

4. ECOLOGÍA (12 horas)

Idea fundamental:

La supervivencia continuada de organismos vivos, entre ellos los seres humanos, depende de la existencia de comunidades sustentables

Presentación realizada a partir de la creada por Aureliano Fernández (IES Martínez Montañas de Sevilla)
<https://sites.google.com/site/iesmmibiologia/>

<https://biologiageologiaiessantaclarabelenruiz.wordpress.com/bachillerato-internacional/biologia-nivel-superior/>

*IES Santa Clara.
1ºBACHILLER*

Dpto Biología y Geología.

internacional/biologia-nivel-superior/

CONTENIDOS

4.1. ESPECIES, COMUNIDADES Y ECOSISTEMAS.

4.2. FLUJOS DE ENERGÍA.

4.3. CICLO DEL CARBONO.

4.4. CAMBIO CLIMÁTICO.



*IES Santa Clara.
1ºBACHILLER*

Dpto Biología y Geología.

<https://biologiageologiaiessantaclarabelenruiz.wordpress.com/bachillerato-internacional/biologia-nivel-superior/>

Idea fundamental:

Las concentraciones de los gases atmosféricos afectan a los climas que se experimentan en la superficie terrestre.

4.4. Cambio climático.

Naturaleza de las ciencias

- Evaluación de afirmaciones: evaluación de las afirmaciones en las que se sostiene que las actividades humanas provocan un cambio climático. (5.2)

Comprensión

- El dióxido de carbono y el vapor de agua son los gases invernadero más importantes.
- Otros gases, como el metano y los óxidos de nitrógeno tienen un menor impacto.
- El impacto de un gas depende de su capacidad para absorber la radiación de onda larga, así como de su concentración en la atmósfera.
- La superficie terrestre calentada emite una radiación de longitud de onda más larga (calor).
- La radiación de onda más larga es absorbida por los gases invernadero que retienen el calor en la atmósfera.
- Las temperaturas globales y los patrones climáticos se ven influidos por las concentraciones de los gases invernadero.
- Hay una correlación entre las concentraciones atmosféricas crecientes de dióxido de carbono desde el inicio de la revolución industrial que tuvo lugar hace doscientos años y las temperaturas globales.
- Los recientes aumentos de dióxido de carbono atmosférico se deben en gran medida al aumento de la combustión de la materia orgánica fosilizada.

Aplicaciones

- Amenazas para los arrecifes de coral por el aumento de concentración del dióxido de carbono disuelto.
- Correlaciones entre las temperaturas globales y las concentraciones de dióxido de carbono en la Tierra.
- Evaluación de las afirmaciones acerca de que las actividades humanas no están causando un cambio climático.

Mentalidad internacional

- La liberación de gases invernadero se produce localmente pero tiene un efecto global, por lo que resulta esencial la cooperación internacional para reducir las emisiones de estos gases.

Teoría del conocimiento

- El propósito del principio de precaución es el de guiar la toma de decisiones en condiciones en las que no hay certeza total.
- ¿Es posible tener certezas en las ciencias naturales?



La Tierra en alta definición. 4 de enero de 2012



Ver en directo: <http://eol.jsc.nasa.gov/ForFun/HDEV/>



<https://youtu.be/74mhQyuyELQ>

Entre estas dos visiones del mundo la preocupación del hombre por la conservación de la Tierra y del medio ambiente ha ido en aumento. El **ecologismo** es un movimiento político, social y global que defiende la protección del medio ambiente. Tiene tres raíces principales: **conservación y regeneración de los recursos naturales, preservación de la vida silvestre y el movimiento para reducir la contaminación y mejorar la vida urbana.**

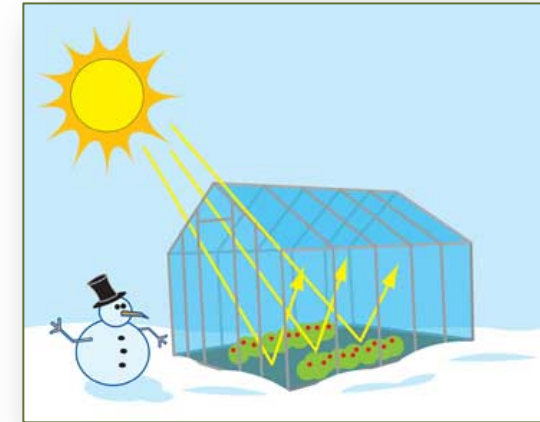




1. Gases de efecto invernadero.

Idea clave

El dióxido de carbono y el vapor de agua son los gases invernadero más importantes.



Los gases de efecto invernadero son:

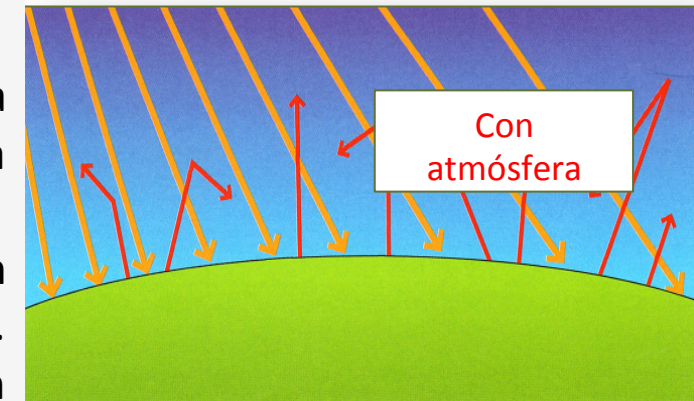
- Vapor de agua
- Dióxido de carbono (CO_2)
- Metano (CH_4)
- Óxido de nitrógeno (NO_x) (óxido nitroso=monóxido de dinitrógeno N_2O)

Absorben el calor emitido por la Tierra (radiación de onda larga) haciendo que el aire se caliente. Es algo parecido a lo que ocurre en un invernadero, aunque el mecanismo no sea exactamente igual, y por eso se denominan gases de efecto invernadero. Gracias a ellos la temperatura media de la atmósfera terrestre es de 15°C en vez de -18°C .

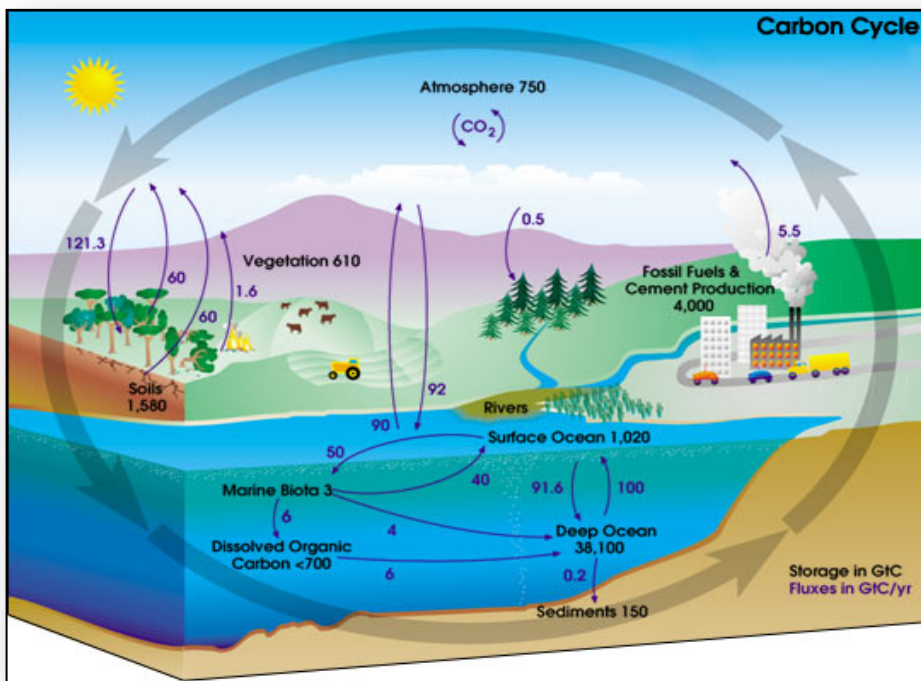


Los más importantes son el **dióxido de carbono** y el **vapor de agua**:

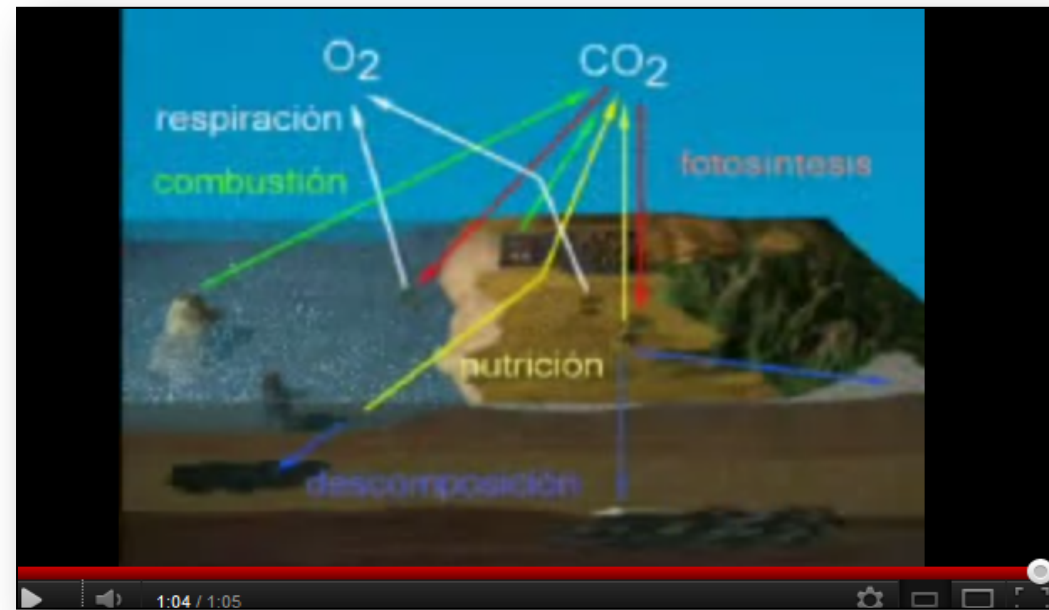
- El **CO_2** es **liberado** a la atmósfera por la respiración celular y por la combustión de biomasa y de combustibles fósiles. Es **eliminado** de la atmósfera por la fotosíntesis y su disolución en el océano.
- El **vapor de agua** se forma por la evaporación de los océanos y también por la transpiración de las plantas. Es **eliminado** por la lluvia y la nieve. El vapor de agua continúa reteniendo calor cuando se condensa en pequeñas gotas de agua líquida y forma las nubes.



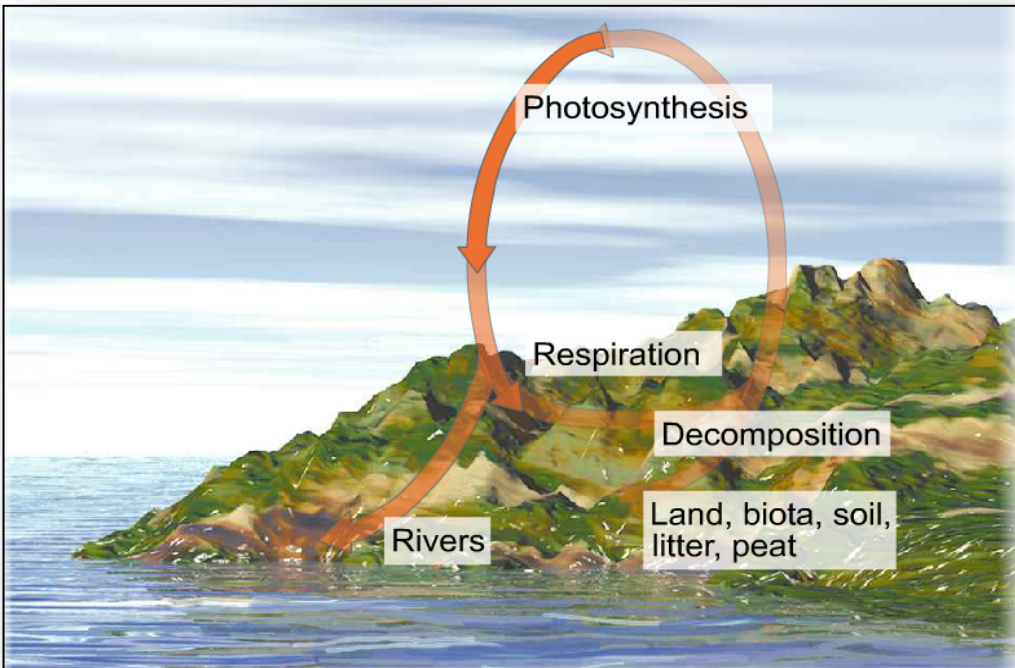
→ Radiación de onda corta del Sol
→ Radiación de onda larga de la Tierra



<http://www.ciclodelcarbono.com/>



<http://youtu.be/DOf18lQAh98>



http://www.nodvin.net/snhu/SCI219/demos/Chapter 3/Chapter 03/Present/animations/51_1_2_1.html

¿Cuáles son las fuentes de CO₂ atmosférico?

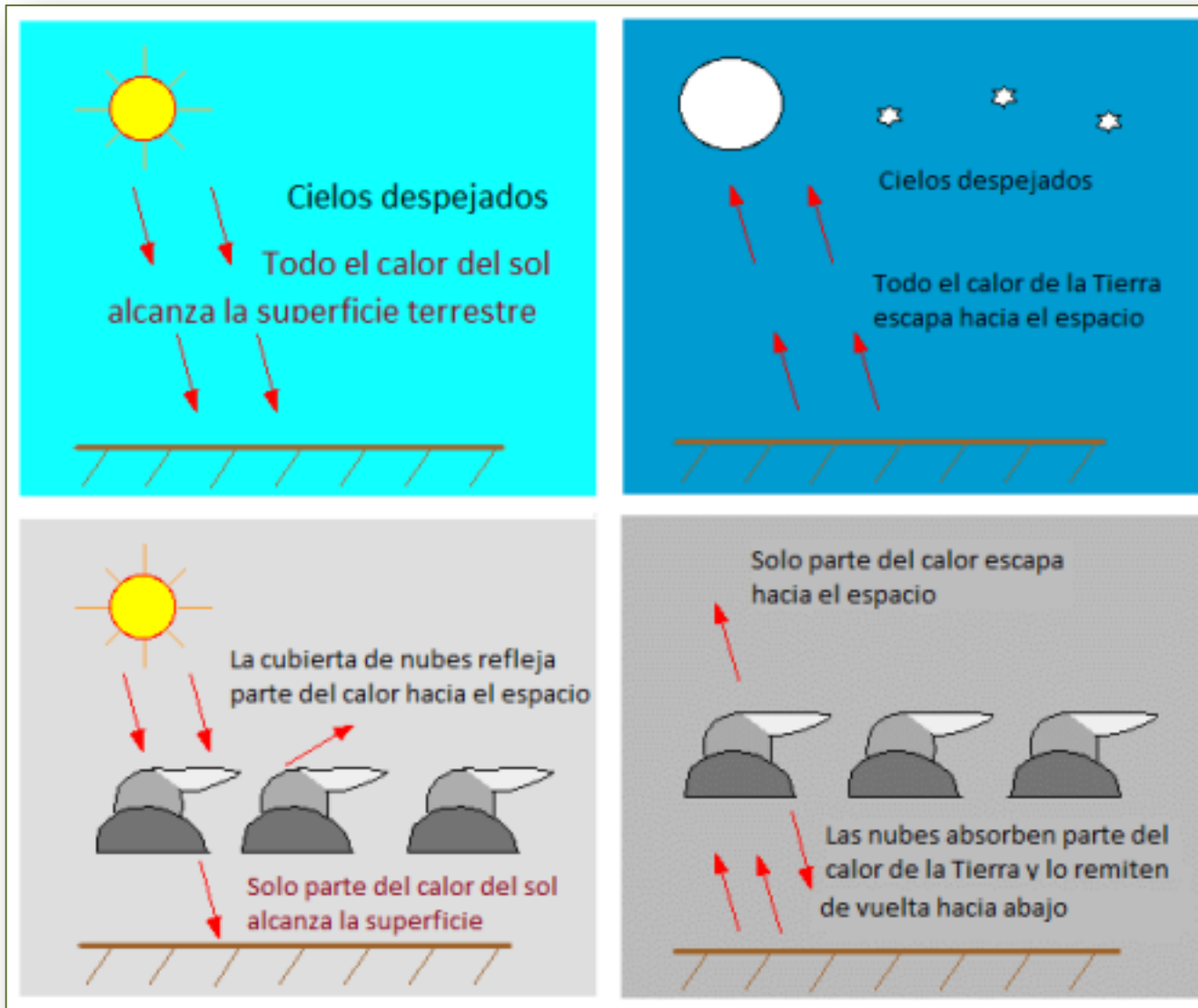
Respiración, descomposición, combustión de la materia orgánica, quema de combustibles (combustión)

¿Cuál es el sumidero de CO₂ atmosférico?

Fotosíntesis, disolución en sistemas acuáticos.

¿Qué procesos devuelven el CO₂ a la litosfera?

Descomposición de materia orgánica, depósitos marinos de carbonatos.



El agua absorbe energía térmica y la irradia hacia la superficie de la Tierra, y también la refleja hacia la superficie. Eso explica por qué, por la noche, la temperatura baja mucho más rápidamente en zonas con cielos despejados que en áreas con nubosidad

RECUERDA

EFEECTO INVERNADERO NATURAL

localización

Troposfera
(12 primeros km
de la atmósfera)

debido a

Los gases:
Vapor de Agua (H₂O)
Dióxido de carbono (CO₂)
Metano (CH₄)

Consecuencia
sobre el clima

Mantiene la temperatura
terrestre en torno a 15°C.

Permite existencia
de agua líquida

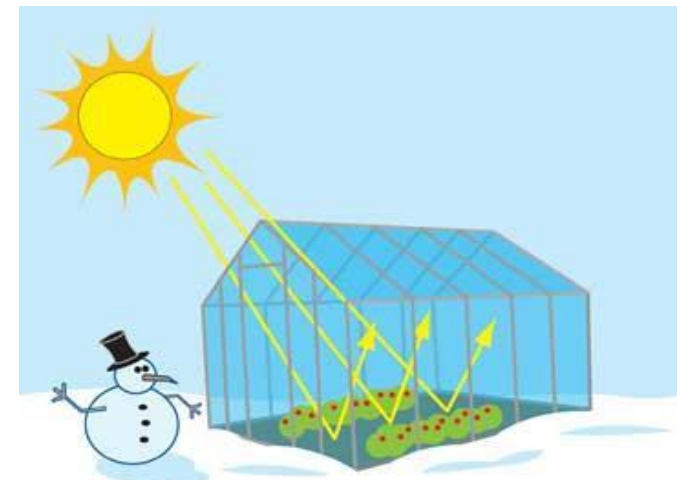
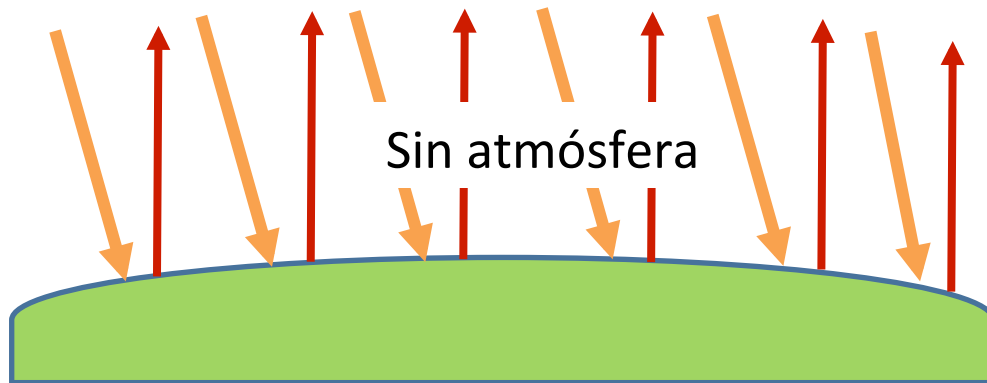
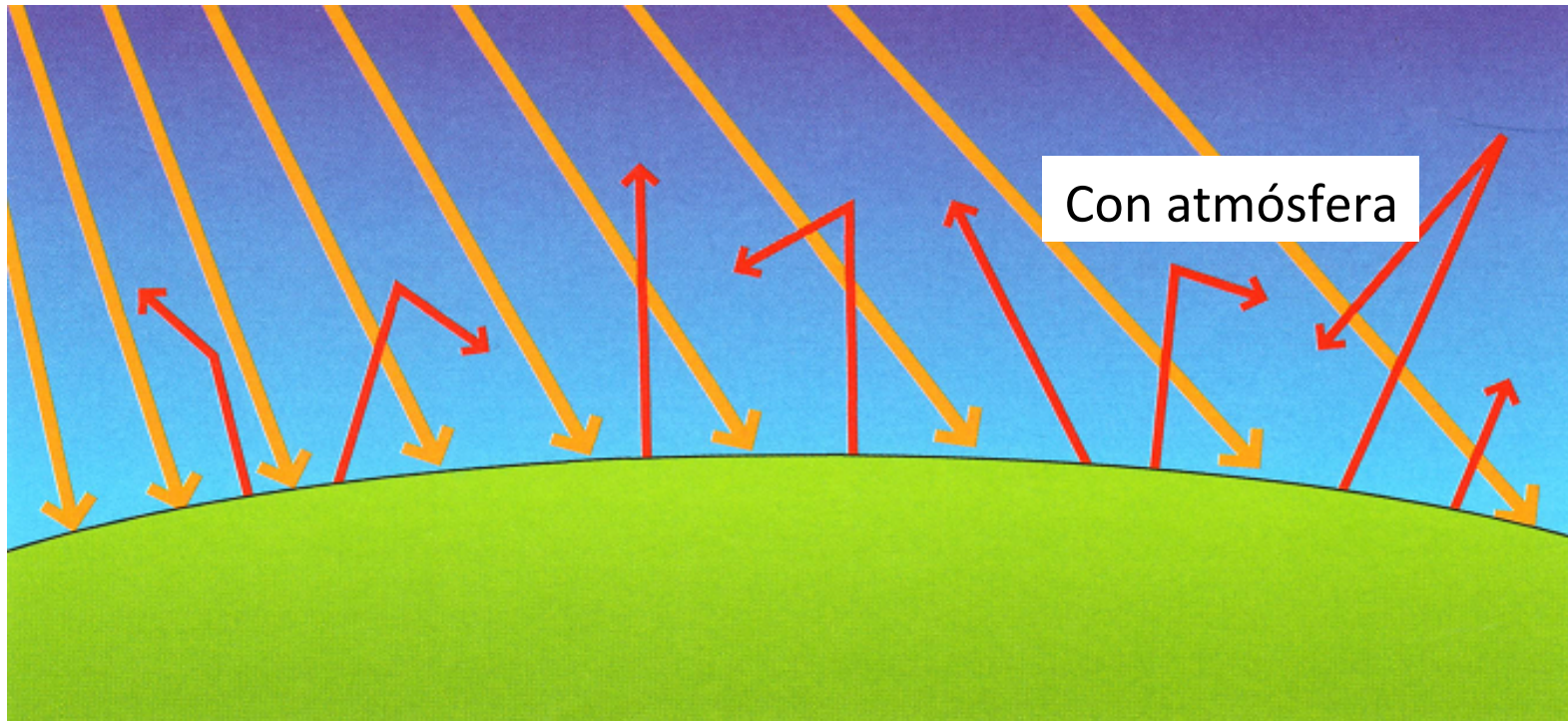
PERMITE LA EXISTENCIA
DE VIDA

RECUERDA

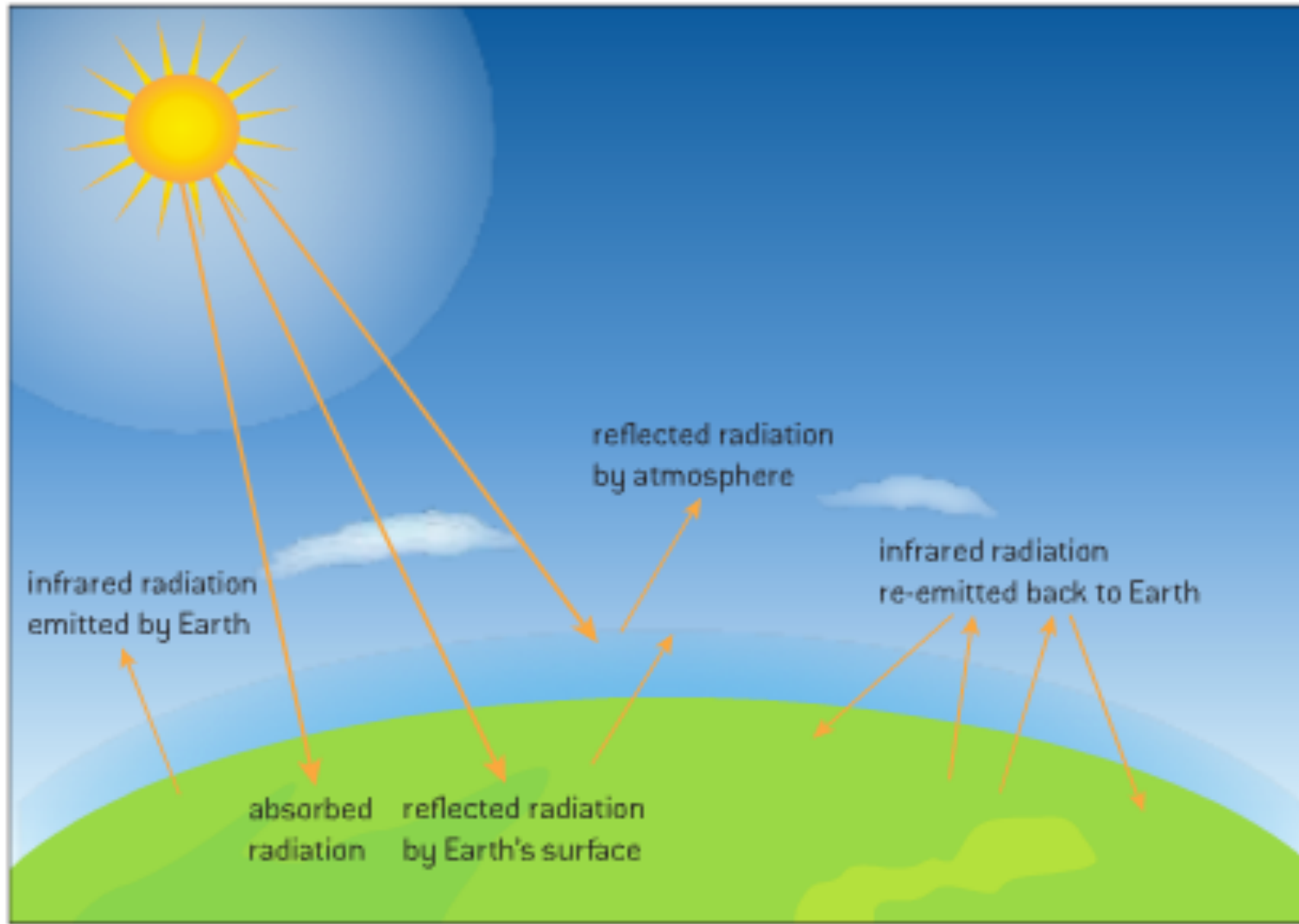
Efecto invernadero



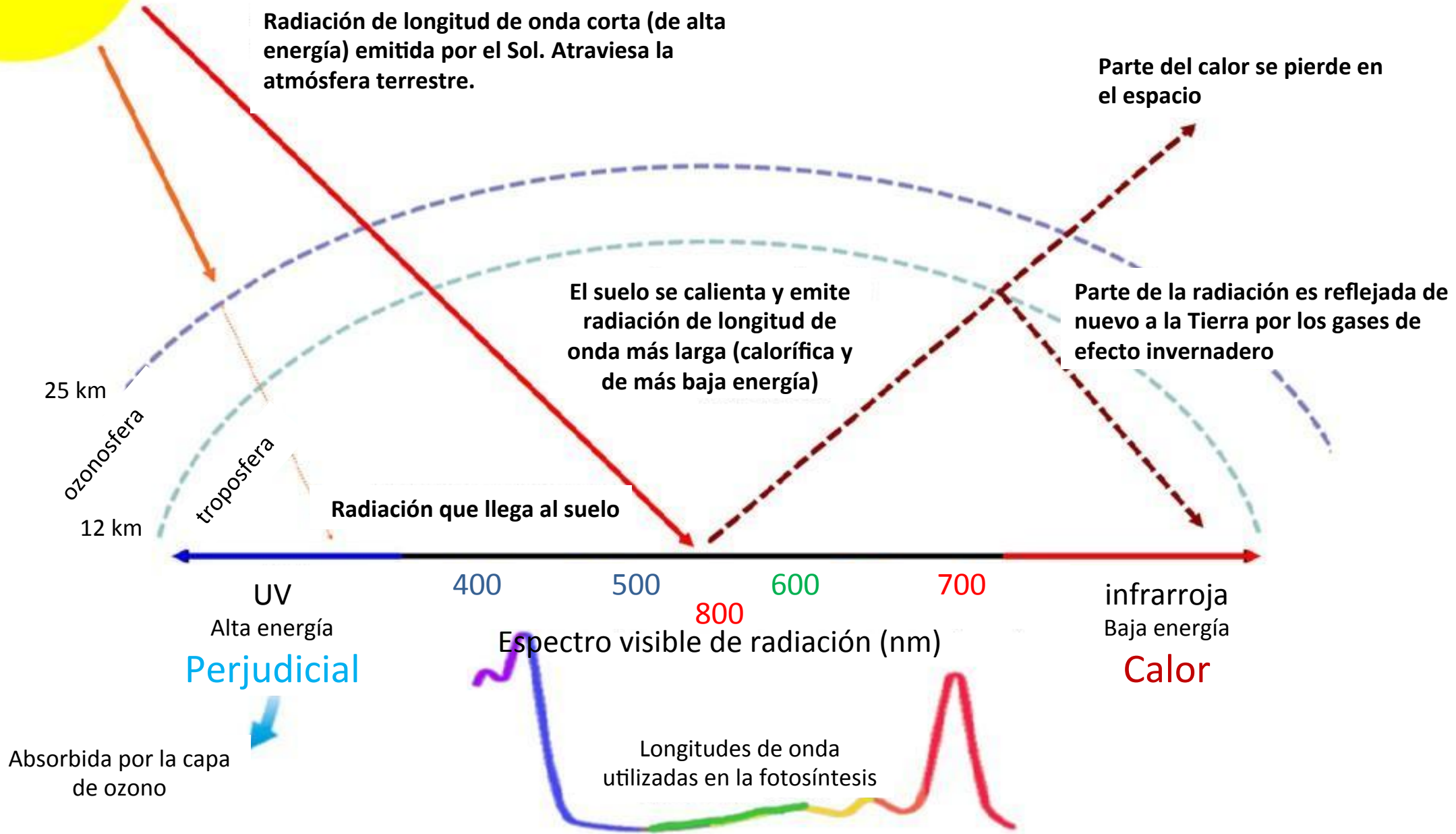
Radiación de onda corta del Sol
Radiación de onda larga de la Tierra



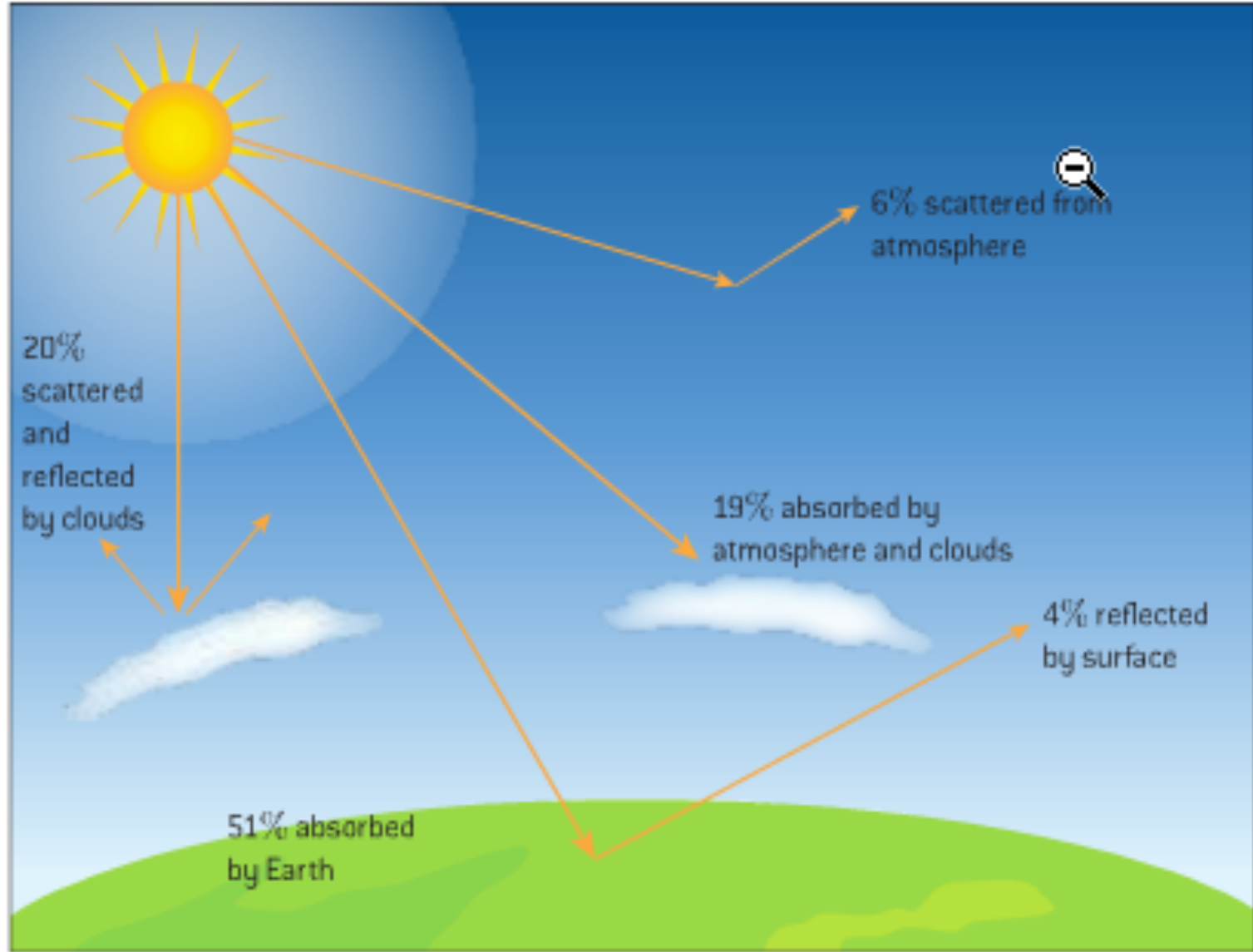
RECUERDA



La radiación solar tiene un amplio espectro de longitudes de onda:



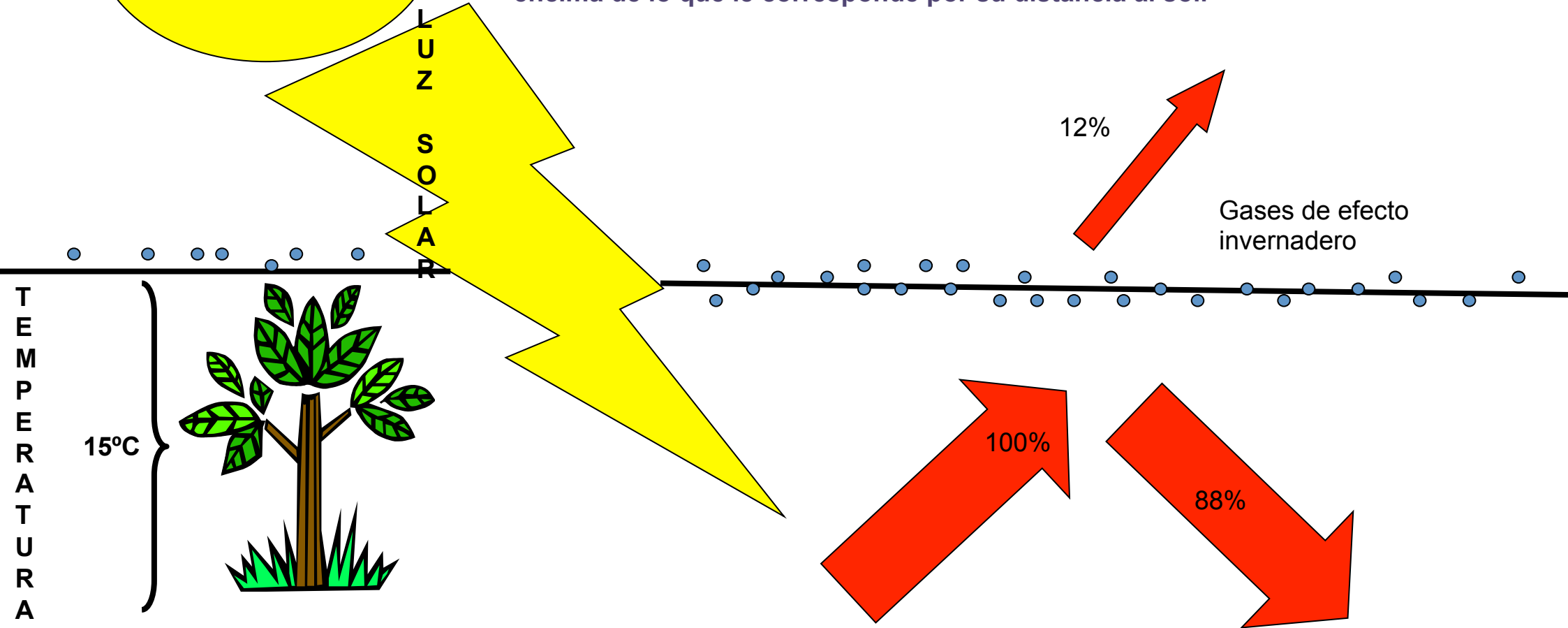
RECUERDA



RECUERDA

EFECTO INVERNADERO NATURAL

El CO₂ y otros gases atmosféricos mantienen la Tierra unos 15 ó 20°C por encima de lo que le corresponde por su distancia al sol.



TEMPERATURA

15°C

12%

Gases de efecto invernadero

100%

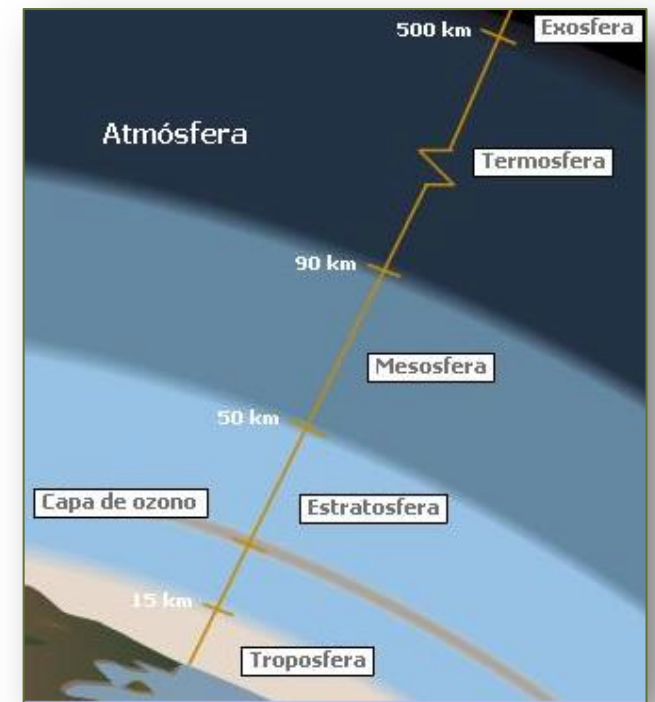
88%

Superficie terrestre

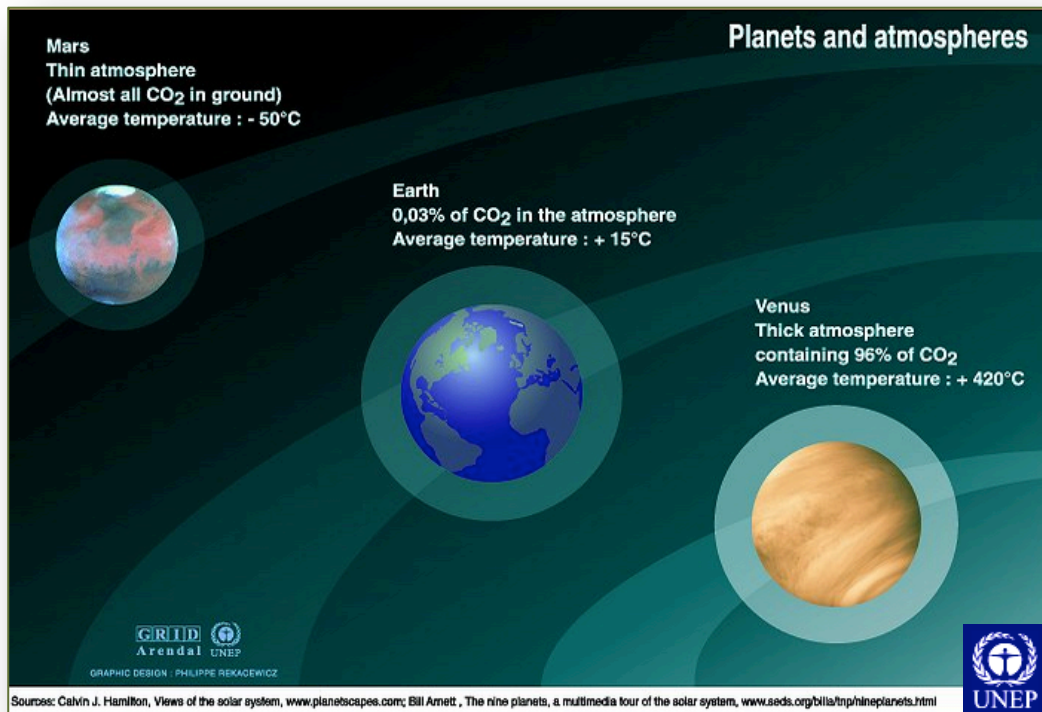
Los gases de efecto invernadero, están atrapados en la capa de la **troposfera**, hasta unos 12-16 km de altura sobre la superficie terrestre. La presencia de gases de efecto invernadero ha sido vital para la evolución y supervivencia de la vida en la Tierra.

Los gases de efecto invernadero absorben la radiación de onda larga que la superficie de la Tierra emite, aumentando la temperatura de la troposfera.

Sin el **efecto invernadero natural**, la temperatura media de la Tierra no sería lo suficientemente alta para sostener la vida (-18 °C frente a los 15 °C actuales).



<http://ficus.pntic.mec.es/vfem0006/hotpot/rhibrida.htm>



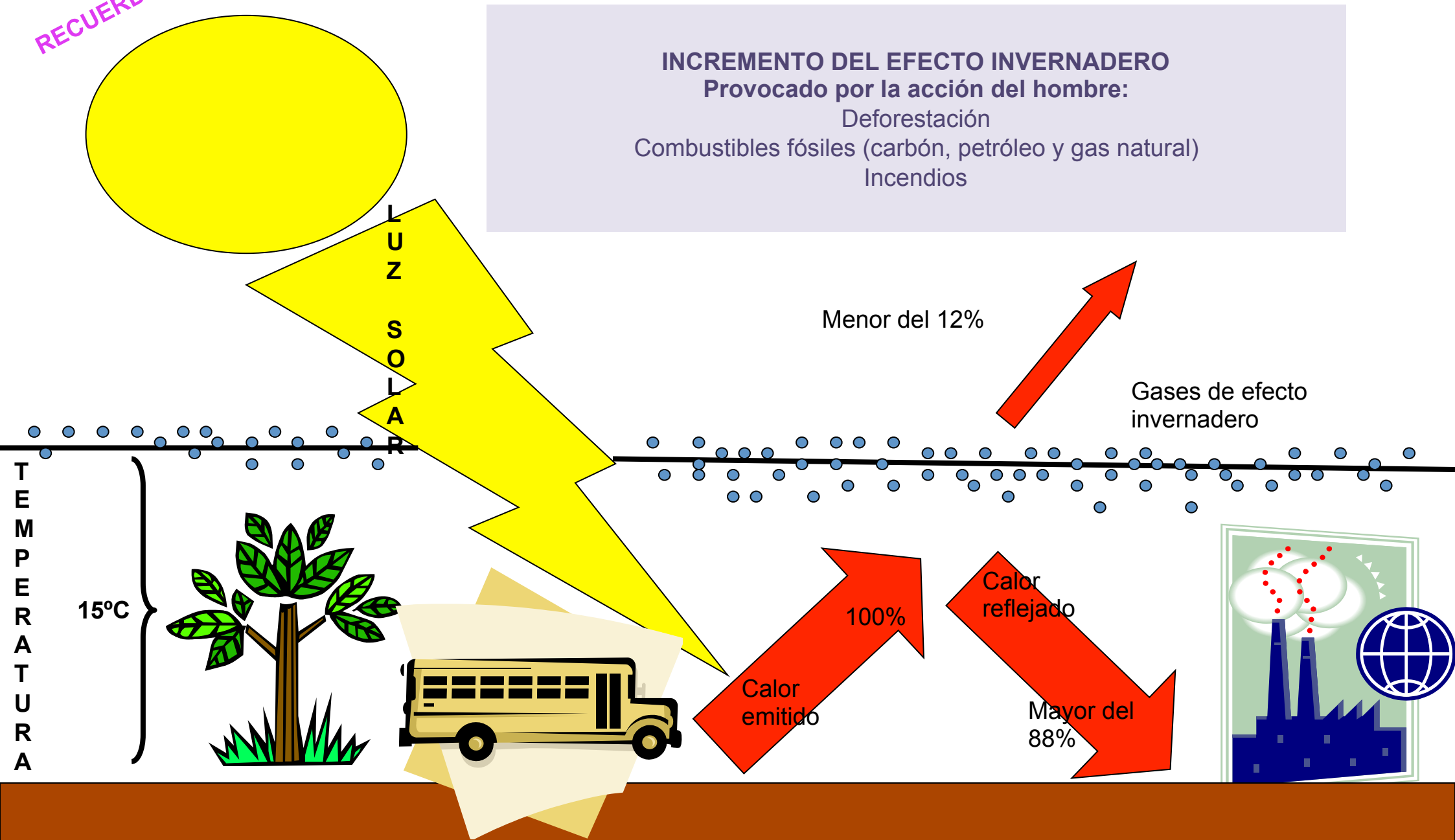
El clima de un planeta es decidido por su masa, su distancia del sol y la composición de su atmósfera.

- **Marte** es demasiado pequeño para mantener una atmósfera densa. Su atmósfera se compone principalmente de dióxido de carbono, pero es muy delgada. La atmósfera de la Tierra es cientos de veces más gruesa. La temperatura media de la superficie de Marte es aproximadamente -50 °C.
- **Venus** tiene casi la misma masa que la Tierra, pero una atmósfera más gruesa, compuesta de dióxido de carbono 96%. La temperatura superficial de Venus es 460 °C.

<http://www.grida.no/climate/vital/01.htm>

RECUERDA

INCREMENTO DEL EFECTO INVERNADERO
Provocado por la acción del hombre:
Deforestación
Combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural)
Incendios



Superficie terrestre

Los gases de efecto invernadero (GEI) son aquellos gases atmosféricos que absorben la radiación infrarroja, provocando que las temperaturas globales sean más altas de lo que deberían ser de forma normal.



2. Otros gases de efecto invernadero.

Idea clave

Otros gases, como el metano y los óxidos de nitrógeno tienen un menor impacto.

- El **metano** (CH_4) es el tercer gas de efecto invernadero más importante. Es **emitido** en los pantanos y otros hábitats anegados y desde los vertederos y plantas de residuos donde se acumula y descompone la materia orgánica. También se libera durante la extracción de combustibles fósiles y al derretirse el hielo en las regiones polares.
- El **óxido nitroso** (N_2O) se libera de forma natural por las bacterias del suelo, la agricultura y por los escapes de los coches.

Todos los gases de efecto invernadero de nuestra atmósfera juntos ocupan menos del 1%.

| Principales constituyentes del aire | | |
|-------------------------------------|--|-----------------|
| Gas | Fórmula | % vol |
| Nitrógeno | N_2 | 78,08 |
| Oxígeno | O_2 | 20,94 |
| Argón | Ar | 0,93 |
| <i>Dióxido de carbono</i> | <i>CO_2</i> | <i>0,0397</i> |
| Neón | Ne | 0,0018 |
| Helio | He | 0,0005 |
| <i>Metano</i> | <i>CH_4</i> | <i>0,0001</i> |
| <i>Óxido nitroso</i> | <i>N_2O</i> | <i>0,00003</i> |
| <i>Vapor de agua</i> | <i>H_2O</i> | <i>0,001-5%</i> |

En cursiva gases de efecto invernadero
http://en.wikipedia.org/wiki/Atmosphere_of_Earth

Los dos gases más abundantes, nitrógeno y oxígeno, no absorben el calor terrestre, no son gases de efecto invernadero.

¿Cuáles son las fuentes de Metano atmosférico?

- **Metano CH₄** desde 1950 la concentración de metano se ha incrementado alrededor de 1% por las actividades humanas. Cerca de un 60% provienen de las actividades humanas y un 15% del ganado. Cada molécula de metano es 21 veces más efectiva que una de CO₂ absorbiendo calor. El metano contribuye en un 20% de los gases de efecto invernadero.

| FUENTES | TÉCNICAS DE REDUCCIÓN EN LA ATMÓSFERA |
|--|--|
| GANADO, producido por las bacterias que viven en simbiosis en los estómago de los rumiantes para poder digerir la celulosa. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambios en la dieta del ganado con una dieta más rica en azúcar. ▪ La bacteria de los canguros trasladarla a los rumiantes. |
| VERTEDEROS, descomposición anaeróbica de la materia orgánica. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Capturarlo a través de tuberías que permita generar electricidad y calor. |
| ARROZALES, debido a la respiración anaeróbica de las bacterias que viven en el suelo. Sólo ocurre cuando están inundados es decir un tercio del año, el resto del año actua como sumidero | |
| FUENTES NATURALES | |
| PANTANOS Y TURBERAS | |
| TERMITAS, las bacterias simbióticas que les permite digerir la celulosa liberan metano a la atmósfera | |
| <p>TUNDRA, los terrenos anegados contienen mucho metano que está atrapado en el permafrost. Si el permafrost se derrite el metano se libera a la atmósfera.</p> <p>Los clatranos retienen en cagas de agua las moléculas de metano, siendo sólo estables cuando está congelado y altas presiones en el fondo del mar. Puede haber hasta 1×10^{10} toneladas de metano en el estas estructuras en el fondo del mar.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ La compañías están intentando extraer de los clatranos el metano, pero es muy peligroso porque los hidratos de metano pueden burbujear hasta la superficie y hundir cualquier barco en el mar. |



3. Evaluación del impacto de los gases de efecto invernadero.

Idea clave

El impacto de un gas depende de su capacidad para absorber la radiación de onda larga, así como de su concentración en la atmósfera.

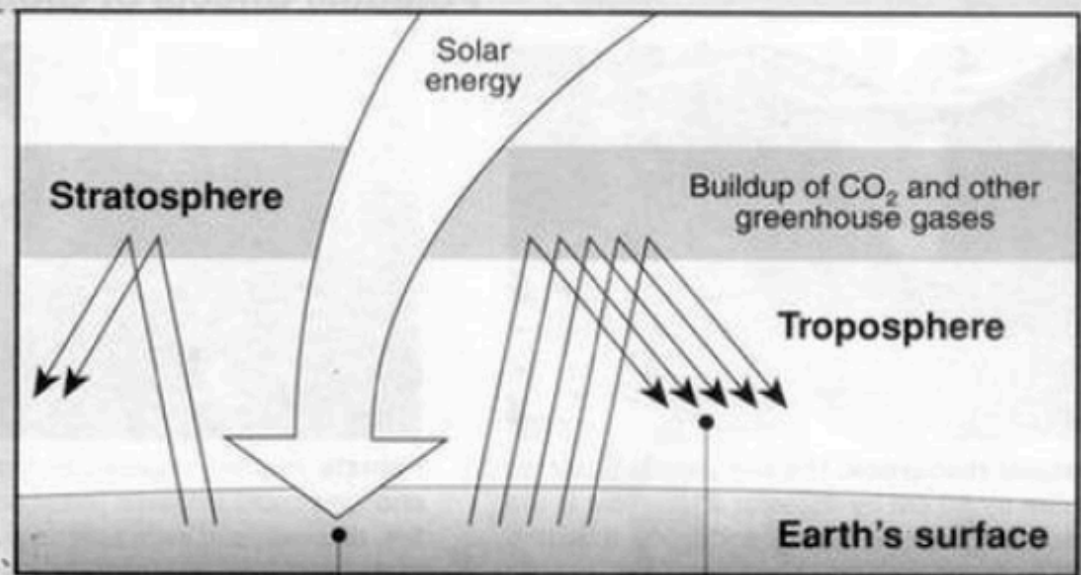
| Gases de invernadero | Potencial de calentamiento global | Concentración en ppm | Vida media en la atmósfera en años |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| Dióxido de carbono | 1 | 397 | Variable |
| Metano | 23 | 1,72 | 12 |
| Óxido nitroso | 310 | 0,33 | 120 |
| Vapor de agua | --- | Muy variable | 9 días |

<http://www.grida.no/climate/vital/05.htm>

Los dos factores que actúan conjuntamente en la fuerza de un gas para producir efecto invernadero son:

- Su capacidad para absorber radiaciones de onda larga.
- Su concentración en la atmósfera, lo cual depende de la velocidad a la que es liberado y al a que desaparece y el tiempo medio que permanece en ella.

Teniendo en cuenta ambos factores el dióxido de carbono es el gas invernadero con mayor impacto sobre el calentamiento global debido a su mayor concentración.



Sources of 'Greenhouse Gases'

Carbon dioxide

- Exhaust from cars
- Combustion of coal, wood, oil
- Burning rainforests

Methane

- Belching and flatus of cows

Chloro-fluoro-carbons (CFCs)

- Leaking coolant from refrigerators
- Leaking coolant from air conditioners

Nitrous oxide

- Car exhaust

Tropospheric ozone*

- Triggered by car exhaust (smog)

*Tropospheric ozone is found in the lower atmosphere (not to be confused with ozone in the stratosphere)

| Greenhouse gas | Tropospheric conc. | | Global warming potential (compared to CO ₂) [¶] | Atmospheric lifetime (years) [§] |
|--------------------|---------------------|---------------------|--|---|
| | Pre-industrial 1860 | Present day (2003*) | | |
| Carbon dioxide | 288 ppm | 377 ppm | 1 | 120 |
| Methane | 848 ppb | 1789 ppb | 21 | 12 |
| Nitrous oxide | 285 ppb | 318 ppb | 310 | 120 |
| CFCs | 0 ppb | 0.88 ppb | 4000+ | 50-100 |
| Tropospheric ozone | 25 ppb | 34 ppb | 17 | hours |

ppm = parts per million; ppb = parts per billion; * Data from 2004 and current up to Jul 2006
 ¶ Figures contrast the radiative effect of different greenhouse gases relative to CO₂, e.g. methane is 21 times more potent as a greenhouse gas than CO₂. § How long the gas persists in the atmosphere. Source: Carbon Dioxide Information Analysis Centre, Oak Ridge National Laboratory, USA.

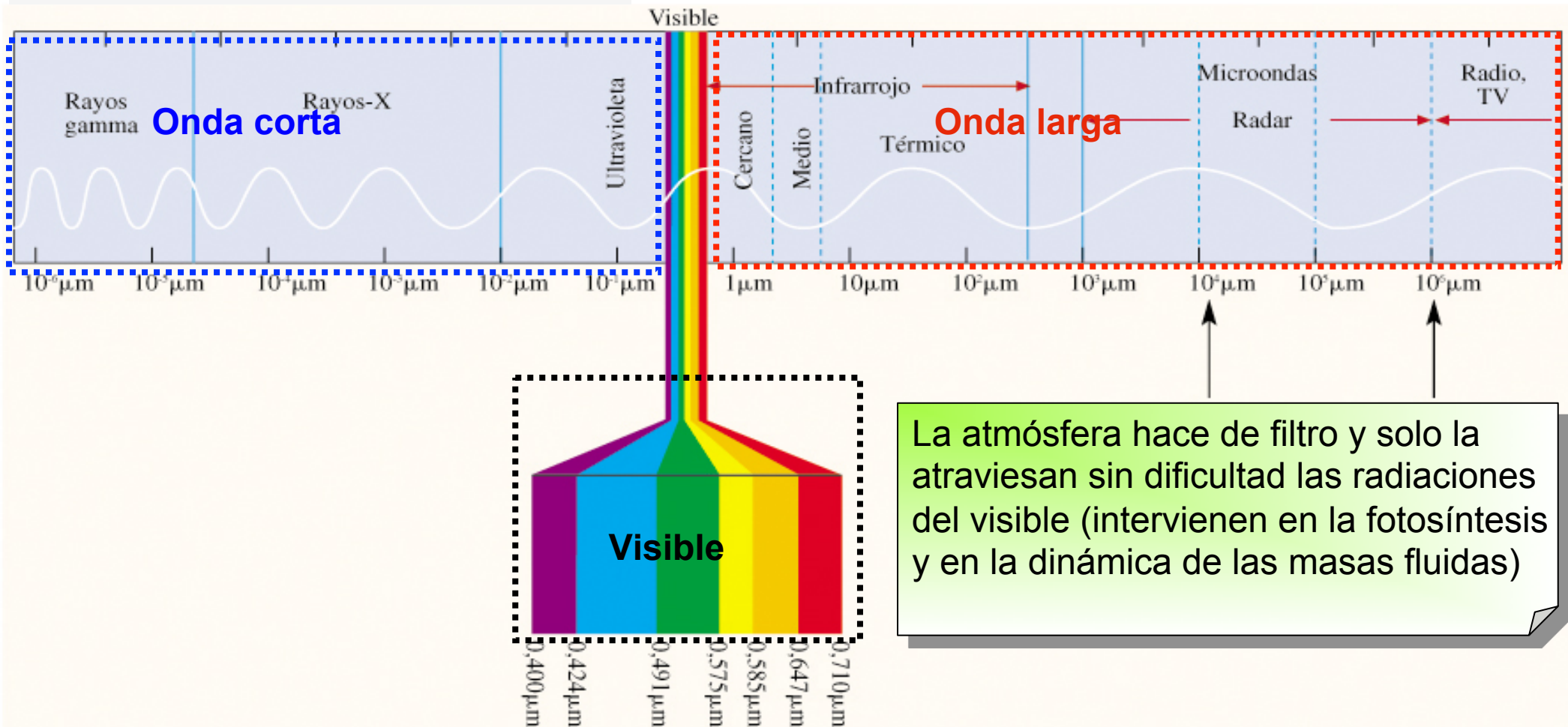


4. Emisiones de radiación de longitud de onda larga desde la Tierra.

Idea clave

La superficie terrestre calentada emite una radiación de longitud de onda más larga (calor).

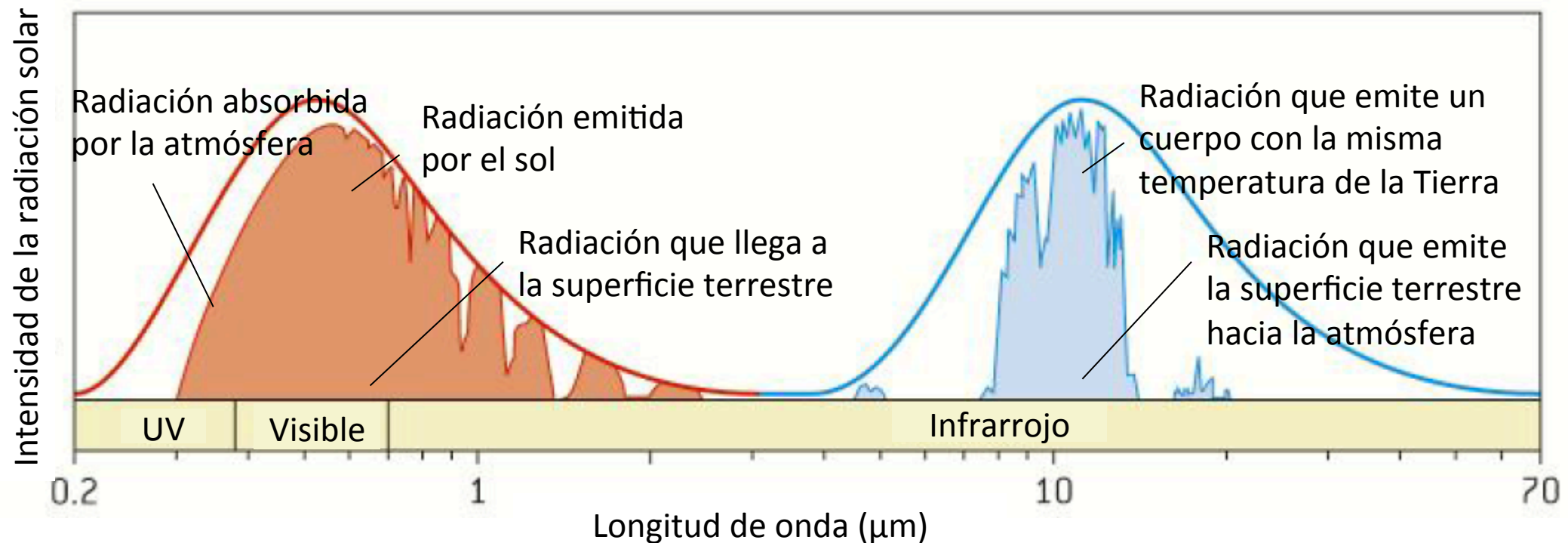
Radiaciones electromagnéticas



La atmósfera hace de filtro y solo la atraviesan sin dificultad las radiaciones del visible (intervienen en la fotosíntesis y en la dinámica de las masas fluidas)

La superficie terrestre absorbe parte del espectro de la radiación solar y posteriormente la emite en forma de calor, irradiando sólo longitudes de onda mucho más largas.

- El pico de longitud de onda que absorbe es de 400 nm.
- El pico de la longitud de onda que emite, sin embargo, está en 10.000 nm.



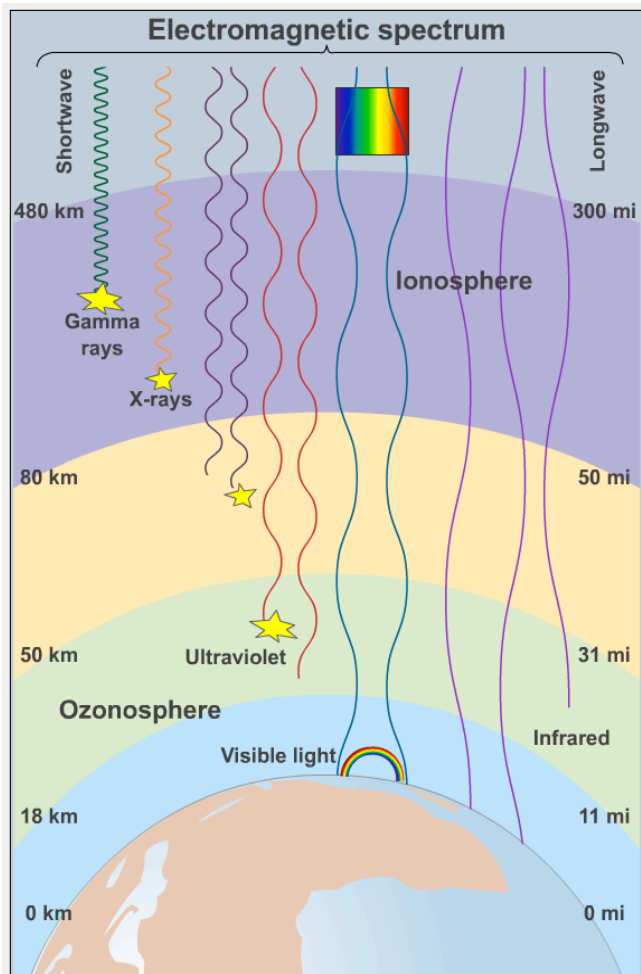
La gráfica muestra en **rojo** la radiación emitida por el Sol que atraviesa la atmósfera y alcanza la superficie terrestre calentándola; mientras que en **azul** muestra las longitudes de onda que la Tierra que emite hacia la atmósfera y que son mucho mayores.



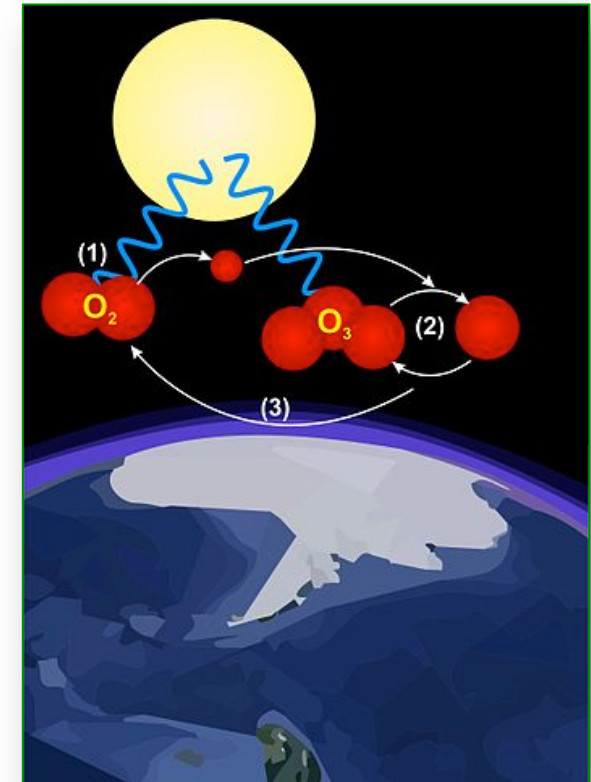
5. Absorción de radiación de onda larga por los gases de efecto invernadero.

Idea clave

La radiación de onda más larga es absorbida por los gases invernadero que retienen el calor en la atmósfera.



1. El 25-30% de la radiación solar que atraviesa la atmósfera es absorbida por la atmósfera:
 - Una parte (rayos cósmicos y rayos X) son absorbidos en la **ionosfera** (50-500 km).
 - La radiación ultravioleta (UV) es absorbida en la **estratosfera**, en la **ozonosfera** (a 25 km de altura) por el **oxígeno (O₂)** y el **ozono (O₃)** mediante una reacción fotoquímica.
2. El resto de la radiación solar 70-75% alcanza la superficie terrestre (continentes y océanos) calentándola.

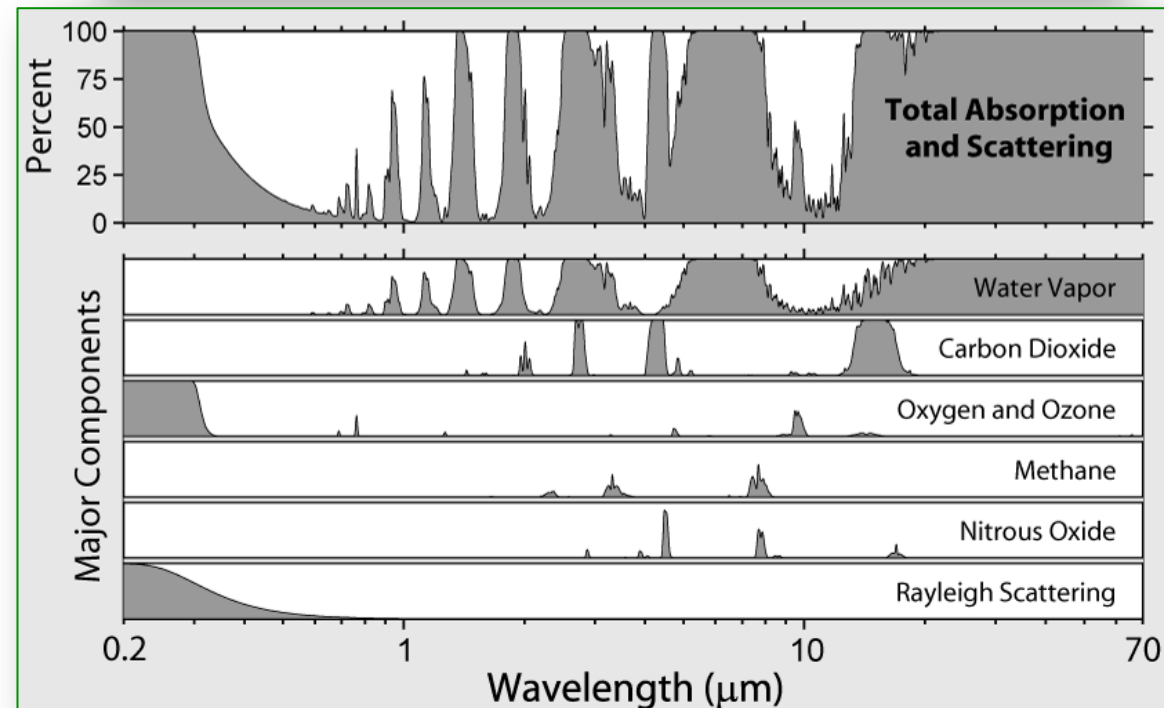
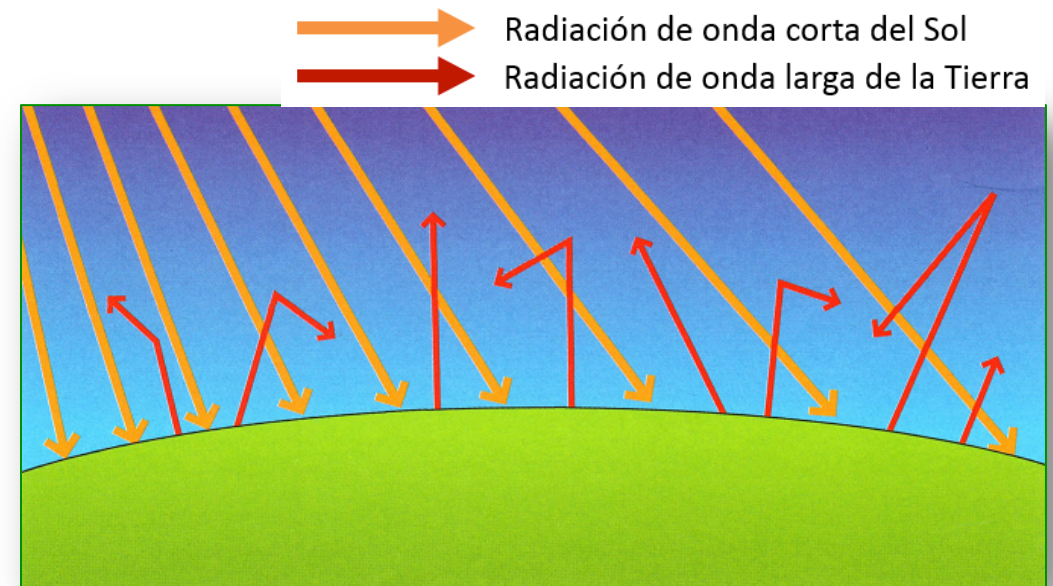


Ciclo oxígeno-ozono. El oxígeno y el ozono se interconvierten uno en otro por la acción de la radiación UV.

Ver animación en:

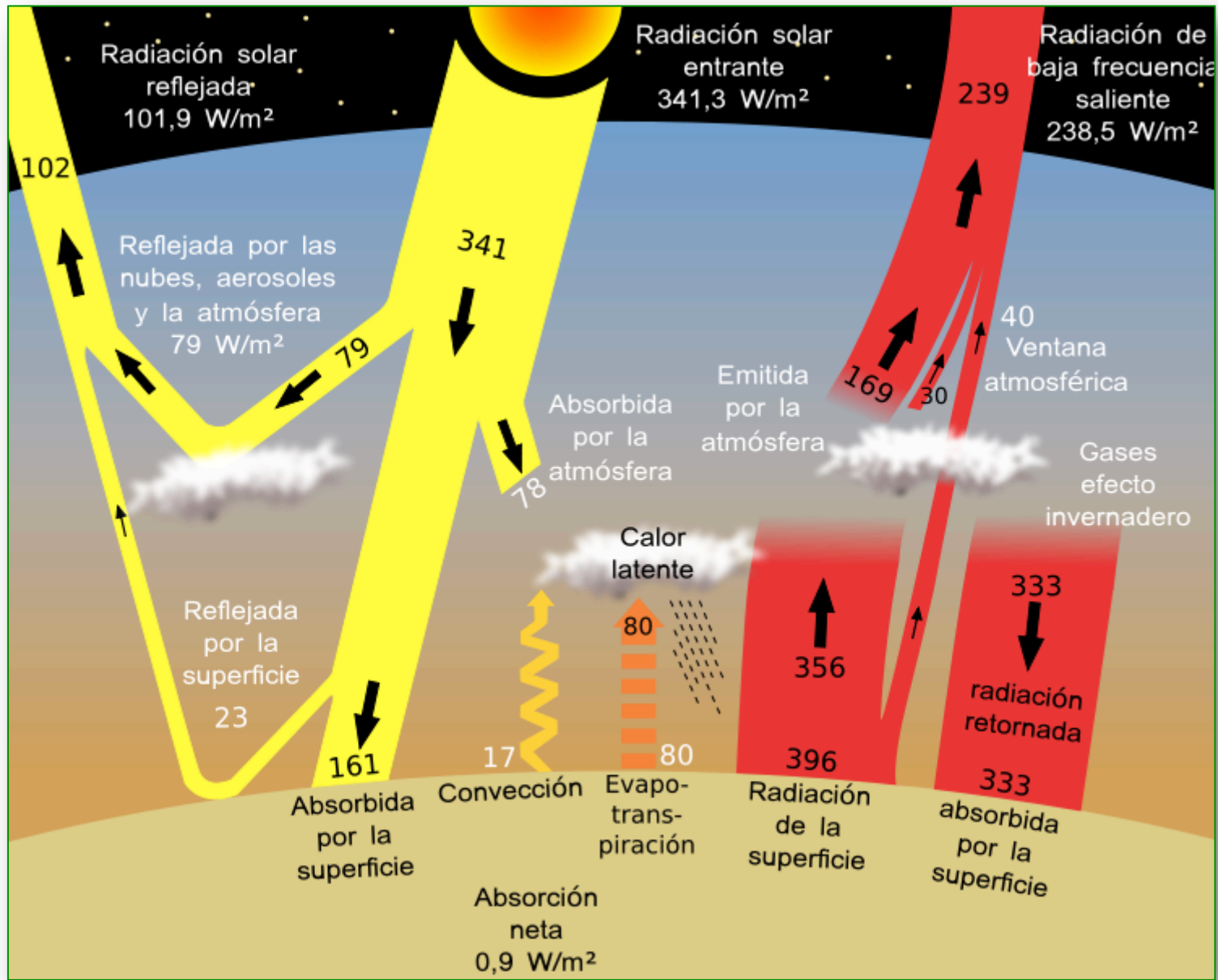
http://www.atmos.washington.edu/2004Q4/211/09_OzoneDep.swf

3. La superficie de la Tierra al calentarse emite **radiación infrarroja de onda larga** hacia la atmósfera.
4. La mayor parte de esta radiación de onda larga, entre el 70-85%, es absorbida por los **gases invernadero** de la troposfera y la atmósfera se calienta.
5. Los gases invernadero al calentarse también emiten radiación de onda larga en todas direcciones y una parte vuelve hacia la superficie terrestre.
6. El efecto se **denomina efecto invernadero**. Gracias a él la temperatura media de la Tierra ha sido de 15 °C en vez de -18 °C.



Cada gas invernadero absorbe radiación de distinta longitud de onda.

"Atmospheric Transmission". Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmospheric_Transmission.png#/media/File:Atmospheric_Transmission.png



Balance anual de energía del planeta Tierra

La superficie de la Tierra recibe del Sol 161 w/m² y del Efecto Invernadero de la Atmósfera 333 w/m², en total 494 w/m², como la superficie de la Tierra emite un total de 493 w/m² (17+80+396), supone una absorción neta de calor de 0,9 w/m², que en el tiempo actual está provocando el calentamiento de la Tierra.

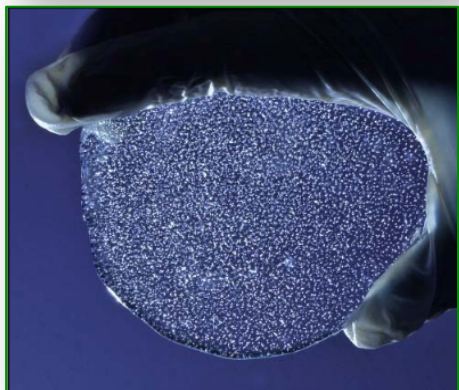


6. Temperaturas globales y concentraciones de dióxido de carbono.

Correlaciones entre las temperaturas globales y las concentraciones de dióxido de carbono en la Tierra.

Para averiguar la temperatura de la atmósfera y la concentración de CO₂ en la Tierra en épocas pasadas se analizan las burbujas de aire atrapadas en **testigos de hielo** extraídos mediante perforaciones en la Antártida y Groenlandia, donde se ha ido acumulando hielo durante miles de años.

- La **antigüedad** se estima basándose en la profundidad del hielo, llegándose hasta la capa de hace 740.000 años a 3 km de profundidad.
- La **concentración de CO₂** se calcula a partir del aire atrapado en las burbujas.
- La **temperatura** se deduce midiendo las proporciones de isótopos de hidrógeno en el agua.



Aumento del efecto invernadero

Elevados niveles de gases de efecto invernadero están **correlacionados** fuertemente **con el aumento de la temperatura:**

Hoy:

397.80 ppm
Atmospheric CO₂ for January 2014
Preliminary monthly average as of February 5, 2014
(Mauna Loa Observatory; NOAA-ESRL)

Si los niveles aumentan por la acción del hombre, mayor será la cantidad de radiación absorbida por la troposfera, en lugar de reflejarse al espacio.

Gas antropogénico = causado por la actividad humana

- **CO₂** acumulado por la quema de combustibles fósiles y deforestación;
- **Metano** CH₄ producido en la fermentación en los estómagos de los rumiantes y en suelos anaerobios;
- **Óxidos de nitrógeno**, por el uso de fertilizantes y la actividad industrial

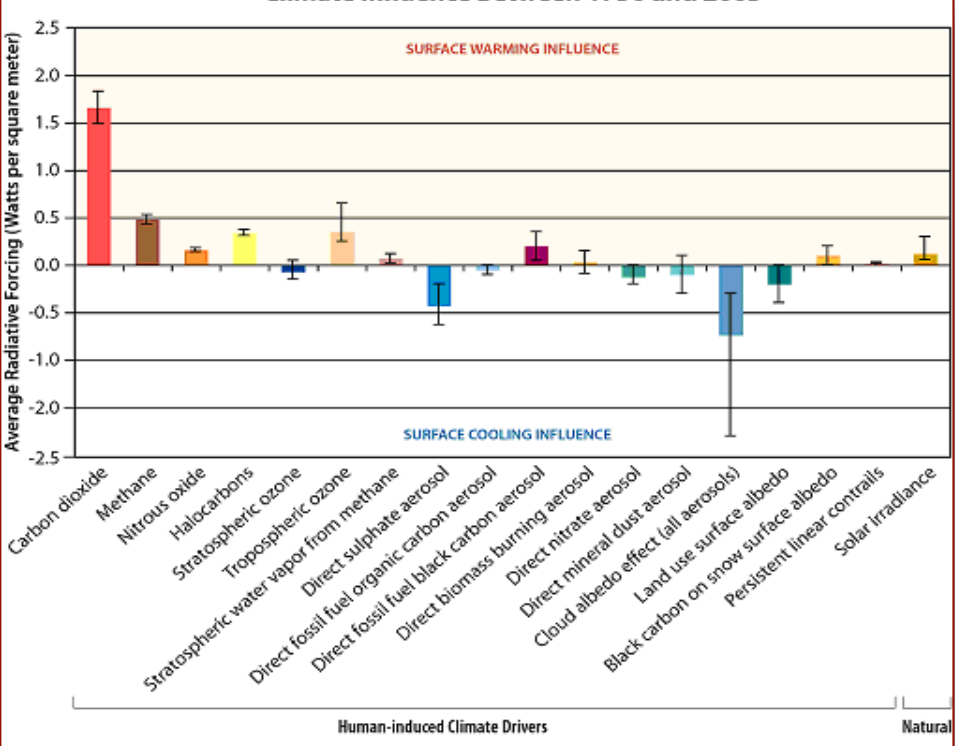
¿Cuál de estos gases tiene un mayor efecto invernadero potencial? Molécula a molécula, el metano 20 veces más que el CO₂, pero éste es más persistente y hay mayor concentración.

Aunque veamos una **correlación** entre gases y temperatura, ¿hay pruebas de una **relación causal**?



El efecto invernadero. La concentración de CO₂ en la atmósfera ha aumentado de forma constante desde la década de 1950, como muestra la línea azul. La línea roja muestra el cambio en la temperatura media global en el mismo período.

Climate Influence Between 1750 and 2005



Aunque muchos gases, naturales y antropogénicos, juegan un papel potenciador del efecto invernadero, la mayoría de los científicos coinciden en que los más importantes son el **dióxido de carbono**, el **metano** y los **óxidos de nitrógeno**.

Mientras que otros gases, como los CFCs tienen un potencial de daño mayor, sin embargo son producidos en menores cantidades.

http://www.ucsusa.org/global_warming/science_and_impacts/science/CO2-and-global-warming-faq.html

- El centrarse en el CO₂ es comprensible:**
- Permanece en la atmósfera durante largos periodos de tiempo.
 - Se produce en enormes cantidades.
 - Es familiar y fácil de comunicar su importancia al público.

The main greenhouse gases

| Greenhouse gases | Chemical formula | Pre-industrial concentration | Concentration in 1994 | Atmospheric lifetime (years)** | Anthropogenic sources | Global warming potential (GWP)* |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------------------|--|---------------------------------|
| Carbon-dioxide | CO ₂ | 278 000 ppbv | 358 000 ppbv | Variable | Fossil fuel combustion Land use conversion Cement production | 1 |
| Methane | CH ₄ | 700 ppbv | 1721 ppbv | 12,2 +/- 3 | Fossil fuels Rice paddies Waste dumps Livestock | 21 ** |
| Nitrous oxide | N ₂ O | 275 ppbv | 311 ppbv | 120 | Fertilizer industrial processes combustion | 310 |
| CFC-12 | CCl ₂ F ₂ | 0 | 0,503 ppbv | 102 | Liquid coolants. Foams | 6200-7100 **** |
| HCFC-22 | CHClF ₂ | 0 | 0,105 ppbv | 12,1 | Liquid coolants | 1300-1400 **** |
| Perfluoromethane | CF ₄ | 0 | 0,070 ppbv | 50 000 | Production of aluminium | 6 500 |
| Sulphur hexa-fluoride | SF ₆ | 0 | 0,032 ppbv | 3 200 | Dielectric fluid | 23 900 |

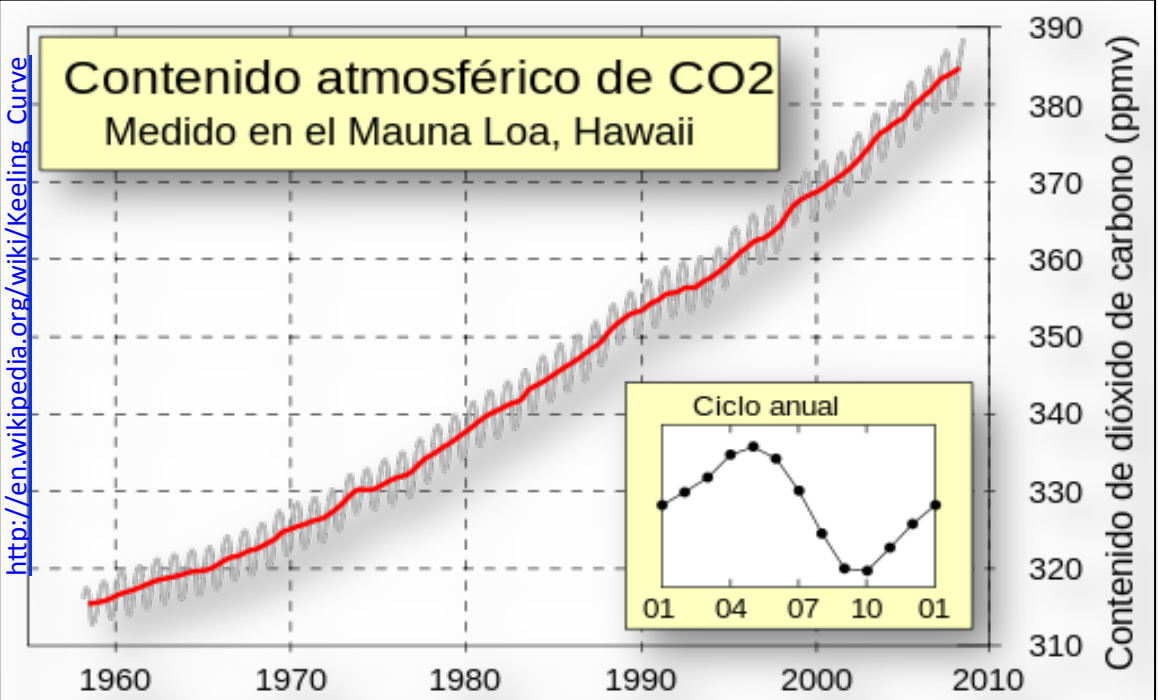
Note : pptv= 1 part per trillion by volume; ppbv= 1 part per billion by volume, ppmv= 1 part per million by volume
 * GWP for 100 year time horizon. ** Includes indirect effects of tropospheric ozone production and stratospheric water vapour production. *** On page 15 of the IPCC SAR. No single lifetime for CO₂ can be defined because of the different rates of uptake by different sink processes.**** Net global warming potential (i.e., including the indirect effect due to ozone depletion).
 Source: IPCC radiative forcing report, Climate change 1996, The science of climate change, contribution of working group 1 to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change, UNEP and WMO, Cambridge press university, 1996.



<http://www.grida.no/climate/vital/05.htm>

¿Cuáles son las pruebas del aumento del CO₂ atmosférico?

http://en.wikipedia.org/wiki/Keeling_Curve



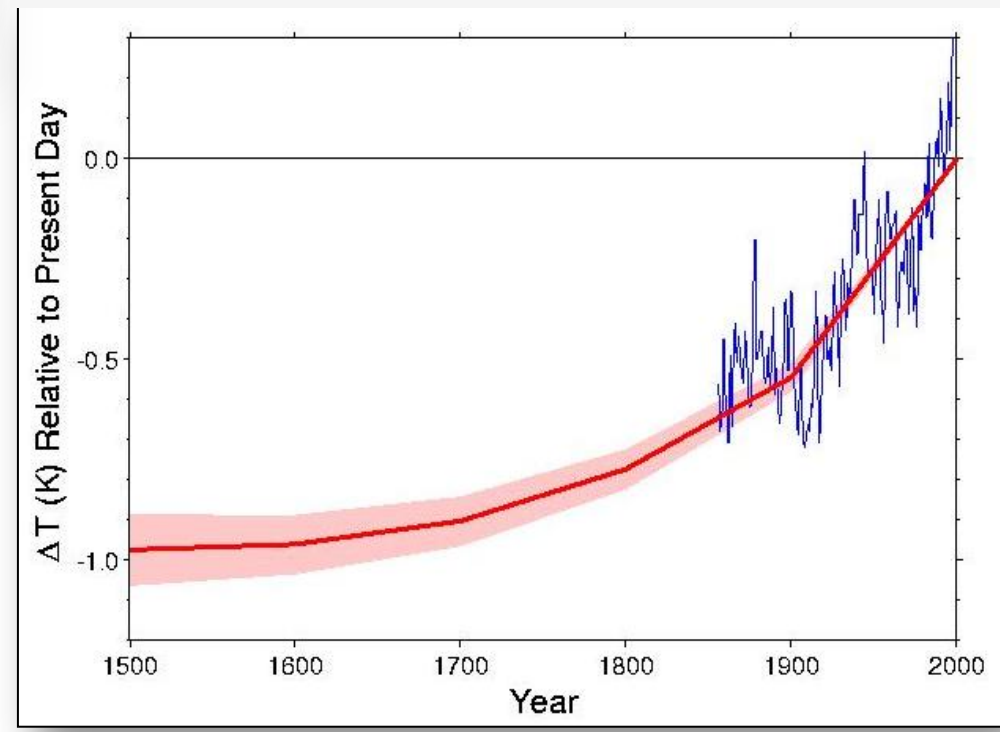
Recientemente se han recogido datos experimentales sobre la variación del CO₂ atmosférico. Durante 40 años Charles Keeling midió el CO₂ atmosférico desde el remoto observatorio de Mauna Loa, Hawaii, y desde entonces la “**Curva Keeling**” ha sido un icono de la ciencia climática. Muestra una clara tendencia y ciclos anuales y estandarizó las técnicas de medida.

http://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/climatechange/activity_ideas/index.html



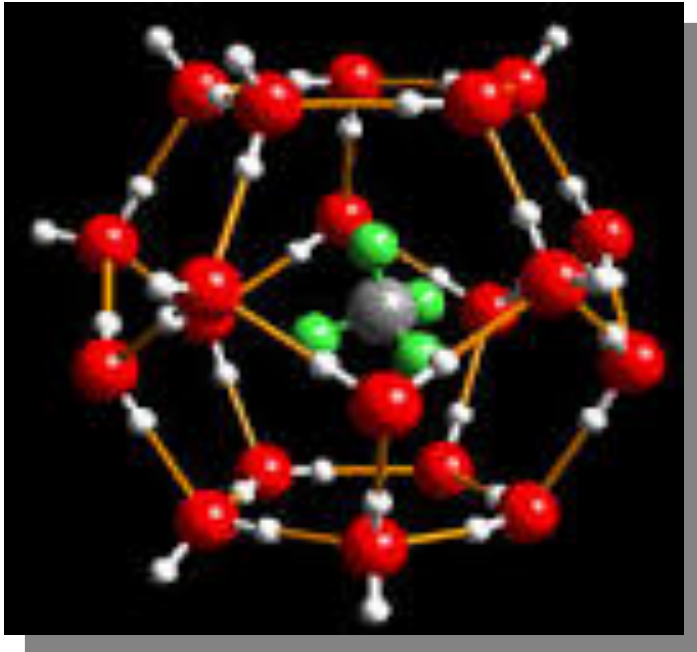
Los datos históricos anteriores han sido más difíciles de obtener y son más variables en cuanto a su exactitud.

Los **testigos de hielo** son una buena fuente de datos de CO₂, en los que los científicos pueden analizar la concentración de CO₂ en las burbujas de aire atrapadas en el hielo y estiman la edad basándose en la profundidad del hielo.



<http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/borehole/core.html>

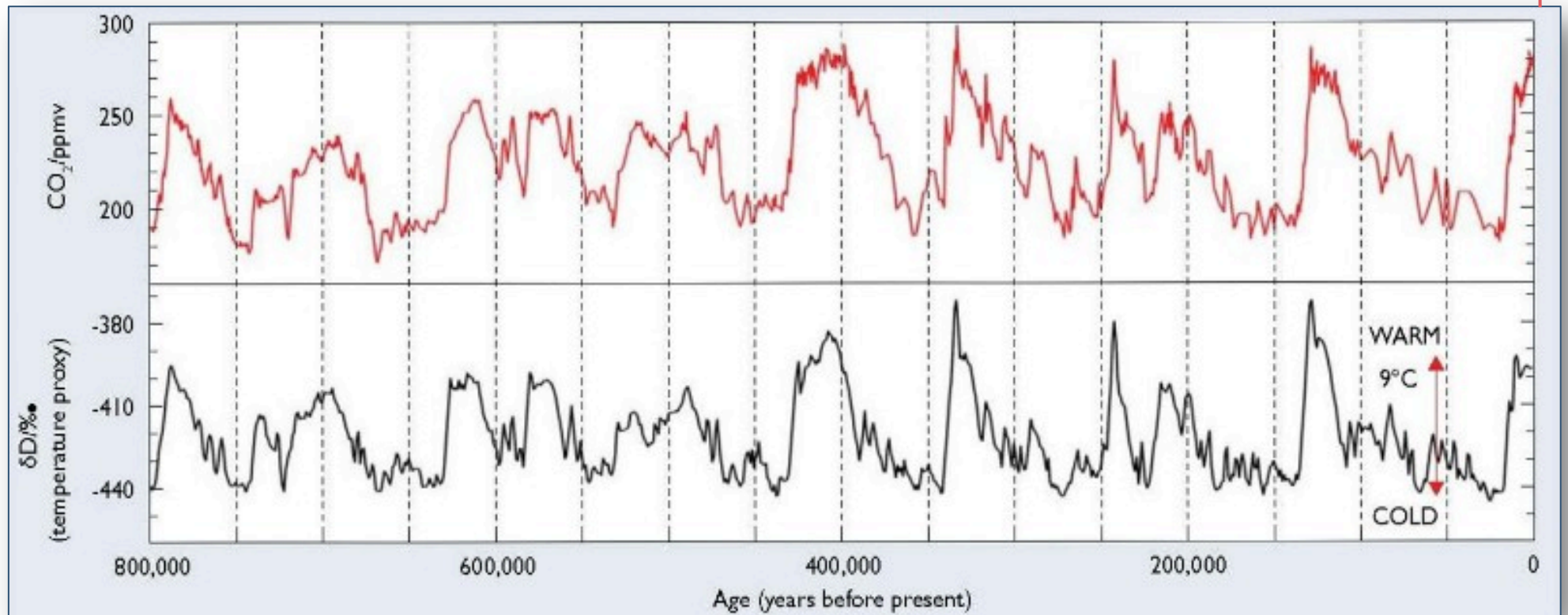
Aumento del efecto invernadero



<http://www.datuopinion.com/clatrato>

Un clatrato, es una sustancia química formada por una red de un determinado tipo de molécula, que atrapa y retiene a un segundo tipo diferente de molécula.

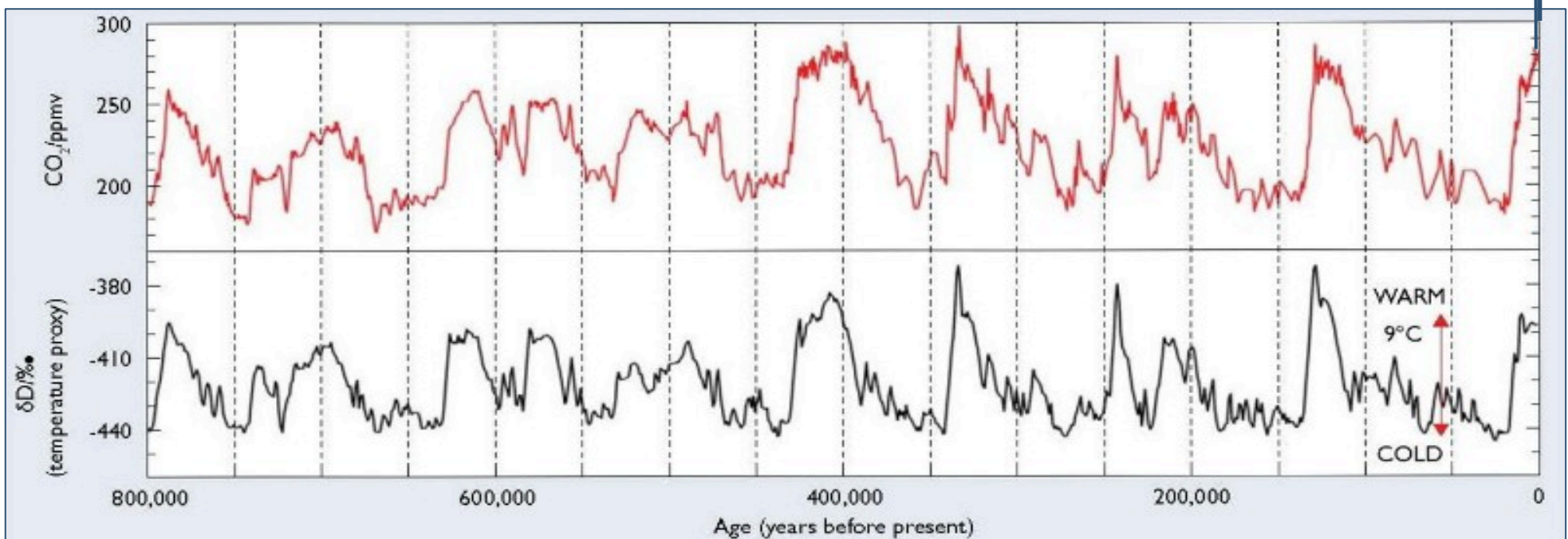
Temperaturas globales y concentraciones de dióxido de carbono desde hace 800.000 años



Los resultados muestran que:

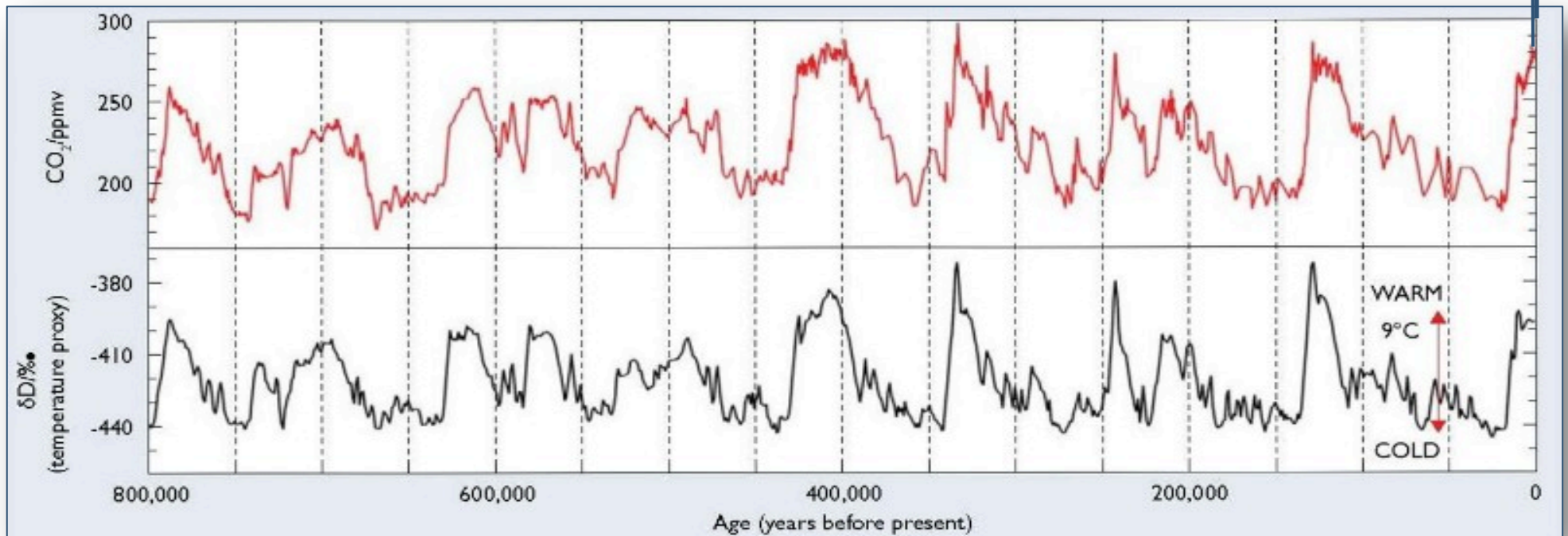
- Las fluctuaciones de dióxido de carbono en los últimos 800.000 años han fluctuado entre 180 y 300 ppm.
- Durante este periodo ha habido un **patrón** repetitivo de periodos muy largos de enfriamiento gradual (**periodo glacial**) seguidos de periodos rápidos de calentamiento (**período interglaciario**), cada 100.000 años aproximadamente. Las fluctuaciones entre periodos están en torno a los 9°C de media.
- En los últimos 800.000 años ha habido una fuerte **correlación** positiva entre la concentración de CO₂ y la temperatura global del planeta: los periodos en los que ha habido mayor concentración de dióxido de carbono coinciden siempre con periodos en los que la Tierra la temperatura ha sido mayor.
- La misma tendencia se ha encontrado en diversos puntos de perforación en la Antártida y en Groenlandia.

Hoy

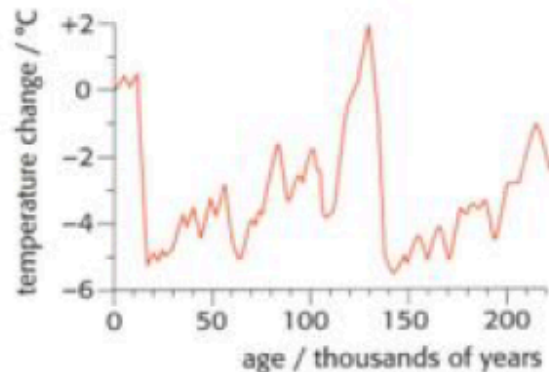
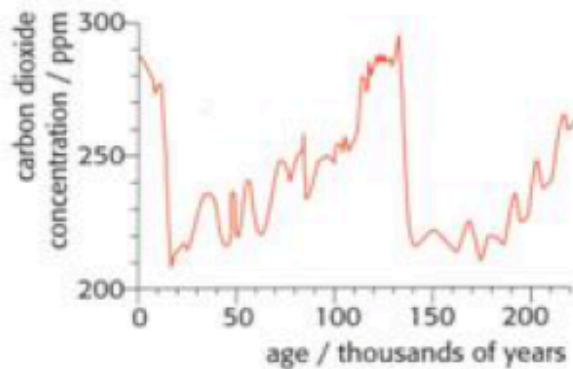
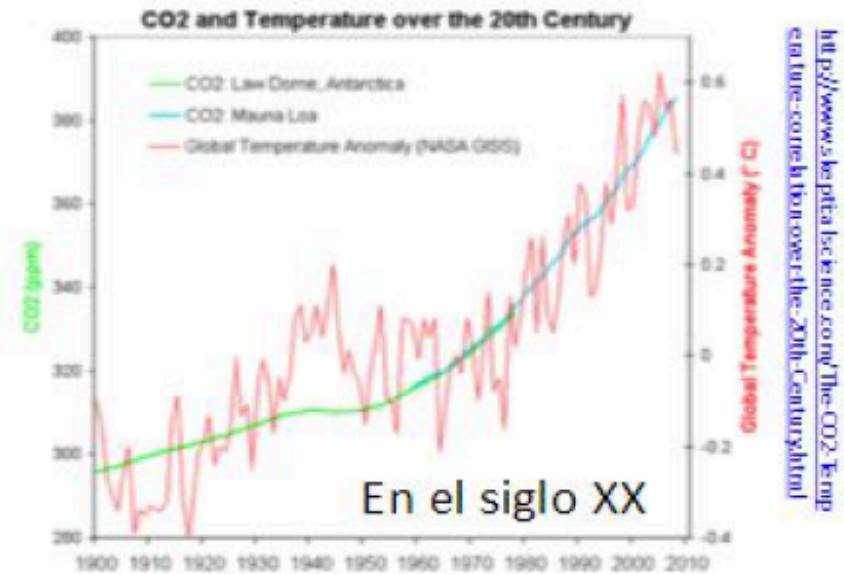


- Los resultados apoyan la hipótesis de que un aumento en la concentración de dióxido de carbono produce un aumento del efecto invernadero.
- Aunque correlación no significa causalidad, también sabemos por otros métodos que el dióxido de carbono es un gas de efecto invernadero.
- De modo que se puede afirmar que, al menos en los últimos 800.000 años **las variaciones de temperatura se han debido a variaciones en las concentraciones de dióxido de carbono.**

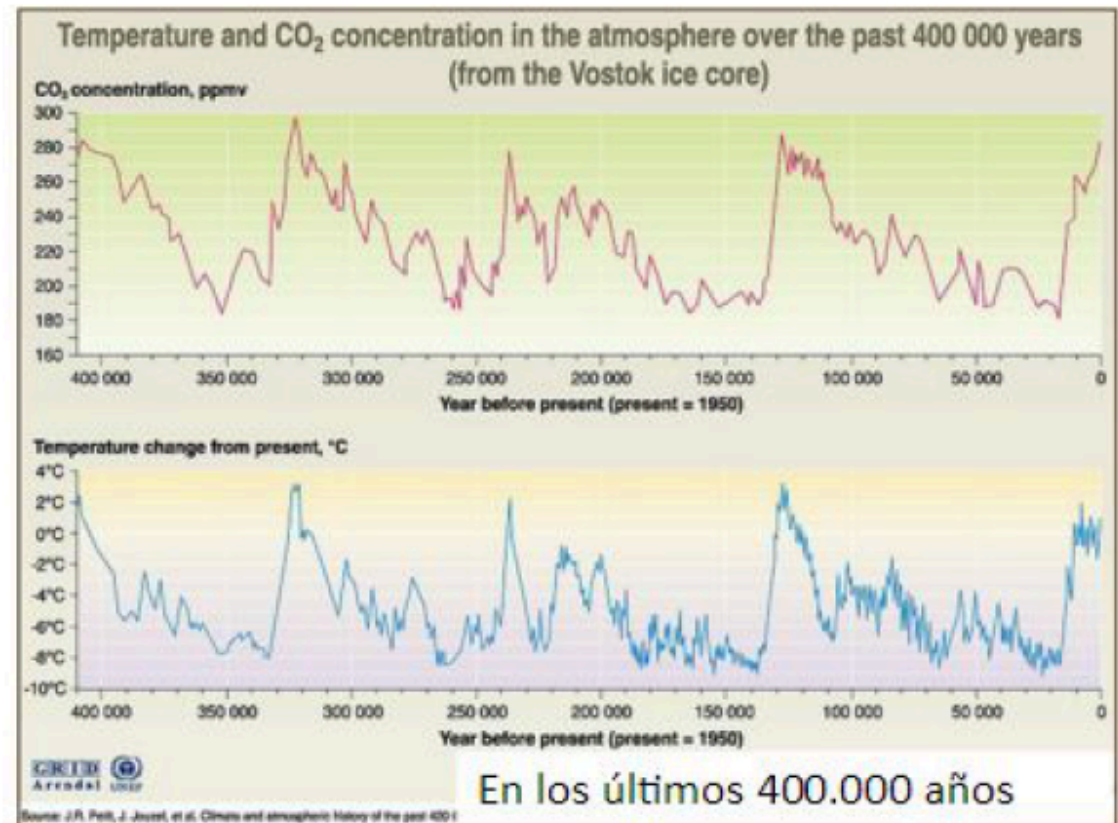
Hoy



Correlación entre el cambio de temperatura y el cambio en la concentración de CO₂ atmosférico en distintos rangos de tiempo.



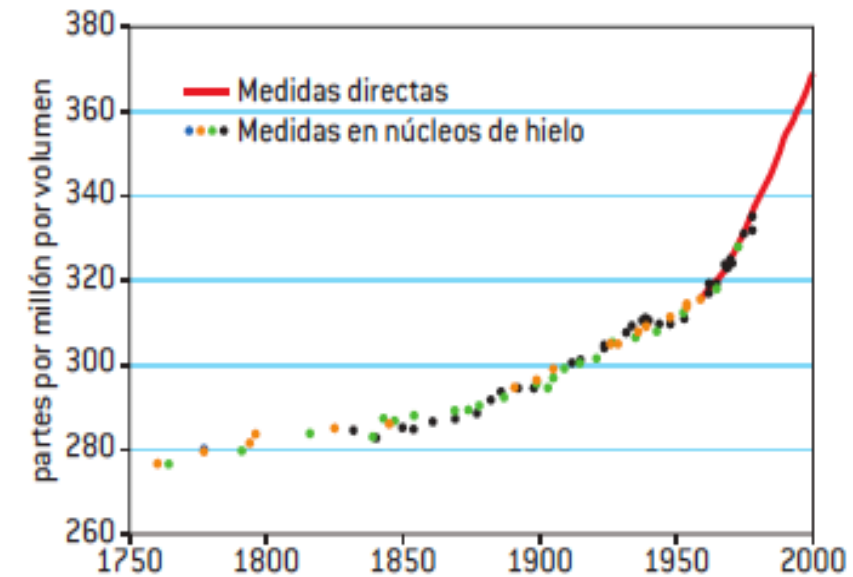
En los últimos 220.000 años



Preguntas basadas en datos: Las concentraciones de CO₂ y las temperaturas globales

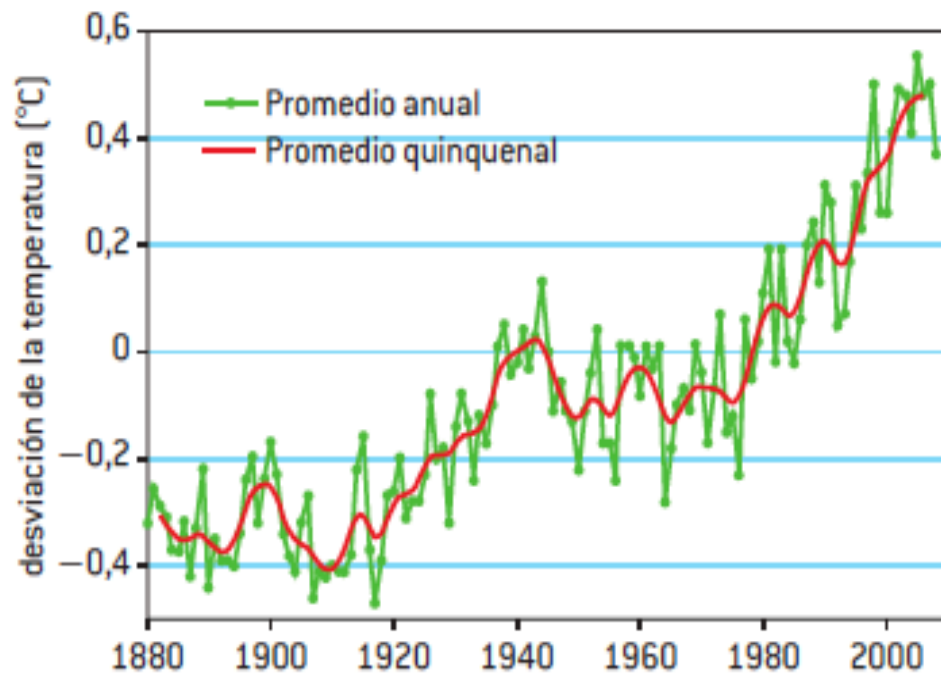
La figura 6 muestra concentraciones de dióxido de carbono atmosférico. La línea roja muestra las mediciones directas obtenidas por el Observatorio de Mauna Loa. Los puntos muestran las concentraciones de dióxido de carbono medidas en el aire atrapado en núcleos de hielo polar.

La figura 7 muestra un registro de las temperaturas medias globales compilado por el instituto Goddard Institute for Space Studies de la NASA. Los puntos verdes son promedios anuales y la curva roja representa promedios quinquenales. Los valores representan la desviación de la temperatura media entre 1961 y 1990.



▲ Figura 6

1 Discute si las mediciones de la concentración de dióxido de carbono de los núcleos de hielo son compatibles con las mediciones directas del Observatorio de Mauna Loa. [2]



▲ Figura 7

- 2** Compara las tendencias en la concentración de dióxido de carbono y las temperaturas globales entre 1880 y 2008. [2]
- 3** Estima el cambio en la temperatura media global entre:
- a) 1900 y 2000 [1]
 - b) 1905 y 2005 [1]
- 4**
- a) Sugiere razones de que las temperaturas globales bajen durante unos años, cuando la tendencia global es de aumento de las temperaturas. [2]
 - b) Discute si estas bajadas indican que la concentración de dióxido de carbono no influye en las temperaturas globales. [2]



Evaluación de afirmaciones y discrepancias

Evaluación de afirmaciones: evaluación de las afirmaciones en las que se sostiene que las actividades humanas no provocan un cambio climático

De todos los temas científicos, el cambio climático es el que se ha debatido de forma más acalorada. Una búsqueda en Internet enseguida revela puntos de vista diametralmente opuestos, todos expresados categóricamente. En su novela *Estado de miedo*, el escritor Michael Crichton retrató a los científicos que estudian el cambio climático como ecoterroristas dispuestos a asesinar en masa para difundir su trabajo. ¿Qué razones pueden existir para que haya una oposición tan feroz a la ciencia del cambio climático y por qué motivo los científicos del cambio climático defienden sus conclusiones de forma tan vigorosa?

Vale la pena discutir estas preguntas. Hay muchos factores que podrían influir:

- Los científicos están formados para ser cautos acerca de sus afirmaciones y para fundamentar sus ideas con pruebas. Se espera que admitan cuándo tienen incertidumbre, y ello puede dar la impresión de que las pruebas son más débiles de lo que realmente son.
- Los patrones climáticos globales son muy complejos y es difícil predecir las consecuencias que puede tener un mayor aumento en las concentraciones de gases invernadero. Puede haber puntos de inflexión en los patrones climáticos donde ocurran cambios bruscos masivos. Esto dificulta aún más la predicción.
- Las consecuencias de los cambios en los patrones climáticos globales podrían ser muy graves para los seres humanos y otras especies, así que muchos consideran que es necesario tomar medidas inmediatas, aunque siga habiendo incertidumbre en la ciencia del cambio climático. Algunas empresas generan enormes ganancias con el carbón, el petróleo y el gas natural y les interesa que la quema de combustibles fósiles siga creciendo. No sería sorprendente que algunas de estas empresas hayan pagado para que se escriban informes que minimicen los riesgos del cambio climático.

En los periódicos, la televisión e Internet se han expresado numerosas afirmaciones de que el cambio climático está causado por las actividades humanas. Por ejemplo:

“El calentamiento global se detuvo en 1998, pero las concentraciones de dióxido de carbono han seguido aumentando, por lo que las emisiones humanas de dióxido de carbono no pueden estar causando el calentamiento global.”

Esta afirmación ignora el hecho de que las temperaturas en la Tierra están influidas por muchos factores, no solo por las concentraciones de gases invernadero. Los ciclos de las corrientes oceánicas y la actividad volcánica pueden causar variaciones significativas de un año para otro. Debido a esos factores, 1998 fue un año inusualmente cálido y también algunos de los últimos años han sido más frescos de lo normal. El calentamiento global continúa, pero no aumenta en la misma medida cada año. Los seres humanos emiten dióxido de carbono por la quema de combustibles fósiles y hay pruebas contundentes de que el dióxido de carbono produce calentamiento, por lo que la afirmación anterior no tiene un fundamento científico.

Las afirmaciones de que las actividades humanas no están causando un cambio climático continuarán formulándose y es necesario



Oposición a la ciencia del cambio climático

Evaluación de las afirmaciones acerca de que las actividades humanas no están causando un cambio climático

evaluarlas. Como se hace en las ciencias, debemos respaldar nuestras evaluaciones con pruebas fiables. Existen numerosas pruebas de la emisión de gases invernadero por parte de los seres humanos, de los efectos de estos gases y de los cambios en los patrones climáticos. No todas las fuentes de Internet son fiables y, por tanto, tenemos que distinguir cuidadosamente entre los sitios web que presentan evaluaciones objetivas basadas en pruebas fiables y aquellos que ofrecen información sesgada.



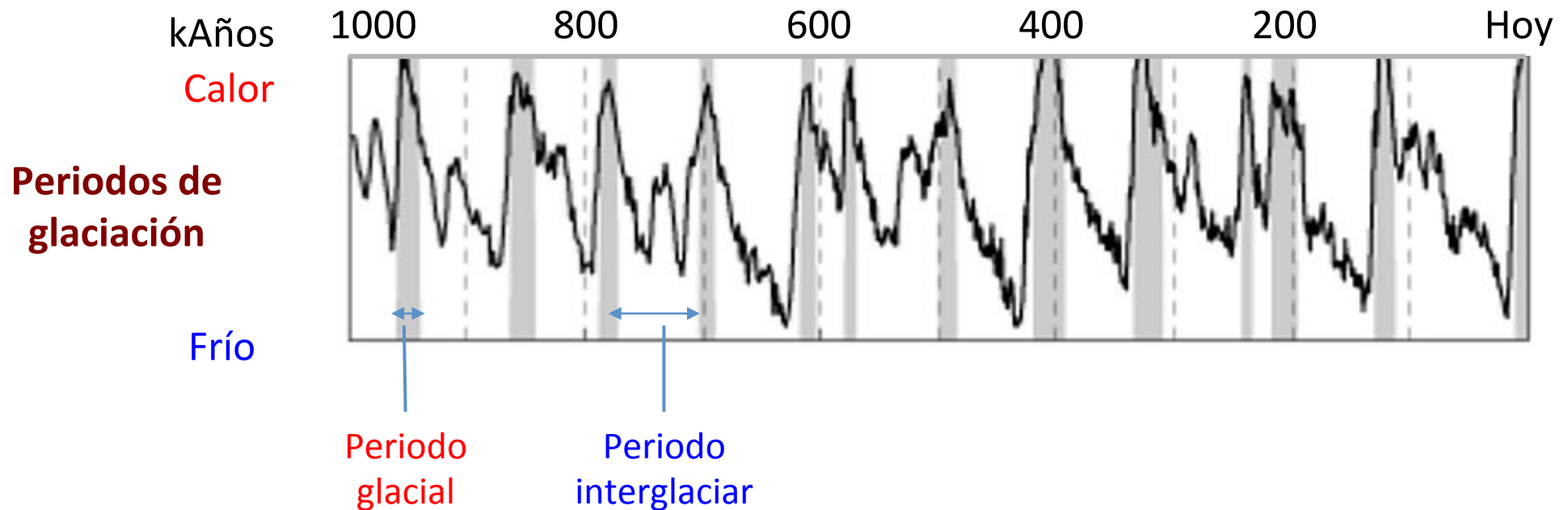
7. Gases de efecto invernadero y patrones climáticos.

Idea clave

Las temperaturas globales y los patrones climáticos se ven influidos por las concentraciones de los gases invernadero.

La temperatura media de la superficie terrestre se estima que es 32 °C mayor que si no hubiera gases de efecto invernadero. Si la concentración de cualquier gas invernadero aumenta, aumentaría también la cantidad de calor retenido y, por tanto, deberíamos esperar un aumento de la temperatura media global del planeta. Esto no significa que la temperatura sea directamente proporcional a las concentraciones de gases invernadero. Puede haber otros factores que influyan en el clima de la Tierra.

- Según la [teoría de los ciclos de Milankovitch](#) sobre las glaciaciones terrestres éstas son debidas a los ciclos de precesión, excentricidad y oblicuidad de la órbita terrestre y de los ciclos de actividad solar. Pero su alternancia y coincidencias no han quedado bien establecidas.



Las temperaturas globales influyen en otros aspectos del clima terrestre:

- Con mayor temperatura se aumenta la evaporación del agua de los océanos y por tanto los periodos lluviosos serán más frecuentes y prolongados.
- Las tormentas serán más frecuentes y fuertes y, en particular, las tormentas o ciclones tropicales, huracanes o tifones causados por una mayor evaporación de los océanos. En septiembre de 2012 una tormenta tropical (llamada Vince) tocó por primera vez España.
- Las consecuencias de un aumento global de las temperaturas es improbable que afecten por igual a todo el planeta. Unos lugares se calentarán o enfriarán más que otros al cambiar las corrientes marinas, en unos lloverá más que en otros, etc. Las predicciones de cambio climático tienen una gran incertidumbre, pero está claro que se producirán grandes cambios en los patrones climáticos del planeta.



Ciclón Catarina, infrecuente ciclón tropical que afectó a Brasil en América del Sur, en marzo de 2004, con vientos de 240 km/h.

RECUERDA

VARIACIONES DE LA RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE

PERIÓDICAS

GRADUALES

- Excentricidad de la órbita terrestre
- Inclinação del eje
- Posición del perihelio

El Sol no siempre ha emitido la misma cantidad de energía

RECUERDA

VARIACIONES PERIÓDICAS

Se atribuyen a los ciclos astronómicos de Milankovitch

Causantes de las glaciaciones

↓ Radiación solar incidente

↓ T^a

+ Bucle hielo-albedo

1. EXCENTRICIDAD DE LA ORBITA TERRESTRE

Movimiento de Traslación >
Varia desde circular a elíptica.
Aproximadamente cada 100.000 años

Más alargada la elipse, más corta la estación cálida

RECUERDA

VARIACIONES PERIÓDICAS

2. INCLINACIÓN DEL EJE

Cada **41.000** años varía el ángulo de inclinación del eje de rotación terrestre respecto a la perpendicular al plano de traslación actualmente, forma un ángulo de **$23^{\circ} 27'$**

Produce diferencias entre día y noche y las estaciones

No habría estaciones. día y noche durarían 12 h

Con un eje Vertical

RECUERDA

VARIACIONES PERIÓDICAS

3.POSICIÓN DEL PERIHELIO

PERIHELIO
(punto más cercano al Sol)

AFELIO
(punto más alejado al Sol)

Varia cada **23.000 años**

Actualmente Tierra en el **perihelio en invierno** del hemisferio norte (verano del sur).
En **verano**, del hemisferio norte está en **afelio** (invierno en el Sur)

Hace más calor en veranos de perihelio que en los afelios.
Los inviernos en afelio son más fríos que los de perihelio,
Afecta al Hemisferio sur
Pero se nota poco porque al estar constituido por océanos el clima es más suave

RECUERDA

VARIACIONES GRADUALES

El Sol **no** ha emitido siempre la misma cantidad de energía

antes de aparecer la vida , la T^a de la tierra debió de ser un 30% menor que la actual

Principio Entropía

A medida que se va degradando su energía se desprende más calor

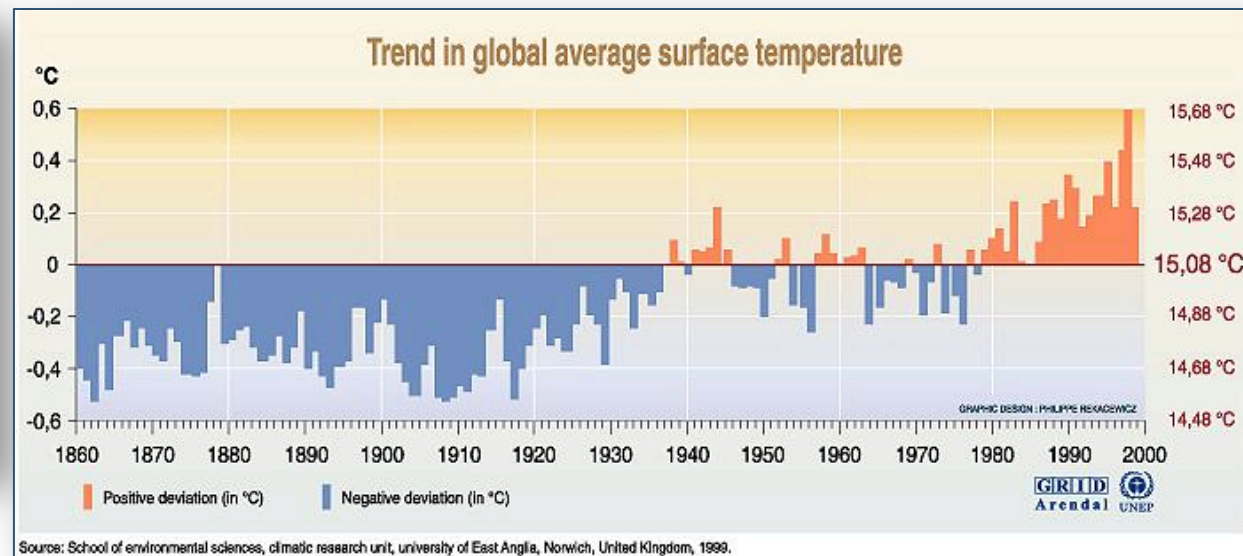
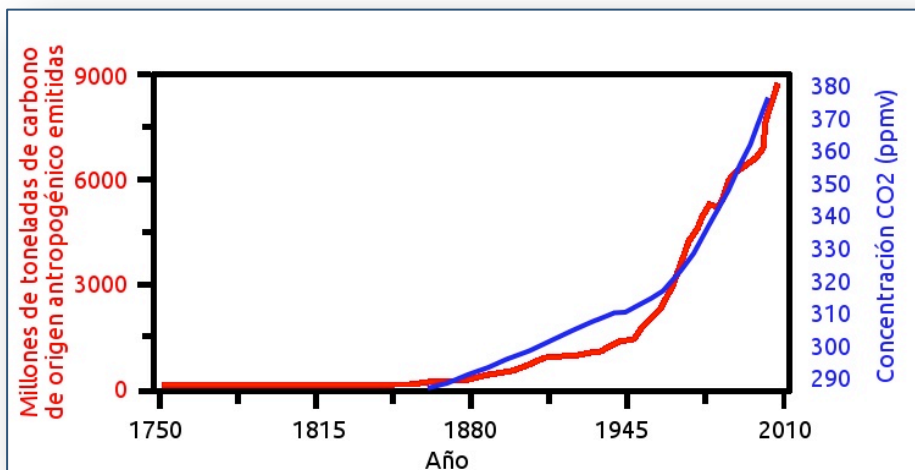


8. Industrialización y cambio climático.

Idea clave

Hay una correlación entre las concentraciones atmosféricas crecientes de dióxido de carbono desde el inicio de la revolución industrial que tuvo lugar hace doscientos años y las temperaturas globales.

- Desde que tenemos registros fiables de datos de las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera, **nuca antes** se había llegado a las casi 400 ppm de ahora.
- El CO₂ antropogénico proviene de la **quema de combustibles fósiles**, cambios en el uso de la tierra como la deforestación, y de la fabricación de cemento
- La concentración de CO₂ en la época preindustrial hasta final del siglo XVIII era de 260-280 ppm. A partir de 1950, con la extensión de la industrialización basada en el uso de los combustibles fósiles a muchos países, las concentraciones de CO₂ se disparan.
- La subida en la concentración de CO₂ está correlacionada con el aumento de la temperatura media del planeta, más de medio grado desde 1950. Aunque el CO₂ no sea la única causa.





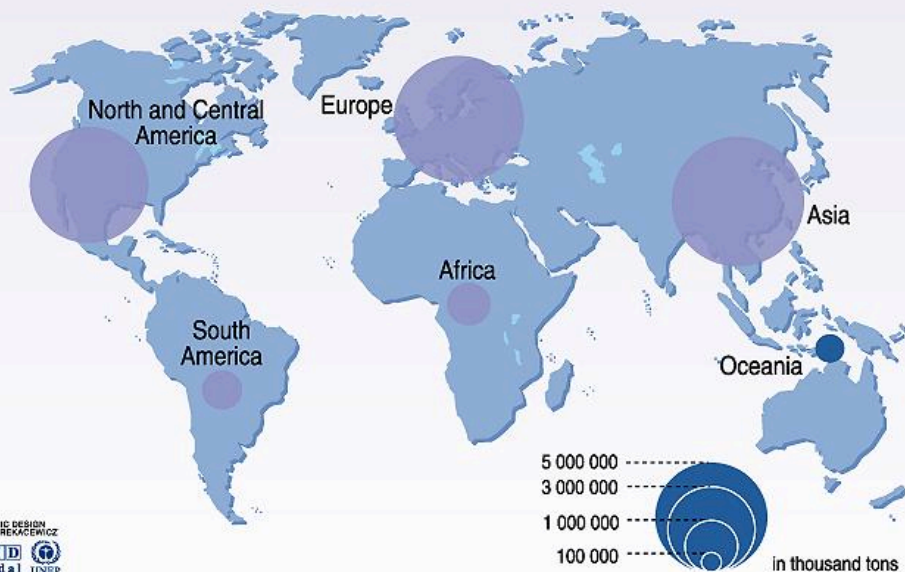
9. La quema de combustibles fósiles.

Idea clave

Los recientes aumentos de dióxido de carbono atmosférico se deben en gran medida al aumento de la combustión de la materia orgánica fosilizada

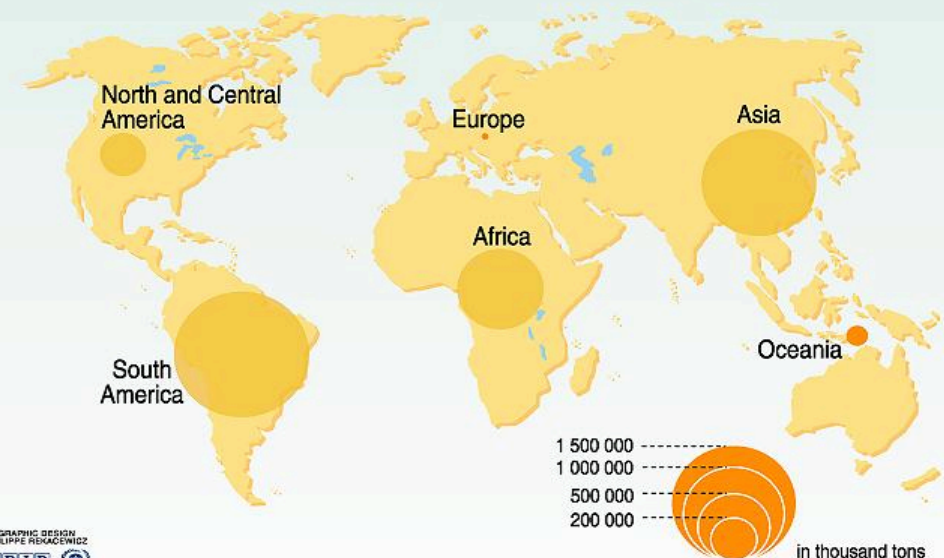
- El origen del CO₂ antropogénico se debe sobre todo a la **quema de combustibles fósiles** necesaria para los procesos industriales, producción de energía y transporte en las regiones industrializadas.
- También se debe a los **cambios en el uso del suelo**, principalmente la tala de bosques para la agricultura o la urbanización, carreteras, etc. Cuando grandes áreas de selvas son taladas, se convierten a menudo en pastizales menos productivos, con bastante menos capacidad de almacenamiento de CO₂.

CO₂ emissions from industrial processes



Source: United Nations framework convention on climate change (UNFCCC).

CO₂ emissions from land use change



Source: Climate Change Information kit, UNEP IUC, 1997.



10. ¿Qué constituye un nivel inaceptable de riesgo?

Idea clave

El propósito del principio de precaución es el de guiar la toma de decisiones en condiciones en las que no hay certeza total. ¿Es posible tener certezas en las ciencias naturales?

- En situaciones en las que la sociedad está en riesgo, los científicos deben asesorar a los gobernantes para que adopten las políticas que lo contrarresten.
- Como las afirmaciones científicas son generalizaciones basadas en gran parte en el razonamiento inductivos a partir de observaciones, no se puede tener una **certeza absoluta**.
- El **principio de precaución** aconseja que, en caso de que las consecuencias para la humanidad sean catastróficas, debe actuarse aunque no se tenga una certeza total en la amenaza. Así, por ejemplo se recoge en la **Declaración de Río** de 1992, de Naciones Unidas.



<http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm>

Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo

Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992



PRINCIPIO 15

Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente.

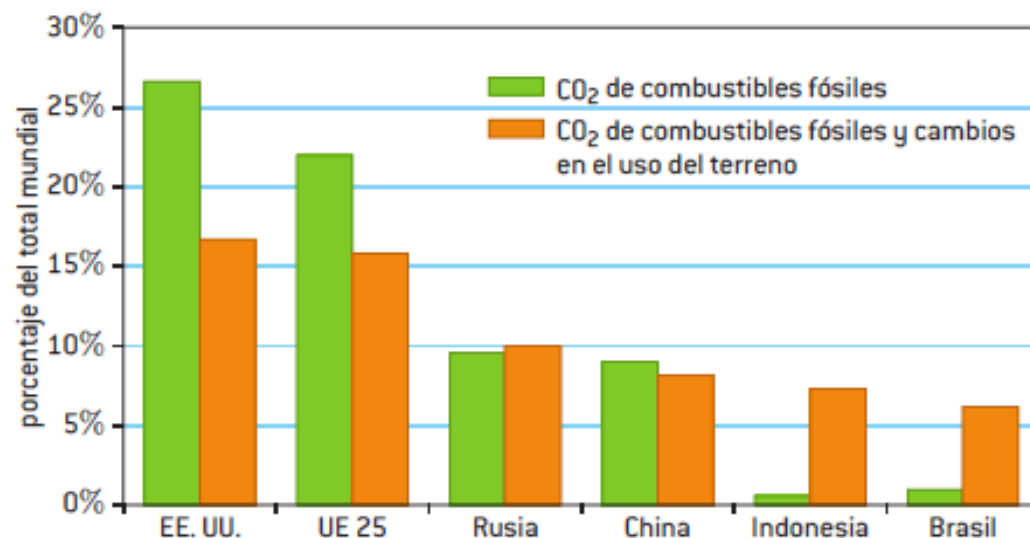
Preguntas basadas en datos: Comparación de las emisiones de CO₂

El gráfico de barras de la figura 10 muestra las emisiones acumuladas de CO₂ proveniente de combustibles fósiles de la Unión Europea y de cinco países entre 1950 y 2000. También muestra las emisiones totales de CO₂, que incluyen la deforestación y otros cambios en el uso del terreno.

- 1 Discute las razones de que la emisión acumulada de CO₂ por la quema de combustibles fósiles en los Estados Unidos sea mayor que en Brasil. [3]
- 2 Aunque las emisiones acumuladas entre 1950 y 2000 fueron superiores en los Estados Unidos que en cualquier otro país, en el año 2000 cuatro países registraron emisiones

mayores per cápita: Qatar, Emiratos Árabes Unidos, Kuwait y Bahrein. Sugiere algunas razones de esta diferencia. [3]

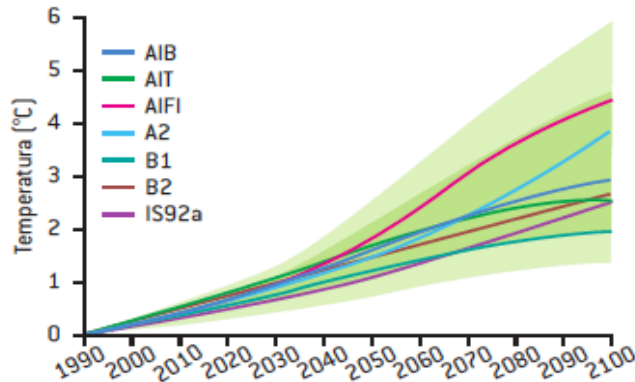
- 3 Aunque las emisiones acumuladas de CO₂ por la quema de combustibles fósiles en Indonesia y Brasil entre 1950 y 2000 fueron relativamente bajas, las emisiones totales de CO₂ fueron significativamente superiores. Sugiere algunos motivos de esto. [3]
- 4 En el año 2000, Australia ocupaba el séptimo puesto del mundo por las emisiones de CO₂, pero el cuarto si se incluyen todos los gases invernadero. Sugiere una razón de esta diferencia. [1]



▲ Figura 10

Preguntas basadas en datos: Incertidumbre en los pronósticos sobre el aumento de la temperatura

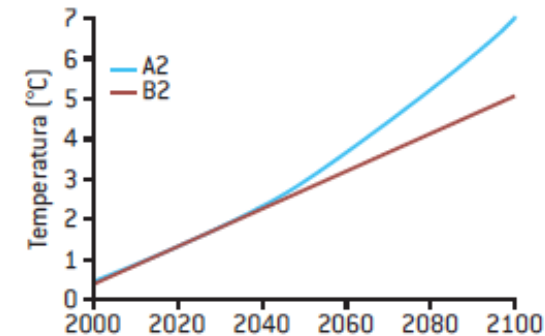
La figura 11 muestra pronósticos generados por computador de las temperaturas medias globales, basados en ocho posibilidades diferentes de cambios en las emisiones de gases invernadero. La banda verde clara incluye el rango de todos los pronósticos de centros de investigación alrededor del mundo, y la banda verde oscura incluye el rango de la mayoría de los pronósticos. La figura 12 muestra pronósticos de las temperaturas árticas, basados en dos de las posibilidades.



▲ Figura 11 Pronósticos de temperaturas medias globales

- 1 Identifica el código del pronóstico menos optimista. [1]
- 2 Indica los pronósticos mínimo y máximo de cambio de temperatura media global. [2]
- 3 Calcula la diferencia entre los pronósticos A2 y B2 de aumento de la temperatura media global. [2]
- 4 Compara los pronósticos de las temperaturas árticas con los de las temperaturas medias globales. [2]
- 5 Sugiere incertidumbres, aparte de las emisiones de gases invernadero, que afectan a los pronósticos de las temperaturas medias globales de los próximos 100 años. [2]
- 6 Discute cuánto más seguros son los pronósticos basados en datos de varios centros de investigación diferentes, en lugar de un solo centro. [3]

- 7 Discute si la incertidumbre en los pronósticos de temperatura justifica la acción o la inacción. [4]
- 8 Discute si es posible lograr un equilibrio entre los riesgos ambientales y los riesgos socioeconómicos y para los medios de subsistencia, o si es necesario establecer prioridades. [4]



▲ Figura 12 Pronóstico de temperaturas árticas



11. Oposición a la ciencia del cambio climático.

Idea
clave

Evaluación de las afirmaciones acerca de que las actividades humanas no están causando un cambio climático.

El problema del cambio climático se ha convertido en uno de los debates más acalorados en nuestra sociedad, con posturas diametralmente opuestas.

Michael Crichton, famoso novelista y “padre” de Parque Jurásico, en su obra *Estado de miedo*, del año 2004, pone de manifiesto su activismo escéptico, orientado a denunciar lo que él considera el componente sensacionalista y religioso del ecologismo, así como la incursión de la política en el campo de la ciencia. Es muy crítico con el consenso científico que se supone que existe en torno a la actual teoría del calentamiento global. ¿A qué se deben estas posiciones encontradas?:



- Los científicos están entrenados para ser precavidos en sus afirmaciones y basar sus ideas en pruebas. Cuando hay incertidumbres evitan adherirse a una u otra teoría, lo cual puede dar la impresión de que dichas pruebas son más débiles de lo que en realidad son.
- Los patrones de cambio climático son muy complejos y es difícil predecir las consecuencias en el futuro del aumento de los gases de efecto invernadero. Puede haber puntos de inflexión en los patrones climáticos que produzcan cambios repentinos lo cual dificulta la predicción.
- Las consecuencias del cambio climático podrían ser muy graves para los humanos y el resto de especies por lo que es necesario actuar aunque haya incertidumbres. Puede haber compañías con intereses económicos en el mundo del petróleo que no sorprendería que estuvieran financiando los informes que minimizan el cambio climático.
- En ciencia, la evaluación de afirmaciones en uno u otro sentido debe sustentarse en pruebas fiables y debemos aprender a distinguirlas.

OSCURECIMIENTO GLOBAL= Global dimming

CURIOSIDADES

Describe la reducción gradual de la cantidad de luz solar observada que alcanza la superficie terrestre desde hace años

Se piensa que ha sido provocado por un incremento de partículas de hollín (negro de carbón, carbonilla) en la atmósfera debido a las actividades humanas, principalmente la combustión, tanto industrial como en el transporte. Globalmente la reducción de la luz ha sido del orden de un 4% en tres décadas (1970-1989). El oscurecimiento global ha interferido con el ciclo hidrológico reduciendo la evaporación y ha podido provocar sequias en algunas zonas. La tendencia se ha revertido en los años noventa. El oscurecimiento global crea un efecto de enfriamiento que ha podido llevar a los científicos a subestimar los efectos de los gases de efecto invernadero enmascarando parcialmente el calentamiento global.



Estelas de aeronaves y nubes naturales. Las estelas podrían estar implicadas en el oscurecimiento global.



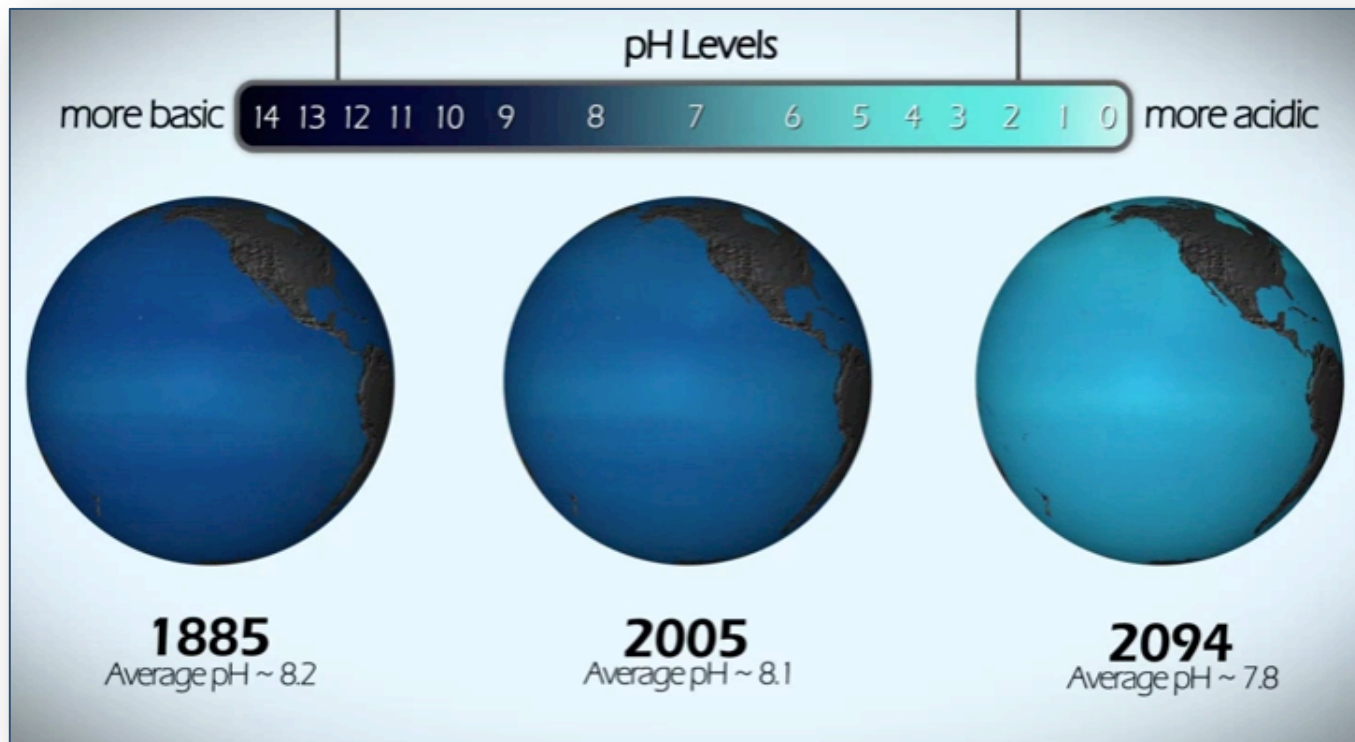
12. Arrecifes de coral y dióxido de carbono.

Idea clave

Amenazas para los arrecifes de coral por el aumento de concentración del dióxido de carbono disuelto.

Otra de las consecuencias del aumento de la concentración de dióxido de carbono atmosférico es una mayor disolución en las aguas oceánicas y su progresiva acidificación. De momento se ha detectado una disminución del pH de las capas superiores estimada en 8,2 en el siglo XIX, actualmente en 8,1 o menos.

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c5/Impacts_of_ocean_acidification_\(NOAA_EVL\).webm](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c5/Impacts_of_ocean_acidification_(NOAA_EVL).webm)

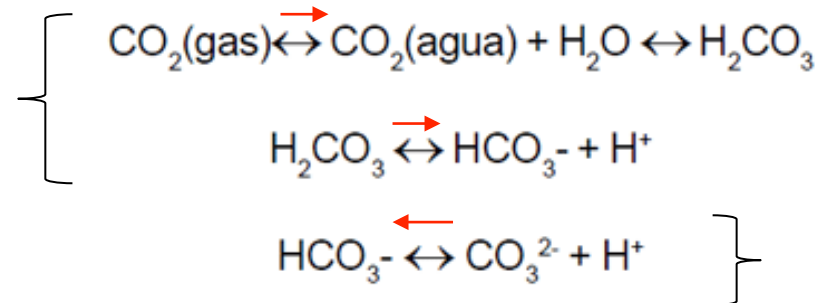


Visualiza este vídeo de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica del Gobierno de los Estados Unidos sobre la acidificación de los océanos: <http://goo.gl/AIAI7g>

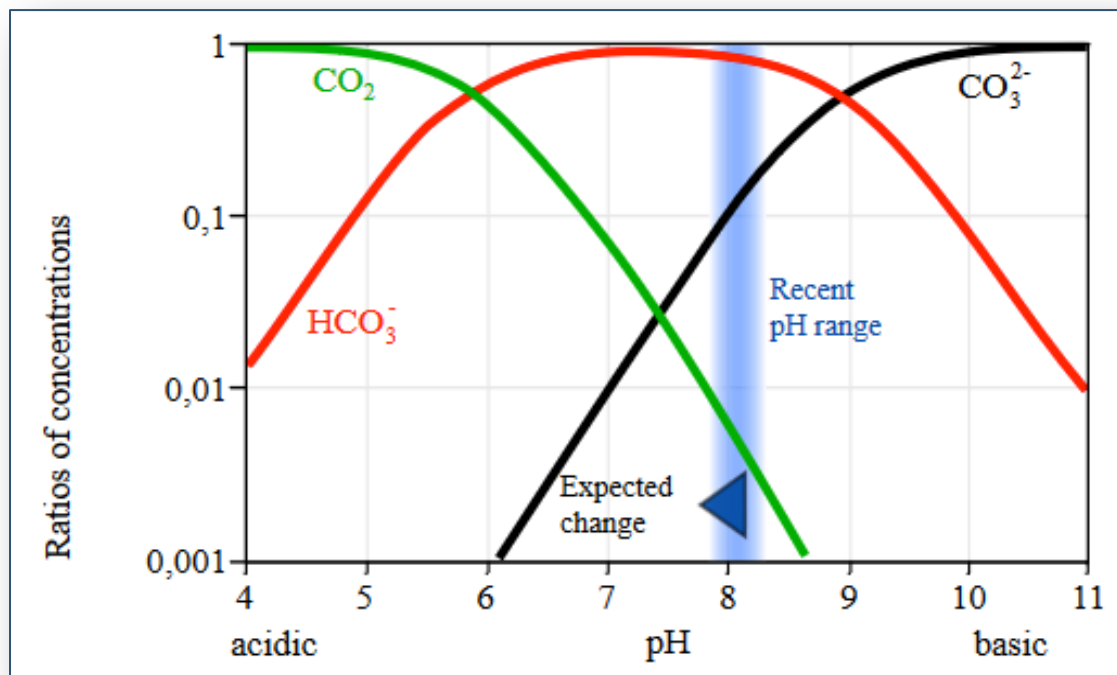
Parece un pequeño cambio, pero sus consecuencias son muy graves, ya que:

- Afecta a la **disponibilidad de iones carbonato** que muchos organismos del plancton y otros organismos marinos necesitan para fabricar sus caparazones calizos y que se encuentran en poca cantidad en el agua ya que son poco solubles. A mayor pH los iones bicarbonato se convierten en iones carbonato. Hay más iones bicarbonato y menos iones carbonatos. Ello repercute en todos los niveles tróficos

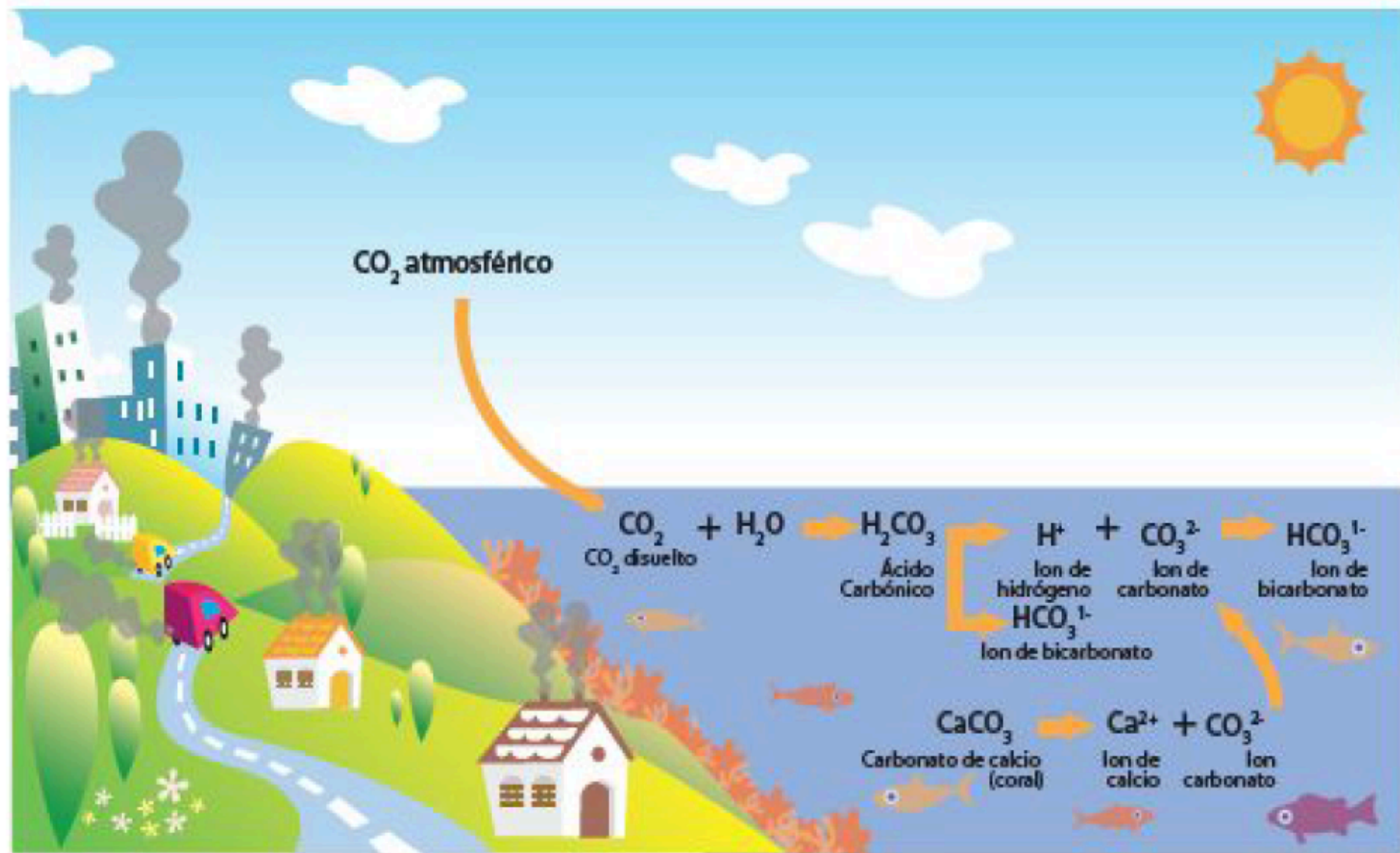
Al disolverse el dióxido de carbono en el agua aumentan los H^+



Los iones carbonato reaccionan con los H^+ convirtiéndose en iones bicarbonato

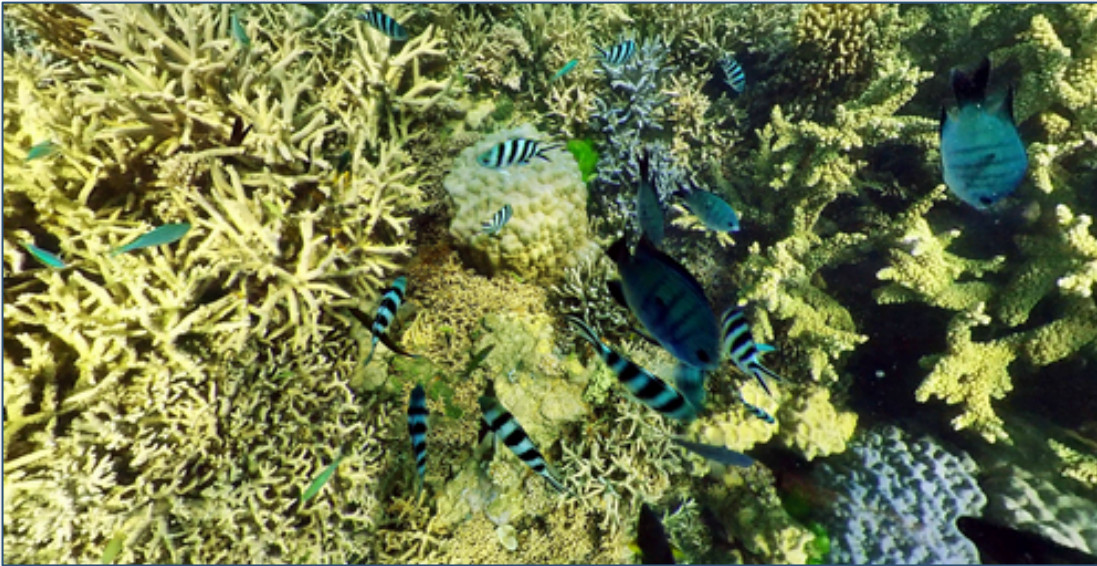


Cuadro 1: Procesos químicos en la acidificación oceánica



El CO_2 absorbido por la atmósfera reacciona con el agua del mar formando ácido carbónico. Este ácido libera un ion bicarbonato y un ion hidrógeno. El ion hidrógeno se une a los iones carbonato libres en el agua, formando otro ion bicarbonato. En caso contrario (sin la presencia en exceso de los iones de hidrógeno), los iones carbonato libres estarían disponibles para que los animales marinos hicieran conchas y esqueletos de carbonato cálcico.

- Además de la acidificación, el aumento de la temperatura también produce el “**blanqueo**” del coral en los arrecifes.



“Entra” y bucea por un arrecife del Pacífico.

<http://www.360cities.net/image/ile-aux-canards-coral-reef-noumea>



“Blanqueo” de un arrecife.

http://es.wikipedia.org/wiki/Blanqueo_de_coral

Los arrecifes de coral parecen tener estrechos márgenes de seguridad en las temperaturas y grado de acidez de las aguas en la que pueden sobrevivir. En condiciones normales el arrecife basa su funcionamiento en la simbiosis que se establece entre los pólipos de los cnidarios y las algas unicelulares que viven en sus tentáculos (zooxantelas).

El calentamiento y la acidificación del agua induce al pólipo a desprenderse de las algas provocando el “blanqueo” en masa y la muerte del arrecife en su conjunto.

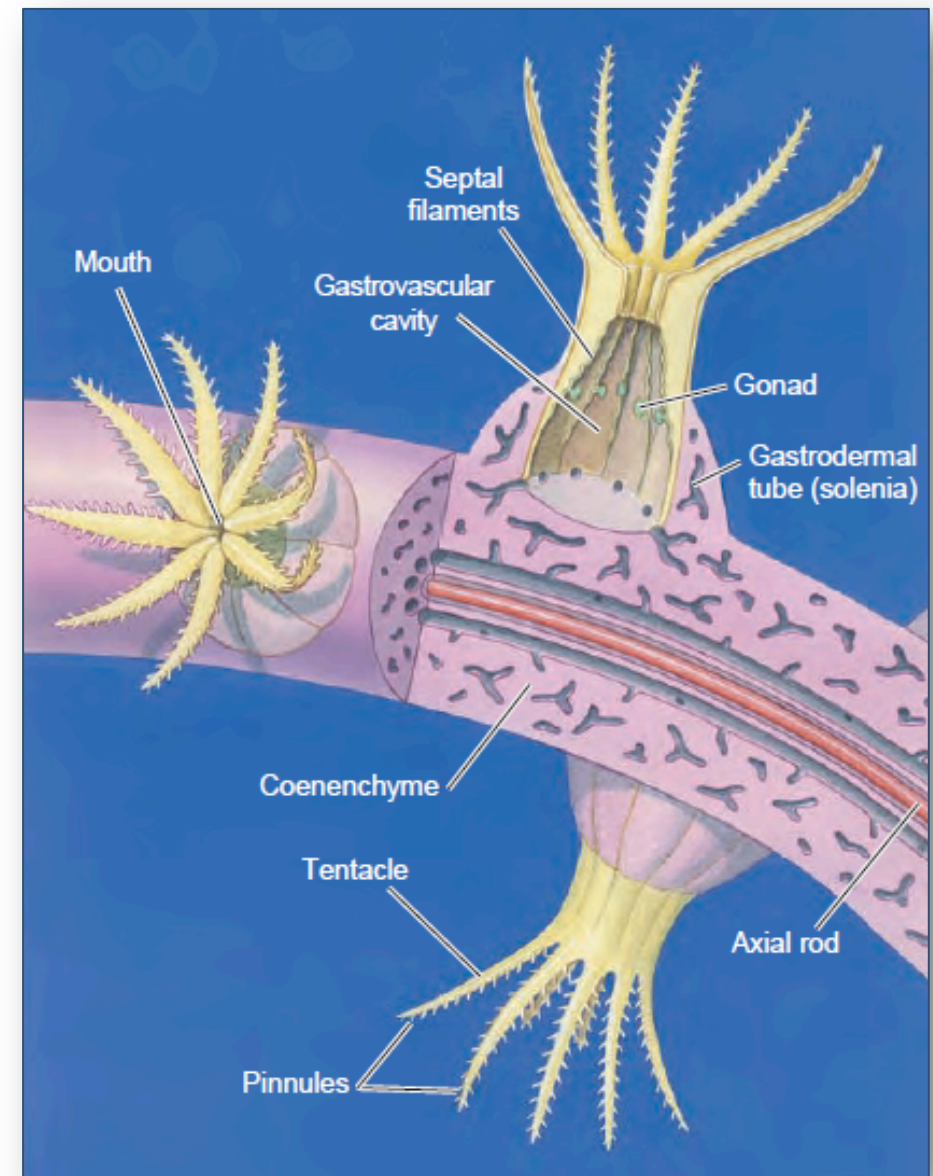
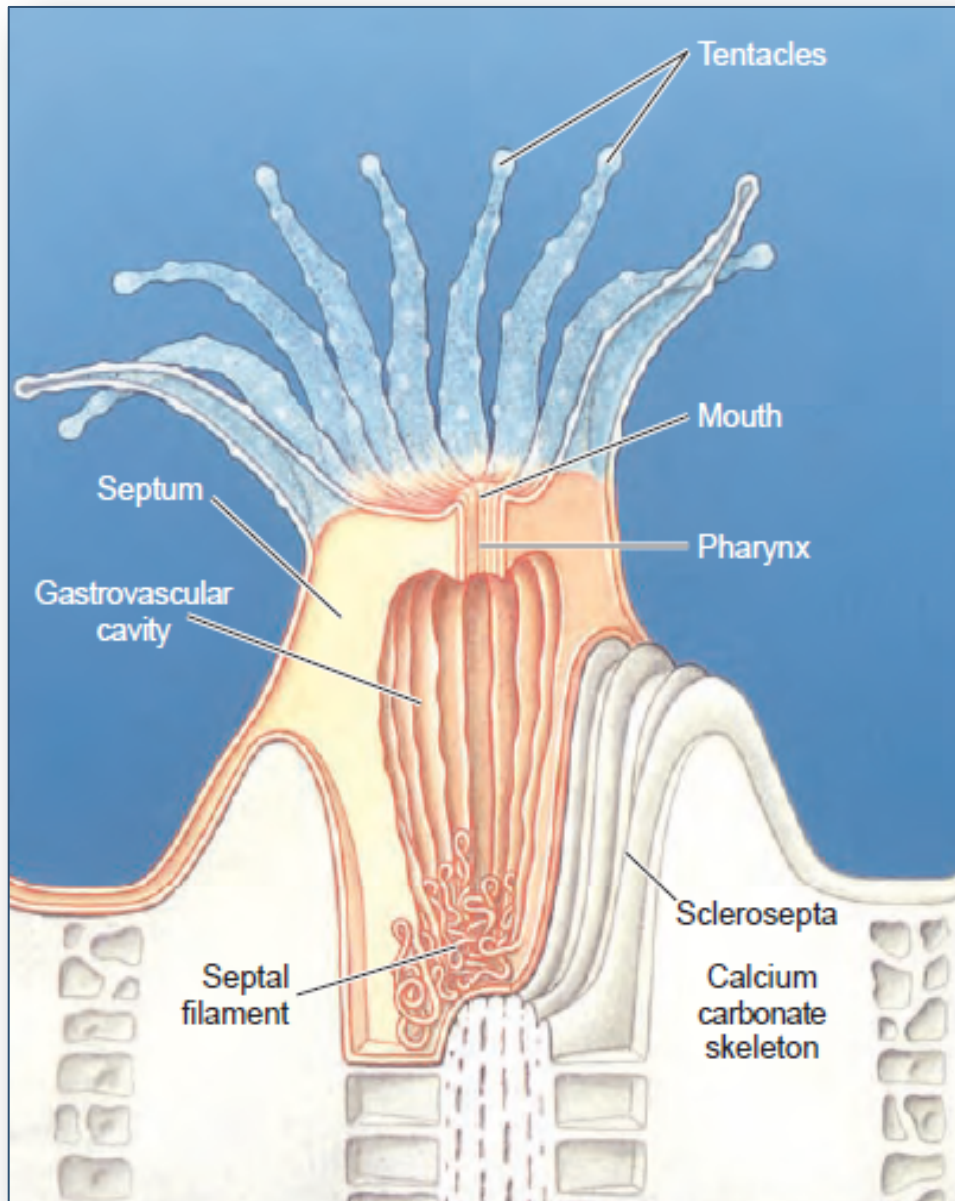


Simbiosis entre un pólipo de coral y el alga unicelular *Symbiodinium*

<http://es.wikipedia.org/wiki/Coral>



<http://www.oist.jp/news-center/photos/coral-polyps-symbiodinium-brown>



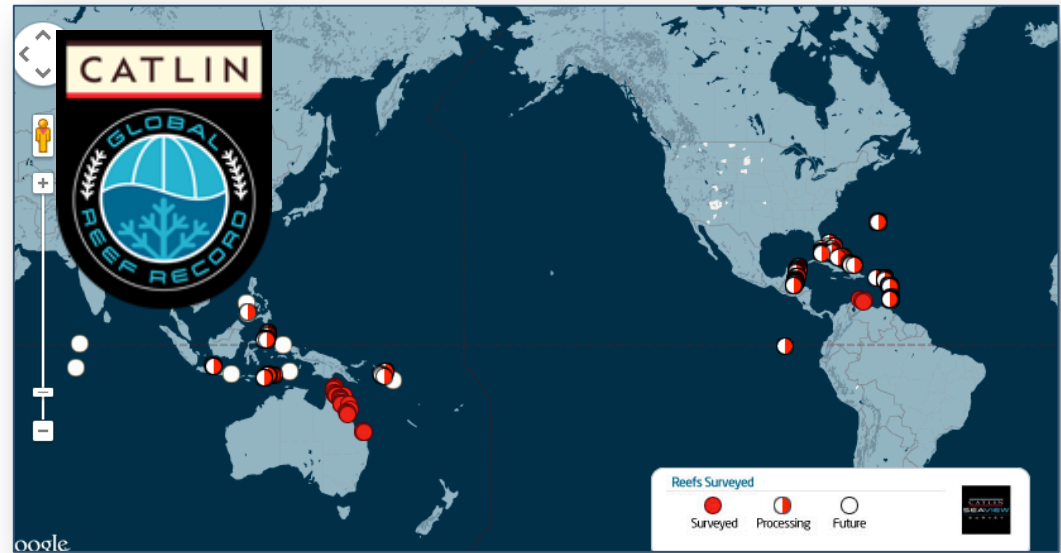
Esqueleto de carbonato de calcio (CaCO_3) de las colonias de pólipos de coral.



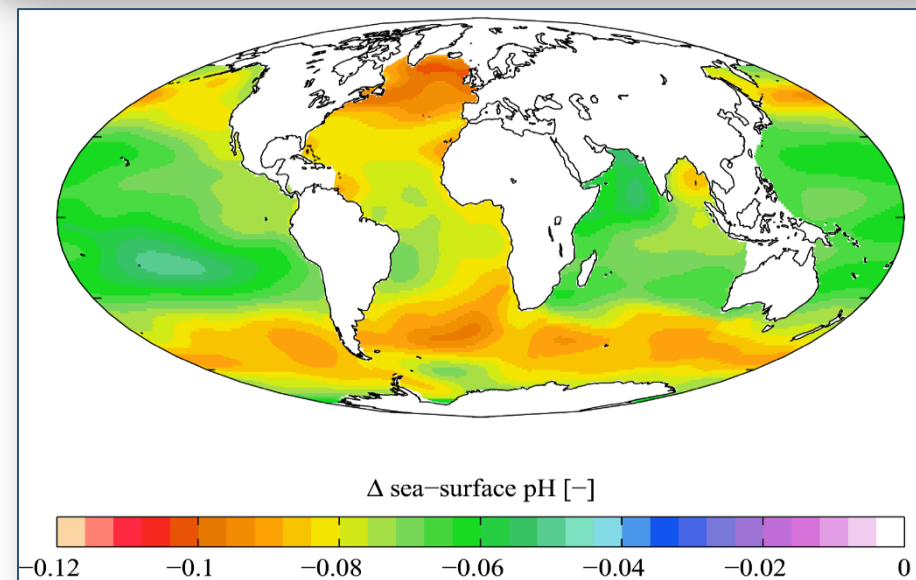
corals in the blue by utnapistim <https://www.flickr.com/photos/utnapistim/73190782/>
 Attribution, Non Commercial (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)
 Photo Attribution by PhotosForClass.com

- Además el agua, al acidificarse, **disuelve** los esqueletos calizos de muchos organismos marinos de **carbonato de calcio (CaCO_3)**, como el esqueleto de los pólipos en los arrecifes coralinos.

Observatorio de arrecifes: <http://globalreefrecord.org/maps>

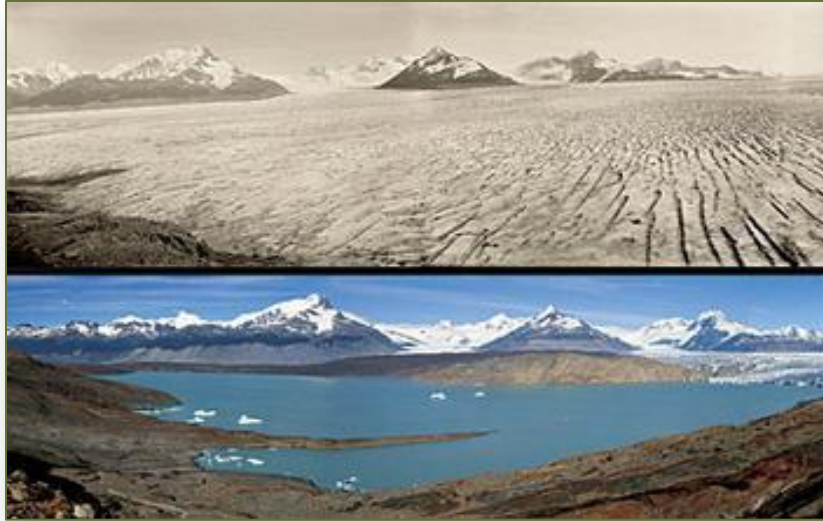


Variación prevista del pH del agua del mar a causa del CO_2 antropogénico entre 1700 y 1990

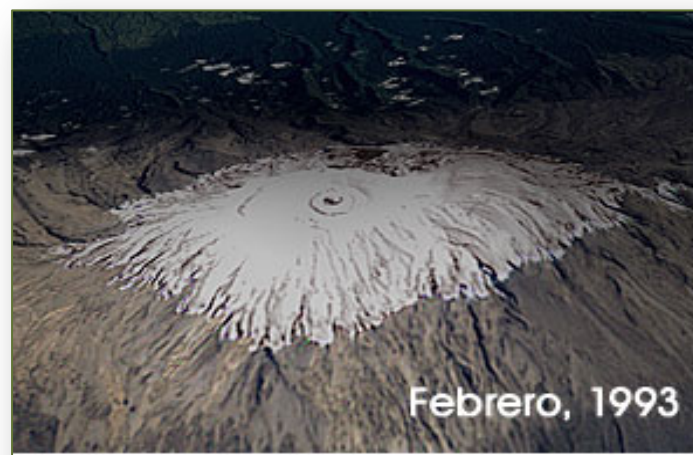


"WOA05_GLODAP del pH AYool" by Plumbago - Own work. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:WOA05_GLODAP_del_pH_AYool.png#/media/File:WOA05_GLODAP_del_pH_AYool.png

OTRAS CONSECUENCIAS DEL CALENTAMIENTO GLOBAL



El glaciar Upsala (Patagonia argentina) en 1928 y en 2004



Febrero, 1993



Febrero, 2000

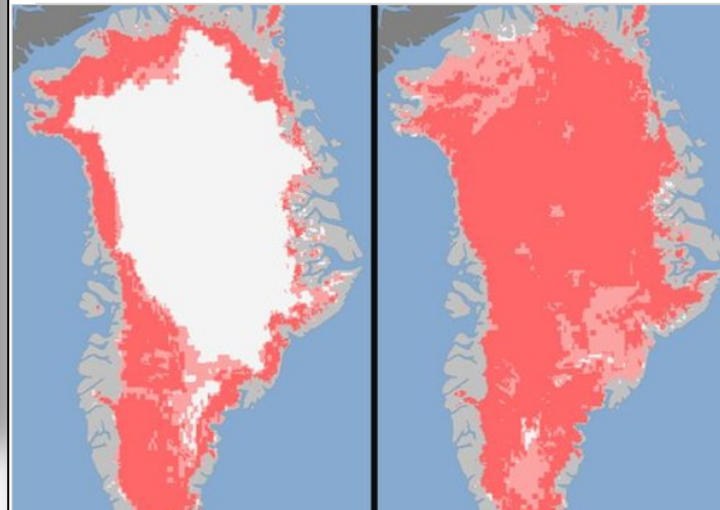


Kilimanjaro (Tanzania), 5895m



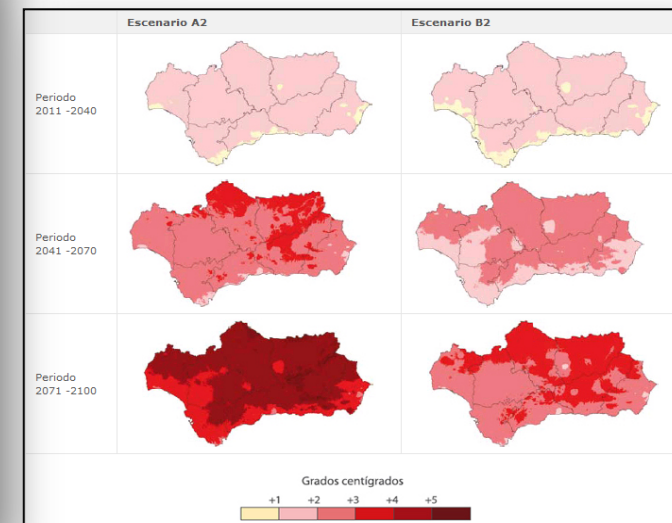
Subida del nivel del mar

Alarmante deshielo en Groenlandia



<http://www.nationalgeographic.es/noticias/medio-ambiente/calentamiento-global/alarmante-deshielo-en-groenlandia>

Escenario climático en Andalucía 2000-2100



<http://goo.gl/rK8OJX>

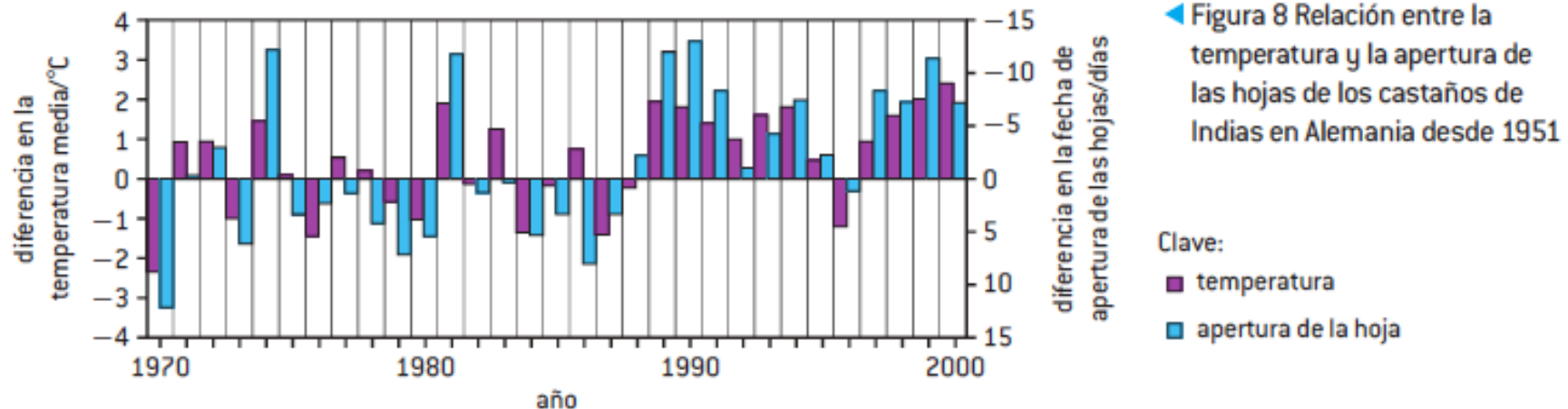
Preguntas basadas en datos: Fenología

Los fenólogos son biólogos que estudian cómo van ocurriendo las distintas actividades estacionales de los animales y las plantas, por ejemplo, cuándo se abren las hojas de los árboles y cuándo ponen huevos las aves. Este tipo de datos pueden aportar pruebas del cambio climático, incluido el calentamiento global.

Desde 1951, en Alemania se registra cada año la fecha en que se abren las hojas nuevas de los árboles de castaño de Indias (*Aesculus hippocastaneum*) en la primavera. La figura 8 muestra las diferencias entre las fechas de apertura de la hoja cada año y la fecha media de apertura entre 1970 y 2000. Los valores negativos indican que la fecha de apertura fue anterior a la media. El gráfico también muestra la diferencia entre la

temperatura media durante marzo y abril de cada año y la temperatura media general durante estos dos meses. Las temperaturas se obtuvieron de los registros de 35 estaciones climáticas alemanas.

- 1 Identifica el año en el cual:
 - a) Las hojas se abrieron antes. [1]
 - b) Las temperaturas medias en marzo y abril fueron las más bajas. [1]
- 2 Basándote en los datos del gráfico, deduce lo siguiente:
 - a) La relación entre las temperaturas de marzo y abril y la fecha de apertura de las hojas de los castaños de Indias. [1]
 - b) Si hay pruebas de calentamiento global hacia finales del siglo XX. [2]

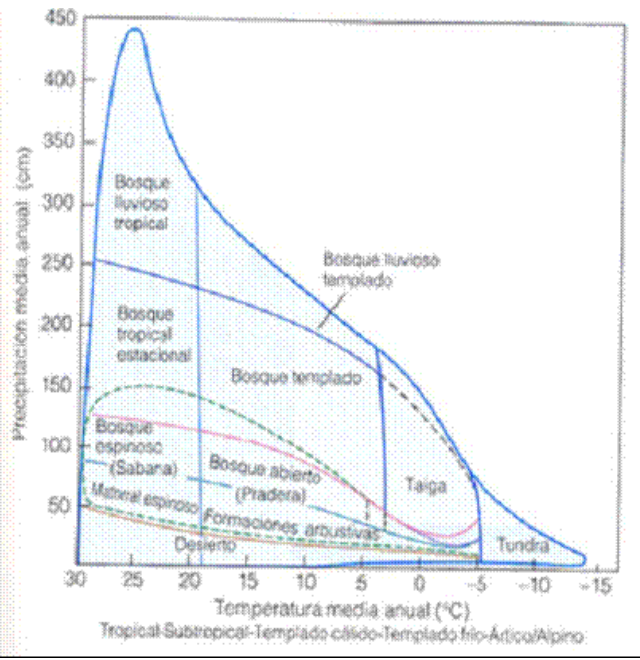


¿Cuáles son las consecuencias del incremento de la temperatura global sobre los ecosistemas árticos?

El aumento de la temperatura global producirá un cambio en las características de los biomas del mundo

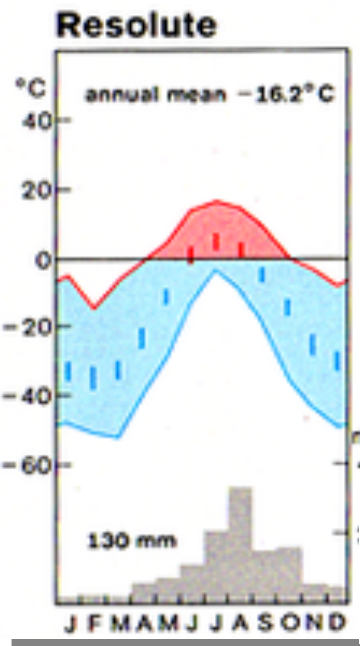
Las regiones geográficas desarrollarán las características de sus biomas vecinos más cálidos: los nichos presentes en la región no permanecerán más tiempo del mismo modo, y esto traerá cambios en las poblaciones.

Los **ecosistemas árticos** son un ejemplo de ecosistemas amenazados. A medida que las temperaturas y precipitaciones aumenten, habrá un cambio en las especies presentes, ya que nuevas especies migrarán a la región y tendrán ventaja y oportunidades para ocupar los nuevos nichos.

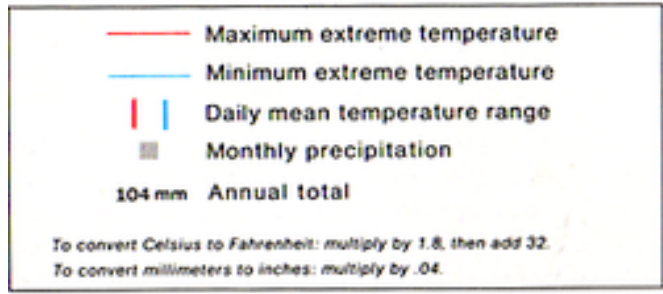


Smith y Smith, 2001. Ecología

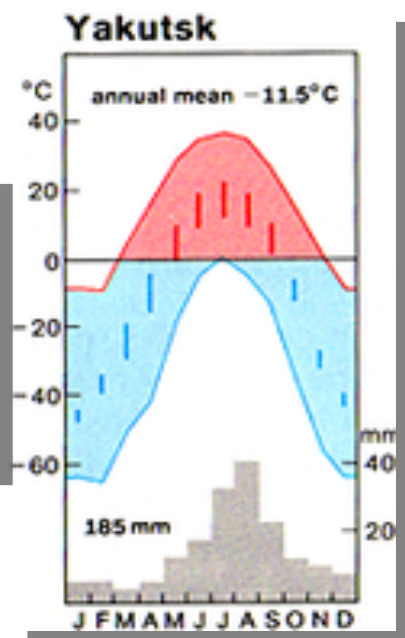
http://en.wikipedia.org/wiki/Climate_of_the_Arctic



Climograma de un casquete polar:
Bajas precipitaciones y temperaturas inferiores a 0°C todo el año.

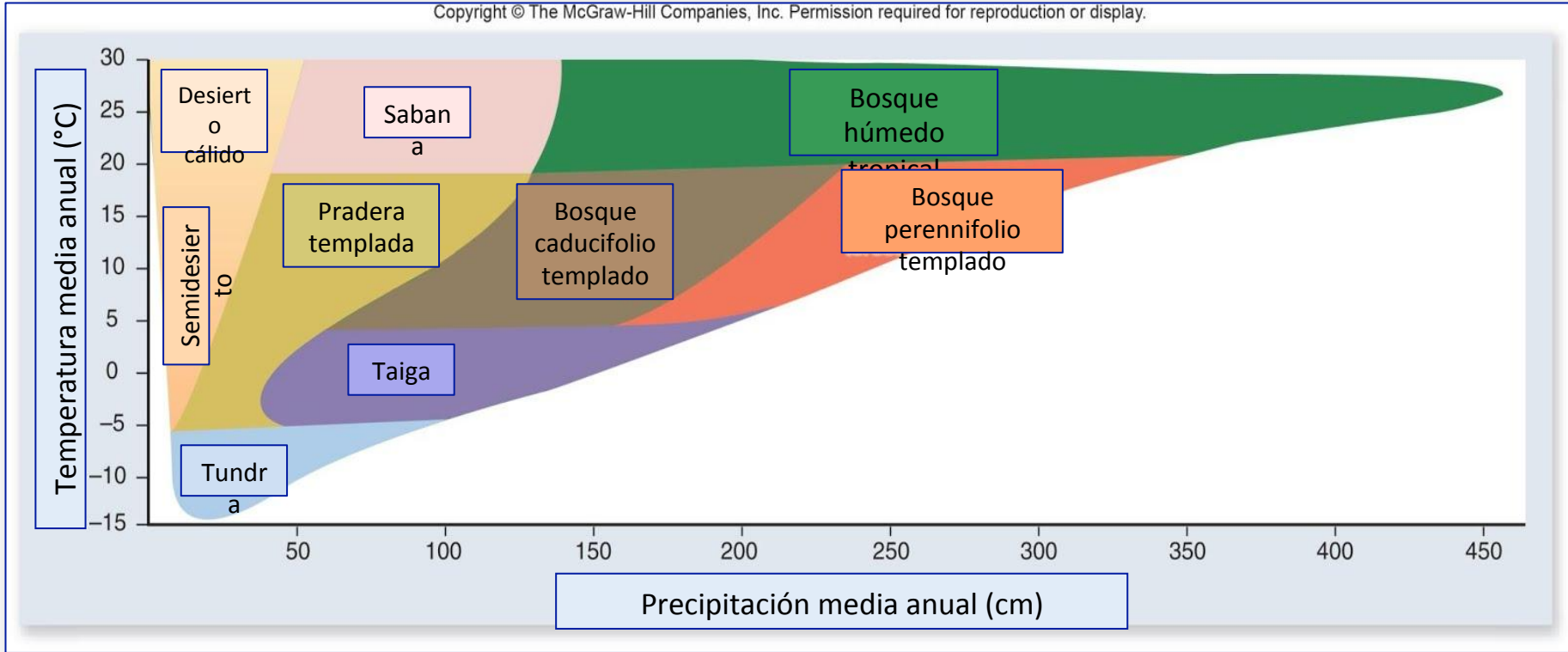


Climograma de una región subártica:
Precipitaciones anuales superiores. El futuro de los ecosistemas árticos.



PREDICTORES EN LA DISTRIBUCIÓN DE BIOMAS

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



La temperatura y la precipitación media anual son predictores útiles para determinar la distribución de biomas



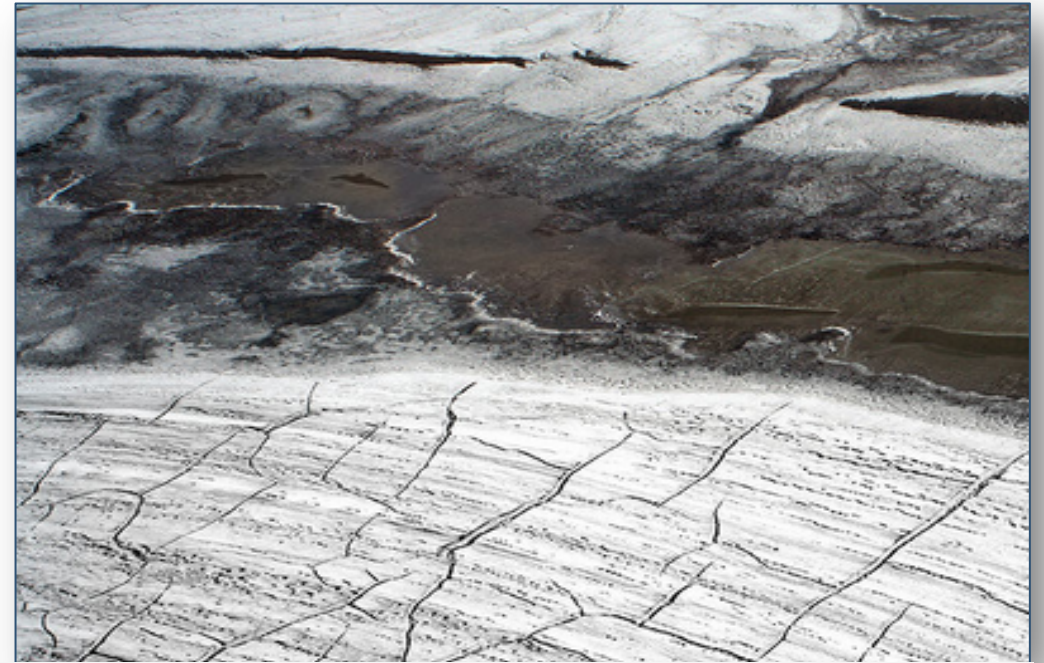
Tundra ártica en invierno



Tundra ártica en verano



Transición a zonas subárticas, húmedas y taiga



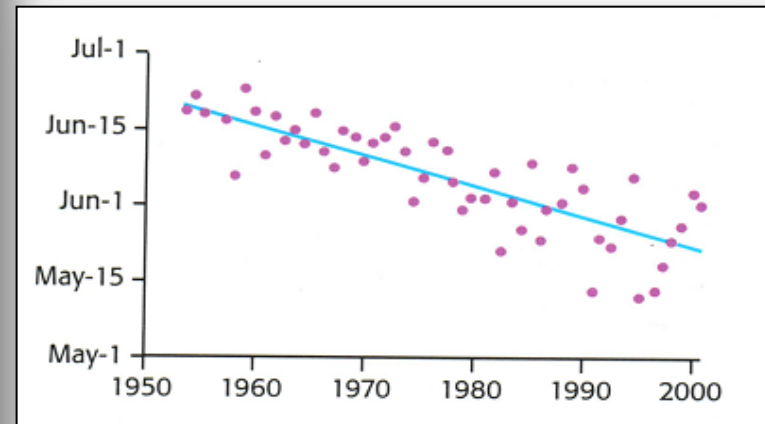
El suelo de la tundra o permafrost permanece helado bajo la superficie todo el año. Al derretirse escapa el metano (CH_4) y el CO_2 acumulado durante miles de años por descomposición de la materia orgánica acumulada en el subsuelo en épocas interglaciares, acelerándose el incremento del efecto invernadero.



<http://youtu.be/YegdEOSQotE>



Cada vez la época de deshielo en el Ártico es más prolongada, favoreciendo el crecimiento de la vegetación.



Fin de la cubierta de nieve en los últimos cinco decenios

Informe anual del Ártico

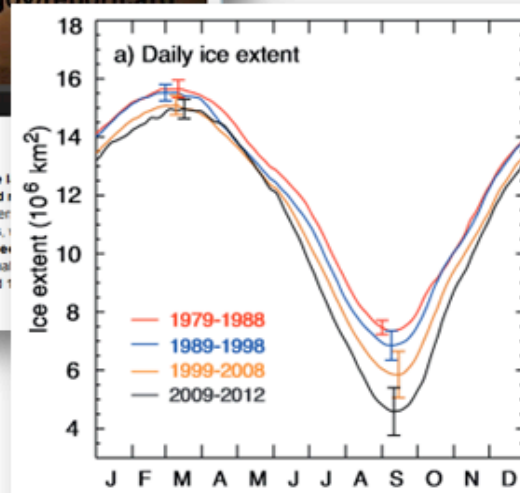
Elaborado anualmente por la agencia estadounidense NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica) resume los cambios climáticos y cambios locales en las características físicas y biológicas de la región Ártica.

The screenshot shows the homepage of the Arctic Report Card website. The main heading is "Arctic Report Card: Update for 2013" with the subtitle "Tracking recent environmental changes". Below this is a navigation menu with links for Home, About, Printouts, Previous Report Cards, NOAA Arctic Theme Page, and Contacts. A sidebar on the left lists various categories: HOME, Executive Summary, ATMOSPHERE (Air Temperature, Clouds & Surface Radiation, Ozone, UV Radiation, Black Carbon), SEA ICE & OCEAN (Sea Ice, Ocean Temperature & Salinity), MARINE ECOSYSTEMS (Sea Ice Biota, Marine Fishes, Benthic Communities), TERRESTRIAL ECOSYSTEMS (Vegetation, Muskoxen, Caribou & Reindeer), and TERRESTRIAL CRYOSPHERE (Snow, Glaciers & Ice Caps, Greenland Ice Sheet, Lake Ice, Permafrost). The main content area features a video player titled "Arctic Report Card Update 2013" and a text box with the heading "What's new in 2013?". The text states: "There were fewer snow and ice extremes than in 2012. Many regions and components of the Arctic environment were closer to their long-term averages, but the effects of a persistent warming trend that began over 30 years ago remain clearly evident." It also mentions that the impacts of the warming climate on the physical environment during those 30 years are influencing Arctic ecosystems on the land and in the sea. A "Highlights" section follows, noting that summer surface air temperatures were particularly low across the central Arctic Ocean, northern Canada and Greenland relative to 2007-2012, and were somewhat lower than the long-term average of 1981-2010. It also mentions that the minimum sea ice extent in September 2013 exceeded the record low of 2012, but was the 6th lowest since observations began in 1979 despite the relatively cool summer of 2013. The seven lowest minimum ice extents have occurred in the last seven years, 2007-2013.

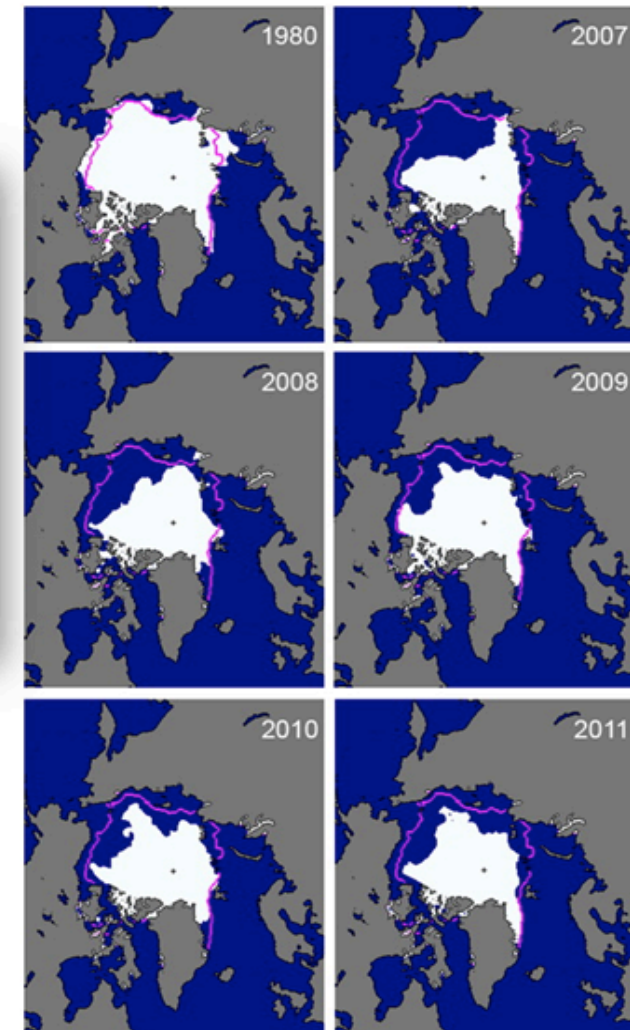
<http://www.arctic.noaa.gov/reportcard/>

Problemas clave:

- Pérdida de hielo marino y hábitat.
- Aumento de la descomposición y liberación de materia orgánica del permafrost (con la liberación posterior de CO₂ y metano).
- Redistribución de especies animales y de plantas.
- Los bosques de coníferas se extienden, hay más fotosíntesis y fijación de CO₂.
- Migración de especies animales, que conduce a la escasez de alimentos de los depredadores árticos.
- Cambios en las estructuras de las pesquerías de especies que requieren hielo a especies subárticas (competencia interespecífica).
- Las plagas (bacterias y otros patógenos) se extienden con éxito.



http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Chapter04_FINAL.pdf





En los últimos 30 años, se ha derretido el 75% del hielo flotante del Ártico
Envía **AYUDA ARTICO** al 28099



© Greenpeace/Tim Asby

CONOCE EL PROBLEMA

El hielo del Ártico, del que todos dependemos, está desapareciendo. Y lo está haciendo rápido. En los últimos 30 años hemos perdido tres cuartas partes de la capa de hielo flotante de la cima de la Tierra.

El hielo refleja gran cantidad de calor solar hacia el espacio y mantiene así fresco al planeta y estabiliza los sistemas meteorológicos. Proteger el hielo significa protegernos a todos.

Aunque nos suene lejano, que el Ártico se derrita nos afecta a todos ya que es vital para el funcionamiento global del clima del planeta. Para evitar los impactos más catastróficos del cambio climático, es necesario mantener el aumento de la temperatura global por debajo de los 2°C. Si la temperatura aumentase por encima de esos 2°C el Ártico desaparecerá. Y, ¿qué pasará a la vez en todos los rincones del planeta? Las estaciones, las cosechas, los alimentos que podemos cultivar, los bosques, las playas y el nivel del mar, las especies de animales cambiarían de manera irreversible.

El Ártico está amenazado por las prospecciones de petróleo, la pesca industrial y los cazadores. Las empresas y las naciones quieren buscar petróleo en las nuevas zonas del Ártico.

YA SOMOS 1.393

El Ártico y los efectos del cambio climático en España

Salvar el Ártico es salvar mucho más

Marzo 2013

GREENPEACE

<http://www.greenpeace.org/espana/es/>

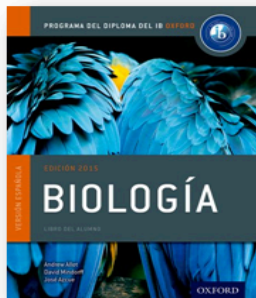
http://m.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/cambio_climatico/Artico/articoespana.pdf



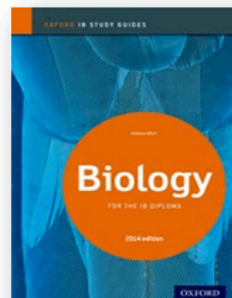
BIBLIOGRAFÍA Y PÁGINAS WEB

- **BIOLOGÍA.** ALLOTT, Andrew, MINDORFF, David. AZCUE, José. Editorial Oxford. ISBN 978-0-19-833873-4.
- **ECOLOGY.** GREENWOOD, Trancey. SHEPHERD, Lyn. ALLAN, Richard. BUTLER, Daniel. Editorial BIOZONE International Ltd.
- **ENVIRONMENTAL SYSTEMS AND SOCIETIES.** RUTHERFORD, Jill. WILLIAMS, Gillian. Editorial Oxford.
- <https://sites.google.com/site/iesmmibiologia/>

Bibliografía:



IB Biología: Libro del alumno.
Versión en español. Oxford.
Edición 2015.
<https://goo.gl/YkkZ1q>



Biology Study Guide 2014 edition.
En inglés.
<http://goo.gl/yxz0kd>

Agradecimiento:

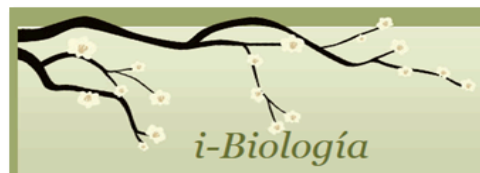


Parte de esta presentación ha sido confeccionada y traducida con permiso a partir de las presentaciones de Stephen Taylor disponibles en:

<http://i-biology.net/>



Más recursos:



<https://sites.google.com/site/iesmmibiologia/home>