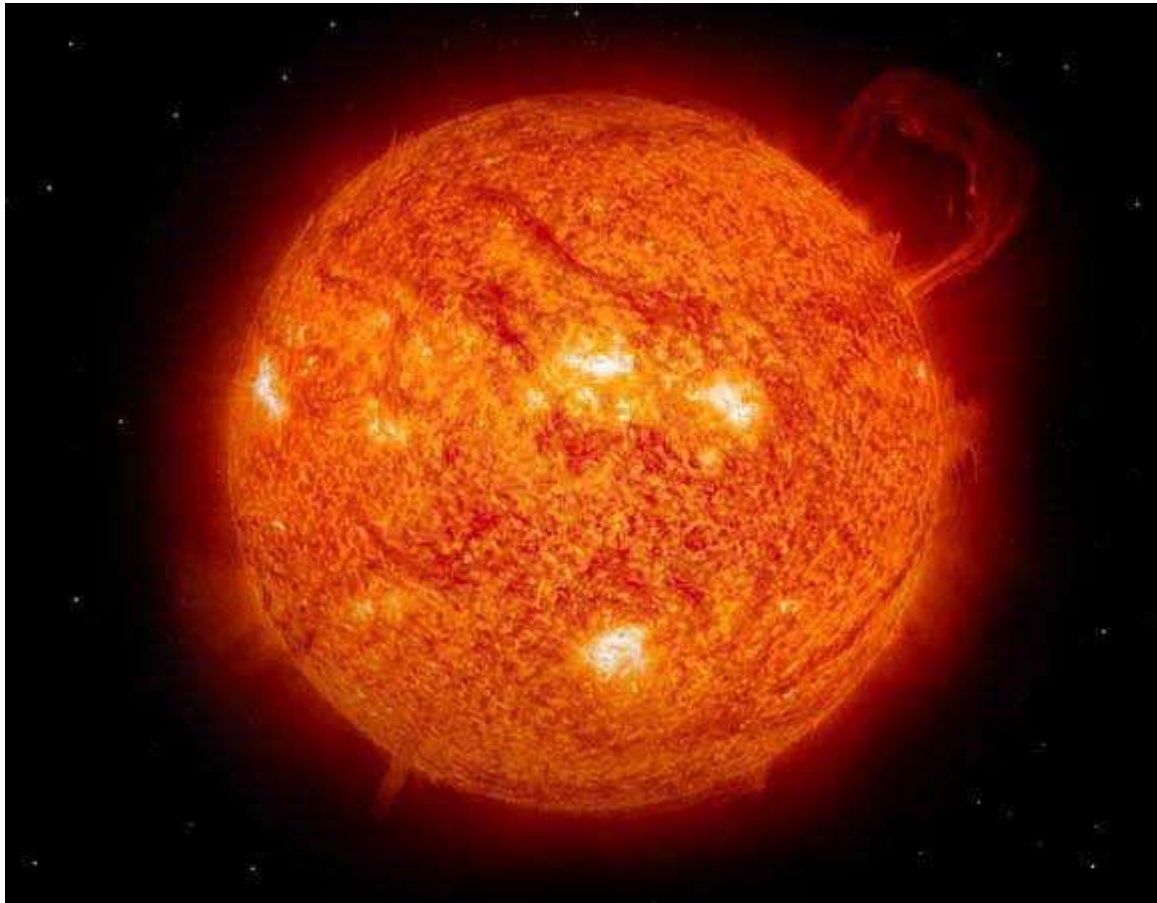


Mediciones de radiación en el PEMBU

Los recursos energéticos renovables y su utilización están íntimamente relacionados con el desarrollo sostenible. En otras palabras, el desarrollo de la tecnología de energía renovable es ahora ampliamente considerado como importante si el mundo va a avanzar hacia un enfoque sostenible para la generación de energía. La energía renovable es considerada como una fuente clave para el futuro para el mundo. Esto se debe principalmente al hecho de que los recursos energéticos renovables tienen algunas ventajas en comparación con los combustibles fósiles. En la actualidad, con la tecnología existente, es imposible satisfacer la demanda total de cualquier país a partir de recursos renovables.

Los ingenieros solares, arquitectos, agrónomos, hidrólogos y en muchas aplicaciones de la energía solar, tales como hornos solares, colectores de concentración, y la iluminación interior de los edificios, requiere un conocimiento razonablemente preciso de la disponibilidad del recurso solar en cualquier lugar. [Koray U. Energy Conversion and Management Volume 50, Issue 1, January 2009, Pages 149–156.](#)

- El sol proporciona 99,98% de la energía para nuestro planeta (el resto es energía geotérmica) y es responsable, directa o indirectamente, de la existencia de la vida en la Tierra. El sol es una estrella que consiste en 71% de hidrógeno, 27% de helio y 2% de materia sólida. Hay reacciones de fusión nuclear que convierten el Hidrógeno en Helio, emitiendo energía. Cerca del núcleo del sol la temperatura es de aproximadamente 16 millones °K , en su capa externa (la fotosfera) la temperatura es de aproximadamente 5770 °K. La energía emitida por el sol es aproximadamente 63 MW para cada m² de su superficie, o sea unos $3,72 \times 10^{20}$ MW en total.
- De allí la importancia de la radiación solar en la tierra

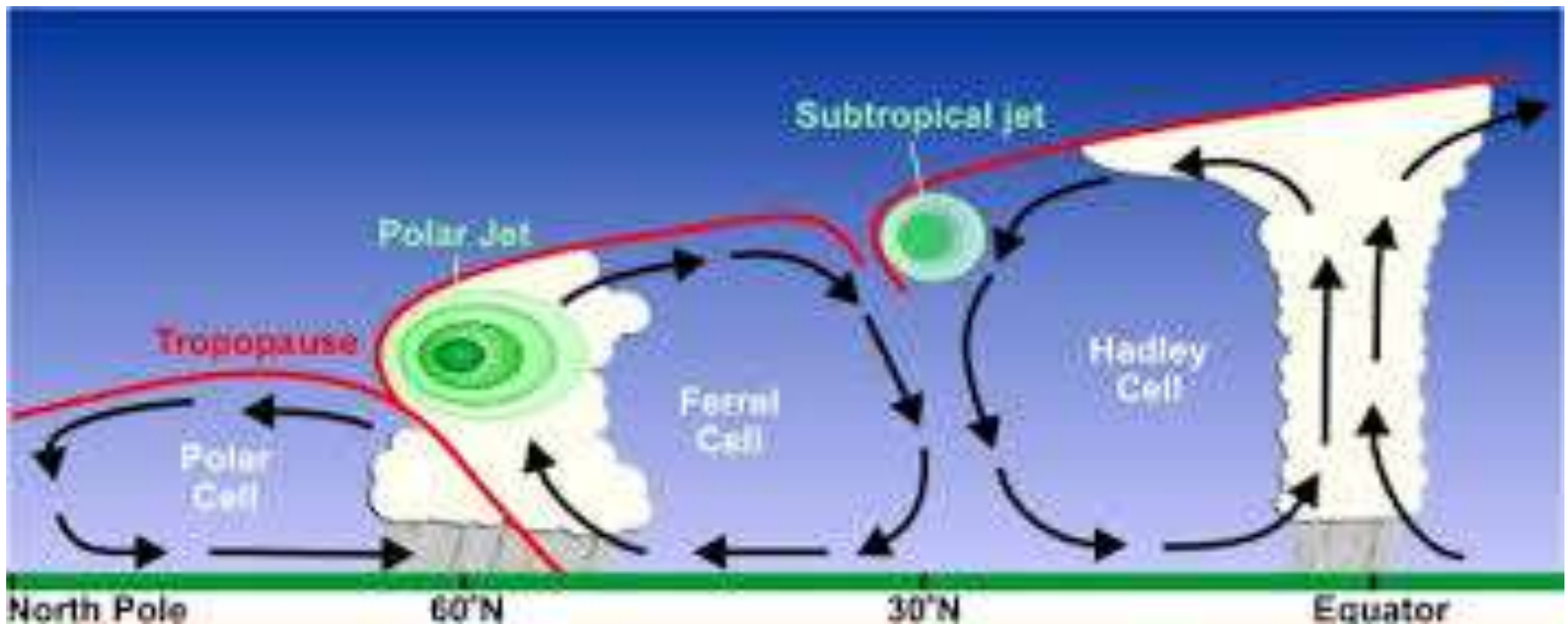


El calor del sol suministra a nuestro planeta la tan necesaria calidez. En los últimos 150 años se ha retenido más calor en Tierra al mismo tiempo que la cantidad de gases de efecto invernadero, que atrapan el calor en la atmósfera, ha crecido.



Radiación solar. Su Importancia

Los índices de incidencia de radiación solar sobre un sitio tienen un impacto determinante en sus características climáticas. Después de todo, es la radiación solar la que proporciona prácticamente toda la energía que genera los fenómenos atmosféricos. Una muestra de esto es que la tierra puede dividirse en franjas (paralelas al ecuador) con determinados patrones climáticos generales que dependen fundamentalmente del cambio en la incidencia de la radiación solar debido a la latitud y a la fuerza de Coriolis.



Componentes de la Radiación Solar

Al momento de establecer la radiación solar que incide sobre una superficie determinada es importante diferenciar, en primera instancia, su componente directo de su componente difuso. El componente directo representa la radiación solar que ha atravesado la atmósfera de manera directa, mientras que el difuso se deriva de la reflexión causada por los gases atmosféricos, las partículas en suspensión y el vapor de agua. El componente difuso puede contener también reflexiones del suelo y otros elementos del entorno, por lo que se considera proveniente de todas direcciones. La unidad básica de medición de la radiación solar es el watt (W), aunque existen variables importantes (las Unidades y medidas se verán más adelante).

La aplicación de la información relativa a la radiación solar, tanto en el campo de la meteorología como en el de la arquitectura y otras disciplinas, suele implicar una diferenciación más fina de sus componentes y sus posibles combinaciones. Haremos una breve descripción de los principales parámetros ambientales relacionados con la radiación solar.



Equipo de medición de radiación solar: Global Difusa y Lejano infrarrojo

- FLUJOS DE RADIACION SOBRE LA SUPERFICIE TERRESTRE

Cuando la radiación llega al tope de la atmosfera sufre una serie de cambios antes de llegar a la superficie terrestre y por ende se presenta como:

1) Radiación directa

3) Radiación global

2) Radiación difusa

4) Reflexión de la radiación solar



Radiación directa normal

La radiación directa normal se mide sobre una superficie orientada directamente hacia el sol, de tal manera que los rayos solares resultan siempre perpendiculares a dicha superficie. Cuando el sol se mueve de manera aparente a través del cielo, dicha superficie también se mueve para mantener la relación normal.

La radiación directa normal generalmente se mide con un **PIRHELIÓMETRO**, el cual contiene un sensor termoeléctrico ubicado en el fondo de un tubo relativamente largo (para evitar la incidencia de la radiación difusa) que se mueve mecánicamente para orientarse siempre hacia el sol.

Radiación directa horizontal

A diferencia de la normal, la radiación directa horizontal se mide al incidir sobre un plano horizontal (en relación con la superficie terrestre). En este caso la radiación directa normal es modificada por el coseno del ángulo de incidencia, de la siguiente manera:

$$R_{\text{dirHor}} = R_{\text{normal}} * \cos(A)$$

Radiación difusa horizontal

La radiación difusa horizontal se puede definir como la radiación total proveniente del domo celeste que cae sobre una superficie horizontal, menos el efecto de la radiación directa que incide sobre dicha superficie. En este caso la radiación proveniente de las partes bajas del cielo (cerca del horizonte) llega a la superficie horizontal en forma casi rasante, contribuyendo mucho menos que la radiación proveniente de las partes altas del cielo, las cuales inciden en forma casi perpendicular.

Los valores de radiación difusa horizontal se indican asumiendo que no existen elementos en el entorno que obstruyan una parte del cielo, por lo que generalmente se toman a campo abierto o sobre el techo de un edificio alto. Se suelen obtener mediante un **PIRANÓMETRO** que incluye una banda de sombreado, la cual evita que el sensor termoeléctrico reciba radiación directa (la banda se coloca siguiendo la trayectoria del sol durante todo el día). La radiación difusa horizontal también se puede deducir restando el coseno de la radiación directa a la radiación global horizontal.

Radiación global horizontal

Otro valor comúnmente empleado es la radiación global horizontal, que es la suma de la radiación directa horizontal y la radiación difusa horizontal. Dicha suma se puede expresar de la siguiente manera:

$$\text{globHor} = \text{dirHor} + \text{difusa}$$

O bien:

$$\text{globHor} = [\text{normal} * \cos(A)] + \text{difusa}$$

La radiación global horizontal se suele medir con un **PIRANÓMETRO**, aparato que usa un lente de 180° (ojo de pescado) para conducir toda la radiación disponible hacia un sensor termoeléctrico que mide la energía recibida.

Radiación global máxima

En algunos ámbitos se hace referencia a la radiación global máxima. A diferencia de la radiación global horizontal, la radiación global máxima es un valor teórico, el cual resulta de la suma de la radiación directa normal (en lugar de la radiación directa horizontal) y la radiación difusa horizontal.

Obviamente ninguna superficie puede ser siempre horizontal y al mismo tiempo perpendicular a los rayos del sol. Debido a ello la radiación global máxima no representa un valor real, sino que se utiliza generalmente como indicador de la radiación disponible total para superficies verticales o inclinadas, especialmente ante ángulos solares bajos.

Estimando valores de radiación

Es posible estimar valores aproximados de radiación solar. Aunque son un sustituto imperfecto de los valores medidos, en ocasiones son los únicos valores que pueden ser obtenidos. La siguiente fórmula calcula la radiación directa normal asumiendo un cielo despejado:

$$\text{normal} = 910 \sin y + 0.25 (910 \times \sin 2y)$$

Donde:

normal = Radiación directa normal

y = Altitud del sol sobre el plano horizontal

Unidades y medidas de la radiación solar

Watt, Watt-hora y kiloWatt-hora

El watt (W) es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades, y equivale a 1 Joule por segundo (J/s). El watt-hora (Wh) es una unidad que equivale a la energía desarrollada por un 1 watt durante una hora. Si tenemos que $1W = 1J/s$, y 1 hora = 3,600 segundos, entonces:

$$1Wh = 1J/s * 3600s = 3,600 J$$

El kiloWatt-hora (kWh) es una unidad que equivale a la energía desarrollada por 1000 watt, es decir, un kiloWatt (kW), durante una hora. Si tenemos que $1 W = 1 J/s$, y una hora = 3,600 segundos, entonces:

$$1kWh = 1000Wh = 1000J/s * 3600s = 3,600,000 J$$

Un kWh equivale a la energía consumida por:

Un foco de 100 watts encendido durante diez horas

10 focos de 100 watts encendidos durante una hora

Una plancha (1,000W) utilizada durante una hora

Un televisor (50W) encendido durante veinte horas

Una computadora (150W) utilizada durante un poco más de 6 horas y media

Notas:

a) $1 \text{ joule} = 1 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$

Es la energía requerida para ejercer una fuerza de un newton por una distancia de un metro, o bien para levantar un objeto de 1 Kg a una altura de 10 cm de la superficie de la tierra.

b) $1 \text{ newton} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$

Es la energía requerida para acelerar una masa de un kg a una tasa de $1 \text{ m}/\text{s}^2$.

Radiación solar sobre una superficie

La radiación solar que incide sobre una superficie se expresa comúnmente en dos formas distintas: como irradiación o como exposición radiante. La irradiación es una medida de la tasa de energía recibida por unidad de superficie, expresada en Watts por metro cuadrado (W/m^2):

$1 \text{ W}/\text{m}^2 = (1\text{J}/\text{s})/\text{m}^2$.

La exposición radiante es una integral de tiempo, o suma de irradiación. Así, un minuto de exposición radiante es una medida de la energía recibida por un metro cuadrado durante un minuto, o lo que es lo mismo, 1 minuto de exposición radiante = irradiación (W/m^2) x 60 segundos. El resultado se expresa en unidades de Joules por metro cuadrado (J/m^2), Watts-hora por metro cuadrado (Wh/m^2) o kiloWatts-hora por metro cuadrado (kWh/m^2).

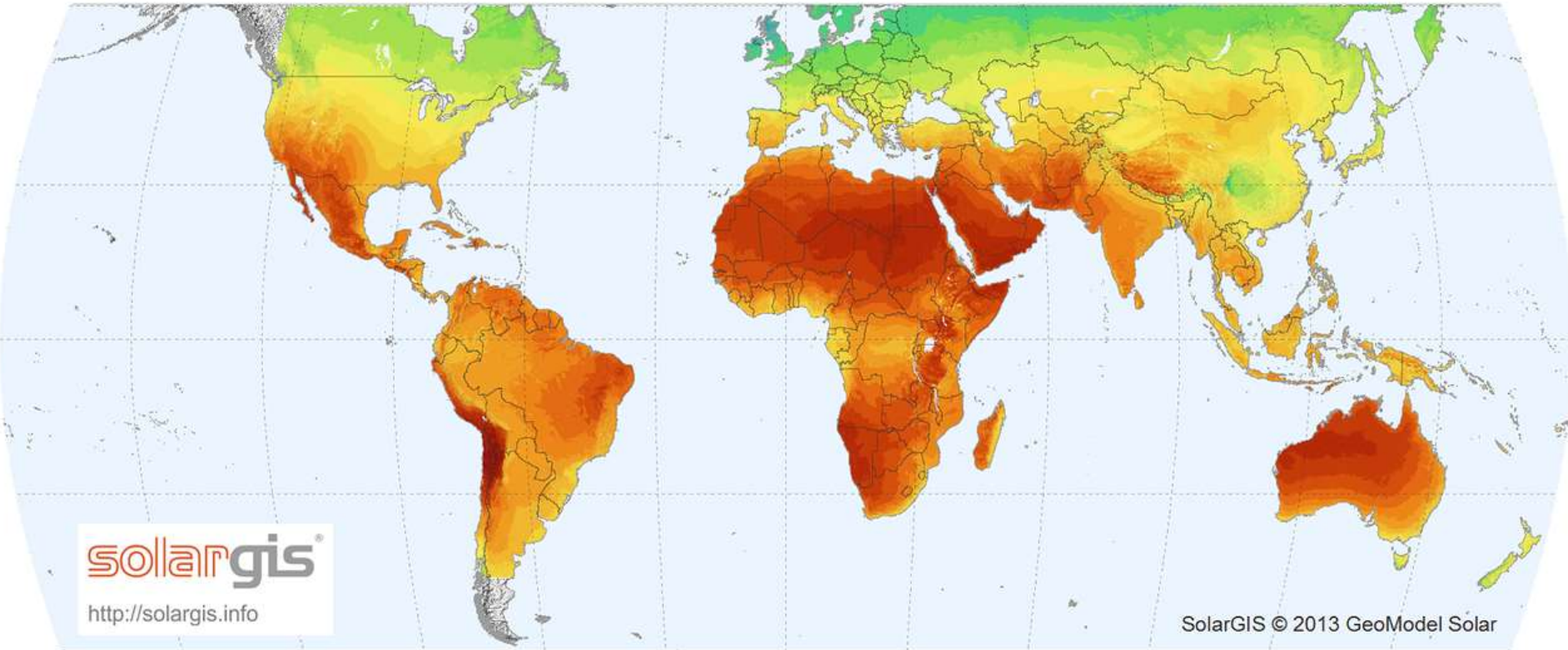
El Watt-hora por metro cuadrado (Wh/m^2) es una unidad que equivale a la energía desarrollada por 1 Watt recibido por un metro cuadrado de superficie durante una hora. Si tenemos que $1\text{W} = 1\text{J}/\text{s}$, y 1 hora = 3,600 segundos, entonces:

$$1\text{Wh}/\text{m}^2 = (1\text{J}/\text{s} * 3600\text{s}) / 1\text{m}^2 = 3,600 \text{J}/\text{m}^2$$

El kiloWatt-hora por metro cuadrado (kWh/m^2) es una unidad que equivale a la energía desarrollada por 1 kiloWatt recibido por un metro cuadrado de superficie durante una hora. Si tenemos que $1 \text{W} = 1 \text{J}/\text{s}$, y una hora = 3,600 segundos, entonces:

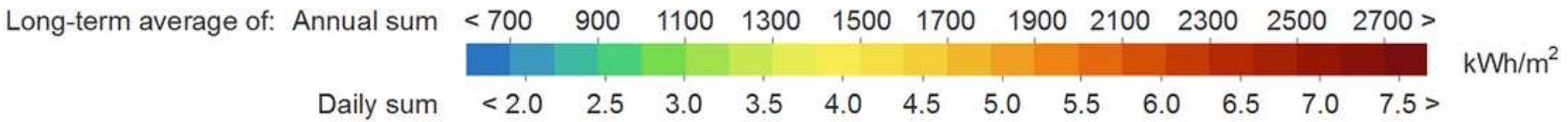
$$1\text{kWh}/\text{m}^2 = (1000\text{J}/\text{s} * 3600\text{s}) / 1\text{m}^2 = 3,600,000 \text{J}/\text{m}^2$$

Nombre	Abreviatura	<u>Equivalencia en julios</u>
<u>Caloría</u>	cal	41,855
<u>Kilovatio hora</u>	kWh	3 600 000
<u>Caloría grande</u>	Cal	4185,5
<u>Tonelada equivalente de petróleo</u>	Tep	41 840 000 000
<u>Tonelada equivalente de carbón</u>	Tec	29 300 000 000
<u>Electronvoltio</u>	eV	$1,602176462 \times 10^{-19}$
<u>British Thermal Unit</u>	BTU o BTu	105,505,585
<u>Ergio</u>	erg	1×10^{-7}
Pie por libra (Foot pound)	ft × lb	135,581,795



solarGIS
<http://solargis.info>

SolarGIS © 2013 GeoModel Solar

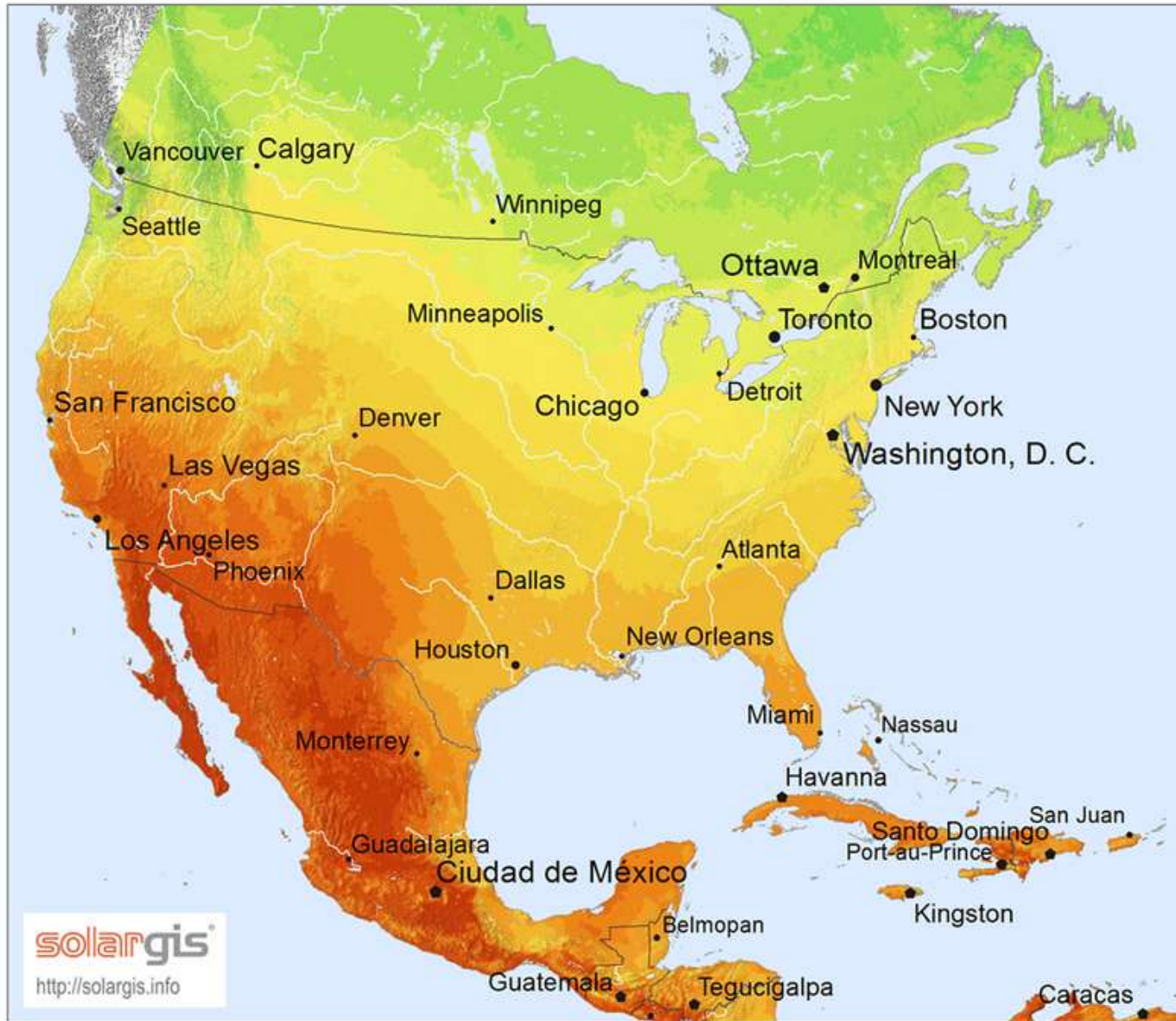


Potencial Solar

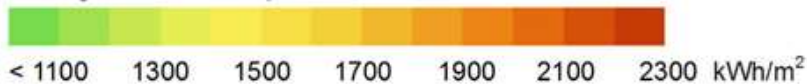
Irradiación global horizontal

Global Horizontal Irradiation (GHI)

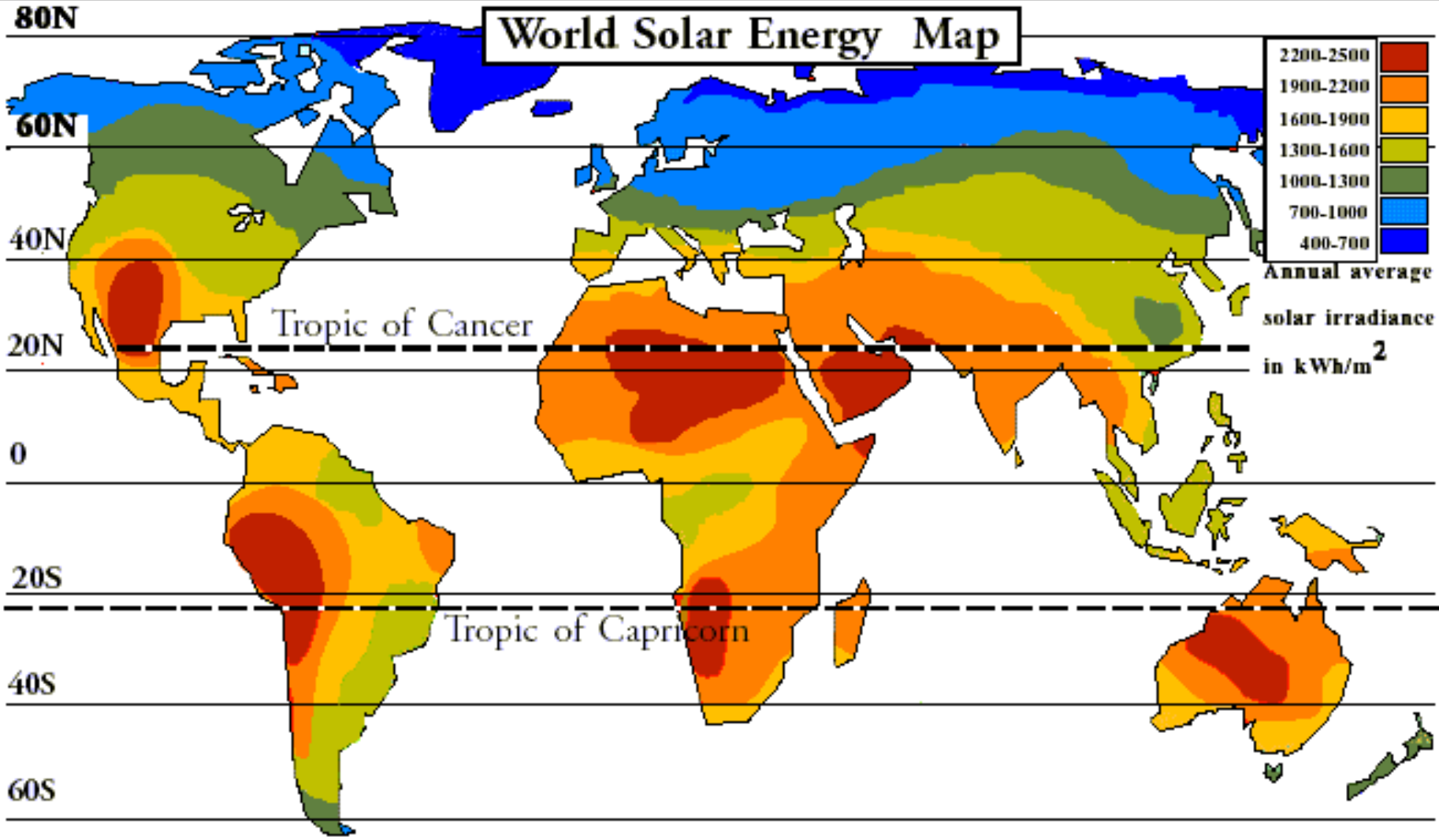
North America

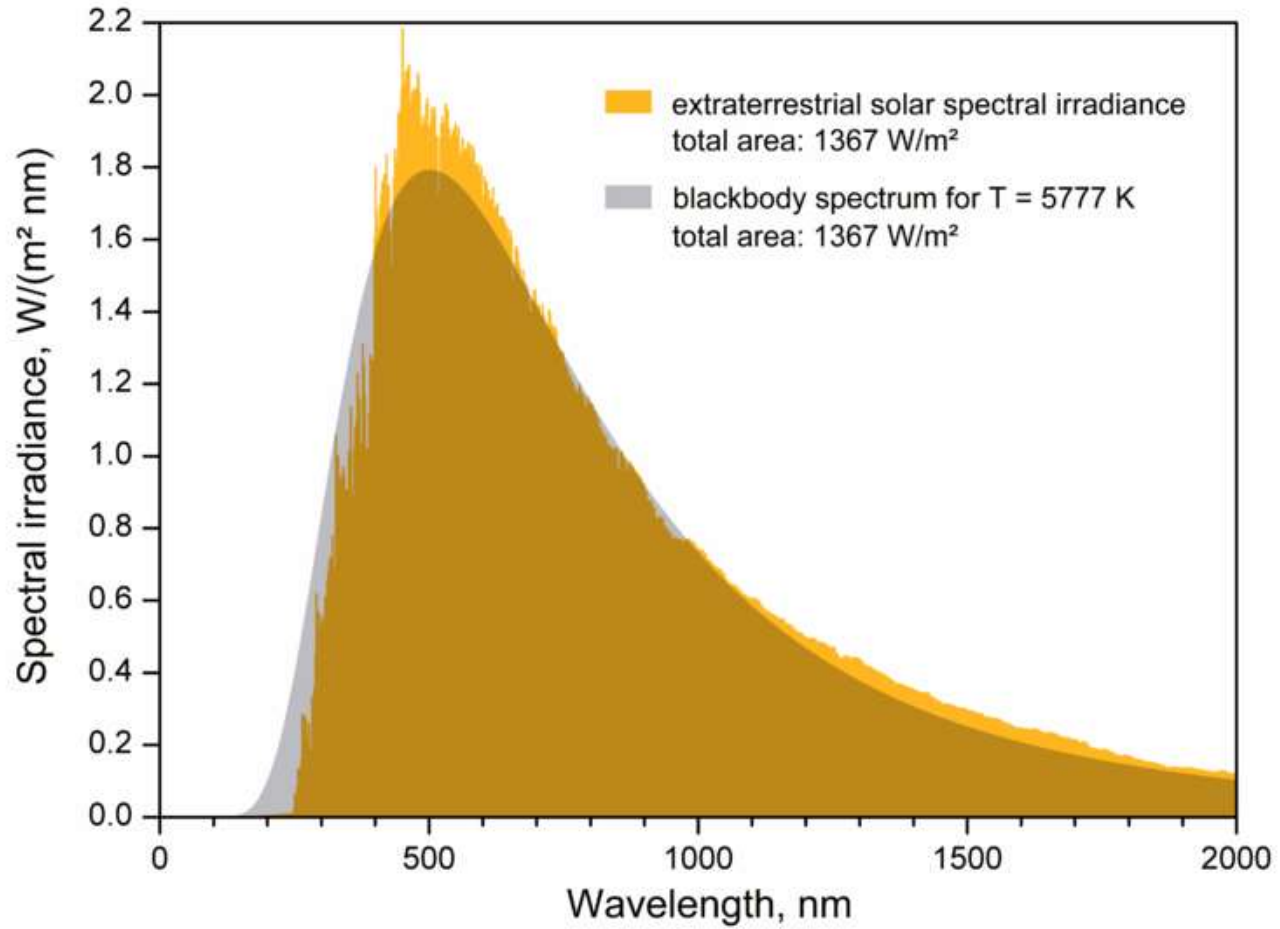


Average annual sum, period 1999-2013



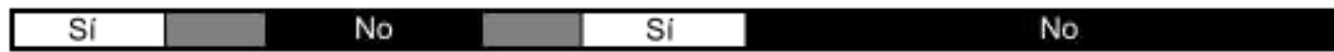
World Solar Energy Map





Radiación de cuerpo negro

¿Penetra la atmósfera terrestre?



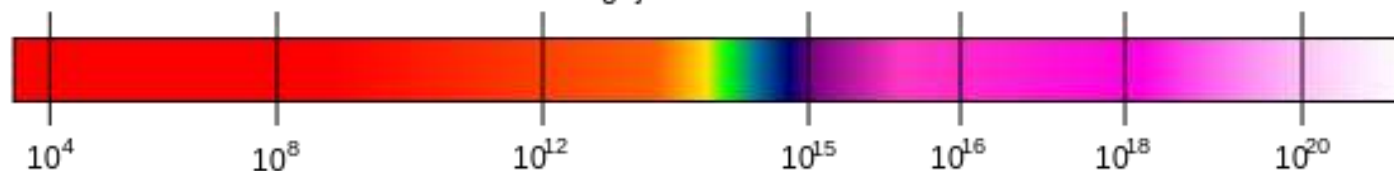
Tipo de radiación
Longitud de onda (m)

Radio 10^3	Microondas 10^{-2}	Infrarrojo 10^{-5}	Visible $0,5 \times 10^{-6}$	Ultravioleta 10^{-8}	Rayos X 10^{-10}	Rayos gamma 10^{-12}
------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--	----------------------------------	------------------------------	----------------------------------

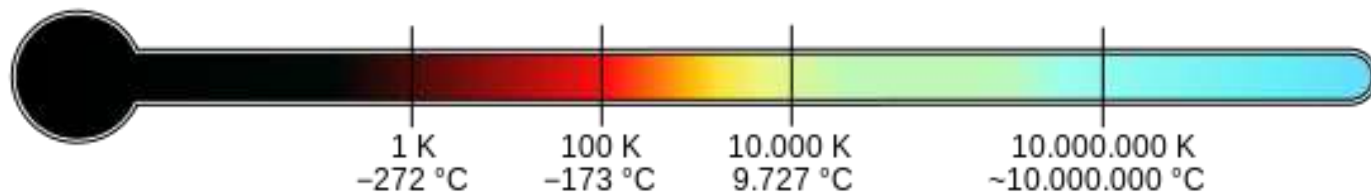
Escala aproximada de la longitud de onda



Frecuencia (Hz)

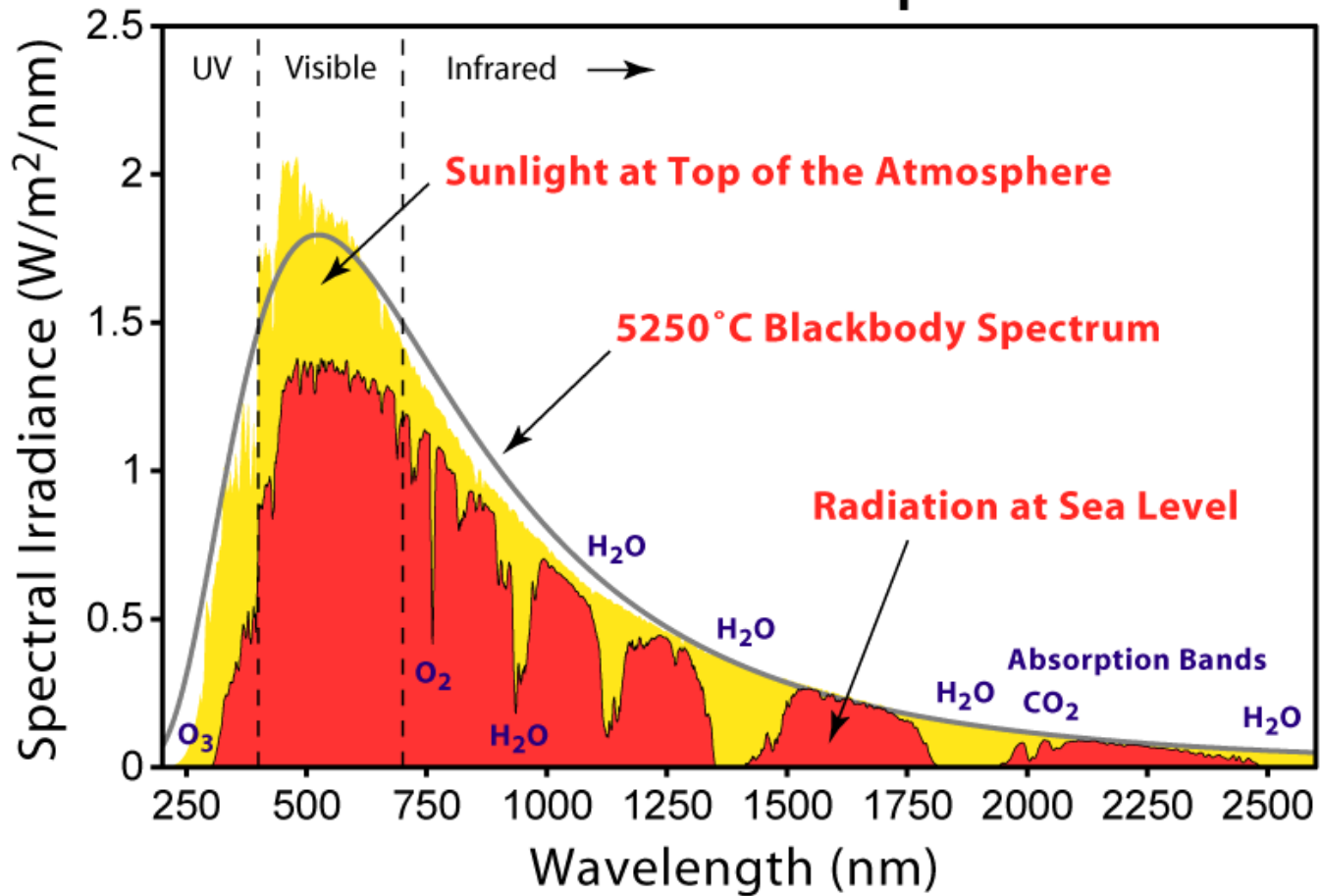


Temperatura de los objetos en los cuales la radiación con esta longitud de onda es la más intensa

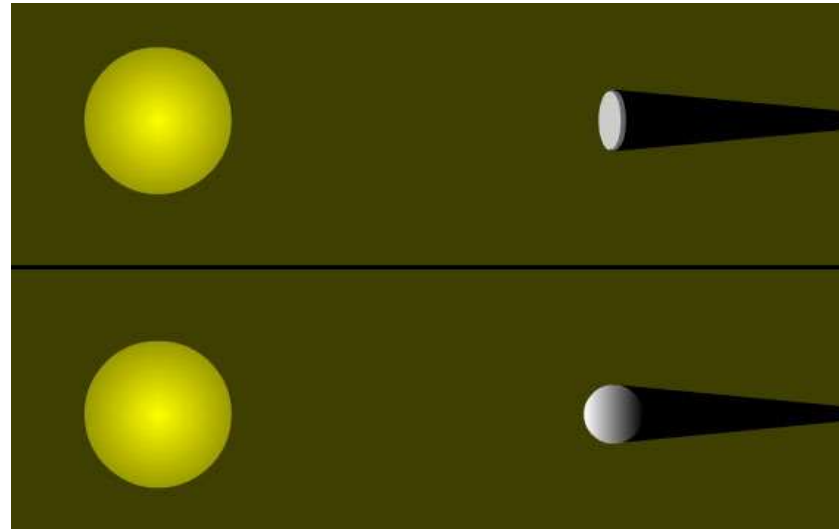


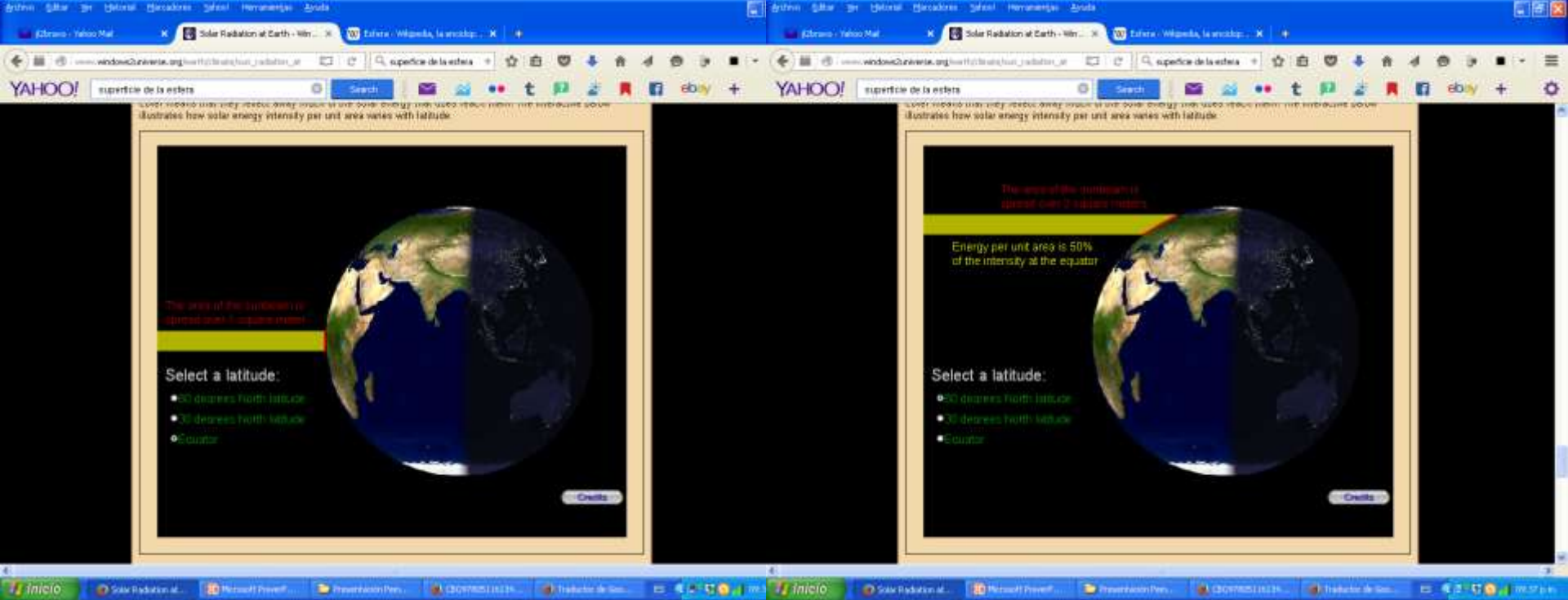
$$c = v\lambda$$

Solar Radiation Spectrum



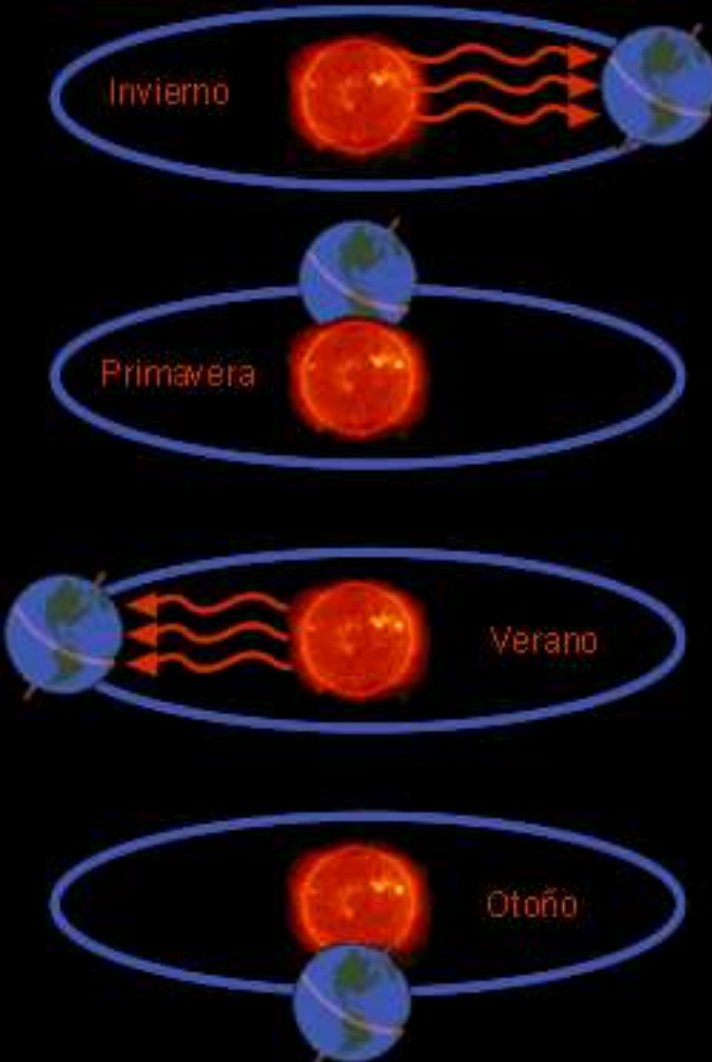
Si la Tierra fuera un disco de un solo lado plano hacia el Sol, y si no tuviera atmósfera, cada metro cuadrado de la superficie de la Tierra recibiría 1368 vatios de energía del Sol. Aunque la Tierra intercepta la misma cantidad total de radiación Solar, como si fuera un disco plano con el radio de la Tierra (figura siguiente), esa energía se extiende sobre un área mayor. La superficie de una esfera tiene una superficie cuatro veces más grande que el área de un disco del mismo radio. Así que 1368 W / m^2 se reduce a un promedio de 342 W / m^2 sobre toda la superficie de nuestro planeta esférico. Otra forma de pensar de esta reducción es darse cuenta de que la mitad de la superficie de la Tierra (el lado nocturno) está en la oscuridad, mientras que las áreas cercanas a los bordes del planeta (cerca de los polos y alrededor de la oscuridad y el amanecer) están recibiendo cantidades reducidas de energía por unidad de área.





La cantidad de radiación que incide sobre la superficie de la tierra se ve afectada por la inclinación de los rayos solares con respecto a la normal a la superficie de incidencia. Cuando la radiación llega inclinada a la superficie se reparte en una mayor área y la intensidad de la radiación será menor. La relación involucra el coseno del ángulo de incidencia.

Estaciones del hemisferio norte



La Tierra da una vuelta completa alrededor del Sol en un año. Durante el año, las estaciones cambian dependiendo de la cantidad de luz que llega a partes de la Tierra.

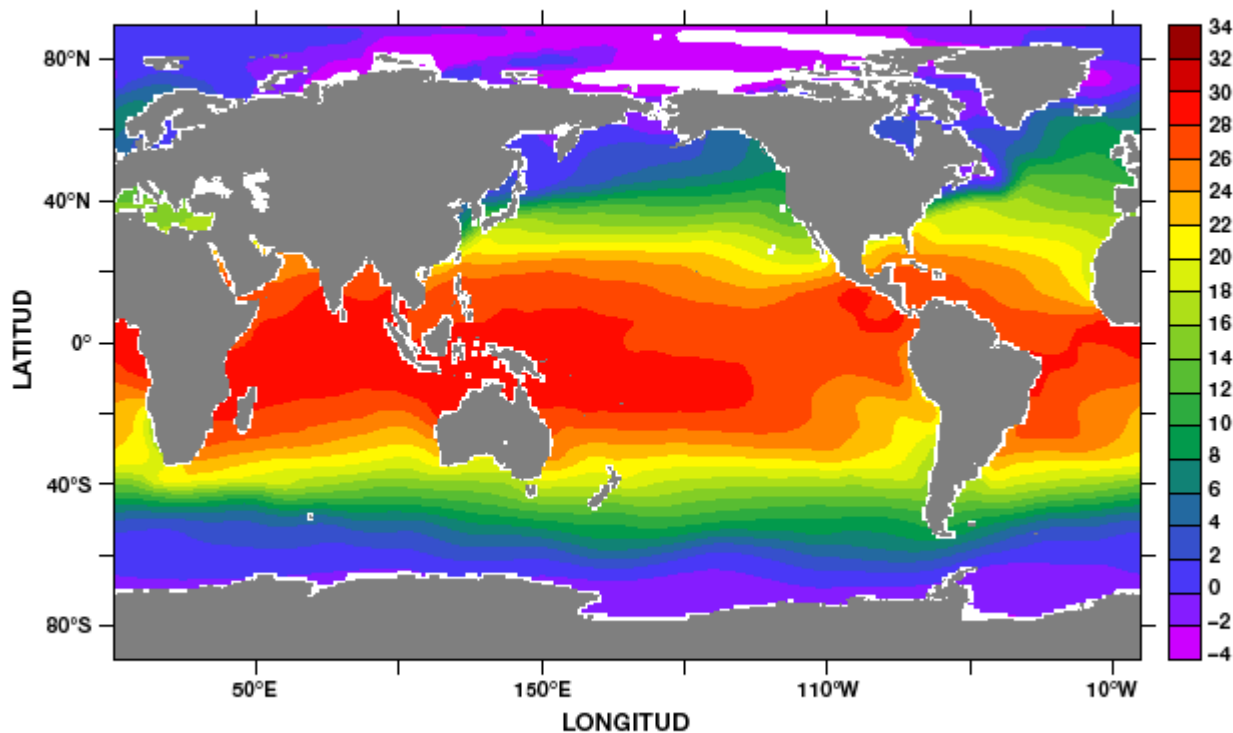
Las estaciones ocurren porque la Tierra está inclinada 23.5 grados sobre su eje. El verano ocurre en el hemisferio que está inclinado en dirección al Sol, el invierno en el hemisferio que está inclinado lejos del Sol. El hemisferio que está inclinado hacia el Sol es más caliente porque la luz solar viaja más directamente hacia la superficie de la Tierra y se esparce en menor cantidad en la atmósfera. Esto significa que cuando es verano en el hemisferio norte, es invierno en el hemisferio sur. El hemisferio donde es verano se encuentra inclinado hacia el Sol, tiene días más largos y noches más cortas que en el hemisferio que se encuentra inclinado lejos del Sol.

A mediados del invierno, cuando un polo está inclinado lejos del Sol, no hay luz diurna en el polo. El Sol nunca sale. Sin embargo, durante el verano, un polo recibe luz solar todo el tiempo ¡y no hay noche!



HORA: 16-Marzo-2004

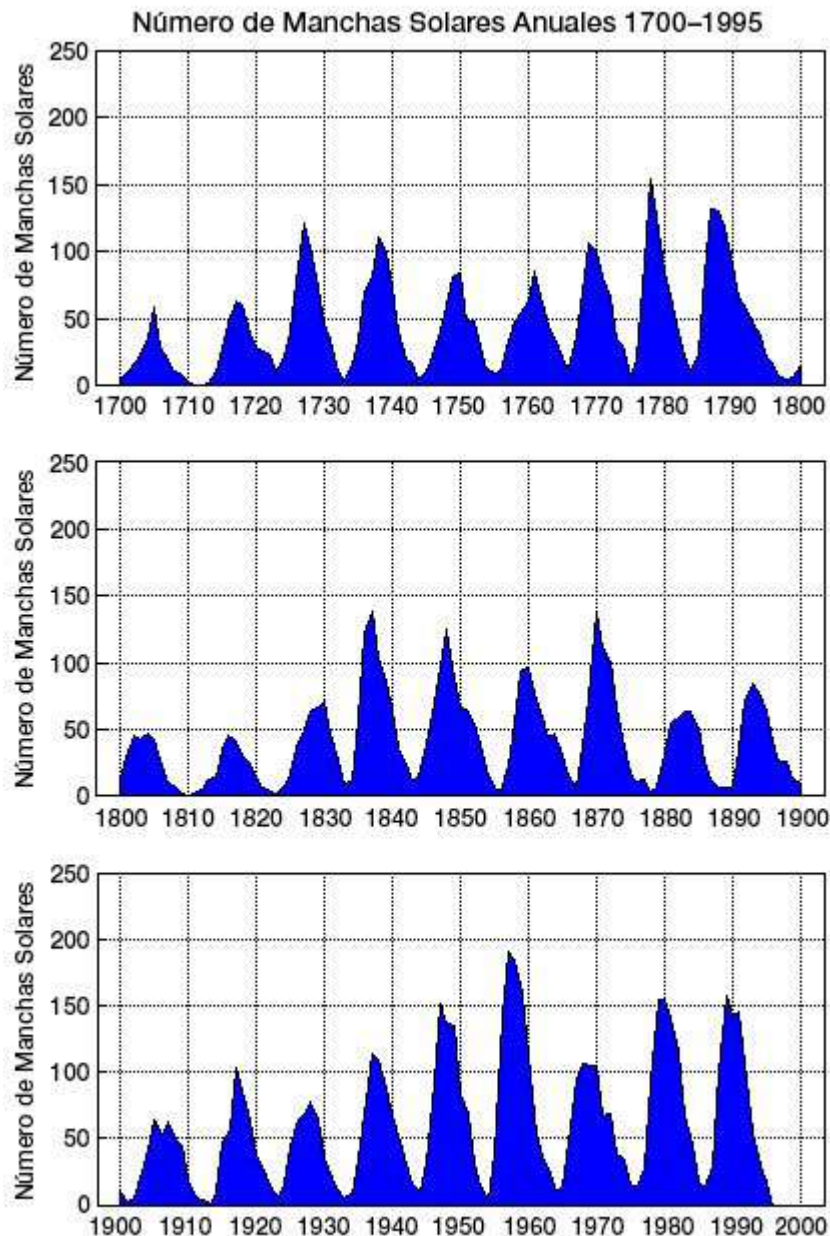
INFORMACIÓN:: sst_regrid



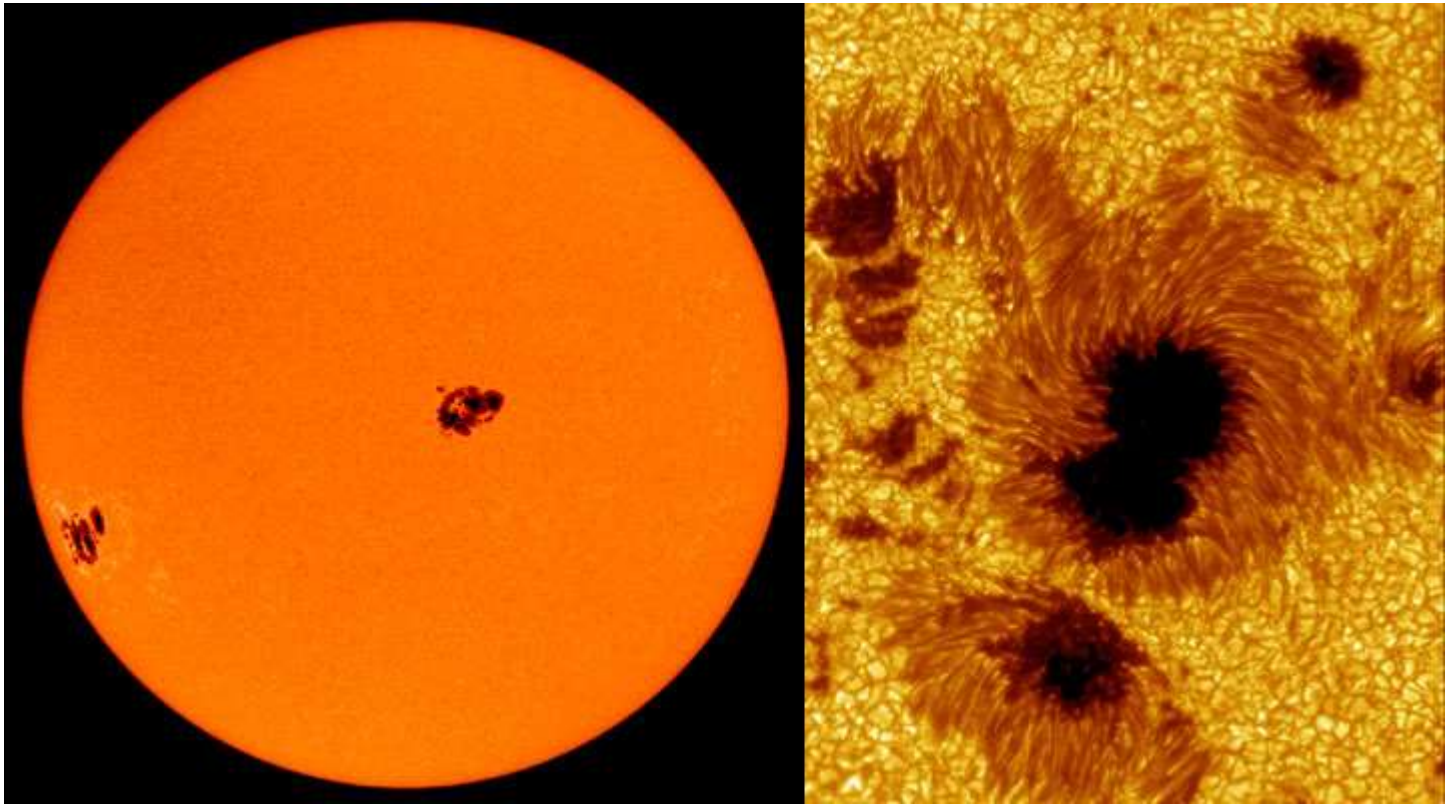
SST MEDIA CLIMATOLÓGICA MENSUAL

A medida que el Sol calienta al ecuador más que a los polos, el clima varía según la latitud. Esta imagen muestra cómo la superficie del mar cambia en diferentes latitudes. El color rojo muestra las aguas oceánicas más calientes, y los azules y morados muestra a las aguas oceánicas más frías.

El calentamiento global es bastante complicado. El clima global de la Tierra es un sistema dinámico que está gobernado por variables tales como la cantidad de radiación solar, la química de la atmósfera, cantidad y tipos de nubes, y la influencia de la biosfera. Un cambio en la temperatura puede originar cambios en otros parámetros que afectan el clima, como es el caso de elementos climáticos como las nubes o precipitaciones.



El número de manchas solares no es constante. Además de las variaciones obvias debidas a la rotación del Sol (las manchas solares desaparecen de la vista y después vuelven a aparecer), con el transcurso del tiempo se forman nuevos grupos de manchas solares y las viejas manchas se deterioran y se hacen menos visibles. El número de manchas solares varía de manera periódica, usualmente conocida como el ciclo de 11 años (en realidad este período varía y, durante este siglo, está cerca de los 10.5 años). El ciclo de manchas solares de 11 años tiene que ver con el ciclo de 22 años de inversión del campo magnético del Sol. **Johann Rudolf Wolf** diseñó un método para contar las manchas solares del disco solar llamado el número Wolf que se usa para seguir el ciclo solar. Mientras que el ciclo ha sido prácticamente uniforme este siglo, en el pasado hubo grandes variaciones. Desde 1645 hasta 1715 hubo un período conocido como mínimo Maunder, donde aparentemente sólo había pocas manchas solares.



Estas imágenes muestran dos grupos de manchas solares del tamaño de Júpiter (izquierda) y una ampliación de un grupo menor diferente (derecha). La imagen de la izquierda fue tomada por la nave SOHO (en Español, Observatorio Solar e Heliosférico), el 24 de Octubre del 2003. La imagen de la derecha fue tomada el 15 de Julio del 2002 por el telescopio solar suizo de 1 m en la isla La Palma, frente a la costa oeste de África. La parte central oscura en el centro de la mancha mayor en la imagen de la derecha es de unos 14 000 km (8,700 miles) de ancho, ¡ligeramente mayor que la Tierra!

Imagen cortesía de SOHO (NASA Y ESA) y la Academia de Ciencias de Suiza.

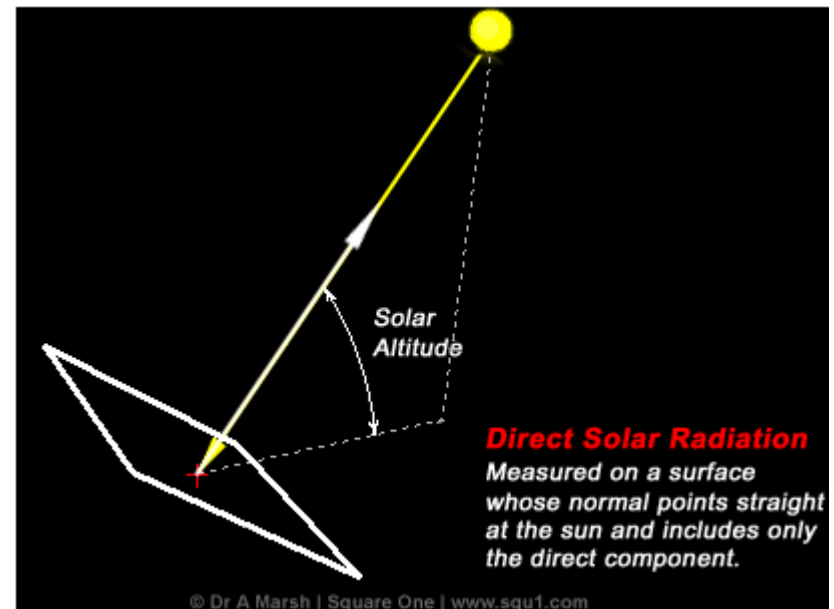
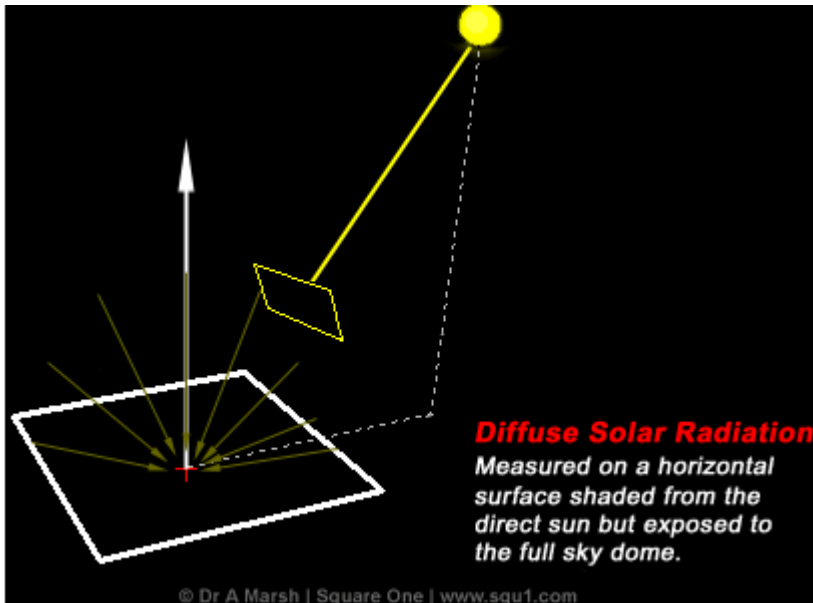
En condiciones de cielo despejado, hay tres fuentes de radiación:

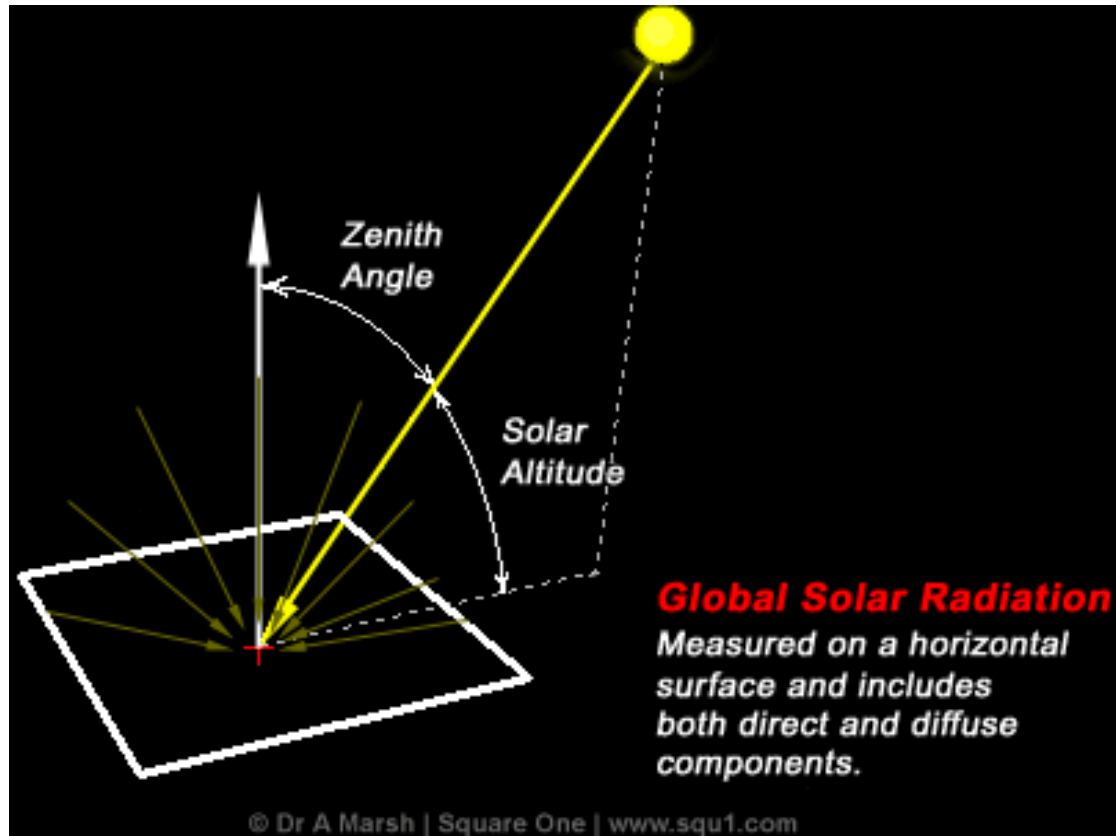
Irradiación directa desde el sol, ID.

Irradiación difusa del cielo claro y la reflejada, Id.

Irradiación global $I_g =$ directa $\cos i +$ difusa del cielo.

Irradiación directa de incidencia normal solar IDN. Conocida como la constante solar, la cifra exacta utilizada en los cálculos estándar es de 1353 W / m^2 , de hecho, varía en un pequeño porcentaje entre los dos solsticios y los dos equinoccios, debido a la variación en la distancia del sol a la tierra causada por la órbita elíptica de la Tierra alrededor del sol.





La radiación solar global es la que proviene directamente del sol, es decir, la que llega en forma de rayos paralelos directamente del disco solar, multiplicada por el coseno del ángulo de incidencia y sumada a la radiación solar difusa. La radiación directa es la que produce nuestra sombra proyectada en el suelo. La radiación difusa no proyecta sombra.



Pinanómetro Kipp-Zonen

El instrumento necesario para medir la radiación global es el **PIRANÓMETRO**. Este se utiliza a veces para medir la radiación incidente sobre superficies inclinadas y se dispone en posición invertida para medir la radiación global reflejada (albedo). Para medir solamente la componente difusa de la radiación solar, se recurre a cubrir la componente directa por medio de un sistema de pantalla o sombreado.



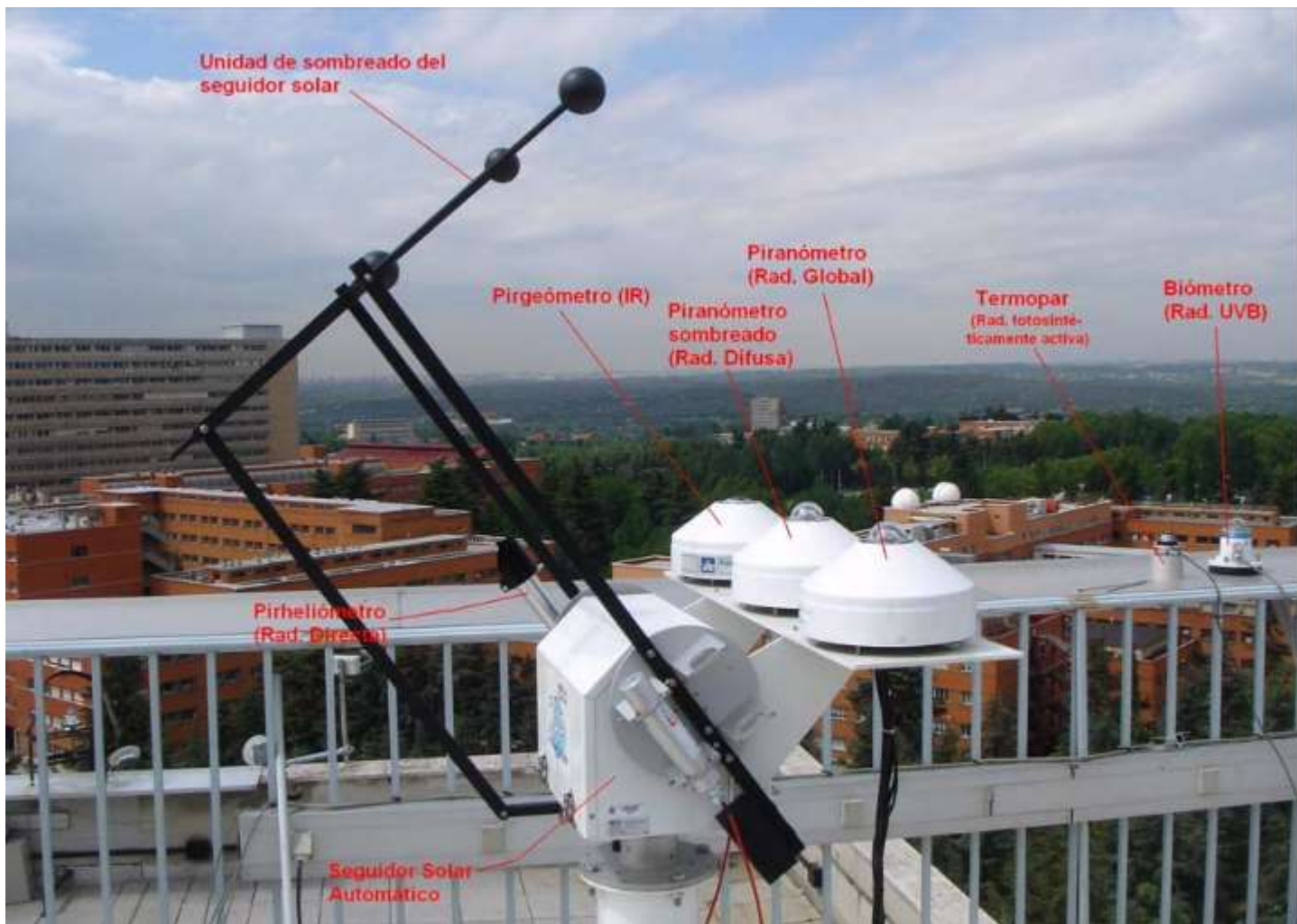
Pirgeómetro Eppley

El instrumento usado para medir radiaciones de onda larga son los **PIRGEÓMETROS**. La mayoría de éstos eliminan las longitudes de onda cortas mediante filtros que presentan una transparencia constante a longitudes de onda largas mientras que son casi opacos a longitudes de onda más cortas



Piranómetro de UVB de Kipp-Zonen

Para su medida se usan **PIRANÓMETROS** específicos de ultravioleta. Estos normalmente utilizan un filtro de alta calidad para aproximar la respuesta espectral del aparato a la respuesta que presenta la piel humana a los efectos del Sol (Función eritemática)



Instrumentación de una estación radiométrica

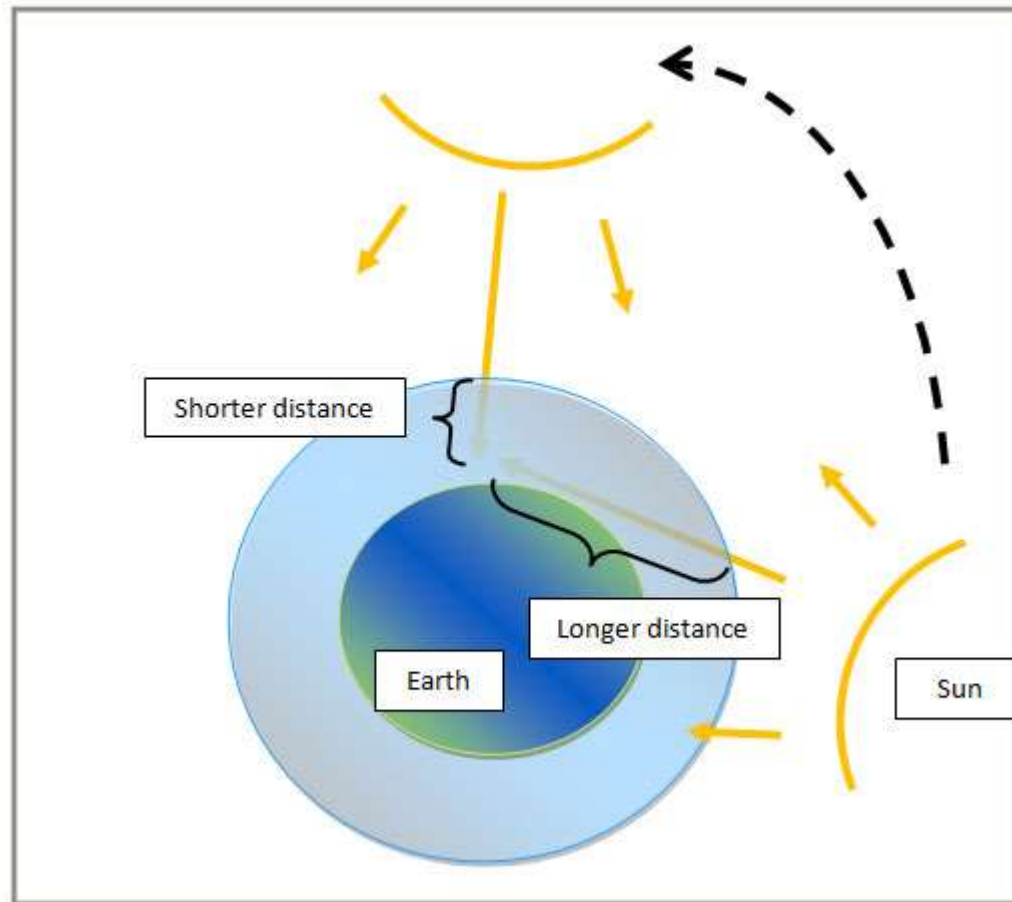


Estación radiométrica para medir radiación solar global difusa y ultravioleta



Pirheliómetro de incidencia normal marca Kipp & Zonen

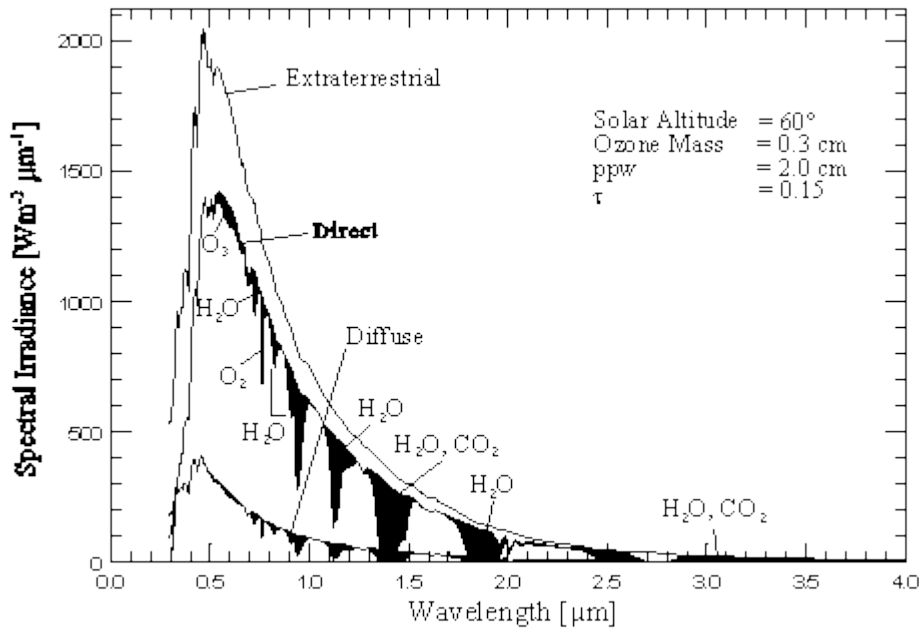
Atenuación de la radiación solar en la atmósfera



- **ATENUACION DE LA RADIACION SOLAR POR LA ATMOSFERA**

La radiación solar que llega a la capa superior de la atmosfera sufre una serie de procesos para llegar a la superficie:

- Absorción: los gases participantes son el vapor de agua, ozono, gas carbónico y oxígeno. La energía solar se transforma en térmica.
- Difusión: en este caso, si la radiación choca con partículas suspendidas de menor tamaño



La radiación solar es la radiación electromagnética del sol, de la cual, el 97% pertenece a la región del espectro comprendida entre 300 y 4000 nm, conocida como radiación de longitud de onda corta. La radiación solar sufre atenuación por varios componentes atmosféricos como moléculas de aire, aerosoles, gases, gotas de nube y cristales de hielo. Las moléculas de aire dispersan la radiación (dispersión Rayleigh).

Los aerosoles no sólo dispersan, sino que también absorben la radiación solar que atraviesa la atmósfera. La cantidad de radiación dispersada y absorbida depende de la composición química de las partículas y de la humedad del entorno. El vapor de agua, el ozono, el dióxido de carbono y el oxígeno son los principales gases absorbentes del espectro de radiación solar. El ozono absorbe principalmente la radiación solar correspondiente a la región del espectro solar ultravioleta y visible, mientras que las bandas de absorción del vapor de agua y del dióxido de carbono se encuentran desde el infrarrojo cercano hasta la zona del espectro del rojo. Además, el oxígeno absorbe en una pequeña banda de la zona del visible. La influencia de estos agentes atmosféricos puede observarse en la distribución espectral de la radiación solar directa y difusa que se muestra en la figura.

**La ley de BOUGUER-LAMBERT-BEER
para la atmósfera se suele expresar de la
siguiente forma,**

$$I_n = I_0 e^{-\left(k_a + k_g + k_{NO_2} + k_\omega + k_{O_3} + k_r\right)m}$$

Cada k_x corresponde a un coeficiente de extinción en el cual el subíndice se encarga de identificar la fuente de absorción:

$a \rightarrow$ hace referencia a los aerosoles densos, estos absorben y dispersan.

$g \rightarrow$ corresponde a los gases uniformemente mezclados, en especial dióxido de carbono (CO_2) y oxígeno molecular (O_2) el cual solo absorbe.

$NO_2 \rightarrow$ corresponde al dióxido de nitrógeno, debido especialmente a la contaminación (sólo absorbe)

$\omega \rightarrow$ corresponde a la absorción que se produce por el vapor de agua

$O_3 \rightarrow$ corresponde al ozono (sólo absorbe)

$r \rightarrow$ es correspondiente a la dispersión de Rayleigh para el oxígeno molecular (O_2) y nitrógeno (N_2)

El efecto de dispersión y de absorción de la luz por el aire depende de la longitud del recorrido de la radiación en la atmósfera y de la densidad de átomos, moléculas o partículas que encuentra en su camino, como también de la longitud de onda de la luz. La densidad de una sustancia multiplicada por la longitud recorrida se denomina la *masa óptica*:

$$m = \int_0^{\infty} \delta ds$$

donde:

δ = densidad

s = longitud recorrida por la radiación.

La *masa óptica relativa* es la razón entre la masa óptica del recorrido de la radiación y la masa óptica del recorrido vertical en la dirección cenital.

$$m_r = \frac{\int_0^{\infty} \delta ds}{\int_0^{\infty} \delta dz}$$

donde: z = longitud recorrida por la radiación en la dirección vertical.

m_r es un número adimensional y muchas veces llamado directamente “masa del aire” (“M.A. = air mass, en inglés).

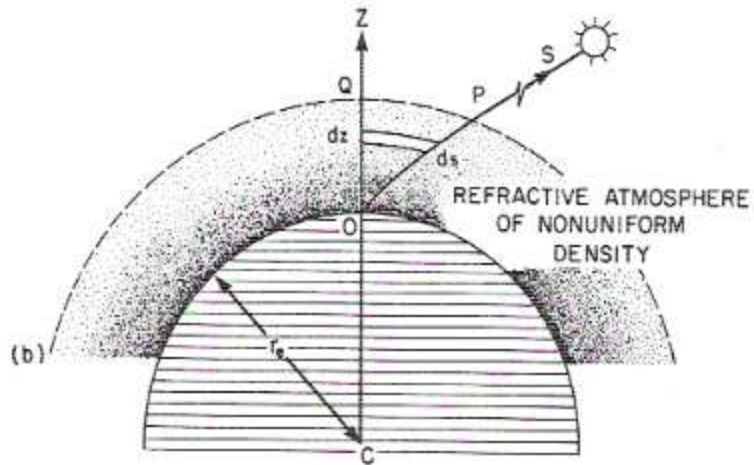
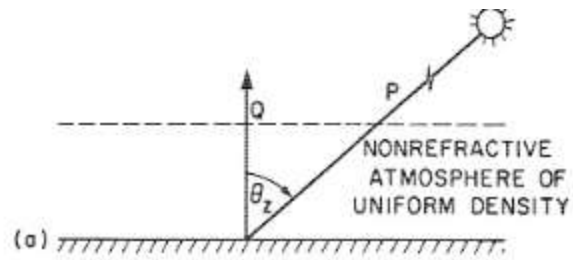
Despreciando la curvatura de la tierra y la refracción de la atmósfera, se tiene aproximadamente para m_r :

$$m_r = \sec \theta_z ,$$

donde: θ_z = ángulo cenital, ángulo entre la vertical a la superficie del observador y los rayos solares; es el ángulo de incidencia sobre una superficie horizontal.

El error de la anterior ecuación es de 0.25% para $\theta_z = 60^\circ$ y 10% para $\theta_z = 85^\circ$.

La masa óptica depende de la densidad y por lo tanto de la composición de la atmósfera. En principio debe calcularse la masa óptica para cada componente; sin embargo, en el mejor de los casos la información sobre la cantidad en la que cada componente está presente, es incierta.



Trayectoria de los rayos solares a través de la atmósfera.

La siguiente fórmula permite estimar la masa óptica relativa del aire (“masa del aire”) a nivel del mar:

$$m_r = [\cos \theta_z + 0.15 (93.885 - \theta_z)^{-1.253}]^{-1}$$

Para otras presiones la siguiente aproximación permite obtener la “masa del aire”, m_a :

$$m_a = m_r (p/101.325) \quad \text{donde: } p = \text{presión atmosférica, en Pa.}$$

Para determinada altura h , en m, la presión puede ser estimada a partir de la fórmula:

$$p(h) = 101.325 \exp(-h / 8576)$$

El valor de m_a , también llamada simplemente “masa del aire”, MA, se usa para las masas ópticas relativas del vapor de agua y del ozono.

Ejemplo: Estimar la masa óptica relativa del aire para $\theta_z = 85^\circ$ para Huaraz, 3100 m de altura.

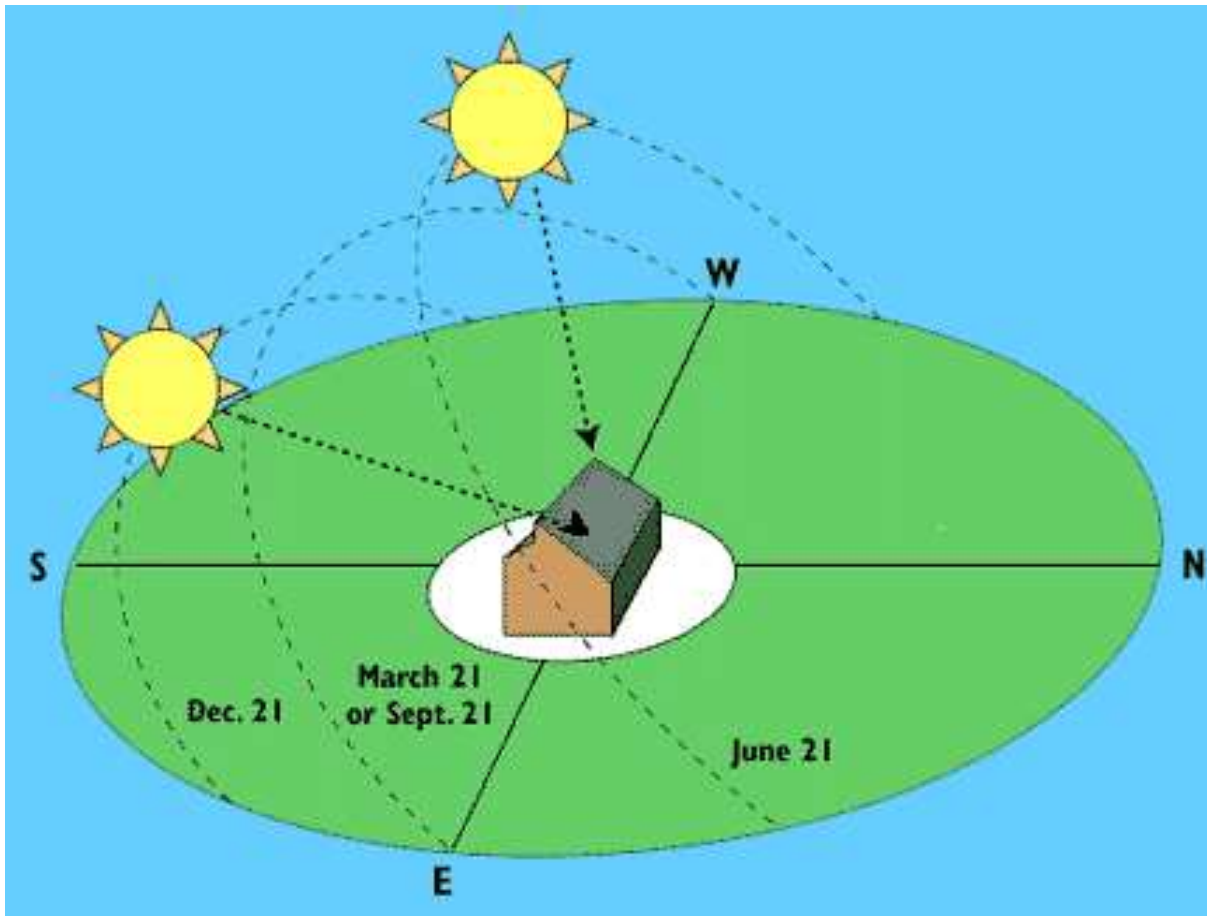
$$\text{Con } \theta_z = 85^\circ, m_r = [\cos 85 + 0.15 (93.885 - 85)^{-1.253}]^{-1} = 10.32, \text{ y}$$
$$m_a = 10.32 \exp(-3100 / 8576) = 7.19$$

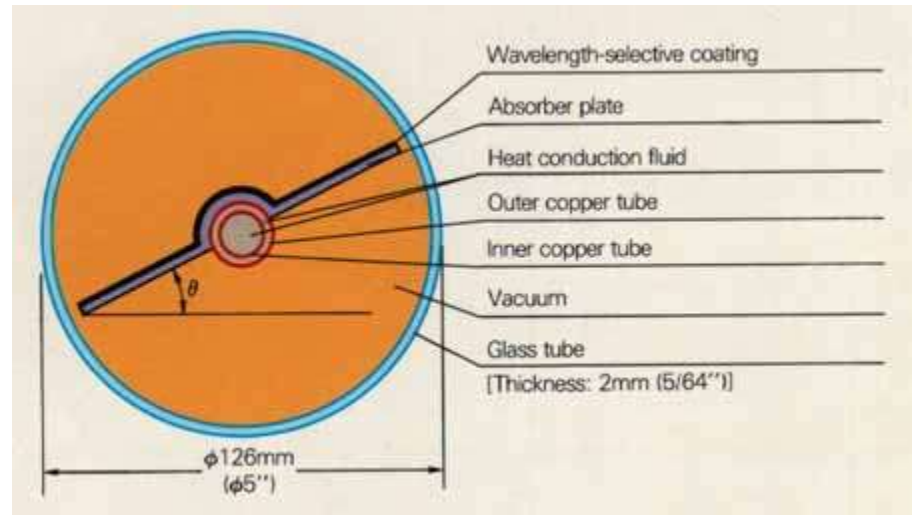
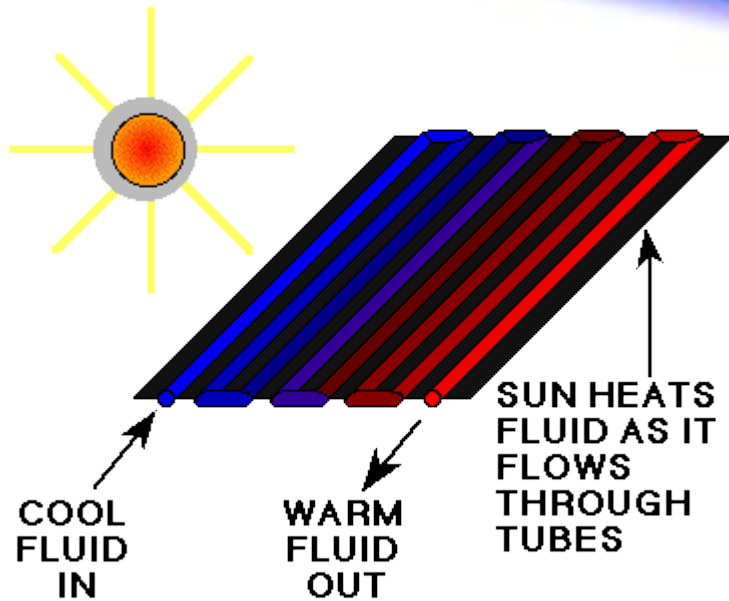
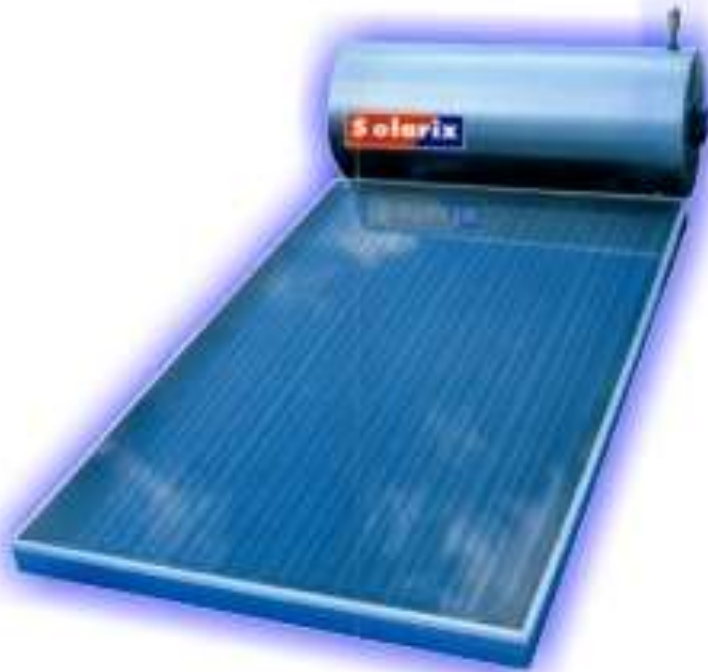
El resultado anterior se pueden comparar con $m_r = \sec 85^\circ = 11.47$

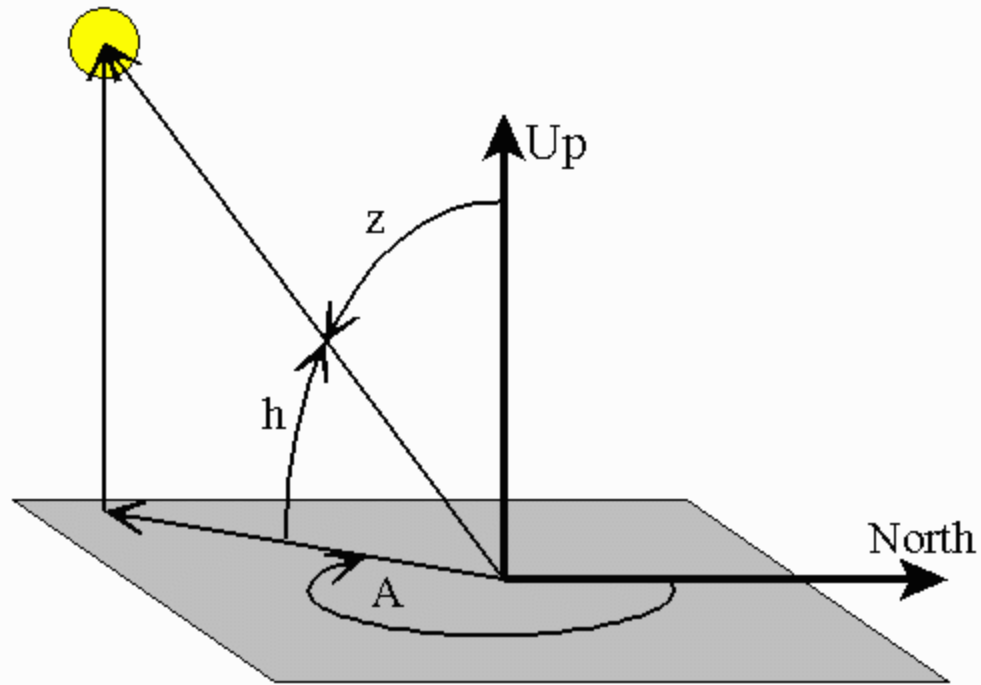
En un día claro, sin nubes y a nivel del mar, la intensidad de la radiación solar total (también llamada *radiación global*) es

AM = Masa Atmosférica

- AM0 (“constante solar”): 1367 W/m^2 ($\pm 3,4\%$)
- AM1 (es decir $AM = ma = 1$): $925 - 1000 \text{ W/m}^2$
- AM1.5 ($ma = 1,5$): $840 - 900 \text{ W/m}^2$
- AM2 ($ma = 2$): $680 - 700 \text{ W/m}^2$





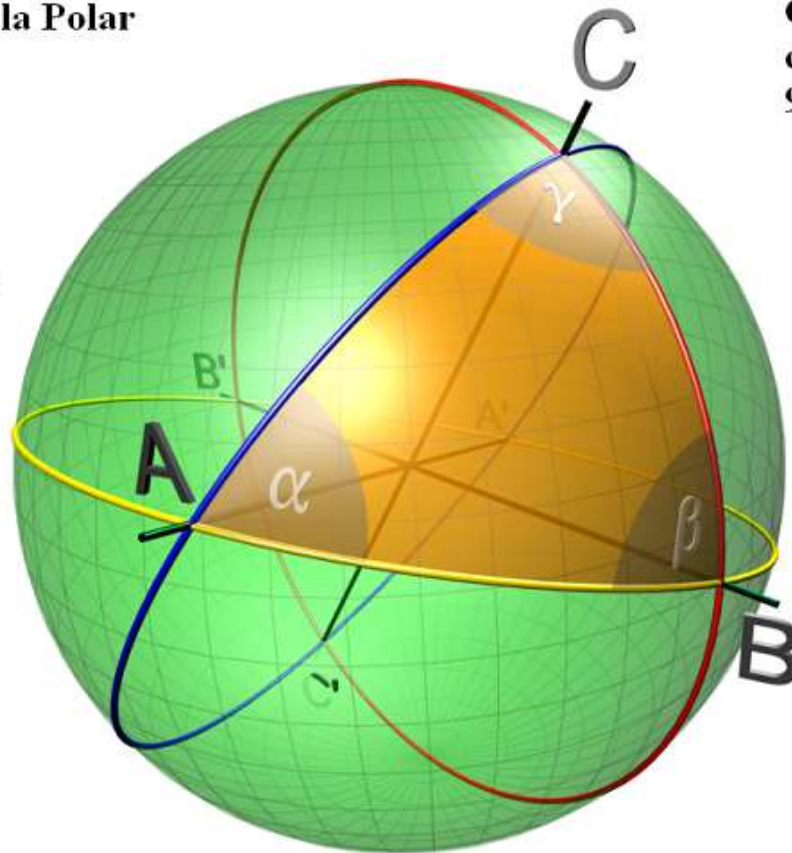


h = elevation angle, measured up from horizon

z = zenith angle, measured from vertical

A = Azimuth angle, measured clockwise from North

A= Estrella Polar
 B= Cenit
 C= Sol
 Alfa= ángulo
 horario



CB= ángulo
 cenital=
 90°-altura solar

a= altura solar

$$\cos CB = \cos AC \cos AB + \sin AC \sin AB \cos \alpha$$

$$\sin a = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \omega \cos \phi$$

$$A' = \sin^{-1} \left(\frac{-\cos \delta \sin \omega}{\cos \alpha} \right) \quad (\text{degrees})$$

where if $\cos \omega \geq \left(\frac{\tan \delta}{\tan \phi} \right)$, then $A = 180^\circ - A'$

otherwise: $\cos \omega < \left(\frac{\tan \delta}{\tan \phi} \right)$, and $A = 360^\circ + A'$

A' = Acimut solar sin identificar, α = altura solar. δ = declinación solar, ω = ángulo horario, ϕ = latitud
 A = Acimut identificado

Nombre	Abreviatura	Longitud de Onda nm (10^{-9})	Energía por <u>fotón</u> (eV)
Ultravioleta A (onda larga)	UVA	400 – 315	3,10 – 3,94
Ultravioleta B (onda media)	UVB	315 – 280	3,94 – 4,43
Ultravioleta C (onda corta)	UVC	280 – 100	4,43 – 12,40
Ultravioleta cercano (<i>near</i>)	NUV	400 – 300	3,10 – 4,13
Ultravioleta medio (<i>middle</i>)	MUV	300 – 200	4,13 – 6,20
Ultravioleta de vacío	VUV	200 – 10	6,20 – 124
Ultravioleta extremo	EUV	121 – 10	10,25 – 124



El ozono en la atmósfera retiene la radiación ultravioleta B y el oxígeno y el ozono detienen la radiación UVC además de los rayos X y radiación gamma que son altamente ionizante.

- La radiación UV desempeña un papel importante en la determinación de las condiciones climáticas, el balance energético y el equilibrio natural del planeta. La medición continua de este parámetro permite estudiar su comportamiento y relación con el estado de la biosfera y la salud humana.

- Los rayos UVA entran en contacto con nuestra piel y hacen que ésta cobre un color más dorado. Esto es así porque la luz del sol incide sobre las células pigmentarias, situadas justo por debajo de la capa más externa de la piel, y hace que liberen melanina. Este pigmento sube y 'tinta' las células de la epidermis, haciendo que las personas luzcan un color más moreno de piel.

- La vitamina D comprende un grupo de compuestos hidrosolubles que son esenciales para mantener el equilibrio mineral del cuerpo. La forma de vitamina D sintetizada en los humanos se llama colecalciferol (vitamina D3). Como el colecalciferol se sintetiza en la piel por la acción de la luz ultravioleta (UVB), la vitamina D no encaja en la definición clásica de una vitamina. No obstante, se la reconoce como un nutriente dietético esencial.
- El sol es nuestra principal fuente de vitamina D. Sin embargo, diversos factores como protectores solares con un factor de protección superior a 8, la edad, una pigmentación más oscura, una latitud norte superior a los 40 grados y la estación invernal reducen la producción de vitamina D en la piel. Los más vulnerables a un estatus bajo de vitamina D son los bebés lactantes, las personas mayores y las personas internadas en instituciones, los obesos y los afroamericanos de todas las edades.
- Además de la salud ósea, nuevos datos científicos revelan beneficios de la vitamina D para otros aspectos de la salud.

Una ingesta suficiente de vitamina D (calciferol) es importante puesto que ayuda al cuerpo a:

- mantener un nivel saludable de calcio y fósforo en la sangre,
- formar y mantener los huesos sanos,
- controlar la división y especialización celular,
- modular el sistema inmunitario.

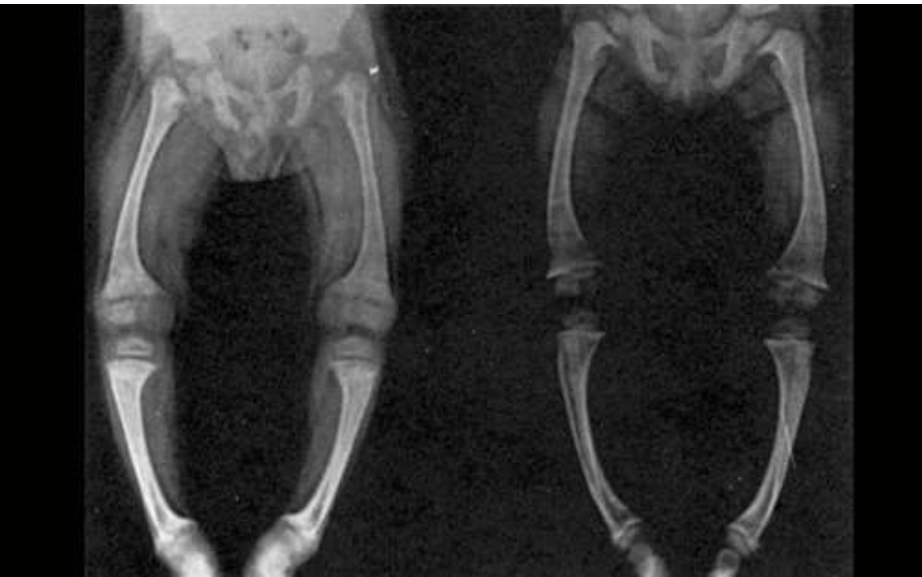
La **Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA)**, ha confirmado los claros beneficios para la salud de la ingesta de vitamina D en la dieta, contribuye a :

- Desarrollo normal de los huesos y dientes de los lactantes y niños pequeños;
- Mantenimiento de huesos y dientes normales;
- Funcionamiento normal del sistema inmunitario y respuesta inflamatoria sana;
- Mantenimiento de la función muscular normal;
- Absorción/utilización normal de calcio y fósforo y mantenimiento de una concentración normal de calcio en sangre;
- División celular normal.

Además, la vitamina D y el calcio son necesarios para mantener unos huesos normales.

Raquitismo

Es un trastorno causado por una falta de vitamina D, calcio o fósforo. Este trastorno lleva a que se presente reblandecimiento y debilitamiento de los huesos.



El ozono es la forma alotrópica del oxígeno, que solo está estable en determinadas condiciones de presión y temperatura. Es un gas compuesto por tres átomos de oxígeno (O₃).

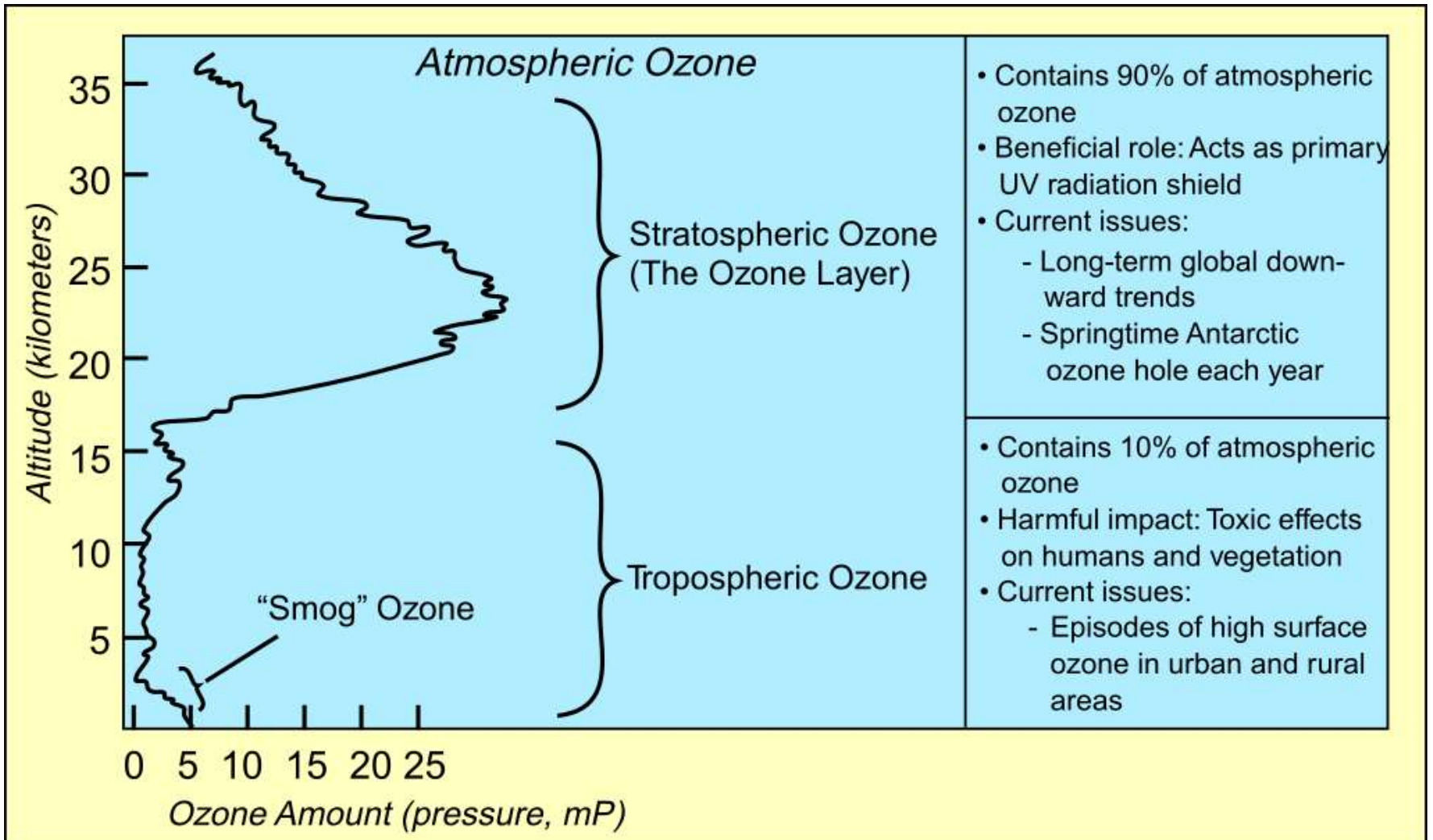
La concentración de ozono es mayor entre los 15 y 40 km, con un valor de 2-8 partículas por millón, en la zona conocida como capa de ozono. Si todo ese ozono fuese comprimido a la presión del aire al nivel del mar, esta capa tendría solo 3 milímetros de espesor.

Al margen de la capa de ozono, mencionemos que el 10 % de ozono restante está contenido en la troposfera, es peligroso para los seres vivos por su fuerte carácter oxidante. Elevadas concentraciones de este compuesto a nivel superficial forman el denominado smog fotoquímico.

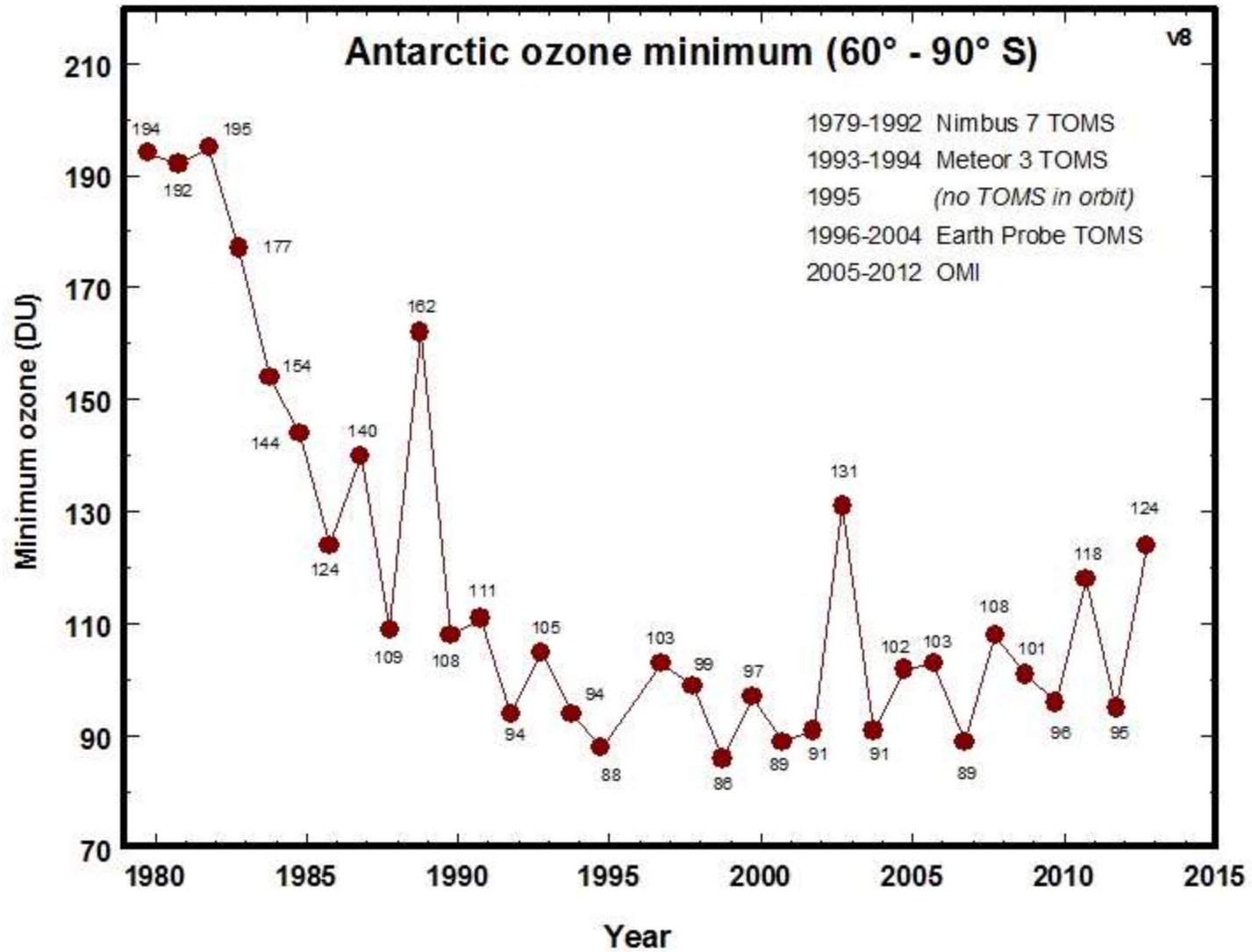
Lo cierto que para 2013, los peligros de la exposición a los rayos del Sol sin la protección del ozono, llegaron al mundo subacuático y provocaron que las especies que habitan en la Gran Barrera de Coral de Australia sufran cáncer de piel.

El seguimiento observacional de la capa de ozono, llevado a cabo en los últimos años, ha llegado a la conclusión de que dicha capa puede considerarse seriamente amenazada.

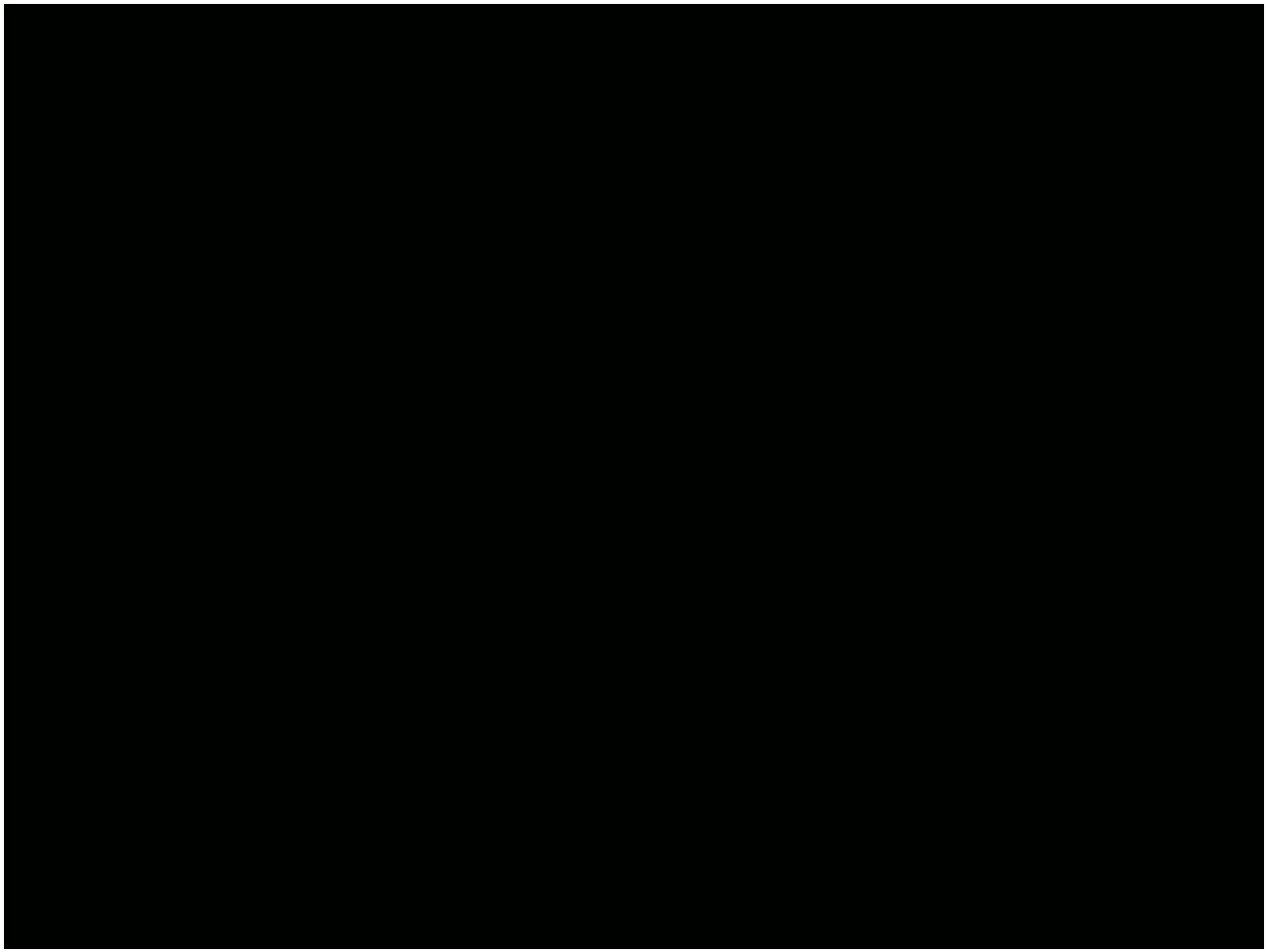
Para preservar la capa de ozono hay que disminuir a cero el uso de compuestos químicos como los clorofluorocarbonos (refrigerantes industriales, propelentes), y fungicidas de suelo (como el bromuro de metilo), que destruyen la capa de ozono a un ritmo 50 veces superior a los CFC.

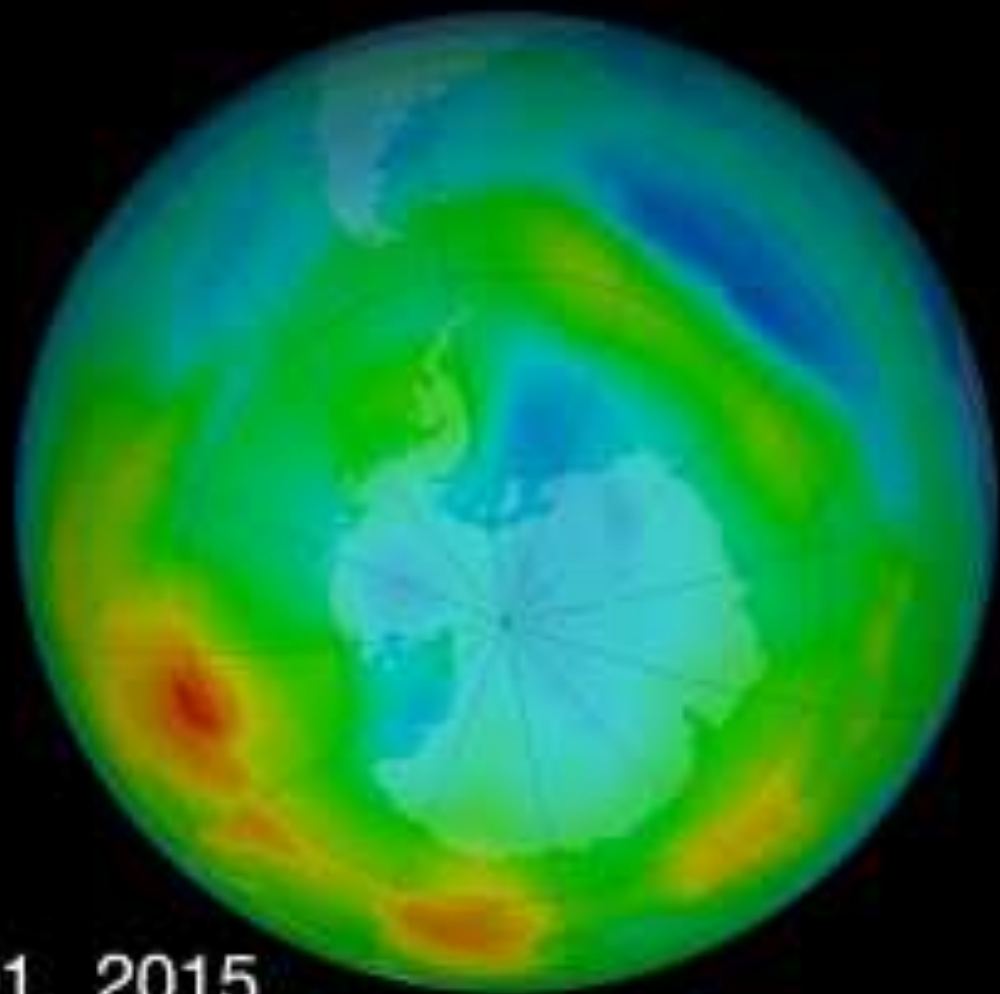


https://es.wikipedia.org/wiki/Capa_de_ozono



https://en.wikipedia.org/wiki/Ozone_depletion#/media/File:Min_ozone.jpg



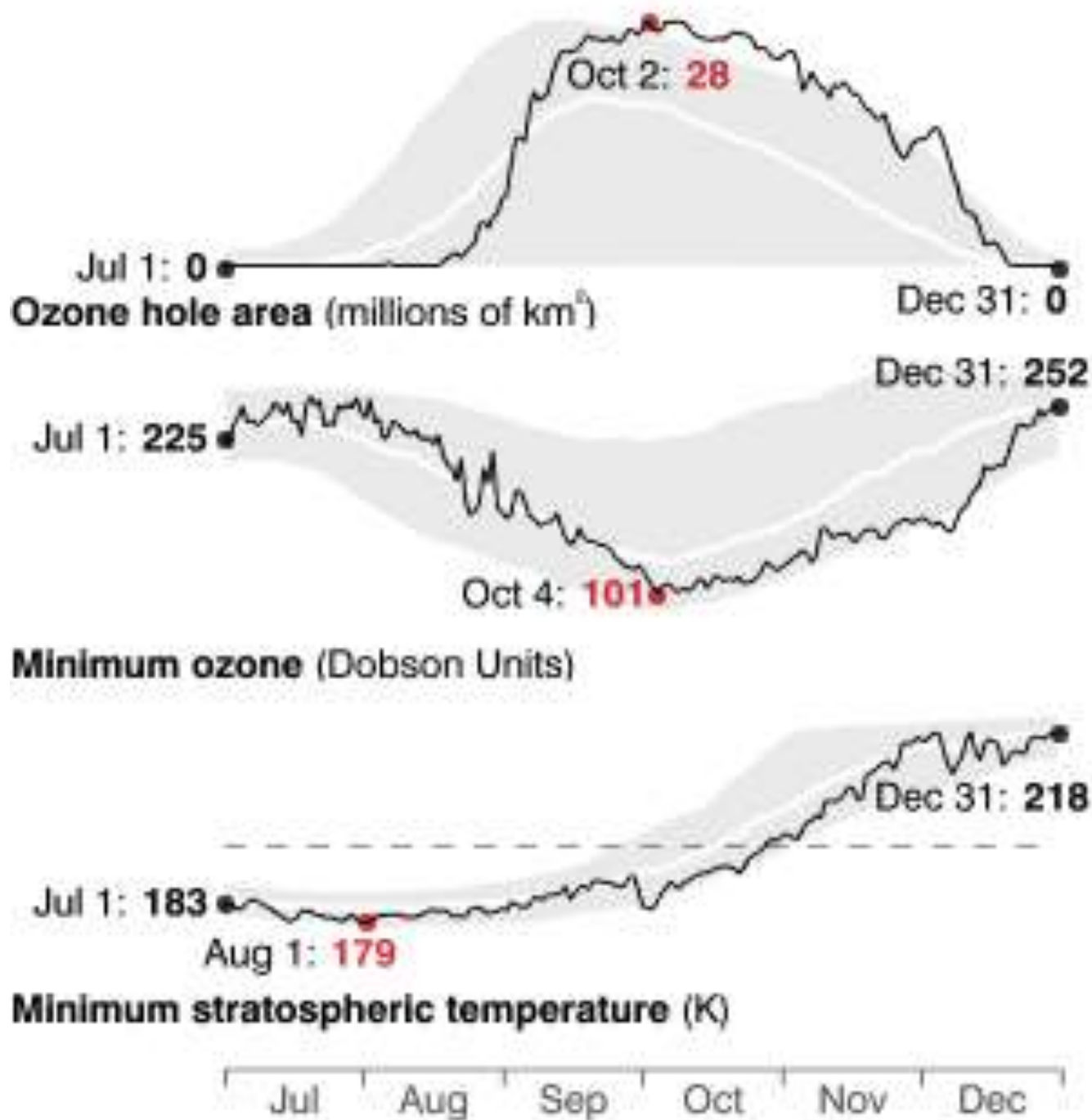


Jul 01, 2015



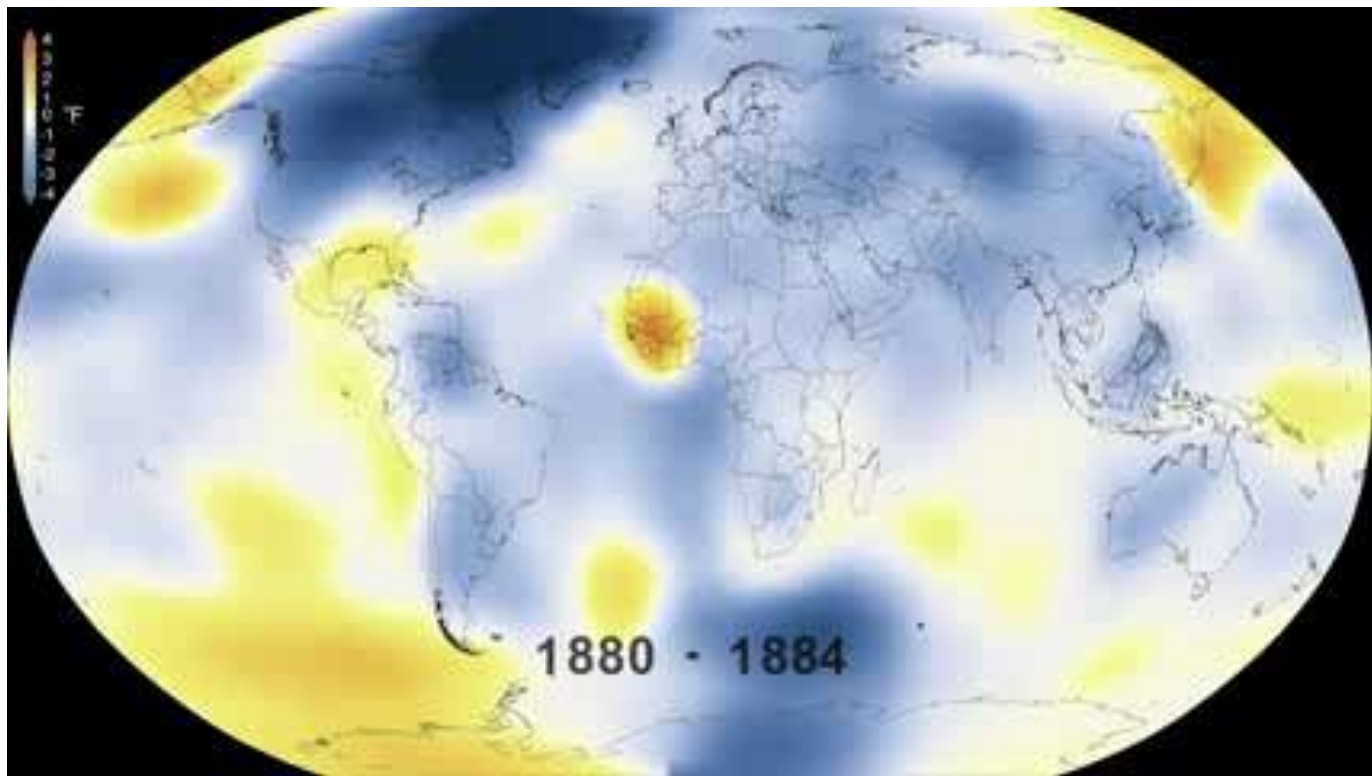
Jul 01

Dec 31









Esta visualización muestra la tendencia al calentamiento a largo plazo de la Tierra, muestra los cambios de temperatura a partir de 1880 a 2015 como media móvil de cinco años. Los colores naranja representan las temperaturas que son más cálidas que el promedio de 1951 - 1980 (la línea de base), y los azules representan las temperaturas más frías que la línea de base.

Créditos: GSFC Scientific Visualization Studio