Colegio de
San Francisco de Paula

Tema 6. Ecología

6.4 Cambio climático

Germán Tenorio
Biología NS-Diploma BI

International Baccalaureate

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

Programación

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 y habilidades:** • Aplicación: Amenazas para los arrecifes de coral por el aumento de concentración del dióxido de carbono disuelto. • Aplicación: Correlaciones entre las temperaturas globales y las concentraciones de dióxido de carbono en la Tierra. • Aplicación: 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?

Gases de efecto invernadero

- La temperatura media en la Tierra (15ºC) es más cálida de la que tendría si no tuviera una serie de gases en la atmófera que retienen calor.
- El efecto de estos gases ha sido asemejado al de los cristales/plásticos que forman los invernaderos, dado que dejan pasar la luz pero retienen el calor, por lo que se les conoce como **gases de efecto invernadero**.
- Estos gases en conjunto constituyen menos del 1% de los gases de la atmósfera, pero sin ellos, la temperatura en la Tierra no sería lo suficientemente cálida como para sustentar la vida.

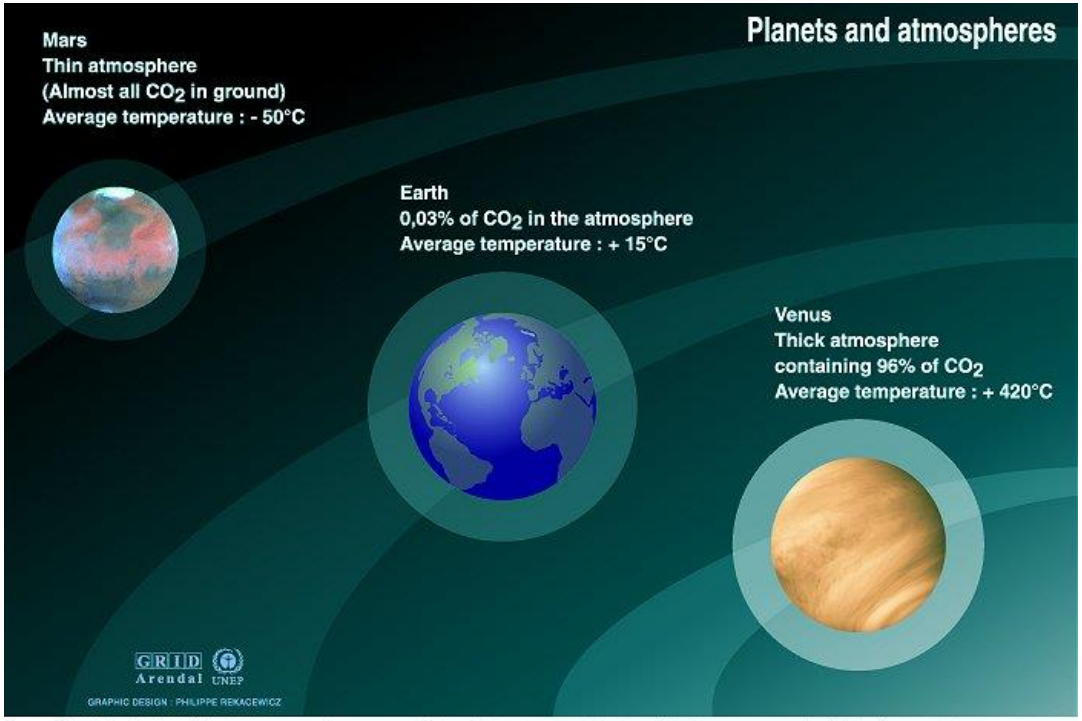


IMAGEN: grida.no

Gases de efecto invernadero

- El **dióxido de carbono** y el **vapor de agua** son los **gases invernadero más importantes**, al ser los que poseen un mayor efecto a la hora de mantener la cálida temperatura terrestre.
- El **dióxido de carbono** es liberado a la atmósfera por respiración celular de los seres vivos y por combustión de biomasa y combustibles fósiles. A su vez, es retirado de la atmósfera por fotosíntesis y su disolución en agua.
- El **vapor de agua** llega a la atmófera por evaporación de los océanos y por transpiración vegetal, mientras que es retirado de la misma por lluvia y nieve.
- El agua continua reteniendo calor después de haberse condensado para formar gotas de agua líquida que forman las nubes.
- El agua absorbe energía calorífica y la irradia de vuelta a la superficie terrestre.

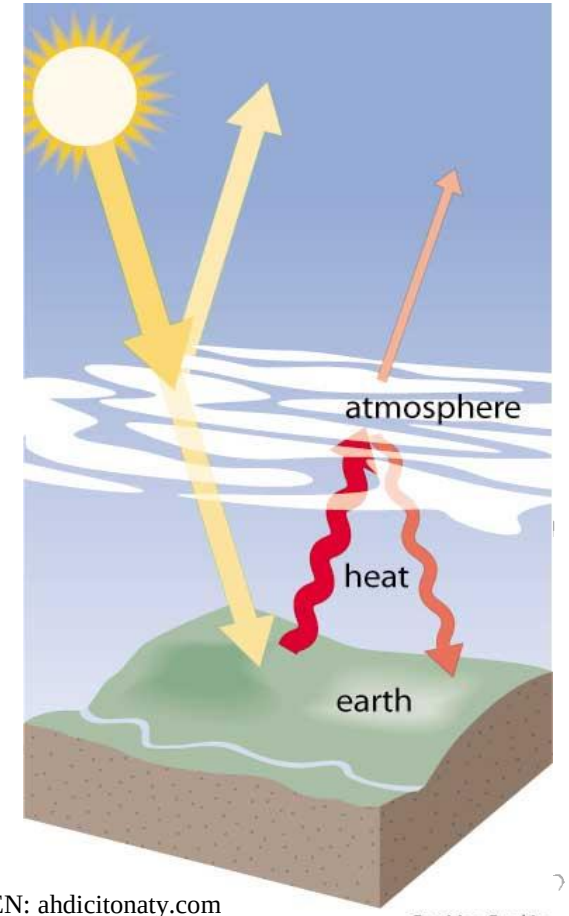


IMAGEN: ahdicitonaty.com

Otros gases de efecto invernadero

- No solo el CO_2 y el H_2O son responsables del efecto invernadero, sino que existen otros gases implicados, como el **metano** y los **óxidos de nitrógeno**, aunque tienen un menor impacto.
- El **metano** es el tercer gás de efecto invernadero más importante. Es emitido a partir de ciénagas y otros hábitas inundados de agua así como de lugares donde los residuos orgánicos han sido enterrados. También es liberado a la atmósfera durante la extracción de combustibles fósiles y durante el deshielo en regiones polares.

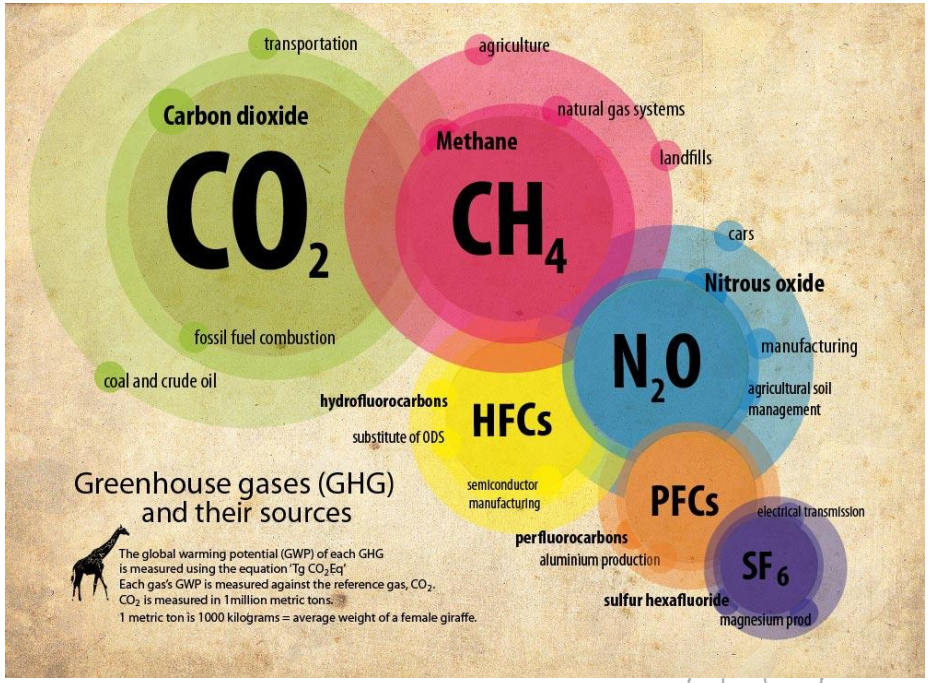


IMAGEN: earthuntouched.com

- El **óxido de nitrógeno** es otro gas de efecto invernadero liberado a la atmósfera a partir de la actividad bacteriana en ciertos hábitats, o bien de actividades agrícolas y de los tubos de escape.

Impacto de los gases de efecto invernadero

- El impacto que un gas puede tener sobre el efecto invernadero depende:
  - De su capacidad para absorber radiación de onda larga.
  - De su concentración en la atmósfera.
- Como ejemplo, el CH_4 causa un mayor calentamiento por molécula que el CO_2, pero al ser su concentración mucho menor en la atmósfera, su impacto sobre el calentamiento global es inferior.
- La concentración de un gas depende de su tasa de liberación a la atmósfera y de la de permanencia en la misma.
- Como ejemplo, la tasa de entrada de agua en la atmófera es muy alta, pero tiene una vida media de solo 9 días, mientras que el CH_4 permanece 12 años en la atmósfera.

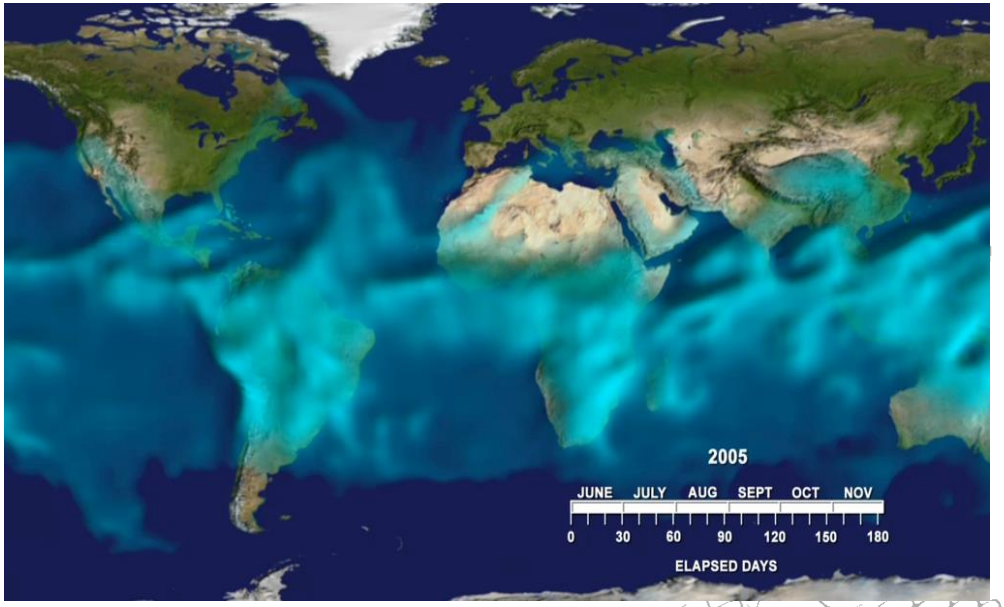


IMAGEN: nasa.gov

Emisión de radiación onda larga

- La superficie terrestre **absorbe radiación energética de onda corta del Sol**, y la reemite como radiación de onda más larga y menos energética.
- Por tanto, **la superficie terrestre calentada emite una radiación de longitud de onda más larga (infrarroja) en forma de calor**.
- El gráfico adjunto muestra el rango de longitudes de ondas (ultravioleta y visible) de radiación solar que atraviezan la atmósfera, alcanzando y calentando la superficie terrestre.
- También se muestra el rango de longitudes mayores de onda (infrarroja) de radiación térmica que es emitida por la Tierra.
- Debajo, se muestra el rango de longitudes de onda que es absorbida por cada gas invernadero, así como por el ozono y el conjuto de la atmósfera.

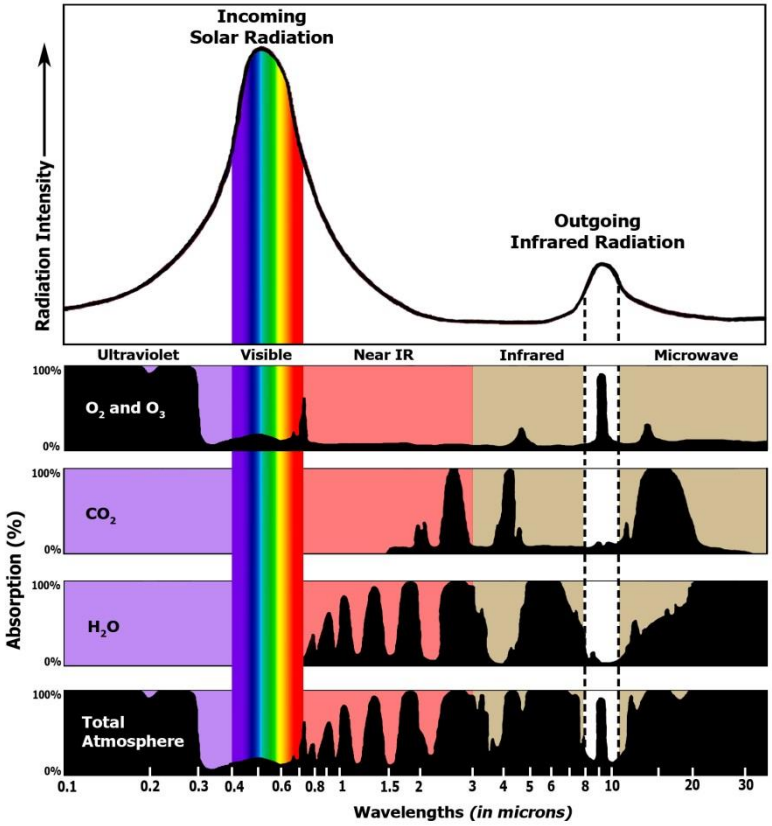
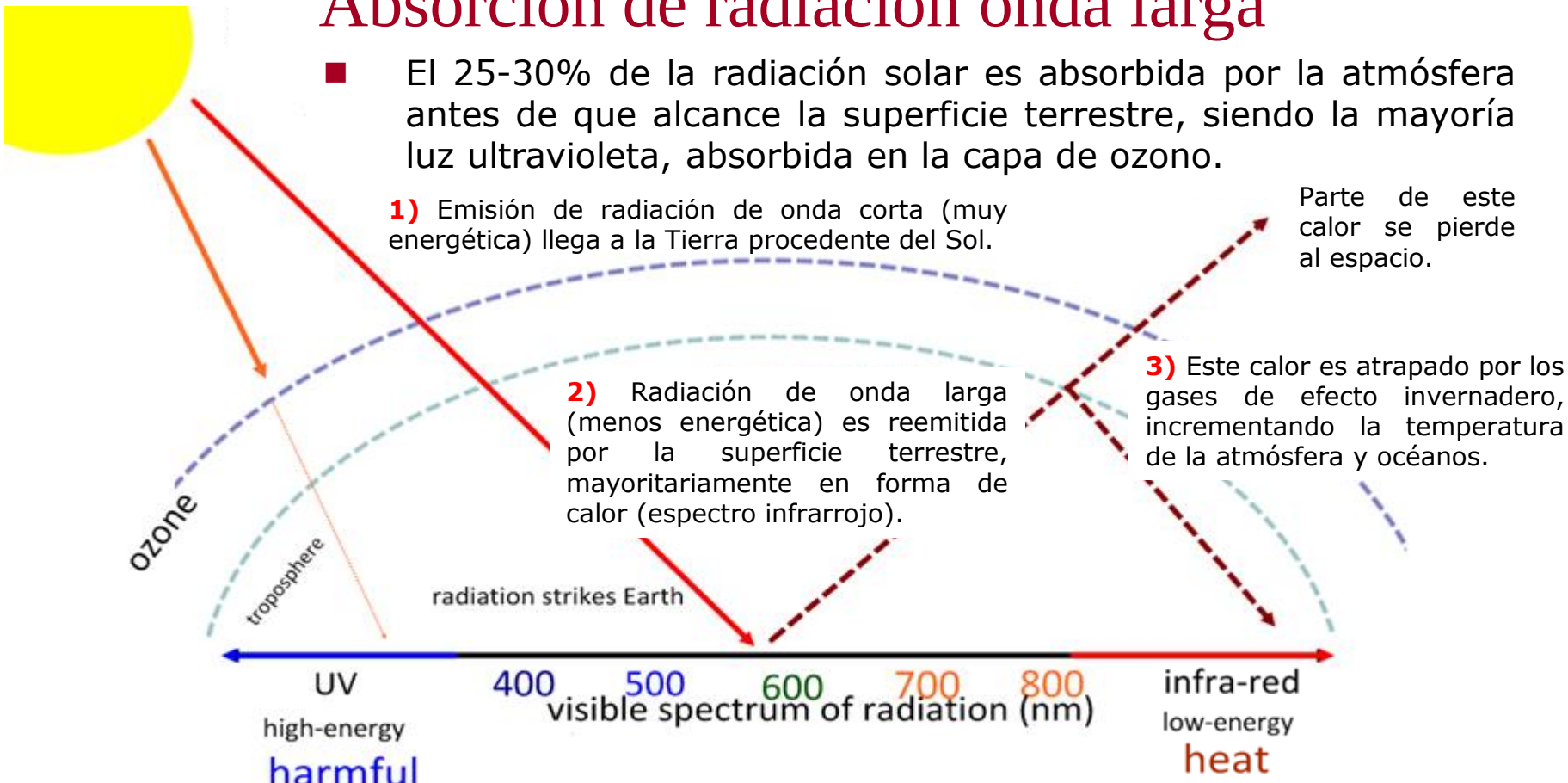


IMAGEN: ces.fau.edu

Absorción de radiación onda larga

- El 25-30% de la radiación solar es absorbida por la atmósfera antes de que alcance la superficie terrestre, siendo la mayoría luz ultravioleta, absorbida en la capa de ozono.



- Del 70-75% de la radiación solar que alcanza la superficie terrestre, una parte es aborbida por la Tierra, mientras que la mayoría es re-emitida como radiación de onda más larga (calor) por la superficie terrestre.

W1

Absorción de radiación onda larga

- Del 70-85% de toda la radiación reemitida de onda más larga, es **absorbida por los gases de efecto invernadero que retienen el calor** en la atmósfera.
- Esta energía reemitida hacia la Tierra causa el calentamiento global, efecto sin el cual, la superficie media terrestre sería de -18 ºC.
- El rango de longitudes de onda reemitida por la Tierra se encuentra entre 5000-70000 nm ($5 \cdot 10^{-5}$-$7 \cdot 10^{-6}$ m), rango en el que absorben los gases de efecto invernadero, como el CH_4, CO_2, H_2O y N_2O.

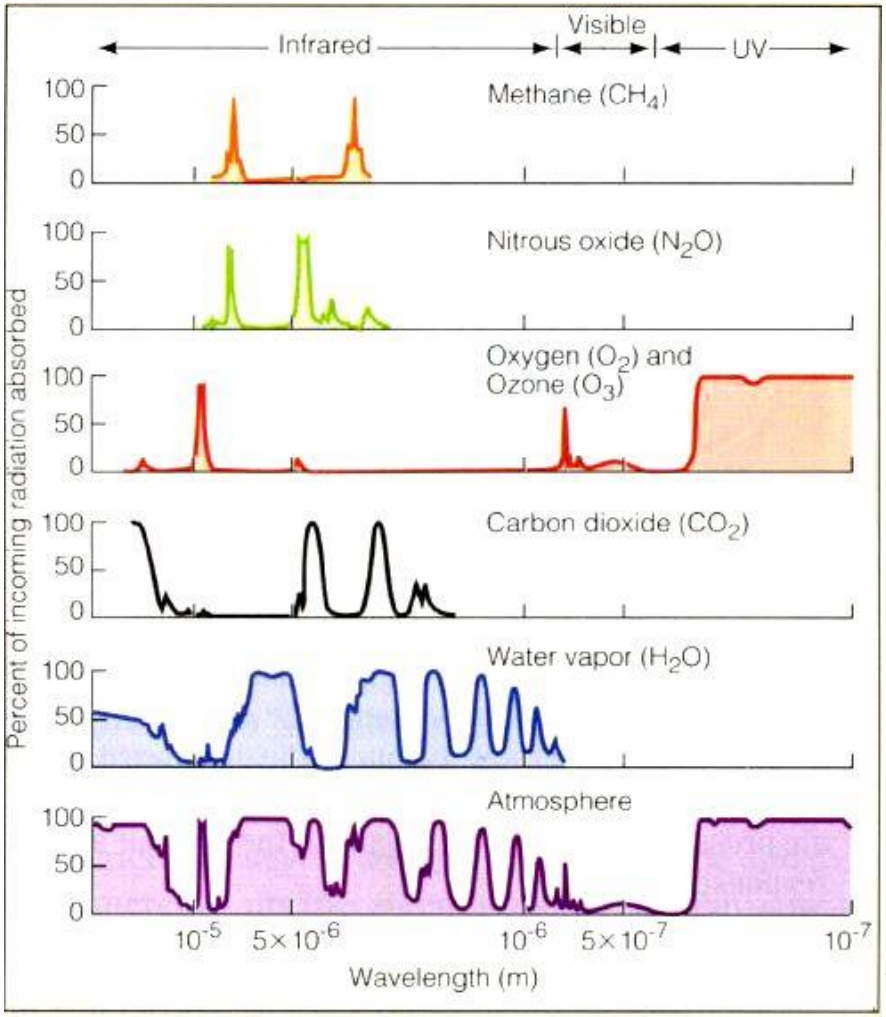


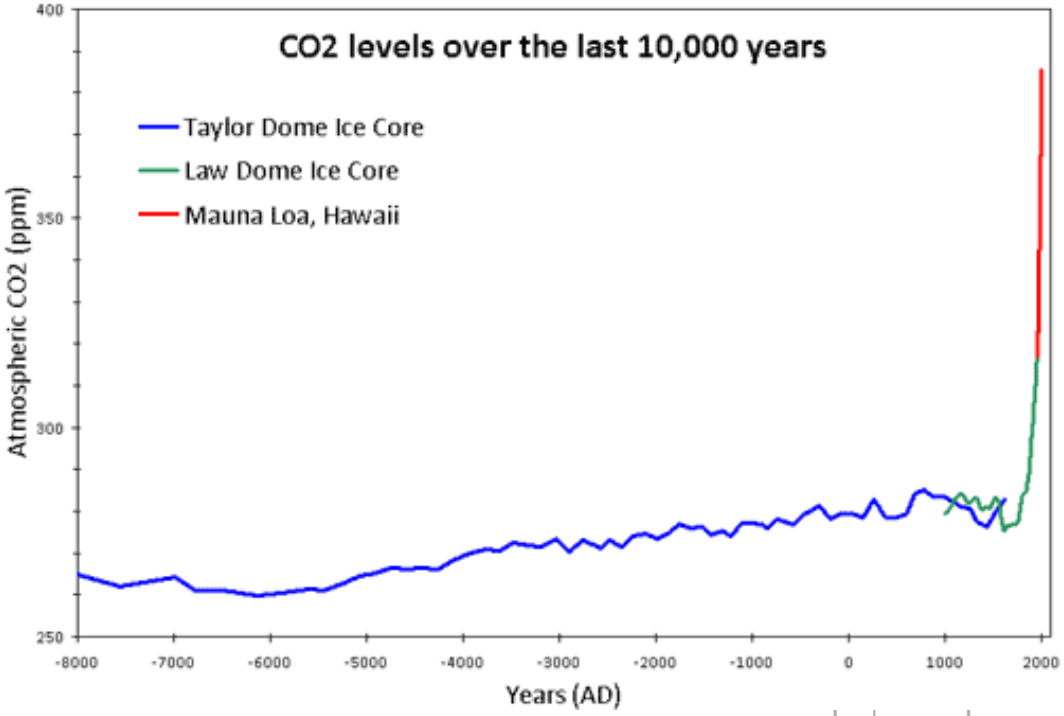
IMAGEN: encrypted-tbn0.gstatic.com

APLICACIÓN: Temperaturas globales y concentraciones de CO_2

- Si la concentración en la atmósfera de alguno de los gases invernadero cambia, es esperable que su contribución al efecto invernadero cambie y que la temperatura global aumente o disminuya.

IMAGEN: mining.com

IMAGEN: skepticalscience.com



- Dado que la concentración atmosférica de CO_2 ha cambiado considerablemente, este gas es un buen candidato para comprobarlo.

APLICACIÓN: Temperaturas globales y concentraciones de CO_2

- A partir de columnas de hielo extraídas por perforación de la Antártida, pueden deducirse las concentraciones atmosféricas de CO_2 existentes en el pasado.
- Dado que el hielo se va formando a lo largo de miles de años, el hielo más superficial es más reciente que el de zonas más profundas.
- De las columnas de hielo pueden extraerse las burbujas de aire que quedaron atrapadas y determinar su concentración de CO_2.
- Igualmente, puede deducirse la temperatura global a partir del ratio entre los isótopos de oxígeno en las moléculas de agua del hielo.

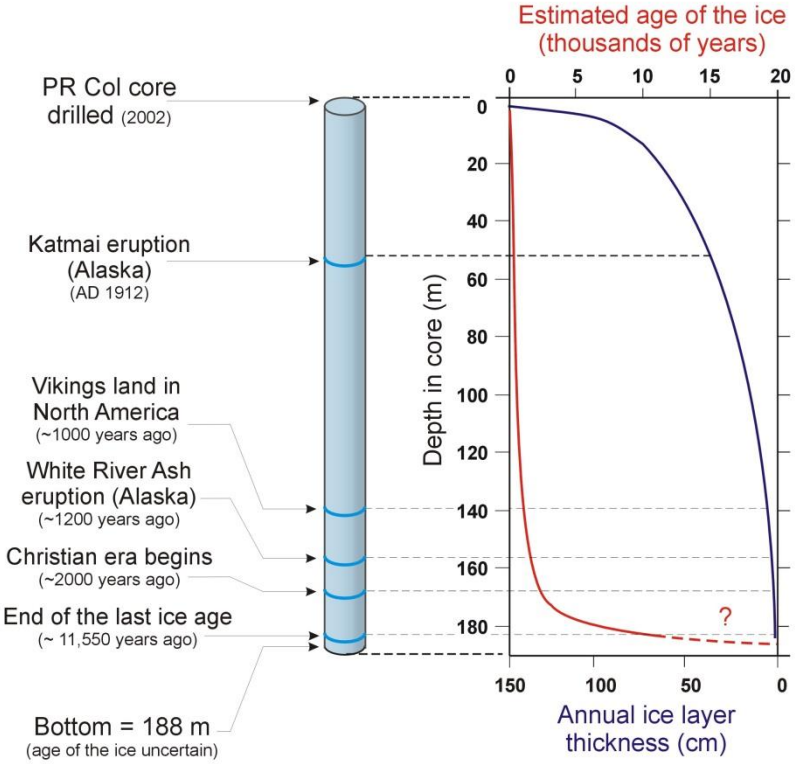


IMAGEN: nhm.ac.uk

IMAGEN: virtualmuseum.ca

Video1

APLICACIÓN: Temperaturas globales y concentraciones de CO_2

- Los datos obtenidos muestran un patrón que se ha repetido a lo largo de la actual era glacial, con rápidos periodos de calentamiento seguidos de periodos mucho más largos de un gradual enfriamiento.
- Existe una llamativa **correlación entre la concentración de CO_2 y las temperaturas globales**.
- Los periodos de mayores niveles de CO_2 atmosférico coinciden, sistemáticamente, con los periodos más calurosos de la Tierra.
- El mismo patrón se ha encontrado en otros "ice cores", obteniendose datos consistentes con las hipótesis que mantienen que un aumento de la concentración de CO_2 incrementa el efecto invernadero.

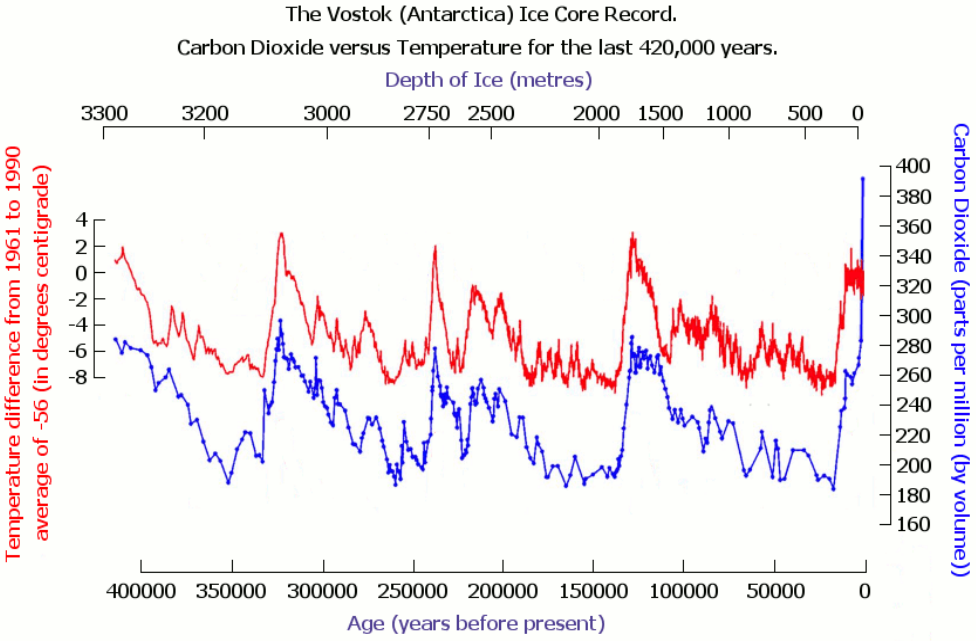
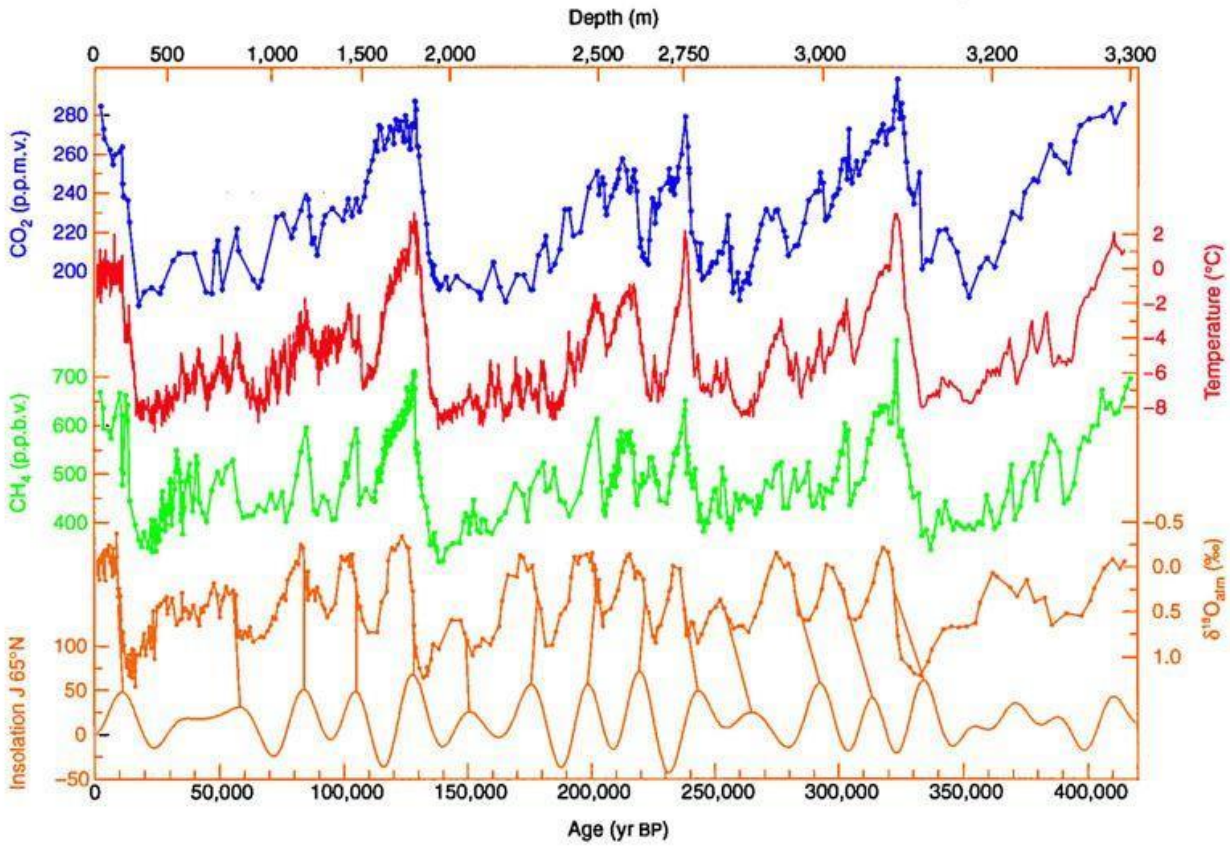


IMAGEN: wottsupwiththatblog.files.wordpress.com

APLICACIÓN: Temperaturas globales y concentraciones de CO_2

- Una correlación no implica (prueba) una relación causal, pero en este caso, es conocido que el CO_2 es un gas invernadero que retiene la energía en forma de calor.

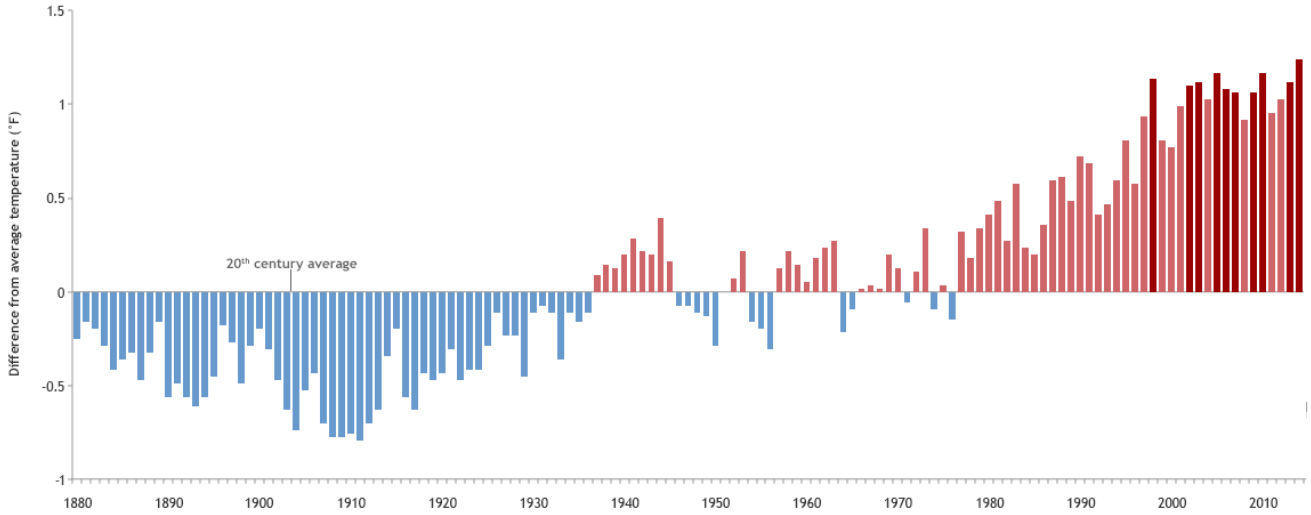
IMAGEN: newscientist.com



Gases invernaderos y patrones climáticos

- La superficie terrestre tiene una temperatura media más calida que la que tendría si no hubiera gases invernadero en la atmósfera. Pero si la concentración de alguno de estos gases aumenta, más calor será retenido, espeerándose por tanto, un incremento de la temperatura media global.

IMAGEN: newscientist.com



Video2

- Esto no significa que la temperatura media global sea directamente proporcional a las concentraciones de gases invernadero, dado que otros factores tienen cierta influencia, pero puede afirmarse que **las temperaturas globales y los patrones climáticos se ven influidos por las concentraciones de los gases invernadero**.

Gases invernaderos y patrones climáticos

- La temperaturas globales influyen también sobre otros aspectos del clima. Así, mayores temperaturas incrementarán la tasa de evaporación del agua de los océanos, por lo que los periodos de lluvia serán más frecuentes y prolongados.
- Además, temperaturas oceánicas mayores causarán que las tormentas tropricales y huracanes sean más frecuentes y poderosos.
- La distribución de lluvias también puede verse afectada, dejando áreas sometidas a grandes sequías y otras padeciendo frecuentes inundaciones.

IMAGEN: eco13.net

IMAGEN: meteovargas.com

Industrialización y cambio climático

- La concentración atmosférica de CO_2 ha presentado grandes fluctuaciones a lo largo de los último 800 000 años, con grandes disminuciones durante las glaciaciones (180 ppmv) y altos niveles durante los periodos interglaciares más cálidos (300 ppmv).
- Sin embargo, no existía ningún precedente del incremento observado recientemente, donde se han alcanzado valores cercanos a los 400 ppmv.
- La concentración de CO_2 en la atmósfera se ha mantenido entre 270-290 ppmv hasta finales del siglo XVIII, momento en el cual, comenzó a aumentar por encima de los niveles naturales.

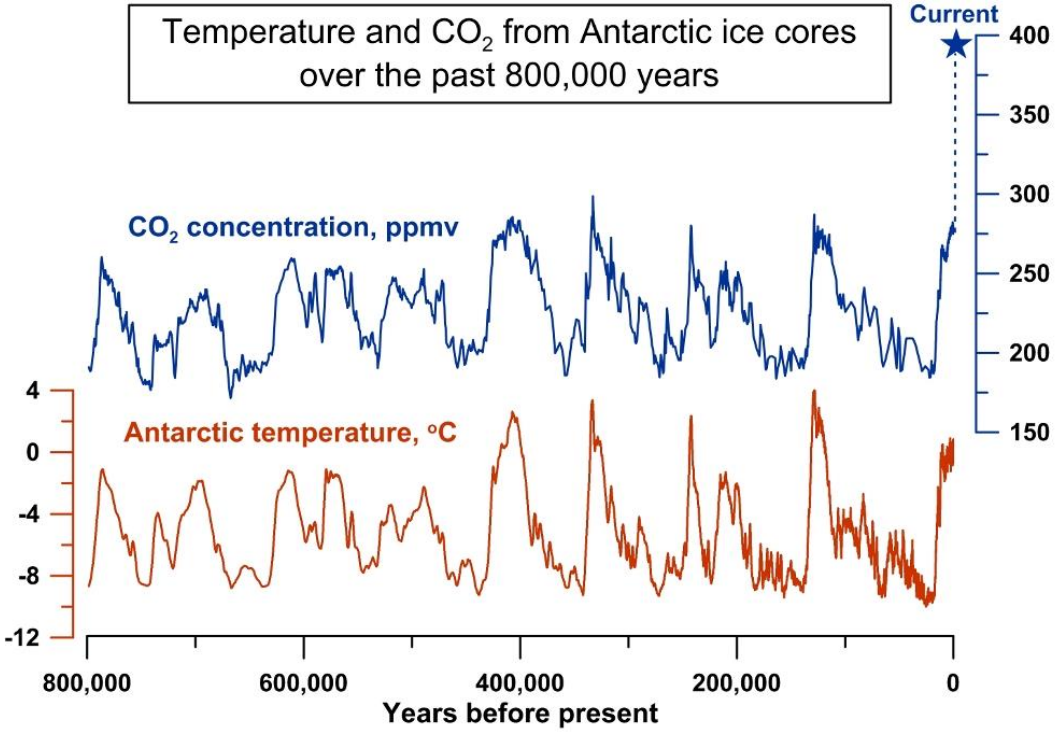


IMAGEN: robertscribbler.files.wordpress.com

Industrialización y cambio climático

- Si bien a finales del siglo XVIII comenzó la revolución industrial en algunos países, el impacto de esta indutrialización global no fue visible hasta la segunda mitad del siglo XX, cuando como consecuencia de la combustión de carbón, gas y petróleo por parte de los países industrializados causó el aumento de la concentración de CO_2.

- En **conclusión**, hay una correlación entre las concentraciones atmosféricas crecientes de CO_2 desde el inicio de la revolución industrial que tuvo lugar hace doscientos años y las temperaturas globales.

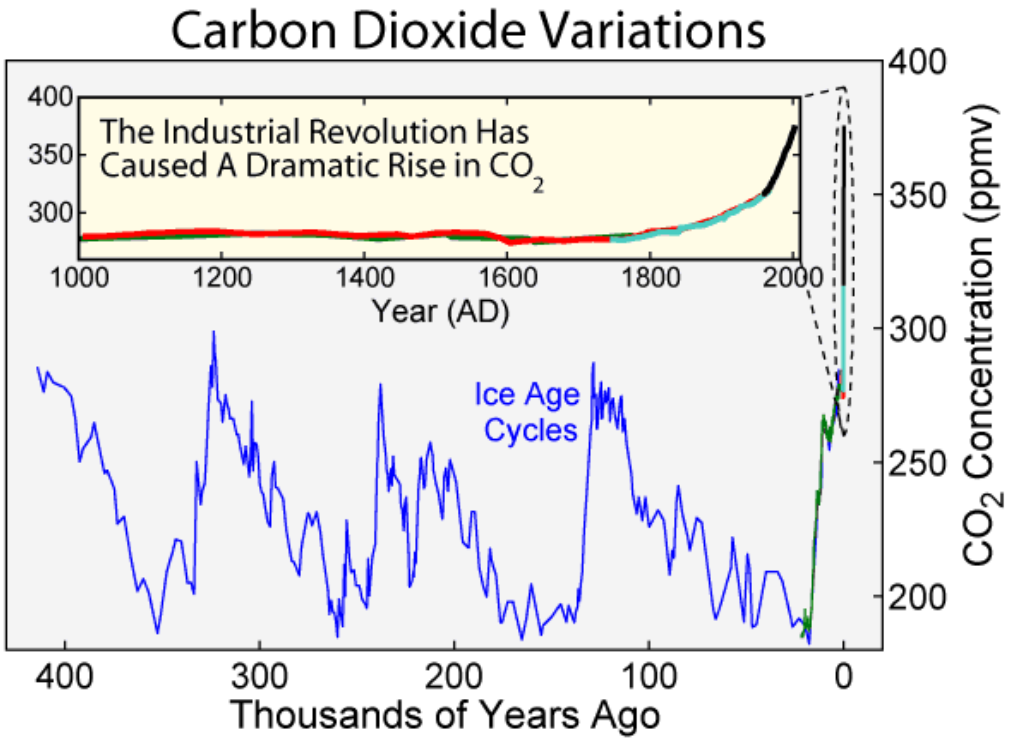


IMAGEN: priweb.org

Combustión de combustibles fósiles

- Desde la revolución industrial en el siglo XVIII, cantidades crecientes de carbón han sido combustionadas, proporcionando una fuente de energía y potencia a la vez que causaban la emisión de CO_2. Y durante el siglo XIX se ha unido la combustión de petróleo y gas natural.
- La combustión de combustibles fósiles ha sido mucho mayor desde la década de 1950, coincidiendo con el periodo de mayor aumento de la concentración de CO_2 atmosférico.
- Por tanto, parece difícil negar que los recientes aumentos de dióxido de carbono atmosférico se deben en gran medida al aumento de la **combustión de la materia orgánica fosilizada**.

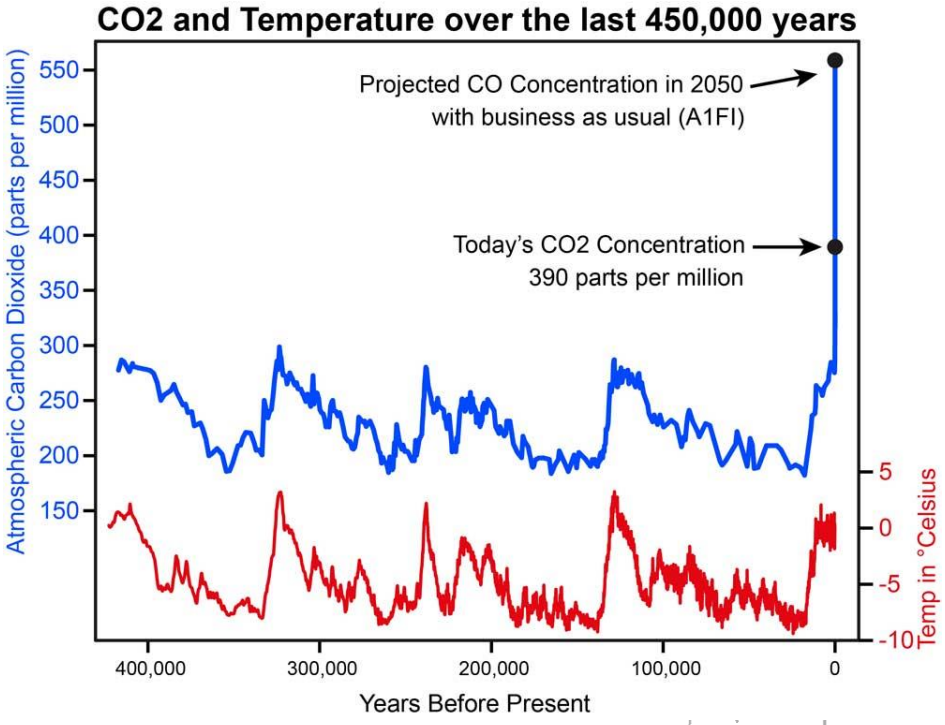


IMAGEN: robertscribbler.files.wordpress.com

NATURALEZA CIENCIAS: Evaluación de que las actividades humanas provocan un cambio climático

- El cambio climático ha sido origen de los debates más acalorados. ¿Qué hace que existan defensores a ultranza de la influencia humana en el cambio climático frente a los que, del mismo modo, defienden lo contrario?
- Algunos factores son:

  - Los **científicos son cautelosos con sus afirmaciones en base a evidencias**. Esto hace que admiten incertidumbres, que pueden dar la impresión de que la evidencia es más débil de lo que es en realidad.

IMAGEN: robertscribbler.files.wordpress.com

NATURALEZA CIENCIAS: Evaluación de que las actividades humanas provocan un cambio climático

- Los patrones del cambio climático son muy complejos, por lo que es **difícil hacer predicciones sobre las consecuencias** de un contínuo incremento de la concentración de los gases invernaderos.

- Las consecuencias de los cambios en los patrones del clima global podrían ser muy severos para los humanos y otras muchas especies, por lo que **algunos creen que es necesaria una acción inmediata** a pesar de las posibles incertidumbres científicas.

- Unido a lo anterior, dado que el negocio de muchas empresas se basa en las combustión de los combustibles fósiles, por lo que no es de extrañar que pagen por **informes que minimicen los riesgos** del cambio climático.

IMAGEN: robertscribbler.files.wordpress.com

Video3

APLICACIÓN: Evaluación de que las actividades humanas NO están causando un cambio climático

- Al mismo tiempo, existen manifestaciones que indican que las actividades humanas no son responsables de causar un cambio climático.
- La mayoría de ellas se basan en que no se puede relacionar directamente las emisiones humanas de CO_2 con las temperaturas y climas globales.
- Sin embargo, estas afirmaciones ignoran que **las temperaturas terrestres dependen de muchos factores**, no solo de los gases invernadero.
- Una de estas afirmaciones, indica que el calentamiento global se frenó en 1998, aún cuando las concentraciones de CO_2 han continuado aumentado, luego las actividades humanas no pueden estar causando el calentamiento global.

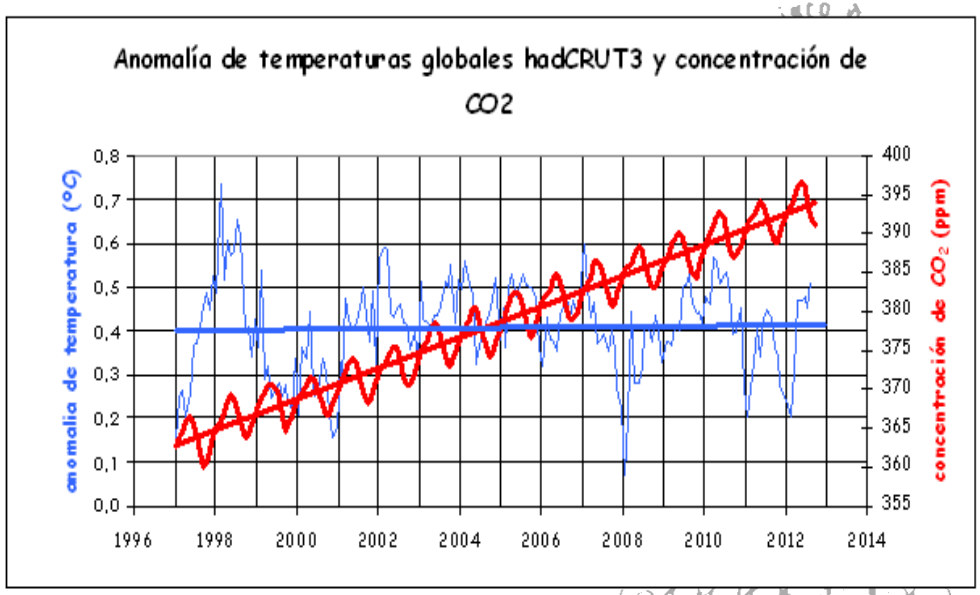


IMAGEN: cambioclimaticoenergia.blogspot.com.es

APLICACIÓN: Evaluación de que las actividades humanas NO están causando un cambio climático

- Así, la **actividad volcánica y los ciclos de corrientes oceánicas** pueden causar variaciones significativas de un año a otro.
- Debido a estos factores, la temperatura en la Tierra ha podido ser en algunos años inferior a la que pudiera haber sido.
- El calentamiento global es continuo, pero no mantiene el mismo incremento anual.
- Los humanos emiten CO_2 por combustión de combustibles fósiles, y existe una fuerte evidencia de que el CO_2 causa calentamiento, por lo que dicha manifestación se sustenta por la evidencia.

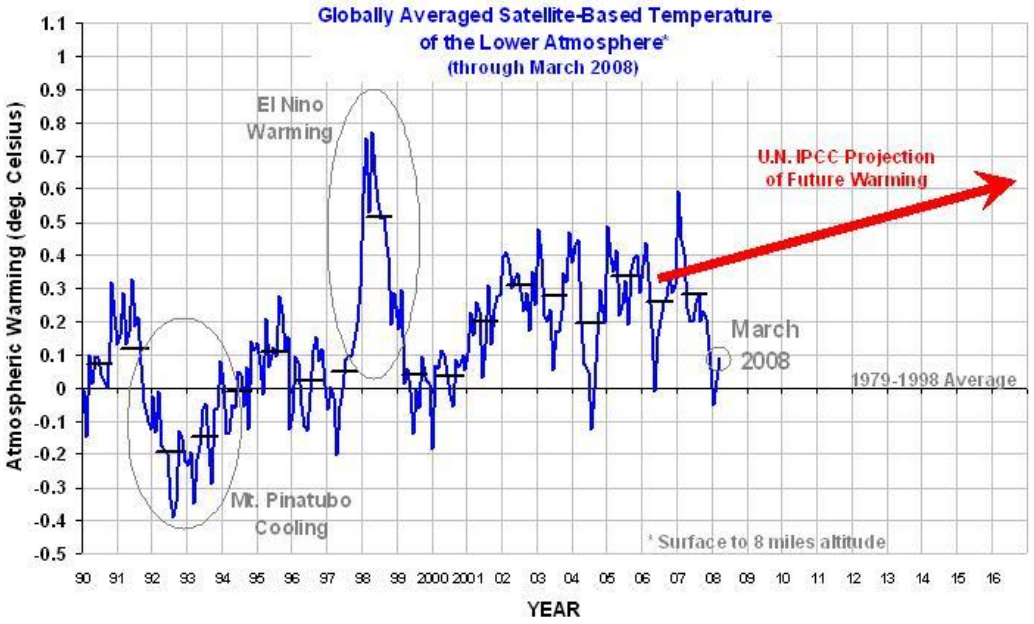


IMAGEN: agfdag.files.wordpress.com

APLICACIÓN: Evaluación de que las actividades humanas NO están causando un cambio climático

- Afirmaciones de que las actividades humanas no están causando un cambio climático continuarán y deberán ser revisadas.
- Las evaluaciones científicas deben basarse en evidencias fiables. Existen numerosas evidencias sobre las emisiones de gases invernaderos por los humanos, sobre los efectos de estos gases y sobre los patrones de cambio climático.
- No todas las fuentes en internet son igualmente fiables, por lo que hay que distinguir cuidadosamente entre aquellas basadas en evidencias fiables y aquellas otras que muestran parcialidad.

para absorber CO_2 contribuirá a acelerar el calentamiento global

Los científicos del proyecto europeo 'Carboocean' [illegible] en la Isla predicen un crecimiento rápido de la concentración de dióxido de [illegible] en la atmósfera

IMAGEN: noticiasdelcosmos.com

TdC: Certezas en las ciencias naturales

- El **Principio de Precaución** sostiene que si los efectos de un cambio inducido por los seres humanos fueran muy intensos, los responsables del cambio (y no sus objetores) deben demostrar que éste no será perjudicial antes de proceder o proseguir con su aplicación.
- Este caso es lo contrario de lo que ocurre habitualmente en la realidad, en la que las personas preocupadas por el cambio tienen que demostrar que éste sí será perjudicial para evitar que dicho cambio siga adelante.
- El propósito del principio de precaución es el de guiar la toma de decisiones en condiciones en las que no hay certeza total. La pregunta es, **¿es posible tener certezas en las ciencias naturales?**
- ¿Debería aplicarse el principio de precaución al **cambio climático**?

IMAGEN: nzdl.sadl.uleth.ca

APLICACIÓN: Amenazas para los arrecifes de coral

- Además de su contribución al calentamiento global, las emisiones de dióxido de carbono están afectando a los océanos.
- Unos 500 billones de toneladas de CO_2 se han disuelto en los océanos debido a las actividades humanas desde que comenzó la revolución industrial.
- Así, el pH de las capas oceánicas superficiales ha pasado de 8.179 a finales del siglo XVIII a un valor de 8.104 en la década de los años 1990 y de 8.069 en la actualidad.
- Este cambio, aunque insignificante en apariencia, significa un aumento de la acidificación en un 30%, que continuará si sigue aumentando la concentración de CO_2 en la atmósfera.

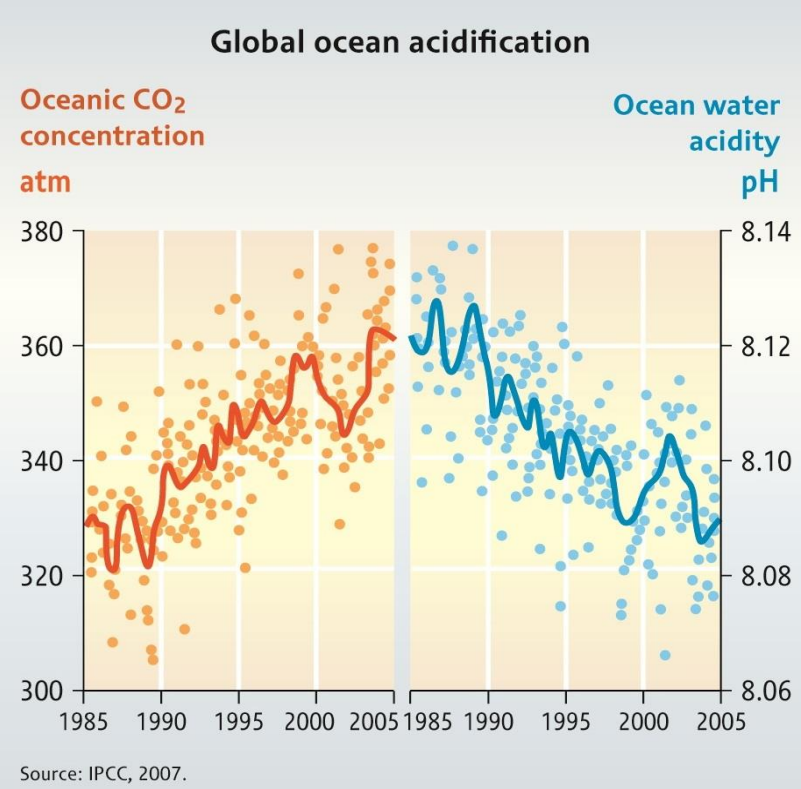
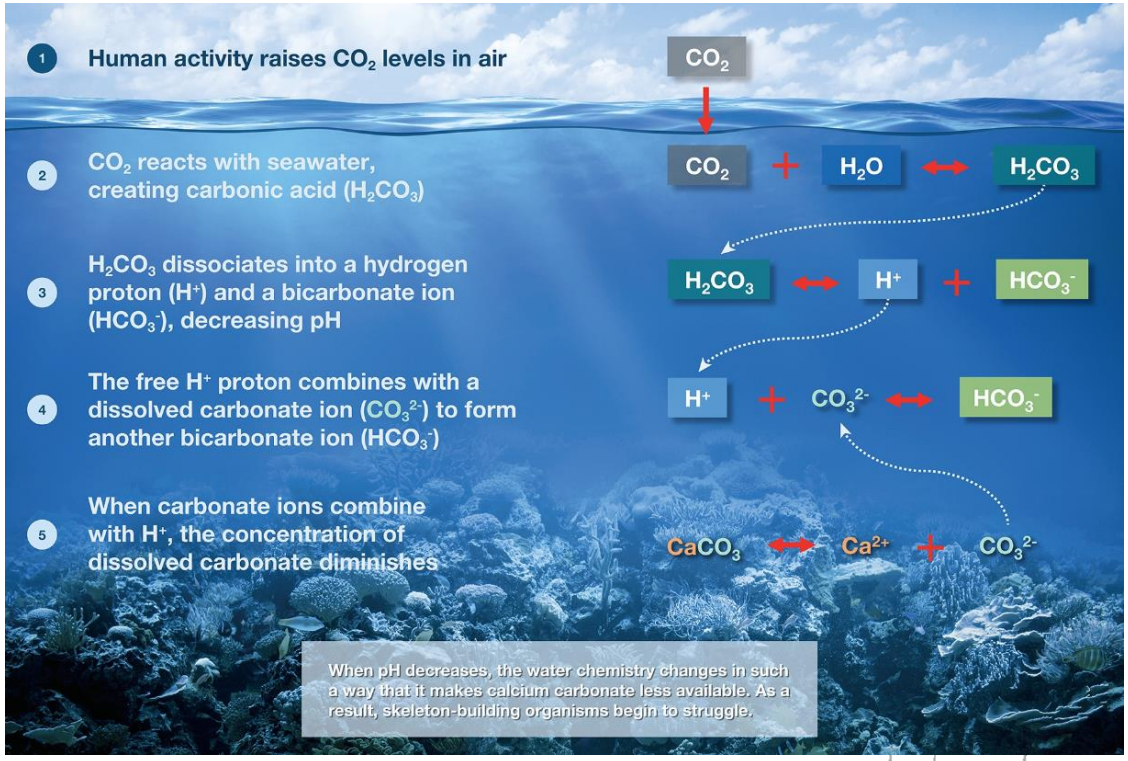


IMAGEN: imgkid.com

APLICACIÓN: Amenazas para los arrecifes de coral

- Los animales marinos, como las esponjas que forman los arrecifes de coral, que depositan carbonato de calcio en sus esqueletos, necesitan absorber iones carbonato (CO_3^{2-}) del agua de mar, cuya concentración es baja al ser poco soluble en agua.

IMAGEN: https://www.hhmi.org



- La concentración de iones CO_3^{2-} es aún más baja como consecuencia del aumento de la concentración oceánica de CO_2, dado que al disolverse en agua produce iones hidrógeno (H^+), que reaccionan con los iones CO_3^{2-} reduciendo su concentración.
- Por tanto, mayor dificultad presentan los corales para formar sus exoesqueletos.

APLICACIÓN: Amenazas para los arrecifes de coral

- Pero además, los iones hidrógeno (H^+) pueden reaccionar directamente con los esqueletos de carbonato de los corales en crecimiento, dañándolos y debilitándolos, provocando su desintegración.

- Existen evidencias, como las obtenidas en las fumarolas volcánicas, que las áreas con aguas más ácidas, carecen de corales y otros animales con esqueletos de carbonato de calcio, como los erizos de mar.
- Otros organismos, como algas invasoras, pueden ocupar su lugar, siendo este el futuro de los arrecifes de coral en el mundo si la concentración de CO_2 continua aumentando.

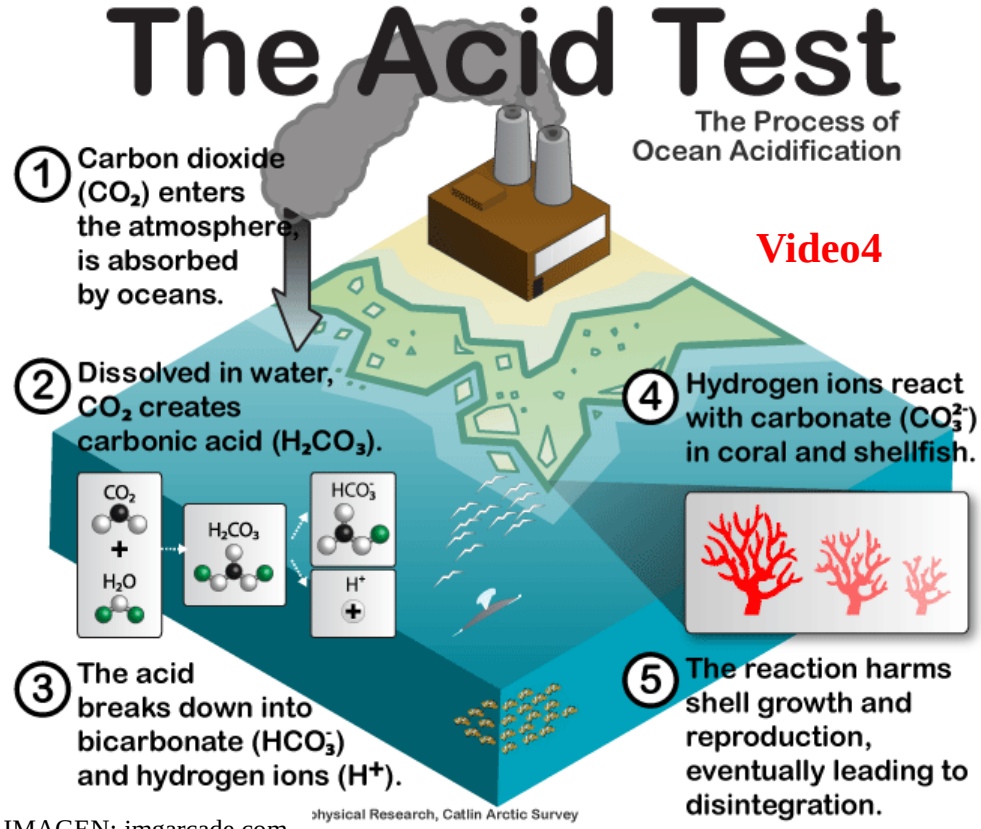


IMAGEN: imgarcade.com