

“No pretendo que aprendas
sin esfuerzo lo que a mi me ha
costado”

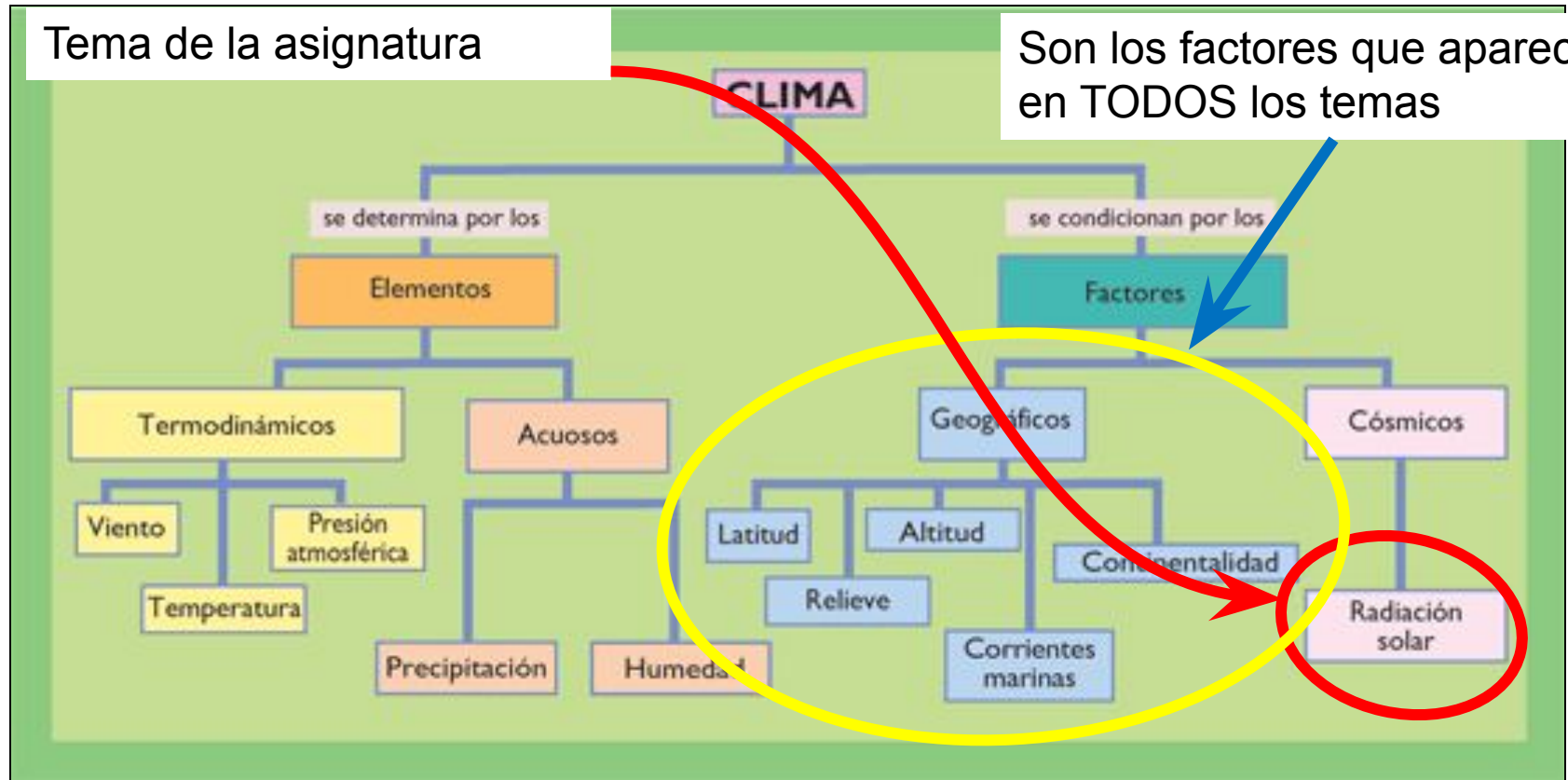


Petrarca, en Nuccio Ordine,
Clásicos para la vida

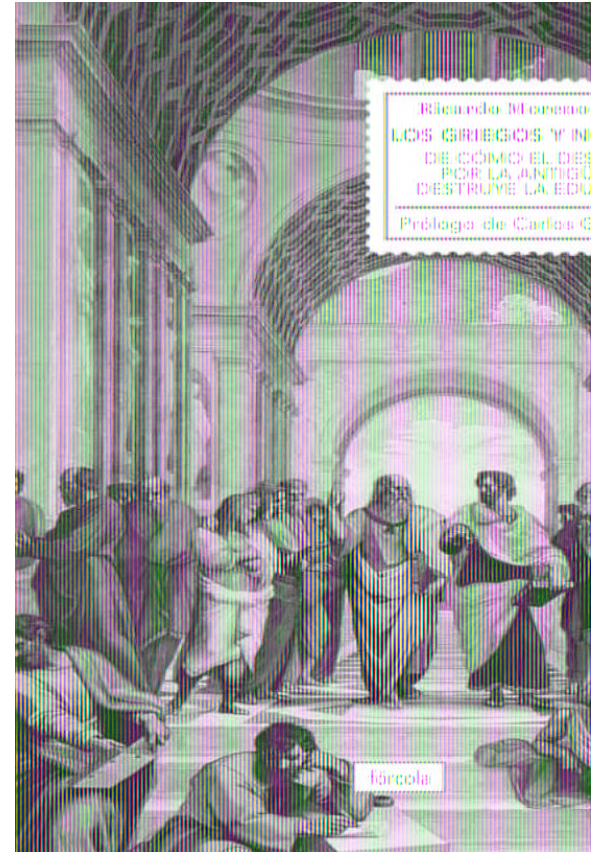
Un esquema genial (“maqueado”)

Tema de la asignatura

Son los factores que aparecen en TODOS los temas



“El saber es un valor en si mismo. Es curioso este olvido ahora que tanto se habla de educación en valores. Cuando se **desprecian** los **contenidos**, cuando se dice que lo **decisivo** son las **destrezas**, que no es tan importante que el alumno sepa cosas como que sepa aprender a aprender ... , se olvida que la única posibilidad de aprender cuando ya no se está bajo la tutela del profesor es la de llevarse consigo un buen bagaje de conocimientos, y cuantas más cosas se sepan, más puntos de apoyo se tendrán para aprender cosas nuevas.”



R Moreno Castillo (2019) *Los griegos y nosotros. De cómo el desprecio por la antigüedad destruye la educación*

Tema 2. Radiación (I)

- **Concepto generales.**
- La radiación solar.
- Distribución de la radiación solar en el planeta.
- Efecto de la atmósfera
- Comportamiento de la superficie
- Balance radiativo
- Balance térmico.

¿QUE ES ENERGIA?



- ✓ Todo aquello capaz de realizar un trabajo (John Rankine, s XIX).
- ✓ Un sistema tiene energía si es capaz de hacer trabajo.
- ✓ La Energía ni se crea ni destruye
- ✓ Sin energía la materia es inerte

Fuerza

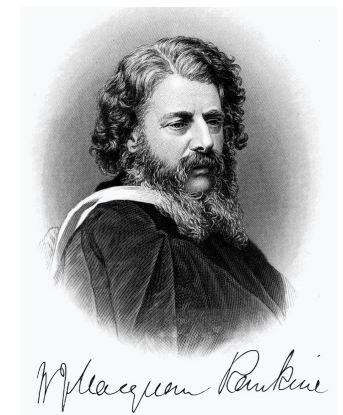
Masa x aceleración =

$$M * L / (T * T) = \underline{\underline{M L T^{-2}}}$$

Energía

Fuerza x distancia =

$$M * L / (T * T) * L = \underline{\underline{M L^2 T^{-2}}}$$



¿QUE ES ENERGIA?

Potencia

$$\text{Energía / tiempo} = M L^2 T^{-2} / T =$$

$$\text{Fuerza x velocidad} = M L T^{-2} \times L T^{-1}$$

cuyas unidades son **vatio** (W) =

Julio / segundo =

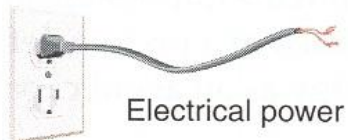
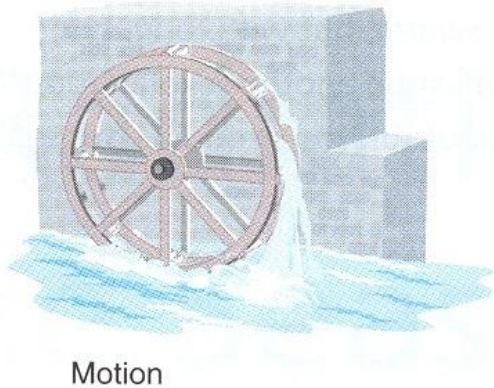
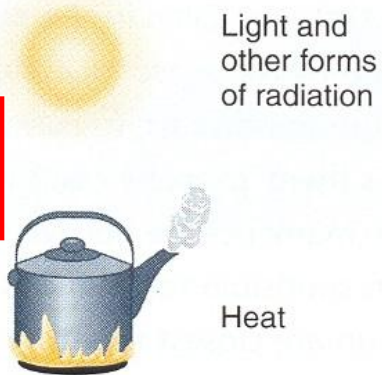
Newton metro / segundo.

Las tres unidades (Newton, Julio y vatio) aparecen indistintamente en textos de meteorología y clima (y el vatio cuando vas a comprar una bombilla)

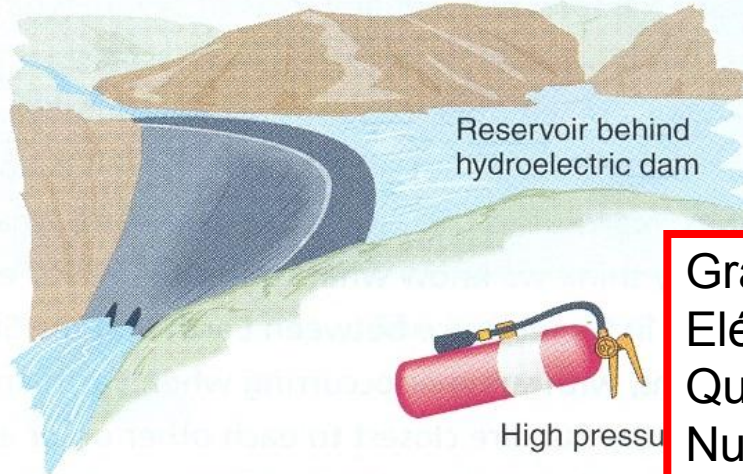
TIPOS DE ENERGIA

KINETIC ENERGY

Por
movimiento



POTENTIAL ENERGY

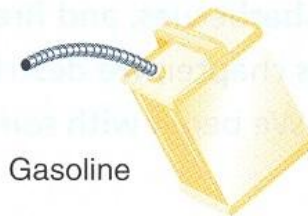


Gravitatoria,
Eléctrica,
Química,
Nuclear

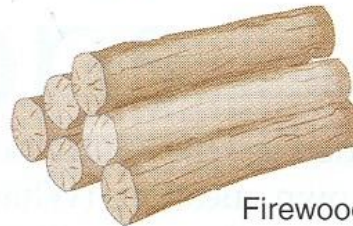
Five types of chemical potential energy



Battery



Gasoline



Firewood

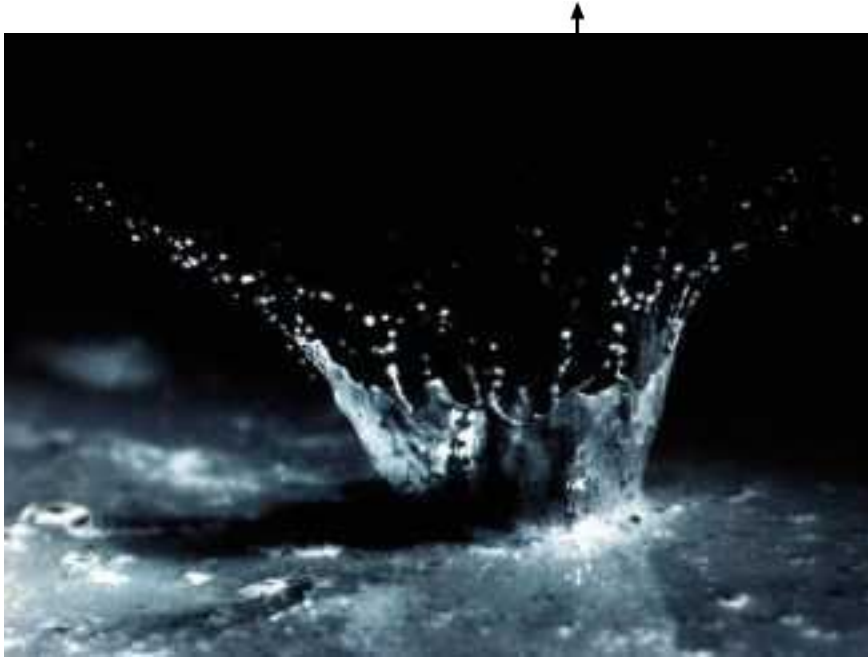


Explosives



Food

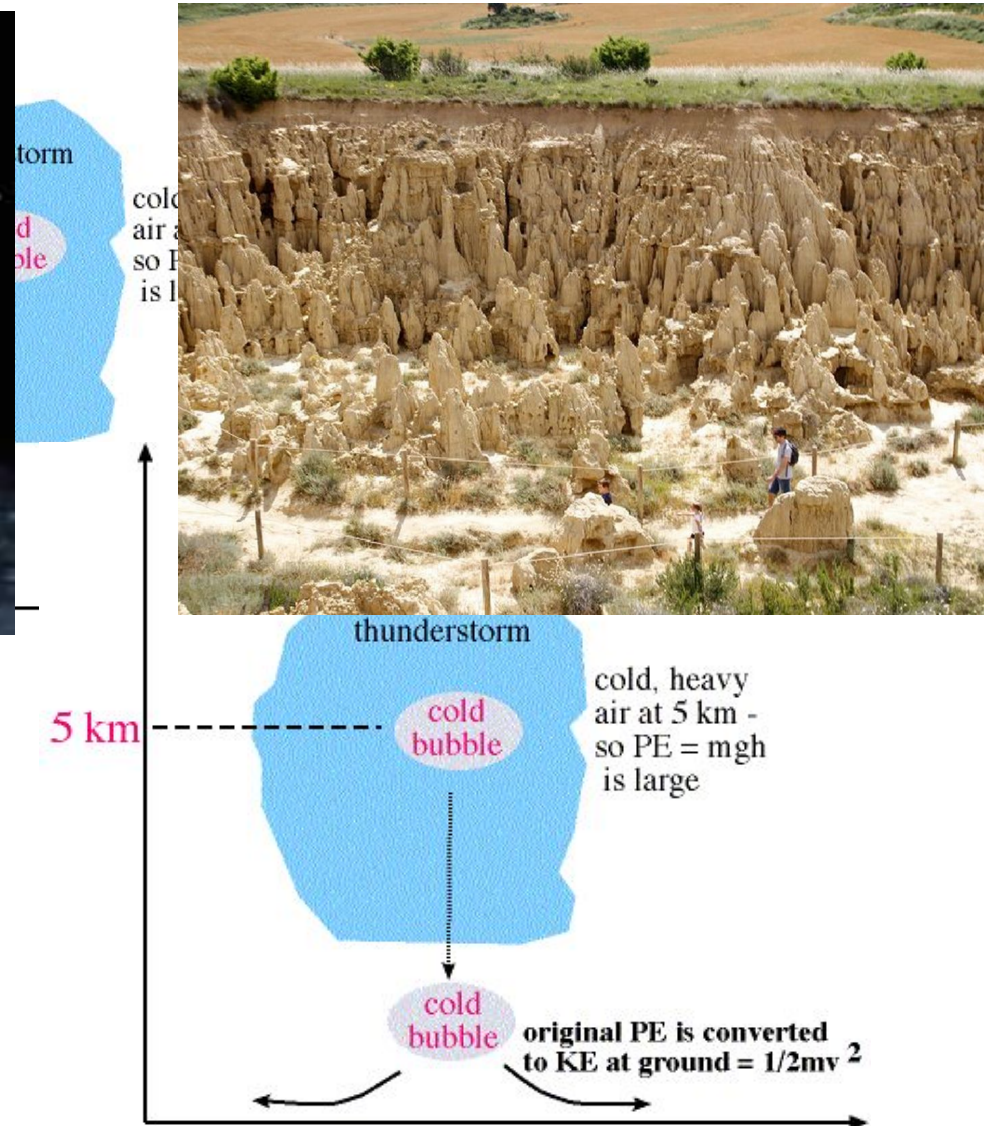
TIPOS DE ENERGIA, un ejemplo en la atmósfera



...convertida en
Energía Cinética = $\frac{1}{2} m v^2$

La contenida en una gota de lluvia
al golpear el suelo (*erosión del
suelo, la emplearéis en
geomorfología*)

<http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/>



Materia, átomos, energía

“En 1738 *Daniel Bernoulli* sentó las bases de la ***teoría cinética de los gases*** defendiendo que estos consisten de una gran cantidad de ***partículas*** (hoy las llamamos ***moléculas***) que se mueven en todas las direcciones, que su impacto sobre una superficie provoca la ***presión*** del gas que sentimos y que lo que experimentamos como ***calor*** es simplemente la **energía cinética** de su movimiento”.

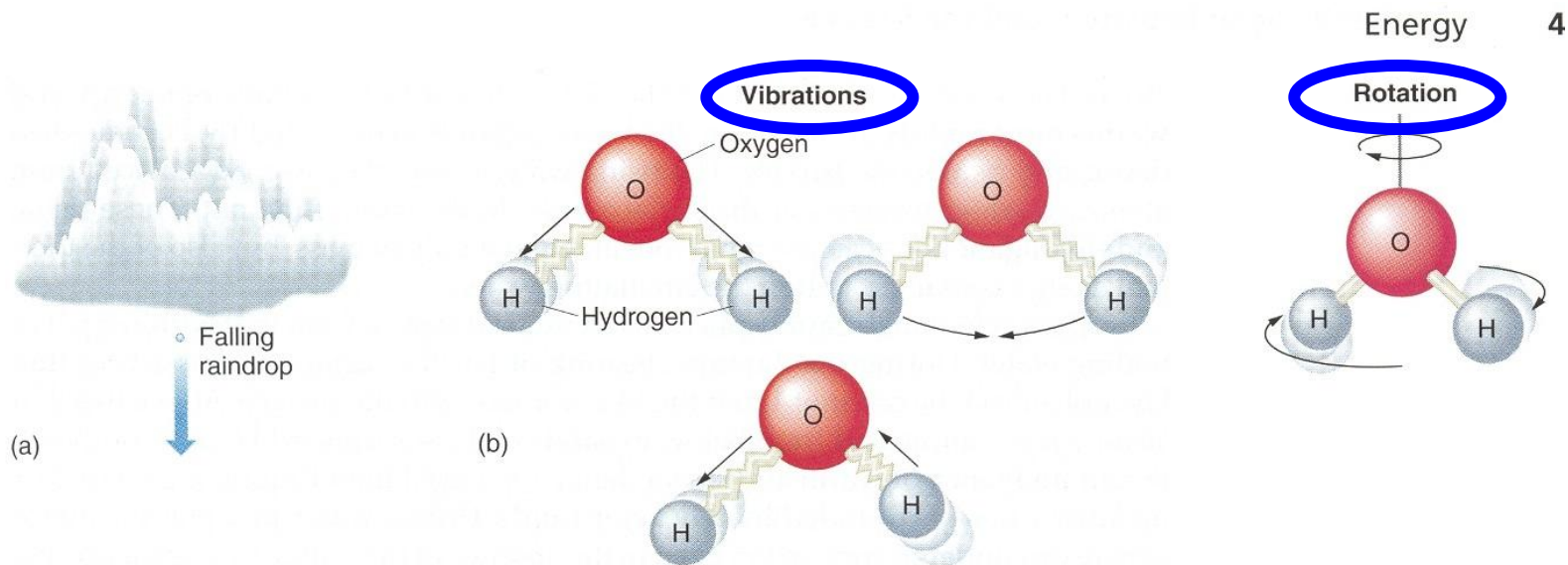
(En Arana (2021) *La cosmovisión de los grandes científicos del siglo XIX*, p. 87)

“Todo está compuesto por átomos, pequeñas partículas en perpetuo movimiento, que se atraen cuando están cerca pero repelen si son apretadas unas contra otras”.

(R Feynman (2007) *Seis piezas fáciles*)

Materia, átomos, energía

En los tres estados en que se presenta la materia (gaseoso, líquido y sólido) sus elementos más pequeños (átomos) están en permanente movimiento y chocando entre si, lo que indica que están liberando energía cinética.



▲ Figure 2-2

Kinetic energy can occur as the motion associated with moving objects, such as the falling raindrop in (a), or as molecular vibration or rotation, as depicted for water molecules in (b). The greater the rate of vibration or rotation, the higher the temperature of the substance.

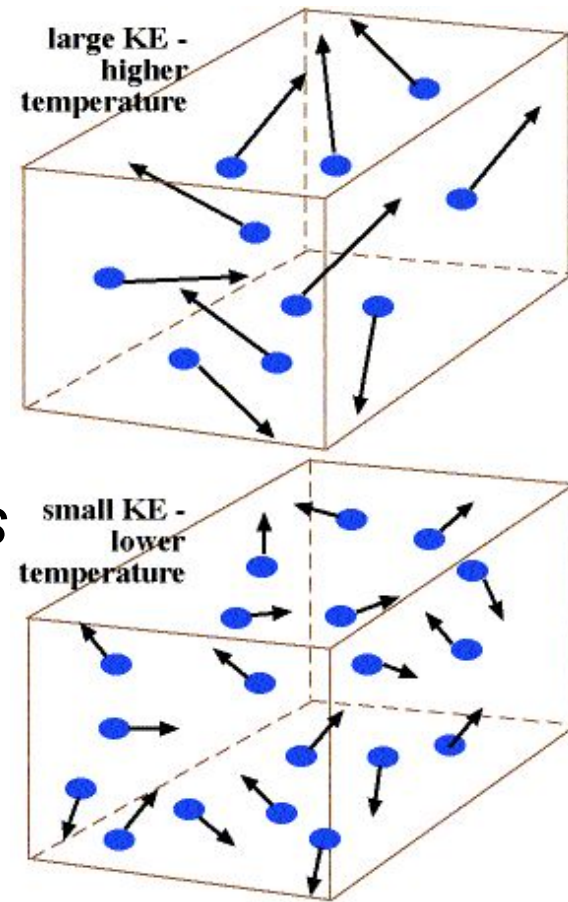
No olvides esta figura para comprender más adelante el efecto invernadero

Materia, átomos, energía

El **calor** es una forma de energía cinética (EC, Kinetic Energy KE) a escala atómica causada por el movimiento de los átomos.

La medida de su velocidad promedio es **la temperatura (Tema 3)** según nos enseñó Boltzman (1846)

- Si aumenta EC en una sustancia su temperatura aumentará
- Calor y temperatura no son lo mismo



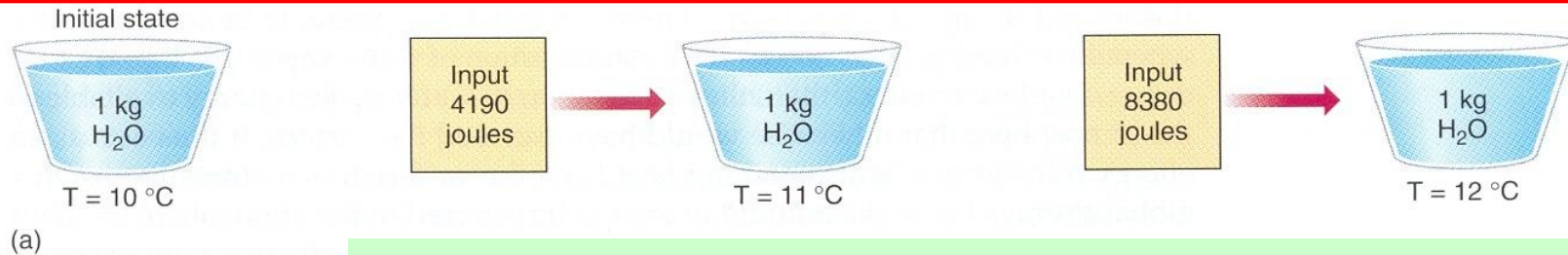
O dicho de otro modo:

- ¿Qué se calentará primero, el agua (los océanos) o las sustancias sólidas (los continentes) de la lista?
- Si analizando datos de temperatura de dos observatorios a igual latitud y altitud ¿el de temperaturas más bajas en verano estará en la costa o interior?

Substance	Specific Heat (cal/gramo / °C)	Specific Heat (J/kg / °C)
water (pure)	<u>1.00</u>	4186
wet mud	0.60	2512
Ice (0 °C)	0.50	2093
sandy clay	0.33	1381
dry air (sea level)	0.24	1005
quartz sand	0.19	795
granite	0.19	794

Nota: 1 caloría = 4.186 julios (ambas son unidades de calor, energía)

La misma cantidad de energía produce distintos cambios de temperatura.



¿Se entiende ahora por qué nos sentamos cerca de la orilla

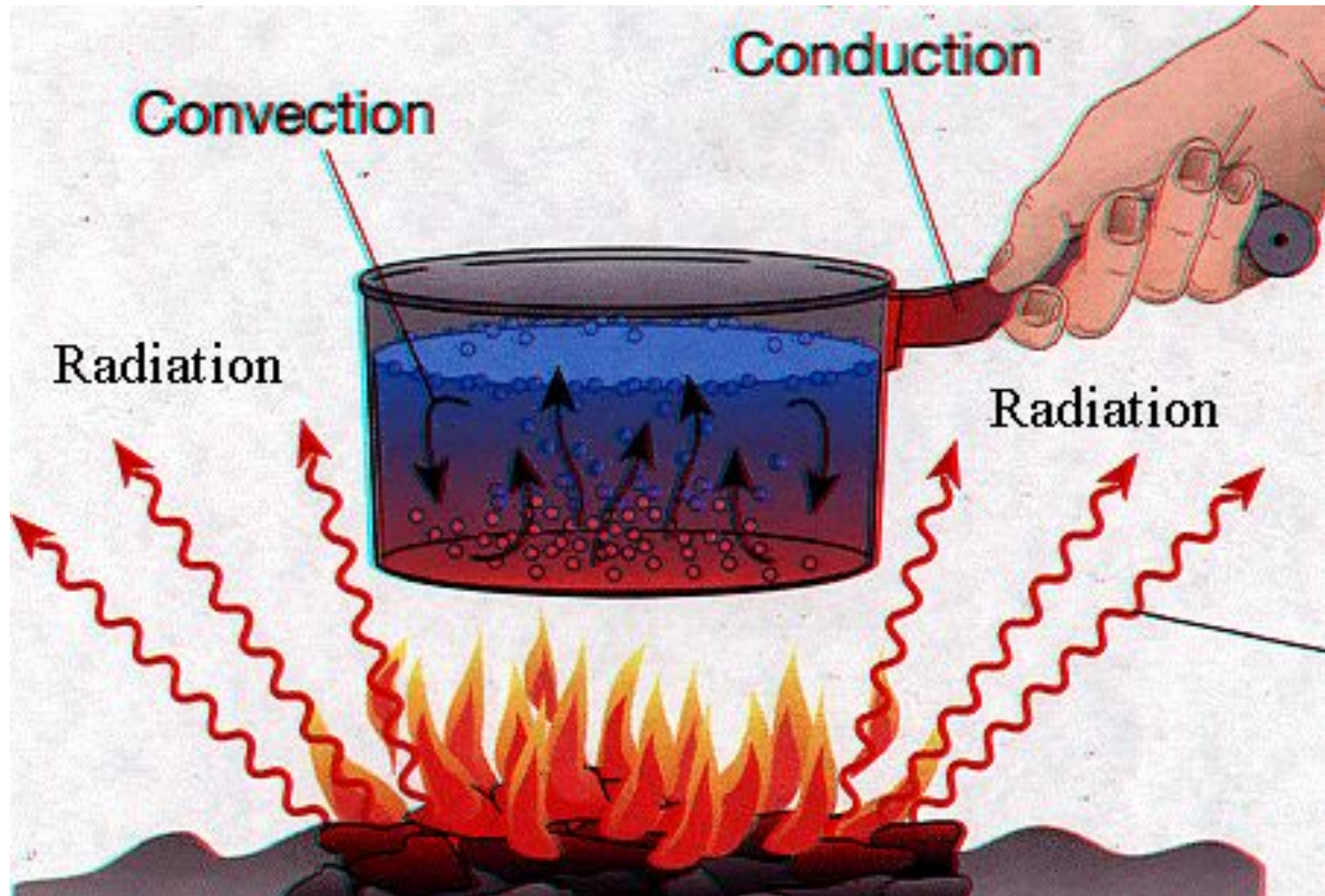
Los cambios de estado y la energía:

Calor latente. Al cambiar de estado una sustancia, se cede o se gana energía del entorno. *Calor latente es la energía requerida para realizar un cambio de estado a temperatura constante (*)*

En el cambio de estado la energía consumida NO AUMENTA LA TEMPERATURA del receptor (el aire), es energía empleada en mantener el agua en una fase diferente o liberada de su función. Por esta razón la evaporación implica un efecto refrescante (consume energía) y la condensación a la inversa (aunque no lo notes), pues libera energía que calentará el aire

Estos cambios se pueden producir secuenciados, por ejemplo en una tormenta. Importancia Huracanes.
(valores en la figura redondeados)

¿Cómo se transfiere la energía? (*)

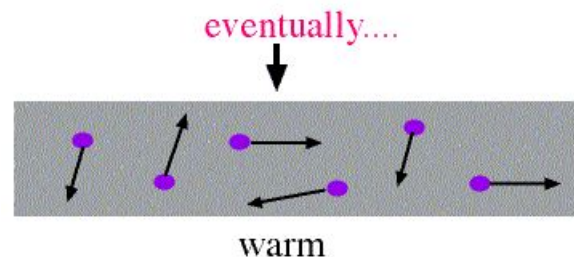
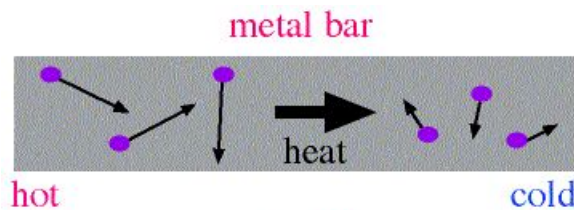
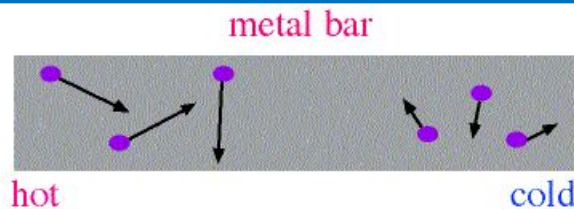


En la transferencia por conducción y convección la energía se transfiere **a través de o por la materia (2ª ley termodinámica)**, en la radiación no.

Conducción. La energía (calor) se transfiere por el movimiento molecular (contacto) desde donde hay más calor. *Ejemplo super*



Es el principio de la cámara de aire aislante y de los “frentes” de los mapas del tiempo

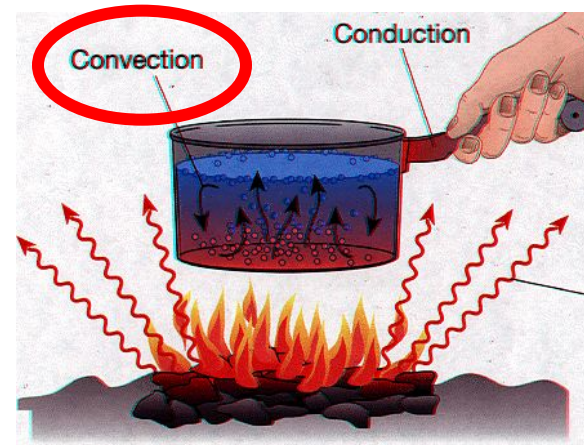
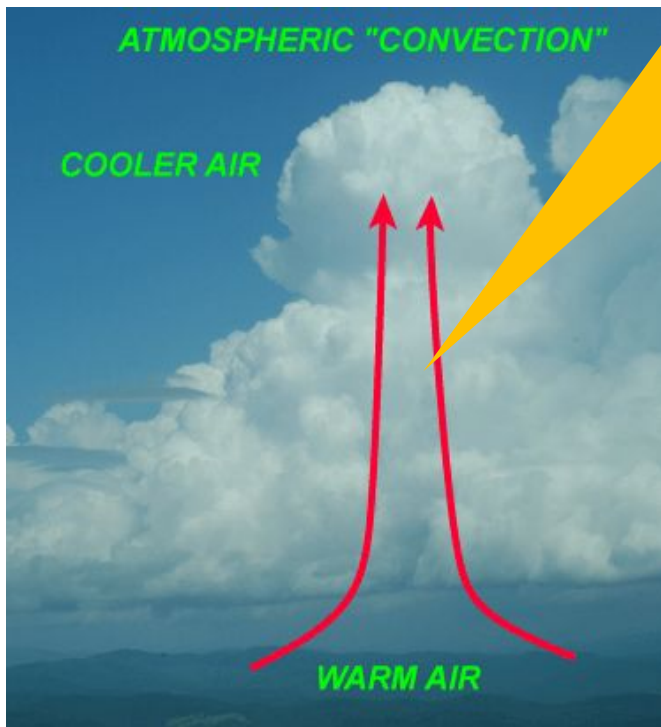


Y de los superconductores (Iphone, Ipad etc)

Material	Heat (thermal) conductivity (Watts† per meter per °C)
Still air	0.023 (at 20°C)
Wood	0.08
Dry soil	0.25
Water	0.60 (at 20°C)
Ice	0.63
Aluminum	1.1
Copper	2.1
Steel	2.6
Granite	2.6
Iron	80
Silver	427

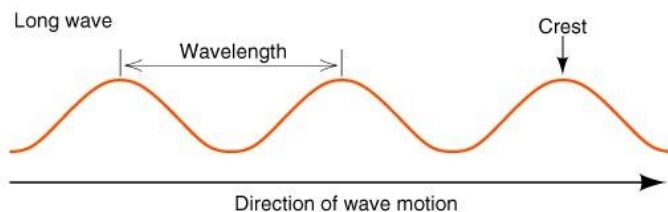
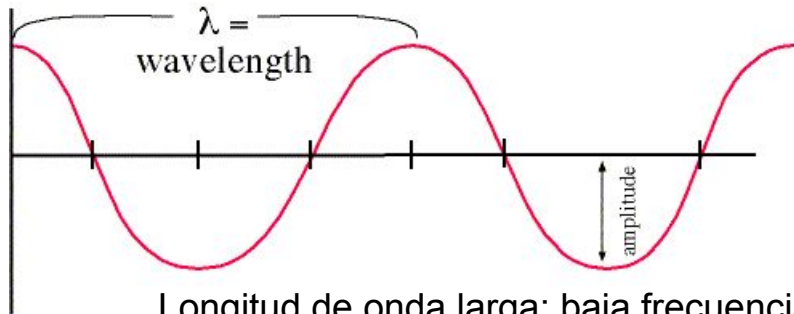
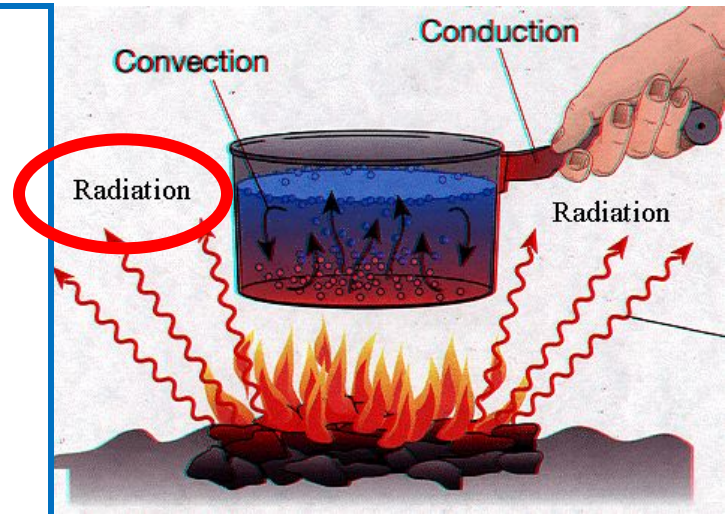
*Heat (thermal) conductivity describes a substance's ability to conduct heat as a consequence of molecular motion.
 †A watt (W) is a unit of power where one watt equals one joule (J) per second (J/s). One joule equals 0.24 calories.

Convección. La energía (calor) se transfiere por el movimiento de la (masa de un fluido como el aire o agua) de un lugar a otro. Ejemplos: las corrientes marinas, ¿algún piloto de ultraligeros o parapentista?



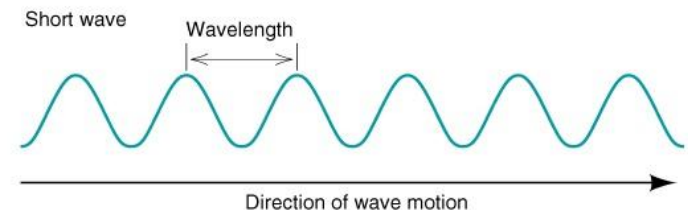
En la Atmósfera la convección puede ser libre (Tema 7-8) o forzada por un obstáculo (una barrera montañosa p.e.)

Radiación. En el vacío (espacio) la energía se transfiere mediante ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz (también por fotones). *Ejemplo la radiación solar*

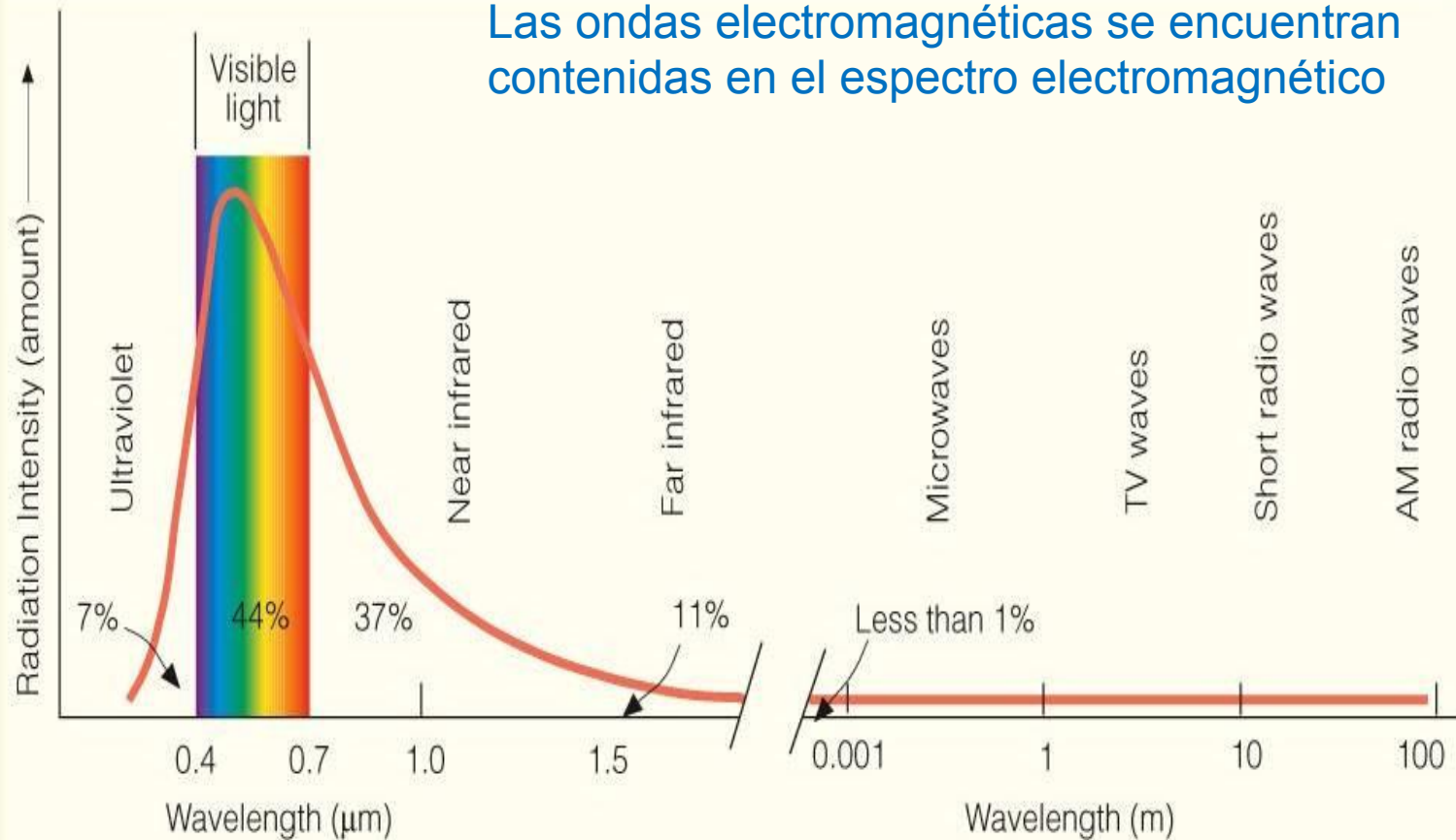


- Se caracterizan por su **longitud de onda, amplitud y frecuencia.**
- Las ondas electromagnéticas se encuentran contenidas en el **espectro electromagnético**

Longitud de onda corta; alta frecuencia



Las ondas electromagnéticas se encuentran contenidas en el espectro electromagnético

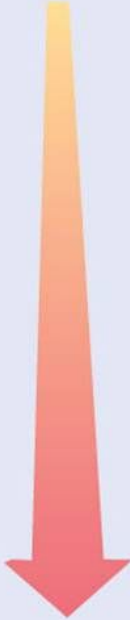
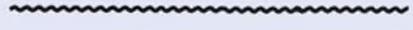


© 2007 Thomson Higher Education

Espectro de radiación (electromagnético). Max Plank demostró la distribución de la energía radiada por un cuerpo según su longitud de onda

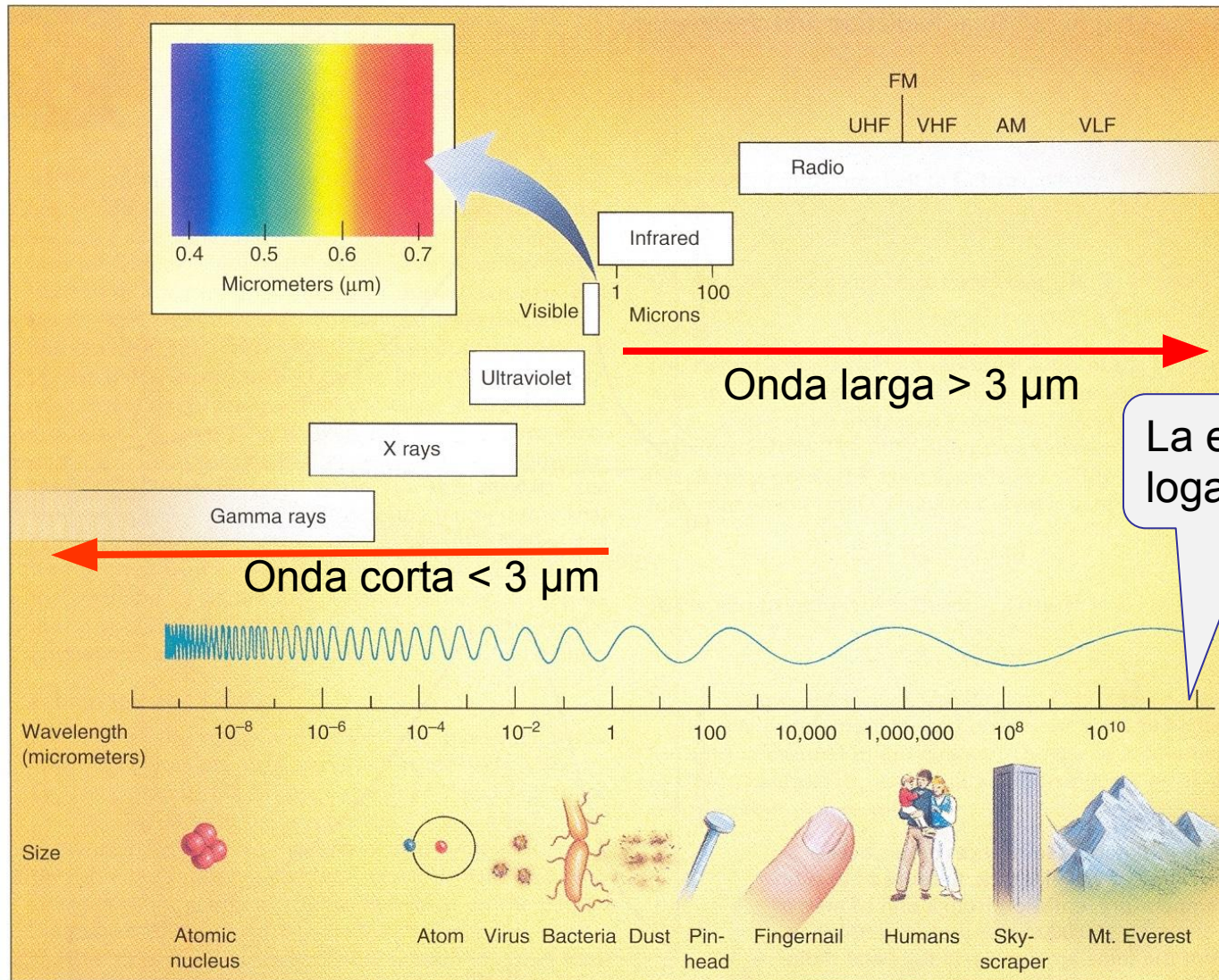
Radiación. Tipos de ondas

- ✓ La cantidad de energía se asocia a la amplitud.
- ✓ La “calidad” de la onda se asocia a la longitud

TYPE OF RADIATION	RELATIVE WAVELENGTH	TYPICAL WAVELENGTH (meters)	ENERGY CARRIED PER WAVE OR PHOTON
AM radio waves		100	Increasing 
Television waves		1	
Microwaves		10^{-3}	
Infrared waves		10^{-6}	
Visible light		5×10^{-7}	
Ultraviolet waves		10^{-7}	
X rays		10^{-9}	

Radiación. Unidades

1 micrometros = 10^{-6} m = 1/1.000 mm



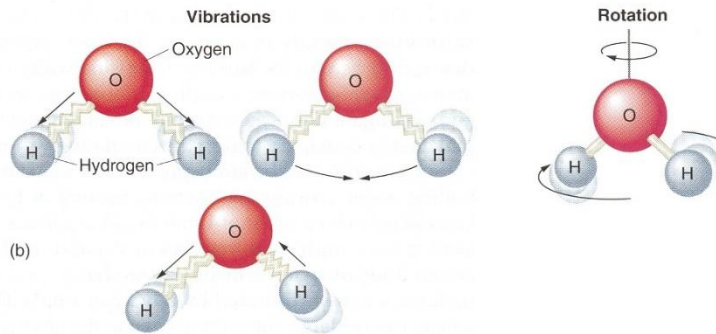
▲ Figure 2-6

Electromagnetic energy can be classified according to its wavelength.

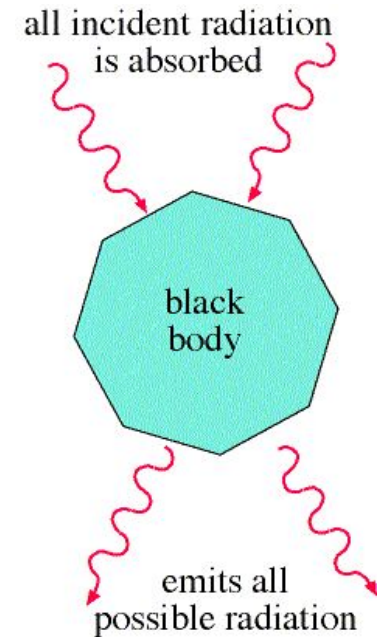
¿Quién emite energía y por qué?

Todo objeto con $T > 0 \text{ K}$ (-273°C) radia energía

0 K = cese movimiento a escala atómica



W Thompson,
Lord Kelvin



Cuerpo Negro. Perfectos emisores y absorbente de radiación, emiten la misma cantidad que reciben. No tiene que ver con su color.

- *Sólidos y líquidos se comportan $\approx$ como tal (sol, continentes)*
- *Los gases no (atmósfera)*

Ley de Stefan-Boltzman

$$E = \sigma T^4$$

- Relaciona la cantidad total de energía emitida (E) con la temperatura del cuerpo (T)
- Emiten más energía los cuerpos con temperatura más elevada
- Incremento exponencial

TABLE 4.1 Output of radiation in watts per square meter (Wm^{-2}) for selected object temperatures. The values show that each successive 100°C change in temperature corresponds to an exponential increase in radiation emission.

Temperature ($^\circ\text{C}$)	Radiation Output (Wm^{-2})	Difference from Previous Value (Wm^{-2})
-200	2	
-100	51	49
0	315	264
100	1098	783
200	2838	1740
300	6112	3274
400	11,631	5519
500	20,244	8613

¿Quién emite energía y por qué?

Ley de Stefan-Boltzman: $E = \sigma T^4$

Sol ($T \approx 6000 \text{ K}$)

$$E = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4} (6000 \text{ K})^4 = \underline{7.3 \times 10^7 \text{ W m}^{-2}}$$

Tierra ($T \approx 288\text{K}$, unos 15°C)

$$E = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4} (288 \text{ K})^4 = \underline{390 \text{ W m}^{-2}}$$

Una bombilla normal = **entre 60-100 vatios**

Es decir, el sol emite 160.000 veces más energía por unidad de superficie y tiempo que la Tierra, siendo su temperatura solamente unas 20 veces mayor.

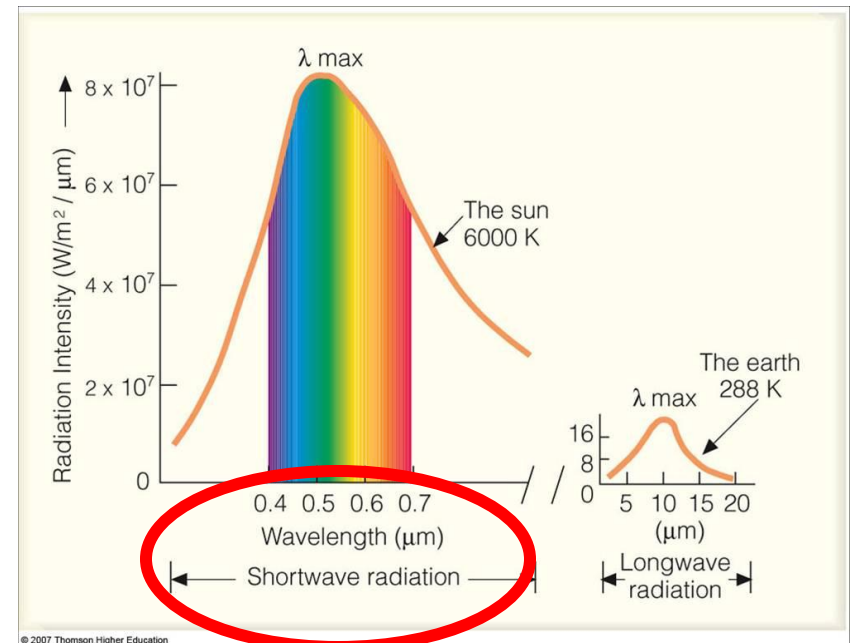
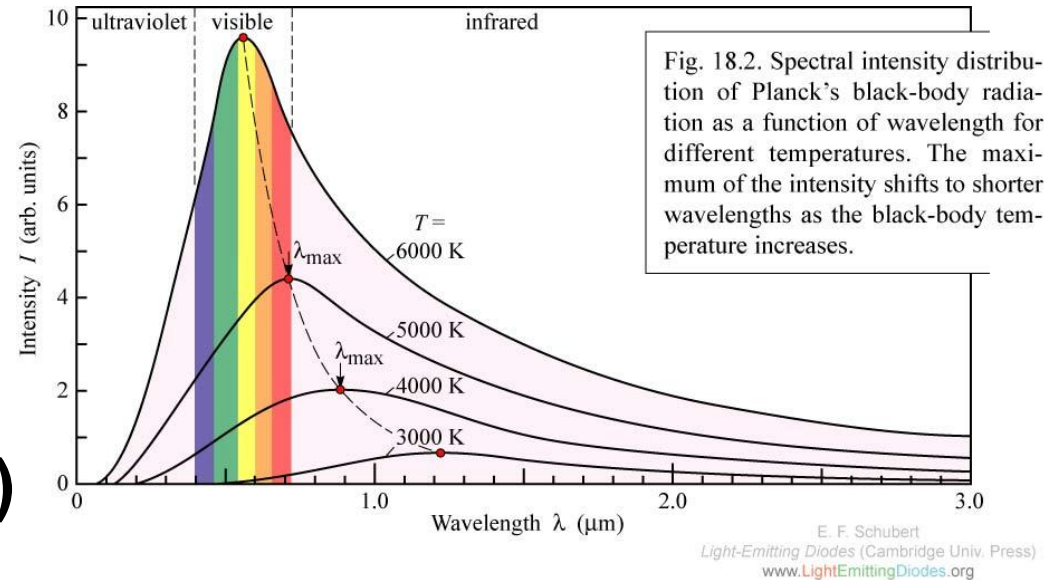
Ley de Wien:

$$\lambda_{\max} = 2897 \mu / K$$

La emisión máxima se concentra en un intervalo de longitud de onda ($\lambda_{\max}$) inversamente proporcional a la temperatura del cuerpo

Emisión solar y terrestre.

Comparación de frecuencia máxima de longitud de onda y energía total emitida.



Ley de Wien:

$$\lambda_{\text{max}} = 2897 \mu / K$$

Los cuerpos con temperaturas más elevadas tienden a concentrar su emisión en onda corta y viceversa.

Dicho de otro modo, el sol emite energía principalmente en longitud de onda corta y la Tierra en onda larga (**)

** Pero en todas longitudes el sol emite más que la tierra por unidad de superficie

TABLE 4.2 Wavelength of maximum radiation emission for selected object temperatures.

Temperature (°C)	Temperature in Kelvin (K)	Wavelength of Maximum Emission in Micrometers (μm)
-100	173	17.0
0	273	10.6
15 (Earth's Average Global Temperature)	288	10.1
100	373	7.1
200	473	6.1
300	573	5.1
400	673	4.3
500	773	3.7
5527 (Sun's Average Surface Temperature)	5800	0.5

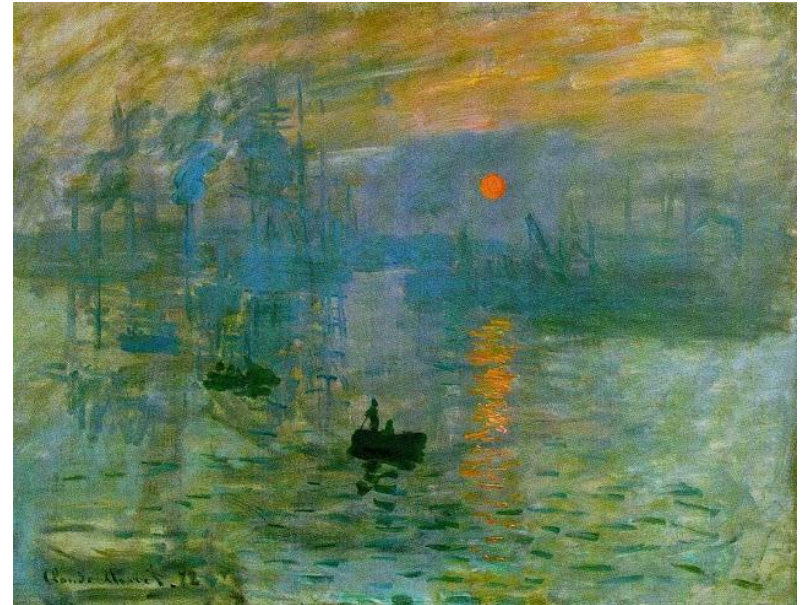
Tema 2. Radiación

- Concepto generales.
- **La radiación solar.**
- Distribución de la radiación solar en el planeta.
- Efecto de la atmósfera
- Comportamiento de la superficie
- Balance radiativo
- Balance térmico

La radiación solar en el arte...



Fra Angelico, La Anunciación



Monet, El sol naciente



Dalí, La Aurora

La Radiación Solar

• Energía solar diaria	1
• Terremoto (fuerte)	10^{-2}
• Huracán (promedio)	10^{-4}
• Krakatoa 1883	10^{-5}
• Bomba nuclear	10^{-5}
• Tormenta de verano	10^{-8}
• Tornado	10^{-11}

Energía liberada por diversos fenómenos comparada con la energía diaria solar

- Casi toda la energía terrestre procede del sol
- El sol actúa como un reactor nuclear radiando energía en todas direcciones
- Vista desde el Sol, la Tierra equivale a una moneda de céntimos a 265 m de distancia
- La Tierra recibe menos de una billonésima parte de la emisión solar (distancia)

La Radiación Solar

Río Támesis helado, 1684, según A Hondius



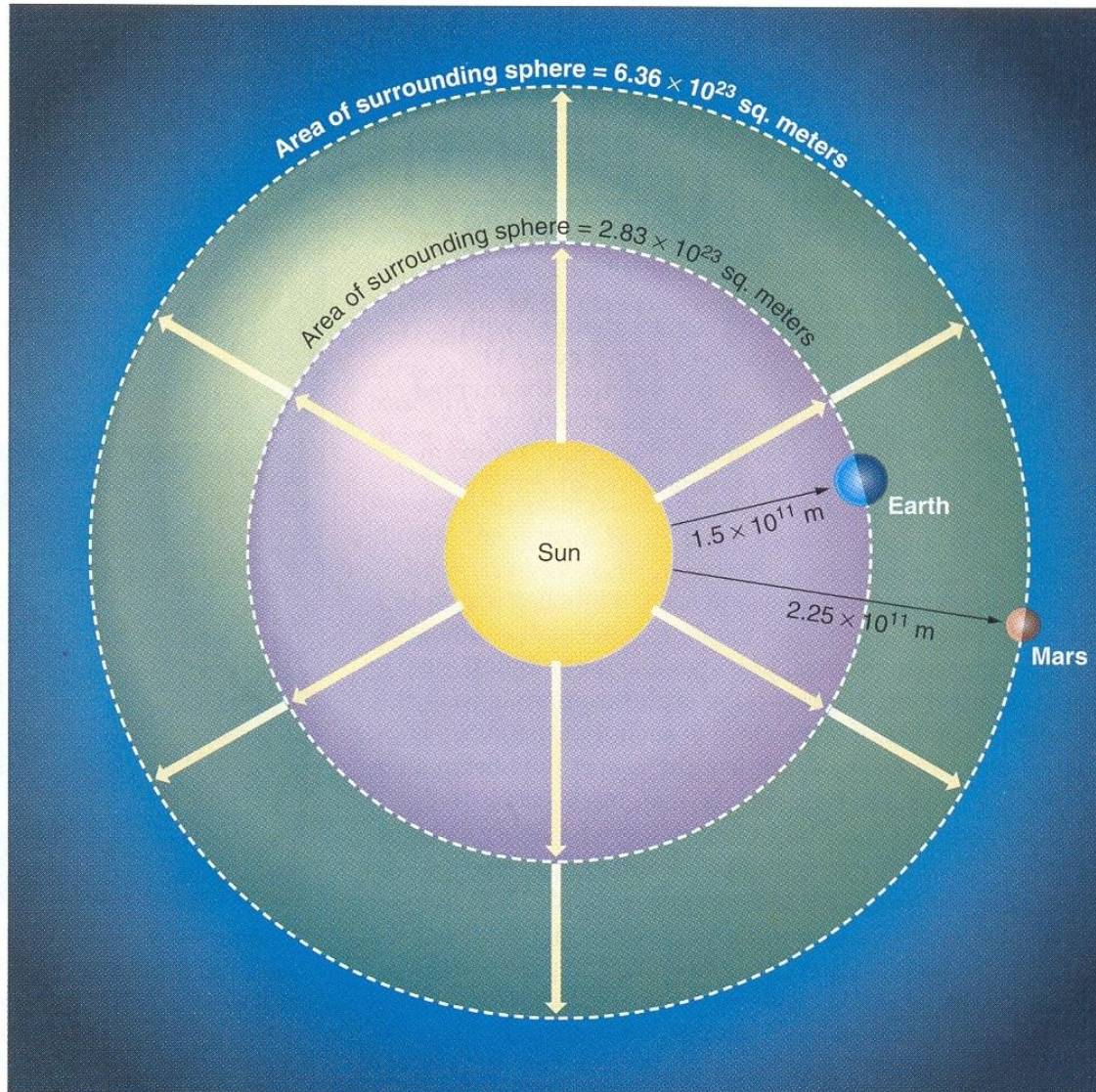
- El sol emite en todas las direcciones según

$$\text{Potencia o Emisión total (P}_s\text{)} = 4 \pi (\text{Radio}_{\text{solar}})^2 \sigma T_{\text{sol}}^4$$

No te pierdas, en la fórmula se incluye el **cálculo del área de una esfera** (la superficie del sol) y **la emisión** (por metro cuadrado) según la ley de Stefan -Bolzmann

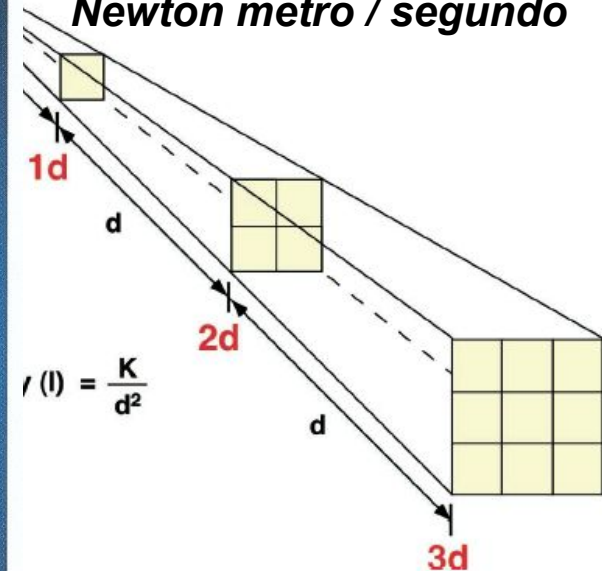
- El sol emite en todas las direcciones según

$$\text{Potencia o Emisión total (P}_s) = 4 \pi (\text{Radio}_{\text{solar}})^2 \sigma T_{\text{sol}}^4$$



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

W (vatio) = Julio / segundo =
Newton metro / segundo



.10 According to the Inverse Square Law the radiation is geometrically related to distance the equation given, K is the intensity of the one unit distance ($1d$). At two unit distances ($2d$), the intensity of the radiation is determined by dividing K by the square of the new distance from the source. The same method is used to determine the intensity at three unit distances from the source. (Image Copyright: Michael Pidwirny)

Al repartir la emisión de la esfera solar en una esfera de radio equivalente a la distancia Tierra-Sol se estima la llamada **constante solar S**

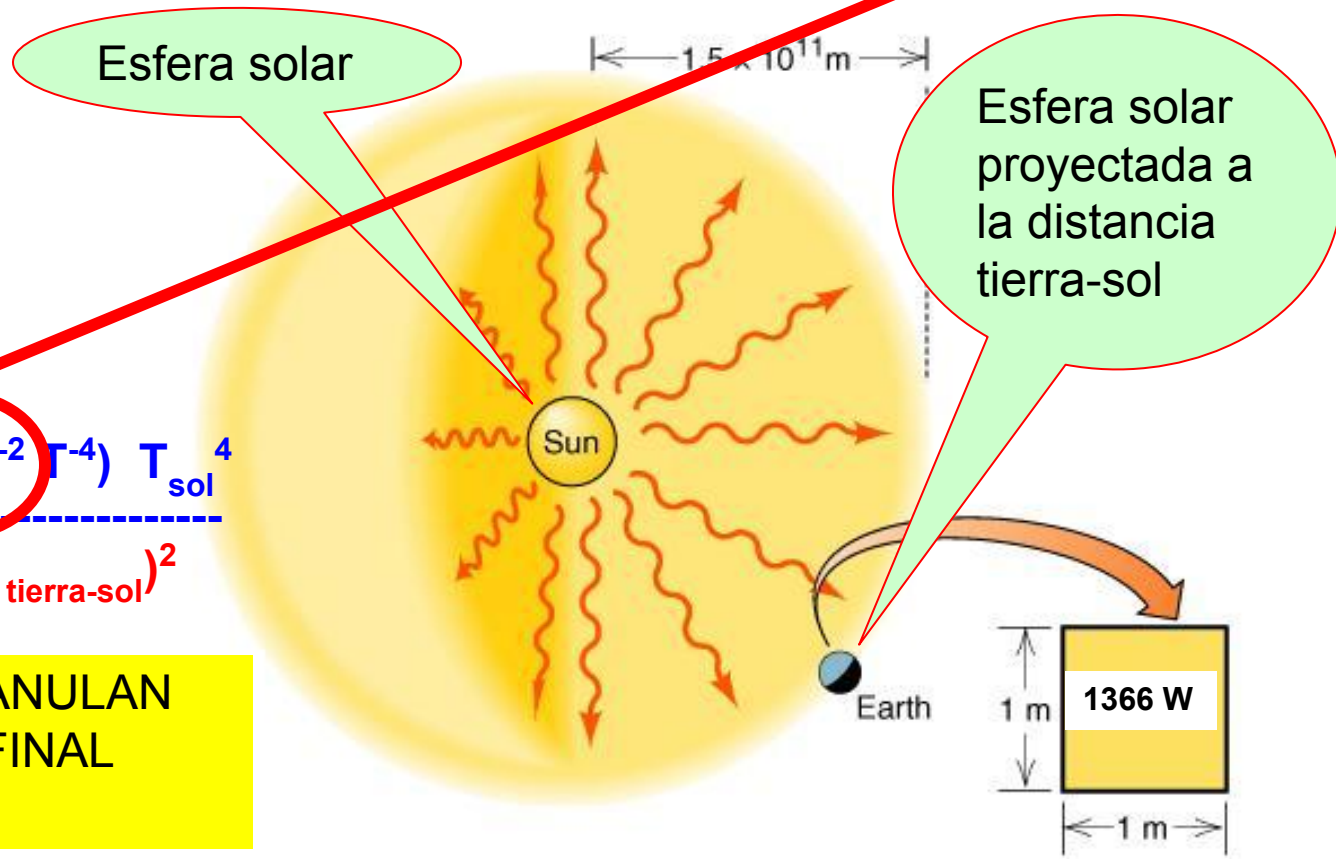
$$S = P_s / 4 \pi (\text{Distancia}_{\text{tierra sol}})^2 = 1366 \text{ W m}^{-2}$$

$$\frac{4 \pi (\text{Radio}_{\text{solar}})^2 \sigma T_{\text{sol}}^4}{4 \pi (\text{Distancia}_{\text{tierra sol}})^2}$$

Simplificando

$$\frac{4 \pi (\text{Radio}_{\text{solar}})^2 (\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}) T_{\text{sol}}^4}{4 \pi (\text{Distancia}_{\text{tierra-sol}})^2}$$

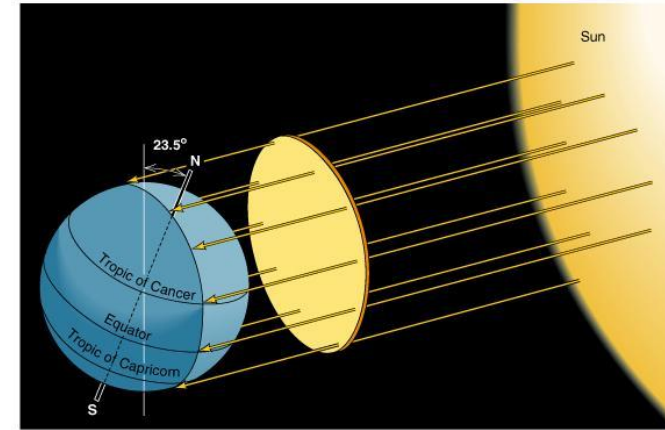
OBSERVA COMO SE ANULAN LAS UNIDADES Y AL FINAL QUEDAN W m^{-2}



Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

$$1366 \text{ W m}^{-2} \approx 2 \text{ calorías cm}^{-2} \text{ min}^{-1} \approx 2 \text{ langley min}^{-1}$$

- ✓ Esta energía es interceptada por el disco terrestre del planeta (plano)
- ✓ Y en la rotación **se reparte sobre la superficie (esfera) terrestre**



Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

$$S * \pi (\text{Radio}_{\text{Tierra}})^2 / 4 \pi (\text{Radio}_{\text{tierra}})^2 = S/4 = 1366/4$$

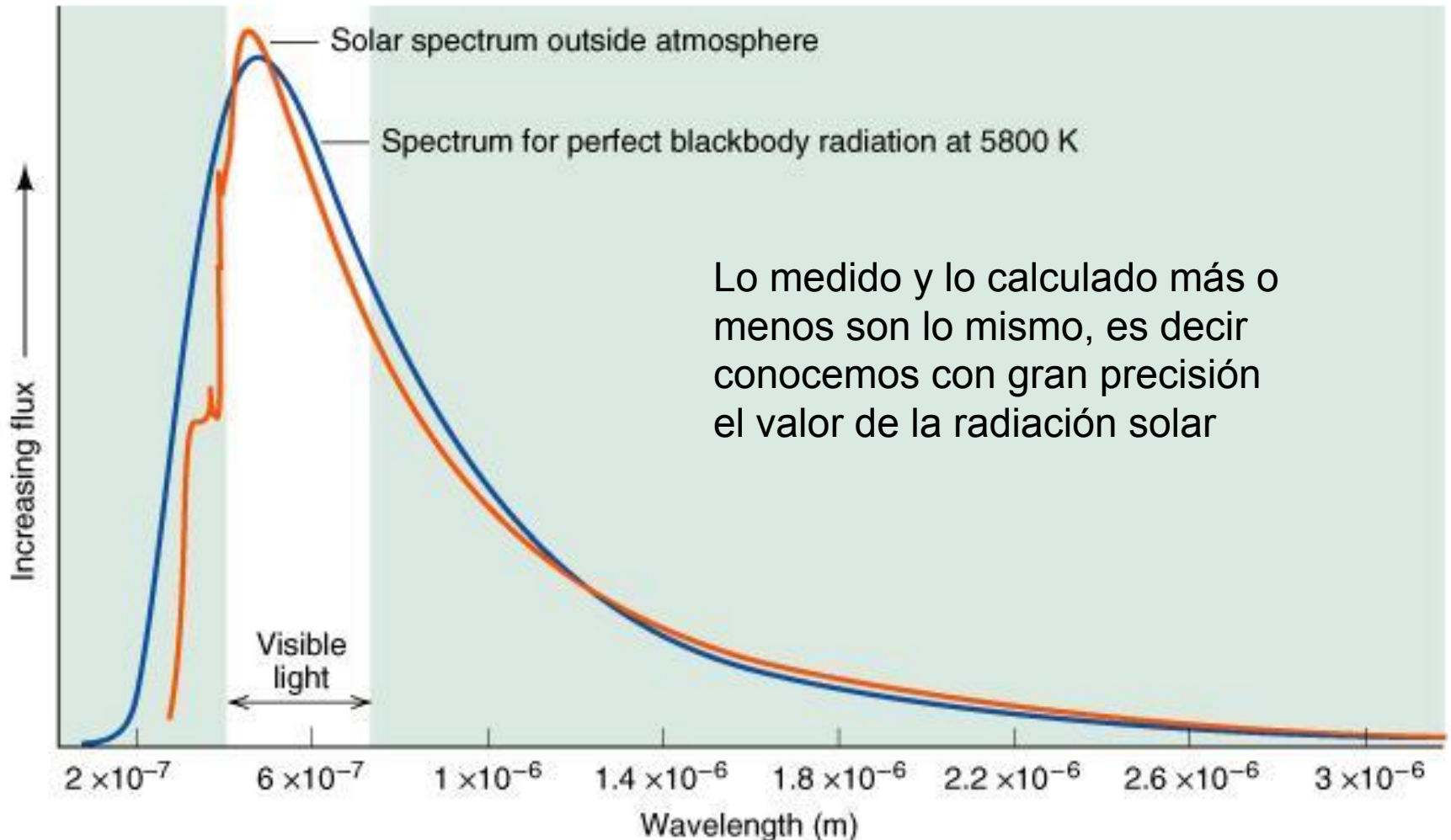
341 W m⁻² equivalentes a 0,5 cal/cm²/min

- Su total ≈30 millones de centrales nucleares de potencia 1.750.000 Mega W.
- Factores de conversión: 1 cal/cm²/min = 1 ly/min = 0.0697 W cm⁻².
- Las medidas más recientes sugieren una menor recepción (<1361 W m⁻²) por efecto del ciclo solar de 11 años.
- **Atención. Los valores en la bibliografía difieren entre 1370 y 1361 W m⁻². Es muy común el empleo redondeado de 340 W m⁻²**

RESUMEN: hemos calculado lo que irradiado en un metro cuadrado del sol se recibe en un metro cuadrado de la atmósfera exterior del Planeta,

La Radiación Solar.

Máximo de emisión en onda corta (ley de Wien)



Lo medido y lo calculado más o menos son lo mismo, es decir conocemos con gran precisión el valor de la radiación solar

Tema 2. Radiación

- Concepto generales.
- La radiación solar.
- **Distribución de la radiación solar en el planeta.**
- Efecto de la atmósfera
- Comportamiento de la superficie
- Balance radiativo
- Balance térmico

La radiación se distribuye simétricamente por latitud,
PERO la recepción EN LA SUPERFICIE del planeta difiere tanto en el tiempo como latitudinalmente. Factores:

- **Astronómicos**

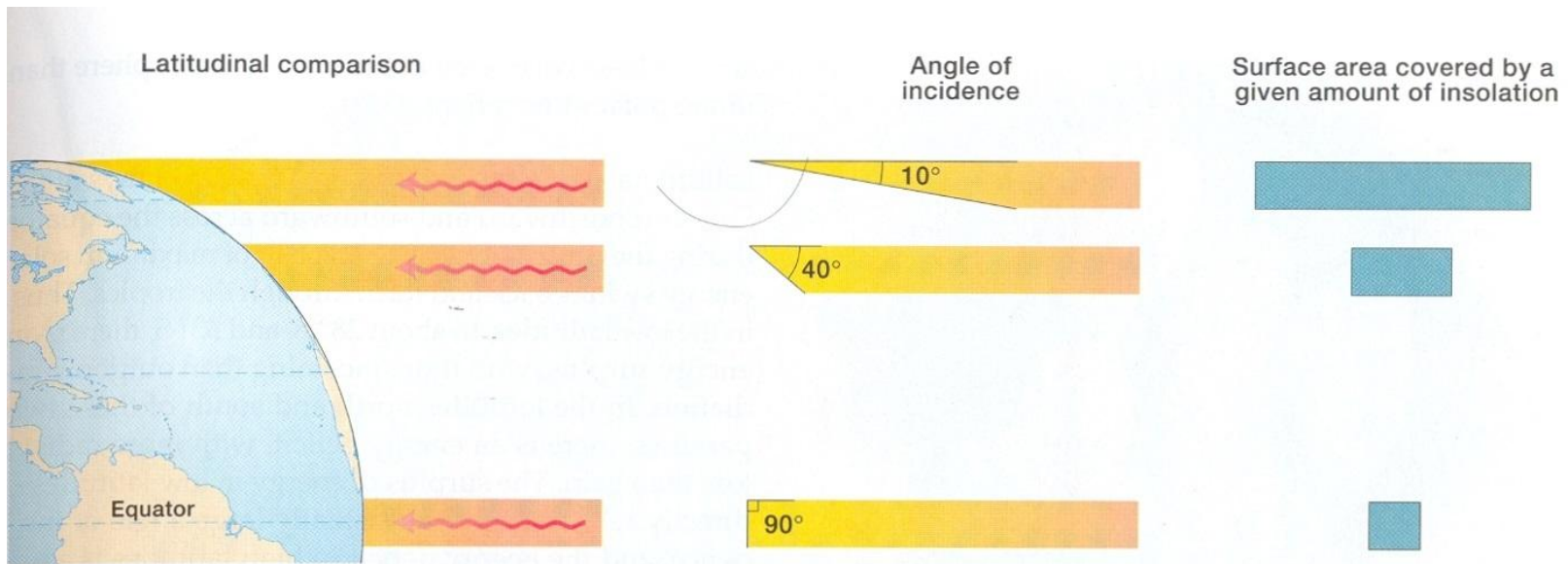
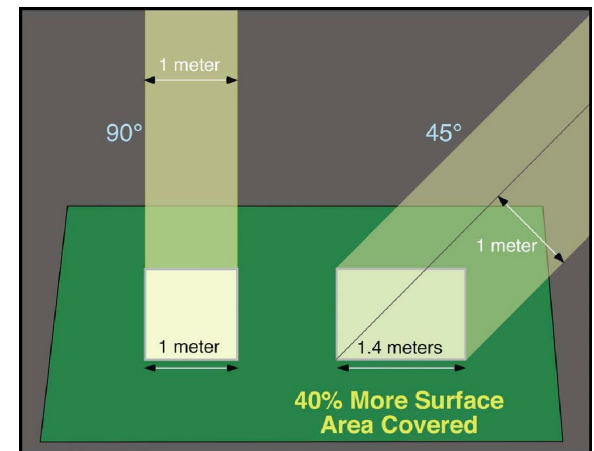
- Forma esférica del planeta
- Ángulo de inclinación del eje del planeta respecto al plano de traslación
- Posición del planeta respecto al sol (traslación)
- Excentricidad del planeta y distancia al sol

- **Geográficos**

- Latitud,
- Momento del año y día
- Nubosidad
- Tipo de superficie
- Aerosoles

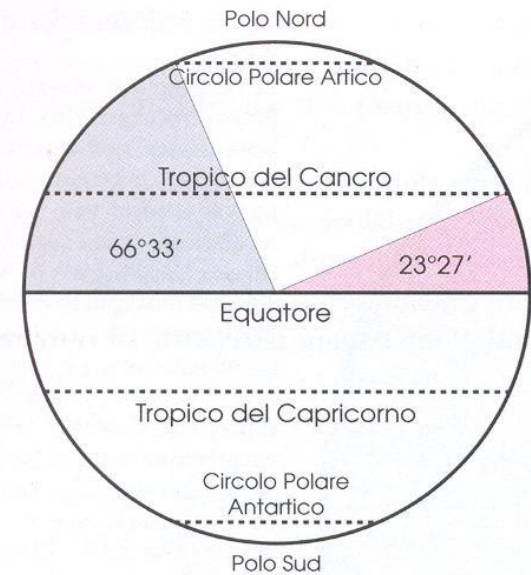
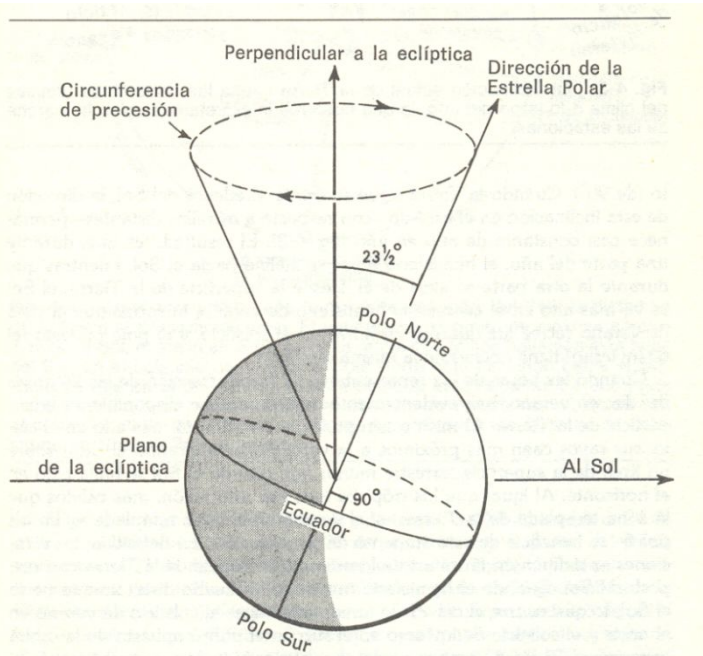
Geometría superficial

Esfericidad de la Tierra. La proyección del haz de luz sobre la Tierra. Diferencias latitudinales y temporales



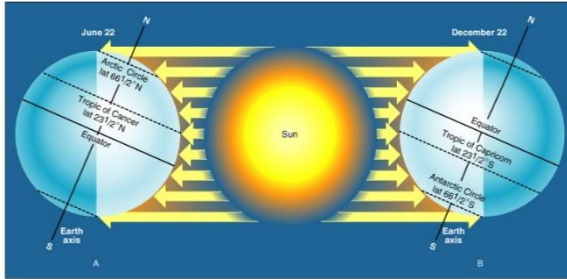
Por efecto de la curvatura, la misma cantidad de luz se reparte en mayor área a medida que nos alejamos de la vertical. Además como la posición del planeta y su eje cambian y por tanto la vertical también, se producen variaciones temporales.

Declinación terrestre La inclinación del eje de rotación sobre el plano de la *eclíptica* en la traslación determina latitudinalmente las variaciones estacionales de la insolación, la duración del día y la intensidad de la radiación.

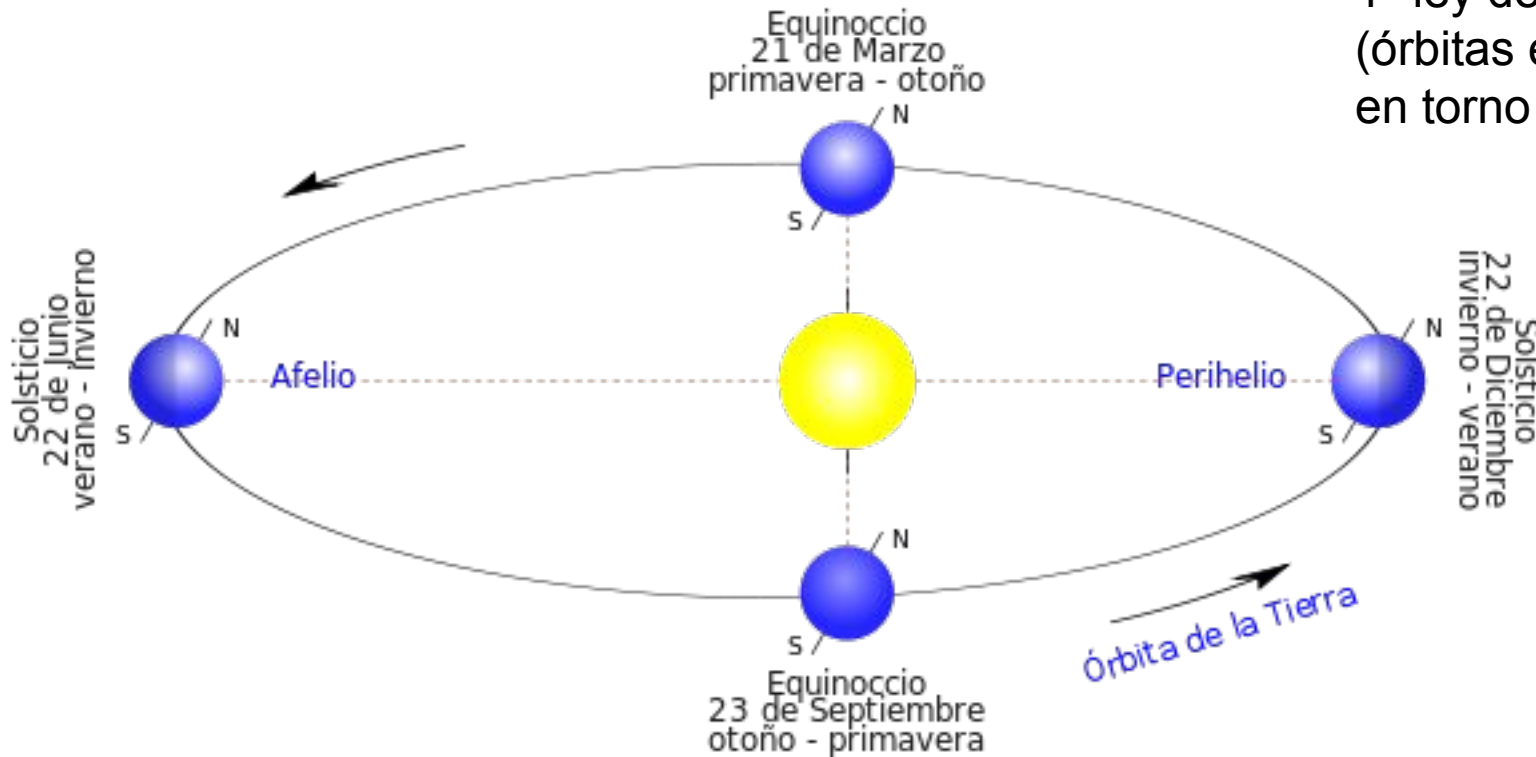


Por esta razón la posición y latitud de los círculos polares y trópicos no es caprichosa, son los valores extremos a los que llega la perpendicular del sol (trópicos) o en los que se produce un día/noche de 24 horas

Traslación. Posición relativa del planeta



En su movimiento de traslación, los límites latitudinales de la vertical del sol y del inicio del día y noche de 24 horas se corresponden con los trópicos y los círculos polares

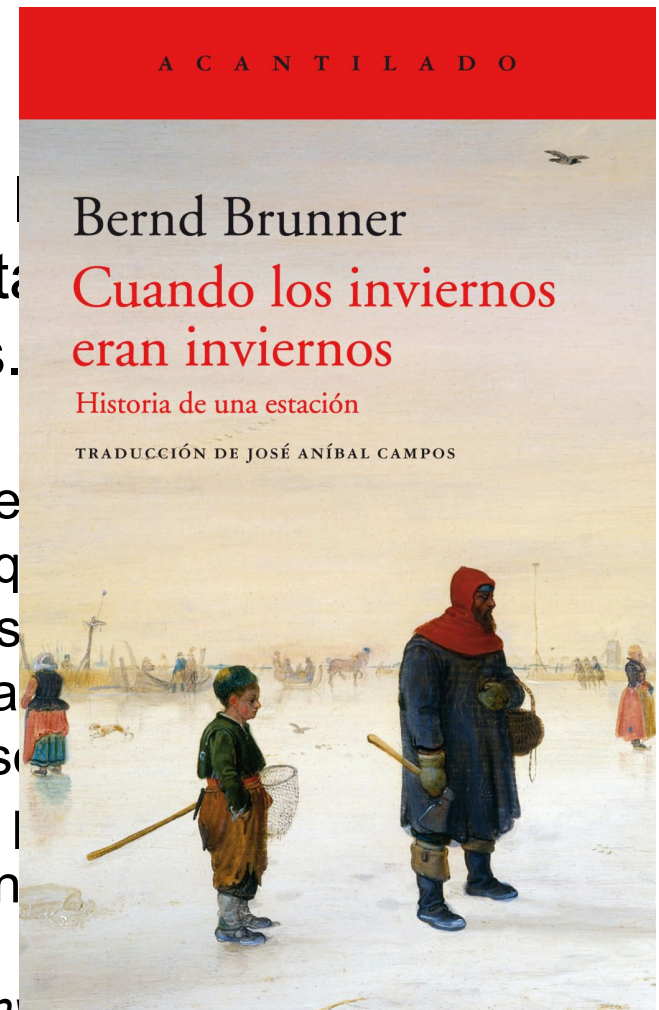


1ª ley de Kepler
(órbitas elípticas
en torno al sol)

- La inclinación del eje del planeta y el movimiento de rotación alrededor del sol son el origen de las estaciones que conocemos, pero no olvidemos.

“Nuestra noción habitual de cuatro estaciones es un fenómeno de latitudes medias y altas, dado que solo allí encuentran los países dominantes que impulsan la agricultura regiones subtropicales y tropicales, donde hay una duración de los días y de la radiación solar, solo dos o tres estaciones. También algunas latitudes se han arreglado con dos estaciones: un largo invierno y un corto.”

B. Brunner. 2020. *Cuando los inviernos eran inviernos*. Cap. El mundo en invierno, p. 13. Ed Acantilado.



Excentricidad de la Tierra en su órbita

El sol ocupa un foco de la elipse lo que determina variaciones de la distancia a lo largo de la traslación

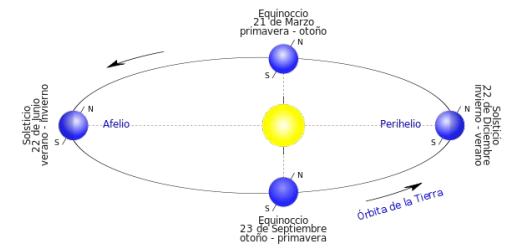


Tabla 1.2. Insolación en una superficie horizontal situada en el exterior de la atmósfera; las cifras vienen dadas en cal/cm²/día
(Según K. Ya Kondratiev)

Fecha	90°N	70	50	30	0	30	50	70	90°S
22 diciembre	0	0	181	480	869	1073	1089	1114	1185
4 febrero	0	25	298	586	905	1003	937	809	834
21 marzo	0	316	593	799	923	799	593	316	0
6 mayo	796	722	894	958	863	560	285	24	0
22 junio	1110	1043	1020	1005	814	450	170	0	0

Teóricamente (porque no es cierto)

- la temperatura promedio debería ser 4°C superior en enero que en julio
- inviernos del HN (diciembre) más cálidos que los inviernos del HS (junio)
- los veranos del HS (diciembre) más cálidos que los veranos del HN (junio)

Nicolas y Giovanni Pisano, Fontana
Maggiore, Perugia, Umbria. Siglo XIII
El cuerpo inferior representa los meses
del año según las actividades

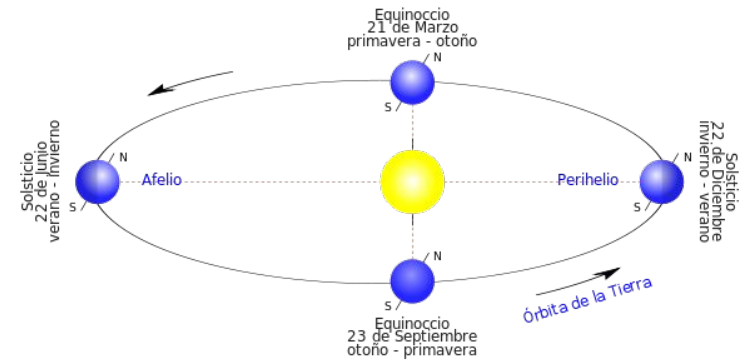


Observa lo magistral del autor: para conseguir profundidad en un paisaje invernal, donde la nieve hace perder la sensación de distancia y la luz lo confunde todo, Peter Brueghel coloca en un plano superior a los cazadores y el resto en el fondo del valle; a su vez se ayuda de la línea de perspectiva de los cuatro árboles de la izquierda que casi marcan una diagonal



Equinoccios

Primavera y Otoño



- Declinación solar: 0°
- La duración del día y noche es igual en todo el planeta 12 horas
- La insolación es igual en ambos hemisferios. Máximo ecuatorial

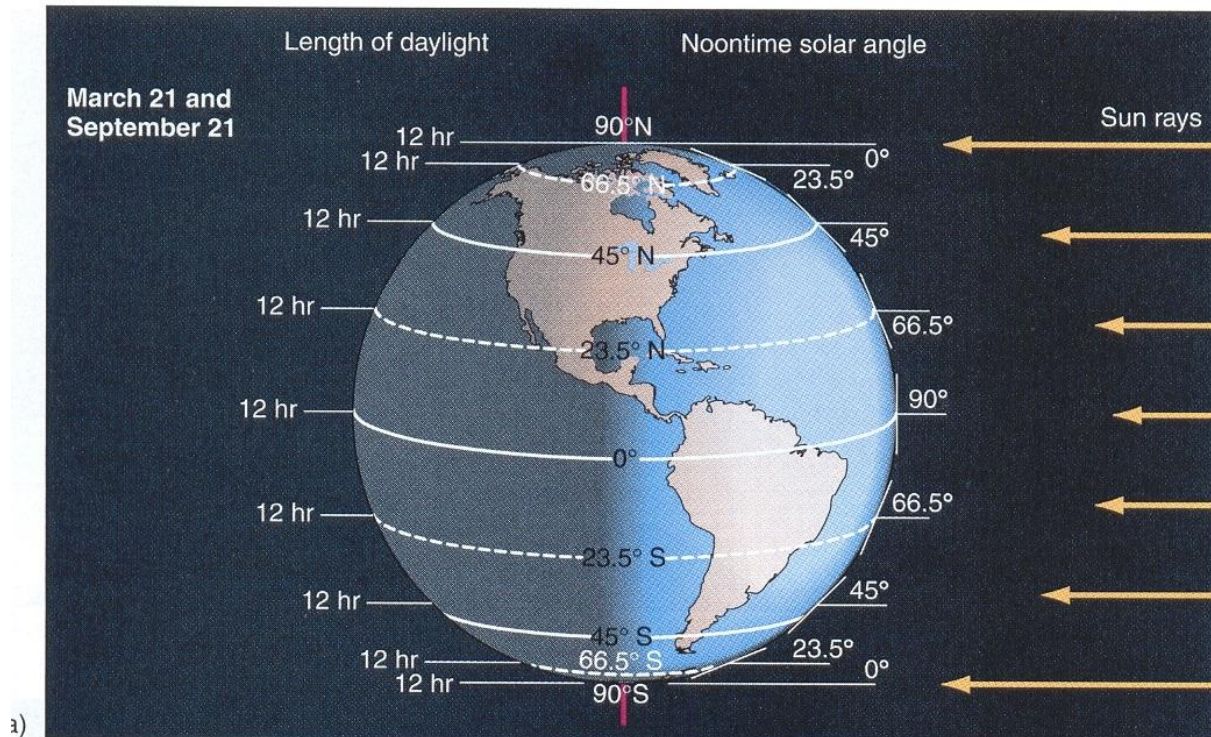
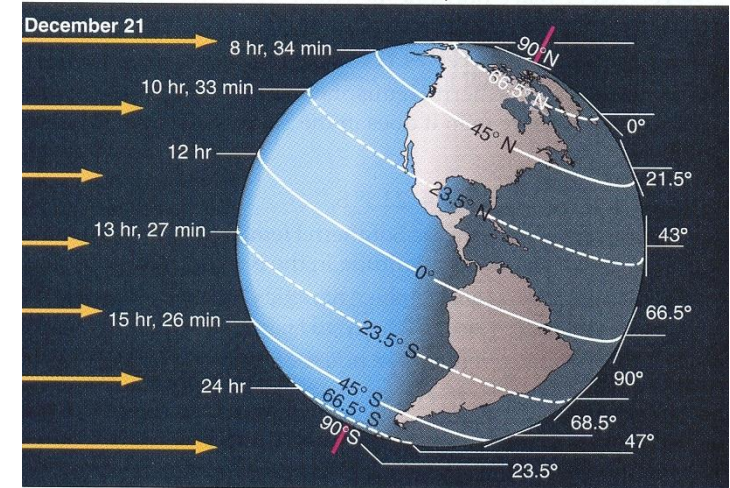
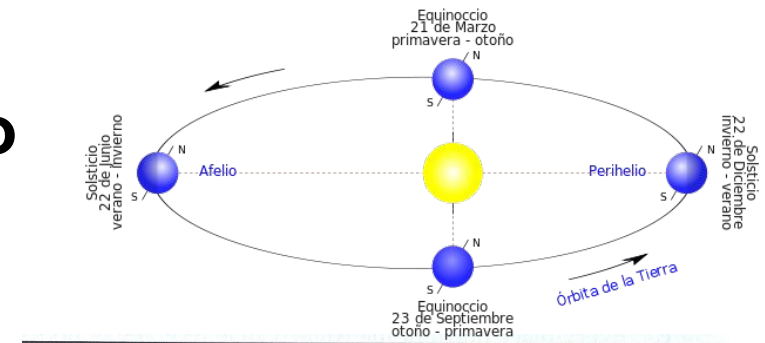
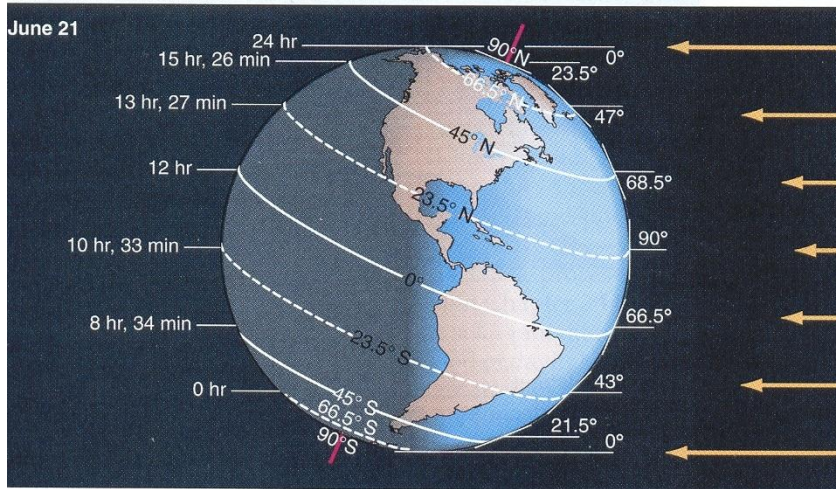


TABLE 4.3 Day lengths for selected latitudes on the two equinoxes and two solstices (hours and minutes).

Latitude	December Solstice December 21-22	March Equinox March 20-21	June Solstice June 20-21
90°N	0:00	Sun at Horizon	24:00
80°N	0:00	12:00	24:00
70°N	0:00	12:00	24:00
66.5°N	Sun at Horizon	12:00	24:00
60°N	5:33	12:00	18:27
50°N	7:42	12:00	16:18
40°N	9:08	12:00	14:52
30°N	10:04	12:00	13:56
20°N	10:48	12:00	13:12
10°N	11:25	12:00	12:35
Equator	12:00	12:00	12:00
10°S	12:35	12:00	11:25
20°S	13:12	12:00	10:48
30°S	13:56	12:00	10:04
40°S	14:52	12:00	9:08
50°S	16:18	12:00	7:42
60°S	18:27	12:00	5:33
66.5°S	24:00	12:00	Sun at Horizon
70°S	24:00	12:00	0:00
80°S	24:00	12:00	0:00
90°S	24:00	Sun at Horizon	0:00

Solsticio de Invierno y Verano



- Declinación solar (sol en la vertical): 23.5° HS (diciembre) o HN (junio)
- A igual latitud, todo punto del hemisferio adelantado recibe más radiación que el hemisferio retrasado.
- El área del círculo polar ártico/antártico tienen una noche/día de 24 horas.
- La duración del día en el Ecuador es de 12 h.
- Las diferencias de energía recibida entre ambos momentos se estiman en un 7% del total de la constante

Variaciones del ángulo de incidencia, duración del día y radiación con la latitud en los solsticios

	Angulo solar	Duración día	Radiación día M Julios m ⁻²
Diciembre 21			
Winnipeg (50°N)	16,5 °	7 h 50 m	7,44
Austin (30° N)	36.5 °	10 h 04 m	12.18
Junio 21			
Winnipeg (50°N)	63,5 °	16 h 10 m	37.15
Austin (30° N)	83.5 °	13 h 56 m	35.95

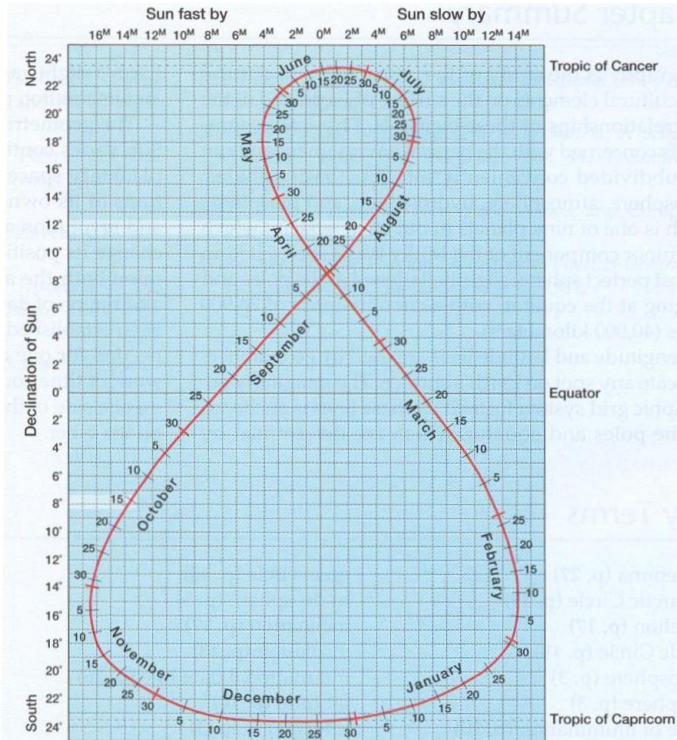
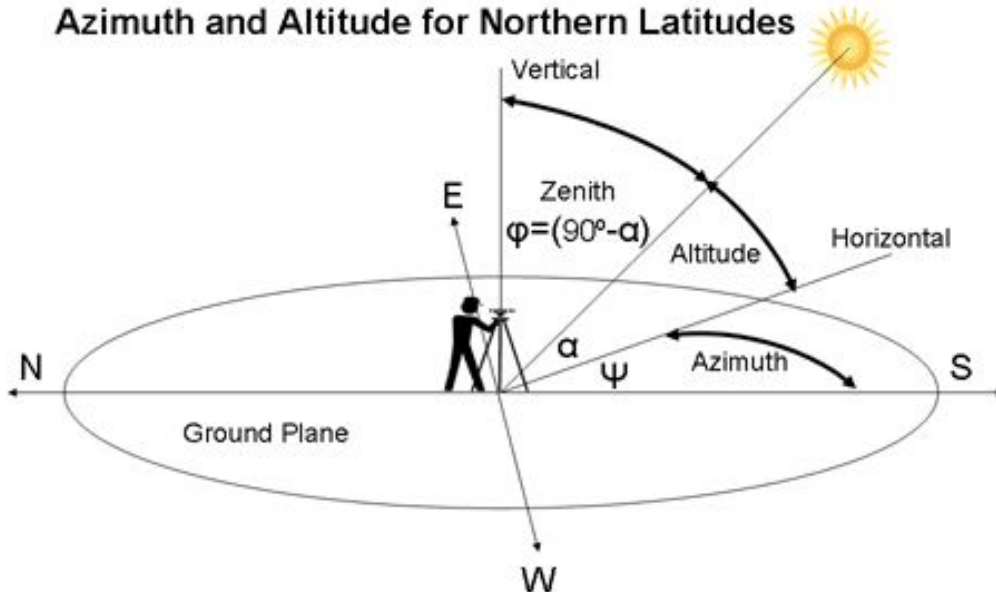


Figure1-B An analemma tells us the latitude of the vertical rays of the noon sun (the "declination of the Sun") for every day of the year. For example, on August 20th, the vertical rays of the sun are striking 12°N, while on October 15th, the vertical rays are striking 8°S.

Azimuth and Altitude for Northern Latitudes



El Analema

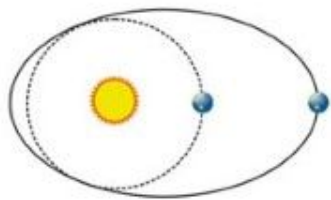
Indica la posición latitudinal de la vertical del sol. La navegación a vela se sirvió del analema para conocer la posición latitudinal de los barcos tras observar con el sextante la altura del sol.

Ciclos de Milankovitch.

Los cambios en la órbita terrestre (excentricidad), de la declinación (oblicuidad) y dirección del eje de rotación (precesión), modifican la radiación total y su distribución, siendo origen de las glaciaciones.



Milankovitch Cycles



Excentricidad



Oblicuidad

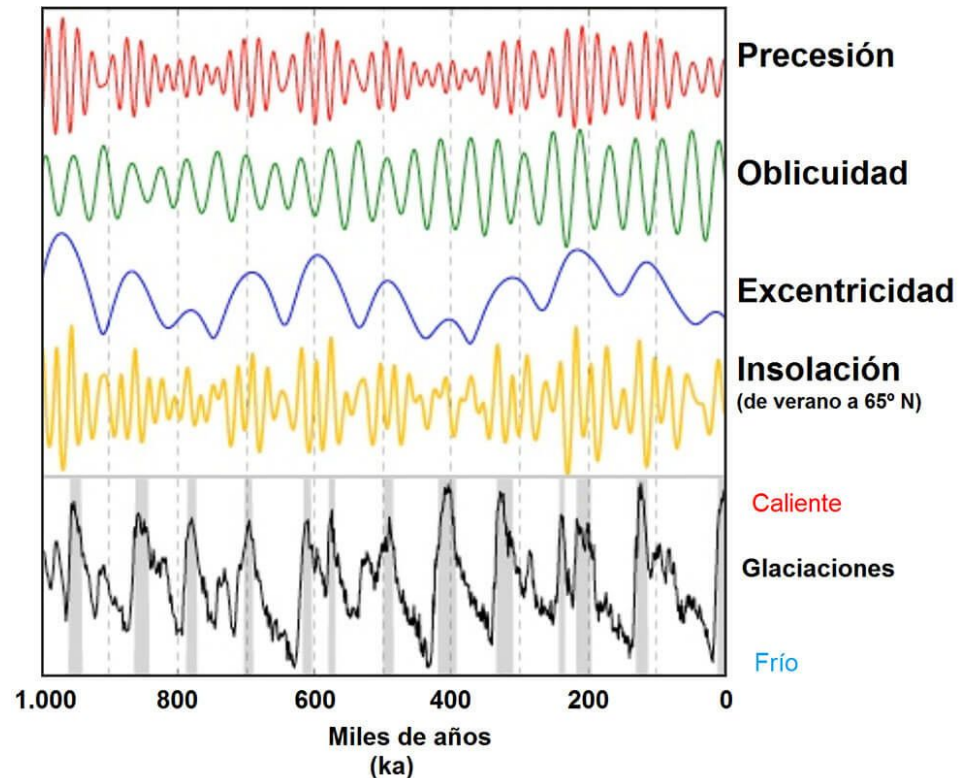


Precesión

Ciclo de Excentricidad:
Máxima= 0.058
Mínima= 0.005
Ciclo Principal= 413.000 años
Ciclos menores= 95.000-136.000

Ciclo de Oblicuidad:
Máxima= 24,5°
Mínima= 22,1°
Ciclo= 41.000 años

Ciclo de precesión:
1° cada 71,6 años
Ciclo de 25.800 años



Variaciones temporales de la altura del sol en el horizonte

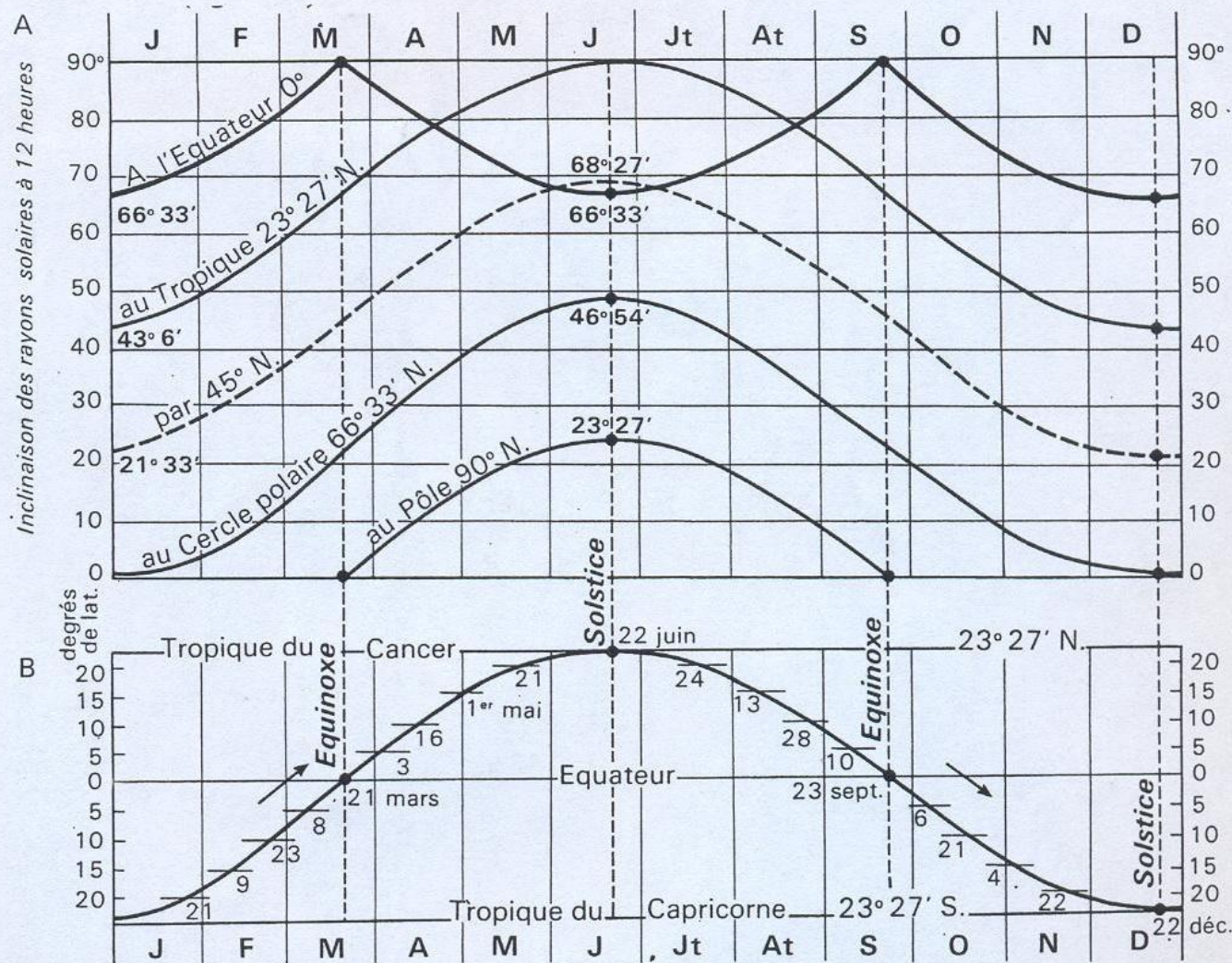
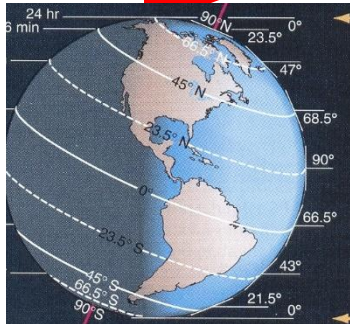


Fig. II.4. — A : HAUTEUR DU SOLEIL SUR L'HORIZON A MIDI DANS L'HÉMISPHERE NORD, A DIVERSES LATITUDES. B : PASSAGE DU SOLEIL AU ZÉNITH DANS LA ZONE INTERTROPICALE.
D'après R. MUSSET.



En el círculo polar, en el solsticio de verano, el sol no llega a ocultarse en el horizonte a lo largo del día, aunque su altura sobre el horizonte no alcanza valores elevados (por lo tanto su ángulo de incidencia es bajo y también su intensidad)



Regimenes de insolación

<http://people.cas.sc.edu/carbone/modules/mods4car/ccontrol/controls/latitude.html>

- En el **ecuador** hay dos máximos equinocciales, con valores ly/día > 800. Las variaciones entre meses son escasas
- **Hasta la latitud de los trópicos** aún persisten los dos máximos pero muy cercanos en el tiempo (ida y vuelta). Entre el ecuador y los trópicos habrá dos máximos cada vez más cercanos en el tiempo.
- A partir del trópico solamente habrá un **máximo** en verano y un **mínimo** en invierno, coincidiendo en el trópico con ángulo de 90 y un día de > 12 horas de sol.

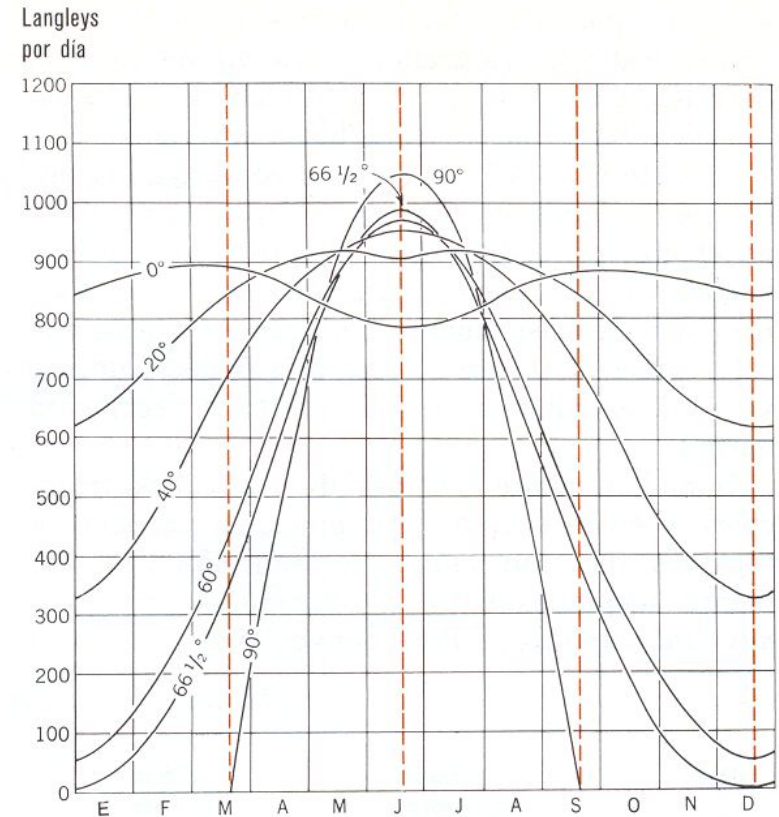


Figura 8.3. Insolación a diferentes latitudes en el hemisferio norte. (Datos de la Smithsonian Institution, Washington, D.C. De A. N. Strahler, 1963, The Earth Sciences, Harper and Row, Nueva York.)

Regimenes de insolación

<http://people.cas.sc.edu/carbone/modules/mods4car/ccontrol/controls/latitude.html>

- A medida que nos alejamos de los trópicos los máximos y mínimos se **acentúan**
- El **círculo polar** es el primer paralelo con valor 0 en algún momento.
- El **máximo mensual** es polar (DURACIÓN)
- El **máximo anual** intertropical (ángulo, duración)
- Los regímenes térmicos están condicionados por el reparto mensual de radiación

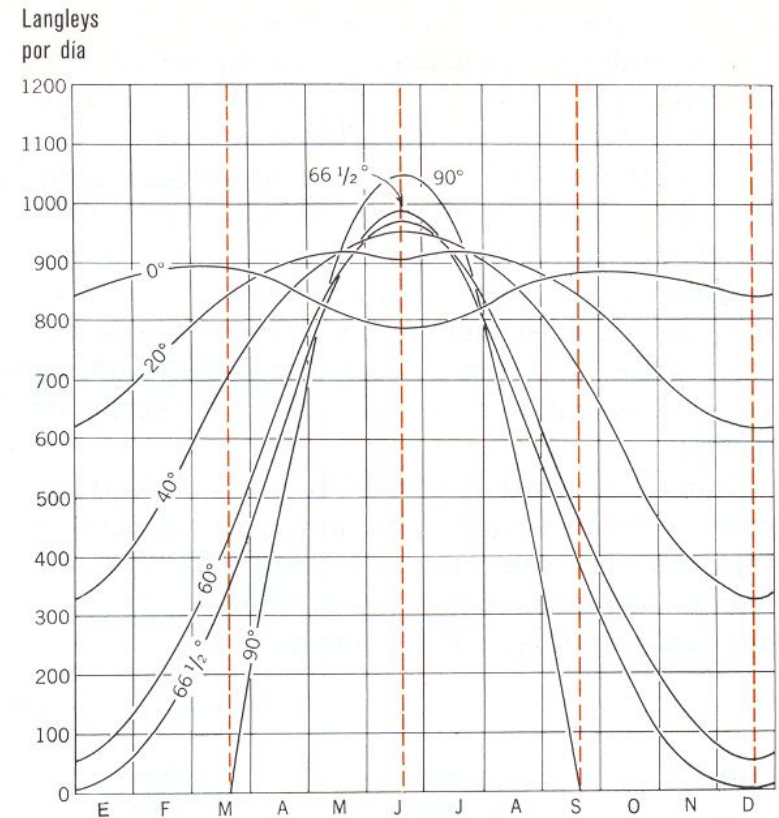


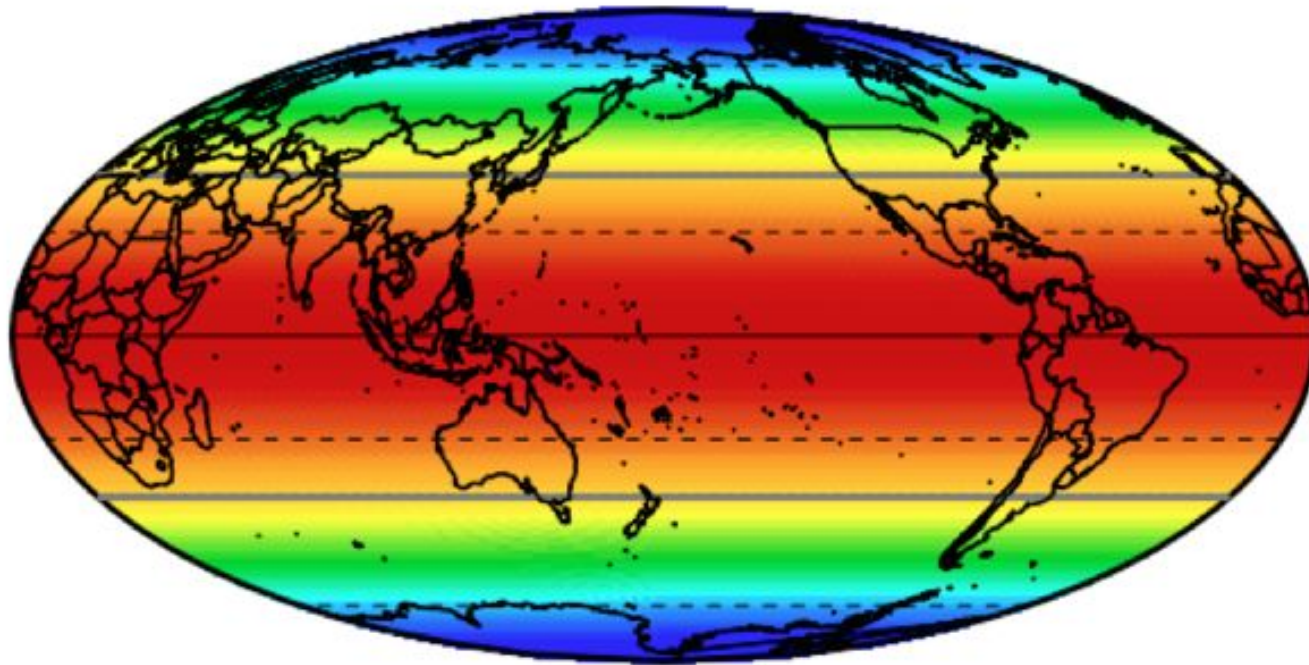
Figura 8.3. Insolación a diferentes latitudes en el hemisferio norte. (Datos de la Smithsonian Institution, Washington, D.C. De A. N. Strahler, 1963, The Earth Sciences, Harper and Row, Nueva York.)

En promedio, la **radiación solar recibida en el límite exterior de la atmósfera** es máxima en baja latitud y mínima en alta

Average Solar Energy Input

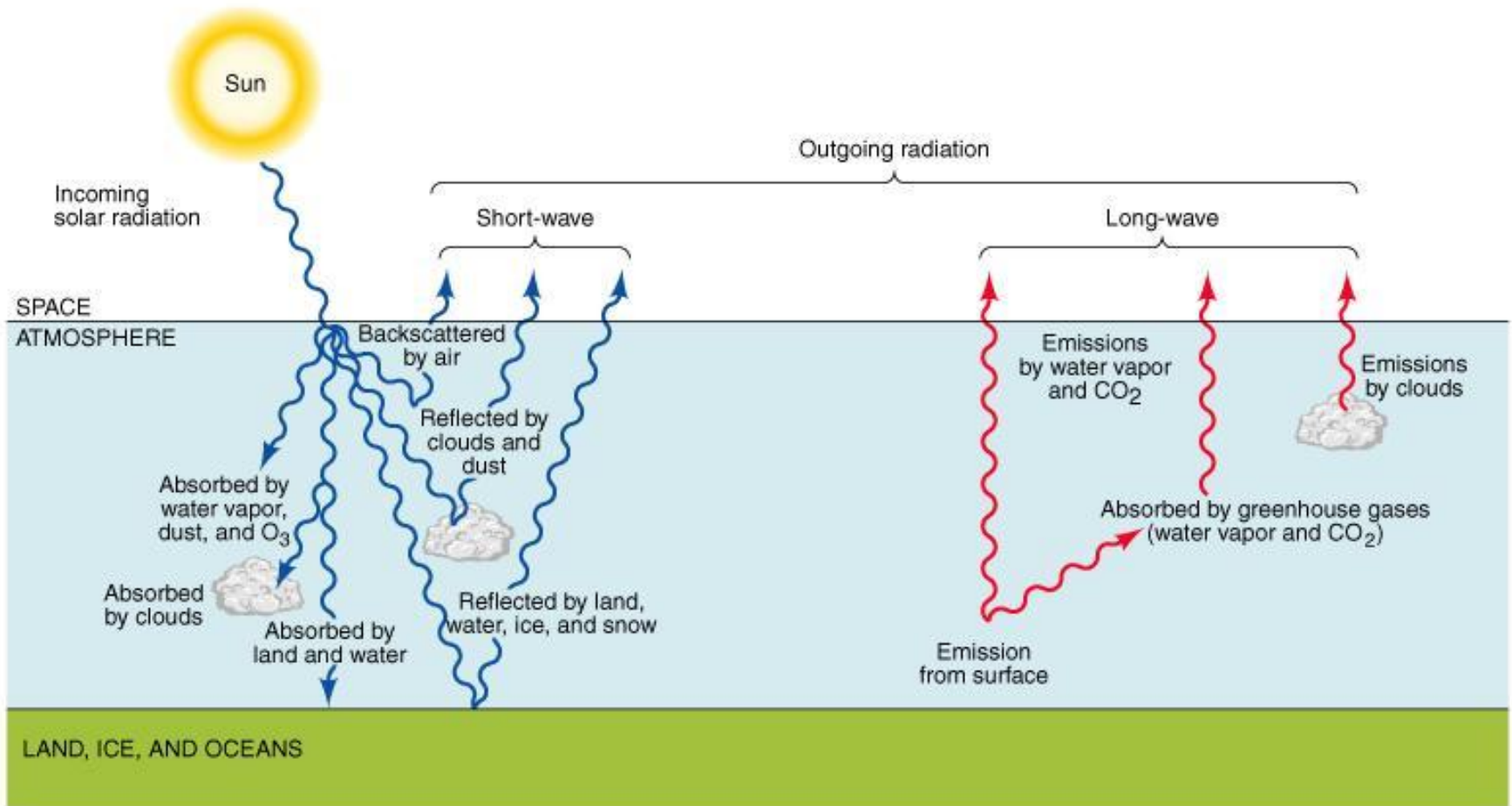
Avg Globe: 339.9 NH: 339.6 SH: 340.2 Trop: 405.8
Arc: 188.8 Ant: 178.1 Land: 322.4 Ocean: 346.6 W/m²

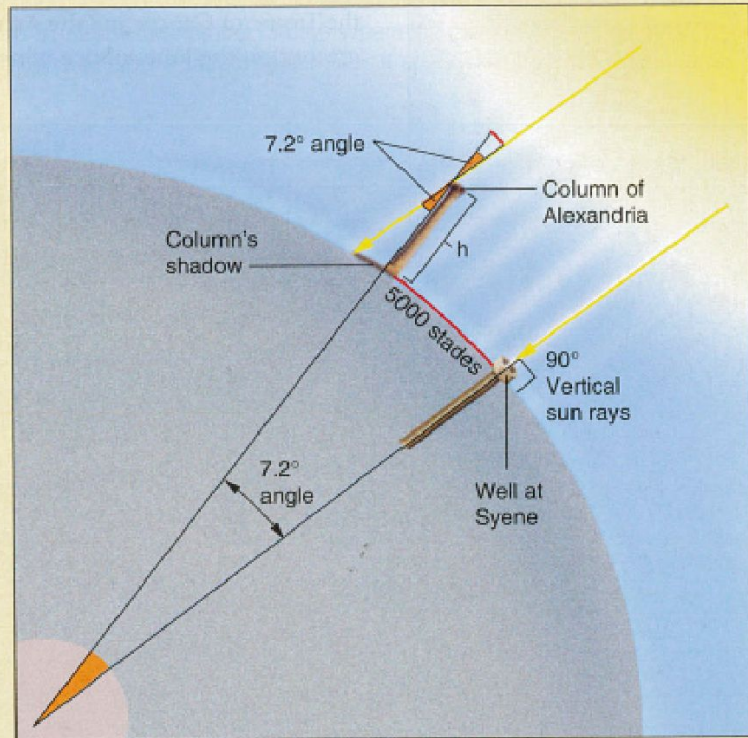
The gray colored contour lines show 340 W/m².



■ 171 W/m² ■ 220 W/m² ■ 269 W/m² ■ 319 W/m² ■ 368 W/m² ■ 417 W/m²

En la segunda aparte del Tema 2 estudiaremos el efecto de la atmósfera sobre la radiación, su llegada a la superficie, y como finalmente se redistribuye la energía en el planeta





El cálculo de la circunferencia terrestre de hace mas de 2000 años por Eratóstenes. No está mal para no tener siquiera calculadora.

Observa que el ángulo 7.2° entre 360° produce $1/50$ de circunferencia, el resto es una regla de tres. Resultado 39250 km (asumiendo un estadio = 0,157 km), lo que no está mal, la medida real es c. 40000 km.

Hace años fue la práctica de las oposiciones en secundaria y suspendió casi todo el mundo

About 240 BC in Egypt, Eratosthenes, a Greek philosopher and geographer, observed that the noonday sun's angle above the horizon changed along with the seasons. Knowing that our planet was spherical, he used geometry and solar observations to make a remarkably accurate estimate of Earth's circumference. A librarian in Alexandria, he read an account of a water well in Syene (today Aswan, Egypt), located to the south about 800 kilometers (500 mi) on the Nile River. On June 21 (summer solstice), this account stated, the sun's rays reached the bottom of the well and illuminated the water. Because the well was vertical, this meant that the sun was directly overhead on that day. Syene was also located very

near the Tropic of Cancer, the latitude of the subsolar point on that date.

Eratosthenes had made many observations of the sun's angle over the year, so he knew that the sun's rays were never vertical in Alexandria, and at noon on that day in June a vertical column near the library formed a shadow. Measuring the angle between the column and a line from the column top to the shadow's edge, he found that the sun's angle was 7.2° away from vertical.

Assuming that the sun's rays strike Earth's spherical surface in a parallel fashion, Eratosthenes knew that Alexandria was located 7.2° north of Syene. Dividing the number of degrees in a circle (360°) by 7.2° , he calculated that the two cities

were separated by $1/50$ of Earth's circumference. The distance between Syene and Alexandria was 5000 stades, with a stade being the distance around the running track at a stadium. Therefore, 5000 stades times 50 meant that Earth must be 250,000 stades in circumference.

Unfortunately in ancient times, stades of different lengths were being used in different regions, and it is not certain which distance Eratosthenes used. A commonly cited stade length is about 0.157 kilometers (515 ft), and in using this measure, the resulting distance estimate would be 39,250 kilometers (24,388 mi). This distance is very close to the actual circumference of the great circle that would connect Alexandria and Syene.