



# Tema 4. Ecología

## 4.3 Ciclo del carbono



Germán Tenorio  
Biología NM-Diploma BI



caglecartoons.com

**Idea Fundamental:** La disponibilidad continua de carbono en los ecosistemas depende del ciclo del carbono.

San Francisco de Paula  
Bachiller



# Programación

## 4.3 Ciclo del carbono

### Naturaleza de las ciencias:

Realización de mediciones cuantitativas precisas: es importante obtener datos fiables sobre la concentración del dióxido de carbono y del metano en la atmósfera. (3.1)

### Comprensión:

- Los organismos autótrofos convierten el dióxido de carbono en glúcidos y otros compuestos de carbono.
- En los ecosistemas acuáticos el carbono está presente como dióxido de carbono disuelto y como iones hidrogenocarbonato.
- El dióxido de carbono se difunde desde la atmósfera o desde el agua hacia los organismos autótrofos.
- El dióxido de carbono se produce por respiración y se difunde fuera de los organismos hacia el agua o la atmósfera.
- El metano lo producen arqueobacterias metanogénicas a partir de materia orgánica en condiciones anaeróbicas y una fracción de dicho gas se difunde hacia la atmósfera o se acumula en el subsuelo.
- El metano se oxida para dar dióxido de carbono y agua en la atmósfera.
- La turba se forma cuando la materia orgánica no se descompone del todo por las condiciones ácidas y/o anaeróbicas en suelos anegados de agua.
- La materia orgánica parcialmente descompuesta de eras geológicas pasadas se transformó en carbón o en petróleo y gas que se acumularon en rocas porosas.
- El dióxido de carbono se produce por la combustión de biomasa y de materia orgánica fosilizada.
- Los animales tales como los corales formadores de arrecifes y los moluscos tienen partes duras compuestas de carbonato cálcico, las cuales se fosilizan formando caliza.

### Aplicaciones y habilidades:

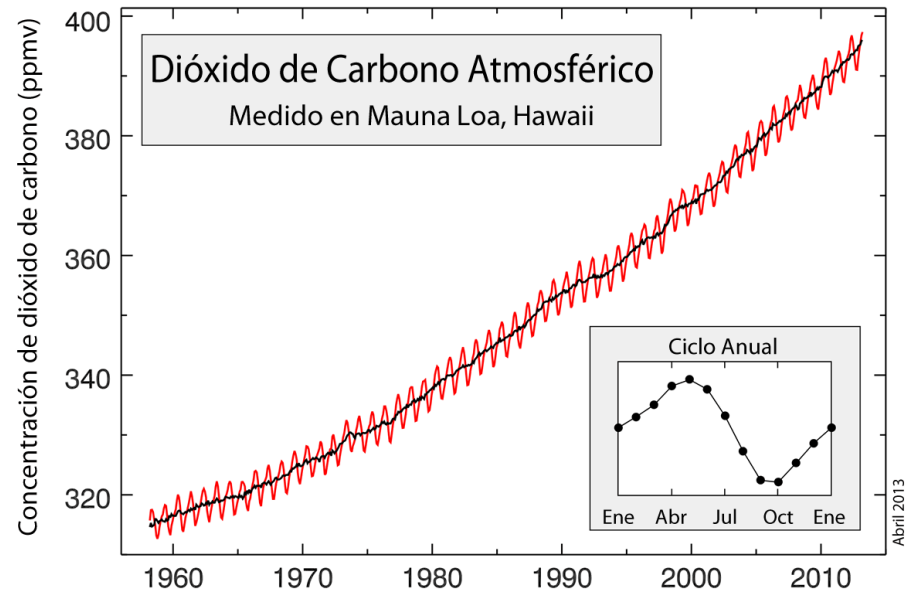
- Aplicación: Estimación de los flujos de carbono derivados de procesos en el ciclo del carbono.
- Aplicación: Análisis de datos de estaciones de control del aire para explicar las fluctuaciones anuales.
- Habilidad: Construir un diagrama del ciclo del carbono.

*Handwritten notes:*  
m. l. m. m.  
x x x x x x x x x x



## Fijación del carbono

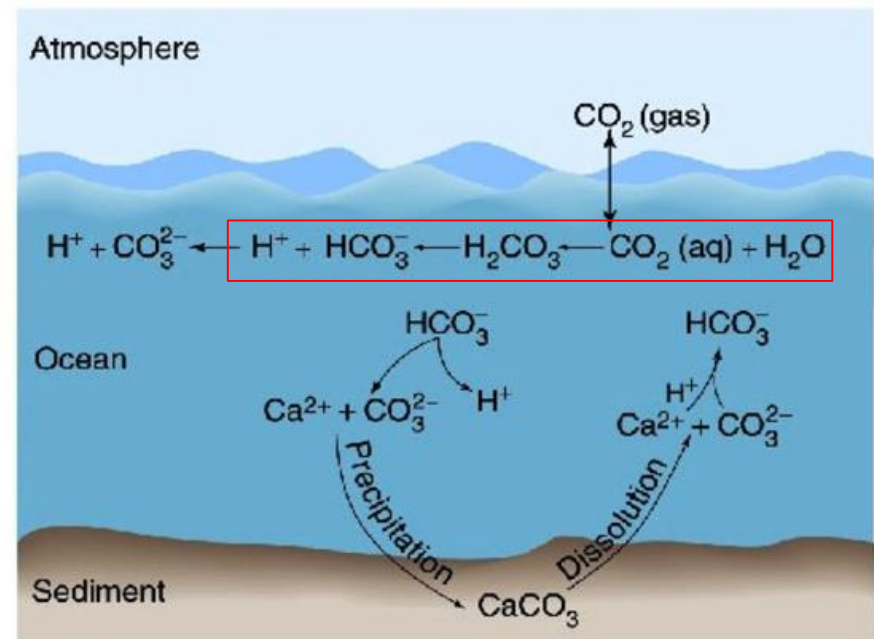
- El carbono es un elemento fundamental para los seres vivos, siendo parte de la definición de vida en la Tierra (vida basada en el carbono).
- El **carbono** no sólo se encuentra en la **biosfera** en forma de biomoléculas, sino que también se encuentra en la **atmósfera** como  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$ , en la **hidrosfera** como  $\text{CO}_2$  disuelto e iones  $\text{HCO}_3^-$ , y en la **litosfera** como carbonatos y combustibles fósiles en rocas.
- Los organismos **autótrofos** convierten el dióxido de carbono atmosférico en glúcidos y otros compuestos de carbono que necesitan, lo que provoca una disminución de la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera.
- Actualmente, la concentración media de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera es de 0.039% (390 ppmv), aunque es menor en aquellas zonas donde las tasas de fotosíntesis son altas.





## Dióxido de carbono en solución

- Pero los organismos autótrofos no solo son capaces de fijar el  $\text{CO}_2$  atmosférico, sino que también existen **autótrofos acuáticos** que fijan el dióxido de carbono disuelto en agua.
- El  $\text{CO}_2$  es soluble en agua, por lo que puede permanecer en el agua como un gas disuelto o bien, puede combinarse con agua para formar ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ).
- El ácido carbónico puede disociarse en iones hidrógenos ( $\text{H}^+$ ) e hidrógenocarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), lo que explica el que el  $\text{CO}_2$  pueda reducir el pH del agua.
- Tanto el  $\text{CO}_2$  disuelto como los iones  $\text{HCO}_3^-$  en los ecosistemas acuáticos son absorbidos por las plantas acuáticas y otros autótrofos acuáticos (algas y bacterias).





## Absorción de dióxido de carbono

- Los autótrofos usan el  $\text{CO}_2$  para la producción de compuestos de carbono mediante fotosíntesis u otros procesos (quimiosíntesis), lo que reduce la concentración de  $\text{CO}_2$  en el interior de los autótrofos y establece un gradiente de concentración entre las células de los autótrofos y el aire o agua del medio exterior.
- Esto hace que el  $\text{CO}_2$  difunda desde la atmósfera o el agua hacia el interior de los organismos autótrofos.
- En las **plantas terrestres** con hojas esta difusión ocurre normalmente a través de los estomas en la parte inferior de las hojas.
- En las **plantas acuáticas** toda la superficie de las hojas y tallos es normalmente permeable al  $\text{CO}_2$ , de manera que la difusión puede ocurrir a través de cualquiera de estas partes de la planta.

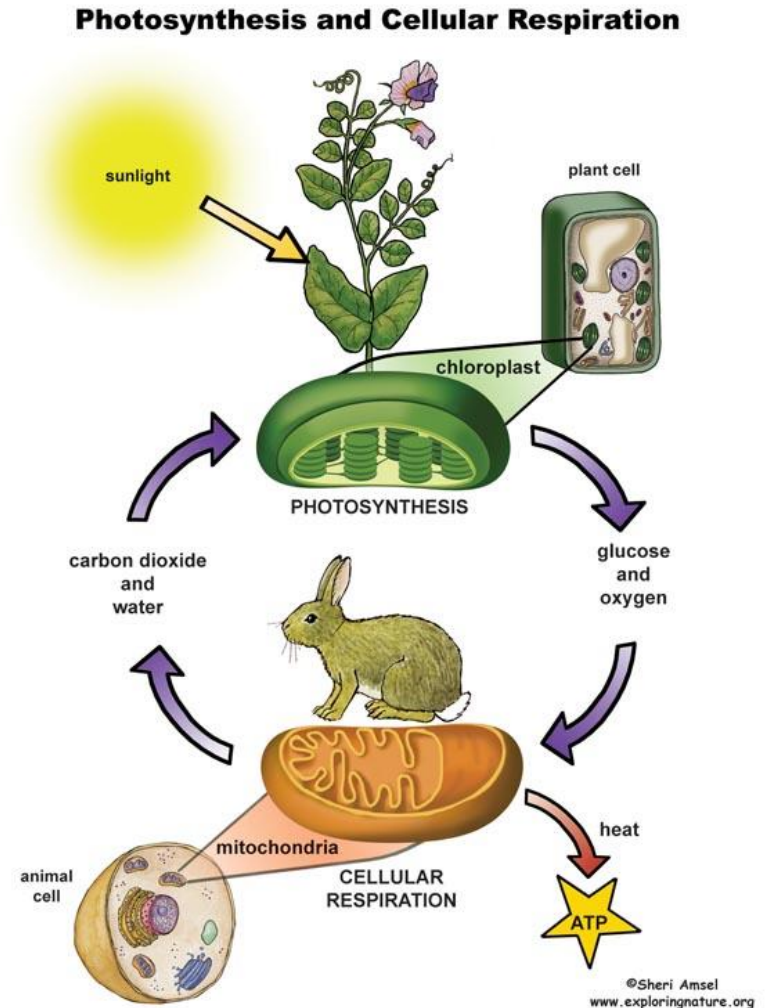






## Liberación de dióxido de carbono

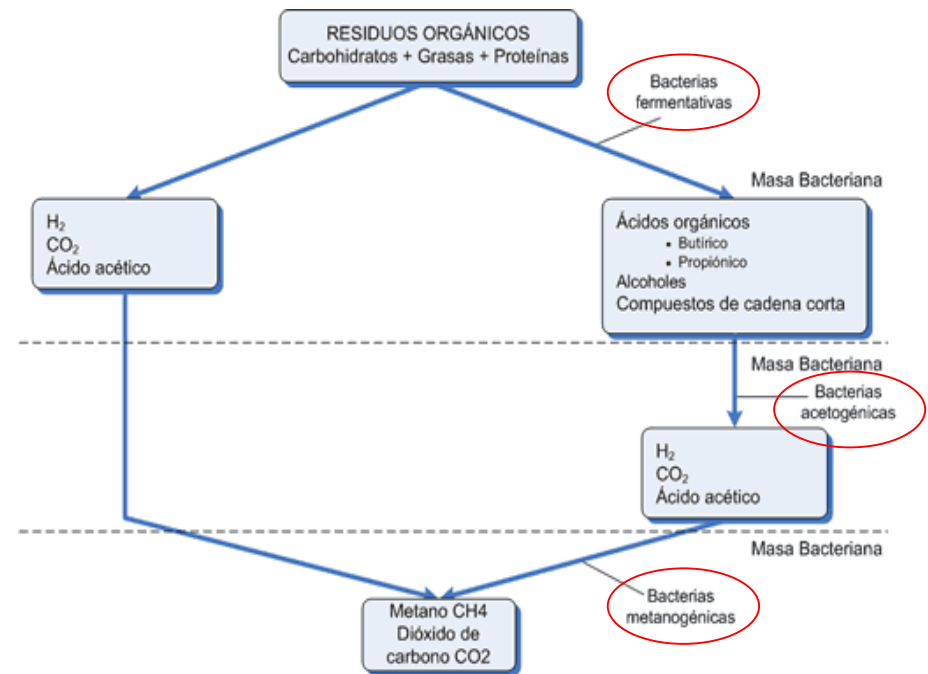
- El  $\text{CO}_2$  es un producto de desecho de la respiración celular aerobia, siendo producido en cualquier célula que la realice:
  - células vegetales (tanto fotosintéticas como no fotosintéticas).
  - células animales.
  - saprotrofos que descomponen la materia orgánica muerta.
- El  $\text{CO}_2$  producido por respiración difunde fuera de los organismos hacia el agua o la atmósfera del medio exterior.





# Metanogénesis

- El **metano** se produce en ambientes anaerobios, al ser un producto de desecho de un tipo de respiración anaerobia.
- Tres grupos diferentes de procariotas anaerobios están implicados en su producción:
  - Bacterias **acidogénicas** que convierten la materia orgánica en una mezcla de ácidos orgánicos y alcohol.
  - Bacterias **acetogénicas** que usan los ácidos orgánicos y el alcohol para producir acetato,  $H_2$  y  $CO_2$ .
  - Arqueobacterias (no bacterias) **metanogénicas** que producen metano a partir de la reducción del  $CO_2$  con el  $H_2$  o por descomposición del acetato.



video2

IMAGEN: textoscientificos.com

*Handwritten signature and scribbles.*



## Metanogénesis

- El proceso de metanogénesis tienen lugar en **ambientes anaerobios**:
  - Lodo en las orillas y en el fondo de lagos.
  - Ciénagas, lodazales, manglares y otros humedales donde el suelo está completamente por el agua.
  - Intestino de termitas y de rumiantes.
  - Vertederos donde la materia orgánica se encuentra en residuos que han sido enterrados.

**video3**

IMAGEN: legacy.hopkinsville.kctcs.edu



IMAGEN:cyd.conacyt.gob.mx







## Metanogénesis

- Parte del metano producido por las arqueobacterias en estas condiciones anaerobias difunde a la atmósfera, siendo su concentración actual en la atmósfera de 1.7-1.85 ppm ( $\mu\text{moles/mol}$ ).

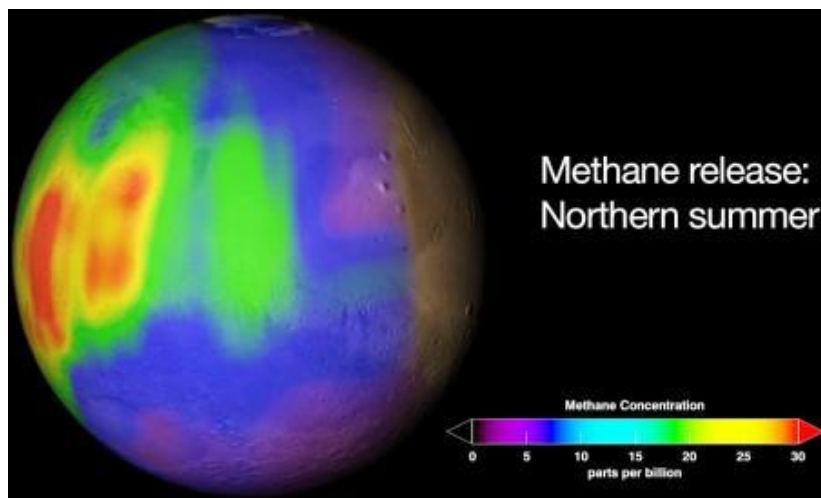
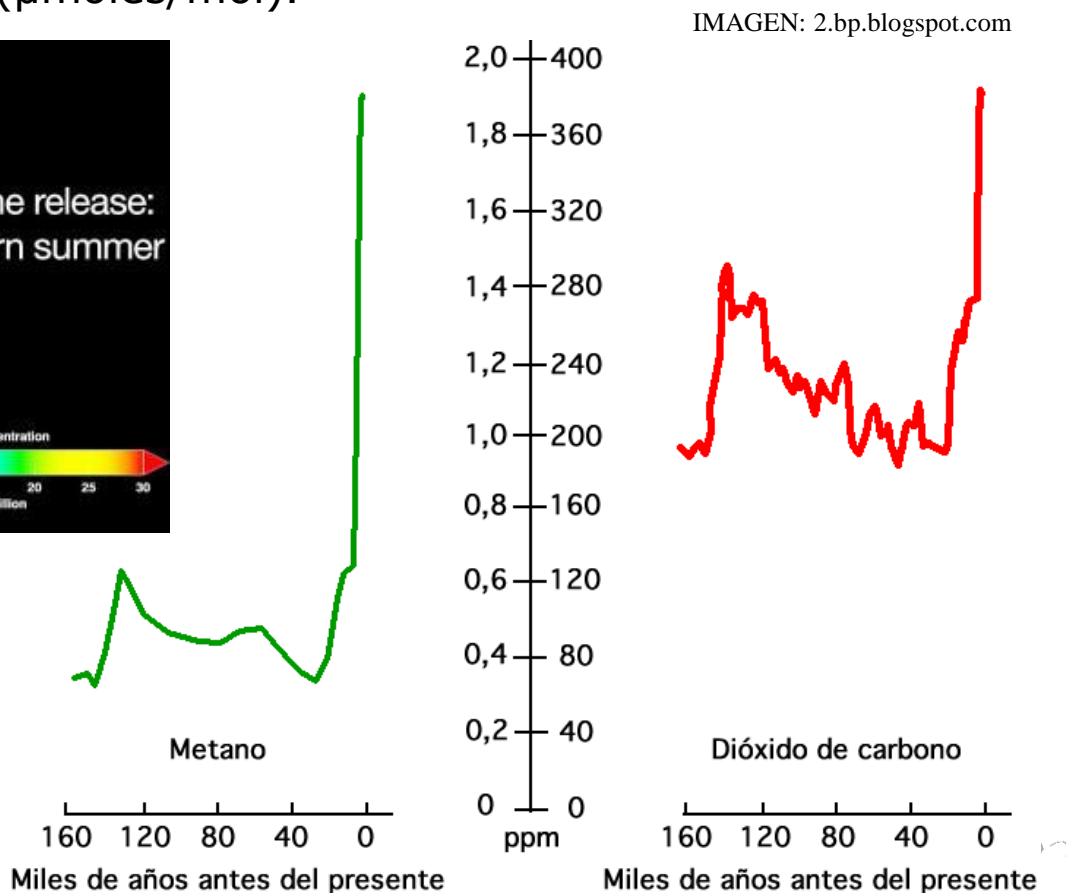


IMAGEN: img3.tgdaily.com





## Oxidación del metano

- Las moléculas de metano liberadas a la atmósfera tienen una vida media de unos 12 años, dado que se oxidan de forma natural en la estratosfera para dar dióxido de carbono y agua.
- El oxígeno monoatómico junto con los altamente reactivos radicales hidroxilos están implicados en la oxidación del metano.

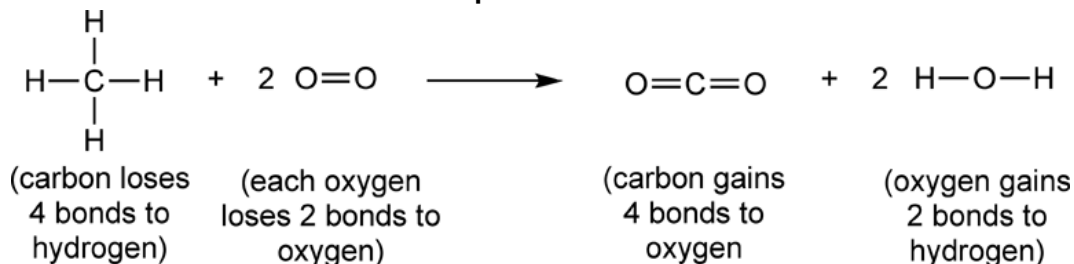
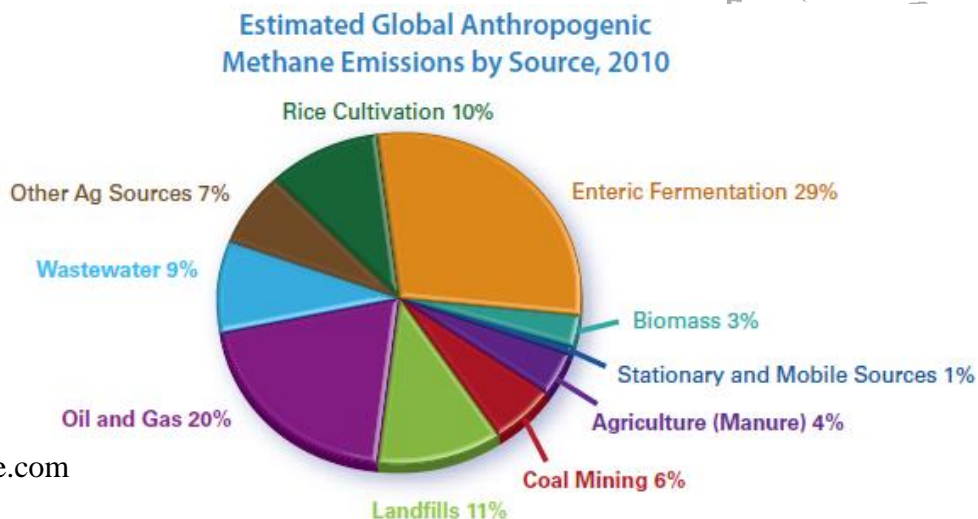


IMAGEN: chem.uwec.edu

- Esto explica por qué las concentraciones atmosféricas de metano no son muy altas a pesar de las grandes cantidades del mismo que se producen mediante procesos naturales o debido a las actividades humanas.

IMAGEN: edwardtdodge.com





## Formación de turba

- En muchos suelos, toda la materia orgánica es eventualmente digerida por bacterias y hongos saprofitos mediante respiración celular, obteniendo el  $O_2$  que necesitan para dicho proceso catabólico de los espacios aéreos del suelo.
- Algunos suelos son muy compactos e impermeables, incapaces de drenar el agua, por lo que llegan a quedar anegados de agua y constituir un **ambiente anaerobio**.
- En estas condiciones anaerobias los saprofitos no pueden descomponer la materia orgánica por completo.
- Además, en este ambiente encharcado tienden a desarrollarse **condiciones ácidas** que inhiben la actividad de los saprofitos y bacterias metanogénicas que podrían descomponer la materia orgánica.



IMAGEN: encrypted-tbn1.gstatic.com

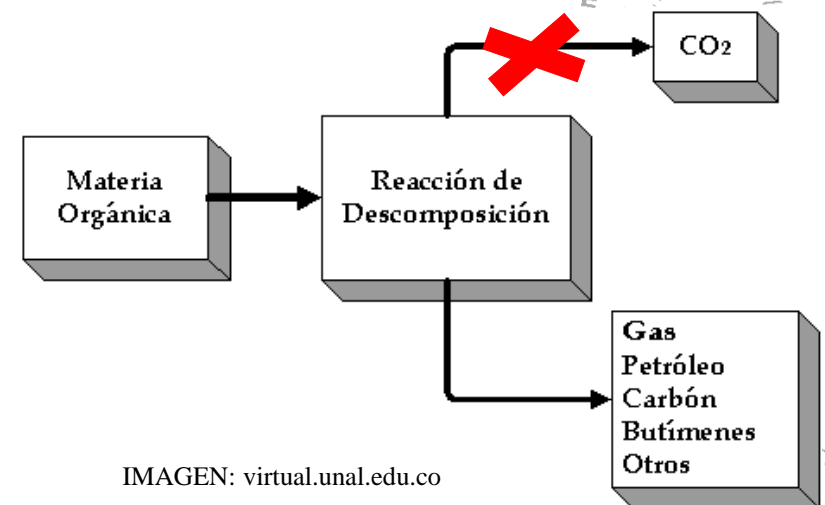


IMAGEN: virtual.unal.edu.co



## Formación de turba

- Grandes cantidades de materia orgánica parcialmente descompuesta se acumulan en los ecosistemas, la cual llega a comprimirse formando un material ácido de color marrón oscuro denominado **turba**.
- Por tanto, **la turba se forma** cuando la materia orgánica no se descompone del todo por las condiciones acidas y/o anaeróbicas en suelos anegados de agua.
- La turba constituye la primera etapa en la formación del carbón.
- En torno al 3% de la superficie terrestre es turba, acumulándose en grandes cantidades a partir de unos 10 m de profundidad.

*Vegetación*



*Turba*



*Lignito*



*Hulla*



*Antracita*

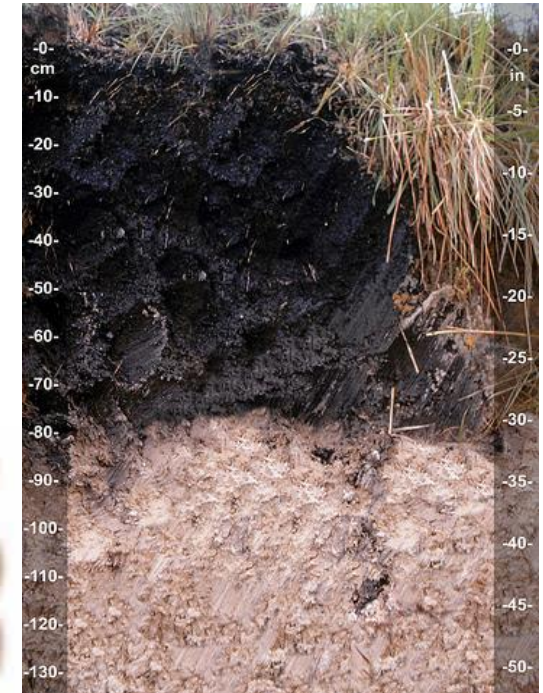
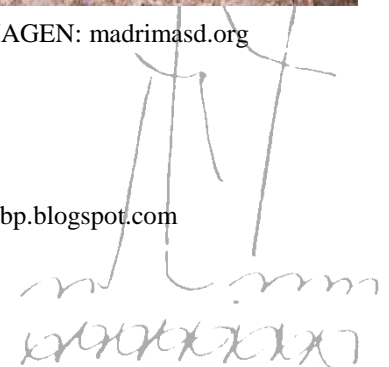


IMAGEN: madrimasd.org

IMAGEN: 1.bp.blogspot.com

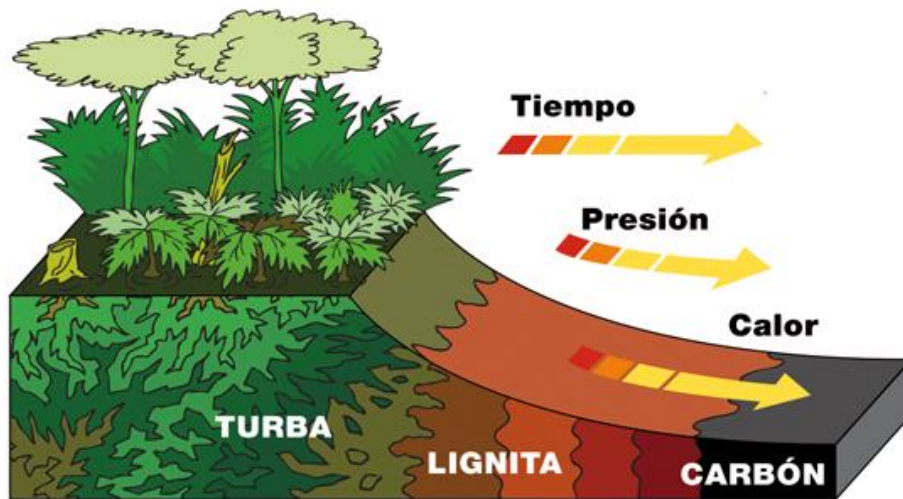






## Fosilización de materia orgánica

- El carbón y algunos compuestos de carbono son químicamente muy estables, por lo que pueden permanecer en rocas de forma inalterados durante cientos de millones de años.
- Así, la materia orgánica parcialmente descompuesta de eras geológicas pasadas se ha transformado en carbón o en petróleo y gas que se han acumulado en rocas porosas.



- El **carbón** se forma cuando depósitos de turba son enterrados bajo otros sedimentos.
- La turba sufre un aumento de presión que la comprime y calienta, provocando que gradualmente se transforme en carbón.

IMAGEN: [tratamientodecarbonrogelioamaya.blogspot.com.es](http://tratamientodecarbonrogelioamaya.blogspot.com.es)

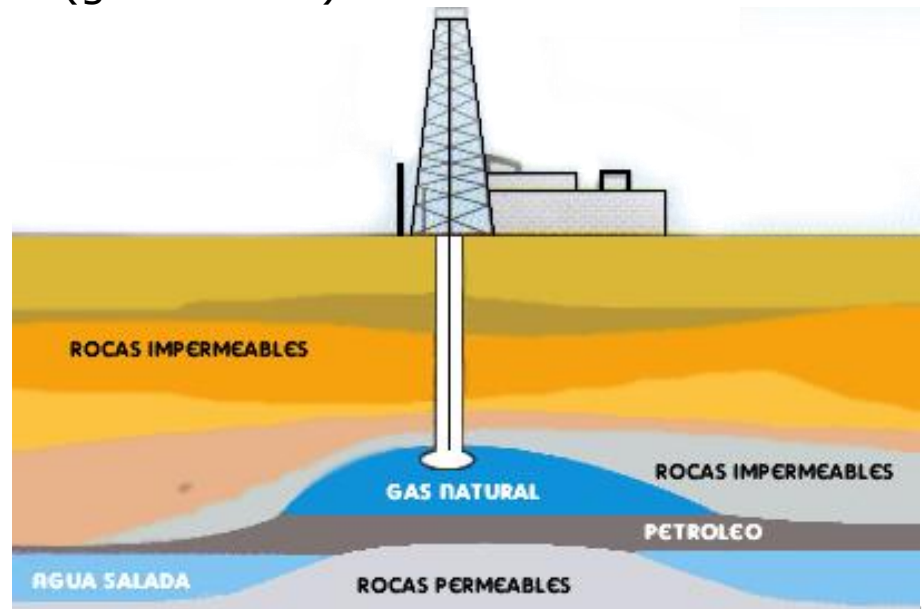
- Grandes depósitos de carbón se originaron hace unos 320 millones de años, durante el Periodo Carbonífero (Era Paleozoico).

*Handwritten signature and scribbles.*



## Fosilización de materia orgánica

- El **petróleo** y el **gas natural** se forman en el lodo del fondo de mares y lagos, donde las condiciones son anaeróbicas y la descomposición suele ser incompleta.
- A medida que nuevos sedimentos son depositados, la materia orgánica parcialmente descompuesta es comprimida y calentada, lo que favorece que ocurran una serie de transformaciones químicas que darán lugar a la formación de complejas mezclas de compuestos de carbono en estado líquido (petróleo crudo) o gaseoso (gas natural).
- El metano forma la mayor parte del gas natural.
- Los depósitos de gas se encuentran donde hay rocas porosas, como esquisto o pizarra, y rocas impermeables tanto por encima como por debajo que impiden que el gas se escape.





## Combustión

- La materia orgánica arde cuando se calienta hasta alcanzar su temperatura de ignición en presencia de oxígeno.
- Los productos de esta reacción de oxidación, denominada **combustión**, son dióxido de carbono y agua.
- En algunas partes del mundo, ocurren incendios naturales de forma periódica en boques o praderas, mientras que en otras partes es el hombre el que realiza la quema controlada de cultivos por diversas razones. En ambos casos, se produce  $\text{CO}_2$  por la **combustión de biomasa**.
- El carbón, petróleo y gas natural son diferentes formas de materia orgánica fosilizada. El dióxido de carbono también se produce por la **combustión de materia orgánica fosilizada**.

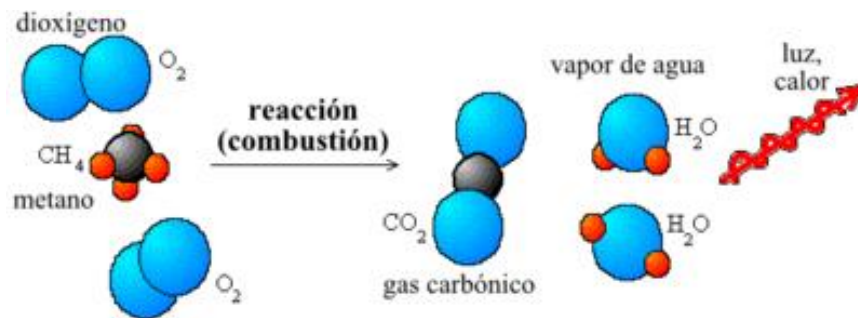


IMAGEN: es.wikipedia.org







## Caliza

- Los animales tales como los corales formadores de arrecifes y los moluscos tienen partes duras compuestas de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), las cuales se fosilizan formando caliza.
- Las conchas de los moluscos están formadas de ( $\text{CaCO}_3$ ), al igual que los exoesqueletos de los corales que forman los arrecifes.



IMAGEN: escola.britannica.com.br



IMAGEN: materialesde.com\*

XXXXXXXXXX





## Caliza

- Cuando estos animales mueren, sus partes blandas se descomponen, y el carbonato de calcio se disuelve si las condiciones son ácidas. Sin embargo, si las condiciones son básicas o neutras, el carbonato se deposita sobre el lecho marino.
- En mares tropicales poco profundos, el carbonato de calcio también se deposita por precipitación en el agua, dando como resultado la formación de roca caliza, donde las partes duras de animales que se han depositado son frecuentemente visibles.





## Caliza

- Aproximadamente el 10% de toda la roca sedimentaria en la superficie terrestre es roca caliza. En torno al 12% de la masa de carbonato de calcio es carbono, que se encuentra retenido en la roca caliza.
- El Torcal de Antequera está constituido por rocas calizas que tuvieron su origen en el fondo marino durante el periodo Jurásico hace 250-150 Ma. Los sedimentos acumulados en el fondo del mar fueron levantados a más de 1.000 metros sobre el nivel del mar por fuerzas tectónicas, quedando sometido a un proceso de erosión característica, el modelado kárstico.



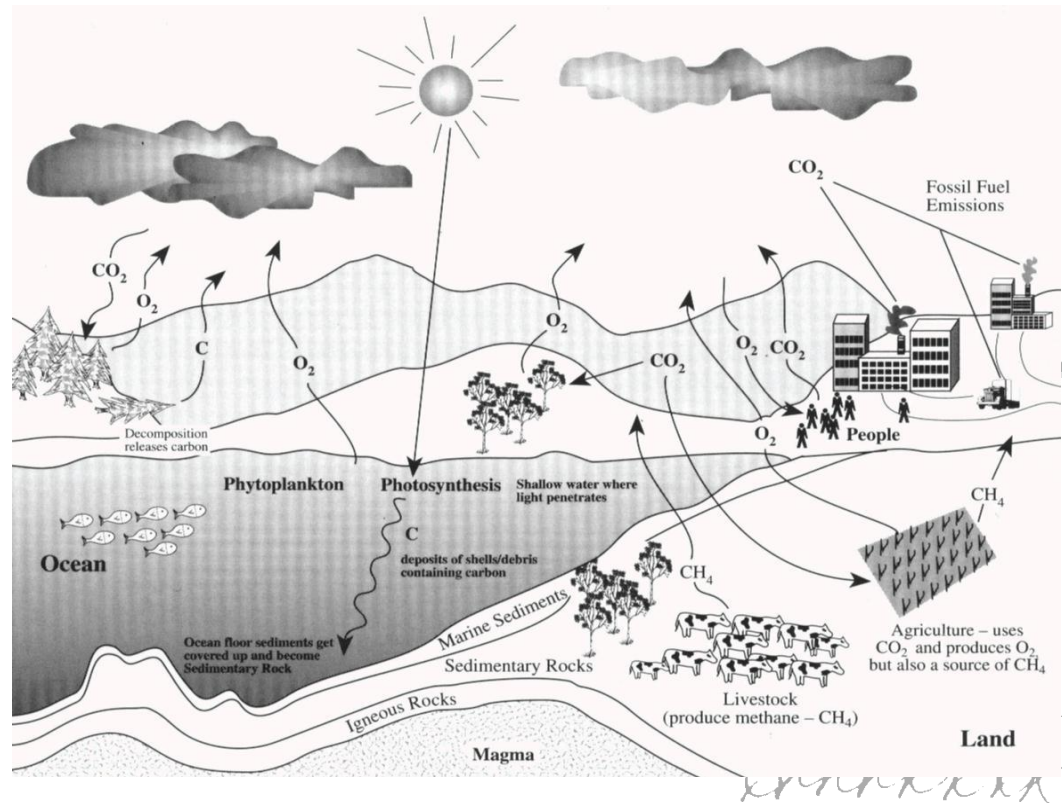
*Handwritten signature and scribbles.*



## Ciclo del carbono

- En el **ciclo biogeoquímico del carbono** y de otros elementos, se distinguen reservorios y flujos.
- Un **reservorio** es un almacén de un elemento, ya sea inorgánico u orgánico. En el caso del carbono, ejemplos de ellos serían la atmósfera y la biomasa de productores, respectivamente.
- Un **flujo** es la transferencia de un elemento de un reservorio a otro. En el caso del carbono, un ejemplo sería la absorción del  $\text{CO}_2$  de la atmósfera y su conversión en biomasa vegetal mediante fotosíntesis.

IMAGEN: [www-das.uwyo.edu](http://www-das.uwyo.edu)







# HABILIDAD: Construir un diagrama del ciclo del carbono

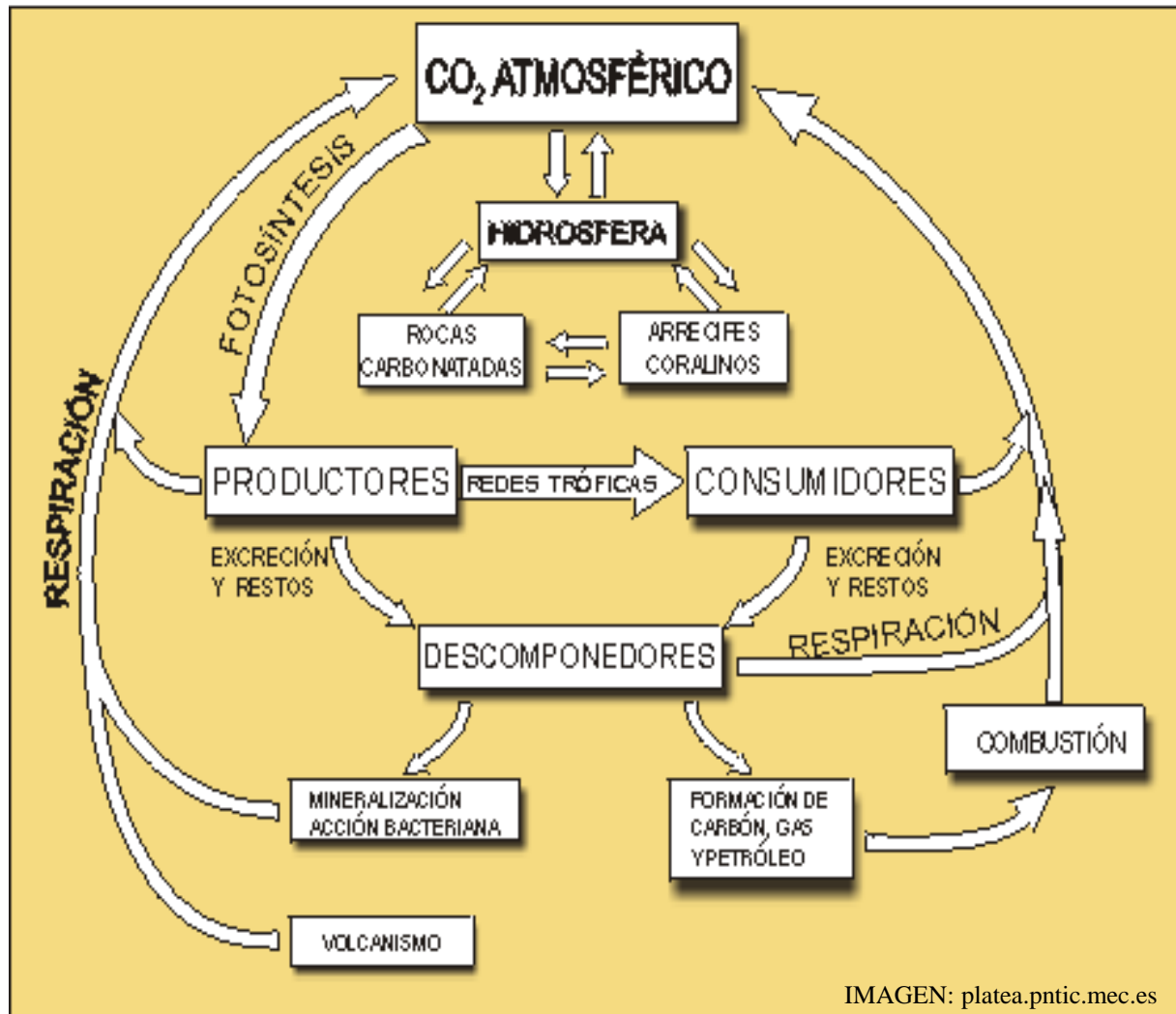


IMAGEN: platea.pntic.mec.es







## APLICACIÓN: Estimación de los flujos de carbono

- Un diagrama del **ciclo biogeoquímico del carbono** muestra los flujos entre los diferentes reservorios, pero no indica las cantidades de carbono que fluyen, dado que no es posible medir el flujo global de carbono.
- Sin embargo, dado su interés, se han producido estimaciones del flujo de carbono basadas en muchas mediciones realizadas en ecosistemas naturales individuales o en mesocosmos.
- Los flujos globales de carbono son extremadamente grandes, por lo que se miden en **gigatoneladas**, es decir, mil millones de toneladas ( $1 \cdot 10^9$  toneladas).

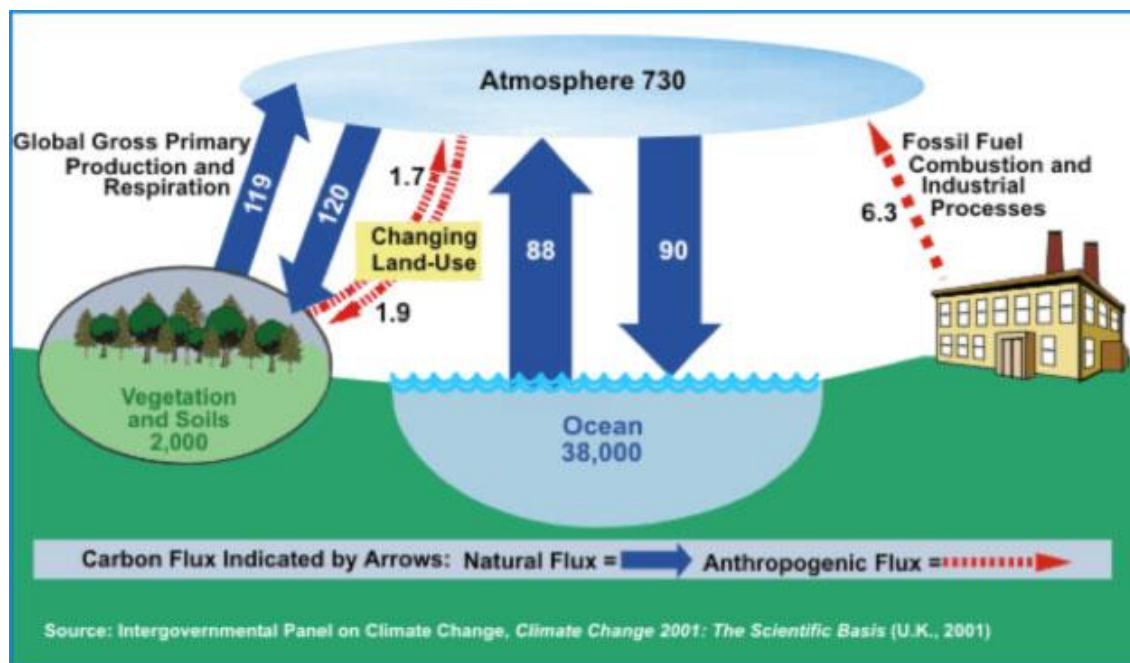


IMAGEN: cpcc.bscs.org

XXXXXX



## NATURALEZA CIENCIAS: Mediciones cuantitativas precisas

- Las concentraciones de  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$  en la atmósfera tienen importantes efectos, dado que influyen en la temperatura global y por tanto, en la extensión de los casquetes polares.
- Además, al influir en la cantidad calor en los océanos y la atmósfera, afectan de forma indirecta al nivel del mar y a la línea de costa, así como a las corrientes oceánicas, la distribución de lluvias y la frecuencia y severidad de fenómenos meteorológicos extremos, como los huracanes.

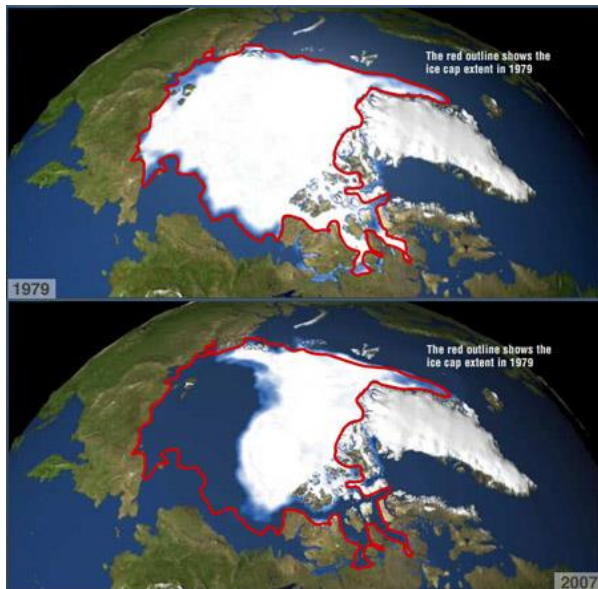


IMAGEN: [blog.nuestroclima.com](http://blog.nuestroclima.com)

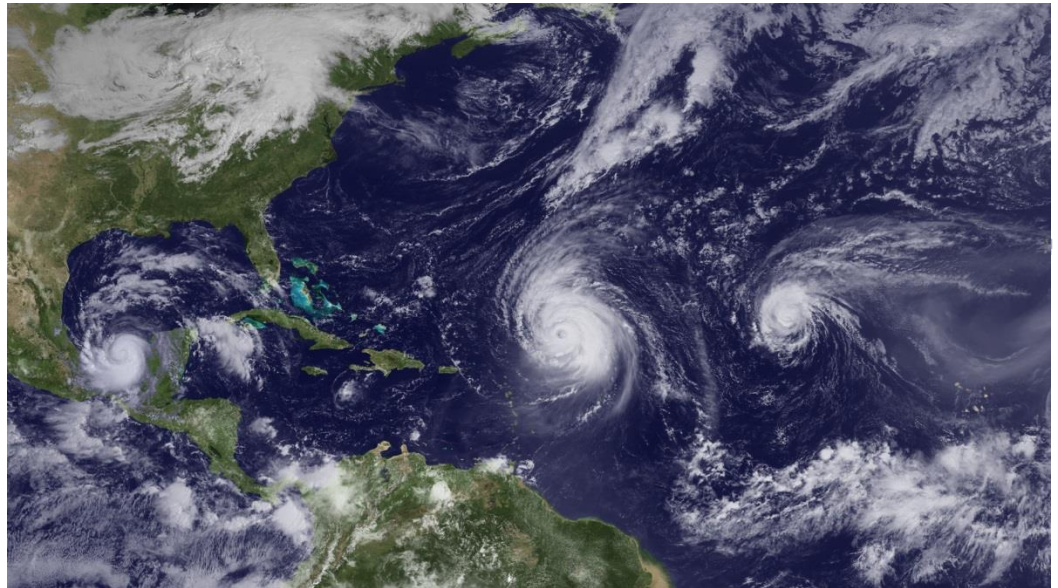


IMAGEN: [taringa.net](http://taringa.net)

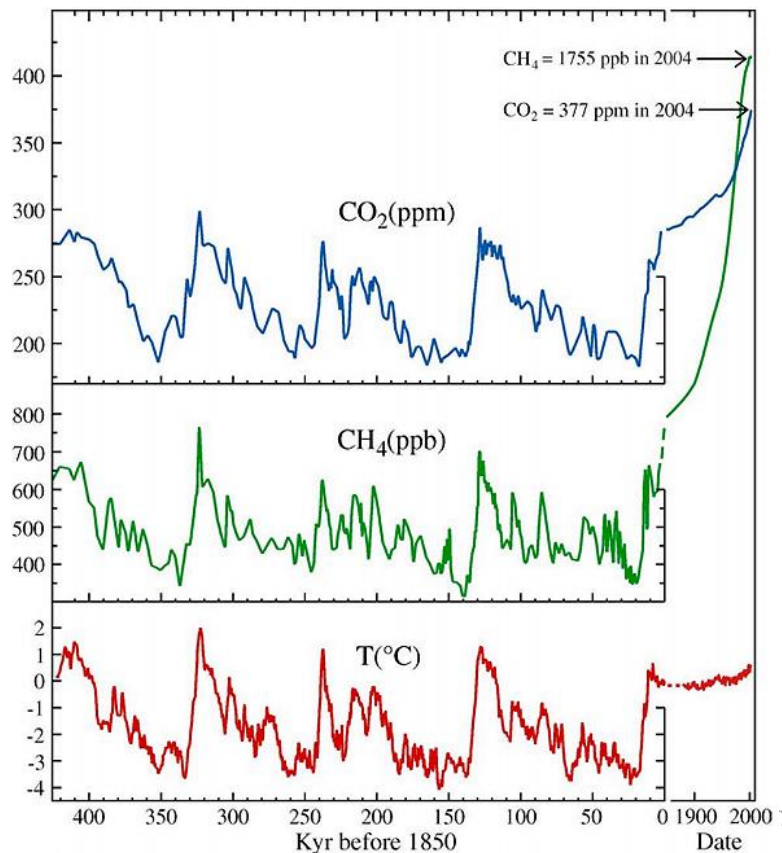
no es  
XXXXXX



## NATURALEZA CIENCIAS: Mediciones cuantitativas precisas

- Muchos son los estudios que relacionan las actividades humanas con el incremento en la concentración atmosférica de estos gases.
- Existen diferentes hipótesis y predicciones:
  - La concentración actual de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera es significativamente superior a la que ha habido en los últimos 20 millones de años.
  - Las actividades humanas han incrementado las concentraciones de  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$  en la atmósfera terrestre.
  - Las actividades humanas incrementarán la concentración atmosférica de  $\text{CO}_2$  de los 397 ppm en 2014 a unos 600 ppm a finales de siglo.

IMAGEN: aip.org






## NATURALEZA CIENCIAS: Mediciones cuantitativas precisas

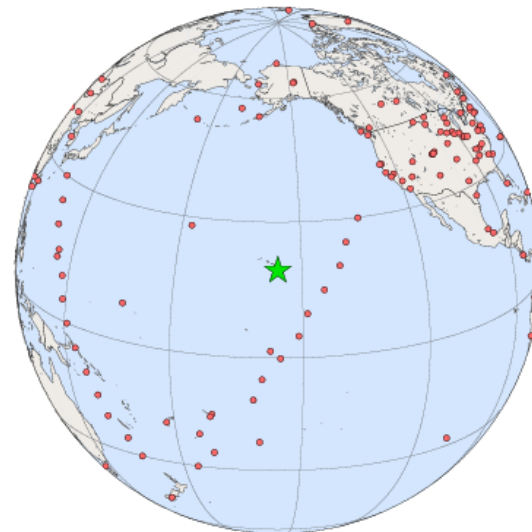
- Para poder evaluar estas hipótesis y predicciones, es importante obtener datos fiables sobre la concentración del dióxido de carbono y del metano en la atmósfera mediante la realización de mediciones cuantitativas precisas.
- La Organización Meteorológica Mundial es una agencia de las Naciones Unidas que ha puesto en marcha el Programa "Global Atmosphere Watch" con objeto de recolectar datos sobre las concentraciones de los gases de efecto invernadero en la atmósfera.
- Si bien existen actualmente multitud de estaciones repartidas por todo el mundo que monitorizan la atmósfera, el **observatorio Mauna Loa** en Hawaii es el que lleva realizando tales mediciones desde hace más tiempo (desde 1959 para el CO<sub>2</sub> y desde 1984 para el CH<sub>4</sub>).

### Location

- » Country: United States 
- » Latitude: 19.5362° North
- » Longitude: 155.5763° West
- » Elevation: 3397.00 masl
- » Time Zone: Local Time + 10 hour(s) = UTC

### Contact

- » Contact Name: [John Barnes](#)
- » Address: NOAA - Mauna Loa Observatory  
1437 Kilauea Ave. #102  
Hilo, Hawaii, 96720, United States
- » Phone: (808)933-6965
- » Fax: (808)933-6967



*Handwritten signature or scribble.*





## APLICACIÓN: Análisis de datos estaciones control del aire

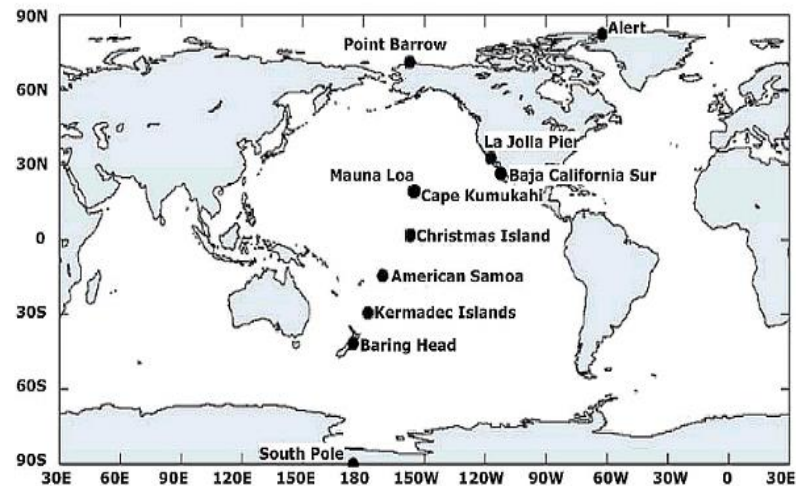
- Los datos de las estaciones que monitorizan la atmósfera están a libre disposición de toda aquella persona que desee analizarlos, pudiéndose observar tanto tendencias a la largo plazo, como fluctuaciones anuales.

### Uso de Bases de Datos:

Usando una hoja de cálculo:

- 1) Entra en los datos de la estación del Scripps Institution of Oceanography que te ha sido asignada.
- 2) Copia los datos mensuales de CO<sub>2</sub> atmosférico en una hoja desde el año de tu nacimiento hasta el año más reciente disponible.
- 4) Realiza un gráfico de dispersión anual y otro mensual y añade la línea de tendencia.
- 5) ¿Qué observas? ¿A qué es debido? ¿Qué niveles de CO<sub>2</sub> se esperan para el año 2016?

Scripps Institution of Oceanography Monitoring Sites



*Handwritten signature and scribbles.*