



*IES Santa Clara.  
1ºBACHILLER*

*Dpto Biología y Geología.*

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

## 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.

### Comprensión

- 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.
- El dióxido de carbono se produce por la combustión de biomasa y de materia orgánica fosilizada.
- La materia orgánica parcialmente descompuesta de eras geológicas pasadas se transformó en carbón o en petróleo y gas que se acumularon en rocas porosas.
- 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.
- El metano se oxida para dar dióxido de carbono y agua en 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 dióxido de carbono se produce por respiración y se difunde fuera de los organismos hacia el agua o la atmósfera.
- El dióxido de carbono se difunde desde la atmósfera o desde el agua hacia los organismos autótrofos.
- En los ecosistemas acuáticos el carbono está presente como dióxido de carbono disuelto y como iones hidrogenocarbonato. Los organismos autótrofos convierten el dióxido de carbono en glúcidos y otros compuestos de carbono.

### Aplicaciones

- Análisis de datos de estaciones de control del aire para explicar las fluctuaciones anuales.
- Estimación de los flujos de carbono derivados de procesos en el ciclo del carbono.

### Habilidades experimentales

- Construir un diagrama del ciclo del carbono.

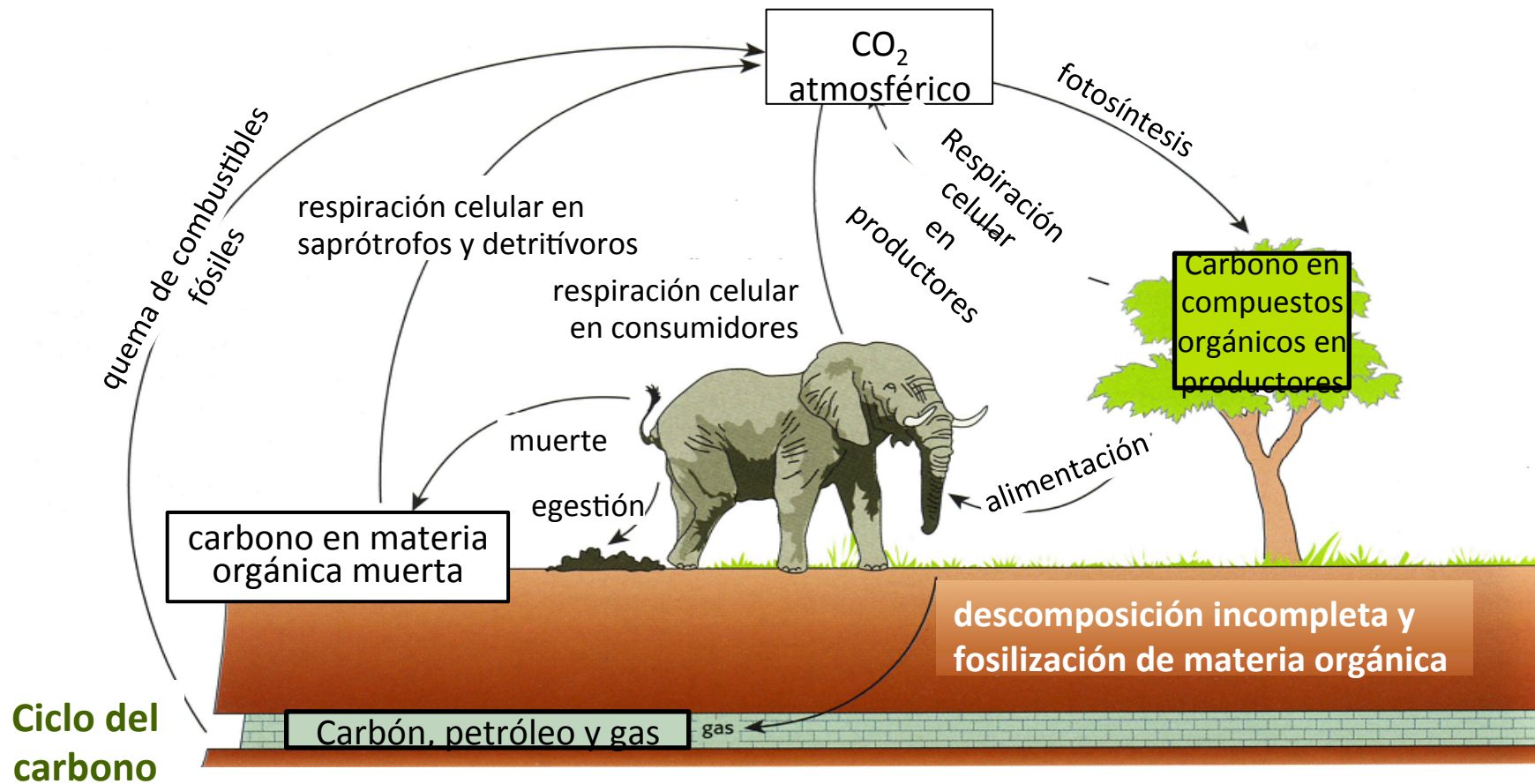


# Diagramas del ciclo del carbono.

*Construir un diagrama del ciclo del carbono.*

En Ecología para describir los ciclos de los elementos (ciclos biogeoquímicos), como el del carbono, se emplean los términos:

- Un **depósito** o **reserva** es una forma de reserva del elemento. Puede ser orgánico o inorgánico.
- Un **flujo** es la transferencia del elemento de un depósito a otro.
- Un **diagrama** debe contener texto en **recuadros** para los **depósitos** y **flechas** rotuladas para los **flujos**.



# LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

Camino que sigue la materia que escapa de la biosfera hacia otros subsistemas terrestres (A, H, L) antes de retornar a la B.

El **tiempo de permanencia** de los elementos en los distintos subsistemas es muy variable.

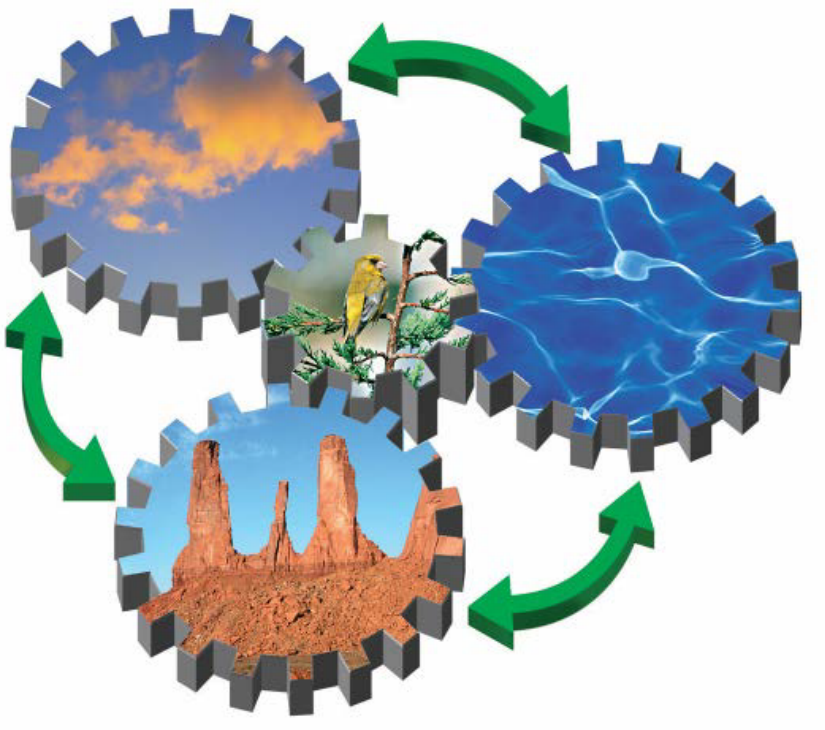
Se llama **reserva o almacén** al lugar donde la permanencia es máxima.

Los ciclos tienden a ser cerrados.

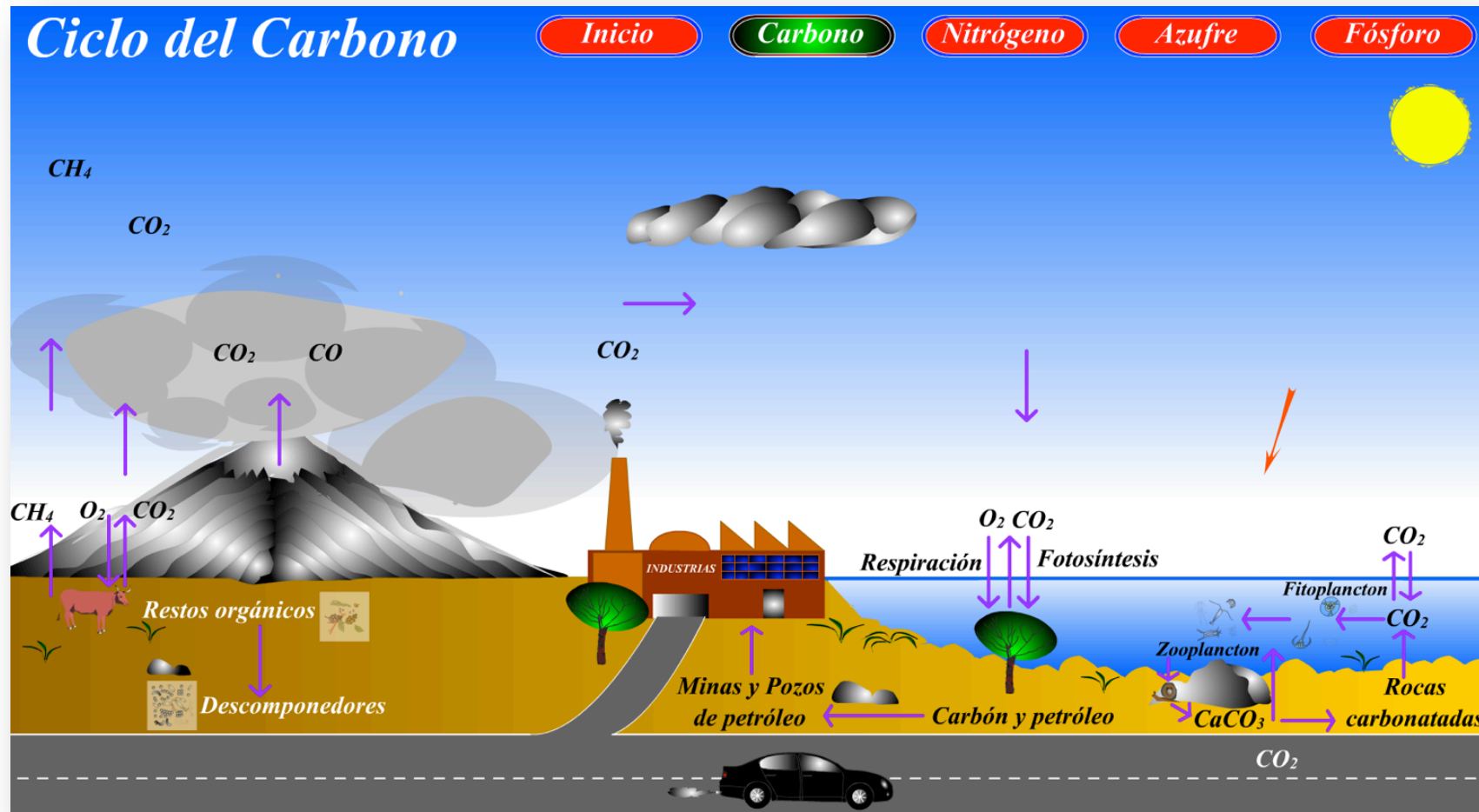
Las actividades humanas ocasionan apertura y aceleración de los ciclos contraviniendo el principio de sostenibilidad de reciclar al máximo la materia.

Esto origina que se escapen nutrientes y se produzcan desechos

*Para ilustrar el flujo de materia se usan los diagramas de flujo como por ejemplo los ciclos del carbono. Estos ciclos incluyen reservas (a veces referidas como sumideros) y flujos, que transportan materia de una reserva a otra.*



## Animaciones sobre los ciclos de nutrientes en la biosfera:

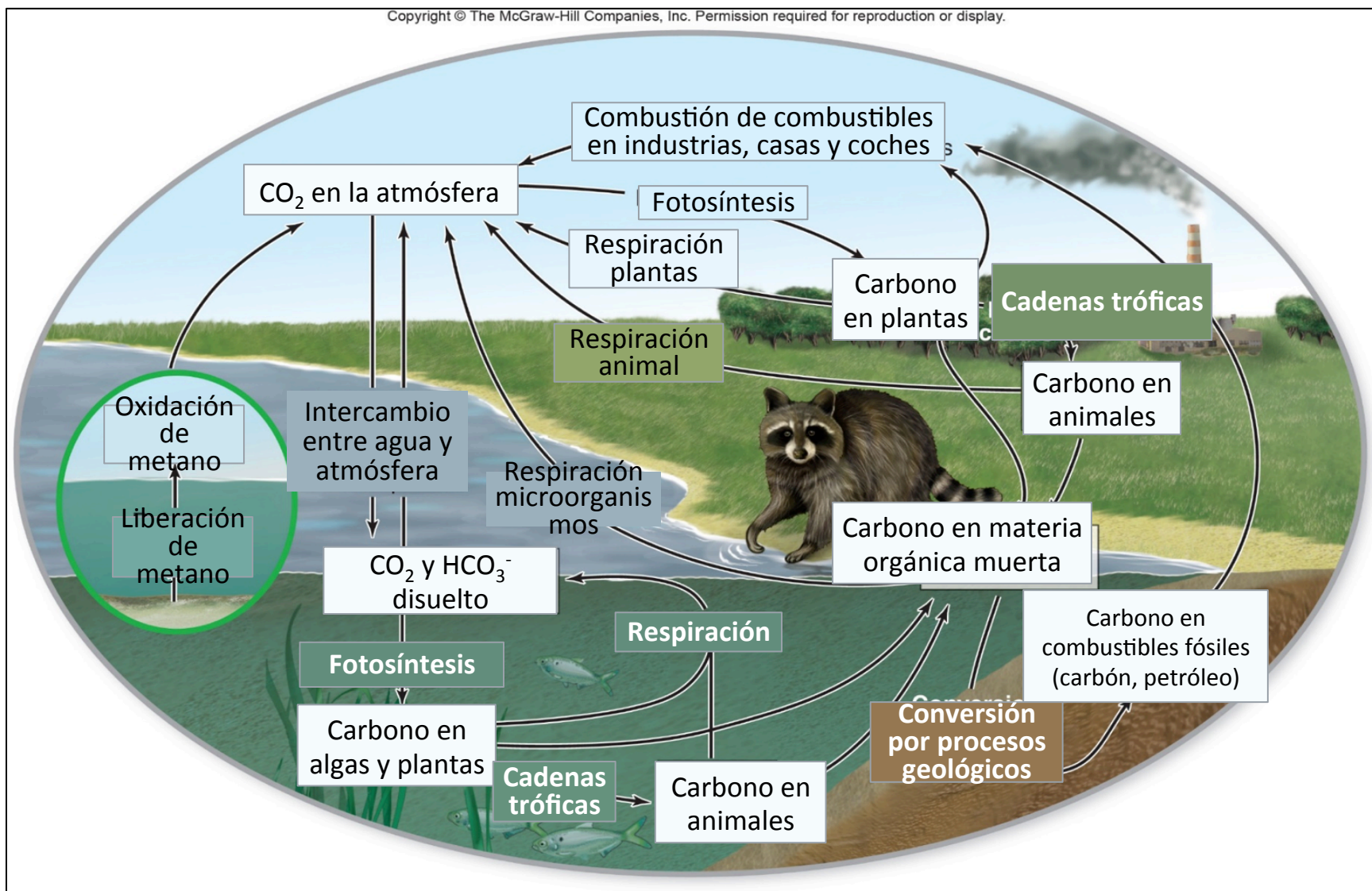


<http://cienciasnaturales.es/CICLOSMATERIA.swf>

El carbono existe de muchas maneras:

- Atmósfera: Gases atmosféricos ( $CO_2$  y metano:  $CH_4$ ).
- Hidrosfera:  $CO_2$  disuelto en ecosistemas acuáticos.
- Biosfera: Carbono orgánico en los organismos vivos.
- Litosfera: Depósitos de carbono como minerales (carbonatos) o combustibles fósiles (carbón y petróleo).

# Ciclo del carbono

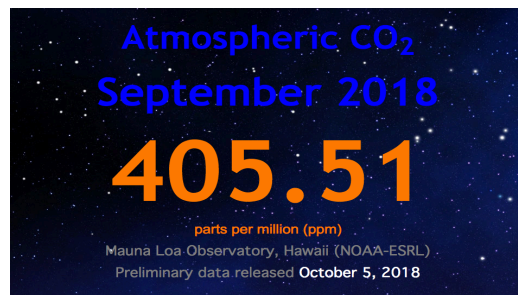
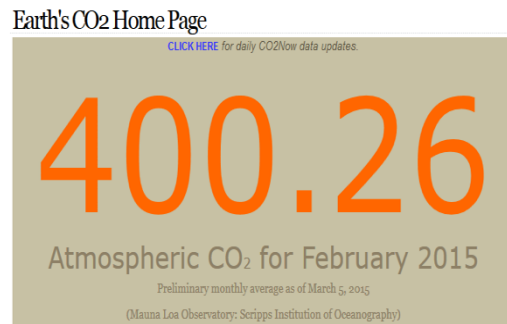


Desde la perspectiva de los seres vivos la fuente principal de CO<sub>2</sub> se encuentra en la atmósfera y se incorpora a las cadenas alimenticias mediante la fotosíntesis de los productores. En condiciones anaerobias (fondo del estanque, suelos anegados) las bacterias liberan metano a la atmósfera el cual termina originando también CO<sub>2</sub>.

# 1. Fijación del carbono.

*Los organismos autótrofos convierten el dióxido de carbono en glúcidos y otros compuestos de carbono.*

<http://co2now.org/>

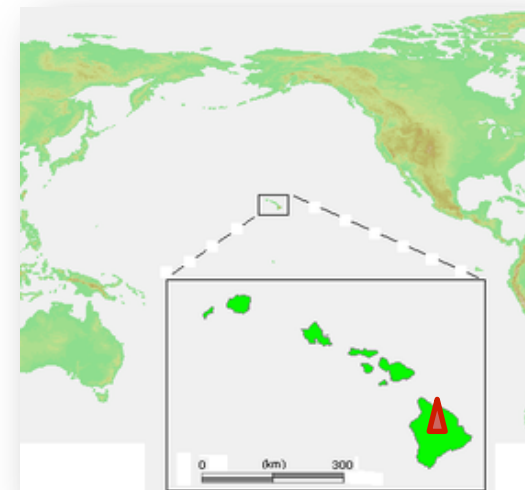


Concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico en Mauna Loa registrada el 05/10/2018

La concentración de CO<sub>2</sub> puede variar según la zona donde se mida, siendo inferior en aquellas regiones donde hay más fotosíntesis.

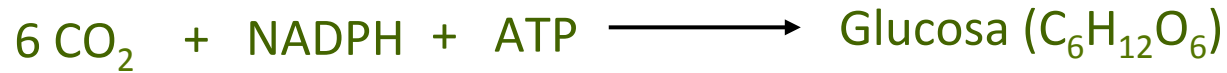
Los autótrofos absorben el dióxido de carbono de la atmósfera (o del agua) y lo convierten en carbohidratos, lípidos y demás compuestos orgánicos. Gracias a ello se reduce la cantidad de CO<sub>2</sub> de la atmósfera.

La concentración media de CO<sub>2</sub> en la atmósfera durante octubre de 2018, en el observatorio de Mauna Loa (Hawai) ha sido de 405.51 ppm (partes por millón), que equivale al 0,046% ó 405micromoles por mol ( $\mu\text{mol/mol}$ ). Recuerda que 1.000 ppm = 0,1%

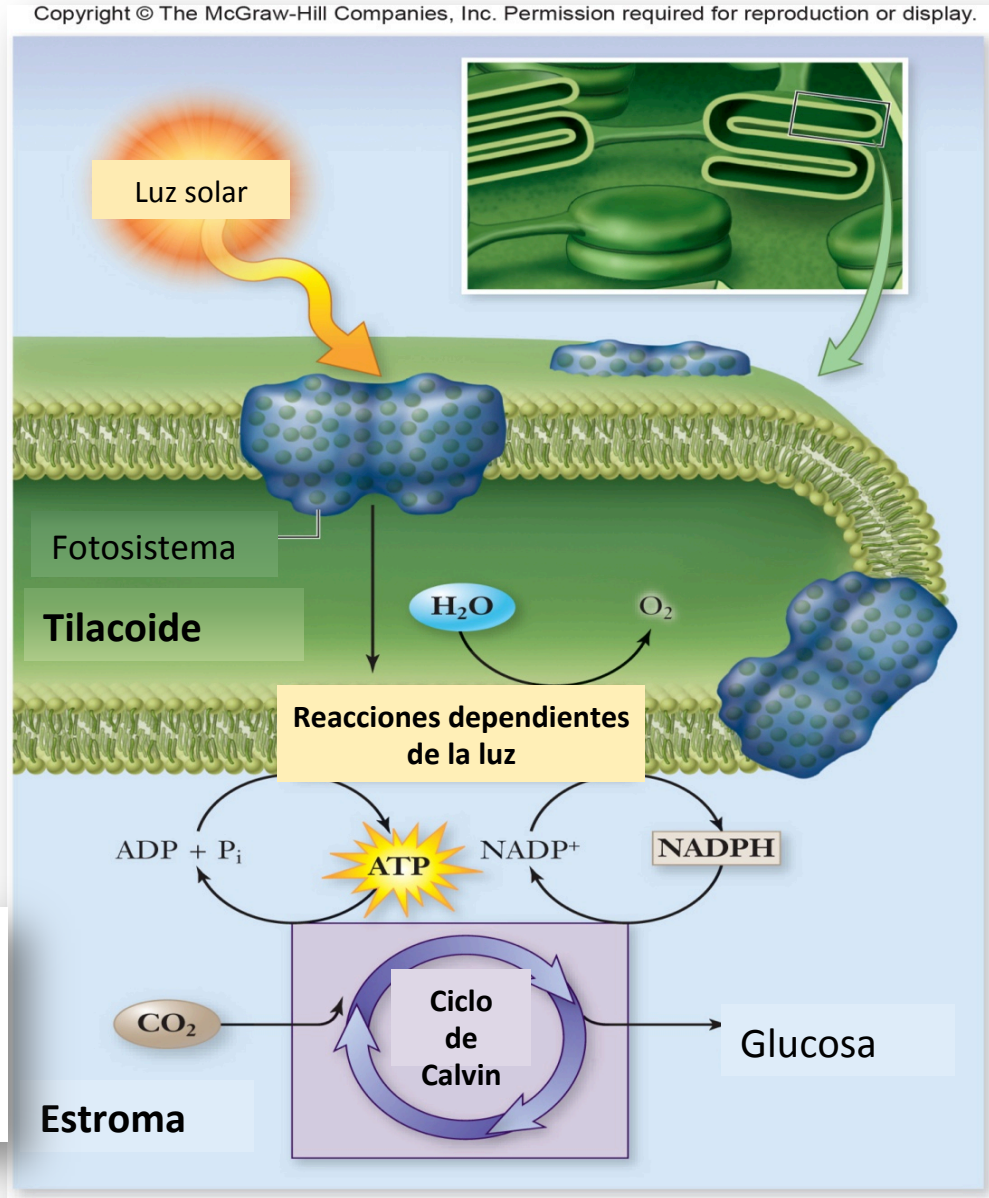
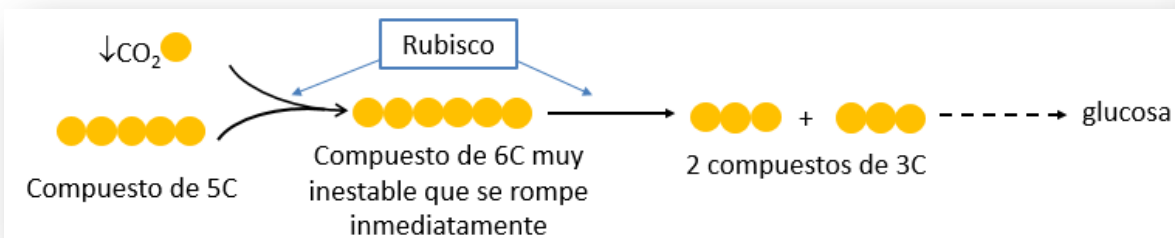


Volcán de Mauna Loa, Hawai

La ecuación general de la fotosíntesis es:



- **Reacciones independientes de la luz o fase oscura de la fotosíntesis.** La energía (ATP) y los electrones (NADPH) producidos en las reacciones dependientes de la luz son utilizados a continuación para la fijación del  $\text{CO}_2$  y formación de glucosa, a través de la ruta metabólica del Ciclo de Calvin en el estroma del cloroplasto.
- La primera reacción de la fase oscura es la fijación del  $\text{CO}_2$  a un compuesto de 5C del Ciclo de Calvin catalizada por la enzima Rubisco.

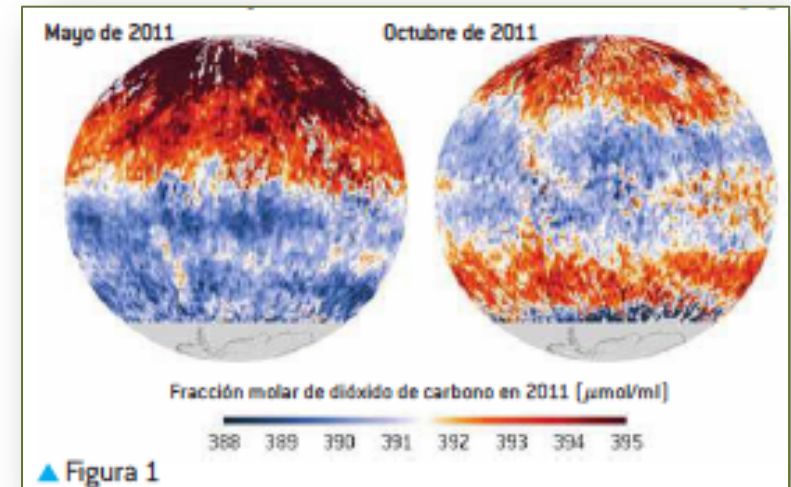




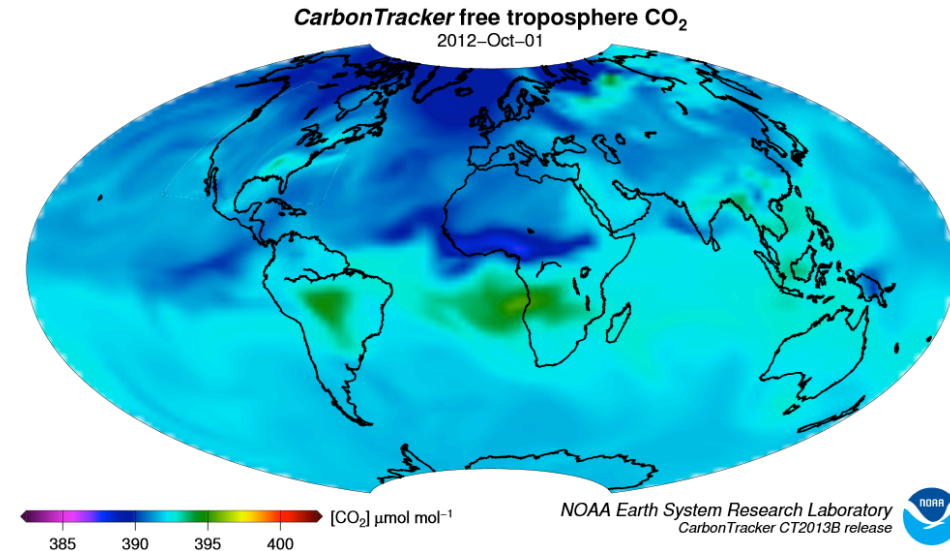
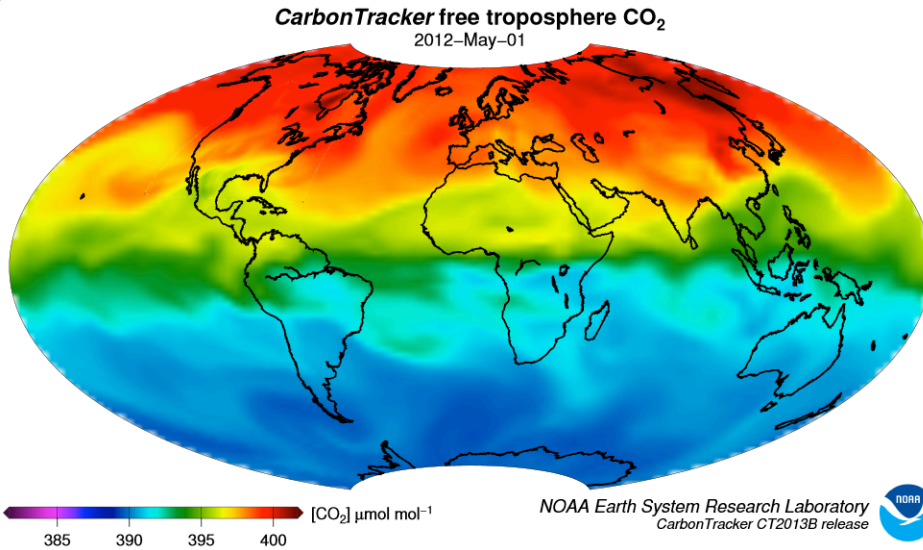
# Interpretación de mapas de CO<sub>2</sub>. Concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico

Los siguientes mapas muestran la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera a una altura entre 2 y 5 km: una imagen corresponde al mes de marzo y la otra al mes de octubre de 2011.

1. Indique si en octubre es primavera u otoño en el hemisferio sur. [1]
2. A) **Distinga** las concentraciones de dióxido de carbono entre los meses de mayo y octubre en el hemisferio norte. [1]  
B) **Sugiera** razones para dicha diferencia. [2]
3. A) **Distinga** las concentraciones de dióxido de carbono en el mes de mayo entre los hemisferios norte y sur. [1]  
B) **Sugiera** razones para esta diferencia. [2]
4. A) **Deduzca** la parte de la Tierra que tenía una menor concentración de dióxido de carbono entre mayo y octubre de 2011. [1]  
B) **Sugiera** razones para que la concentración de dióxido de carbono sea la más baja en esta área. [2]



# Concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico

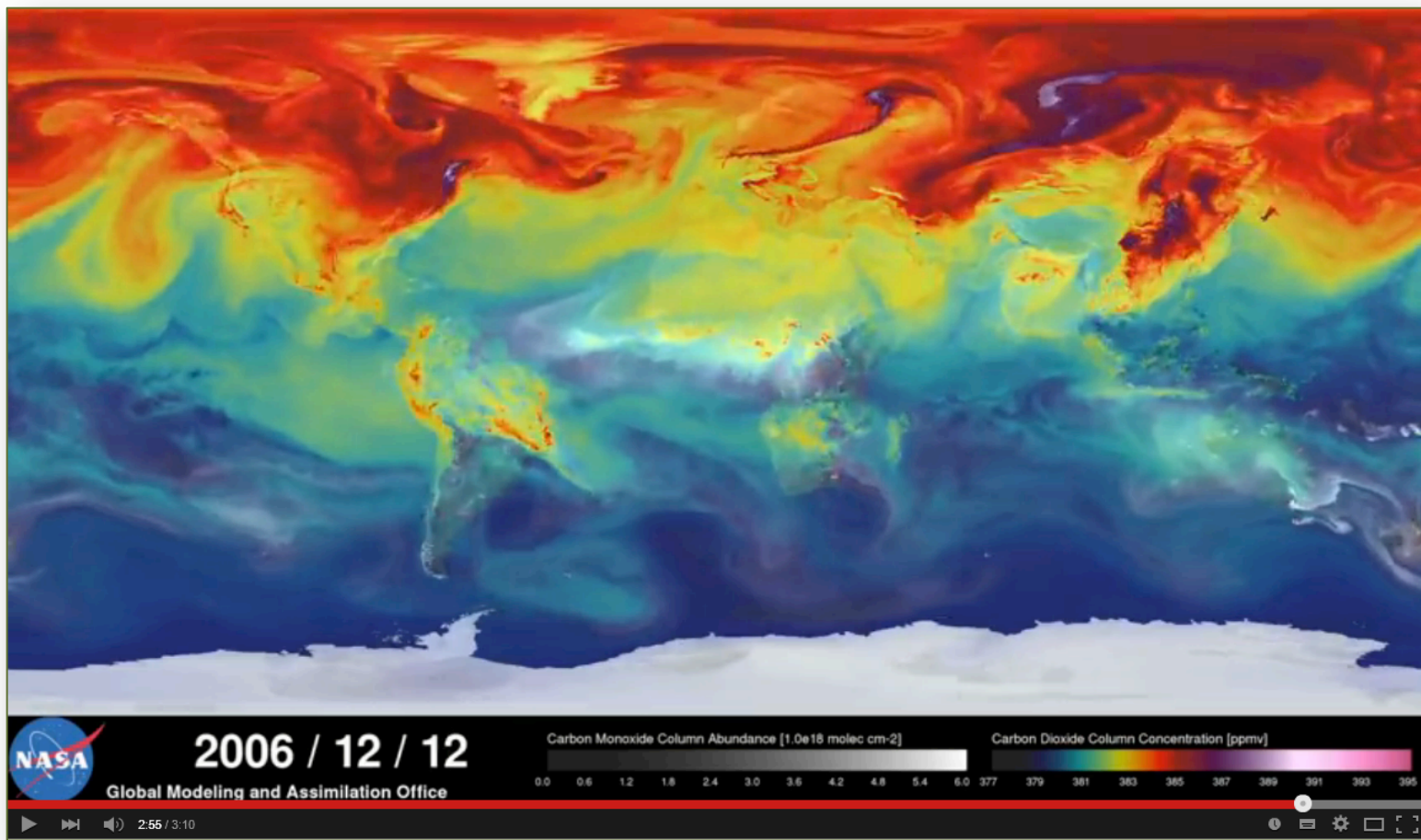


Fuente: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/carbontracker/co2weather.php?type=us>

Actividad:  
Interpretación de mapas de CO<sub>2</sub>

1. it is in the spring;
2. a) higher in May than in October;  
b) photosynthesis in Northern Hemisphere forests; depletes carbon dioxide in summer leading to lower concentrations in autumn;
3. a) much higher in Northern Hemisphere;  
b) Southern Hemisphere at the end of summer, but Northern Hemisphere at beginning; photosynthesis reduces carbon dioxide concentrations in summer; greater burning of fossil in Northern Hemisphere (during Northern winter than in Southern summer); more ocean in Southern Hemisphere where carbon dioxide can dissolve; colder water in Southern Hemisphere so more carbon dioxide dissolves; more land area in Northern Hemisphere so higher total respiration rates;
4. a) the Equator;  
b) less fluctuations due to absence of seasons; presence of tropical rainforests to absorb carbon dioxide;





<https://youtu.be/x1SgmFa0r04>

- Modelo de ordenador de alta resolución de la NASA sobre como el dióxido de carbono viaja en la atmósfera alrededor del mundo a lo largo del año 2006.
- Los penachos y remolinos de dióxido de carbono cambian a medida que los vientos lo dispersan desde sus fuentes. La simulación también ilustra las diferencias en los niveles de dióxido de carbono en los hemisferios norte y sur y los cambios estacionales de concentración como consecuencia de los ciclos de crecimiento de plantas y árboles.

# 2. Dióxido de carbono en disolución.

## Término clave

*En los ecosistemas acuáticos el carbono está presente como dióxido de carbono disuelto y como iones hidrogenocarbonato*

El  $\text{CO}_2$  es soluble en agua. Puede encontrarse como gas disuelto o combinarse con las moléculas de agua formando ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). El ácido carbónico se disocia para formar iones hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) e iones carbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ). Esto explica por qué el  $\text{CO}_2$  puede reducir el pH del agua y acidificarla.

Tanto el  $\text{CO}_2$  como los iones  $\text{HCO}_3^-$ . Son absorbidos por las plantas acuáticas y otros organismos autótrofos que viven en el agua para formar glúcidos y otros compuestos del C.



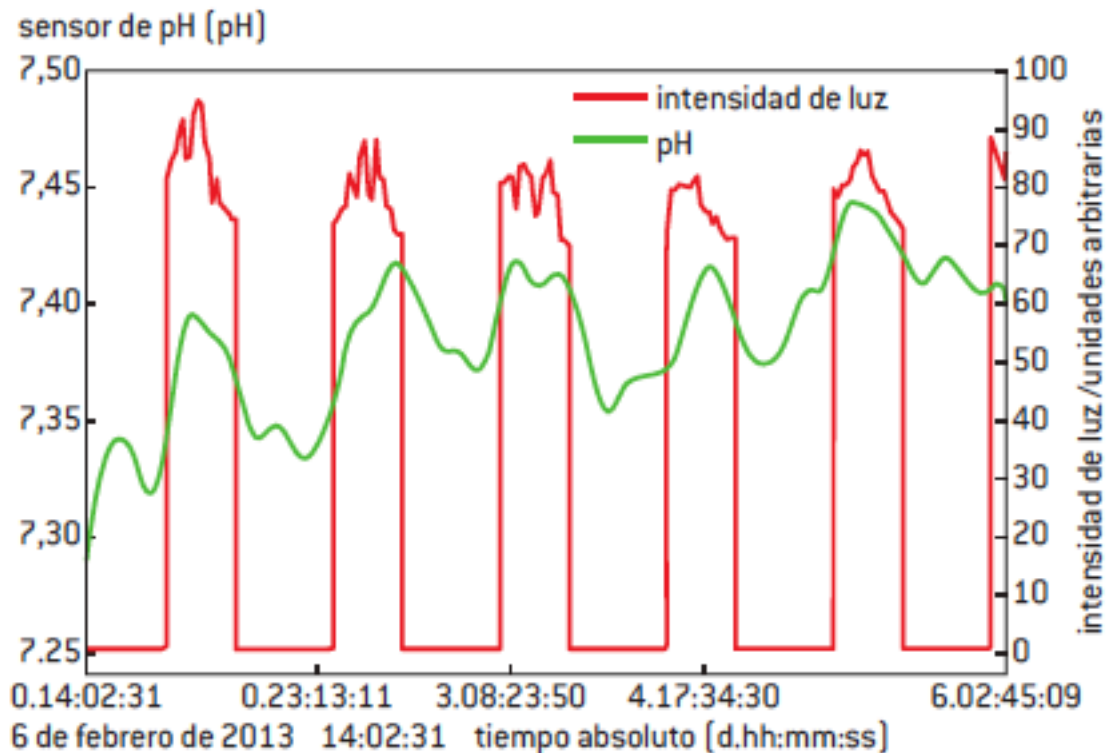
## Actividad

### Cambios en el pH de estanques de roca

Los ecólogos han estudiado el pH de estanques de roca situados a orillas del mar en los que hay animales y algas fotosintéticas. En un ciclo de 24 horas, el pH del agua sube y baja debido a los cambios en la concentración de dióxido de carbono del agua. Los valores más bajos (cerca de pH 7) se han encontrado durante la noche y los valores más altos (cerca de pH 10) durante el día, cuando había plena luz del sol. ¿Cuáles son las razones de estos máximos y mínimos? Se puede hacer un seguimiento del pH en estanques naturales o en mesocosmos acuáticos artificiales usando registradores de datos.

### Preguntas basadas en datos: Registro de datos del pH de un acuario

La figura 2 muestra el pH y la intensidad de la luz en un acuario que contiene una variada comunidad de organismos, como plantas acuáticas, tritones y otros animales. Los datos se obtuvieron y registraron utilizando un electrodo de pH y un medidor de luz. Se iluminó artificialmente el acuario para crear un ciclo de 24 horas de luz y oscuridad utilizando una lámpara controlada por un temporizador.



▲ Figura 2

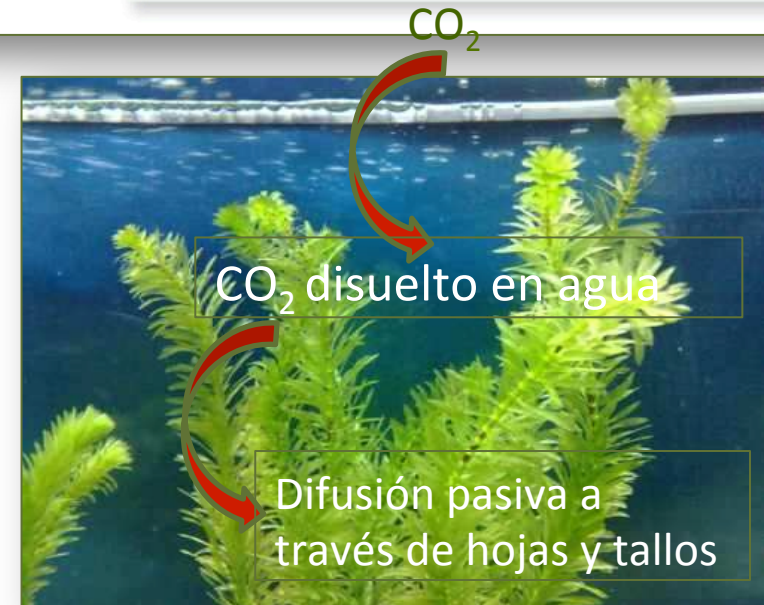
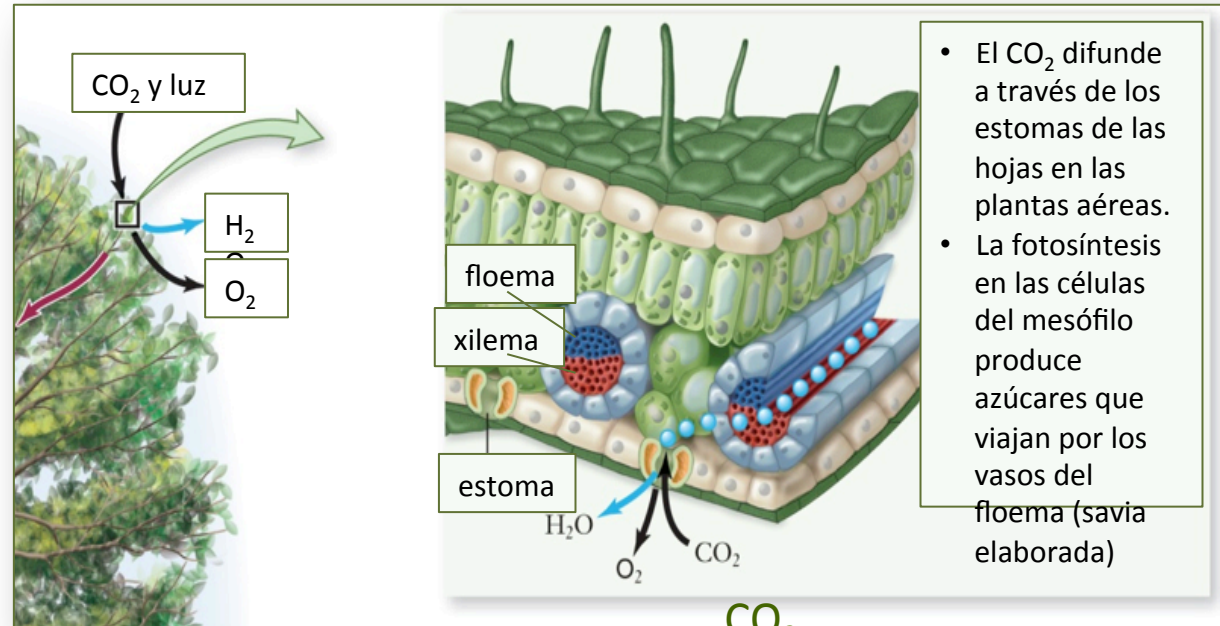
- 1 Explica los cambios en la intensidad de la luz durante el experimento. [2]
- 2 Determina la cantidad de días que se recogieron los datos. [2]
- 3
  - a) Deduce la tendencia del pH durante los períodos de luz. [1]
  - b) Explica esta tendencia. [2]
- 4
  - a) Deduce la tendencia del pH durante los períodos de oscuridad. [1]
  - b) Explica esta tendencia. [2]

# 3. Absorción del dióxido de carbono.

**Término clave**

*El dióxido de carbono se difunde desde la atmósfera o desde el agua hacia los organismos autótrofos.*

- La fotosíntesis consume  $\text{CO}_2$  por lo que en presencia de luz. Se establece un gradiente de concentración de  $\text{CO}_2$  entre las células del mesófilo y el aire o el agua del exterior de la hoja.
- En **plantas terrestres** el  $\text{CO}_2$  difunde pasivamente a través de los estomas en el envés de las hojas.
- En **plantas acuáticas** el  $\text{CO}_2$  difunde pasivamente a través de la epidermis de hojas y tallos.



# 4. Liberación de dióxido de carbono por la respiración celular.

**Término clave**

*El dióxido de carbono se produce por respiración y se difunde fuera de los organismos hacia el agua o la atmósfera*



El **dióxido de carbono** es también un producto de desecho de la **respiración celular aeróbica**. En las **células fotosintéticas** el **CO<sub>2</sub>** es aprovechado por la **fotosíntesis**, cuyo ritmo de consumo en presencia de luz es siempre superior al ritmo de generación en la respiración. Por ello las células fotosintéticas necesitan CO<sub>2</sub> del exterior para crecer.

El CO<sub>2</sub> es originado en:

- Las células no fotosintéticas de las plantas, por ejemplo, las células de las raíces.
- Las células animales.
- Las células de los saprótrofos.

En general, el CO<sub>2</sub> producido durante la respiración difunde pasivamente al aire o al agua que rodea al organismo.

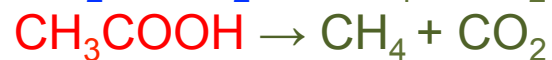
# 5. Metanogénesis.

## Término clave

*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 (CH<sub>4</sub>) es un gas inflamable e insoluble en agua. Es una forma de carbono que **se produce ampliamente en medios sin oxígeno, como subproducto de la respiración anaeróbica**. Se produce de forma anaeróbica por **tres tipos de procariotas (bacterias anaeróbicas)**

1. Transforman la materia orgánica en ácidos orgánicos, alcohol, **hidrógeno y dióxido de carbono**.
2. Transforman los ácidos orgánicos y el alcohol en **acetato, dióxido de carbono e hidrógeno**.
3. Organismos metanógenos procariotas (arqueas) que producen metano de dos formas:



*Para ello previamente otras bacterias han tenido que descomponer los restos de materia orgánica liberando al medio el dióxido de carbono, el hidrógeno o el acetato que las arqueas metanógenas necesitan.*



Parte del metano producido por las arqueas en estos medios anaeróbicos difunde a la atmósfera, a donde se liberan cada año dos mil millones de toneladas. La concentración actual de metano en la atmósfera es de 1,7-1,85 μmol/mol.



## La metanogénesis tiene lugar en distintos tipos de hábitats:

- En el cieno de las orillas y del fondo de lagos.
- Pantano, turberas, manglares y otras zonas húmedas de suelos anegados (plantaciones de arroz).
- Intestino de termitas y mamíferos rumiantes como vacas y ovejas.
- Vertederos de residuos orgánicos y fango de las depuradoras de aguas residuales, en donde el metano es quemado para producir electricidad (biogás).



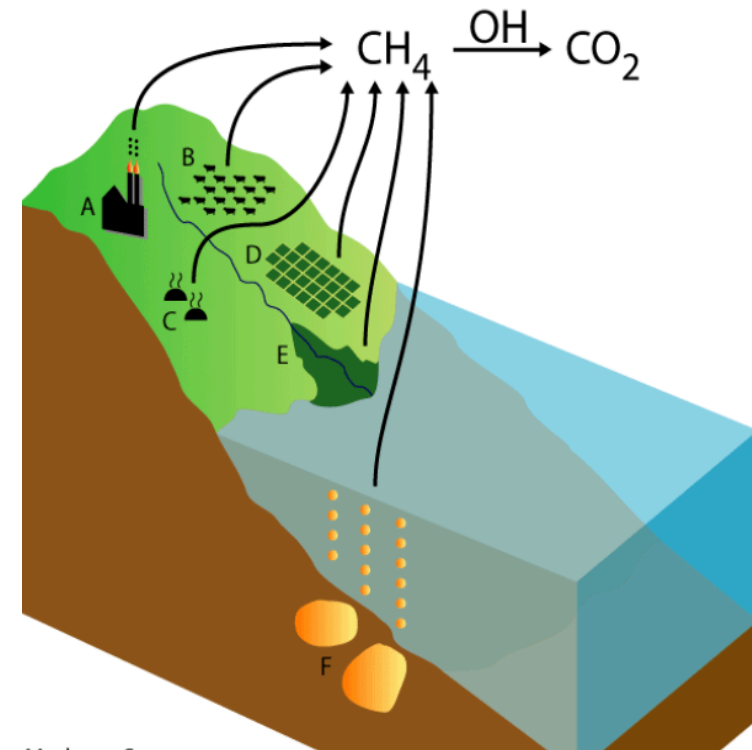
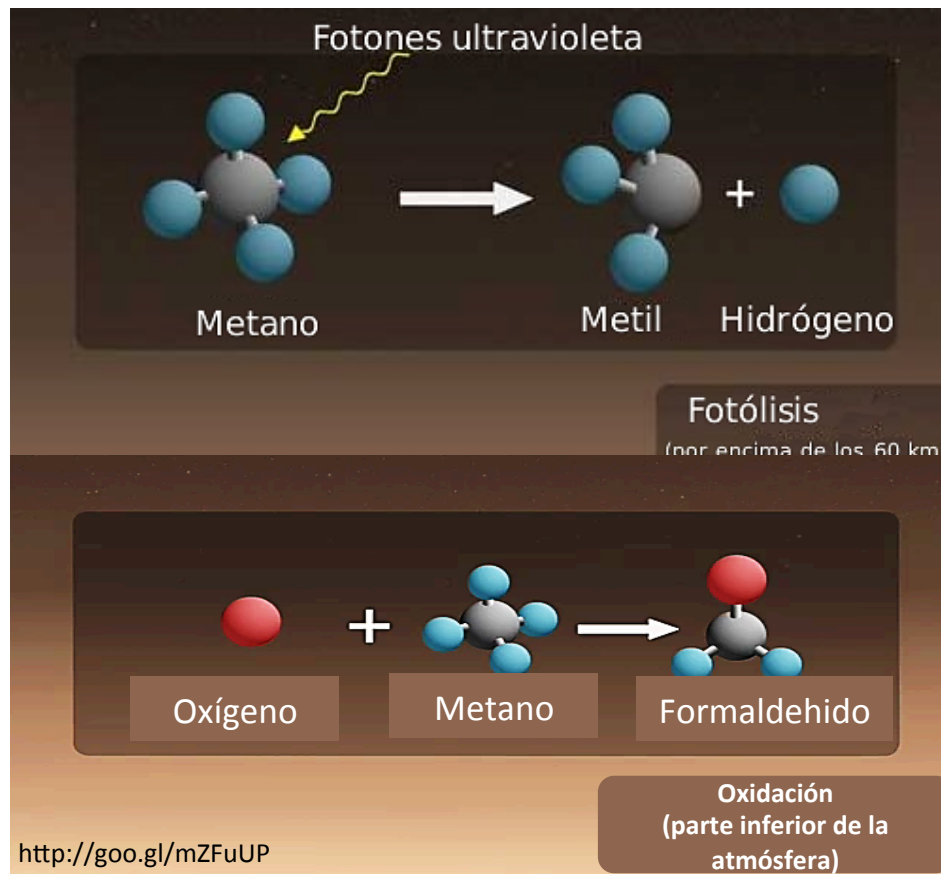
**El metano producido a partir de residuos orgánicos en digestores anaeróbicos no se libera, sino que se quema como combustible**

# 7. Oxidación del metano.

**Término clave**

*El metano se oxida para dar dióxido de carbono y agua en la atmósfera*

Las moléculas de metano liberadas a la atmósfera persisten allí durante un promedio de 12 años, dónde poco a poco son oxidadas y destruidas por efecto de la radiación solar y de radicales ·OH presentes en la atmósfera.



Fuentes de metano:

- A. Minería y fugas de gas natural.
- B. Ganadería (rumiantes) <http://www.giss.nasa.gov/>
- C. Vertederos
- D. Agricultura (arrozales).
- E. Humedales.
- F. Metano en sedimentos en descomposición.

# 8. Formación de la turba.

## Término clave

*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.*

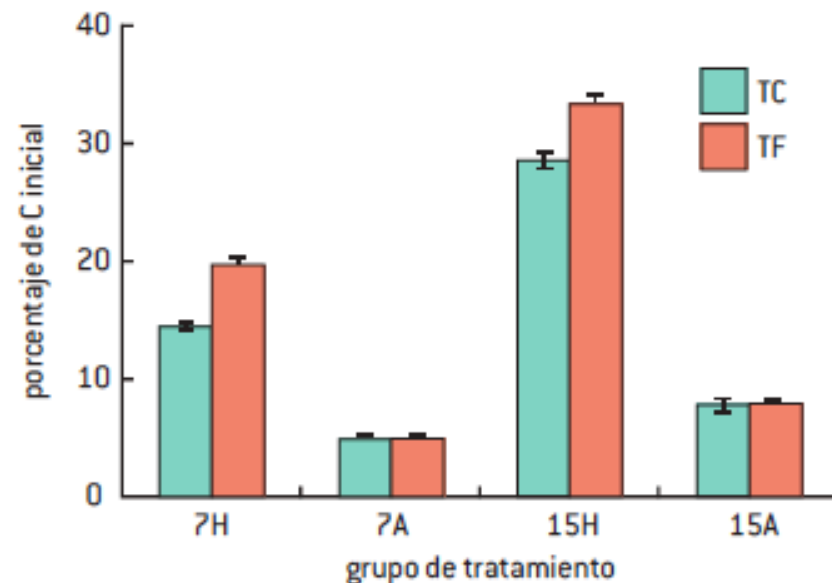
- En muchos suelos toda la materia orgánica, de restos de organismos y hojas, es completamente digerida por los hongos y bacterias saprótrofos.
- Los descomponedores saprótrofos obtienen el oxígeno necesario para la respiración de aire que hay en los espacios de las partículas del suelo.
- En algunos suelos el agua no drena bien y los suelos se anegan volviéndose **anaeróbicos**. En estas condiciones los saprótrofos no pueden respirar y la materia orgánica no se descompone por completo imprimiendo al suelo un carácter ácido. Este pH ácido inhiben a los saprótrofos y a los metanógenos, descomponedores de la materia orgánica.
- La materia orgánica parcialmente descompuesta y comprimida forma un material negro y ácido denominado turba.
- Cerca del **3% de la superficie de los continentes contiene turba hasta una profundidad máxima de 10 metros, lo cual representa un reservorio inmenso de materia orgánica.**



### Preguntas basadas en datos: Liberación de carbono de los suelos de tundra

Los suelos de los ecosistemas de tundra contienen grandes cantidades de carbono en forma de turba, que se acumula debido a que los saprotrofos descomponen la materia orgánica de plantas muertas a unas tasas muy bajas. Para investigar este fenómeno, un grupo de ecólogos recogió muestras del suelo de áreas con matas de vegetación cerca del lago Toolik, en Alaska (EE. UU.). Algunas de las áreas habían sido fertilizadas con nitrógeno y fósforo durante los ocho años anteriores (TF), mientras que otras no

habían sido fertilizadas (TC). Se incubaron los suelos durante períodos de 100 días a 7°C o 15°C. Algunas muestras se mantuvieron húmedas (H) y otras se saturaron de agua (A). Se midió el contenido inicial de carbono de los suelos y se hizo un seguimiento de la cantidad de dióxido de carbono emitido durante el experimento. El gráfico de barras de la figura 5 muestra los resultados.



▲ Figura 5

- 1
  - a) Indica el efecto que tiene el aumento de la temperatura de los suelos en la tasa de liberación de carbono. [2]
  - b) Explica las razones de este efecto. [2]
- 2
  - a) Compara las tasas de liberación de carbono en los suelos húmedos y en los suelos saturados de agua. [2]
  - b) Sugiere razones de estas diferencias. [2]
- 3 Resume los efectos de los fertilizantes en las tasas de liberación de carbono de los suelos. [2]
- 4 Discute si las diferencias de temperatura, la cantidad de agua en el suelo o la cantidad de fertilizante tienen el mayor impacto en la liberación de carbono. [2]

# 9. Materia orgánica fosilizada.

## Término clave

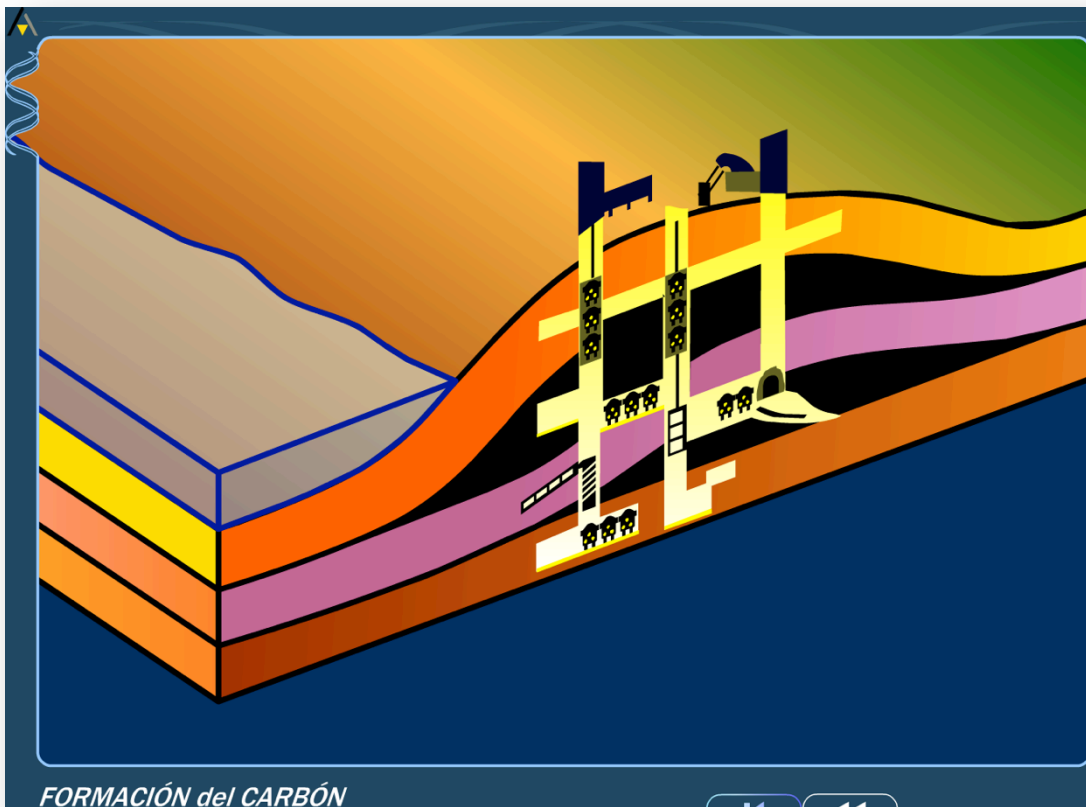
*La materia orgánica parcialmente descompuesta de eras geológicas pasadas se transformó en carbón o en petróleo y gas que se acumularon en rocas porosas.*

- El carbono y muchos compuestos carbonados son químicamente muy estables y pueden permanecer sin cambios en las rocas durante cientos de millones de años. Hay grandes depósitos de carbono en rocas de eras geológicas pasadas.
- Estos depósitos proceden de la descomposición incompleta de la materia orgánica y se encuentran enterrados en el interior de sedimentos que se han convertido en rocas sedimentarias, como el carbón y el petróleo.

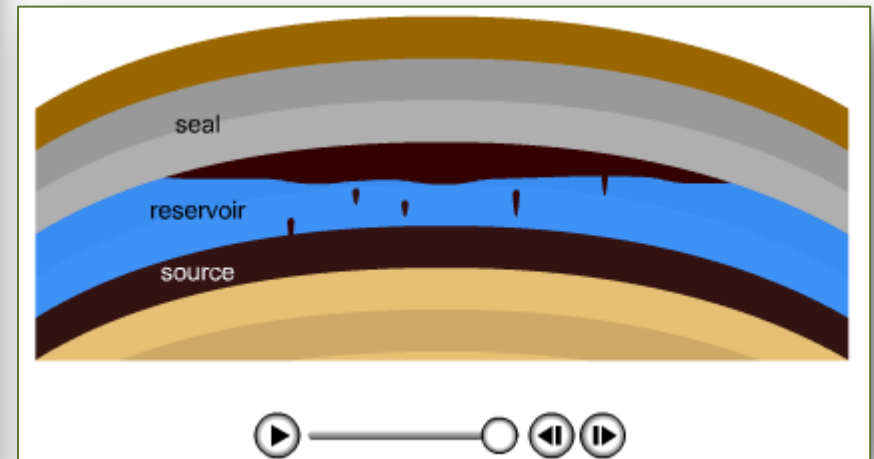


El **carbón** se forma por la descomposición parcial de vegetales terrestres en zonas pantanosas, lagos de poca profundidad o zonas costeras. Se producen distintos tipos de carbón según el tiempo, la presión y la temperatura a que hayan estado sometidos los depósitos, que pierden otros elementos y se enriquecen en carbono.

El **petróleo y el gas natural** se forman en el lodo o cieno del fondo de mares y lagos a partir de restos de plancton enterrado. Se produce complejas mezclas de carbono líquido (petróleo) y gas metano (gas natural) que queda depositado en los huecos de rocas sedimentarias marinas porosas, pero impermeables, como las lutitas.



<http://goo.gl/fegDyk>



<http://goo.gl/zGgcZW>

# 10. Combustión.

## Término clave

*El dióxido de carbono se produce por la combustión de biomasa y de materia orgánica fosilizada.*

- Si la materia orgánica es calentada hasta su temperatura de ignición en presencia de oxígeno, arde. Las reacciones de oxidación que tienen lugar reciben en conjunto el nombre de combustión. La combustión completa produce dióxido de carbono y agua.
- En algunas zonas del mundo es un fenómeno natural, producidos en su mayoría por rayos, que afecta a bosques de coníferas y praderas y sabanas. En ellas los árboles y otros organismos están bien adaptados y se recuperan rápidamente tras el fuego.
- Pero en otras áreas es un fenómeno poco corriente por causas naturales, pero que los humanos frecuentemente lo provocan. Por ejemplo, el fuego se utiliza para clarear zonas boscosas y plantar en su lugar cultivos.
- El carbón, petróleo y gas natural también son utilizados como combustibles liberando dióxido de carbono a la atmósfera.



# 11. Calizas.

## Término clave

*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.*

Algunos animales tienen las partes duras del cuerpo formadas por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) secretados por ellos:

- Las conchas de los moluscos.
- Los esqueletos externos de los corales.

Al morir las partes blandas se descomponen rápidamente. Pero sus partes duras pueden sedimentarse en el lecho marino, si el agua no es demasiado ácida.

En mares cálidos poco profundos el carbonato de calcio disuelto en agua puede precipitar también al fondo. Muchas rocas sedimentarias son **rocas calizas** que están formadas por carbonato de calcio y pueden contener fósiles.

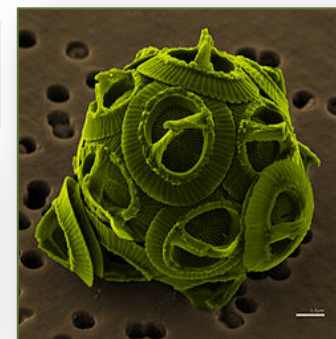
**El 10% de las rocas sedimentarias se calcula que son calizas, por lo que una gran cantidad de carbono se encuentra formando parte de ellas.**



Los blancos acantilados de creta del Canal de la Mancha, están formados por esqueletos calizos de algas unicelulares (cocolitos).



Paisaje calizo de El Torcal de Antequera



[http://es.wikipedia.org/wiki/Haptophyta#/media/File:Gephyrocapsa\\_oceanica\\_color.jpg](http://es.wikipedia.org/wiki/Haptophyta#/media/File:Gephyrocapsa_oceanica_color.jpg)





## Flujos de carbono

### Estimación de los flujos de carbono derivados de procesos en el ciclo del carbono

El diagrama del ciclo del carbono de la figura 10 muestra los procesos de transferencia del carbono de una reserva a otra, pero no muestra los volúmenes de estos flujos. No es posible medir con exactitud los flujos de carbono globales; sin embargo, como estas cantidades son de gran interés, los científicos han realizado cálculos aproximados basándose en múltiples mediciones hechas en ecosistemas naturales individuales o en mesocosmos.

Los flujos de carbono globales son enormes, por lo que se miden en gigatoneladas. Una gigatonelada equivale a 1.000 millones de toneladas o  $10^{15}$  gramos. La tabla 1 muestra los cálculos aproximados tomados de la siguiente publicación: Sarmiento, J. y Gruber, N. *Ocean Biogeochemical Dynamics*. Princeton University Press, 2006.

Proceso	Flujo/gigatoneladas año <sup>-1</sup>
Fotosíntesis	120
Respiración celular	119,6
Absorción del océano	92,8
Pérdida del océano	90,0
Deforestación y cambios en el uso del terreno	1,6
Deposición en sedimentos marinos	0,2
Combustión de combustibles fósiles	6,4

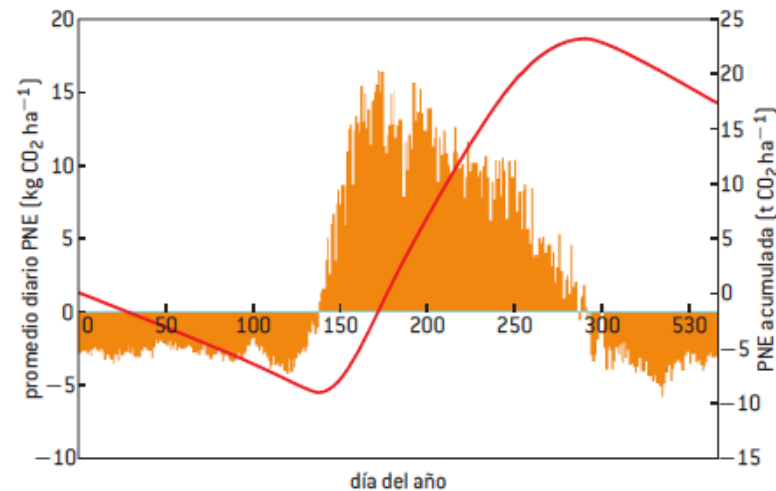
▲ Tabla 1

**Preguntas basadas en datos: Los bosques de roble y las concentraciones de dióxido de carbono**

Desde 1998 se vienen midiendo los flujos de carbono en los bosques caducifolios del centro de investigación forestal Alice Holt del Reino Unido. Se trata principalmente de robles (*Quercus robur* y *Quercus petraea*) y algunos fresnos (*Fraxinus excelsior*). Estos árboles se plantaron en 1935 y ya han alcanzado casi 20 metros de altura.

Se miden las concentraciones de dióxido de carbono 20 veces por día y, a partir de estas medidas, puede deducirse la producción neta del ecosistema, es decir, el flujo neto de dióxido de carbono entre el bosque y la atmósfera. Los valores positivos indican un aumento en la reserva de carbono de los bosques y los valores negativos indican una disminución debido a la pérdida neta de dióxido de carbono. El gráfico muestra el promedio diario de la producción neta del ecosistema durante varios años y también la producción neta acumulada del ecosistema.

- 1 Calcula si hay más o menos días en el año en los cuales la reserva de carbono de la biomasa del bosque aumenta o disminuye. [1]
- 2 Deduce en qué meses la reserva de carbono de la biomasa del bosque fue más alta y más baja. [2]
- 3 Explica las razones del aumento de las reservas de carbono de la biomasa del bosque durante parte del año y de su disminución en otras partes. [4]
- 4 Indica el flujo de carbono anual hacia o desde el bosque. [2]
- 5 Basándote en los datos, sugiere una razón para fomentar la plantación de más bosques de roble. [1]



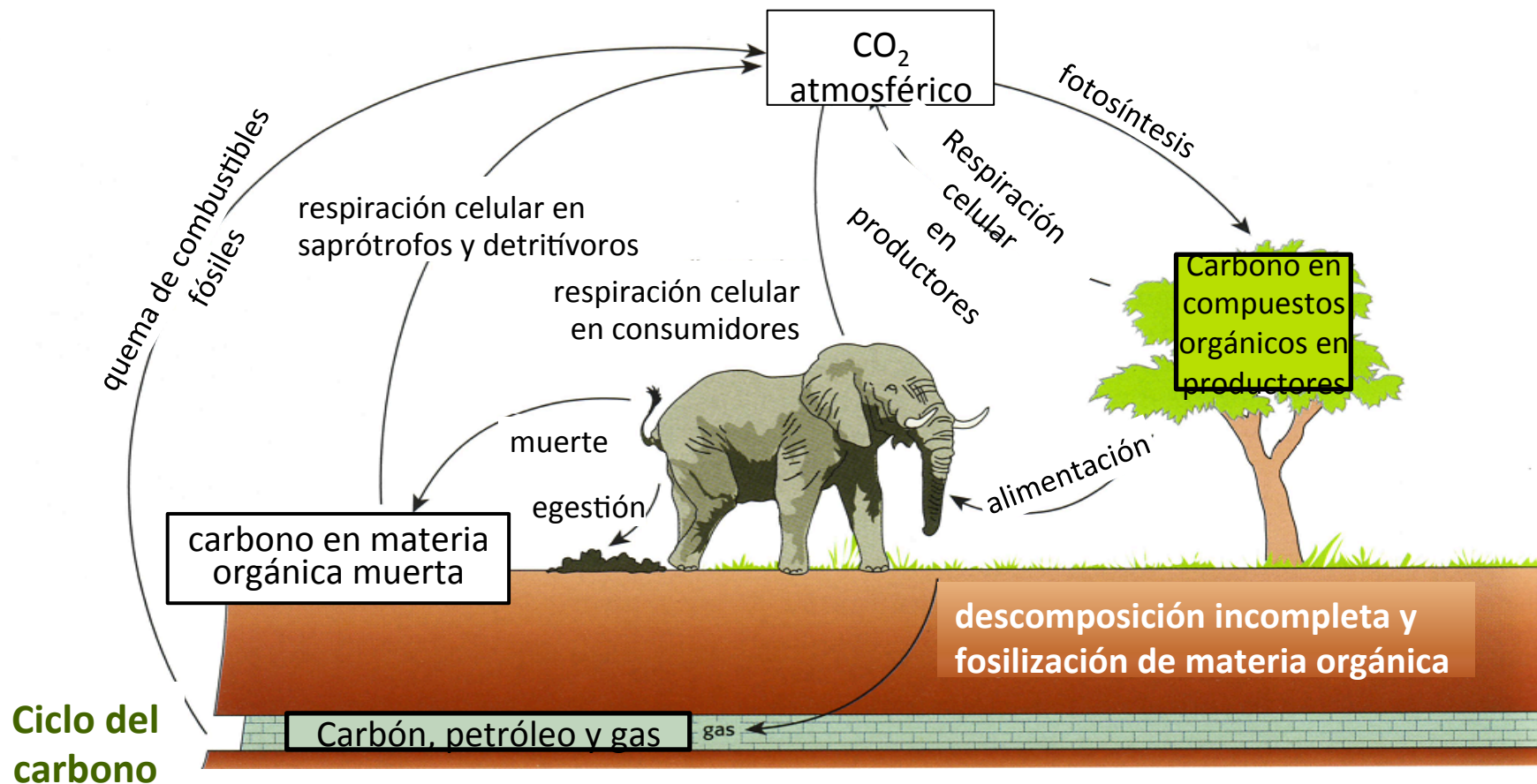


## 12. Diagramas del ciclo del carbono.

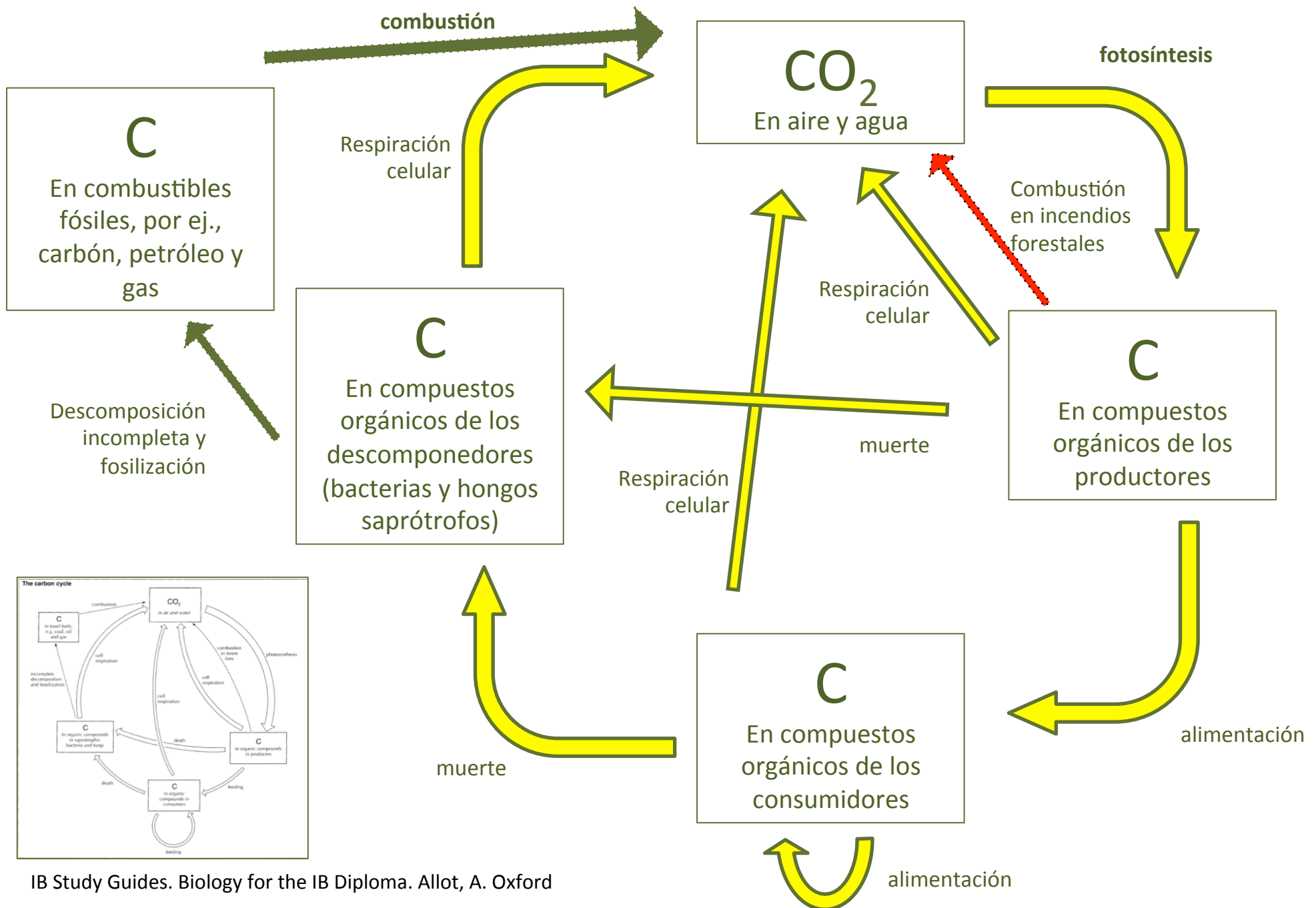
*Construir un diagrama del ciclo del carbono.*

En Ecología para describir los ciclos de los elementos (ciclos biogeoquímicos), como el del carbono, se emplean los términos:

- Un **depósito** o **reserva** es una forma de reserva del elemento. Puede ser orgánico o inorgánico.
- Un **flujo** es la transferencia del elemento de un depósito a otro.
- Un **diagrama** debe contener texto en **recuadros** para los **depósitos** y **flechas** rotuladas para los **flujos**.



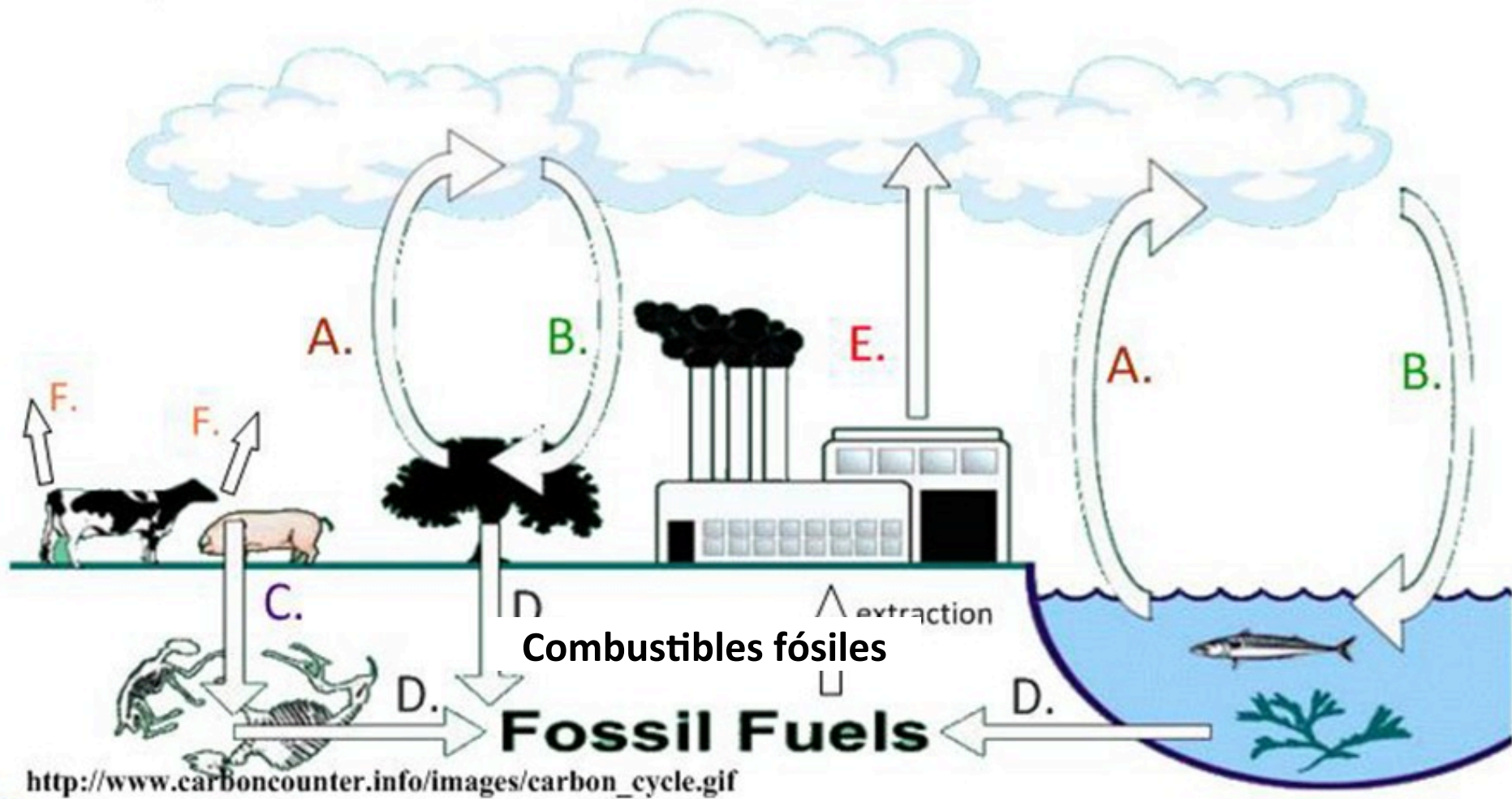
# El ciclo del carbono



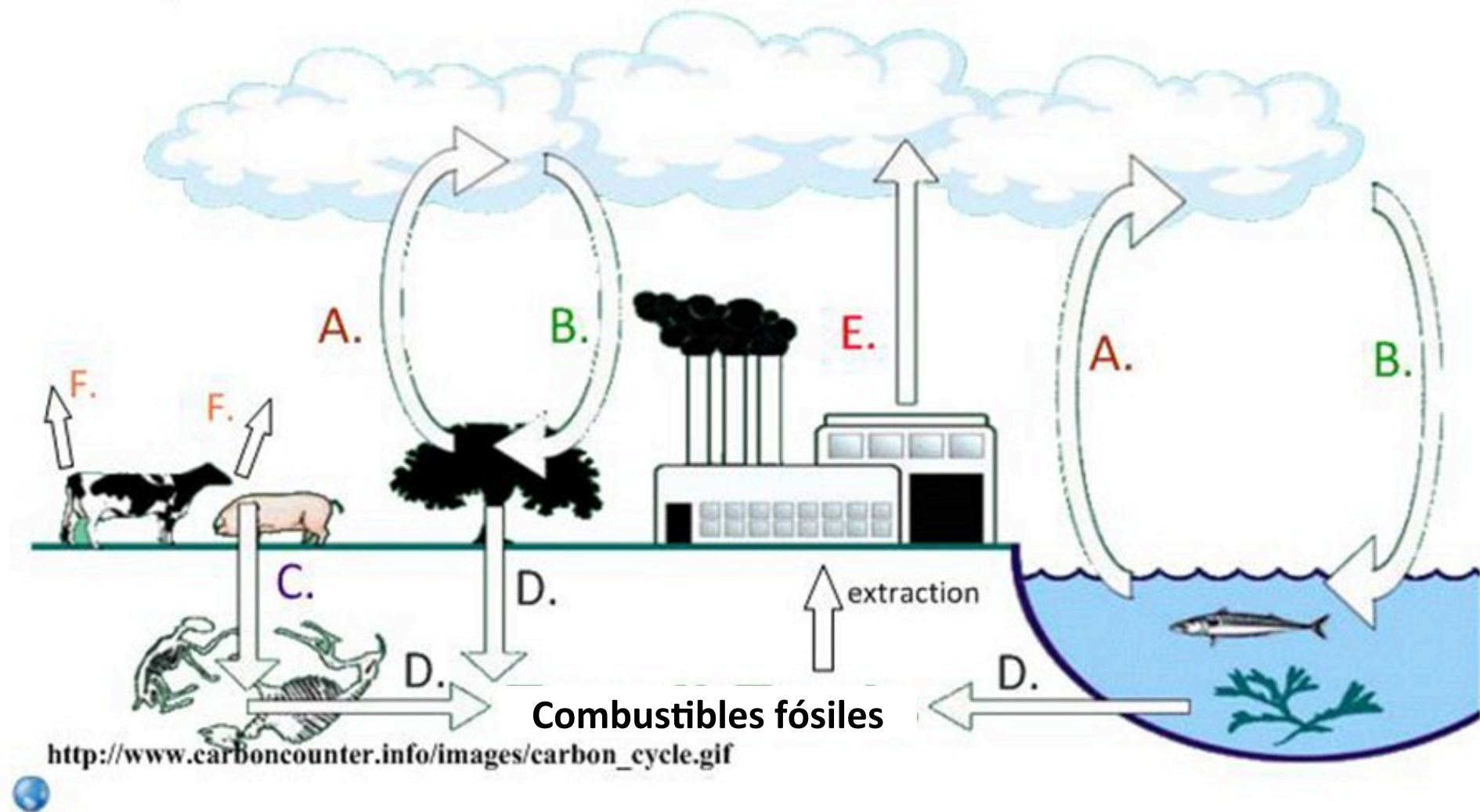
IB Study Guides. Biology for the IB Diploma. Allot, A. Oxford

**Dibuje y rotule un diagrama del ciclo del carbono que represente los procesos implicados.**

# El ciclo del carbono simplificado



# El ciclo del carbono simplificado



<http://www.carboncounter.info/carboncycle.html>

A. Respiración

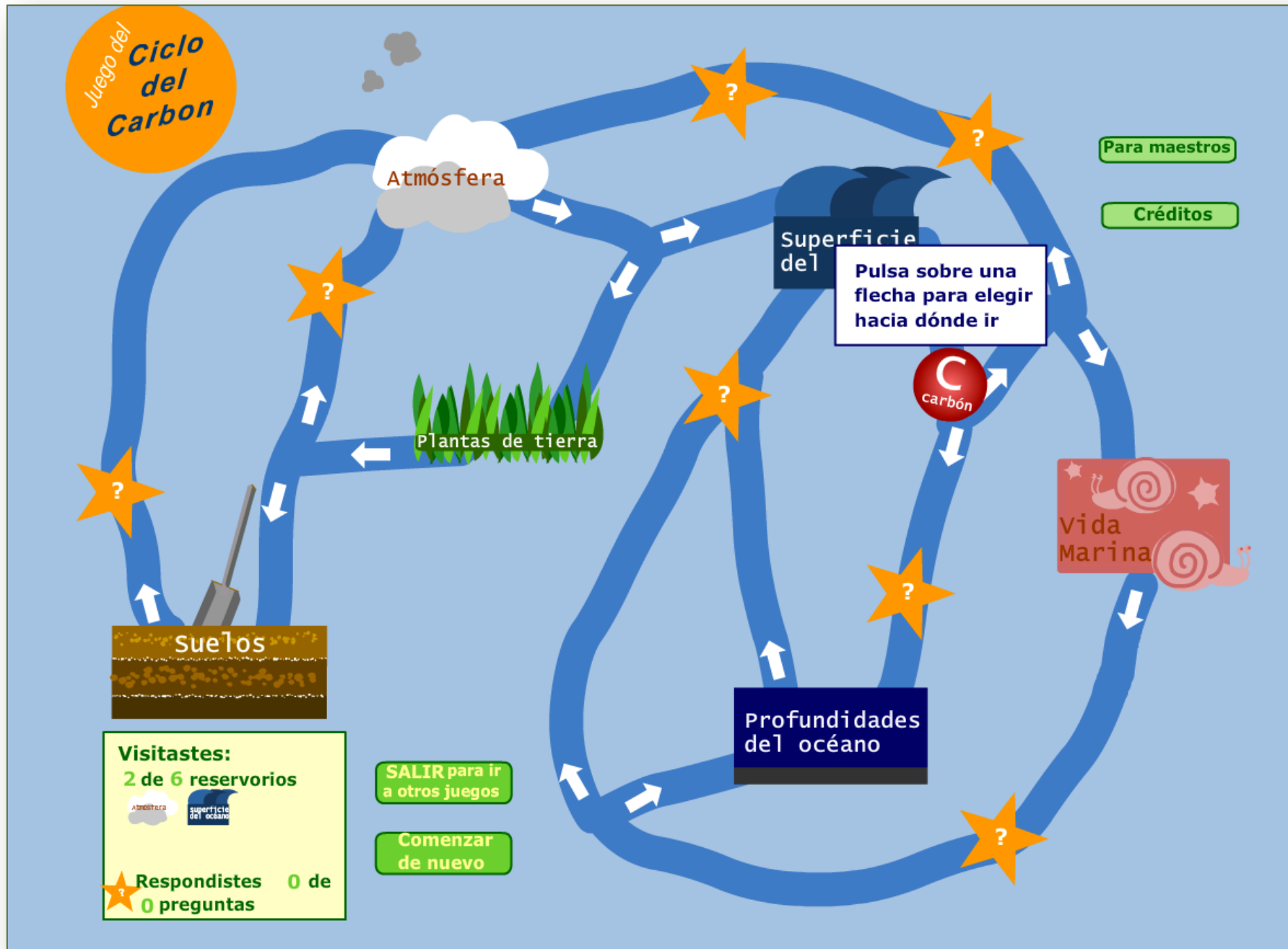
B. Fotosíntesis (fijación del carbono)

C. Descomposición

D. Fosilización

E. Combustión

F. Emisiones de metano



REPASA

## ¿Dónde se almacena el Carbono o el dióxido de carbono?

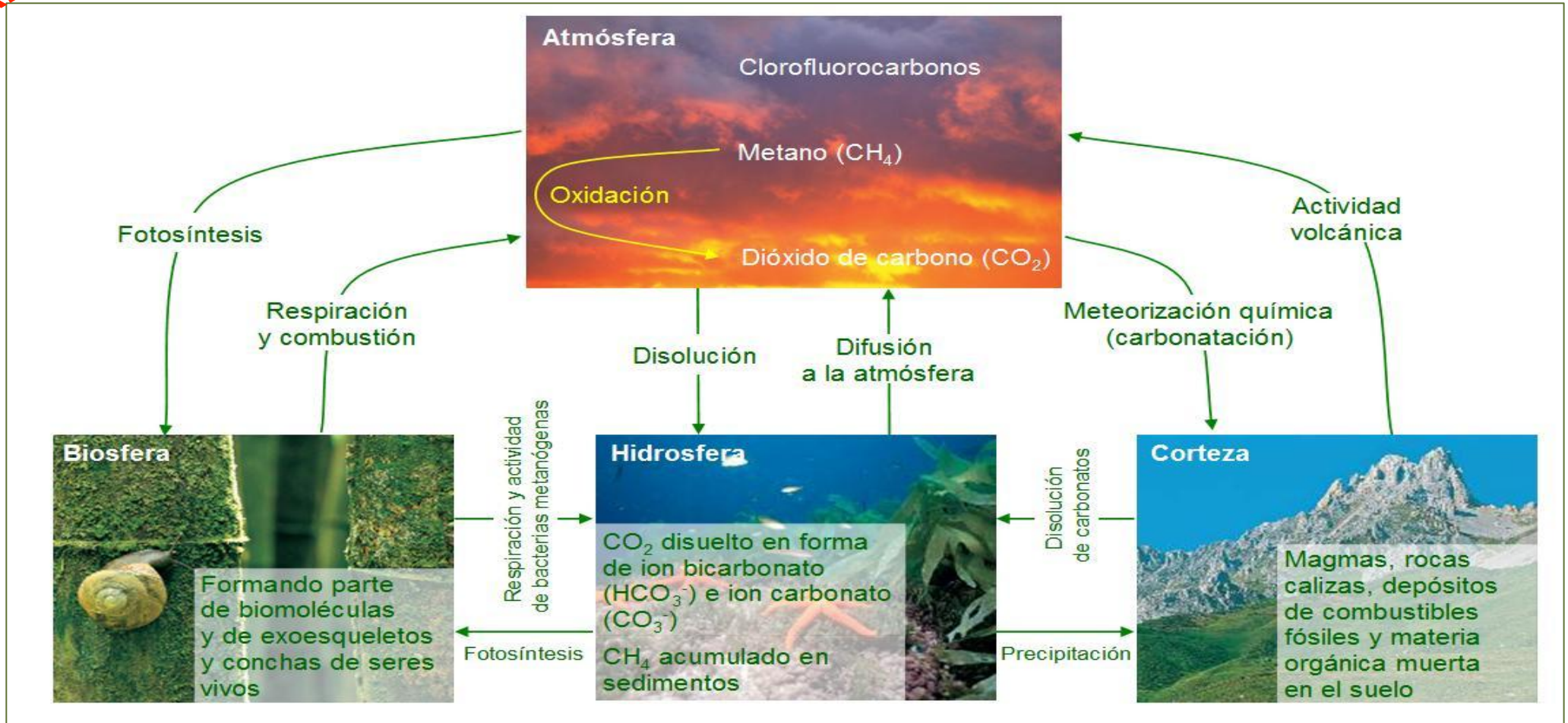
Se encuentra en =>

- **Compuestos orgánicos:**
  - En los organismos en forma de biomasa (en la biosfera)
  - En los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón)
- **Compuestos inorgánicos:**
  - Almacenado en las rocas sedimentarias y en los combustibles fósiles (durante millones de años)
  - En forma de carbonatos en los caparzones de los organismos marinos.
  - Suelo.
  - Una pequeña proporción se encuentra en la atmósfera en forma de dióxido de carbono (0,37%)



REPASA

# El ciclo del Carbono (el reciclaje del carbono en la Biosfera )



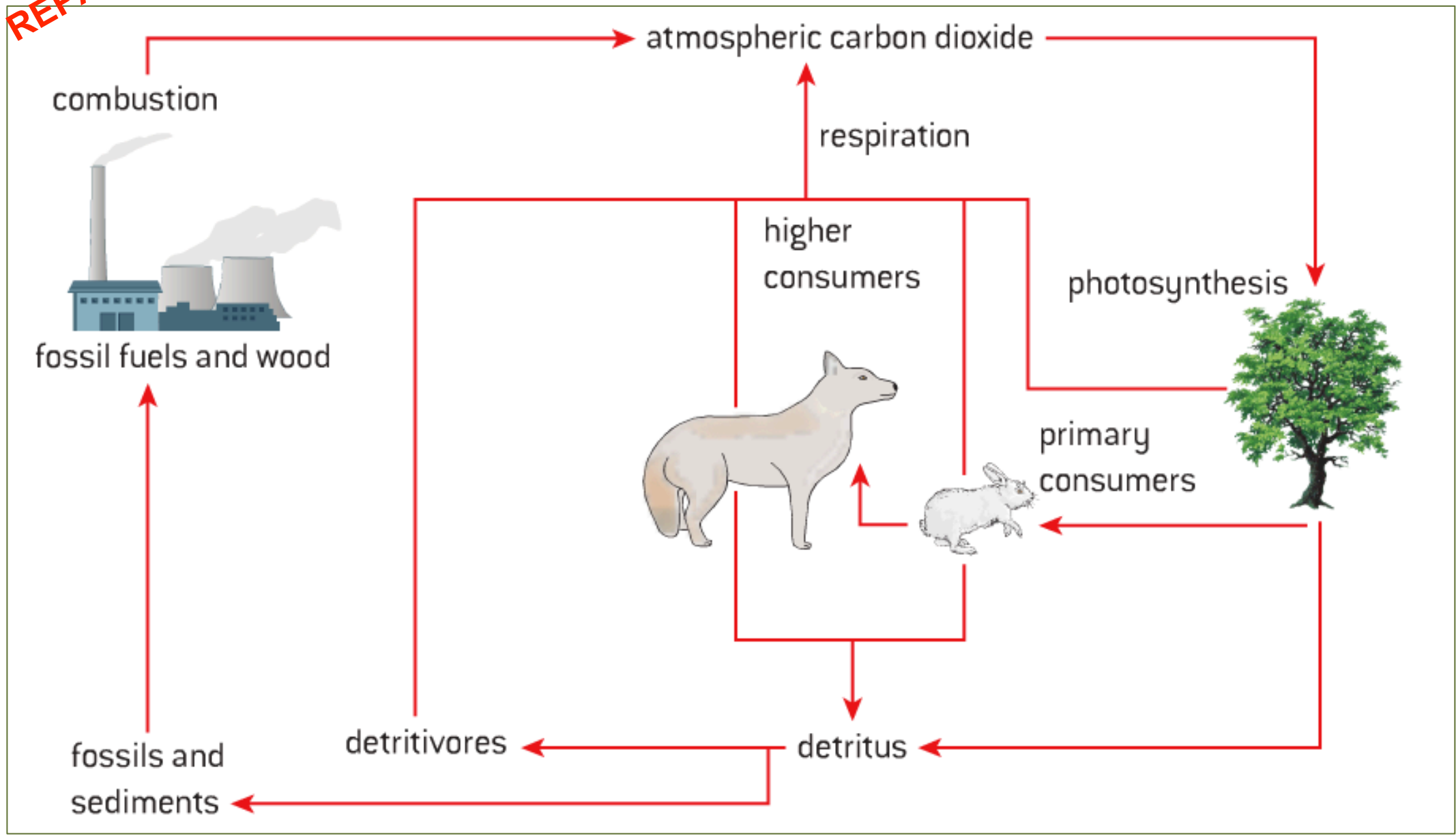
Las **reservas** del ciclo del carbono incluyen organismos y bosques (ambas orgánicas), o la atmósfera, el suelo, los combustibles fósiles y los océanos (todas inorgánicas).

Los **flujos** en el ciclo del carbono incluyen el consumo (alimentación), la muerte y la descomposición, la fotosíntesis, la respiración, la disolución y la fosilización.

# EL CICLO DEL CARBONO

- El principal **depósito (reserva) de carbono** está en la atmósfera, suelo, biosfera y en la hidrosfera.  
En el **ciclo biológico** del C → es la propia Biosfera quien controla los intercambios de este elemento con la atmósfera y demás subsistemas
- El CO<sub>2</sub> atmosférico es fijado por los organismos fotosintéticos (en forma de biomasa) es intercambiado por difusión directa con la hidrosfera. Se devuelve a la atmósfera por la respiración de seres vivos, tras la combustión de los combustibles fósiles y en la descomposición de la biomasa, en los tres procesos se libera calor, vapor de agua y CO<sub>2</sub>.
- **El ciclo biológico moviliza cada año el 5 % del CO<sub>2</sub> atmosférico → en 20 años se renueva totalmente.**

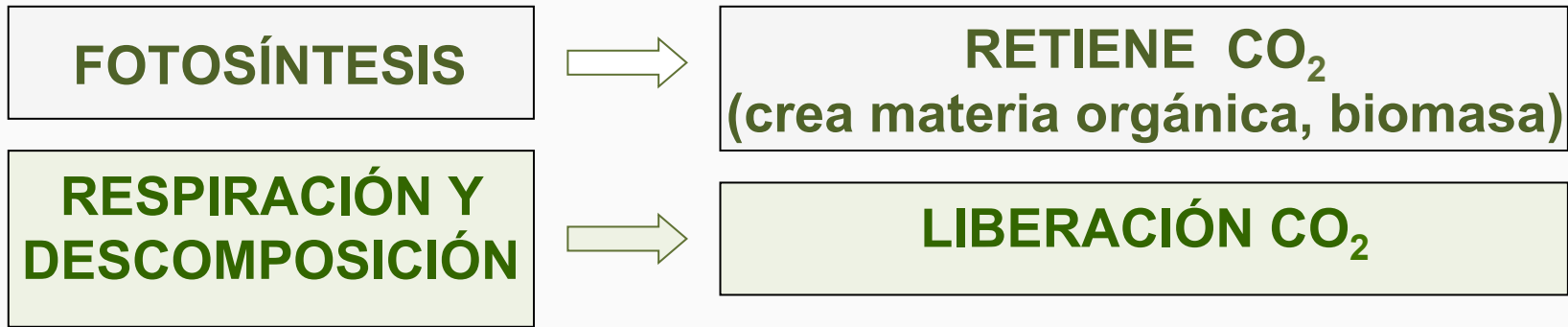
REPASA



**REPASA**

# CICLO DEL CARBONO

## CICLO BIOLÓGICO:



**CICLO BIOGEOQUÍMICO: CONTROLA LA TRANSFERENCIA ENTRE LA BIOSFERA Y DEMÁS SUBSISTEMAS.**

**REPASA**

## **CICLO BIOGEOQUÍMICO:**

a. **CO<sub>2</sub> DE LA ATMÓSFERA A LA LITOSFERA**

b. **CO<sub>2</sub> DE LA LITOSFERA A LA ATMÓSFERA.**

d. **SUMIDEROS** atmósfera => hidrosfera => litosfera

- **COMBUSTIBLES FÓSILES**
- **FORMACIÓN ROCAS CALIZAS.**
- **EN ESQUELETO DE ORGANISMOS MARINOS.**

REPASA

a. **CO<sub>2</sub> DE LA ATMÓSFERA A LA LITOSFERA**  
atmósfera => hidrosfera => litosfera

Rocas carbonatadas



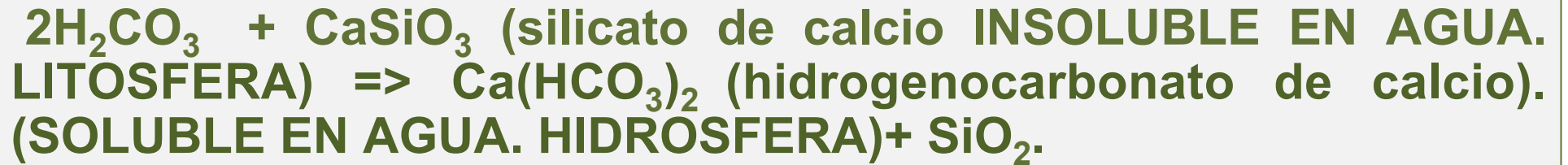
No presenta  
perdida neta de  
CO<sub>2</sub> atmosférico



ESQUELETO CÁLCICO DE LOS  
ANIMALES MARINOS  
ACABARÁ EN LOS **SEDIMENTOS TRÁS**  
**SU MUERTE: CALIZAS: SUMIDERO**

REPASA

### Rocas silicatadas



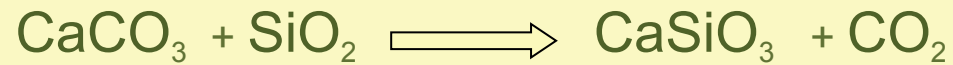
ATMÓSFERA

Se han requerido  
2 moléculas  
de  $\text{CO}_2$  atmosférico  
y se ha devuelto  
sólo 1.  
Actúa como  
SUMIDERO

ESQUELETO CÁLCICOS DE LOS  
ANIMALES MARINOS  
ACABARA EN LOS SEDIMENTOS TRAS  
SU MUERTE **SEDIMENTOS TRAS  
SU MUERTE: CALIZAS: SUMIDERO**

**REPASA**

**b. CO<sub>2</sub> DE LA LITOSFERA A LA ATMÓSFERA.**



Enterramiento rocas => libera CO<sub>2</sub>(erupciones volcánicas).

**c. SUMIDEROS.**

**Materia orgánica => carbón y petróleo**

**Esqueleto de CaCO<sub>3</sub> => CALIZAS**

**Ingentes cantidades de C fueron retiradas de la atmósfera mediante este último proceso, lo que explica que descendiese el CO<sub>2</sub> atmosférico**



REPASA

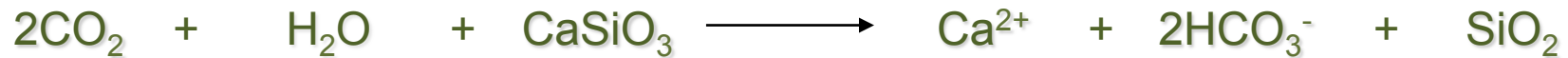
# EL CICLO DEL CARBONO

## ROCAS CARBONATADAS



1

## ROCAS SILICATADAS



2

En el mar, los animales marinos transforman el bicarbonato y los iones de Calcio en carbonato que incorporan en sus tejidos endurecidos



3

Balances

1 + 3



El carbonato formará parte de los sedimentos  
No hay pérdidas netas del dióxido atmosférico

2 + 3

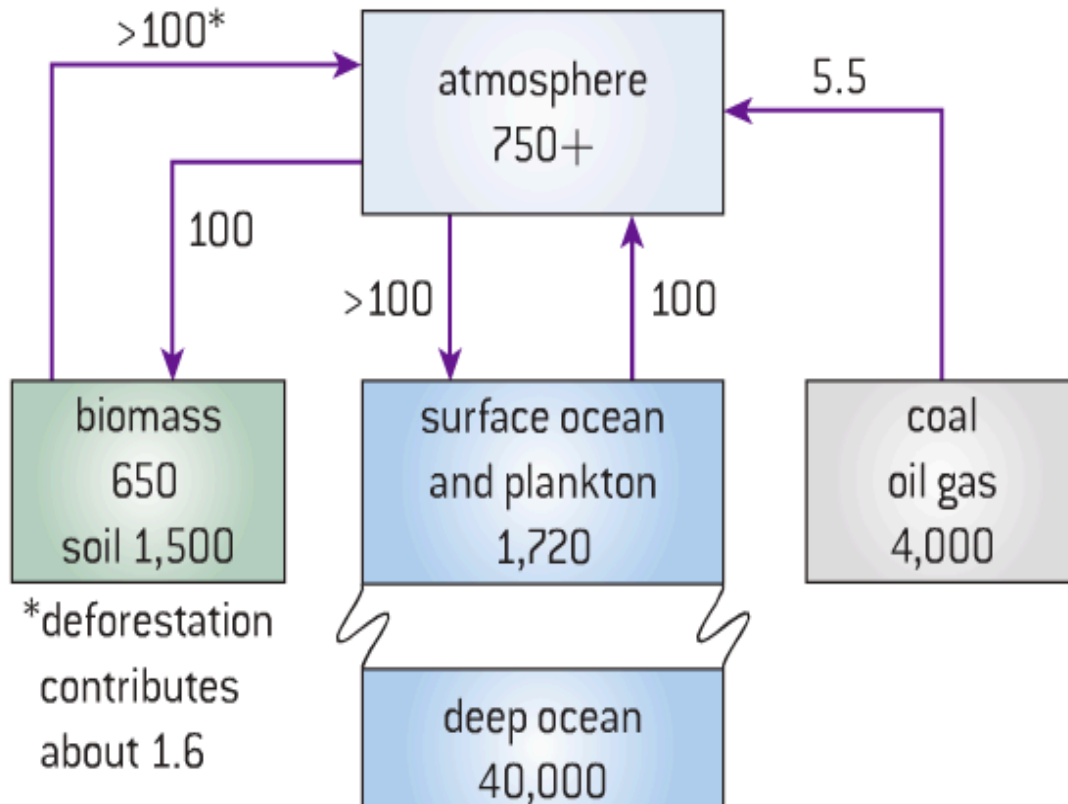


Sólo devuelven a la atmósfera 1 CO<sub>2</sub> → sumideros

**REPASA**

### Global flows of carbon

GtC gigatonnes carbon/year



La cantidad de carbono en la Tierra es una cantidad finita aunque se tiene una idea aproximada de adónde va. El diagrama muestra los almacenes de carbono y su flujo en gigatoneladas de carbono (GtC).  
**1 GtC =  $10^9$  toneladas**

**REPASA**

## **CICLO DEL CARBONO: INTERVENCIÓN HUMANA**

### **DESAJUSTA EL EFECTO INVERNADERO:**

- **LIBERA CO<sub>2</sub> COMO RESULTADO DE LA COMBUSTIÓN DEL CARBÓN, PETRÓLEO Y GAS NATURAL (5.5 GtC) (20% del gas natural, 40% combustión del carbón, y 40% del petróleo.**
- **1,6 GtC de la deforestación.**

**TOTAL 7.1 GtC al año de CO<sub>2</sub> entra a la atmósfera => sólo un 2.4- 3.2 GtC permanece en la atmósfera. El resto es utilizado por los seres vivos=>**

- **Difunde a los océanos y allí es absorbido por el fitoplancton (2.4 GtC/año)**
- **El crecimiento de los árboles fija 0.5 GtC al año.**

**Entre un 1-1.8 GtC/año debido a la complejidad del ciclo no se sabe dónde se encuentra.**

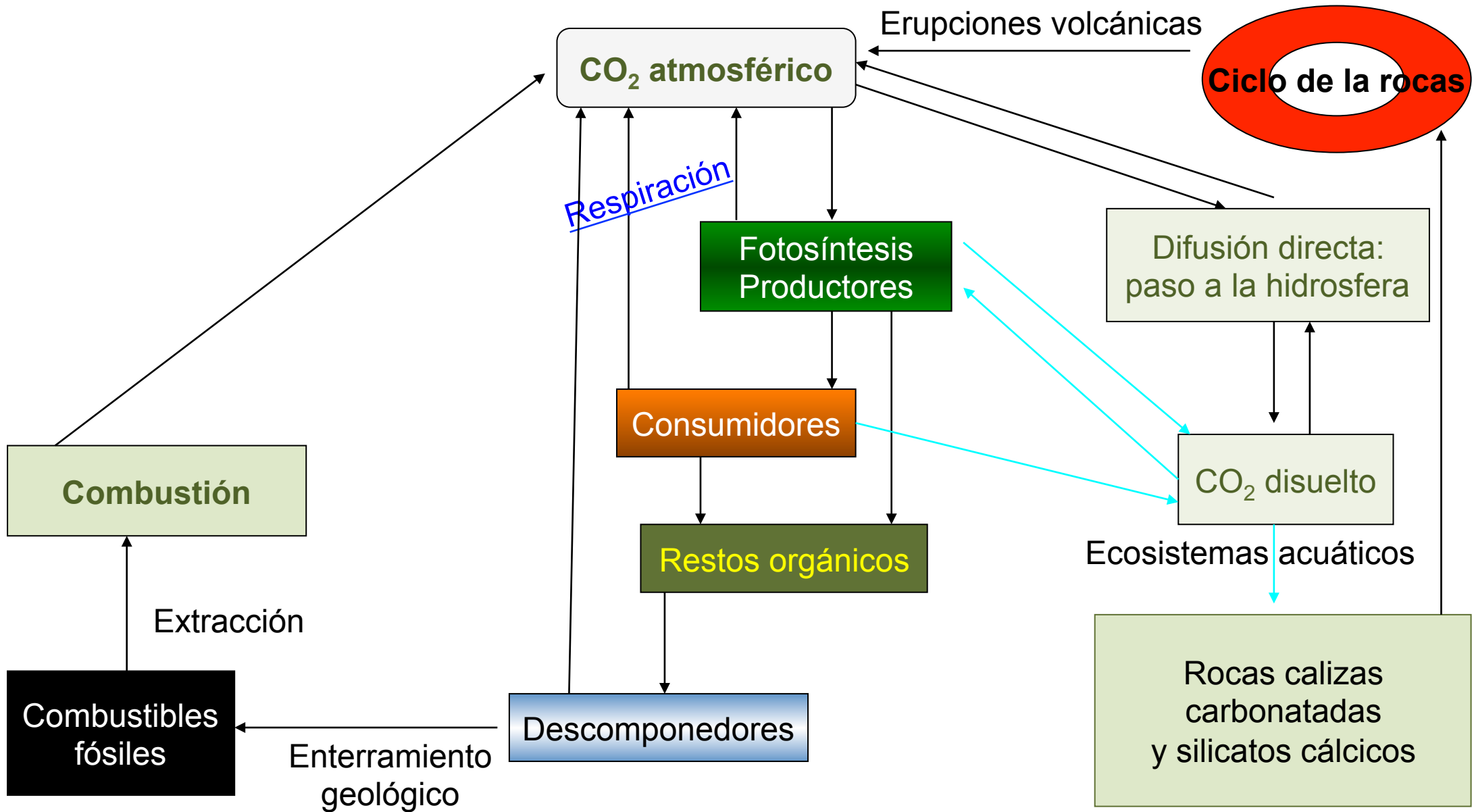
**La cantidad de carbono en GtC en otras reservas son:**

- **Atmósfera: 750**
- **Biomasa: 650**
- **Suelo: 1,500**
- **Océanos: 1,750**

**Desde la época preindustrial los humanos hemos añadido 200 GtC a la atmósfera**

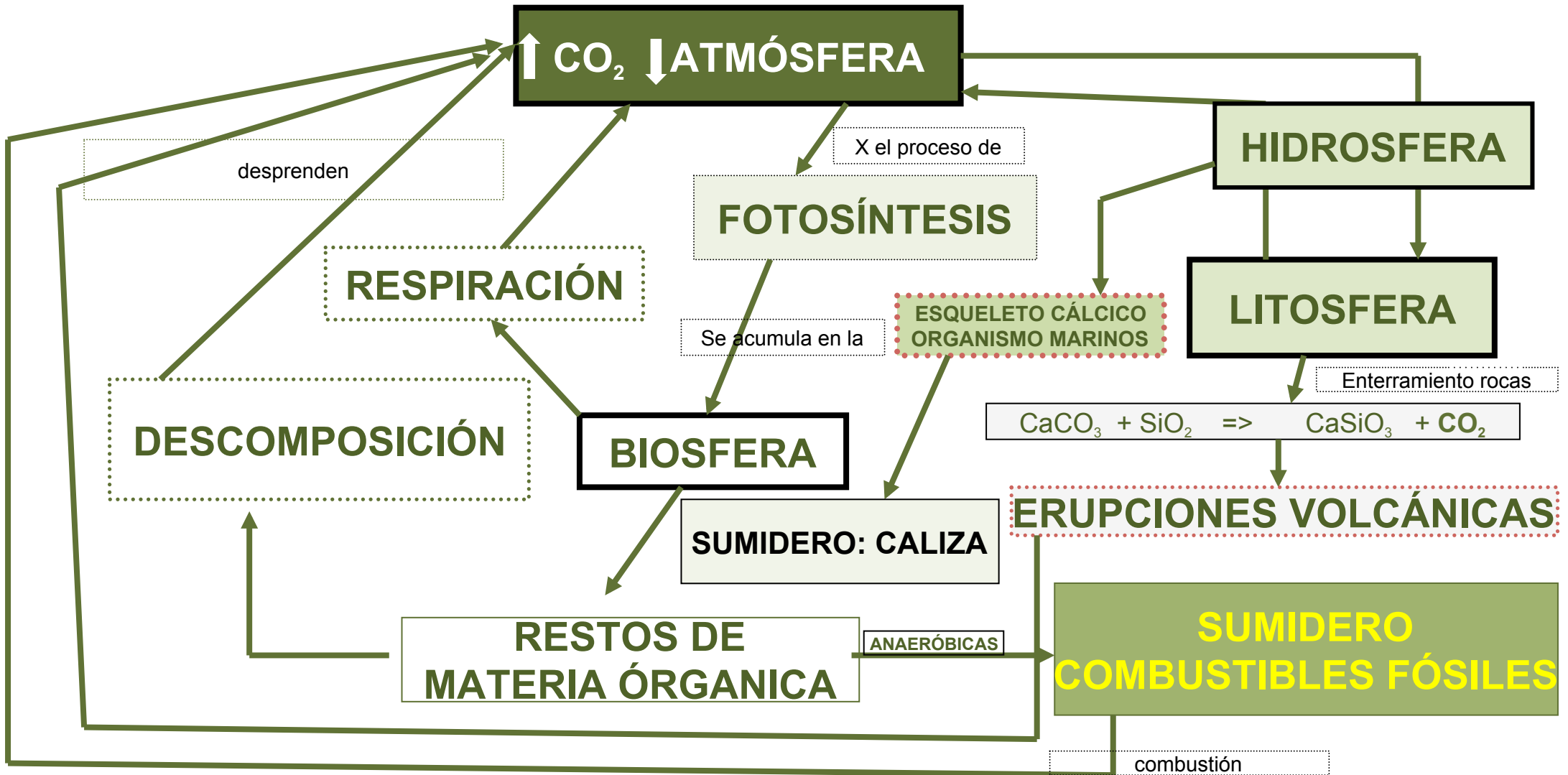
REPASA

# EL CICLO DEL CARBONO



REPASA

# CICLO DEL CARBONO



**REPASA**

## CICLO DEL CARBONO

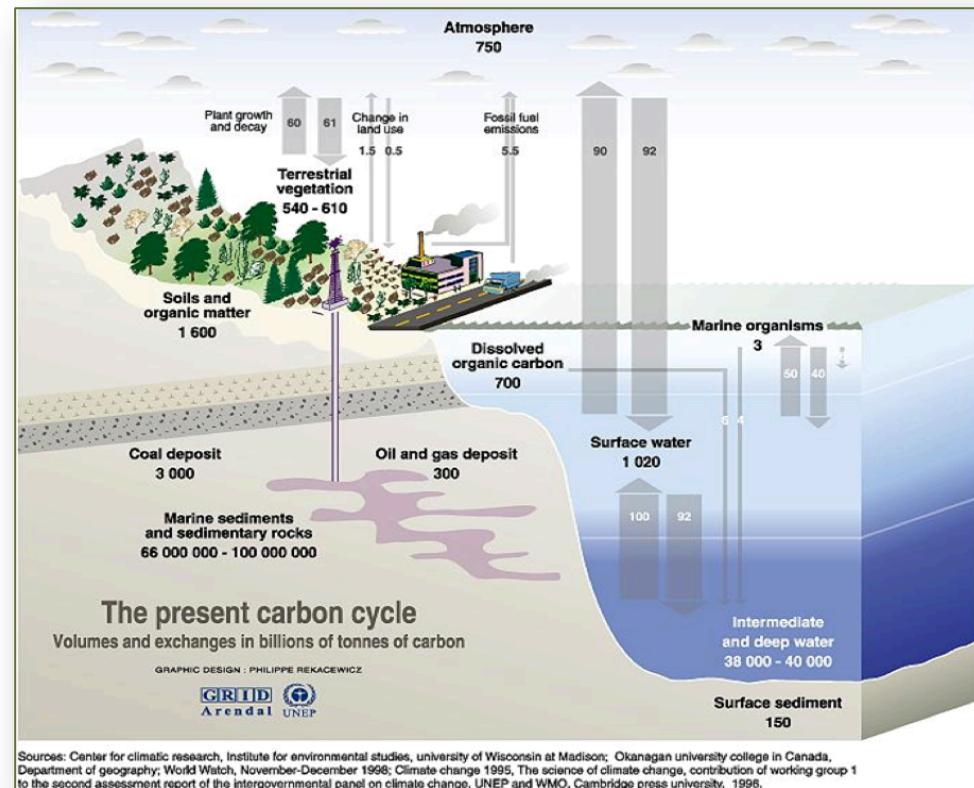
INDICADOR	CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CFC
Tiempo de vida en la atmósfera	20 (años)	1-2 meses	10(años)	150 (años)	130 (años)

*Fuente: Grupo intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC): Tercer Informe de Evaluación 2001.*

# 13. Flujos de carbono.

## Estimación de los flujos de carbono derivados de procesos en el ciclo de carbono.

- Los ciclos de los elementos pueden cuantificarse mediante estimaciones a partir de los datos obtenidos en estudios parciales de ecosistemas naturales y en mesocosmos.
- Los flujos de carbono son muy elevados y se representan en gigatonnes (petagramos, Pg). Un gigatón son  $10^{15}$  gramos o lo que es lo mismo, mil millones de toneladas ( $10^9$  T).



<http://www.grida.no/climate/vital/13.htm>



## 14. Monitorización ambiental.

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

Las concentraciones de dióxido de carbono y de metano en la atmósfera tienen efectos muy importantes.

- Las concentraciones de dióxido de carbono afectan a la tasa de fotosíntesis y al pH del agua del mar.
- Ambos gases influyen en la temperatura global y, en consecuencia, sobre la extensión del hielo en los polos.
- Indirectamente afectan al nivel del mar y la posición de la línea de costa.
- También afectan a las corrientes oceánicas, la distribución de lluvias y a la frecuencia e intensidad de fenómenos atmosféricos extremos como los huracanes.

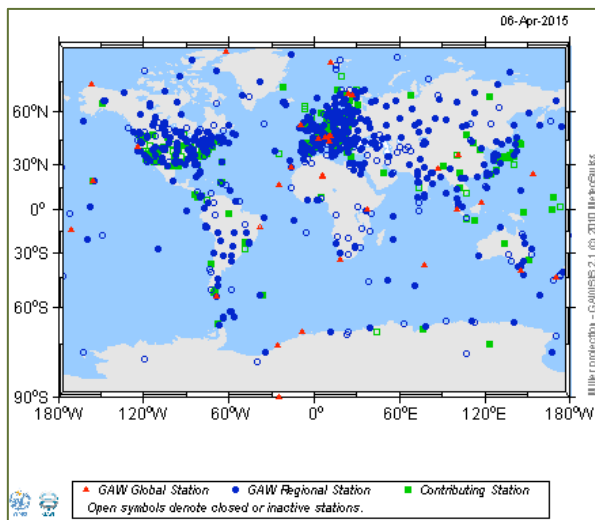
Considere estas hipótesis y predicciones:

- La concentración de dióxido de carbono de la atmósfera actualmente es la mayor de los últimos veinte millones de años.
- Las actividades humanas han incrementado las concentraciones de dióxido de carbono y metano en la atmósfera terrestre.
- La actividad humana causará que la concentración de dióxido de carbono atmosférico alcance los 400 micromoles por mol en 2014 y 600 a finales del presente siglo.



Es esencial disponer de datos fiables, durante el mayor periodo de tiempo posible, para poder hacer predicciones y evaluar hipótesis y predicciones como éstas.

- Los datos públicos sobre las concentraciones de gases atmosféricos son recogidas por el [Global Atmosphere Watch](http://www.gaw.wmo.int/) (GAW) de la Organización Meteorológica Mundial.
- Dispone de 30 estaciones globales y 400 regionales repartidas por todo el mundo.
- La estación de Mauna Loa en Hawaii es la que tiene registros diarios durante un periodo mayor de tiempo, desde 1959 para CO<sub>2</sub> y desde 1984 para metano.



Acceso público a los datos registrados por todos los observatorios:

<http://gaw.empa.ch/gawsis/>

Ubicación de los observatorios globales:

<http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/measurements.html>

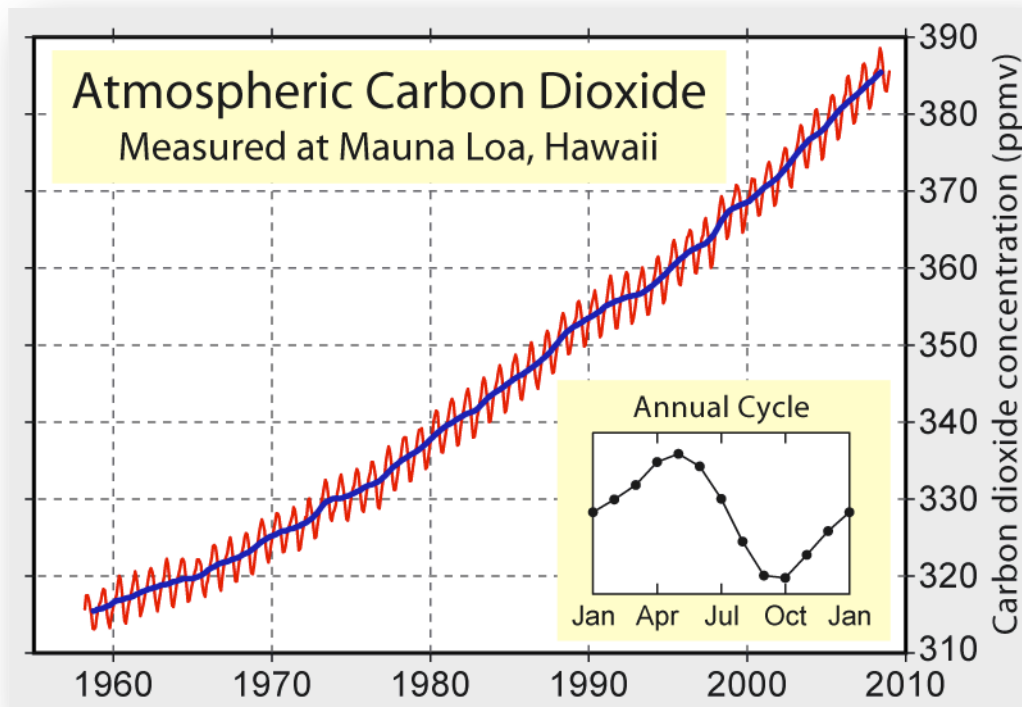




# 15. Tendencia del dióxido de carbono atmosférico.

*Análisis de datos de estaciones de control del aire para explicar las fluctuaciones anuales.*

La estaciones de seguimiento de la atmósfera ofrecen datos públicos que pueden ser analizados, como es el caso del dióxido de carbono. El observatorio de Mauna Loa en Hawai dispone de registros de datos desde 1958 hasta la actualidad. Charles David Keeling es el nombre del científico que comenzó este trabajo metódico que continúa hoy en día. La gráfica representa las fluctuaciones estacionales en la concentración de CO<sub>2</sub> mes a mes y la tendencia de la media anual a aumentar año tras año. Se conoce como “curva Keeling”.



<http://gaw.empa.ch/gawsis/reports.asp>

«Mauna Loa Carbon Dioxide». Publicado bajo la licencia CC BY-SA 3.0 vía Wikimedia Commons - [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mauna\\_Loa\\_Carbon\\_Dioxide.png#/media/File:Mauna\\_Loa\\_Carbon\\_Dioxide.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mauna_Loa_Carbon_Dioxide.png#/media/File:Mauna_Loa_Carbon_Dioxide.png).

Actividad: “La curva Keeling”



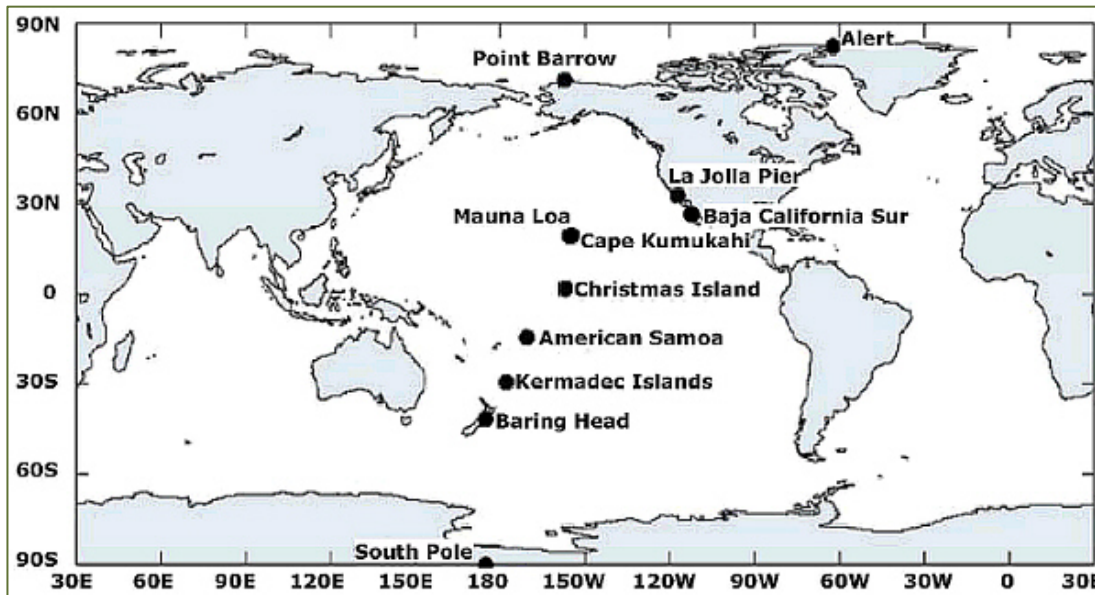


## Análisis de base de datos: Medida del CO<sub>2</sub> atmosférico



El Centro de Información y Análisis del Dióxido de Carbono (CDIAC) ofrece series de datos de algunas de sus estaciones de registro:

- Visite la página web: <http://cdiac.ornl.gov/trends/co2/sio-keel.html>



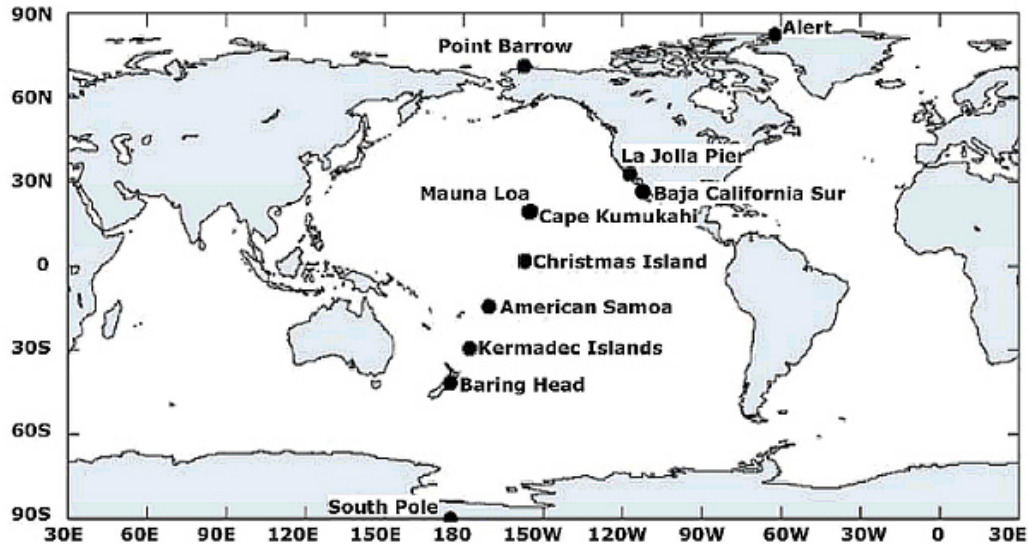
- Elija dos estaciones: la de Mauna Loa en el hemisferio norte y la del Polo Sur. Tome nota de:
  - Nombre de la estación
  - Coordenadas
  - Ubicación
  - Periodo de registro de datos



## Análisis de base de datos: Medida del CO<sub>2</sub> atmosférico

### Actividad: “La curva Keeling”

<http://cdiac.ornl.gov/trends/co2/sio-keel.html>



### Para cada estación:

- Abra el registro de datos.
- Seleccione los datos mensuales de los últimos 5 años que sean comparables en ambas estaciones.
- Péguelos en una hoja de cálculo en una sola fila horizontal.
- Ajuste la hoja de cálculo para asegurarse de que todas las columnas y filas estén correctas con el formato de número.
- Produzca un gráfico lineal, presentado de forma que cumpla los criterios de presentación de datos procesados (título, etiquetas de ejes, etc.).

### Informe:

- Presente en un documento compartido de Google Drive las fichas de las estaciones elegidas, así como las tablas y gráficas elaboradas, correctamente rotuladas.
- Calcule la fluctuación media anual de la [CO<sub>2</sub>] en ambas estaciones.

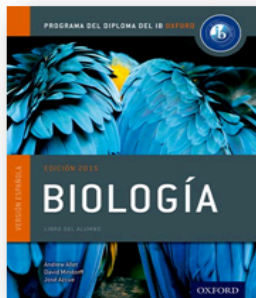
### Conclusiones:

- Describa la tendencia general observada en los gráficos de cada estación.
- Compare las fluctuaciones anuales de los datos en ambas estaciones y sugiera una explicación que justifique las diferencias encontradas.

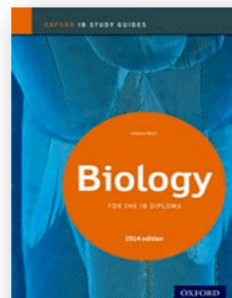
# BIBLIOGRAFÍA Y PÁGINAS WEB

- **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:

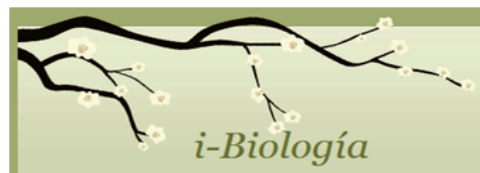


Parte de esta presentación ha sido confeccionada y traducida con permiso a partir de las presentaciones de Stephen Taylor disponibles en:

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



## Más recursos:



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