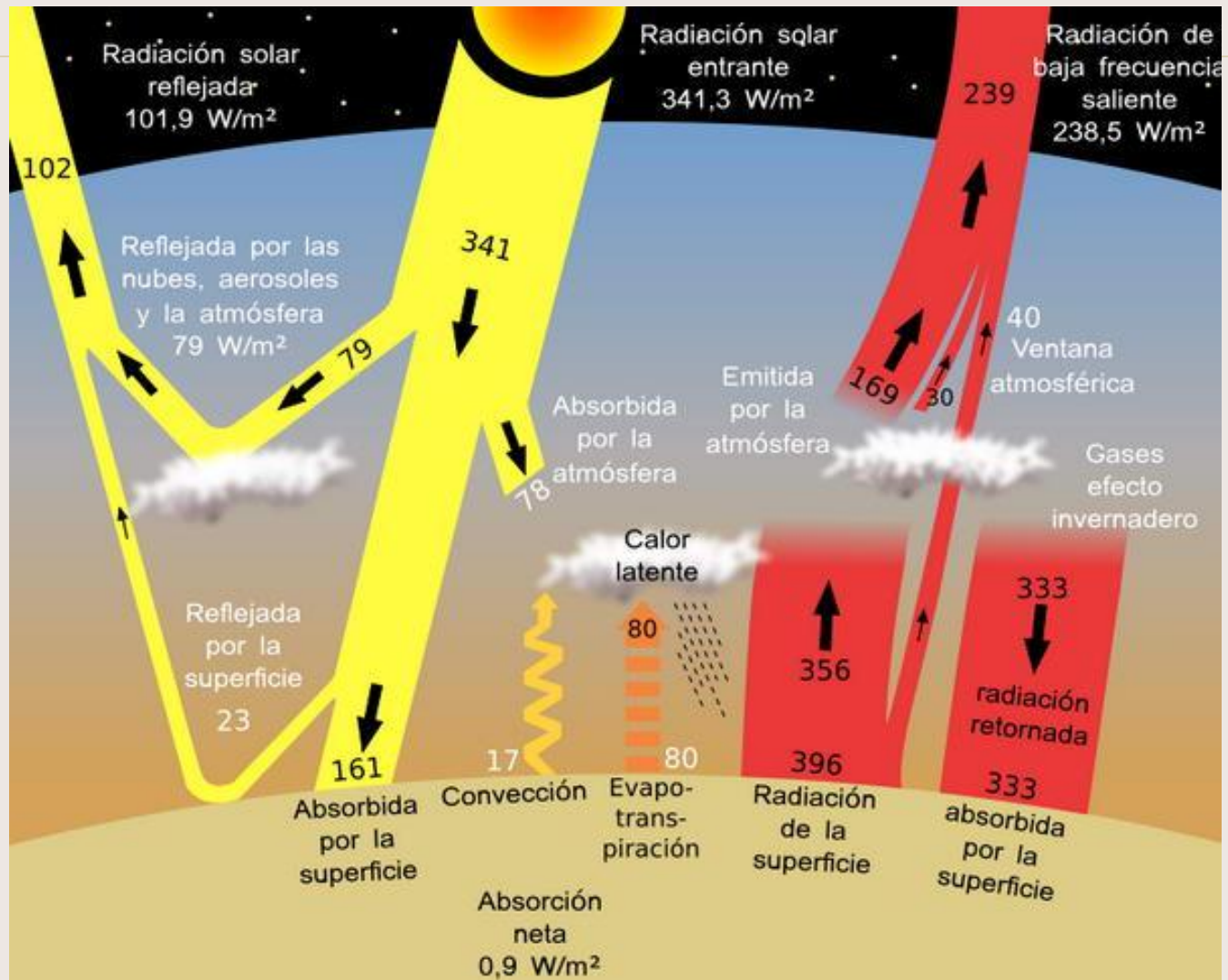
El efecto invernadero lo produce, en la parte alta de la atmósfera, una capa semiporosa compuesta de dióxido de carbono y vapor de agua, ozono, metano y compuestos de flurocarbono.

EFEECTO INVERNADERO



- A: Absorción de la radiación emitida por el Sol en las capas atmosféricas.
- B: Reflexión de la radiación solar (aproximadamente un 30% de la radiación absorbida).
- C: Captación de la radiación solar reflejada por los gases invernaderos.
- D: Radiación solar liberada al espacio.

BALANCE DE ENERGÍA



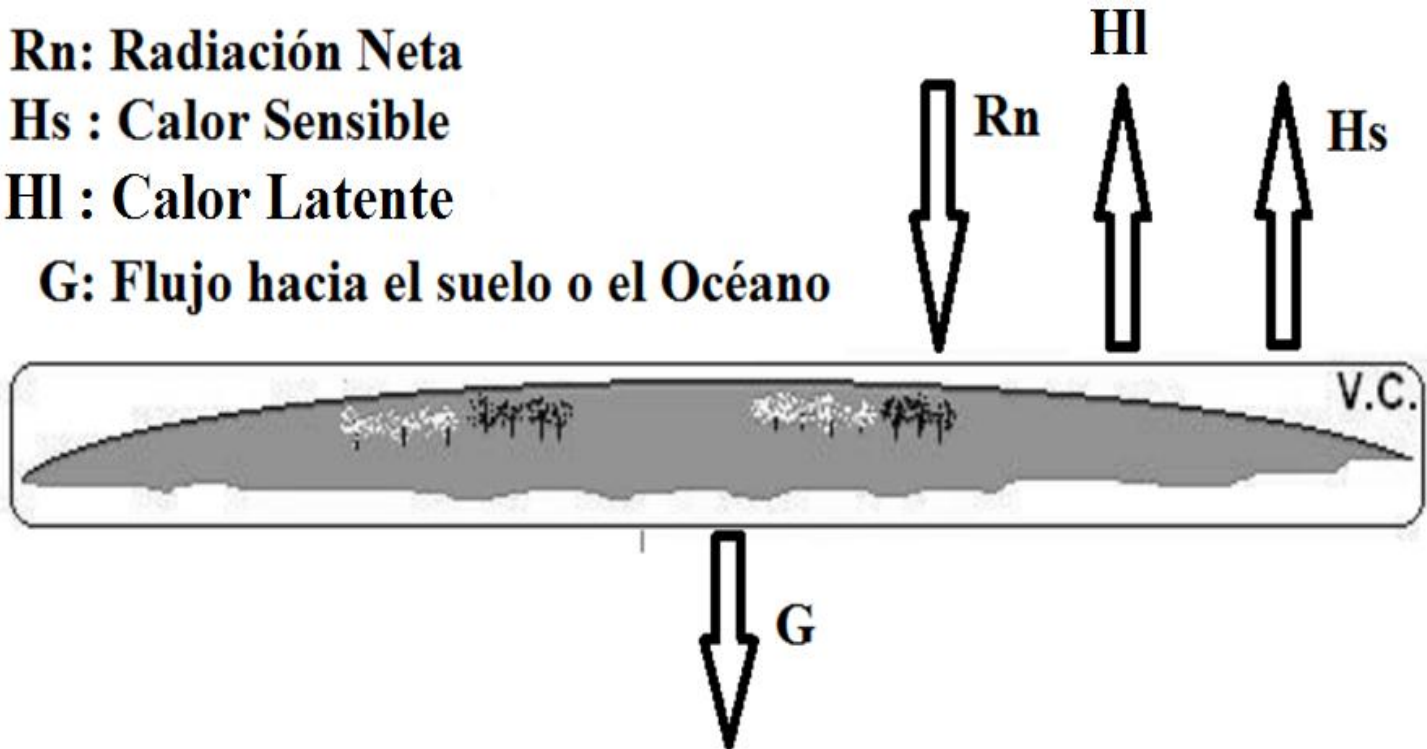
BALANCE DE ENERGÍA (1)

R_n: Radiación Neta

H_s : Calor Sensible

H_l : Calor Latente

G: Flujo hacia el suelo o el Océano

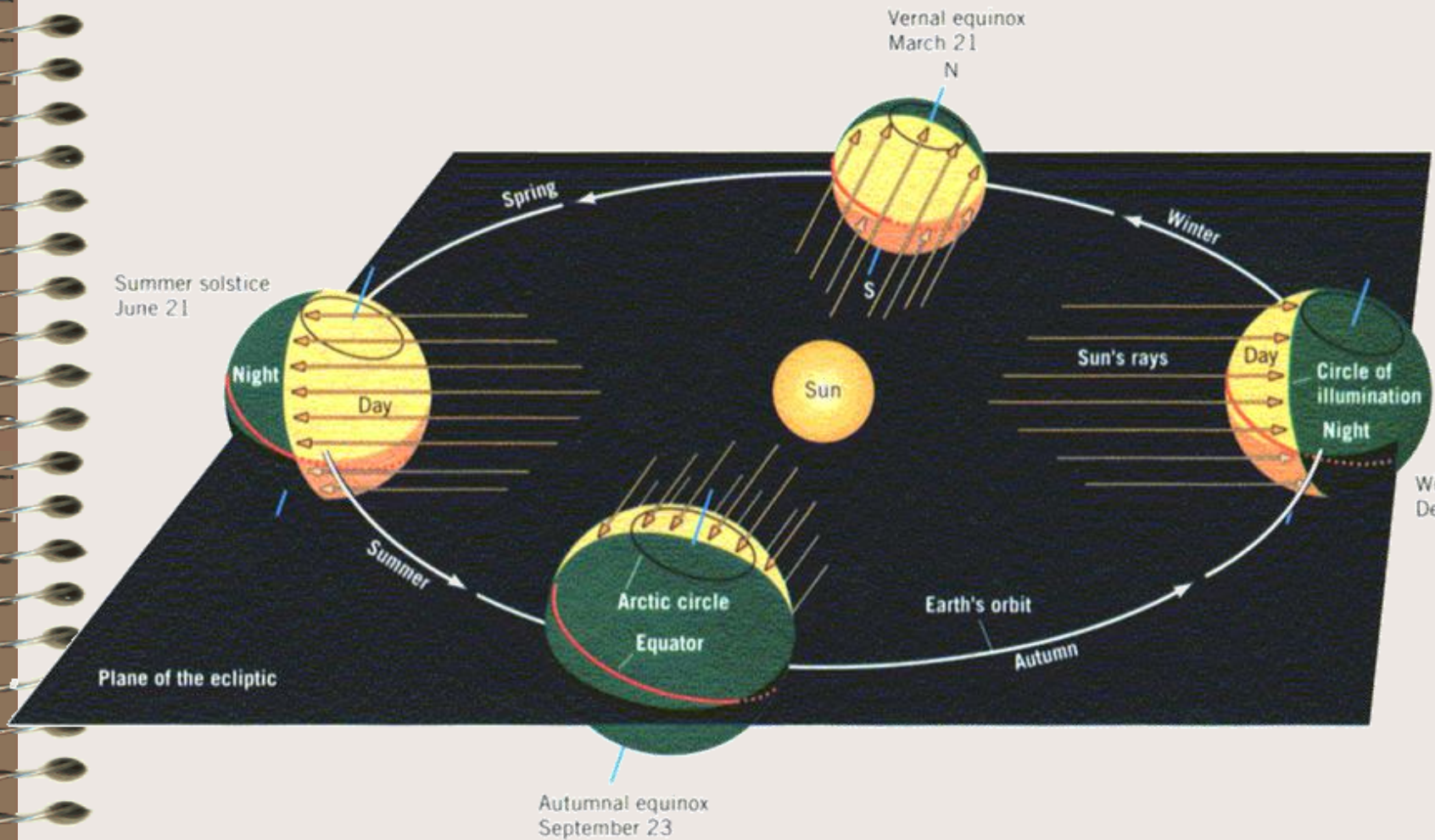


$$R_n = lv\rho AE + H_s + G$$

VARIABILIDAD EN LA RADIACIÓN INCIDENTE

- Espacial
 - Latitudinal
 - Altitudinal
- Temporal
 - Ciclo Diario (Rotación de la tierra)
 - Ciclo anual (Traslación de la tierra)
 - Otros ciclos (varios años, miles de años, ??)

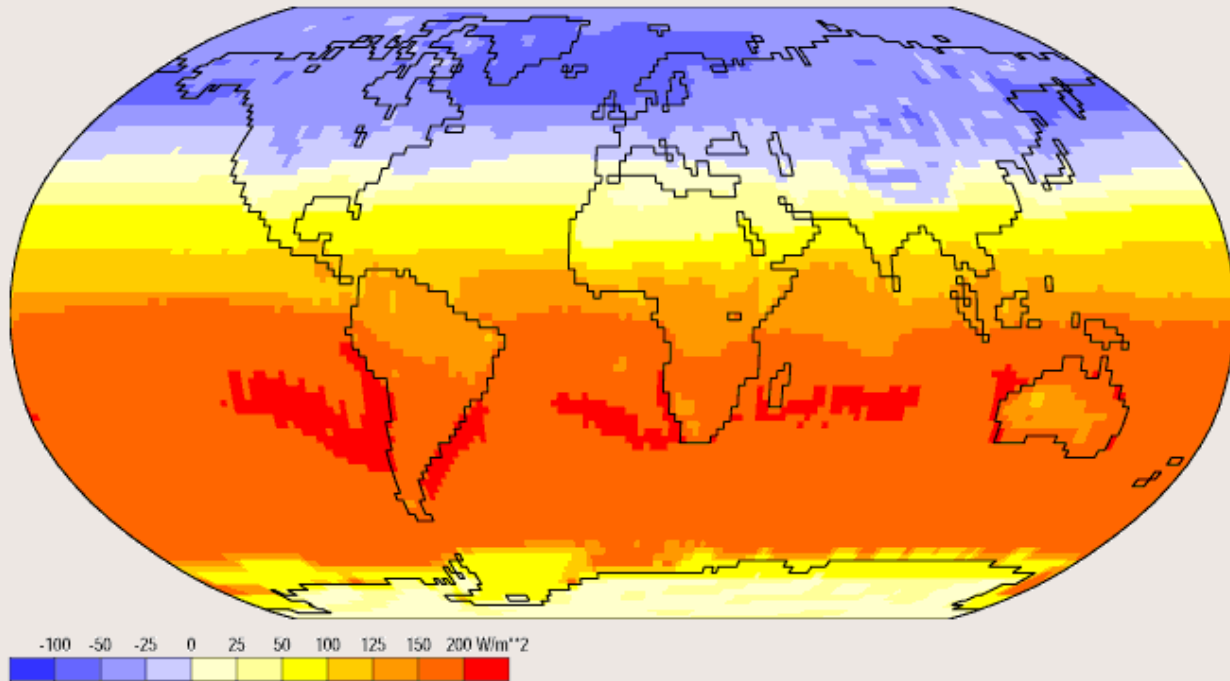
Rotación de la tierra vs radiación



Radiación neta sobre el planeta

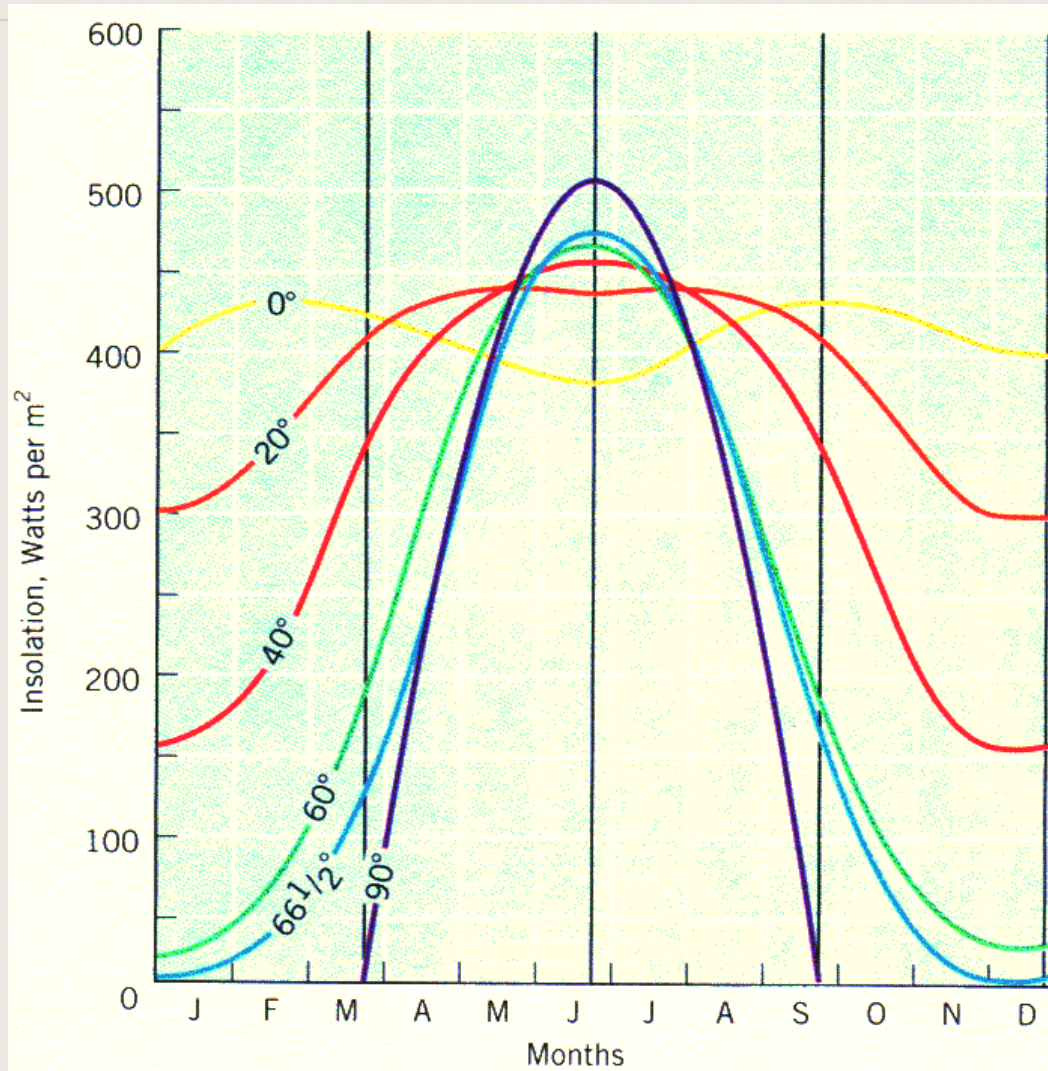
Net Radiation

Dec

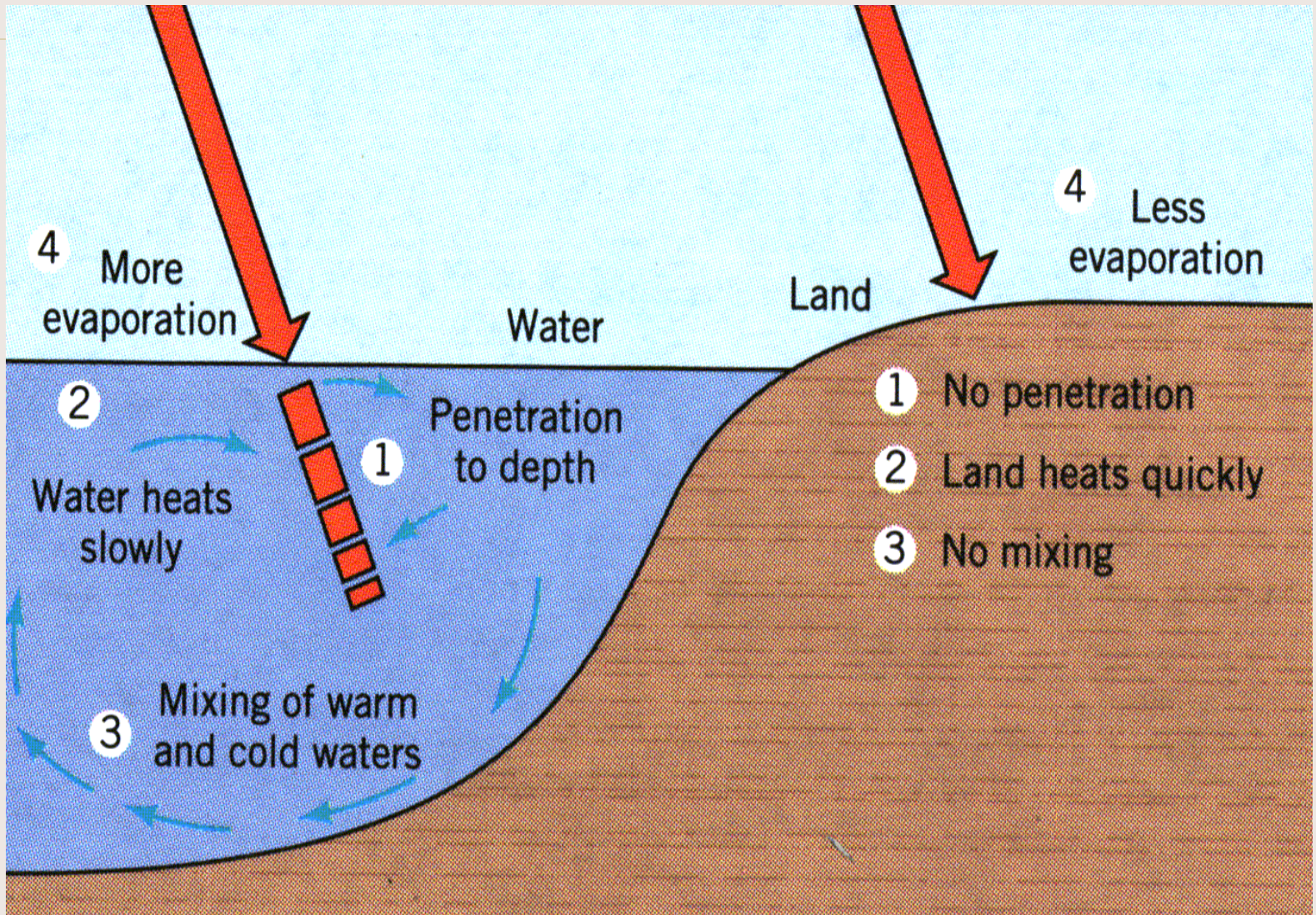


Data: NCEP/NCAR Reanalysis Project, 1959-1997 Climatologies
Animation: Department of Geography, University of Oregon, March 2000

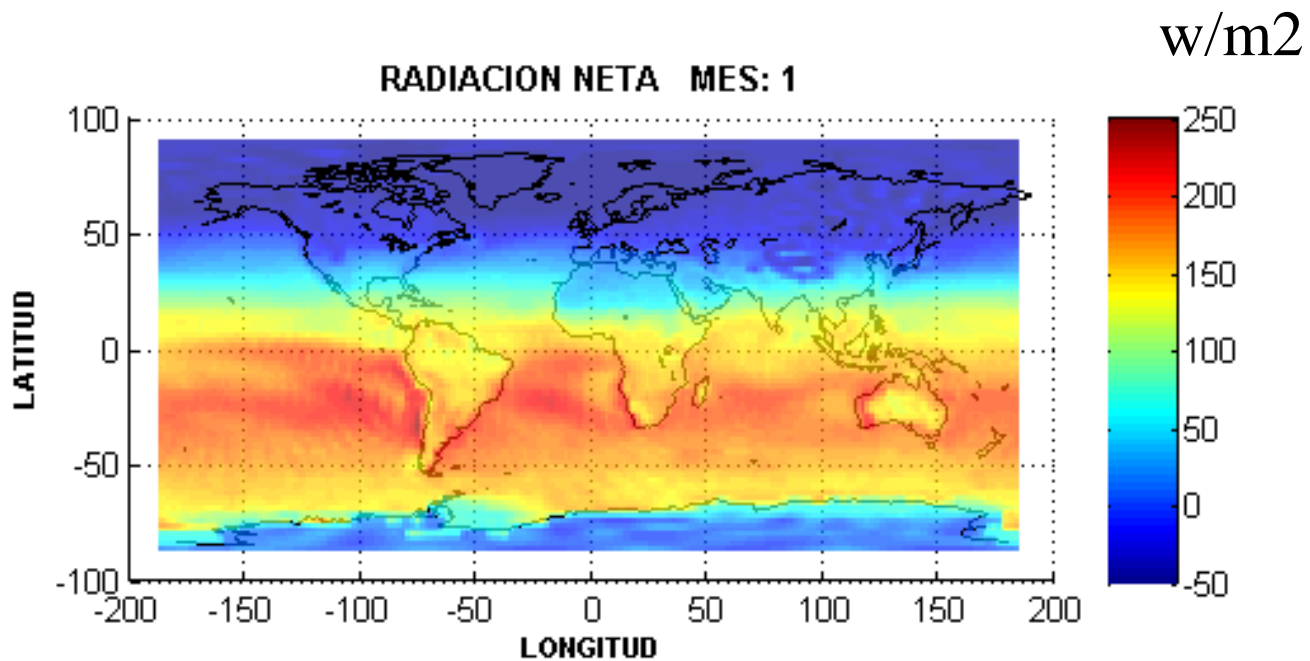
LA RADIACIÓN INCIDENTE EN DISTINTAS LATITUDES



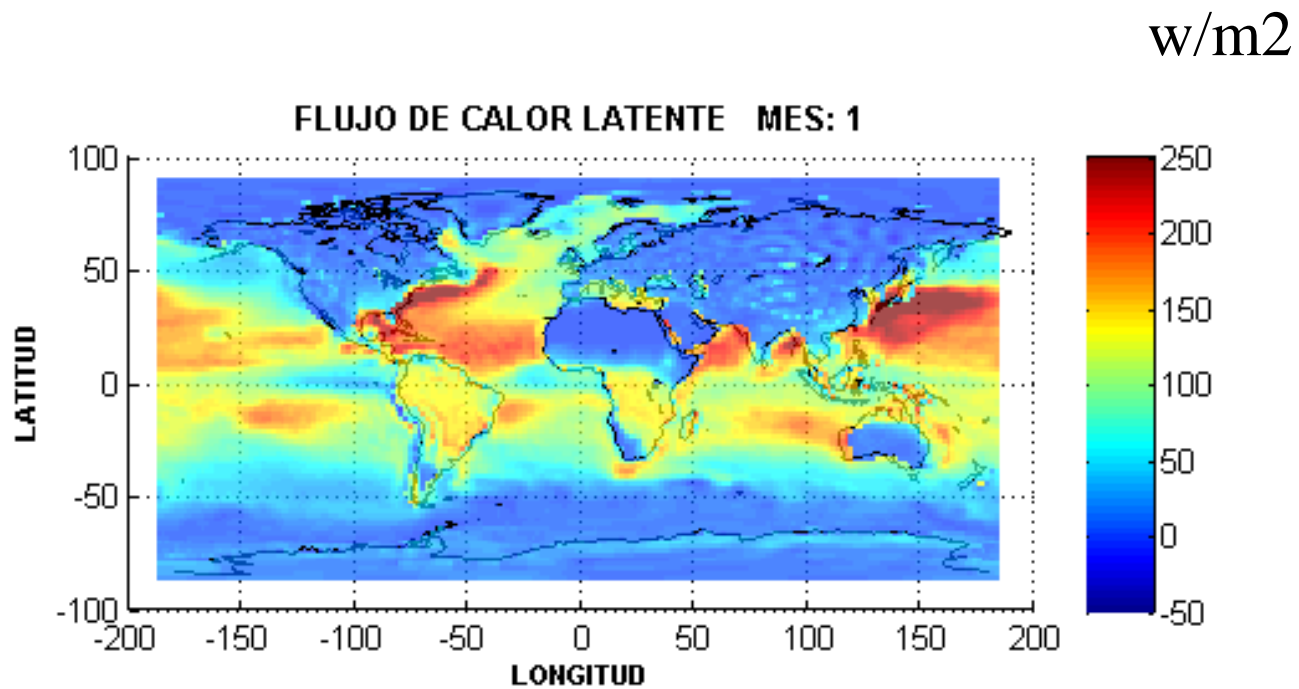
Continente vs. Océano



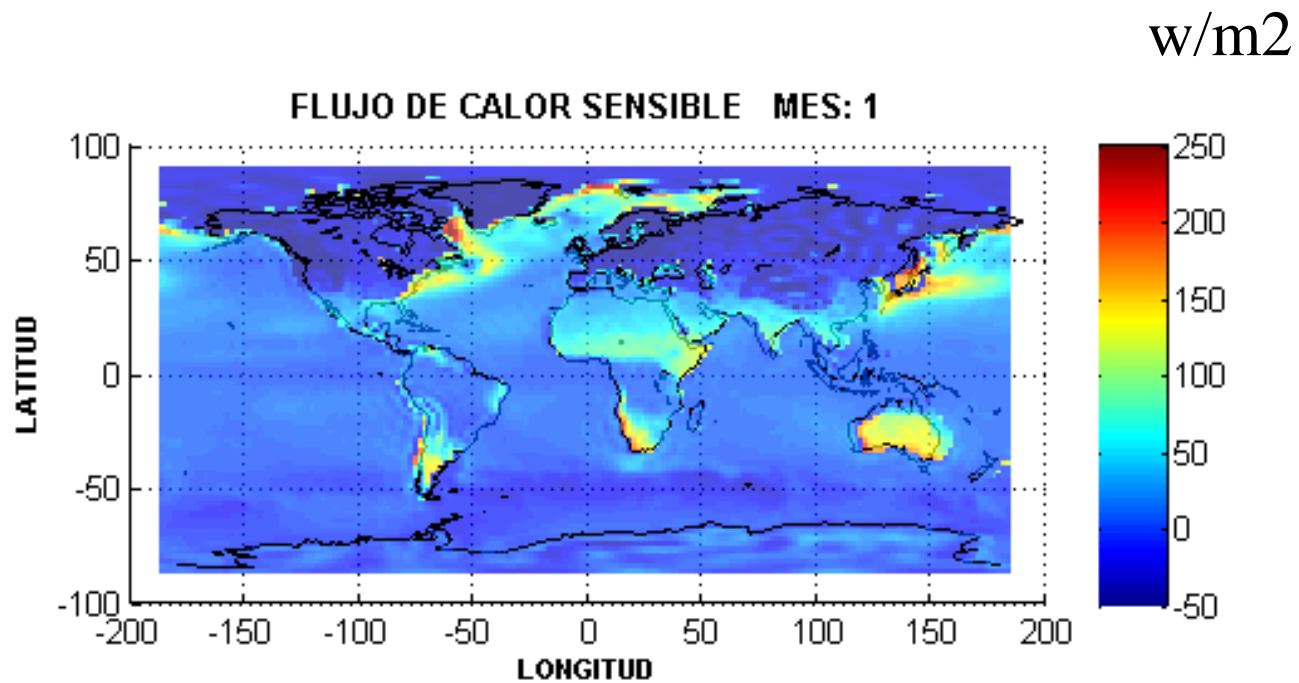
CICLO ANUAL R_n



CICLO ANUAL DEL FCL



CICLO ANUAL HS



VARIACIÓN EN LA RADIACIÓN SOLAR EN VARIAS DÉCADAS

