

Del átomo al clima: el rol del carbono en un planeta cambiante



M^a Eugenia Martínez Antonio

*¿Qué es la química orgánica?,
dices mientras clavas en mí
tu pupila azul.*

¿Qué es la química orgánica?

¿Y tú me lo preguntas?

Química orgánica... eres tú.



Gustavo Adolfo Becquer

Origen de la química orgánica

A mediados del siglo XVIII: alquimia → ciencia moderna.

Diferencias inexplicables entre sustancias obtenidas de seres vivos y obtenidas de minerales.

1770. **Bergman** distingue entre compuestos orgánicos e inorgánicos.

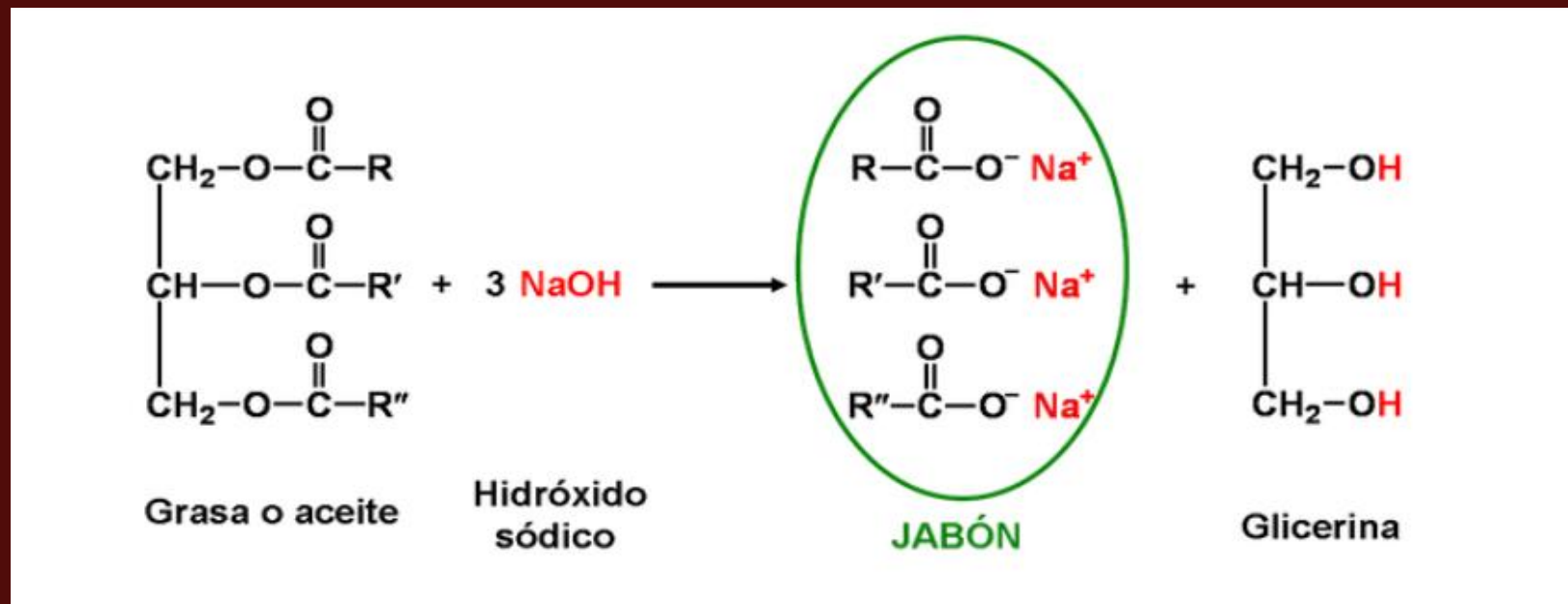
Teoría del vitalismo:

- fuerza vital en los seres vivos.
- compuestos orgánicos no podían obtenerse de compuestos inorgánicos, ni en el laboratorio.

Origen de la química orgánica

Revés a la teoría del vitalismo.

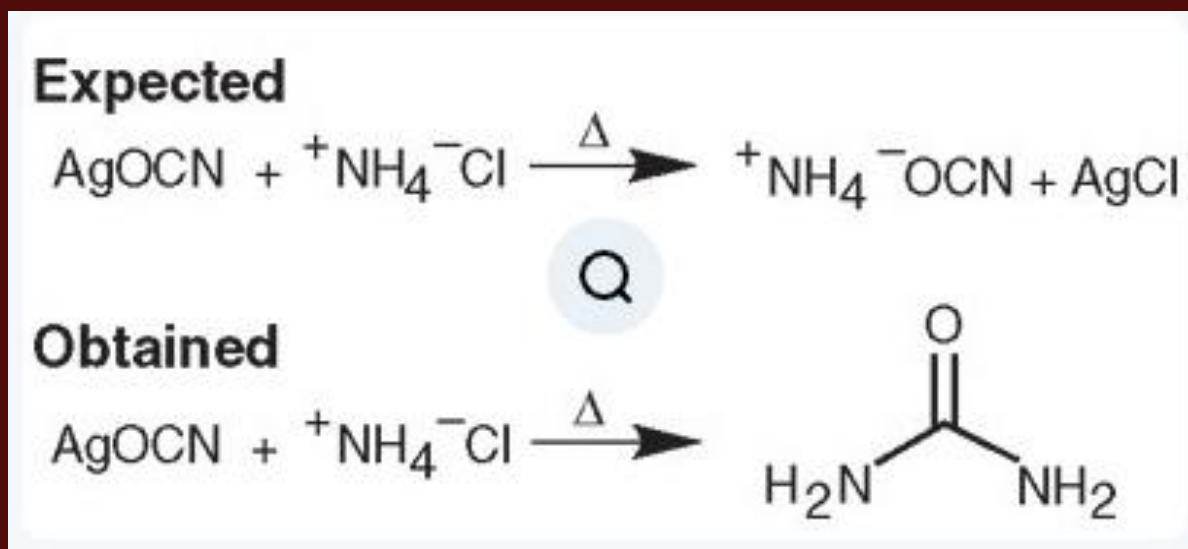
1816. Michel **Chevreul**. Por primera vez, una sustancia orgánica (grasa) se convirtió en otras (ácidos grasos + glicerina), por la acción del hombre, y no por la acción de la “fuerza vital”.



Origen de la química orgánica

Revés a la teoría del vitalismo.

1828. Friedrich **Wöhler**. Síntesis de urea.



Según Berzelius, la urea era un compuesto orgánico, presente en los seres vivos y poseedor de fuerza vital y, por tanto, imposible de ser sintetizado a partir de compuestos inorgánicos.

Química orgánica, química del carbono

Lavoisier. Los productos derivados de animales y vegetales están compuestos por C e H, y cantidades menores de O, N, S y P.

1881. Friedrich August **Kekulé** definió la química orgánica como la química de los compuestos de **carbono**.

Química orgánica es la disciplina científica que estudia la estructura, propiedades, síntesis y reactividad de compuestos químicos formados principalmente por C e H, que pueden contener otros elementos, como O, S y N.

Química orgánica, química del carbono

La química de los compuestos de carbono es fundamental tanto en la industria como en la biología y la medicina.

cuero bebidas
medicamentos
combustibles envases
ropa higiene
perfumes limpieza
colorantes
plásticos papel
cosméticos calzado
neumáticos muebles
juguetes alimentos

hormonas
ácidos enzimas
proteínas melanina
carbohidratos
nucleicos
vitaminas
neurotransmisores
hemoglobina
antioxidantes

Química orgánica eres tú

El átomo de carbono

La química orgánica es la química del carbono.

En la base de datos del CAS (Chemical Abstracts Service), existen más de 20 millones de compuestos que contienen C.

¿Por qué es tan especial el átomo de carbono?

El átomo de carbono

Segunda fila, grupo 4 A.

Su número atómico es 6.

Tiene 6 protones y 6 neutrones en el núcleo.

Y 6 electrones alrededor del núcleo, en regiones denominadas orbitales atómicos.

Grupo 1A																		8A					
H	2A																	3A	4A	5A	6A	7A	He
Li	Be																	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg																	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr						
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe						
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn						
Fr	Ra	Ac																					

Tabla periódica

El átomo de carbono

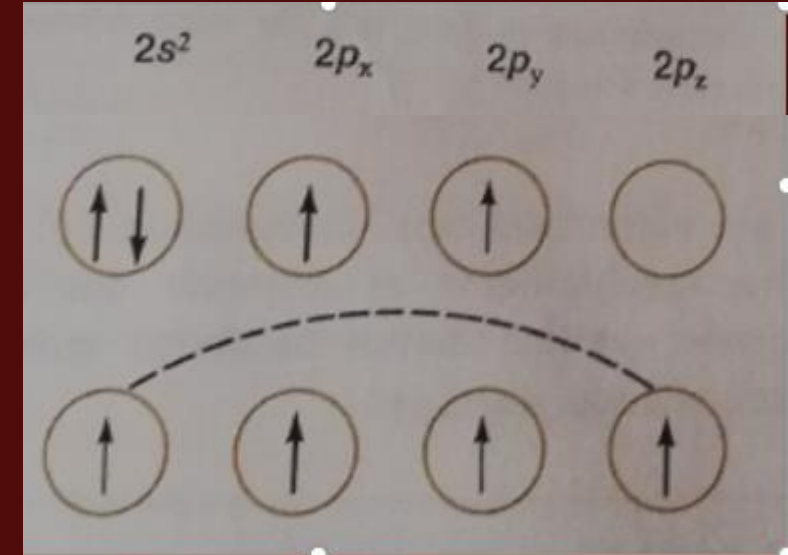
Configuración electrónica: representación numérica de sus orbitales atómicos.

Cada orbital: como máximo dos e^- .

Carbono $1s^2 2s^2 2p^2$

Puede convertirse en $1s^2 2s^1 2p^3$ al promocionar un electrón 2s a un orbital 2p.

Cuatro electrones desapareados, lo que posibilita la formación de cuatro enlaces covalentes.



Configuración electrónica

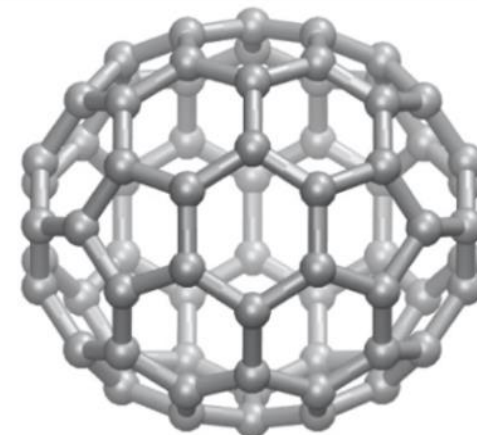
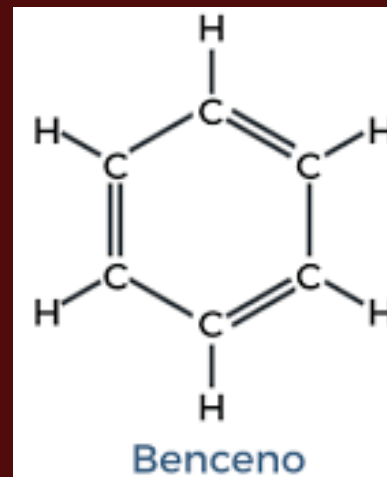
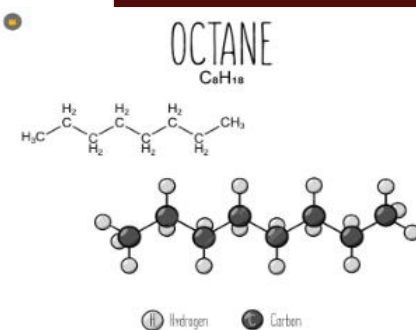
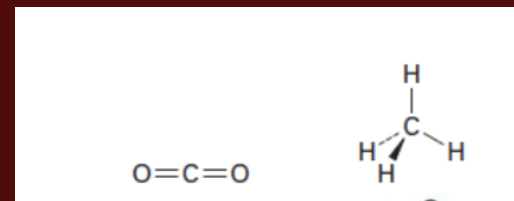
El átomo de carbono

El carbono puede compartir 4 electrones y formar 4 enlaces covalentes fuertes.

Gran diversidad de compuestos, desde los más simples, como el metano, hasta estructuras complejas como cadenas, anillos y redes tridimensionales.

Base de millones de compuestos orgánicos.

Es esencial para la formación de macromoléculas biológicas como proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos.

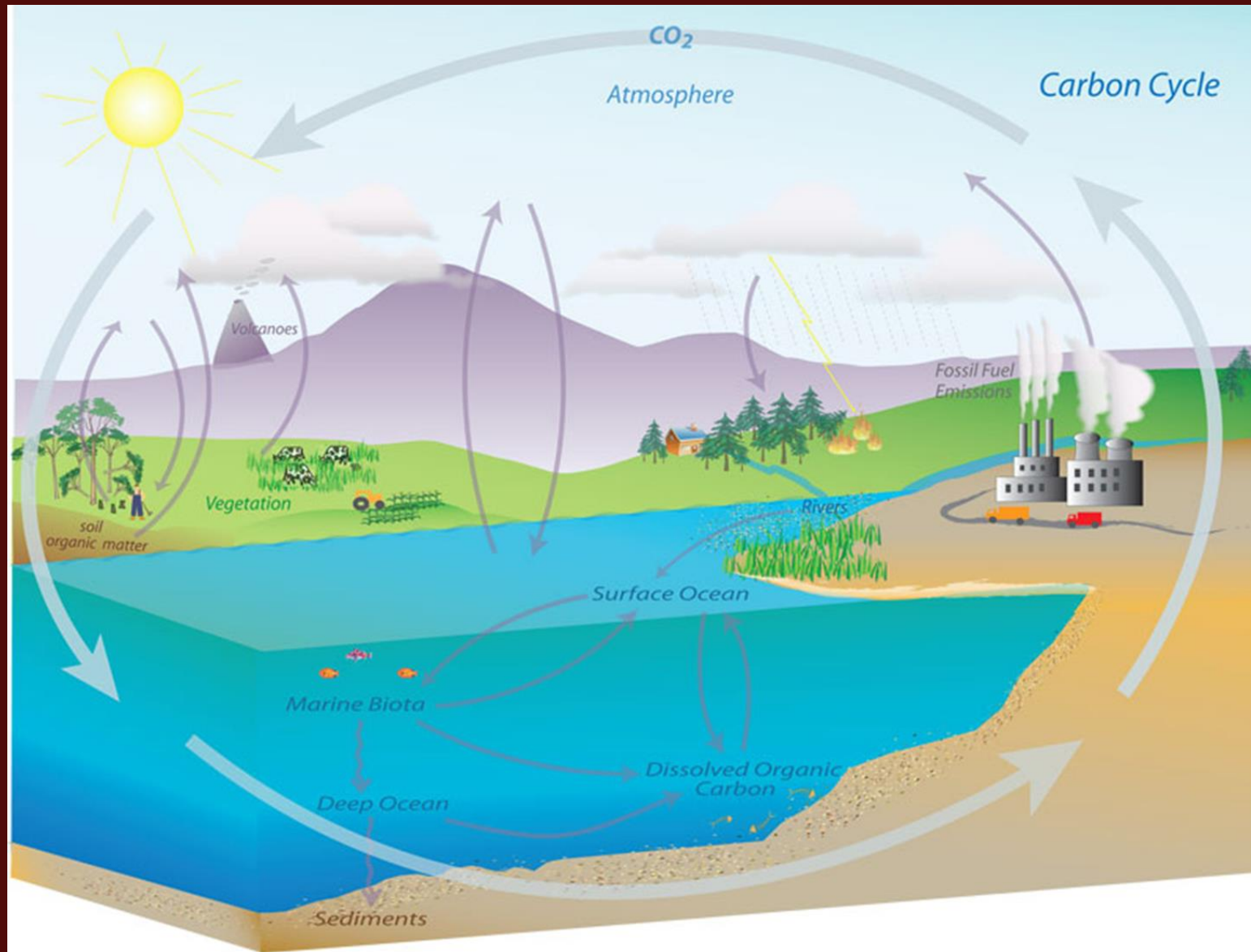


El ciclo del carbono

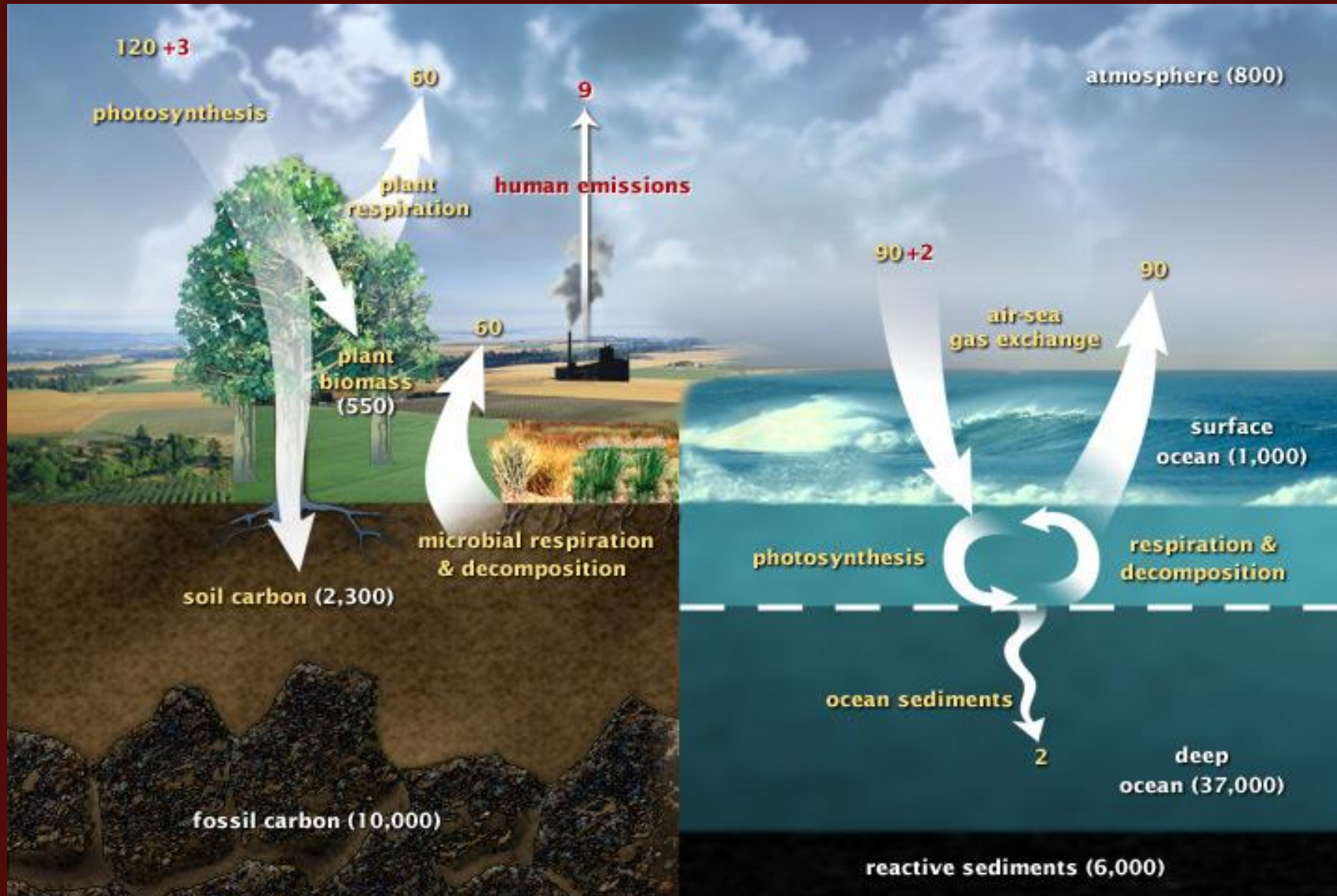
El carbono desempeña un papel crucial en el equilibrio ecológico a través del **ciclo del carbono:**

- Proceso natural.
- Intercambio de C entre la atmósfera, los océanos, la biosfera y los depósitos de C en la Tierra.
- La química regula esta danza entre el océano, la tierra y la atmósfera.

El ciclo de carbono



El ciclo de carbono

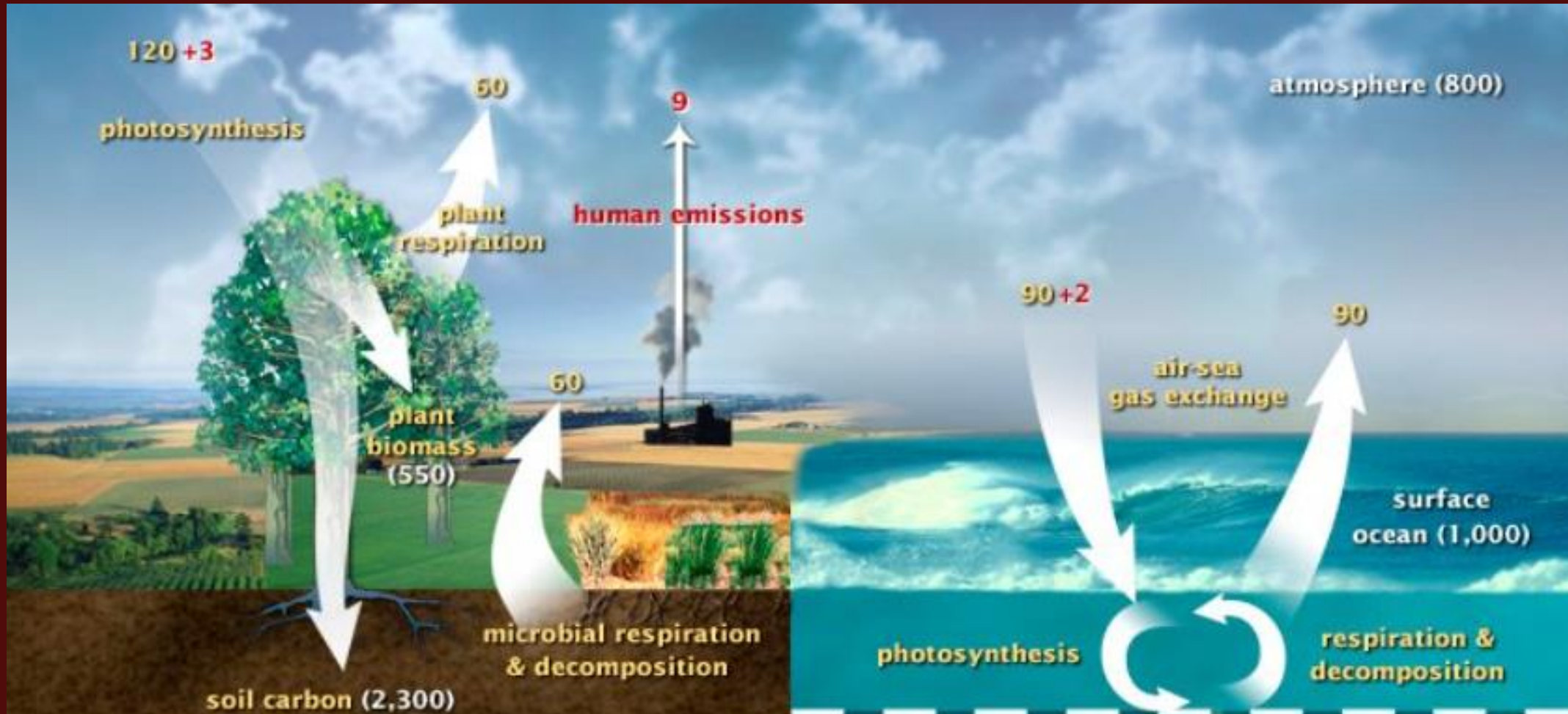


El ciclo de carbono

En el ciclo del carbono intervienen procesos biológicos y geológicos.

- Biológicos: transfieren C entre seres vivos y la atmósfera. Periodos de tiempo cortos, desde días a décadas. CICLO RÁPIDO O CORTO DEL CARBONO.
- Geológicos: transfieren C entre rocas sedimentarias y la atmósfera y los océanos. Trabajan en escala de miles de años. CICLO LENTO O LARGO DEL CARBONO.

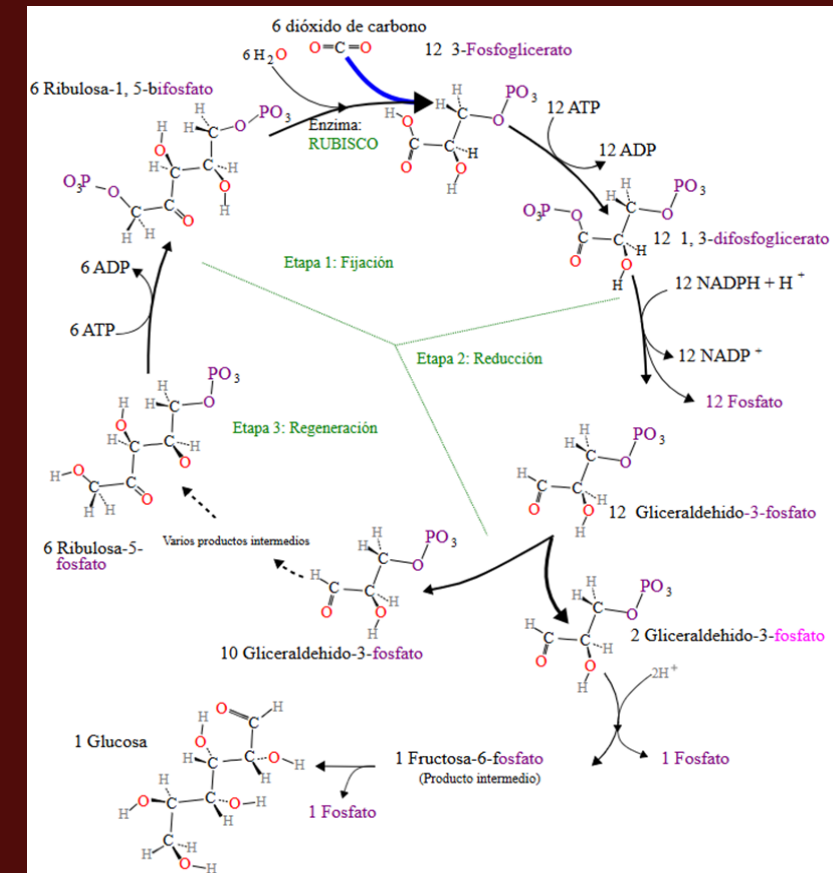
El ciclo rápido del carbono



El fitoplancton y las plantas toman el CO_2 de la atmósfera absorbiéndolo en sus células, y lo convierten en combustible (glucosa y otros azúcares) para construir estructuras vegetales.

Conjunto de reacciones de alta complejidad química.

Las reacciones de la fotosíntesis:

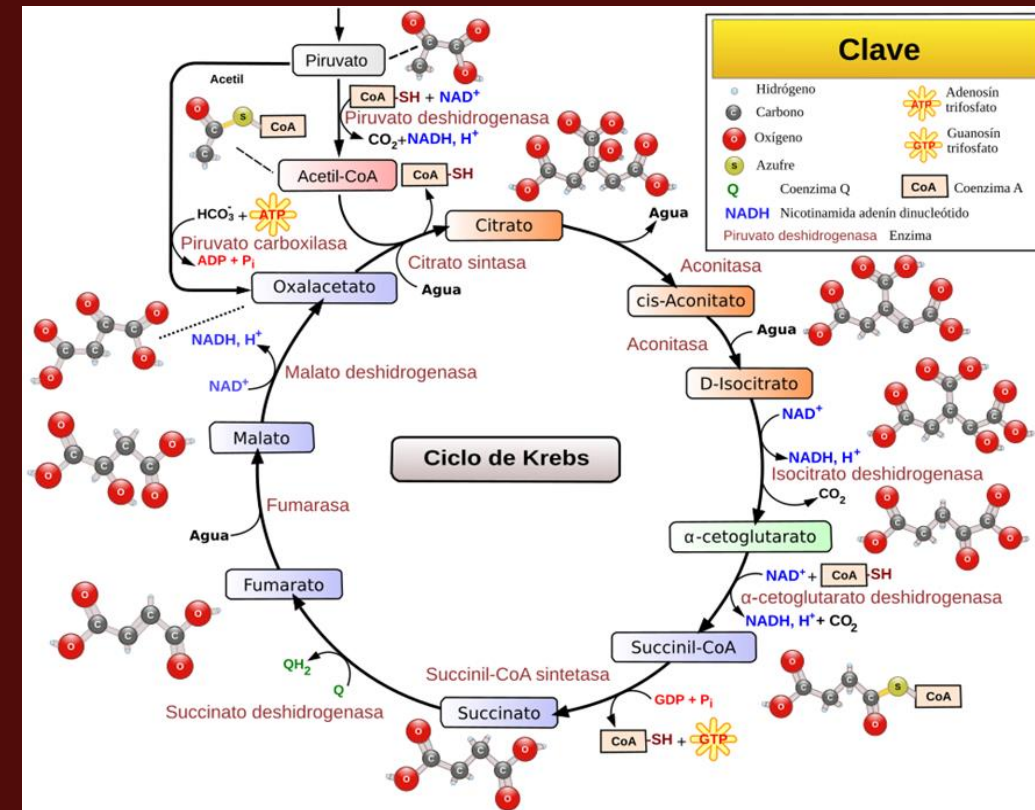


Respiración

Proceso catabólico mediante el cual las plantas oxidan los compuestos orgánicos (glucosa) producidos durante la fotosíntesis para alimentar el crecimiento y otras funciones celulares.

Reacciones químicas complejas.

Las reacciones de la respiración:



Descomposición de la materia orgánica

Bacterias y hongos descomponen la materia orgánica muerta.

La descomposición puede ser en condiciones aerobias o anaerobias:

Aerobias: Materia orgánica + O₂ → CO₂ + H₂O + energía

Anaerobias: Materia orgánica + H₂ → CH₄ + CO₂ + otros productos

En este proceso se libera C a la atmósfera, pero también se acumula en suelo y océanos.

Intercambio océano - atmósfera

En la superficie, donde el aire se encuentra con el agua, el CO_2 se disuelve y se ventila fuera del océano en un intercambio constante con la atmósfera.



En este caso el océano actúa como fuente de CO_2 a la atmósfera, pero realmente es un potente sumidero.

Disolución oceánica del CO₂

El CO₂ atmosférico se disuelve en el agua y participa en una serie de equilibrios ácido-base que forman ácido carbónico (H₂CO₃), bicarbonato (HCO₃⁻) y carbonato (CO₃²⁻).



Importante sumidero de carbono y regula el pH oceánico. ACIDIFICACIÓN.

Actualmente, los océanos absorben de 30 a 40 % del CO₂ producido por el hombre.

La combustión es una reacción de oxidación rápida de compuestos orgánicos en presencia de oxígeno, que libera CO₂, H₂O y energía térmica.



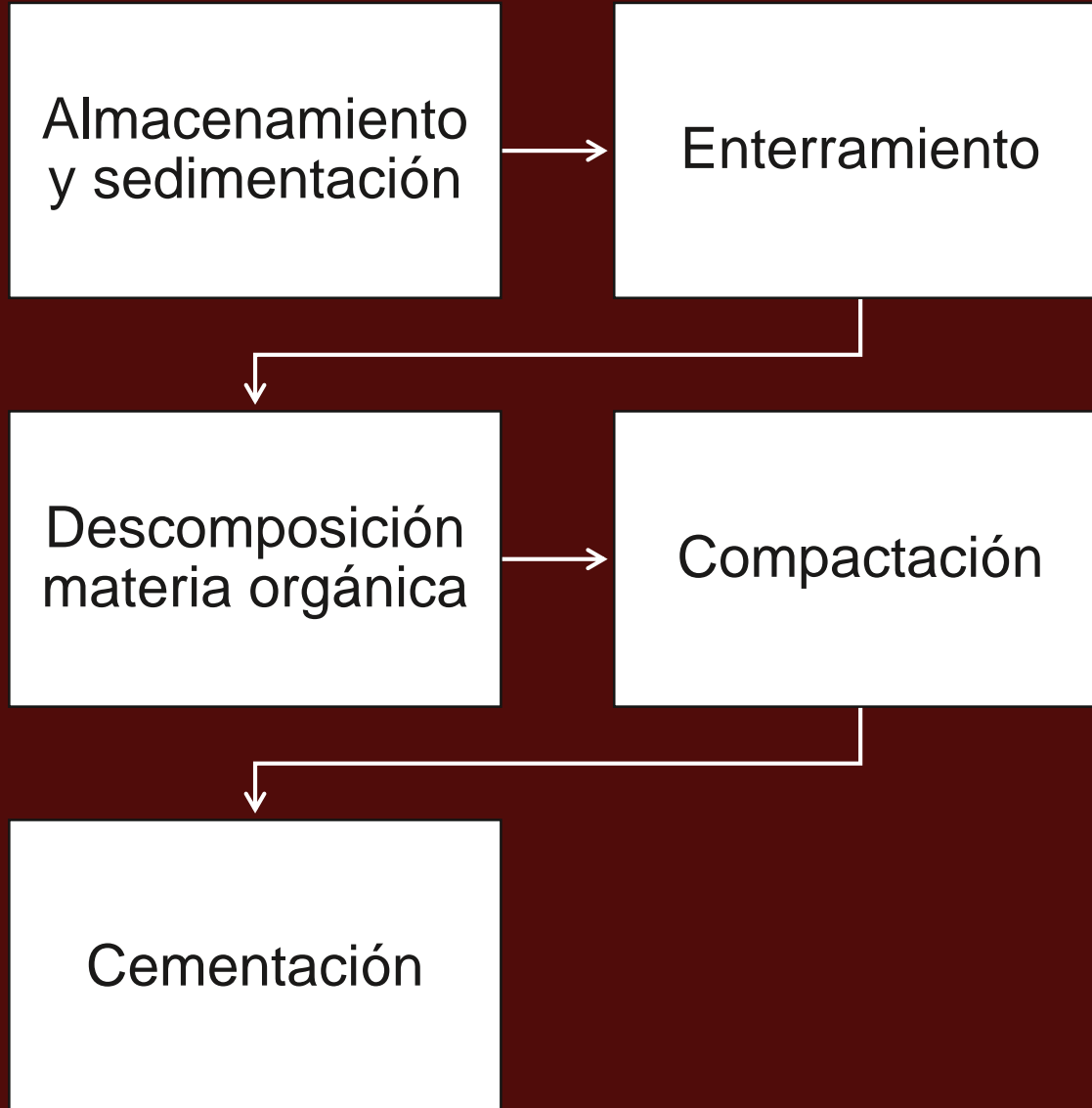
La quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) libera grandes cantidades de CO₂ a la atmósfera. Está determinando, en gran medida, el cambio climático en nuestro planeta.

El ciclo lento del carbono

Es el carbono almacenado durante millones de años en depósitos geológicos como rocas sedimentarias, combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural) y carbonatos marinos.



Formación de rocas sedimentarias y combustibles fósiles



A partir de materia orgánica muerta, formación de:

Carbón, que proviene de restos vegetales.

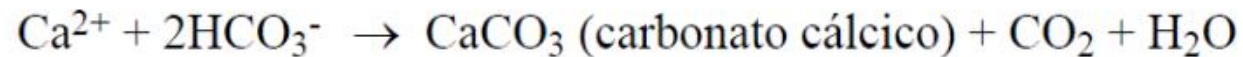
Petróleo y gas natural, que provienen de organismos marinos.

Sedimentación oceánica del carbono

El C atmosférico se combina con el agua para formar un ácido débil, el H_2CO_3 , que cae a la superficie en forma de lluvia.

El ácido disuelve las rocas (**meteorización química**) y libera iones de Ca, Mg, K o Na. Los ríos transportan los iones al mar / océano.

Los iones reaccionan con el HCO_3^- y el CO_3^{2-} disueltos en el agua. El CaCO_3 resultante se deposita en el fondo del océano, convirtiéndose en piedra caliza.



La caliza también se forma por sedimentación y compactación de conchas y esqueletos marinos.

El ciclo lento devuelve el carbono almacenado en el océano a la atmósfera a través de las corrientes oceánicas profundas.

El agua fría absorbe más CO_2 que el agua caliente, por lo que el agua del océano cerca de los polos tiende a absorber más gas.

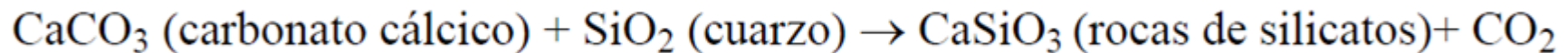
Esta agua fría y densa se hunde entonces hasta el fondo marino, donde fluye lentamente a través de las cuencas oceánicas en corrientes oceánicas profundas.

Siglos más tarde, y lejos de su ubicación original, el agua se calienta y vuelve a subir a la superficie, liberando CO_2 de nuevo a la atmósfera.

Erupciones volcánicas

El ciclo lento devuelve el carbono almacenado en las rocas a la atmósfera a través de los volcanes.

Las superficies terrestres y oceánicas de la Tierra se asientan sobre varias placas tectónicas en movimiento. Cuando las placas chocan, una se hunde debajo de la otra y la roca que transporta se funde bajo el calor y la presión extremos. La roca calentada se recombina en minerales de silicato, (**metaformismo**) liberando CO₂ .



Equilibrio del ciclo del C

Compartimento	Almacenamiento	Emisiones	Forma del C
Atmósfera y biosfera	Fotosíntesis.	Respiración, combustión y erupciones volcánicas.	CO ₂ , CH ₄
Océanos	Fotosíntesis, disolución, carbonatación, formación de conchas.	Respiración, descomposición, corrientes oceánicas.	CO ₂ , HCO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻ , CaCO ₃
Suelos	Descomposición de materia orgánica.	Descomposición.	CO ₂ , CH ₄ , materia orgánica
Litosfera	Formación de rocas sedimentarias y de combustibles fósiles.	Erupciones volcánicas.	Rocas carbonatadas, combustibles fósiles, CO ₂

Reservas y flujos de carbono

Reservas (10^{15} g C) (billones de toneladas métricas):

Atmósfera	720
Biota terrestre	827
Biota marina	2
Océanos	38,000
Sedimentos orgánicos	15,000,000
Sedimentos carbonatadas	20,000,000

© 2001 Kathryn Gregory-Wodzicki

Las mayores reservas de C se encuentran en las rocas.

Flujos anuales (10^{15} g C/yr):

Ciclo de plantas

Fotosíntesis	-110
Respiración	55
Descomposición	~54

Procesos oceánicos

que eliminar	-93
que liberar	90

Ciclo de rocas

Sedimentación	-0.2
Vulcanismo	0.2

Actividad humana	~ 5
------------------	-----

© 2001 Kathryn Gregory-Wodzicki

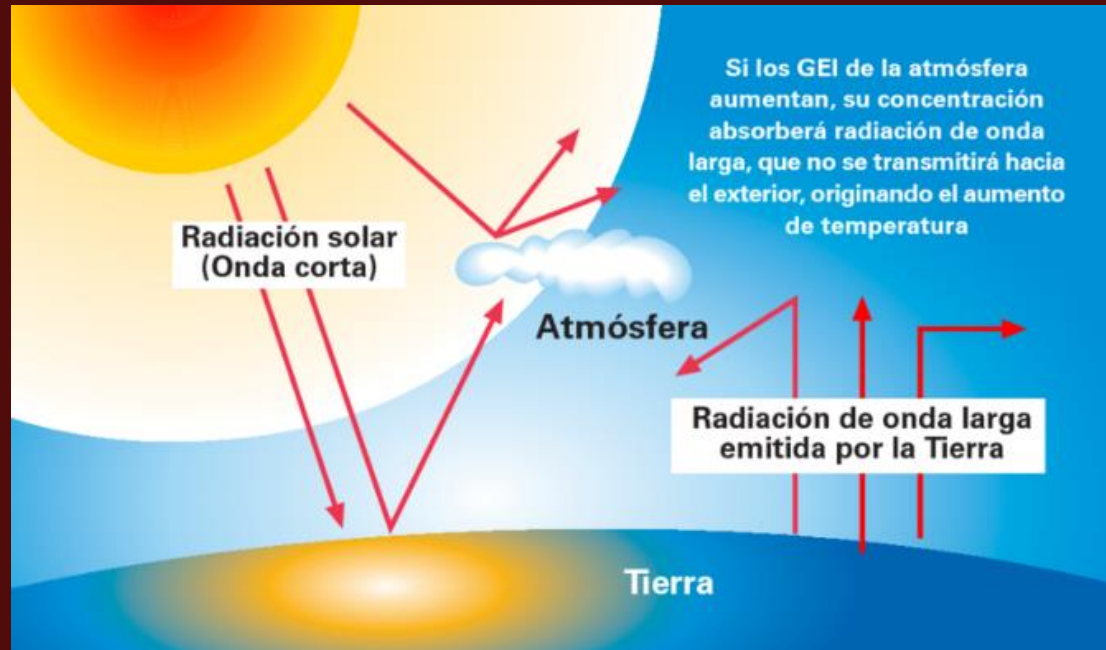
El flujo anual del ciclo de rocas es muy pequeño en comparación con los flujos entre la biosfera y la atmósfera y entre el océano y la atmósfera.

El ciclo del carbono y el cambio climático

El ciclo del carbono mantiene un equilibrio, evitando que todo el C se acumule en un solo compartimento (atmósfera, océanos o rocas).

Actúa como un termostato y un regulador climático natural.

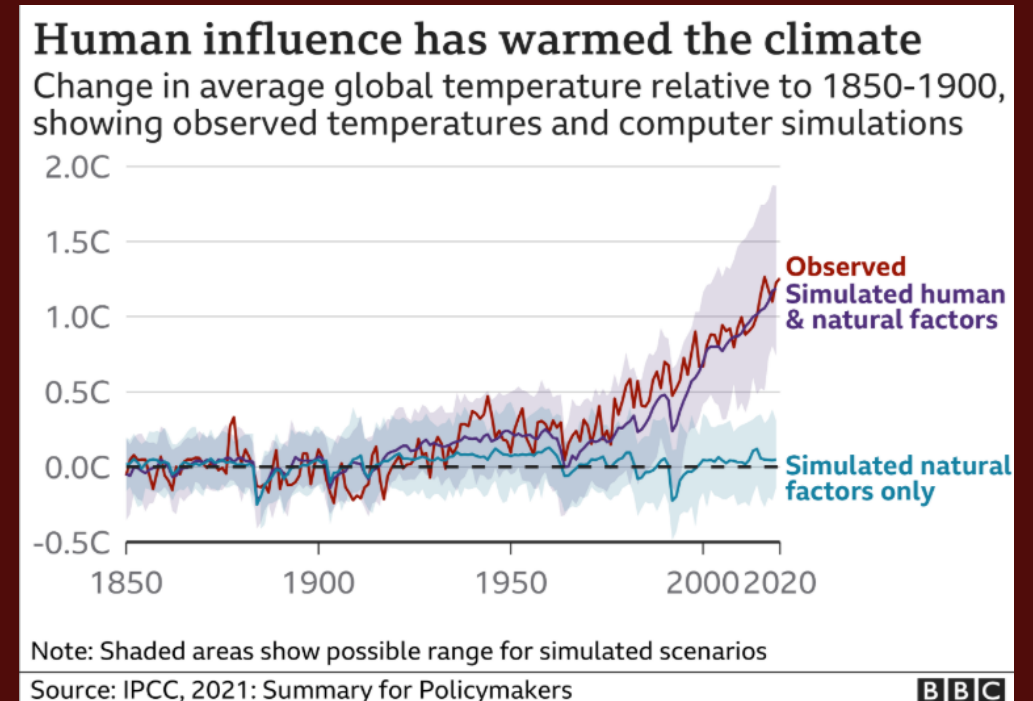
Efecto invernadero



El ciclo del carbono y el cambio climático

La acción de hombre está alterando el equilibrio del ciclo natural del carbono.

- Aumento de CO₂ en la atmósfera: quema de combustibles fósiles, deforestación, actividades industriales (producción de cemento).
- Efecto invernadero incrementado.
- Aumento de temperatura y calentamiento global.



Aumento de la temperatura global del planeta.

- Deshielo de los glaciares y los casquetes polares —→ aumento del nivel del mar.
- Alteración de los patrones climáticos: eventos más extremos.
- Acidificación de los océanos: impacto negativo en organismos marinos, como corales y moluscos.
- Pérdida de biodiversidad: peligro de supervivencia de muchas especies.

Recuperar el equilibrio natural



Gracias por la atención

memartinezan@aragon.es

