

TEMA 3

LA MÁQUINA TÉRMICA

INTRODUCCIÓN

□ La energía disponible por el Sistema climático.

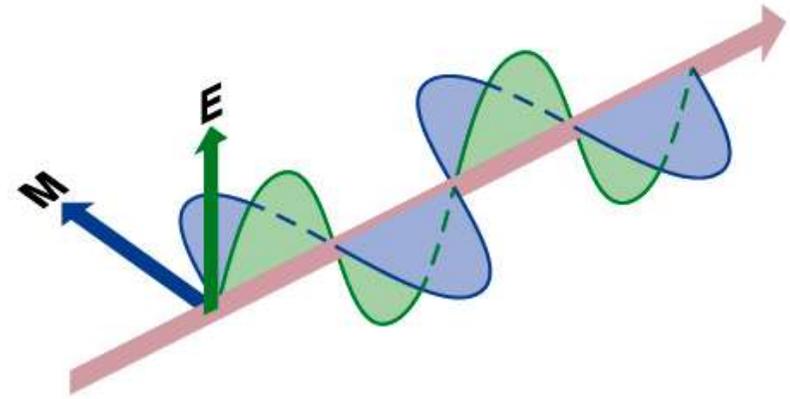
- Fuente fundamental: el sol.
- La cantidad de energía recibida depende de:
 - ✓ La emisión de energía por el sol (radiación solar).
 - ✓ La órbita terrestre (distancia de la Tierra al sol, cambios en el eje de rotación).
 - ✓ La atmósfera (filtro selectivo)
 - ✓ La superficie terrestre (albedo)

LA RADIACIÓN SOLAR

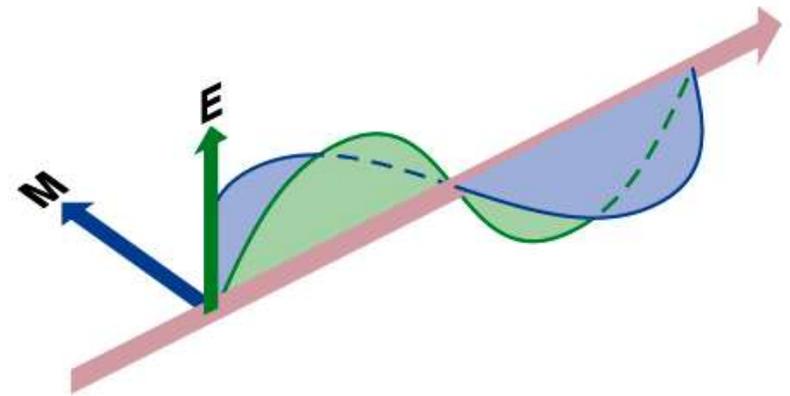
CARACTERÍSTICAS

□ ¿¿Qué es la radiación?.

- Transferencia de energía en forma de ondas (radiación electromagnética).
- Emitida continuamente por cualquier objeto...
- ...pero no todos los objetos irradian la misma cantidad de energía, ni la emiten en las mismas longitudes de onda.



(a)

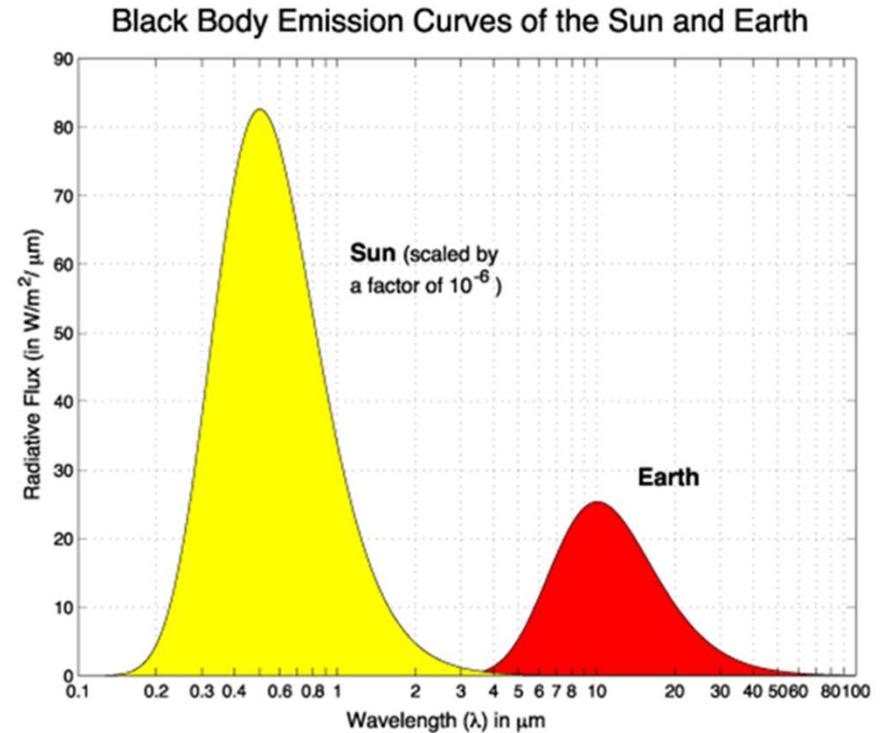


(b)

CARACTERÍSTICAS

□ Leyes que regulan la emisión de energía

- Ley de **Stefan-Boltzmann**: los objetos calientes emiten más radiación que los objetos más fríos.
- Ley de **Wien**: los objetos calientes emiten radiación en longitudes de onda más cortas.

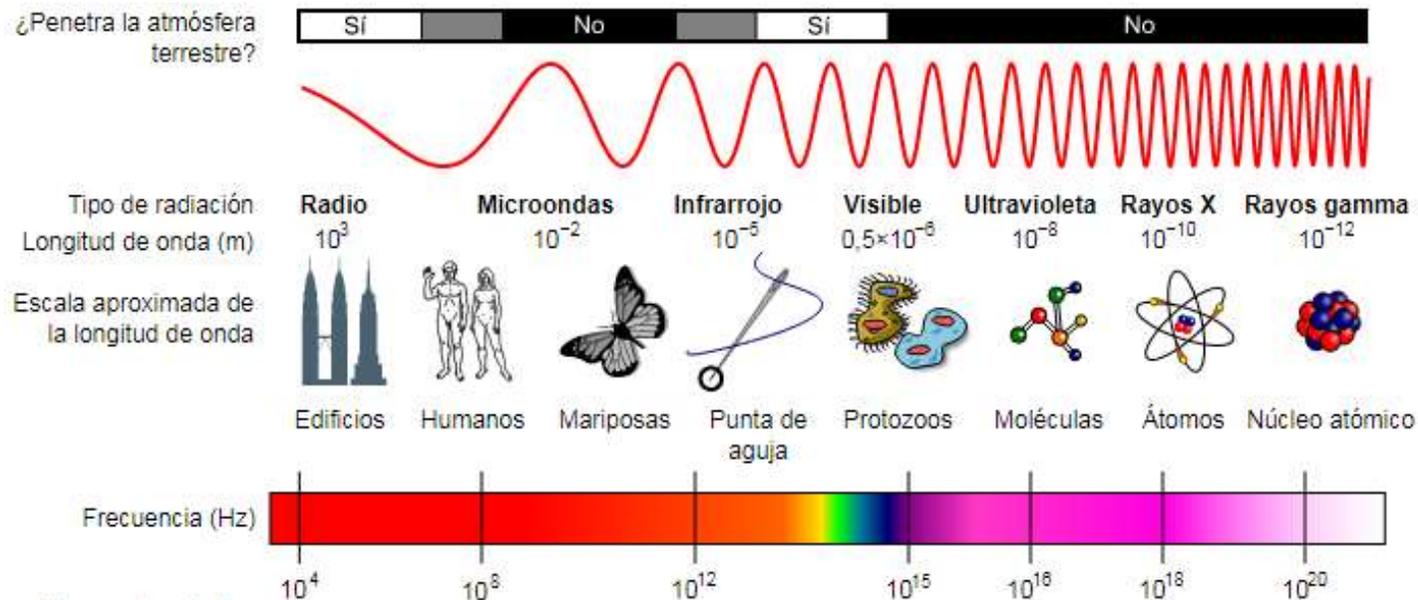


- CONSECUENCIA: cada unidad de superficie del Sol emite mucha más energía que la misma área de la Tierra, y en longitudes de onda más cortas.

CARACTERÍSTICAS

□ El espectro electromagnético

- Conjunto de ondas electromagnéticas que **emite** (espectro de emisión) o **absorbe** (espectro de absorción) un objeto



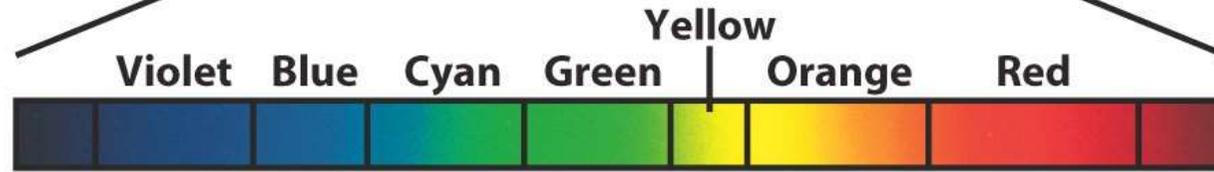
Type of radiation

Wavelength

Gamma rays	X rays	UV	Infrared	Microwaves	Radio waves
------------	--------	----	----------	------------	-------------

<1 nm 100 nm <1 millimeter 1 meter Thousands of meters

Visible light



Wavelength (nm)

380 430 500 560 600 650 750

Energy (kJ/einstein)

300 240 200 170

TIPOS DE RADIACIONES:

RAYOS X

Alta energía y gran poder de penetración.

RAYOS γ

Dañina para los seres vivos.

RAYOS ULTRAVIOLETA

Retenida por la capa de ozono.

LUZ VISIBLE

Atraviesa la Atmósfera. Retenida por nubes y polvo.

RAYOS INFRARROJOS

Poca energía y poco poder de penetración.

RAYOS MICROONDA

Aporta calor.

ONDAS DE RADIO

Retenida por el dióxido de carbono y agua.

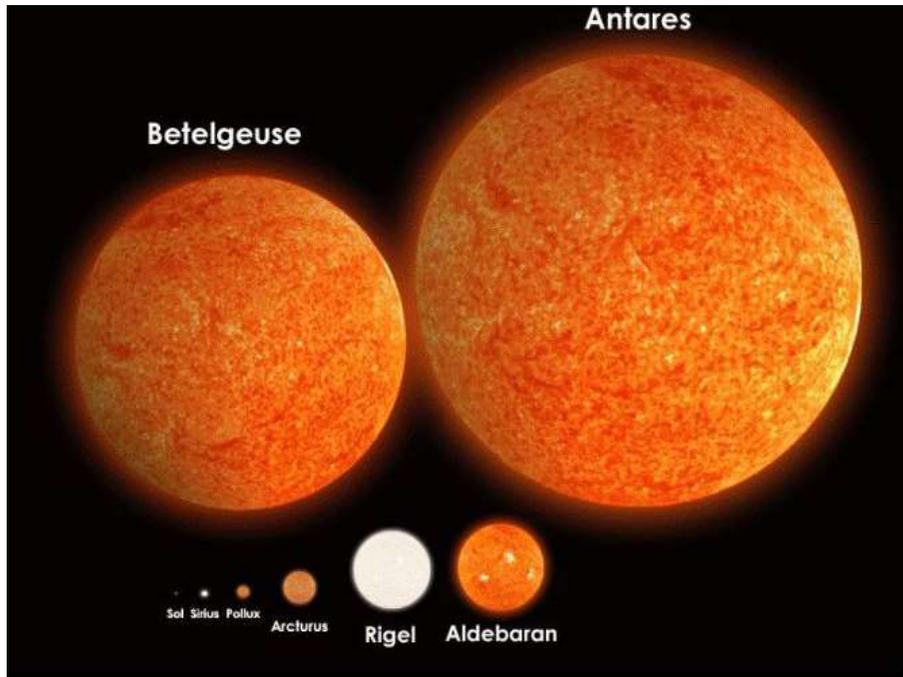
CARACTERÍSTICAS

□ Cuerpo negro

- Cuerpo hipotético que absorbe y emite el máximo de radiación en todas sus longitudes de onda
- El Sol y la Tierra pueden ser considerados cuerpos negros.

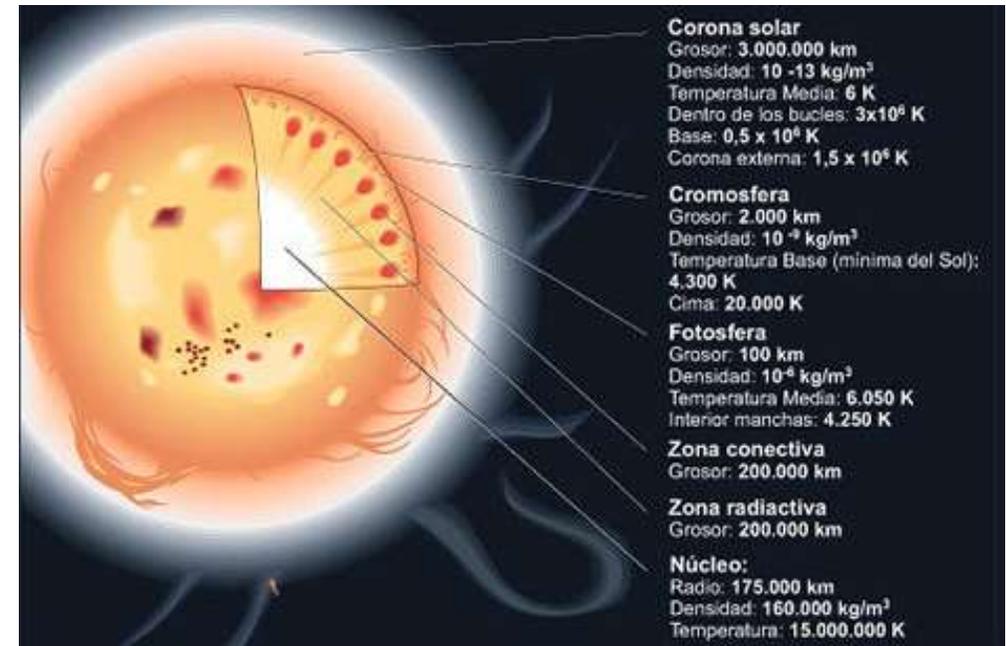
EL SOL

Formado hace 4650 millones de años; tiene combustible para 7500 millones de años más



Sol
Edad: 4.5000.000.000 años
Radio: 696.265 km
Masa: $1,9891 \times 10^{30}$ kg
Densidad media: $1,410 \text{ kg/m}^3$
Luminosidad: $3,83 \times 10^{26}$ kW

- ✓ Estrella de tipo-G (enana amarilla).
- ✓ Esfera casi perfecta de plasma, con un movimiento convectivo interno que genera un campo magnético
- ✓ Formado por hidrógeno (3/4), el resto helio, con cantidades mucho más pequeñas de oxígeno, carbono, neón e hierro.



Corona solar
Grosor: 3.000.000 km
Densidad: 10^{-13} kg/m^3
Temperatura Media: 6 K
Dentro de los bucles: 3×10^6 K
Base: $0,5 \times 10^6$ K
Corona externa: $1,5 \times 10^6$ K

Cromosfera
Grosor: 2.000 km
Densidad: 10^{-7} kg/m^3
Temperatura Base (mínima del Sol): 4.300 K
Cima: 20.000 K

Fotosfera
Grosor: 100 km
Densidad: 10^{-6} kg/m^3
Temperatura Media: 6.050 K
Interior manchas: 4.250 K

Zona conectiva
Grosor: 200.000 km

Zona radiactiva
Grosor: 200.000 km

Núcleo:
Radio: 175.000 km
Densidad: 160.000 kg/m^3
Temperatura: 15.000.000 K

EL SOL

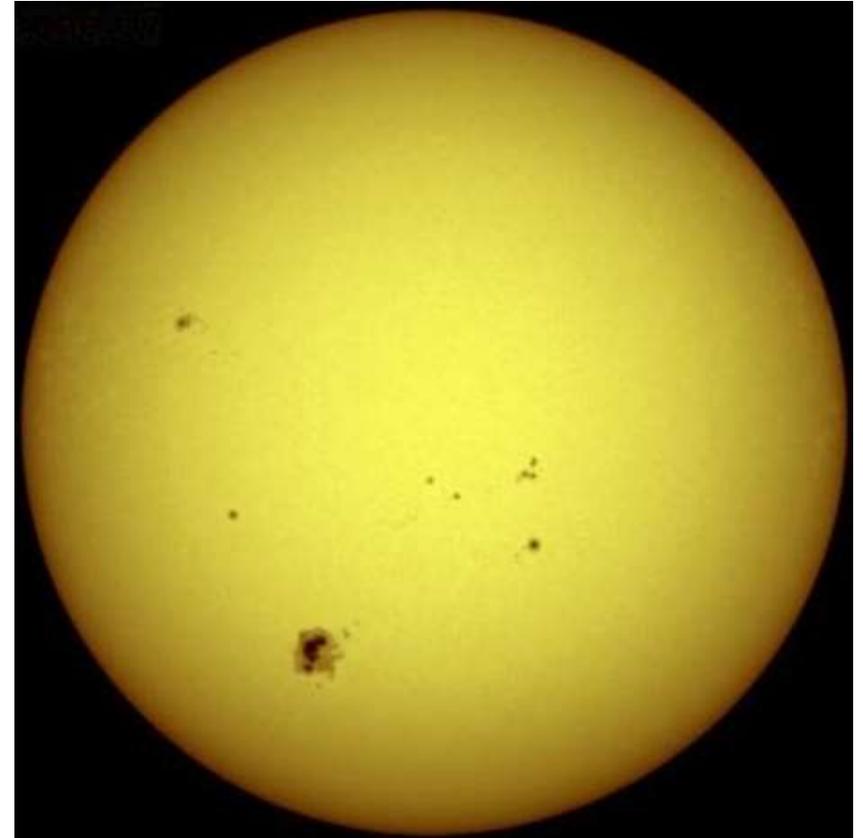
□ La constante solar.

- Valor medio de la radiación solar (recibida en el exterior de la atmósfera terrestre, sobre un plano perpendicular a los rayos del Sol): 1361 W/m² (equivale al 0,0005 % de la emisión del sol)
- No exactamente constante: sufre cierta variabilidad:
 - ✓ Fluctuaciones caóticas de pequeña amplitud.
 - ✓ Oscilaciones periódicas.
 - ✓ Crecimiento lento a lo largo de su historia.
- Su valor es resultado de:
 - ✓ La actividad solar (emisión).
 - ✓ La distancia Tierra-Sol.

EL SOL

□ La constante solar.

- Oscilaciones periódicas (**ciclos solares**):
 - ✓ Varios ciclos de diversa duración
 - ✓ La más conocida: ciclo de 11 años relacionada con las manchas solares (fotosfera)
 - ✓ Causa: actividad magnética



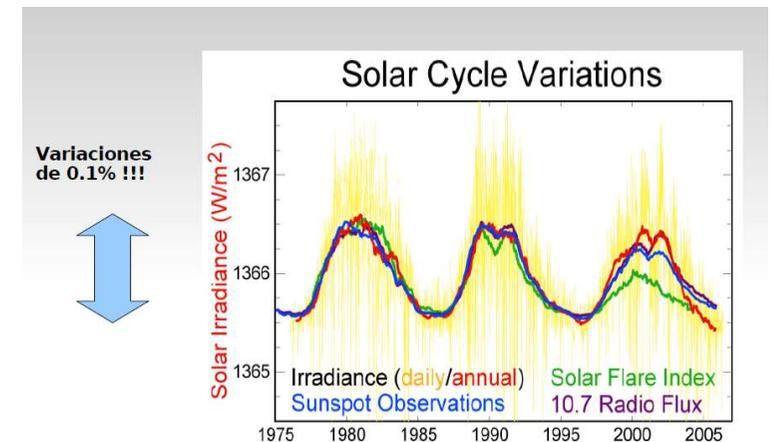
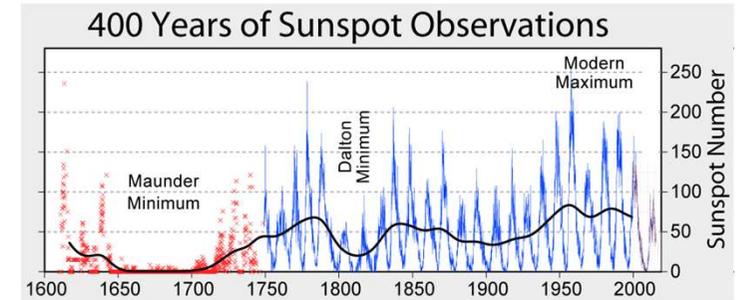
EL SOL

□ La constante solar.

- Oscilaciones periódicas (ciclos solares): las **manchas solares**

✓ Efecto: casi insignificante → la variación de intensidad calculada es del 0,1% (unos 0,3~0,5°C) → inercia térmica de factores moderadores (océanos o las nubes),.

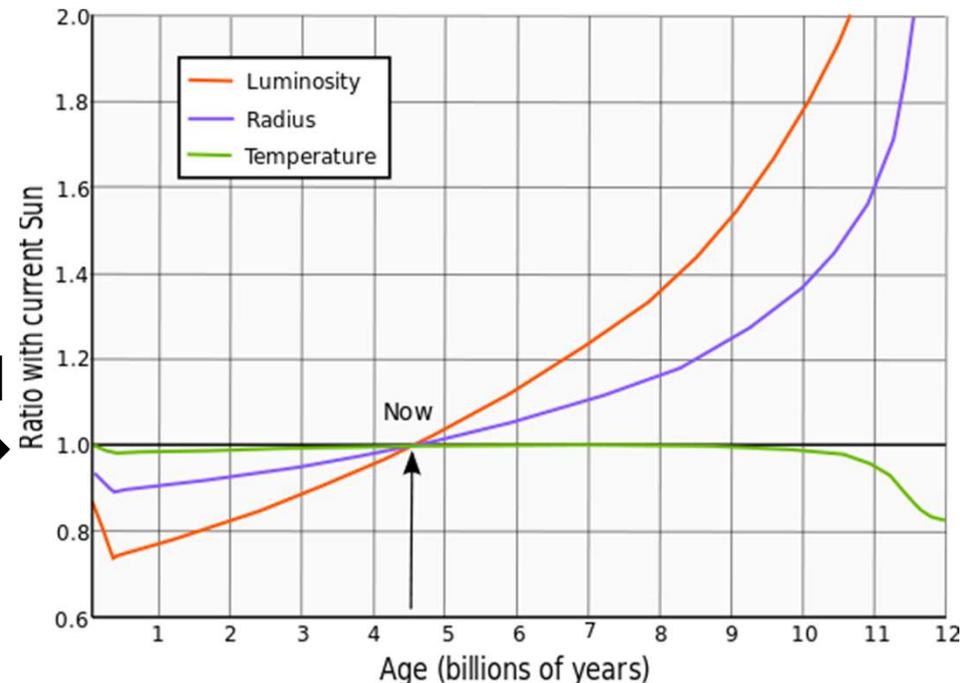
✓ Desde el mínimo de Maunder (época sin manchas), la radiación solar podría haber crecido 0,6%.



EL SOL

□ La constante solar.

- Tendencia a largo plazo
 - ✓ Hace unos 3.000 millones de años (1/3 edad actual), emitía sólo un 75% de la energía
 - ✓ ¿Cómo explicar la estabilidad de la temperatura terrestre? → Diferente composición de la atmósfera: abundancia de gases de invernadero (dióxido de carbono (CO₂) y amoníaco (NH₃)).



LA ÓRBITA TERRESTRE

LA ÓRBITA TERRESTRE

□ Variaciones de la energía recibida

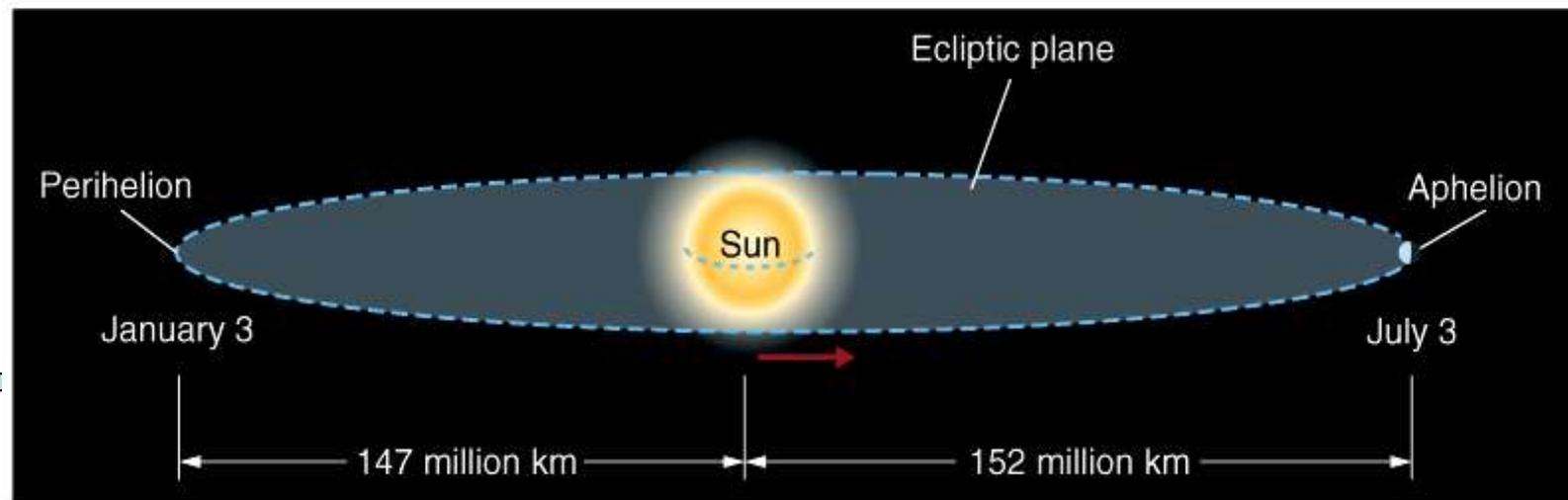
- Relacionadas con los parámetros orbitales de la Tierra (especialmente con la excentricidad)
- No afectan a la energía media recibida a largo plazo, sí a las variaciones estacionales.
- La Tierra no se encuentra inmóvil, sino que está sometida a movimientos de diversa índole (definidos con referencia al Sol):
 - ✓ Traslación
 - ✓ Rotación
 - ✓ **Precesión**
 - ✓ Otros (nutación y bamboleo de Chandler).

LA ÓRBITA TERRESTRE

□ Tipos de movimiento.

• Traslación.

- ✓ Movimiento alrededor del Sol.
- ✓ Vuelta completa (año sidéreo): 365 días, 5 horas, 45 minutos y 46 segundos.
- ✓ Debido a una órbita elíptica: promedio: 150000000 km - unidad astronómica-.



LA ÓRBITA TERRESTRE

□ Tipos de movimiento.

• Traslación.

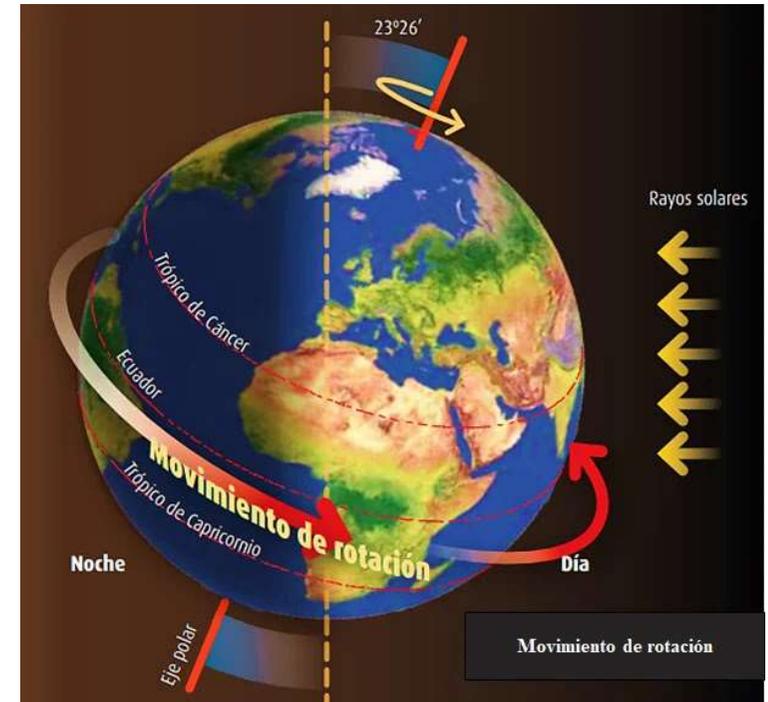
- ✓ Efecto poco importante que el causado por la inclinación del eje de rotación: + 6.9 % en la energía solar que alcanza la Tierra en el perihelio (+ próximo) comparado con el afelio (+ lejano).
- ✓ Hoy: perihelio 3 de enero, afelio 4 de julio → el Hemisferio Sur recibe más energía.
 - ✓ Inclinado hacia el Sol durante el perihelio (cuando la Tierra alcanza su punto más cercano)
 - ✓ Ese exceso de energía es absorbido por la mayor proporción de agua en el Hemisferio Sur.

LA ÓRBITA TERRESTRE

□ Tipos de movimiento.

• Rotación.

- ✓ Giro de la Tierra alrededor de su eje terrestre → duración de 24 horas (día solar).
- ✓ Determina
 - Abultamiento ecuatorial y achatamiento polar.
 - Dirección de los vientos y de las corrientes marinas.
 - Activación del campo magnético.
 - Efecto Coriolis



LA ÓRBITA TERRESTRE

□ Tipos de movimiento.

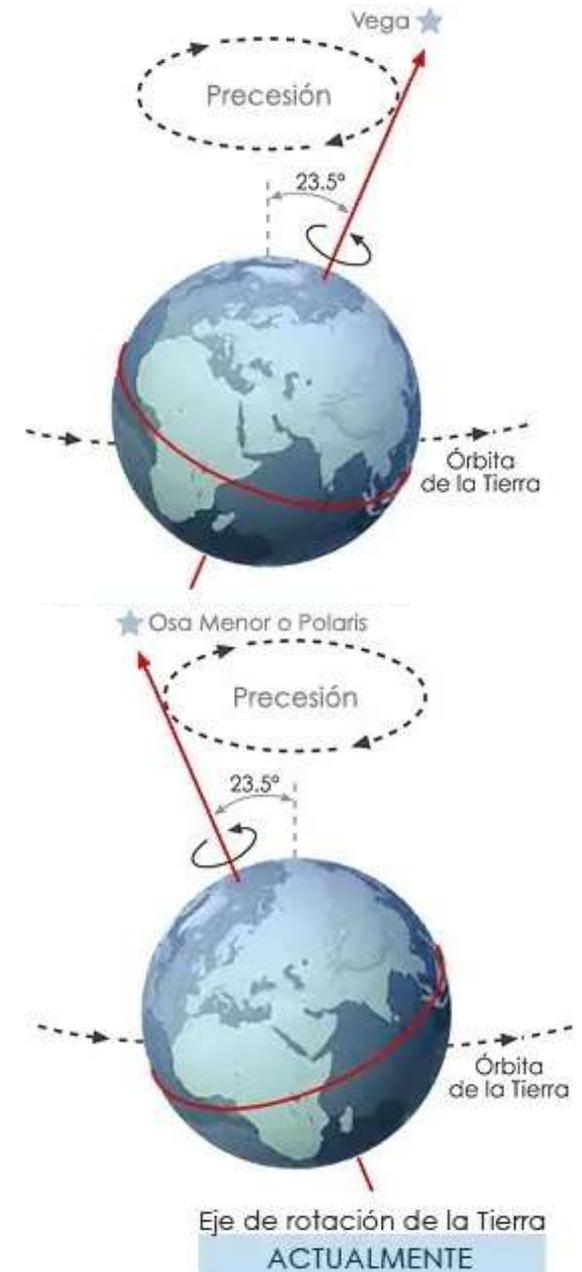
• Rotación (eje inclinado).

✓ El eje de rotación de la Tierra no siempre apunta a la misma estrella (peonza)

✓ Alrededor de $23,43^\circ$.

✓ El ángulo varía con el tiempo:

PRECESIÓN



LA ÓRBITA TERRESTRE

□ Tipos de movimiento.

• Rotación (eje inclinado).

✓ Determina

- Las estaciones astronómicas (cantidad de radiación que alcanza el techo de la atmósfera).
- Longitud del día (cantidad de radiación que alcanza el techo de la atmósfera).
- Ángulo de incidencia con el que la radiación alcanza la superficie terrestre (intensidad de la radiación).
- **Espesor de la atmósfera** recorrido por la radiación (modificación de las características de la radiación).

LA ÓRBITA TERRESTRE

□ Tipos de movimiento.

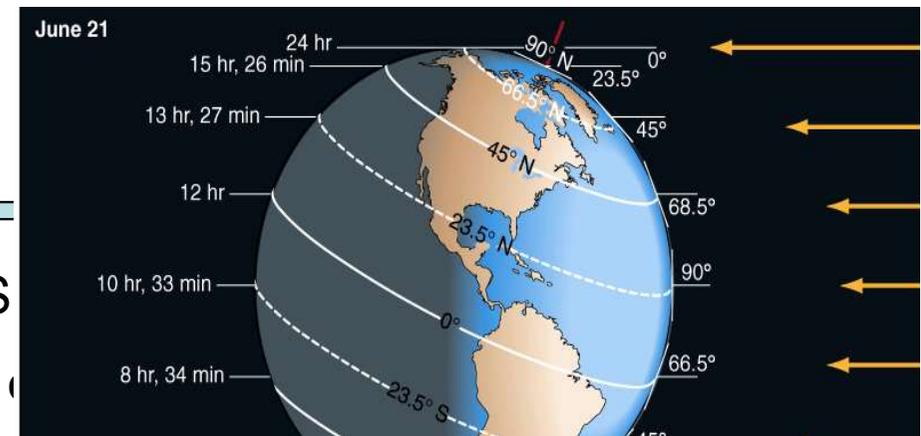
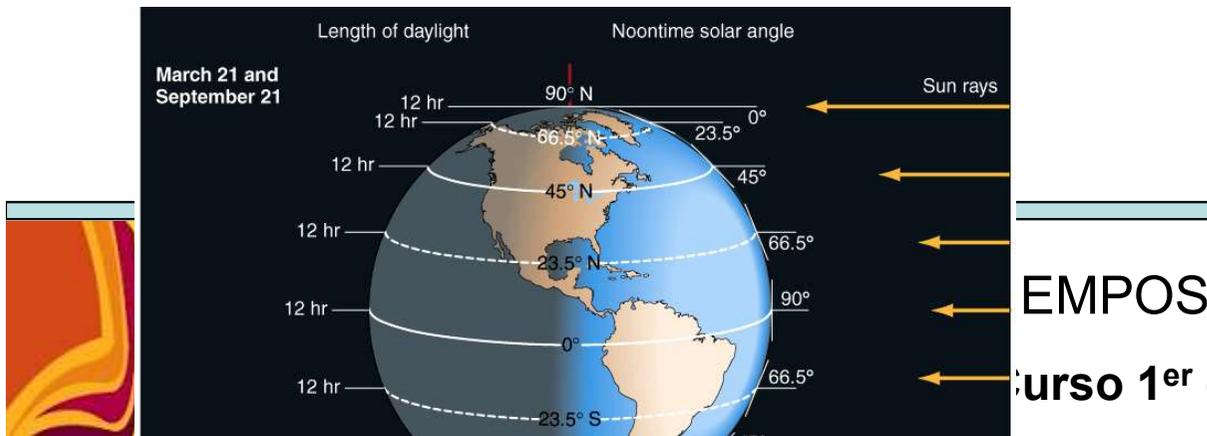
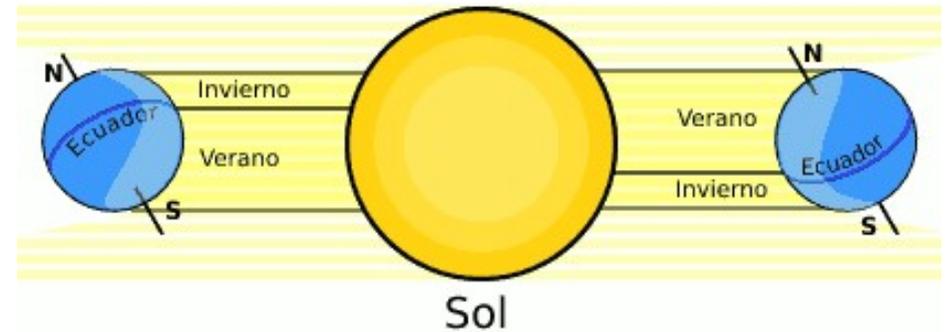
- Rotación (eje inclinado).

- ✓ Longitud del día.

- ✓ Incremento desde el Ecuador hacia el polo en invierno; opuesto en verano → día de 24 horas de oscuridad/luz sobre los círculos polares.

- ✓ **Equinoccios:** los rayos solares inciden perpendicularmente sobre el Ecuador.

- ✓ **Solsticios:** momento del año en el que el Sol alcanza su máxima/mínima altitud sobre el horizonte/con respecto al ecuador terrestre → el Sol alcanza el cenit al mediodía sobre los trópicos → máxima/mínima duración del día.



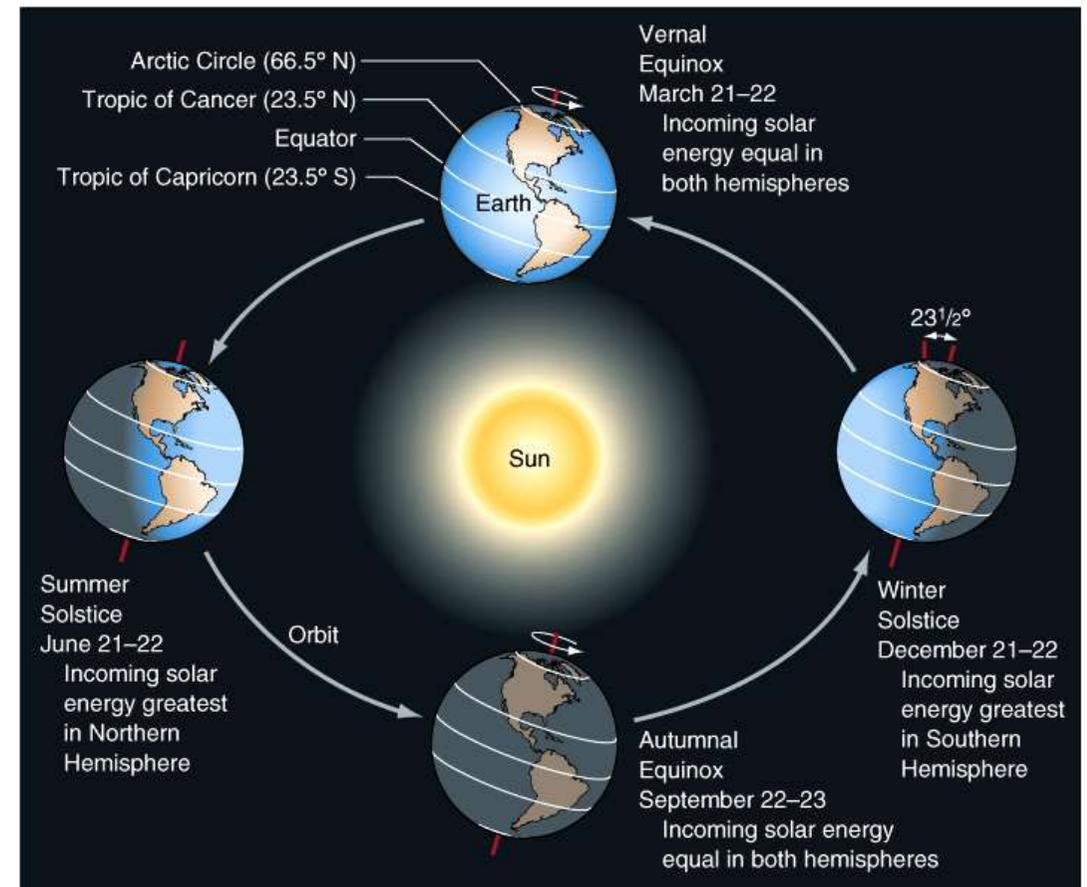
LA ÓRBITA TERRESTRE

□ Tipos de movimiento.

- Rotación (eje inclinado).

✓ Las estaciones astronómicas

✓

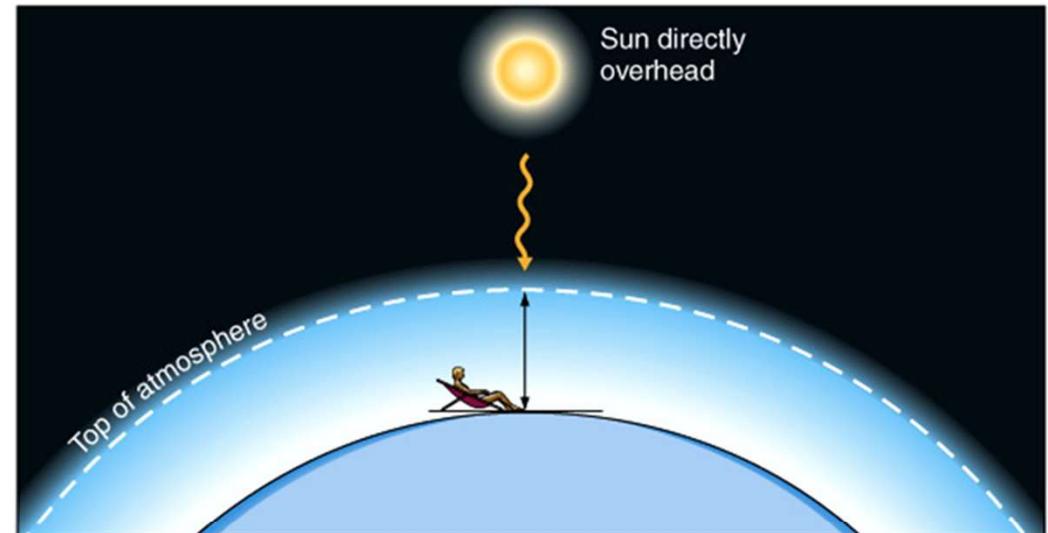


LA ÓRBITA TERRESTRE

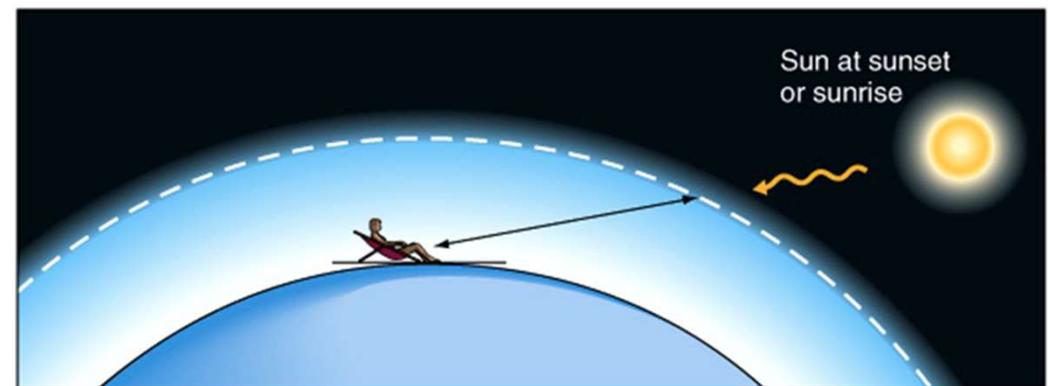
□ Tipos de movimiento.

- Rotación (eje inclinado).

- ✓ Ángulo con el que la radiación alcanza la atmósfera



(a)



(b)

LA ÓRBITA TERRESTRE

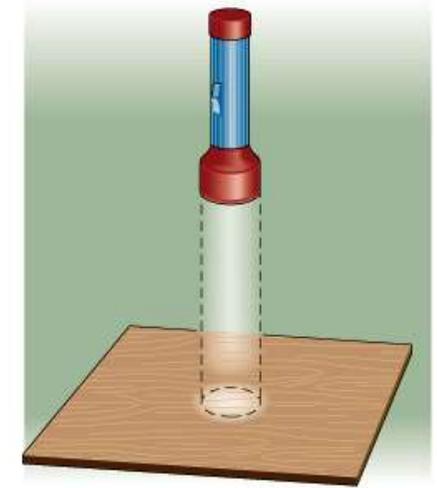
□ Tipos de movimiento.

• Precesión.

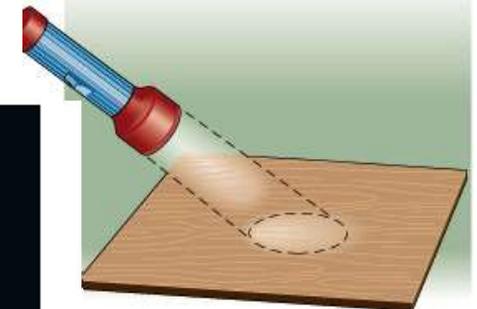
✓ **Ángulo con el que la radiación alcanza la atmósfera**

✓ La intensidad de la radiación sobre un plano decrece en forma proporcional al coseno del ángulo de incidencia.

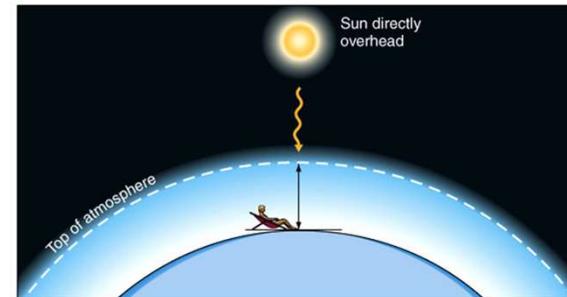
✓ A medida que disminuye el ángulo, se incrementa la superficie → a mayor superficie menor intensidad de la radiación solar



(a)



(b)



(a)



(b)

LA ATMÓSFERA TERRESTRE



TIEMPOS Y CLIMA
3^{er} Curso 1^{er} cuatrimestre

CARACTERÍSTICAS GENERALES

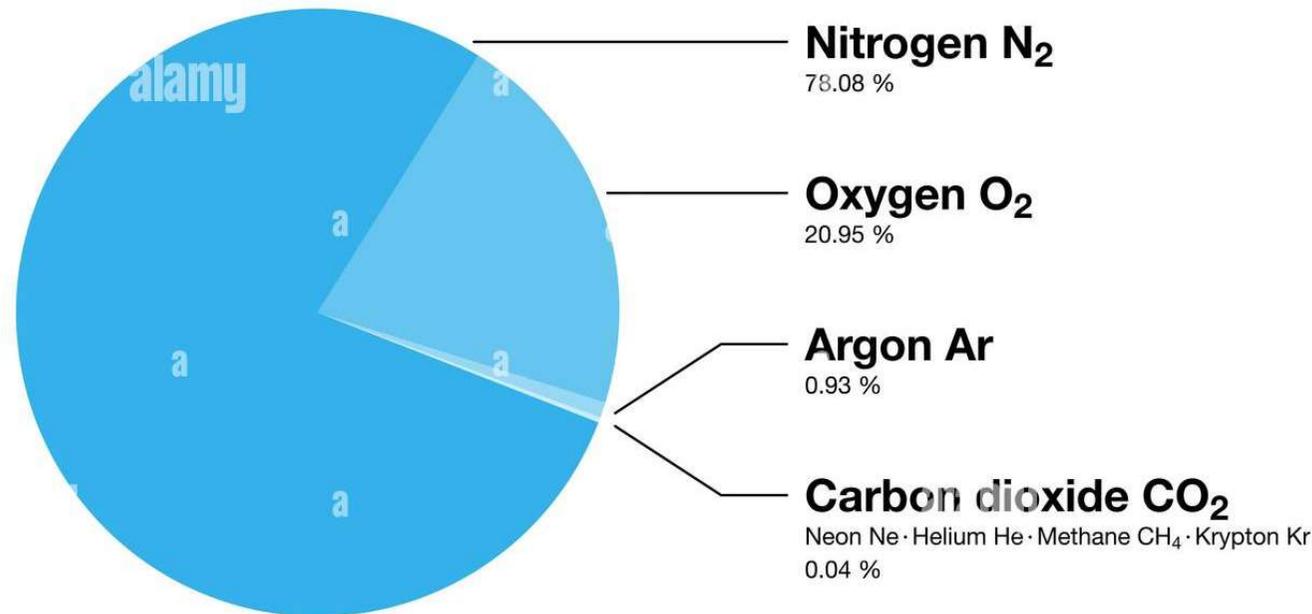
□ Dimensiones.

- Capa relativamente superficial → si tomamos como límite los 100 primeros km.
 - ✓ Representa el 99 % de la atmósfera
 - ✓ Equivale al 2 % del radio de la Tierra (6400 km).
 - ✓ A causa de su escaso espesor, su movimiento principal es horizontal pero sus movimientos verticales son determinantes para muchos más procesos atmosféricos

COMPOSICIÓN

□ Mezcla de gases y partículas líquidas y sólidas

- Gases más abundantes: nitrógeno y oxígeno.
- Otros gases menos abundantes.



COMPOSICIÓN

□ Mezcla de gases y partículas líquidas y sólidas

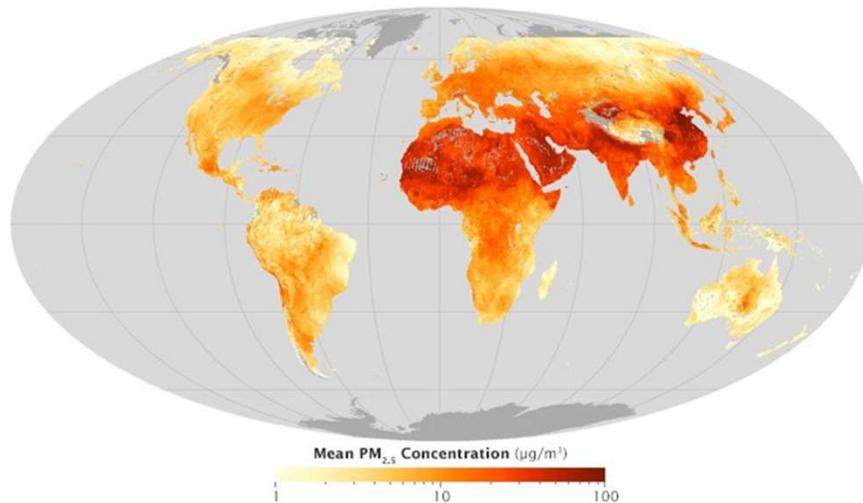
- Gases menos abundantes
- Muy importantes para el funcionamiento del sistema climático
- Muy variables en el espacio y el tiempo.
 - ✓ Vapor de agua (H_2O)
 - ✓ Dióxido de carbono (CO_2)

GASES ENCONTRADOS EN CANTIDADES FIJAS EN EL AIRE		
Nombre	Por volumen (%)	Por masa (%)
Nitrógeno	78,084	75,52
Oxígeno	20,946	23,14
Argón	0,934	1,3
Neón	$18,2 \times 10^{-4}$	$12,7 \times 10^{-4}$
Helio	$5,2 \times 10^{-4}$	$0,7 \times 10^{-4}$
Criptón	$1,1 \times 10^{-4}$	$3,2 \times 10^{-4}$
Hidrógeno	$5,0 \times 10^{-5}$	$0,3 \times 10^{-5}$
Oxido nítrico	$3,0 \times 10^{-5}$	$4,6 \times 10^{-5}$
xenón	$0,9 \times 10^{-5}$	$4,1 \times 10^{-5}$

COMPOSICIÓN

□ Mezcla de gases y partículas líquidas y sólidas

- Aerosoles: no son gases



Typical atmospheric aerosols



Forest fires



Soil erosion



Volcano eruptions

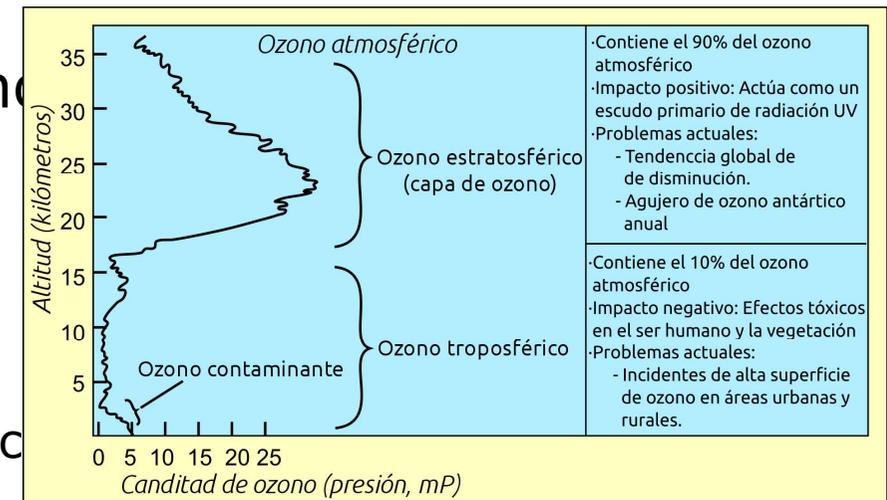


Industrial activities

COMPOSICIÓN

□ El agujero de la capa de ozono

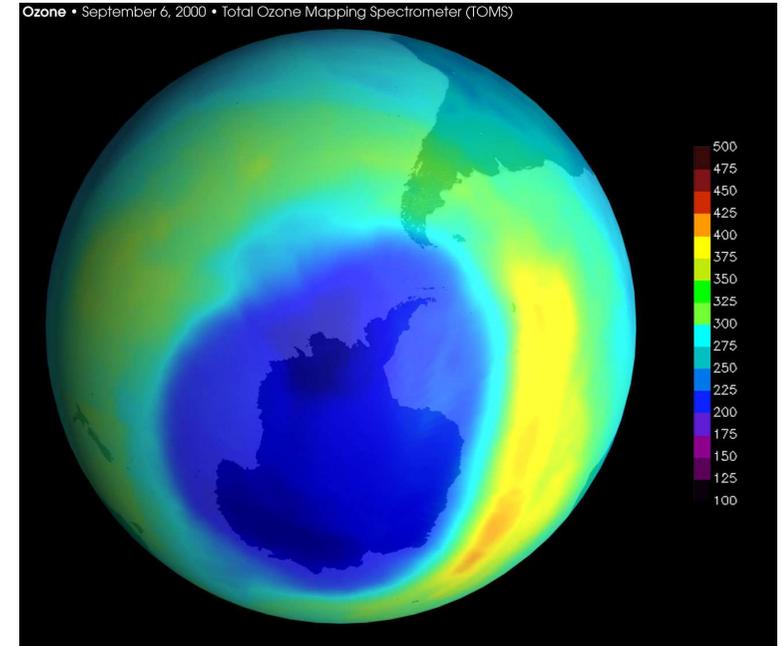
- Ozono estratosférico frente al ozono troposférico
- Ozonósfera:
 - ✓ Capa entre los 15 y los 50 km
 - ✓ Acumula el 90 % del ozono atmosférico se mide en unidades Dobson (siendo UD= 2.69×10^{16} moléculas/cm² o 2.69×10^{20} moléculas/m²).
 - ✓ Impide que los rayos ultravioleta de alta frecuencia (150-300 nm) alcancen la superficie.



COMPOSICIÓN

□ El agujero de la capa de ozono

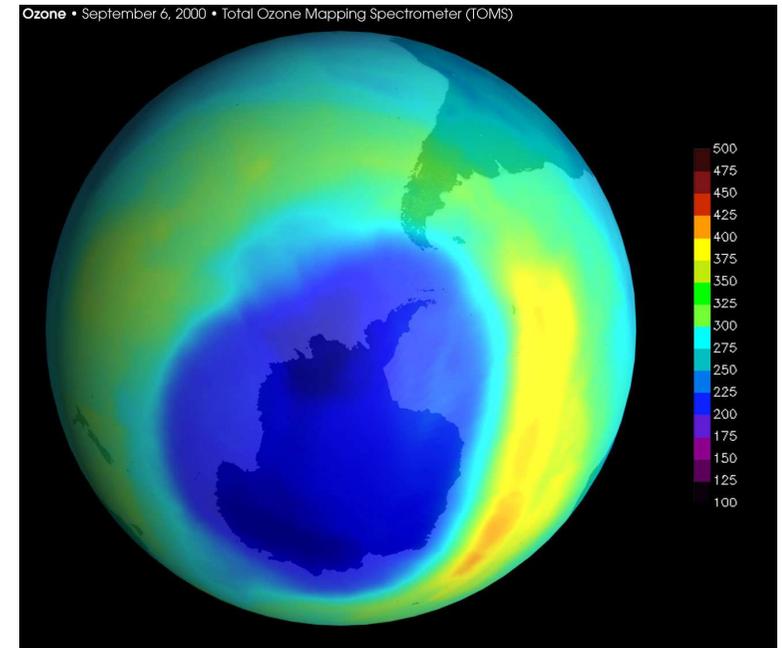
- Fenómeno anual observado en primavera en las regiones polares, recuperación durante el verano.
- Reducción descubierta desde finales de los 70 (Antártida).
- Preocupación mundial sobre el incremento en el riesgo de cáncer y otros efectos negativos.



COMPOSICIÓN

□ El agujero de la capa de ozono

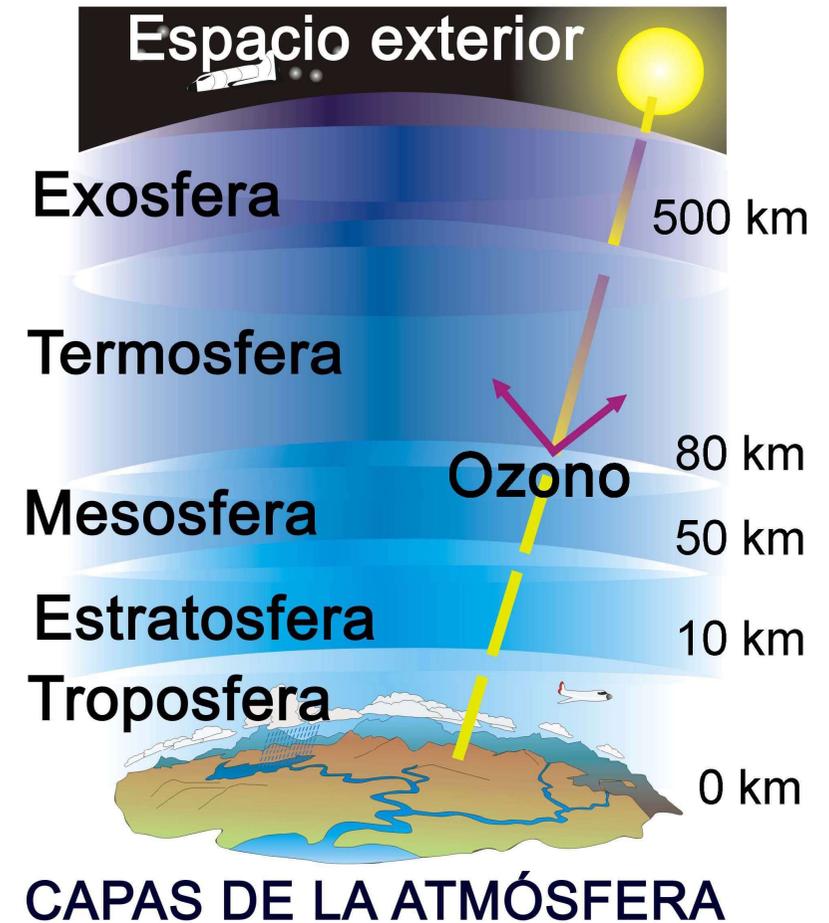
- Causa: aumento de la concentración de cloro y de bromo en la estratosfera → emisiones antropogénicas (compuestos clorofluorocarbonados –CFC- utilizados como refrigerante).
- Adopción del Protocolo de Montreal (1987): compromiso para reducir la producción de CFC en 10 años → estabilización de los niveles de ozono en los 90 y recuperación.



ESTRUCTURA VERTICAL

□ En la atmósfera se distinguen diferentes capas.

- Troposfera
- Estratosfera
- Mesosfera
- Termosfera

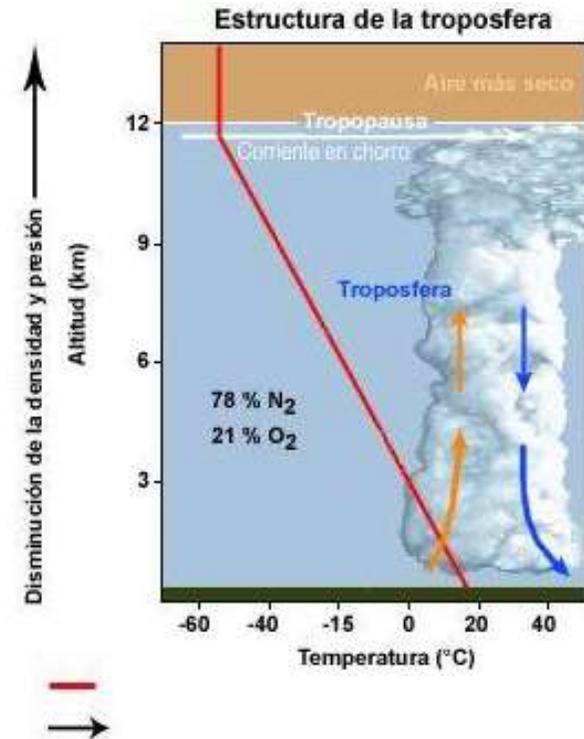


ESTRUCTURA VERTICAL

□ En la atmósfera se distinguen diferentes capas.

- **Troposfera:**

- ✓ Ocupa los primeros 15 km.
- ✓ Concentra la mayoría de los fenómenos atmosféricos
- ✓ Concentra la mayor parte del vapor de agua
- ✓ La temperatura disminuye con la altitud

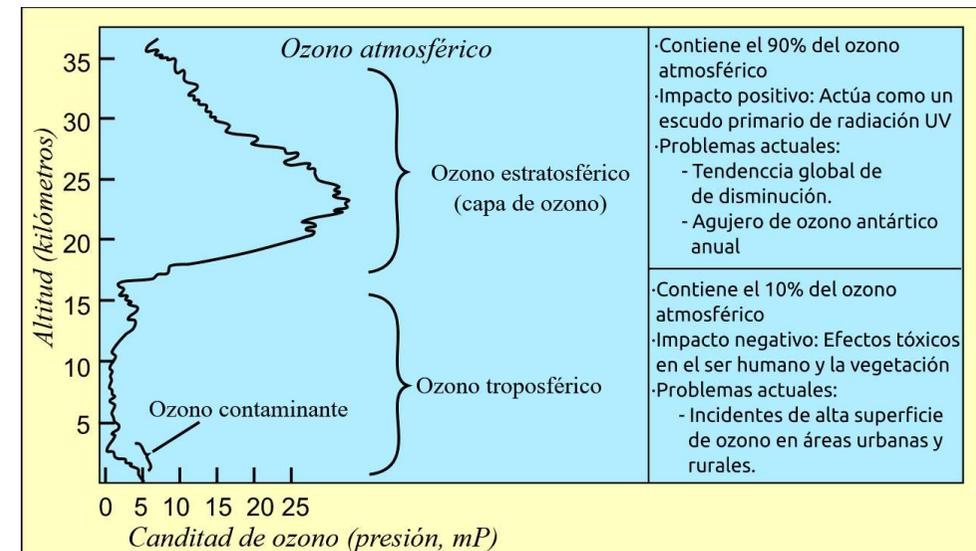
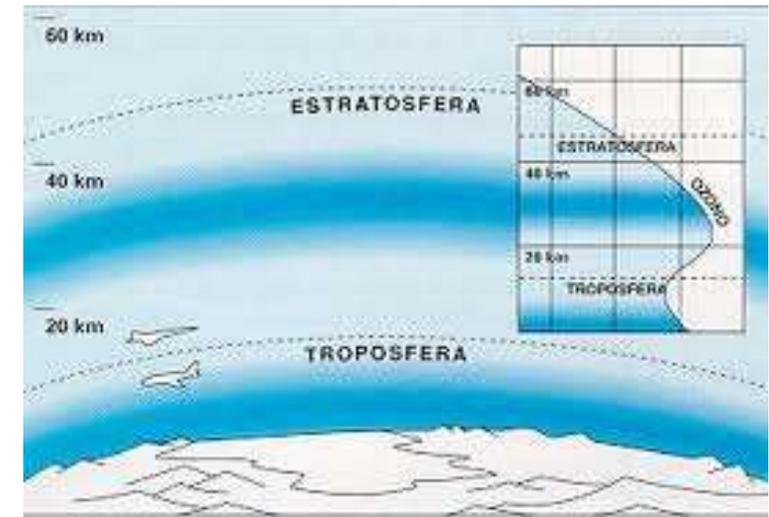


ESTRUCTURA VERTICAL

□ En la atmósfera se distinguen diferentes capas.

- Estratosfera:

- ✓ Entre los 15 y los 50 km.
- ✓ Temperaturas inicialmente constantes con la altitud, luego aumentando hacia la estratosfera superior.
- ✓ Contiene la capa de ozono.



ESTRUCTURA VERTICAL

□ **En la atmósfera se distinguen diferentes capas.**

- **Mesosfera:**

- ✓ Entre los 50 y los 80 km.
- ✓ Disminución de la temperatura con la altitud.
- ✓ Poca importancia meteorológica.

- **Termosfera:**

- ✓ Por encima de los 80 km (50 mi), sin techo definido.
- ✓ Aumento de la temperatura con la altitud pero muy baja densidad.

EVOLUCIÓN

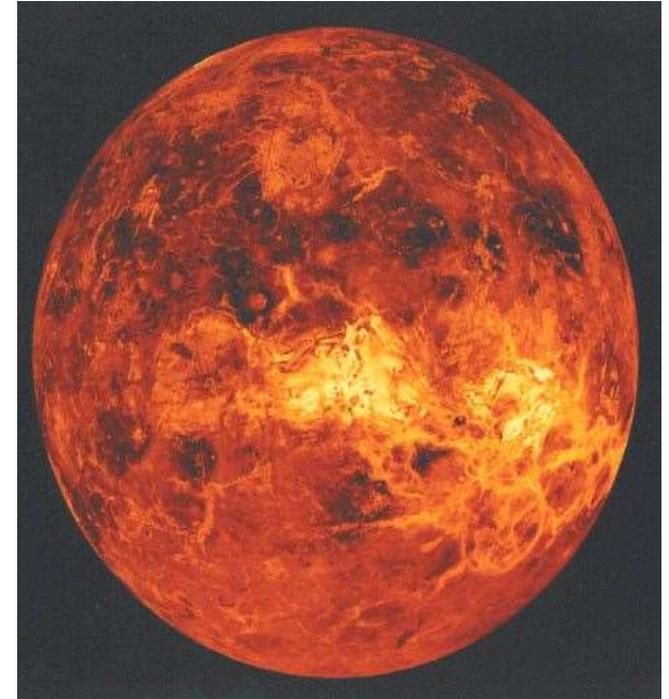
□ La composición actual no ha sido constante.

- Disminución del dióxido de carbono y del vapor de agua, aumento del nitrógeno y oxígeno.
- Resultado de la combinación de procesos físicos y biológicos (oxígeno como resultado de la fotosíntesis).

EVOLUCIÓN

□ Edad y génesis.

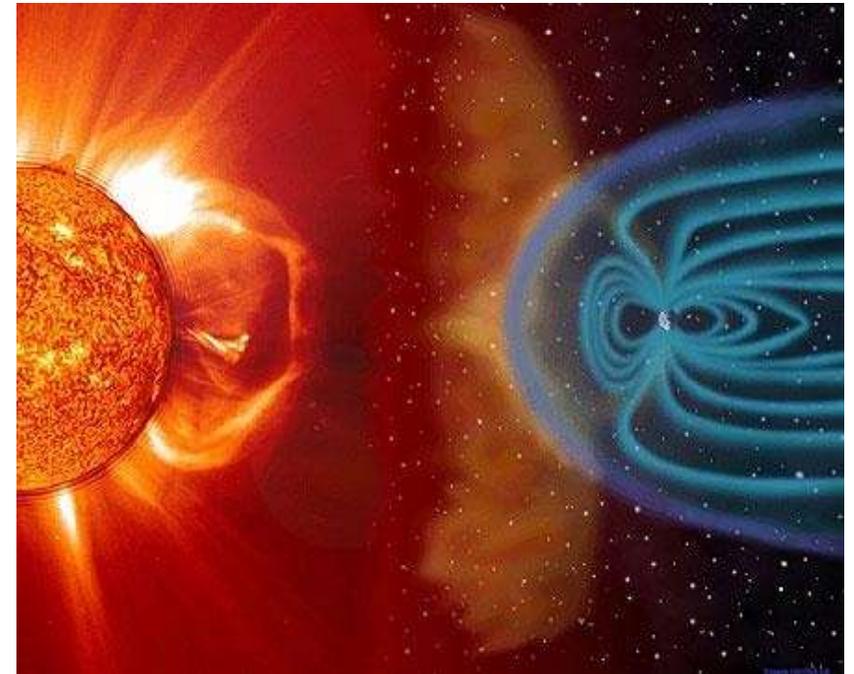
- Edad de la Tierra: \pm 4,6 miles de millones de años.
- Contenía una primitiva atmósfera (composición sujeta a debate):
 - ✓ Carecía de O, probablemente solo H y He.
 - ✓ Sin agua en estado líquido.
 - ✓ Sin campo magnético que desviase el viento solar y los rayos cósmicos.



EVOLUCIÓN

□ Diferenciación geoquímica.

- Formación del campo magnético → impide el paso del viento solar y los rayos cósmicos.
- El enfriamiento formó la corteza terrestre (volcanes y Tectónica de placas) → liberación de nuevos gases a la atmósfera



EVOLUCIÓN

□ 2ª atmósfera

- Cuándo: 4-3,8 mil millones de años
- Composición diferente producto del vulcanismo: CO₂, vapor de agua, nitrógeno.
- Concentración: 100 veces la actual.
- Consecuencia: efecto invernadero más intenso (impidió que la Tierra se helase)



EVOLUCIÓN

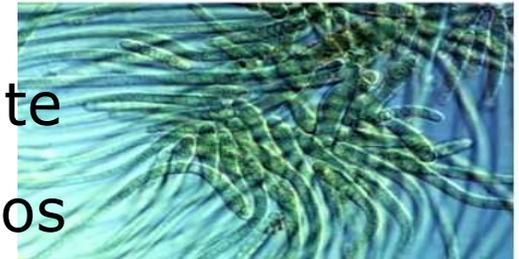
□ 2ª atmósfera.

- Enfriamiento

- ✓ El nitrógeno → componente más abundante
- ✓ Condensación del vapor de agua → océanos
- ✓ Disolución del CO_2 en los océanos → rocas carbonatadas

- Primeras formas de vida.

- ✓ Las cyanobacterias comienzan la fotosíntesis (3500 millones) → $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{luz solar} = \text{compuestos orgánicos} + \text{O}_2$ (al principio, menos del 0,1% por la oxidación)



EFFECTOS DE LA ATMÓSFERA

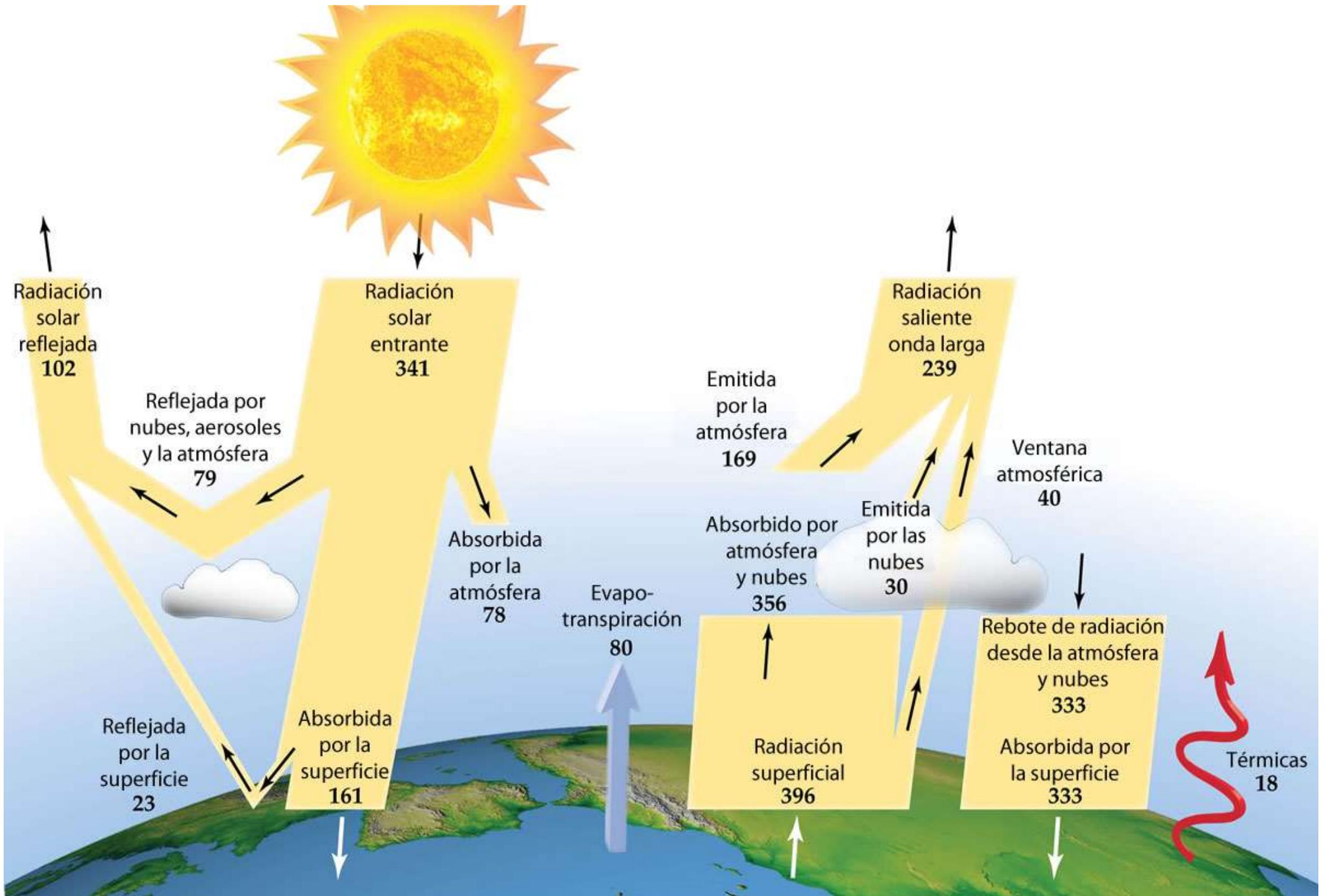
□ ¿Cómo afecta la atmósfera a la radiación que alcanza la Tierra?

- La energía solar que atraviesa la atmósfera está sujeta a diferentes procesos
 - ✓ Reducción de la radiación solar: absorción, dispersión (cielos azules diurnos, nubes blancas y puestas de sol rojas) y reflexión.
 - ✓ Cambio en el espectro de la radiación solar: mayor absorción o dispersión de algunas longitudes de onda.
 - ✓ La introducción de un componente difusa o indirecta a la radiación solar.

EFFECTOS DE LA ATMÓSFERA

□ ¿Qué es el balance energético planetario?

- Un principio básico: la temperatura del planeta se mantiene estable cuando la energía solar entrante y terrestre saliente son iguales en cantidad.

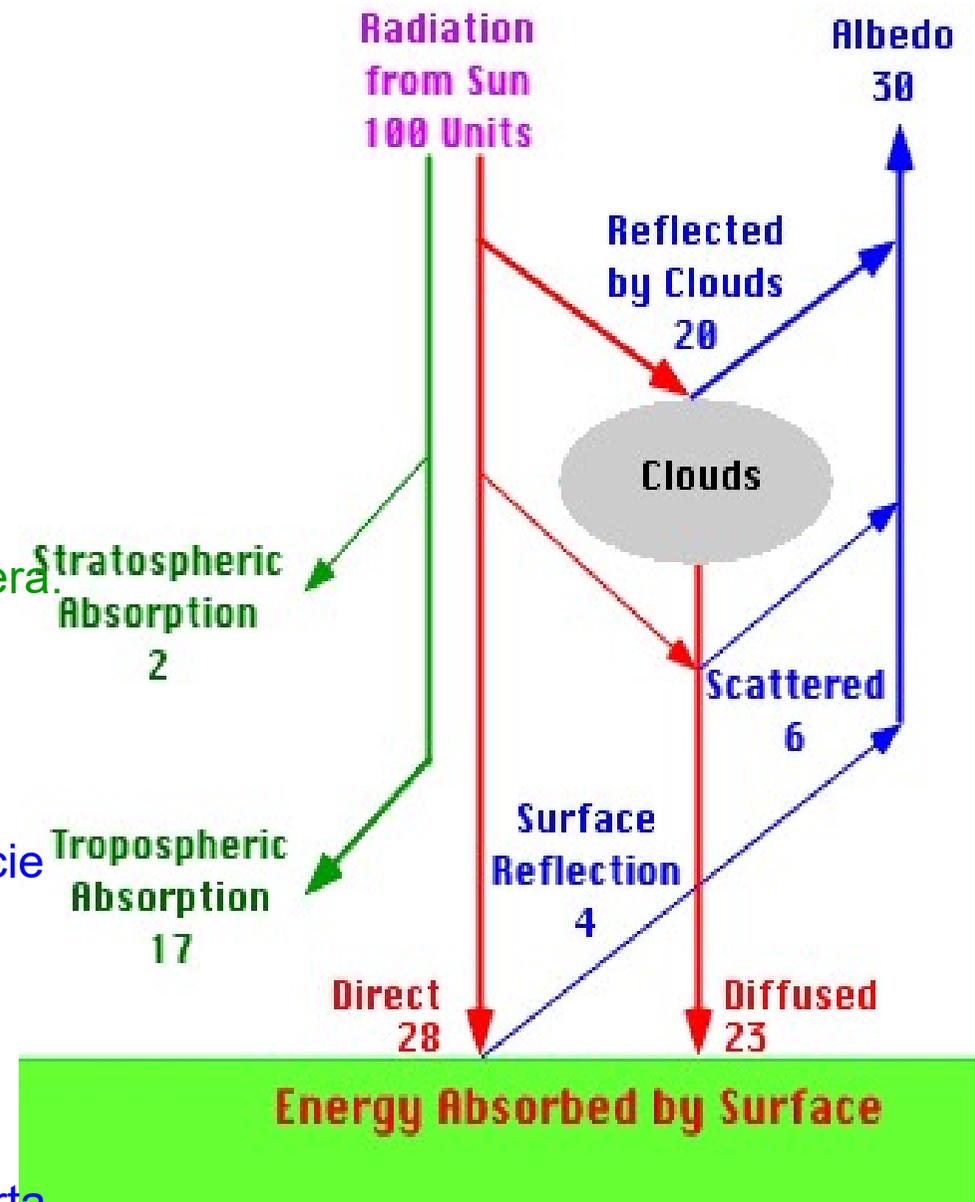


Radiación de onda corta que alcanza la parte superior de la atmósfera

Supongamos 100 unidades iniciales:

Cantidad total absorbida por la superficie y la atmósfera: 70 uds.

- 19 por la **atmósfera** (y luego convertidas en radiación de onda larga):
 - 2 por el ozono en la estratosfera (rad. Ultravioleta).
 - 17 por las nubes y aerosoles en la troposfera.
- 51 por la **superficie**:
 - 28 como insolación directa.
 - 23 se dispersan para ser posteriormente reabsorbidas como insolación difusa.
- 30 **retornan al espacio** (sin alcanzar la superficie terrestre) a causa de :
 - Reflexión de la superficie terrestre: 4 ud.
 - Reflexión de las nubes: 20 ud.
 - Dispersión: 6 unidades.
- El término utilizado para describir el efecto combinado de todas estas pérdidas de onda corta es albedo terrestre.



Radiación de onda larga que emite la superficie terrestre también es sometida a varios procesos atmosféricos.

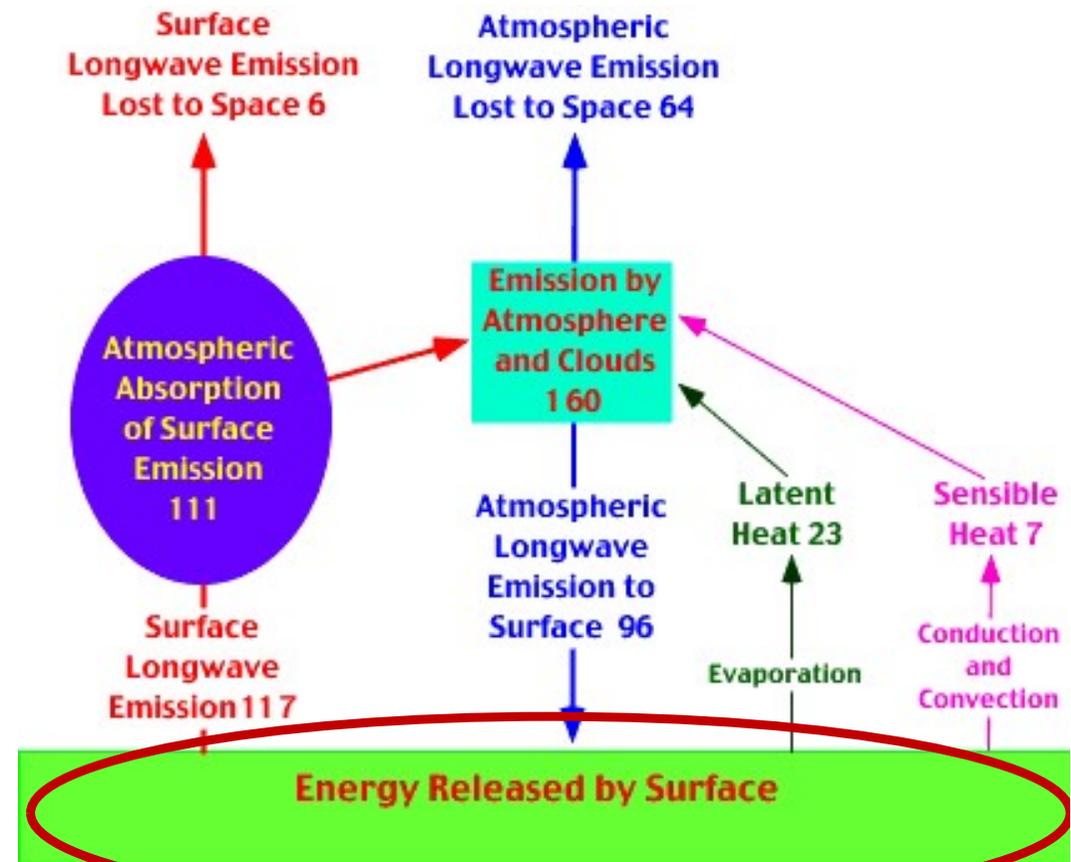
La superficie terrestre libera energía a través de varios procesos diferentes.

La atmósfera y las nubes absorben :

- 7 uds como calor sensible (conducción y convección).
- 23 uds como calor latente: cambios de estado (fusión, evaporación) del agua.

Directamente, 117 ud emitidas como radiación de onda larga.

- 6 uds se pierden en el espacio.
- 111 uds absorbidas por los gases de efecto invernadero en la atmósfera.



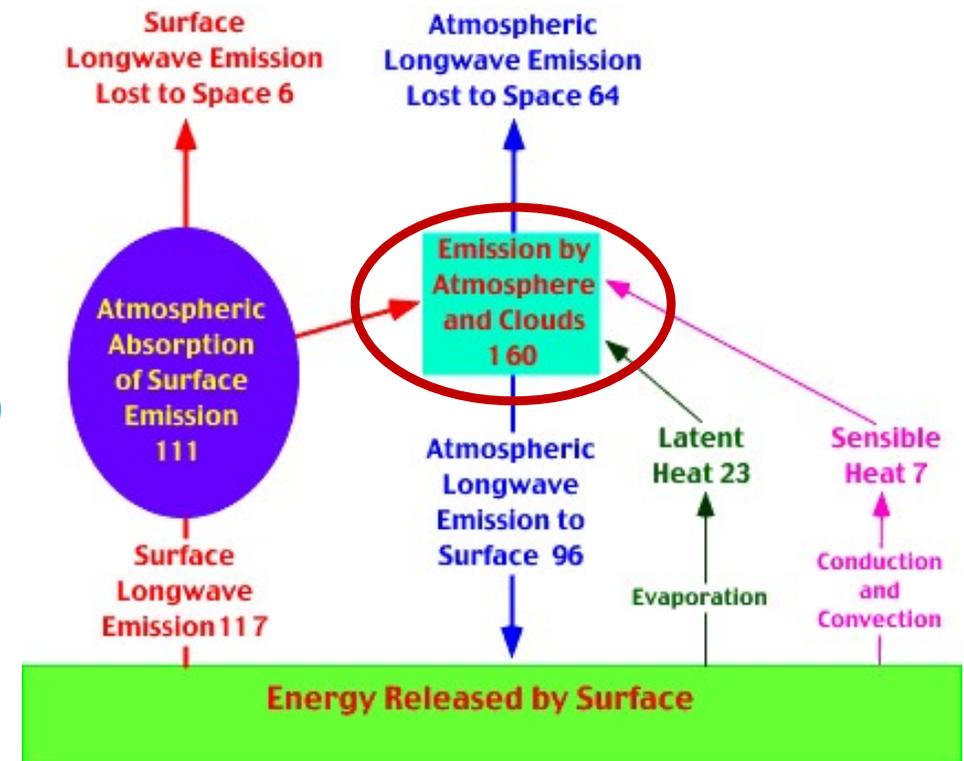
Radiación de onda larga que emite la superficie terrestre también es sometida a varios procesos atmosféricos.

La atmósfera (gases + nubes) emiten 160 unidades de energía de onda larga que provienen de:

- ✓ Emisiones superficiales de radiación de onda larga (117-6=111 uds),
- ✓ Transferencia de calor latente (23 uds)
- ✓ Transferencia de calor sensible (7 uds)
- ✓ Absorción de radiación de onda corta (19 uds).

Las emisiones atmosféricas viajan en dos direcciones:

- ✓ 64 unidades de emisión atmosférica se pierden directamente al espacio.
- ✓ 96 unidades viajan a la superficie de la Tierra donde se absorbe.



EFFECTOS DE LA ATMÓSFERA

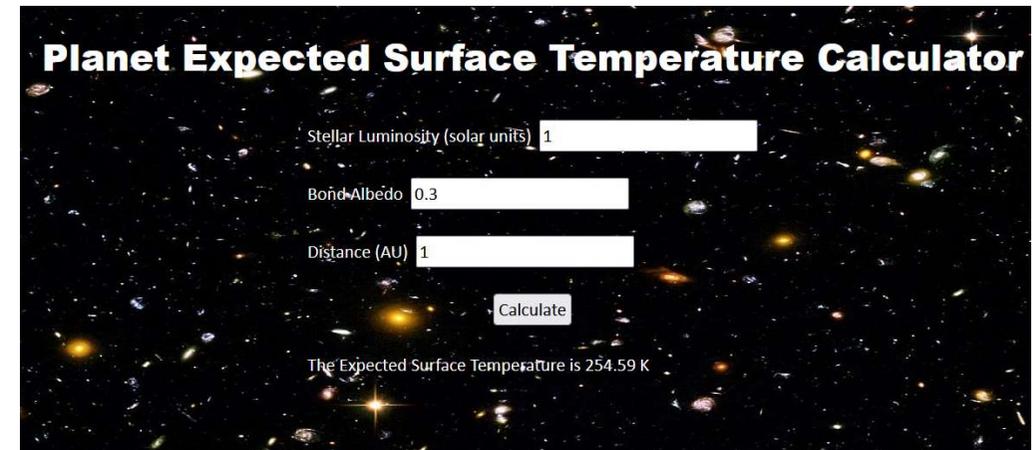
□ El efecto invernadero

- Retención de la energía de onda larga por parte de los gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera.
- ¿Es un concepto nuevo?
 - ✓ Propuesto por Joseph Fourier (1824)
 - ✓ Descubierta en 1860 por John Tyndall.
 - ✓ Investigado cuantitativamente por primera vez por Svante Arrhenius en 1896
 - ✓ Desarrollado entre 1930 y 1960 por Guy Stewart Callendar.

EFFECTOS DE LA ATMÓSFERA

□ El efecto invernadero (natural)

- La temperatura media de la superficie terrestre es de unos 14°C
- Sin este efecto invernadero natural, la temperatura de equilibrio de la Tierra sería de unos -18°C .

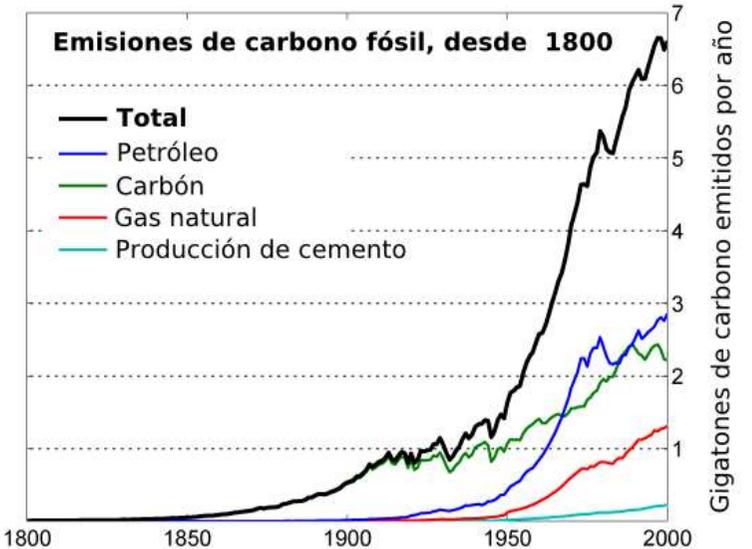
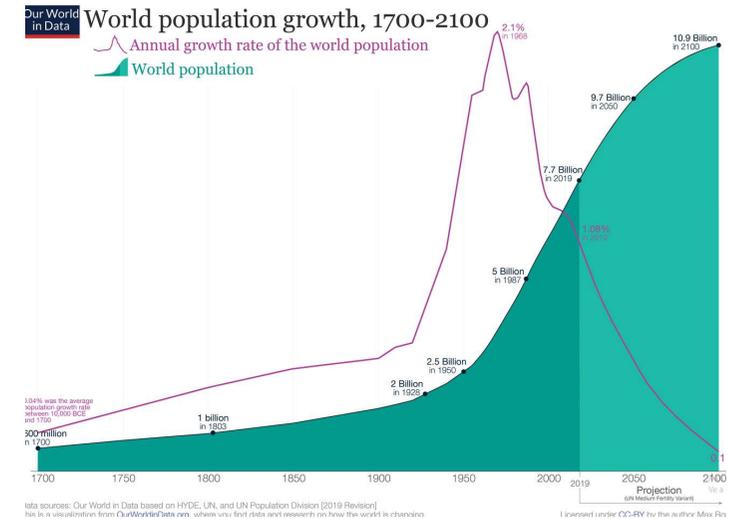


<http://home.ustc.edu.cn/~baishuxu/planettempcalc.html>

EFFECTOS DE LA ATMÓSFERA

□ El efecto invernadero (antrópico)

- Las actividades humanas (deforestación, cambios de usos de suelo, desarrollo industrial) han cambiado la composición de la atmósfera



Gases de Efecto invernadero afectados por actividades humanas						
Descripción	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC-11	HFC-23	CF ₄
Concentración pre industrial	280 ppm	700 ppb	270 ppb	0	0	40 ppt
Concentración en 1998	365 ppm	1.745 ppb	314 ppb	268 ppt	14 ppt	80 ppt
Permanencia en la atmósfera	de 5 a 200 años	12 años	114 años	45 años	260 años	+50 000 años

Fuente: ICCP, Clima 2001, La base científica, Resumen técnico del Informe del Grupo de Trabajo I, p. 38⁶⁰

LA SUPERFICIE TERRESTRE



TIEMPOS Y CLIMA
3^{er} Curso 1^{er} cuatrimestre

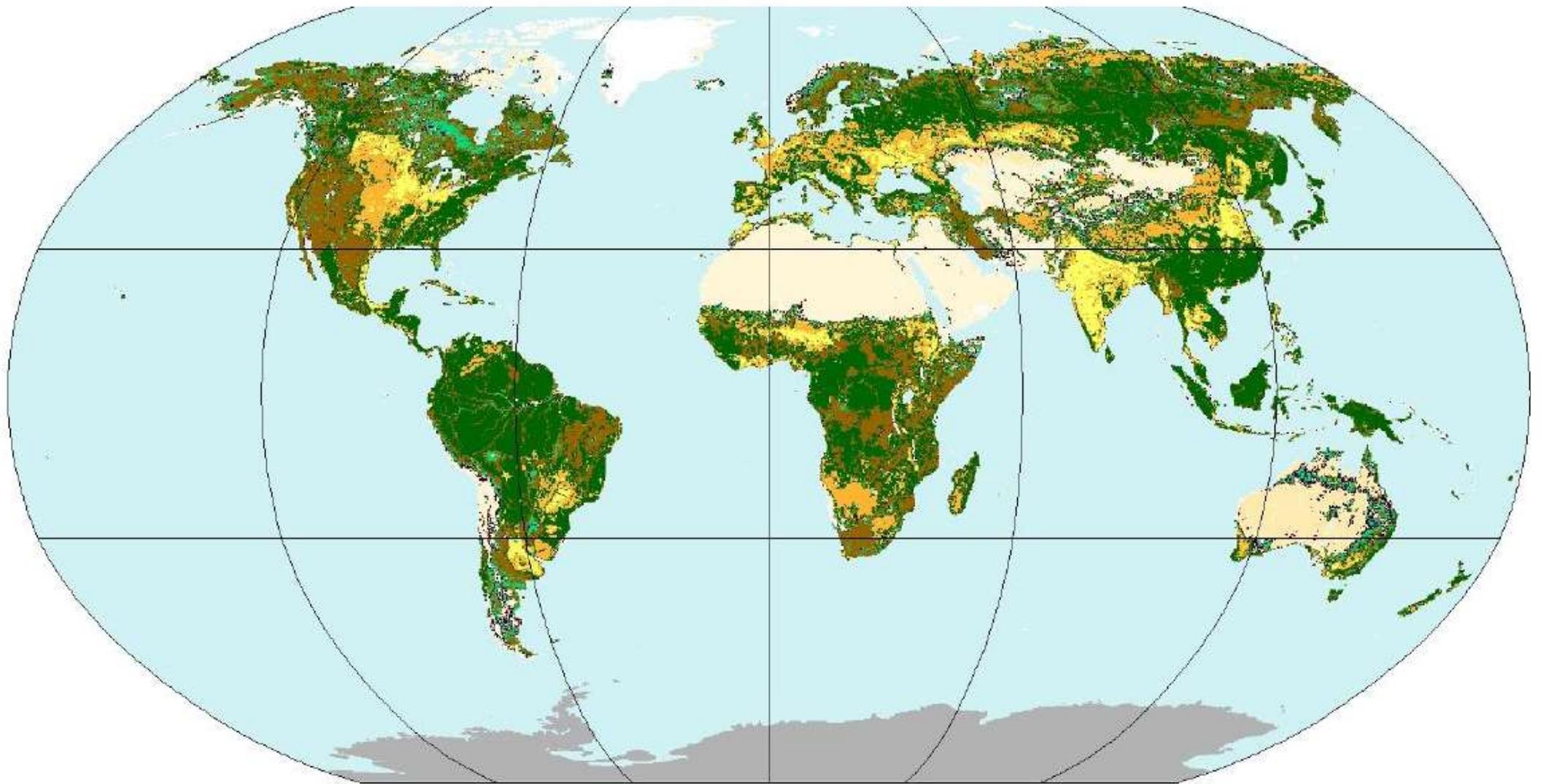
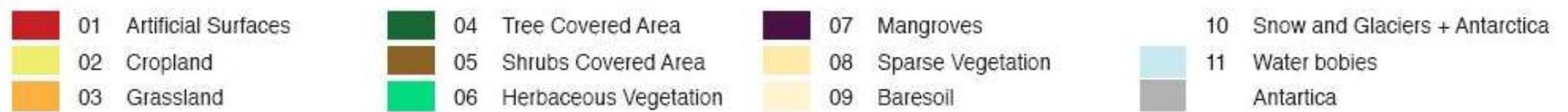


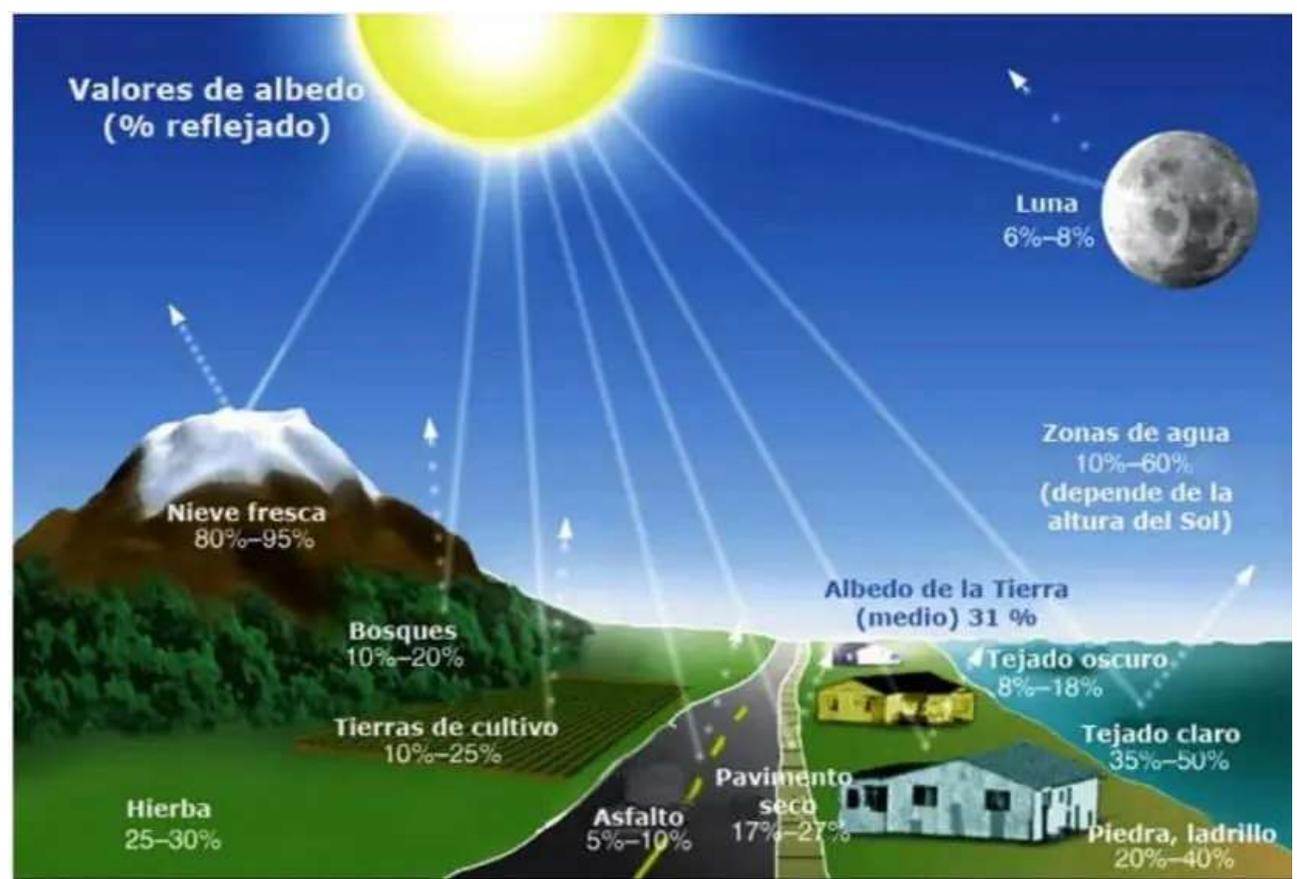
Figure 3 – Distribution of dominant GLC-SHARE Land Cover Database.



ALBEDO

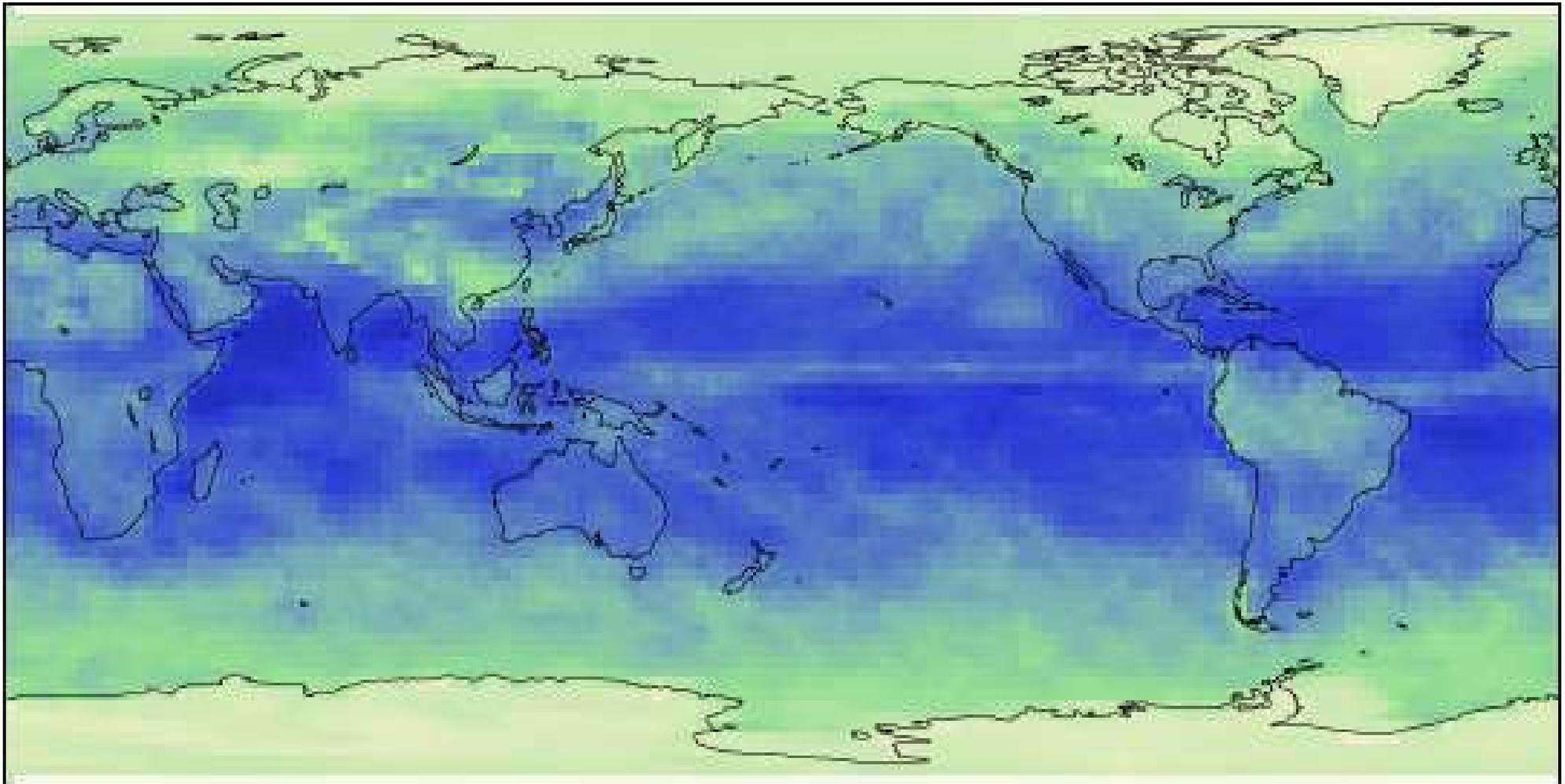
□ Definición.

- Porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre ella.



- ✓ Valor adimensional: se mide en una escala de cero (un cuerpo negro que absorbe toda la radiación incidente) a uno (un cuerpo blanco que refleja toda la radiación incidente).
- ✓ Las superficies claras tienen valores de albedo superiores a las oscuras.
- ✓ El albedo medio de la Tierra es aproximadamente 0.31

ALBEDO



ALBEDO

□ Efectos.

- Un albedo alto enfría la Tierra, porque la radiación absorbida (que sirve para calentarlo) es baja.
- Un albedo bajo calienta el planeta, porque la mayor parte de la luz es absorbida por el mismo.
- Ejemplo: albedo del agua (retroalimentación)
 - ✓ Las bajas temperaturas incrementan la cantidad de hielo sobre su superficie → planeta más blanco → aumento del albedo → enfriamiento del planeta → más hielo

ALBEDO

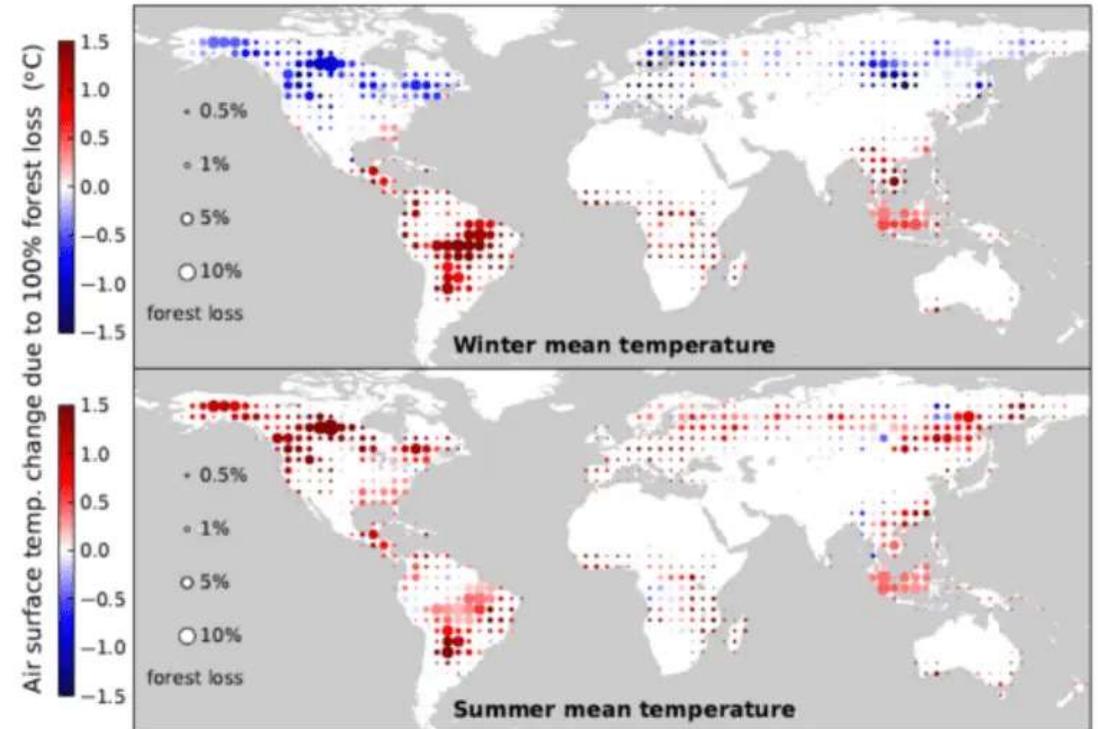
□ Efectos.

- Cambios (cantidad y tipo) de la cobertura arbórea.

- ✓ La cobertura arbórea en Europa está aumentando pero ...

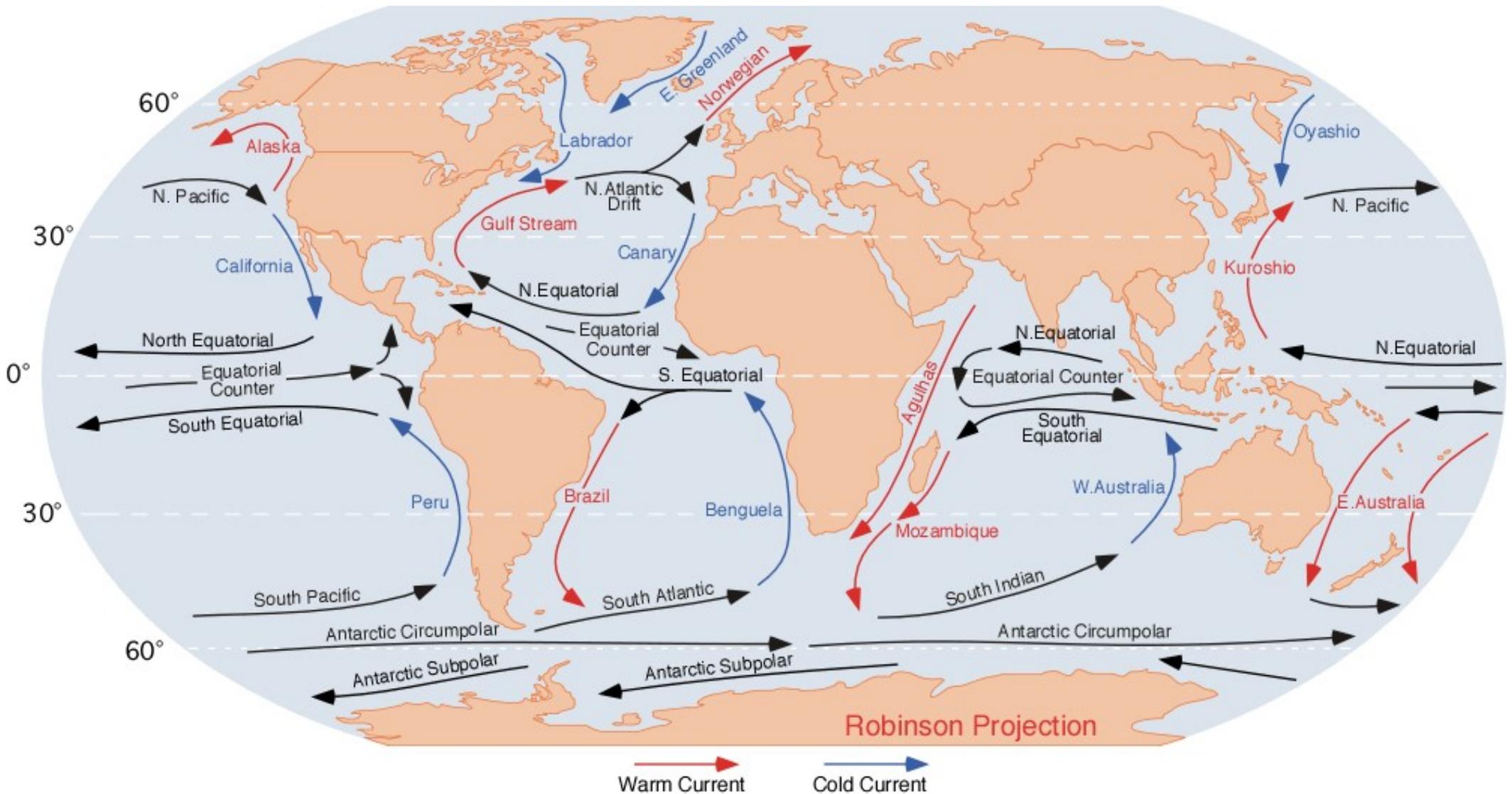
- ✓ Predilección por las coníferas (mayor valor comercial) → disminución de las frondosas en 436.000km² desde el año 1850

- ✓ Cambios en la evapotranspiración y el albedo



Kim Naudts (Instituto Pierre Simon Laplace (Francia))

LAS CORRIENTES MARINAS

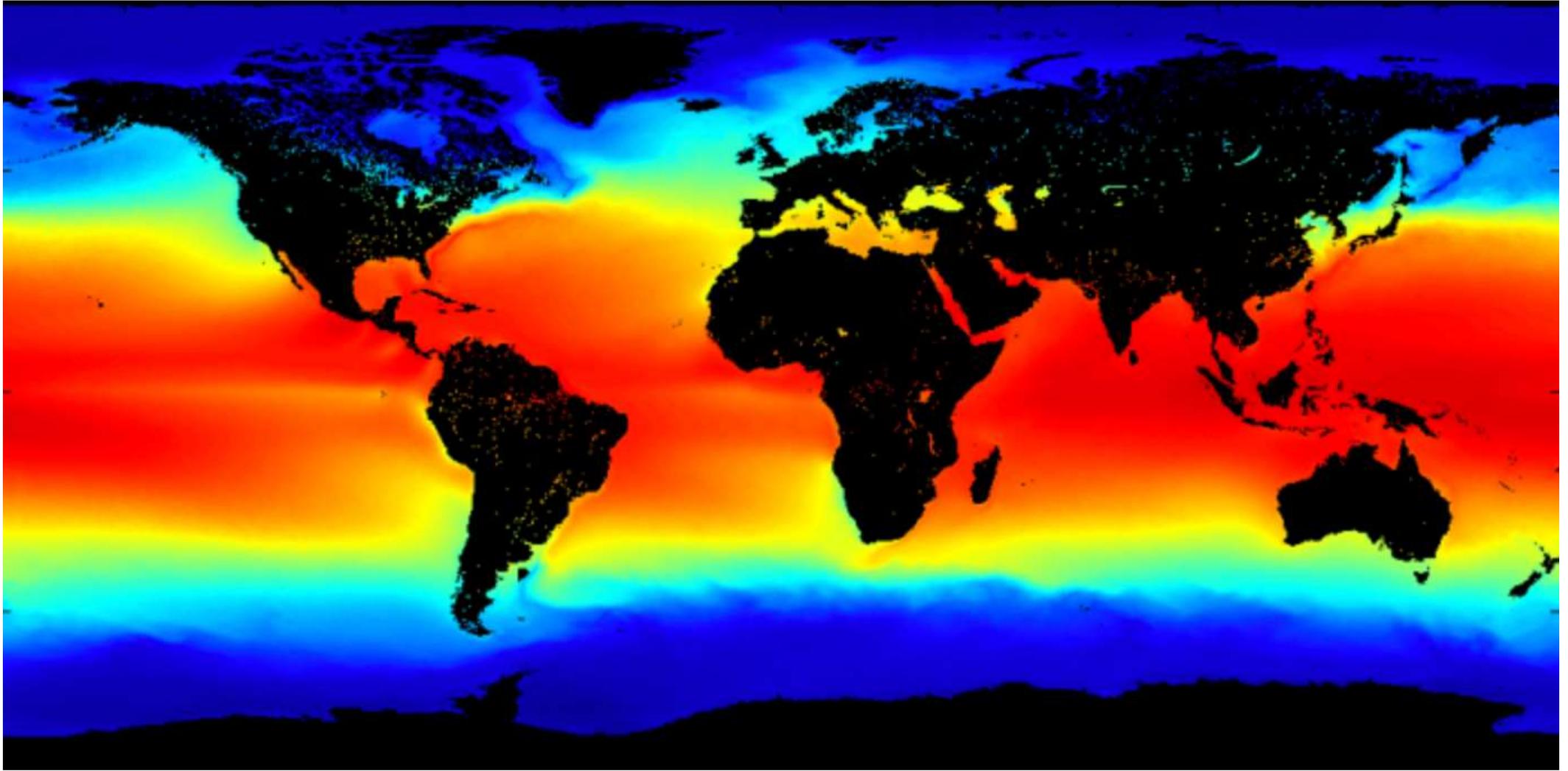


LAS CORRIENTES MARINAS

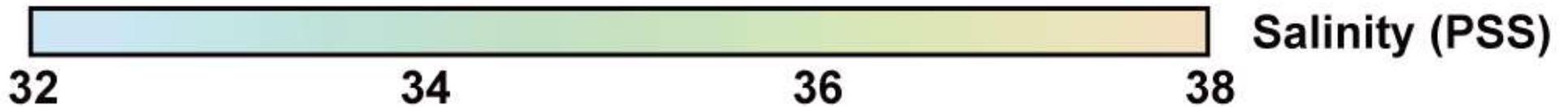
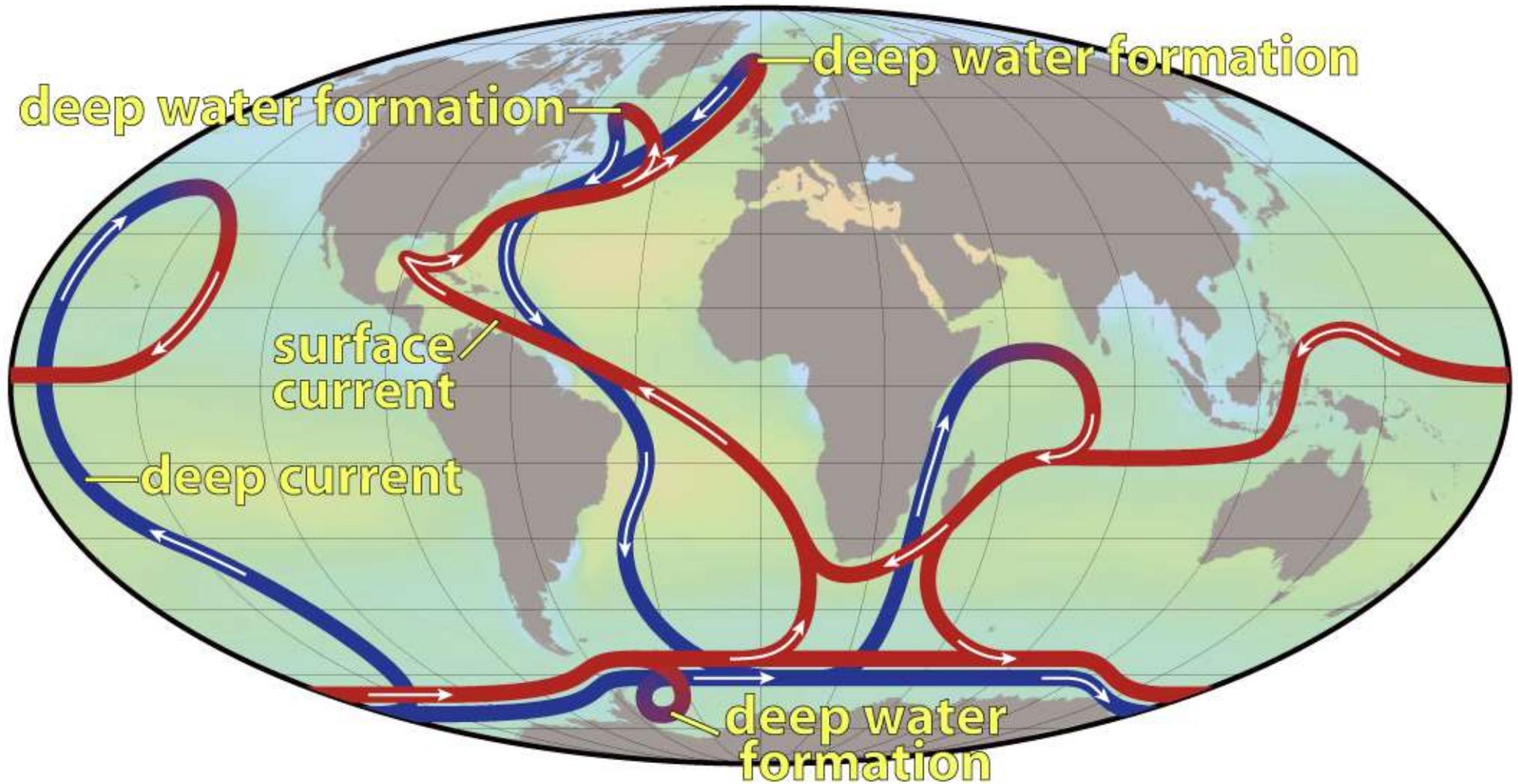
□ Superficiales.

- Producto fundamentalmente de los patrones globales de viento.
 - ✓ El efecto de Coriolis juega un papel importante en su desarrollo. La distribución de la velocidad en espiral de Ekman da como resultado que las corrientes fluyan en ángulo con los vientos impulsores, y desarrollan espirales típicas en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio norte y en sentido contrario en el hemisferio sur.
- Las corrientes oceánicas superficiales se mueven siguiendo las estaciones (notable en las corrientes ecuatoriales).
- Las cuencas oceánicas tienen corrientes no simétricas: la que fluye hacia el ecuador es ancha y difusa, mientras que la que fluye hacia los polos es relativamente estrecha.

LAS CORRIENTES MARINAS



Thermohaline Circulation



TIEMPOS Y CLIMA

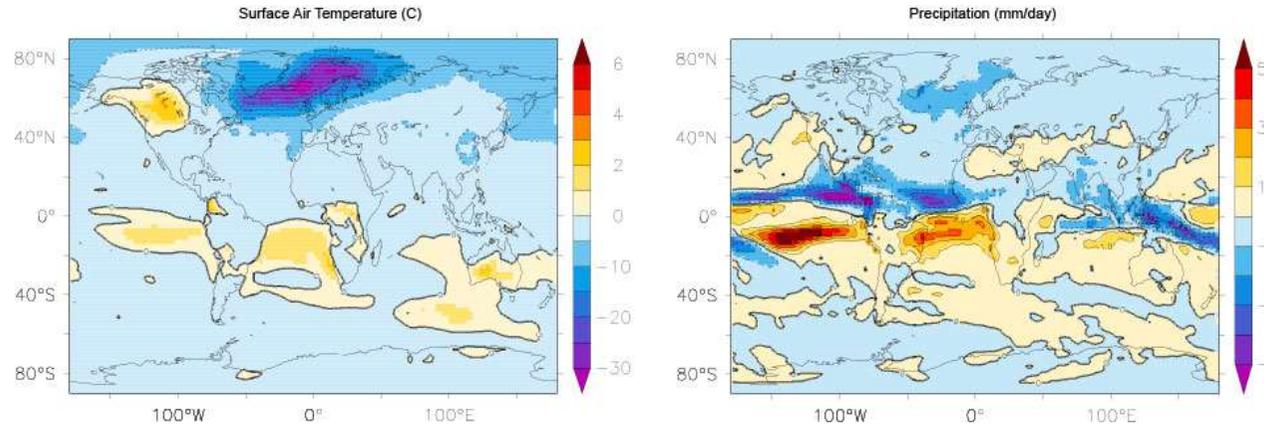
3^{er} Curso 1^{er} cuatrimestre

LAS CORRIENTES MARINAS

□ Profundas: la circulación termohalina.

- Génesis: diferencias de densidad (causadas por las variaciones de salinidad y temperatura: a + salinidad y – temperatura, un fluido aumentan su densidad.
- Sinónimo: “Cinta transportadora”.
 - ✓ Exporta calor latente desde latitudes bajas hacia el N
 - ✓ La evaporación aumenta la salinidad y enfría el agua → aumento de la densidad del agua en la superficie (+ formación de hielo marino expulsa la sal) → Esta agua densa se hunde.
 - ✓ La Corriente del Golfo y la Deriva Noratlántica son parte de este circuito

LAS CORRIENTES MARINAS



□ Profundas: la circulación termohalina.

- Efectos climáticos:
 - ✓ El transporte de calor hacia los polos desde los trópicos es considerablemente mayor en la atmósfera que en el océano.
 - ✓ El suministro de calor a las regiones polares (cantidad de hielo marino) y continentales del hemisferio N



OTROS CONCEPTOS

Procesos de retroalimentación

□ ¿Qué son?

- Pueden ser

- ✓ Positivos: incrementan la respuesta a un forzamiento inicial. Un aumento global de la temperatura reduce los casquetes polares:
 - ✓ Menor albedo → Mayor absorción de la radiación solar → mayor calentamiento.
 - ✓ Acceso de las corrientes marinas más cálidas → mayor calentamiento.
- ✓ Negativos: amortiguan la respuesta a un forzamiento inicial. Un incremento de CO₂ → crecimiento de organismos que viven de él.

Procesos de retroalimentación

□ ¿Qué son?

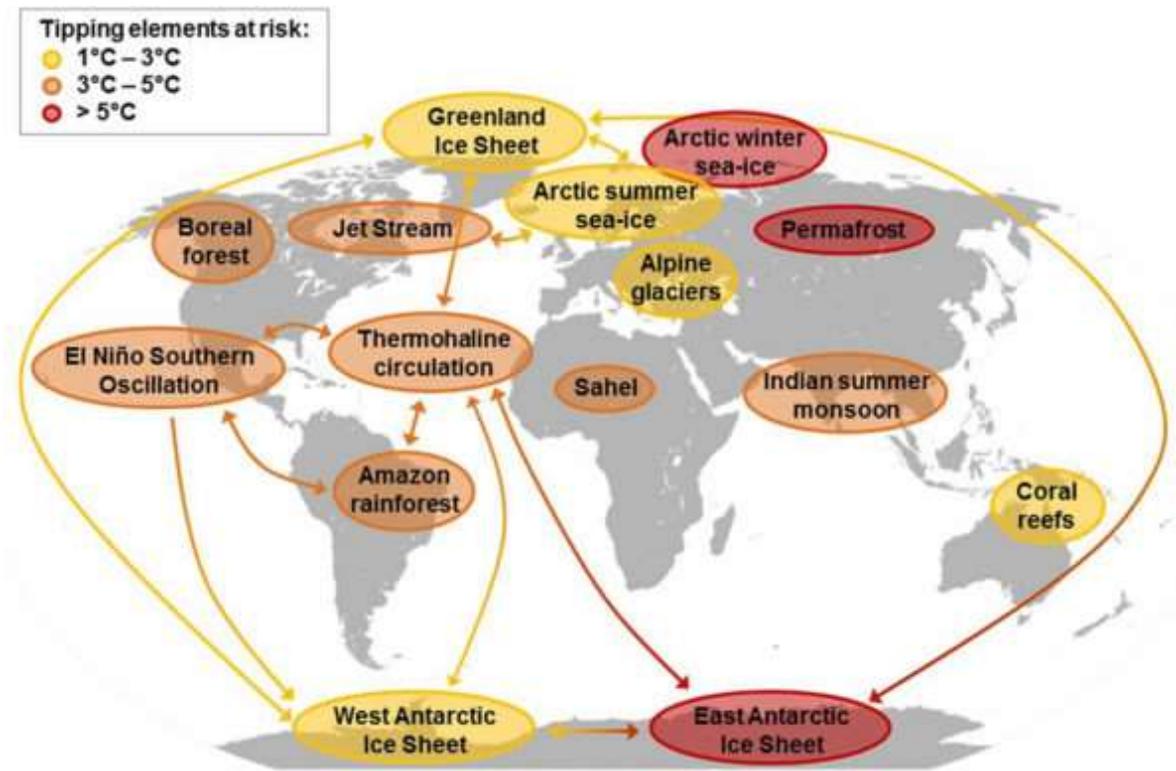
- Mecanismos de retroalimentación complejos
 - ✓ Las nubes: dependiendo de su naturaleza (altitud, temperatura): bajas enfrían, altas calientan.

Puntos de inflexion (Tipping points)

□ Definición

- Umbrales que, una vez traspasados, generan cambios significativos, a menudo irreversibles, en el Sistema Climático, y severos impactos en la Sociedad.

- ✓ Podemos enderezar una copa, pero no volver a rellenarla con el mismo líquido.



Puntos de inflexion (Tipping points)

□ Definición

- A menudo, pero no necesariamente, abruptos.
 - ✓ Un calentamiento elevado iniciará la fusión de la capa de hielo de Groenlandia de manera irreversible (punto de inflexión) → pero el derretimiento se produciría durante milenios.
- Existen múltiples tipos de puntos de inflexión debido a:
 - ✓ La magnitud del cambio ambiental
 - ✓ El ritmo de cambio ("tasa de cambio")
 - ✓ A la variabilidad interna del sistema o "ruido"

Ejemplo de punto de inflexión:
Meltwater pulse 1A. Periodo de ascenso brusco del nivel del mar

