



**Meteorología**

***GRADO EN GESTIÓN Y OPERACIONES DEL  
TRANSPORTE AÉREO***

Departamento de Física Aplicada

# Primer principio de la termodinámica

Imposibilidad del móvil perpetuo de primera especie:

$$\Delta U = Q + W.$$

Siendo  $Q$  el calor:

**Definición 0.1** (Calor). *Se llama **calor** a la transferencia de energía por medios no mecánicos.*

Vemos pues que el calor es una forma de fluir la energía a través de las paredes del sistema por medios no mecánicos.

Un modo de transferir dicha energía de debido a diferentes temperaturas de entre dos cuerpos en contacto.

**Definición 0.2.** *Las paredes que no permiten el paso del calor se denominan adiabáticas, y las que si lo permiten diatérmicas.*

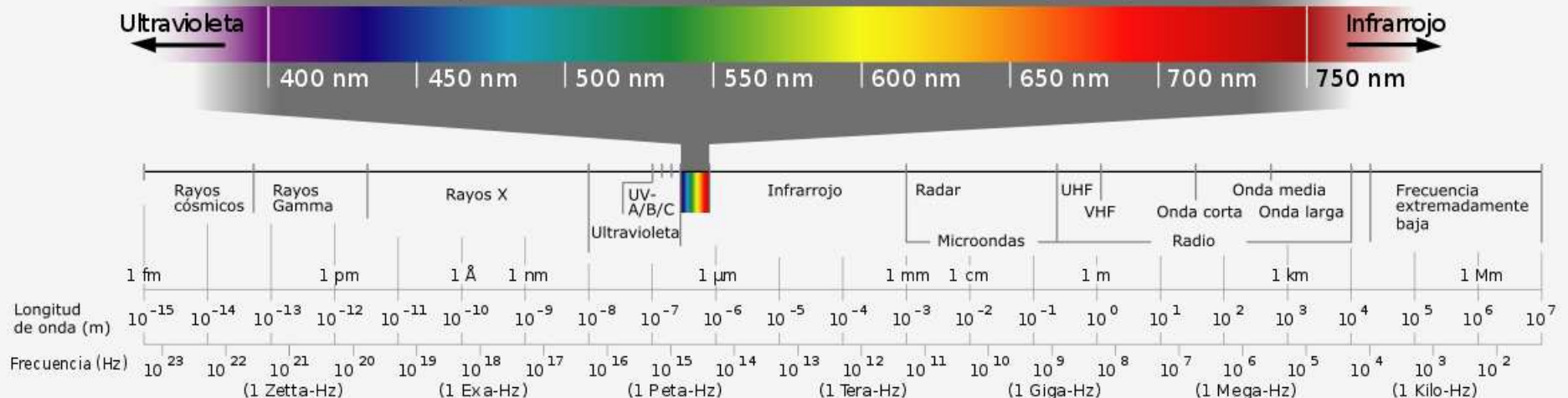
Formas de transmisión del calor:

- Conducción: por contacto sin transferencia de materia.
- Convección: por la transferencia de la propia materia portadora del calor.
- Radiación: por medio de la emisión de ondas electromagnéticas o fotones.

# Calor: Radiación

El calor se propaga como onda electromagnética desde el cuerpo emisor hasta el cuerpo receptor. Sea  $F_\lambda$  el flujo de radiación total que llega al cuerpo, es decir la cantidad de energía por unidad de tiempo (potencia), unidad de superficie y de longitud de onda (o frecuencia).

Espectro visible por el ojo humano (Luz)



Parte de este flujo es absorbido por el cuerpo  $F'_\lambda$ , parte es reflejado  $F''_\lambda$  y parte es transmitido  $F'''_\lambda$ .  
Tenemos por tanto:

$$\frac{F'_\lambda}{F_\lambda} + \frac{F''_\lambda}{F_\lambda} + \frac{F'''_\lambda}{F_\lambda} = 1$$

$$\frac{F'_{\lambda}}{F_{\lambda}} + \frac{F''_{\lambda}}{F_{\lambda}} + \frac{F'''_{\lambda}}{F_{\lambda}} = a_{\lambda} + r_{\lambda} + d_{\lambda} = 1$$

Donde:

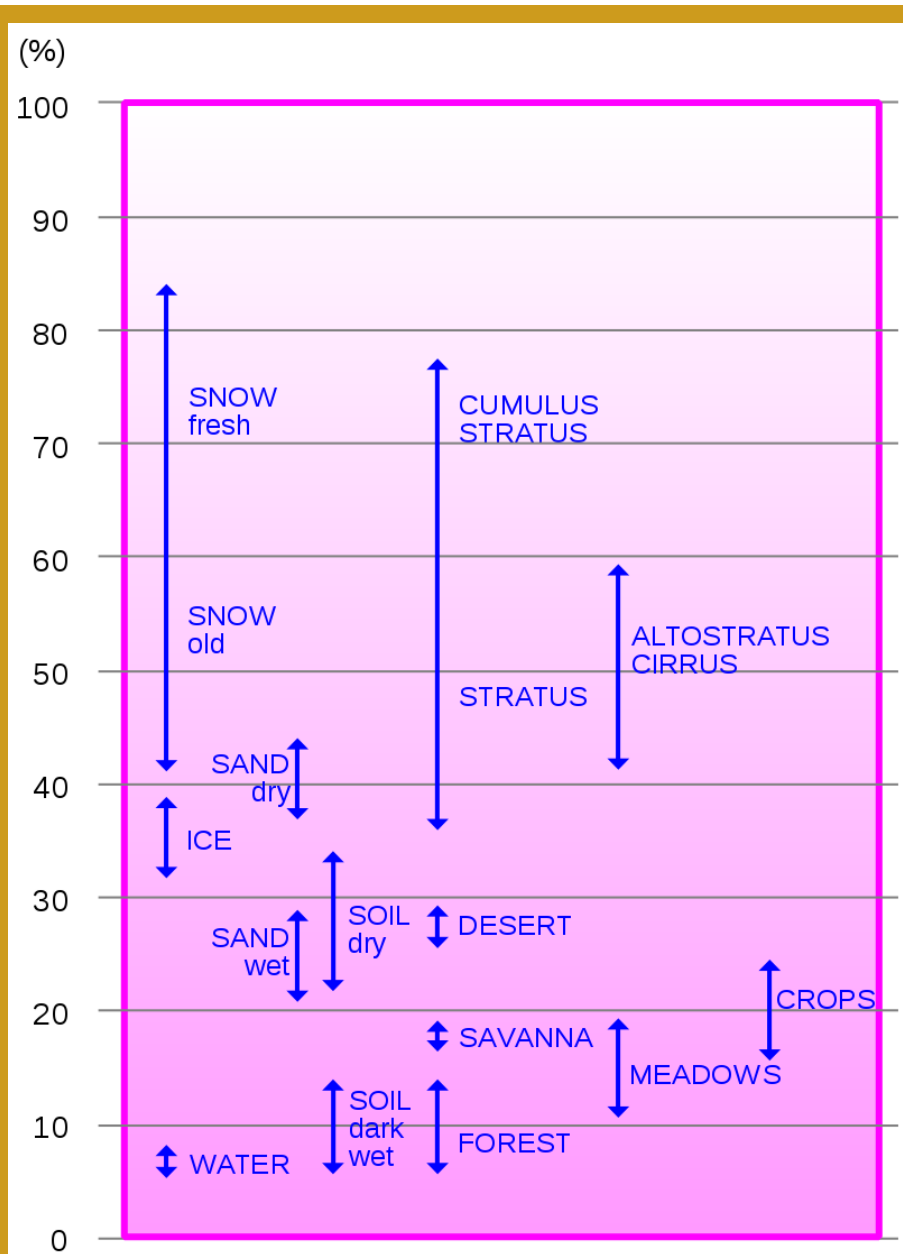
$a_{\lambda}$ : Absorbancia espectral o absorptividad  $a_{\lambda} = \frac{F'_{\lambda}}{F_{\lambda}}$

$r_{\lambda}$ : Reflectividad o albedo espectral  $r_{\lambda} = \frac{F''_{\lambda}}{F_{\lambda}}$

$d_{\lambda}$ : Transmitancia o transmitividad espectral

$$d_{\lambda} = \frac{F'''_{\lambda}}{F_{\lambda}}$$

# Albedo terrestre



$$a_{\lambda} + r_{\lambda} + d_{\lambda} = 1$$

- Si  $d_{\lambda} = 0$ , cuerpo opaco. Si  $d_{\lambda} = 1$ , cuerpo transparente.
- Si  $a_{\lambda} = 1$  para todo  $\lambda$ , cuerpo negro.
- Si  $r_{\lambda} = 1$  para todo  $\lambda$ ,
  - Se cumple la ley de Snell: Cuerpo especular.
  - No se cumple la ley de Snell: Reflexión difusa. Cuerpo blanco.



# Ley de Kirchhoff

Para  $d_\lambda = 0$ , la emisividad  $e_\lambda$  medida en  $\left[\frac{W}{m^2 m}\right]$  de un cuerpo en equilibrio termodinámico es la adsortividad por una función universal para todos los cuerpos.

$$e_\lambda = a_\lambda \rho_s(\lambda, T)$$

Consecuencia: si  $a_\lambda$  aumenta, también lo hace  $e_\lambda$ .

Sin  $a_\lambda = 1$  tenemos  $e_\lambda = \rho_s(\lambda, T)$

## Ley de emisión del cuerpo negro. Plank (1900)

La energía está cuantizada, por tanto:

$$\rho_s(\lambda, T) = \frac{8\pi h c}{\lambda^5 \left( e^{\frac{hc}{kT\lambda}} - 1 \right)}$$

Donde:

h: Constante de Plank =  $6.626 \cdot 10^{-34} J s$

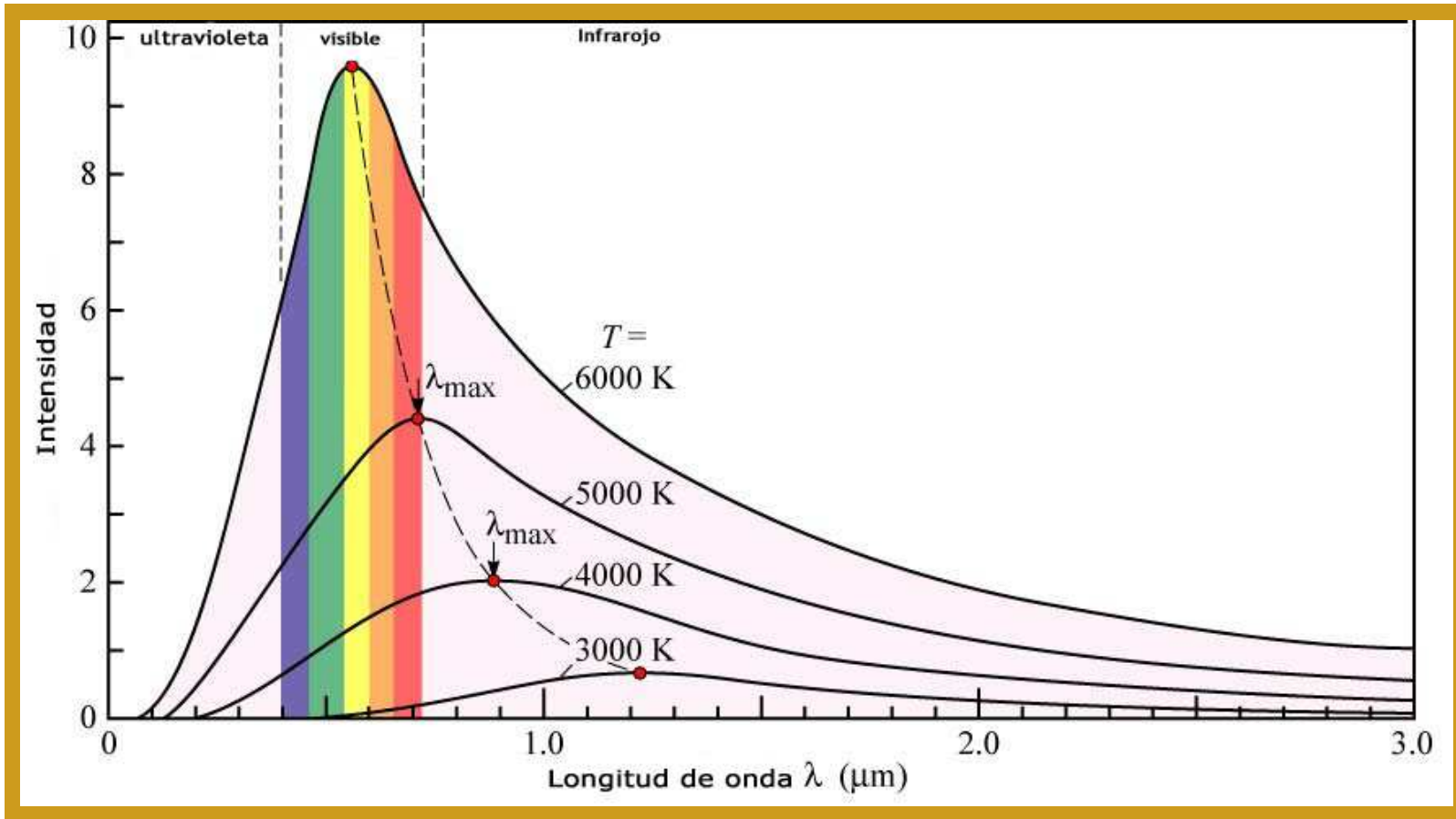
c: Velocidad de la luz =  $299792458 m/s$

## Ley de emisión del cuerpo negro. Plank (1900)

Como  $\lambda = \frac{c}{\nu}$  tenemos  $d\lambda = -c \frac{d\nu}{\nu^2}$ , por tanto:

$$\rho_s(\nu, T) = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3 \left( e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1 \right)}$$

# Ley de emisión del cuerpo negro. Ley de desplazamiento de Wien



Ley de desplazamiento de Wien:

$$\lambda_{max} T_{color} = 2897.6 \mu\text{m} K$$

# Ley de emisión del cuerpo negro: Ley de Stefan-Boltzmann

Integrando para todas las longitudes de onda tenemos la potencia radiada por unidad de superficie I:

$$I = \int_0^{\infty} \rho_s(\lambda, T) d\lambda = \sigma T^4$$

Siendo la constante de Stefan-Boltzmann

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} = 5.6704 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

## Constante solar

Potencia total emitida por el sol  $I 4\pi R_{sol}^2$  la podemos calcular en el exterior de la atmósfera:

$$I 4\pi R_{sol}^2 = F_0 4\pi D_{sol}^2$$

siendo  $F_0$  la constante solar: potencia recibida por el sol por unidad de superficie perpendicular al sol y fuera de la atmósfera.

$$F_0 = 1.98 \frac{cal}{cm^2 min} = 1381.05 \frac{W}{m^2}$$

## Constante solar

Tenemos por tanto que

$$I = F_0 \frac{D_{sol}^2}{R_{sol}^2} = \sigma T^4$$

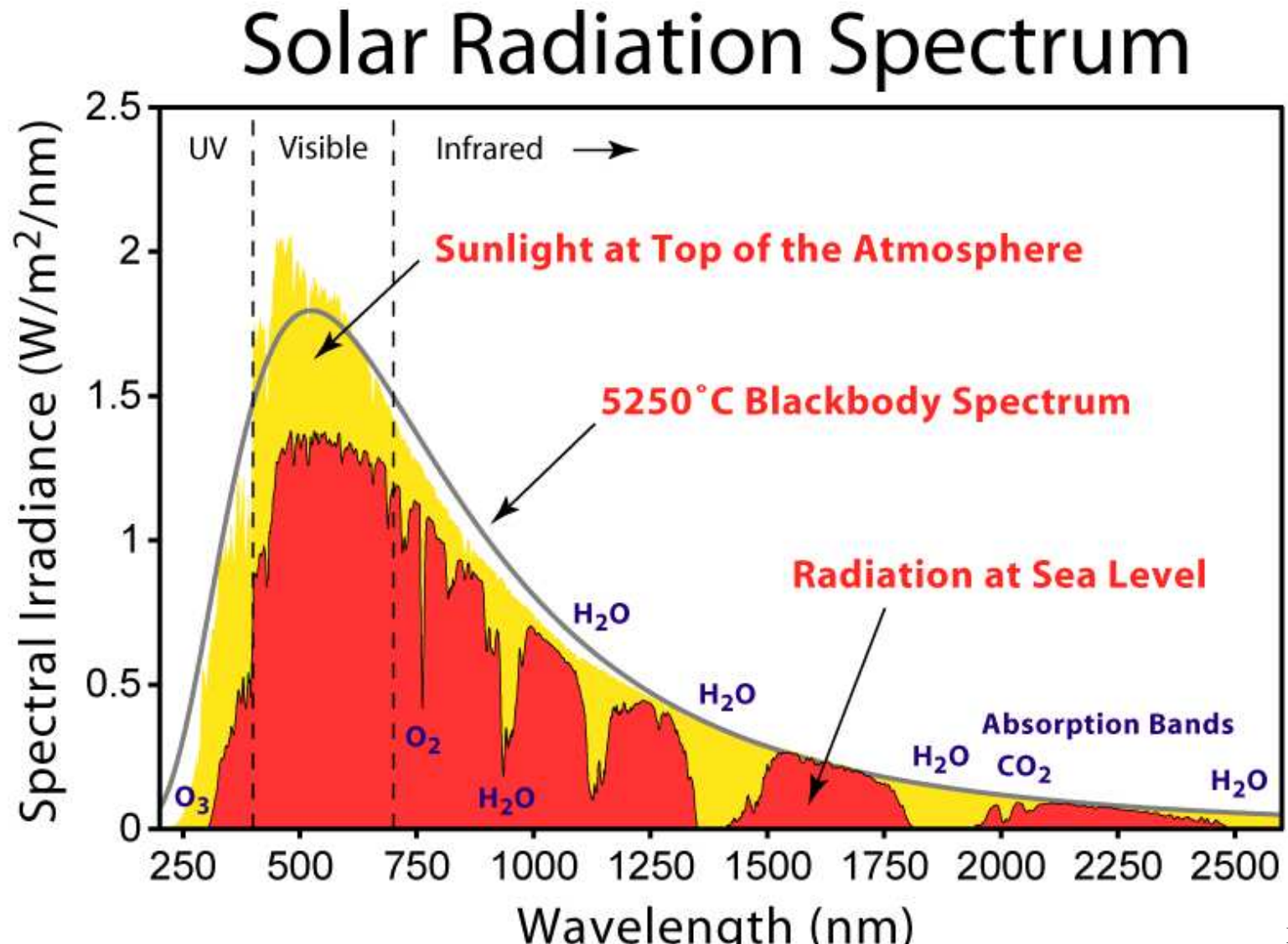
Siendo  $T$  la temperatura efectiva de la superficie solar.

Por tanto

$$T = \left( \frac{F_0 D_{sol}^2}{\sigma R_{sol}^2} \right)^{\frac{1}{4}} = 5805K$$

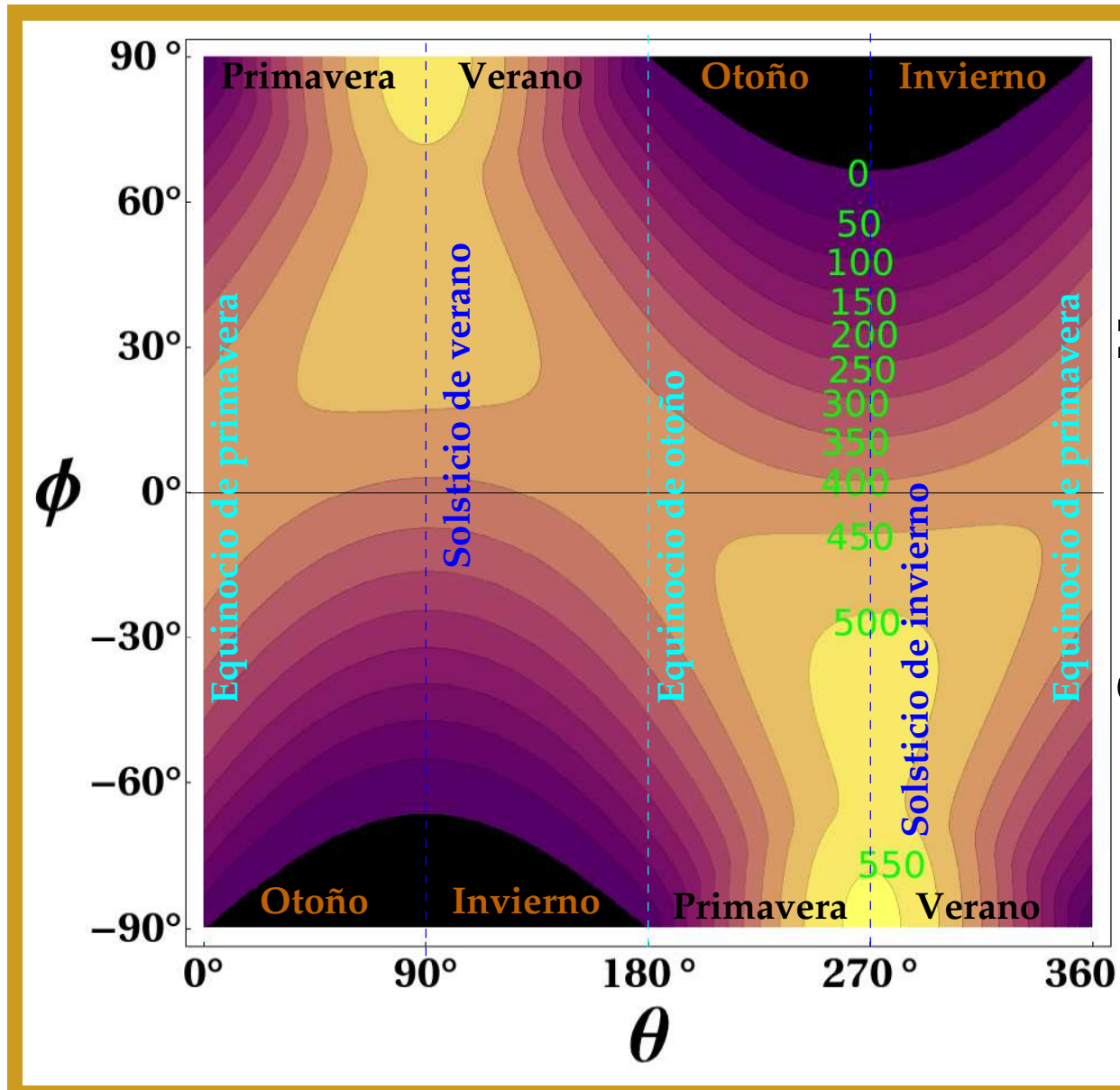
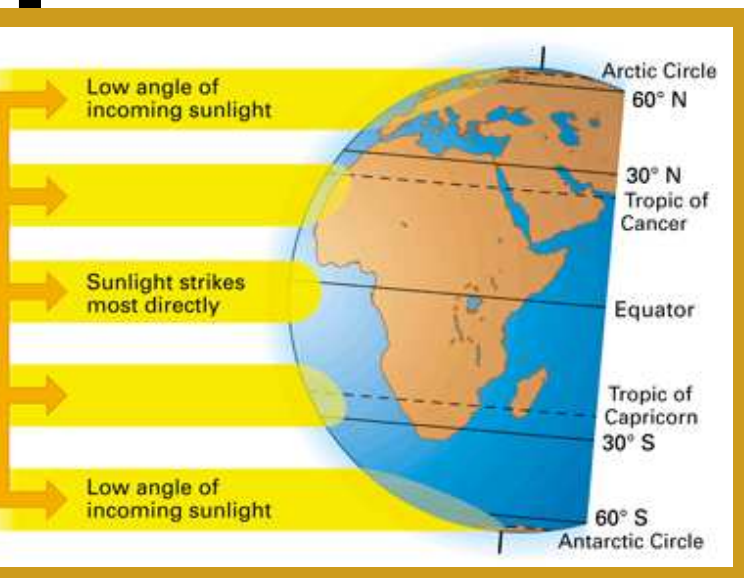
Algo menor que la temperatura de color del sol

# Espectro solar





# Irradiancia solar sin atmósfera [ $w/m^2$ ]



# Balance energético de la tierra

