

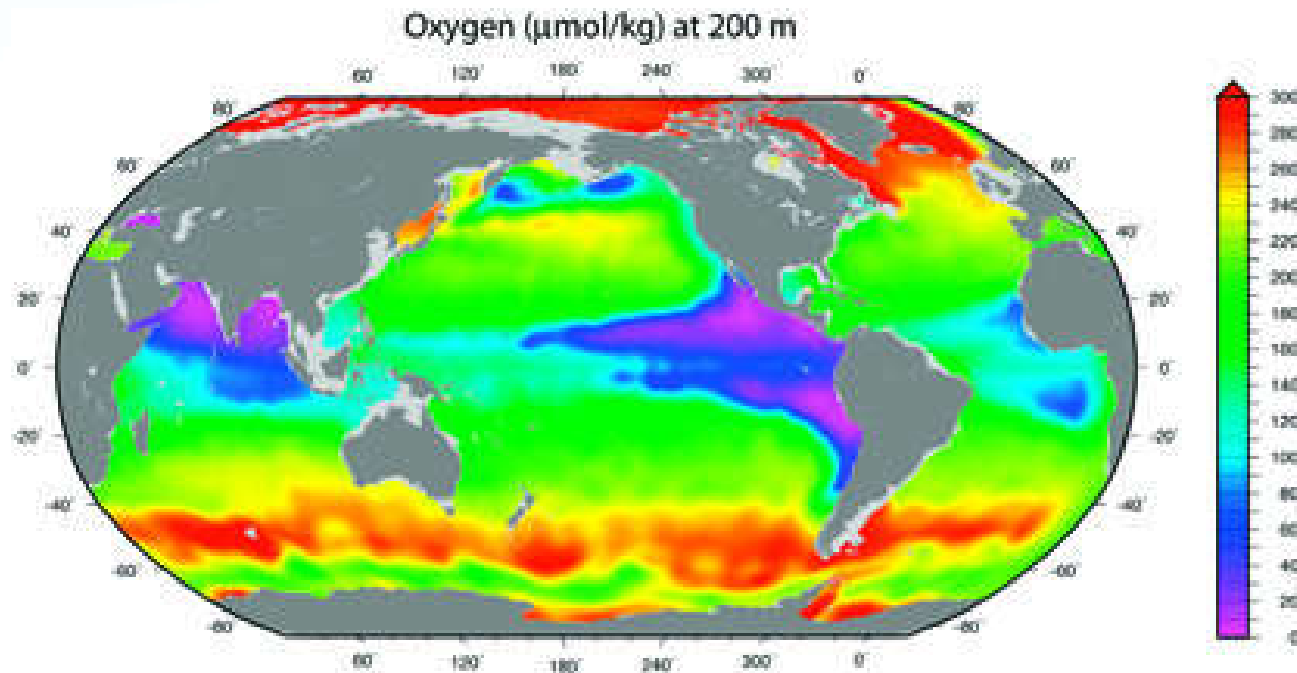
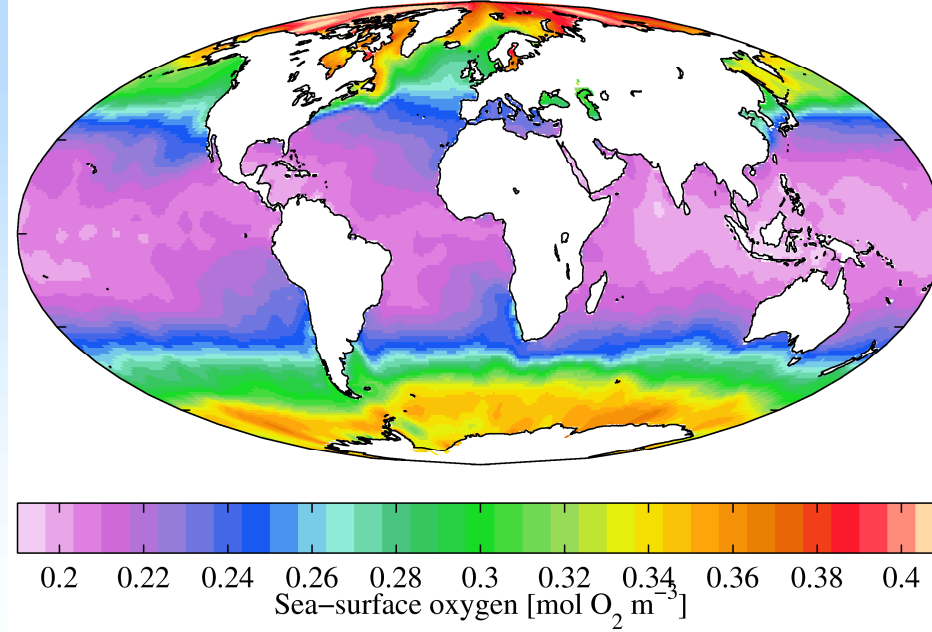


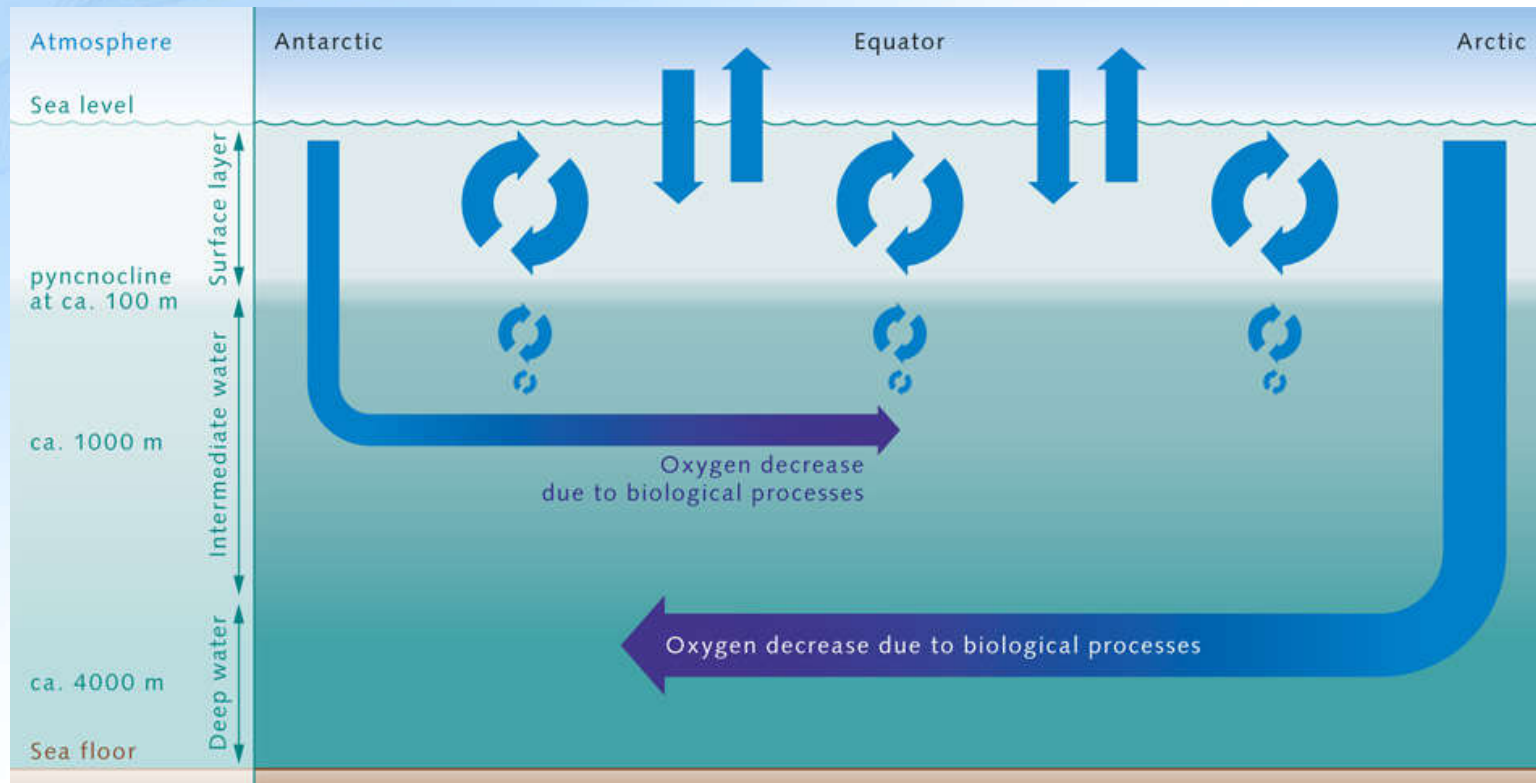
# Química del Océano II

## Ciclos biogeoquímicos del océano

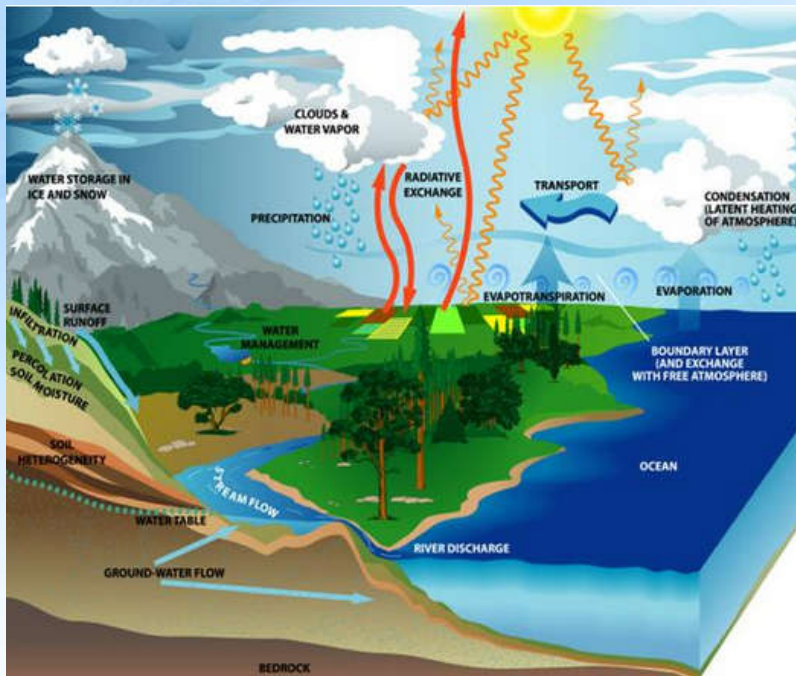
Oceanografía

## World Ocean Atlas

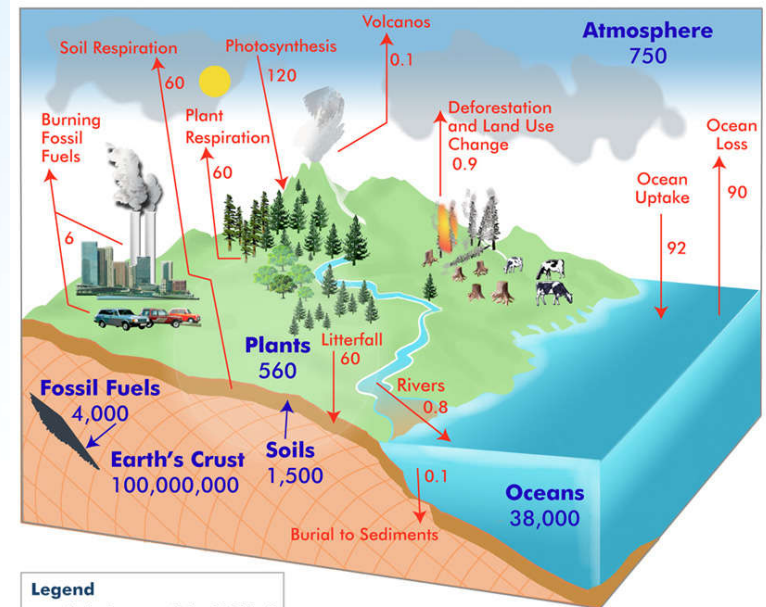




- ✓ Los productores primarios (pp) anualmente generan la misma cantidad de oxígeno que todas las plantas terrestres.
- ✓ El total de los pp del océano representan solo 1/200 de las plantas.
- ✓ Por lo tanto los pp son alrededor de 200 veces mas productivos que las plantas en la tierra con respecto a su masa.



## Global Carbon Cycle

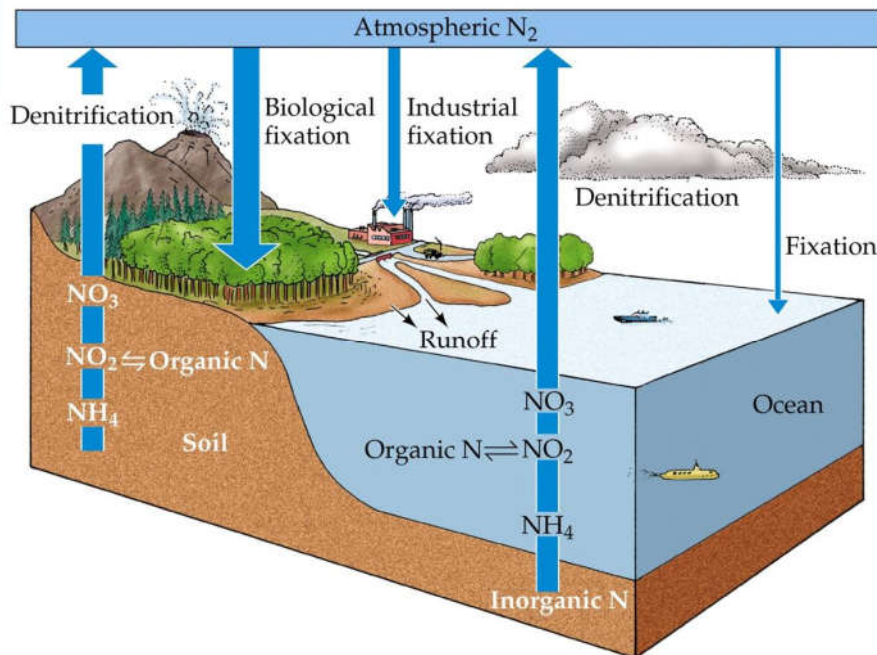


### Legend

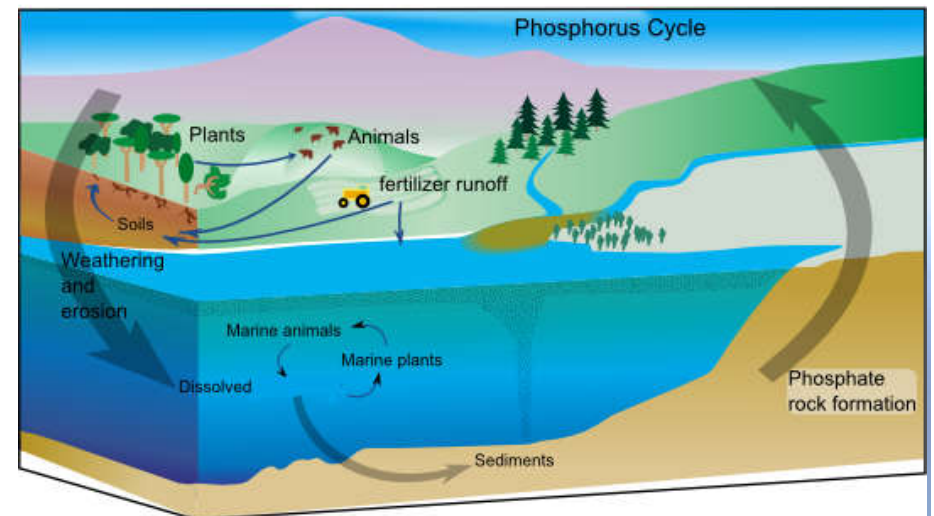
Units: Petagrams (Pg) =  $10^{15}$  gC

- Pools: Pg
- Fluxes: Pg/year

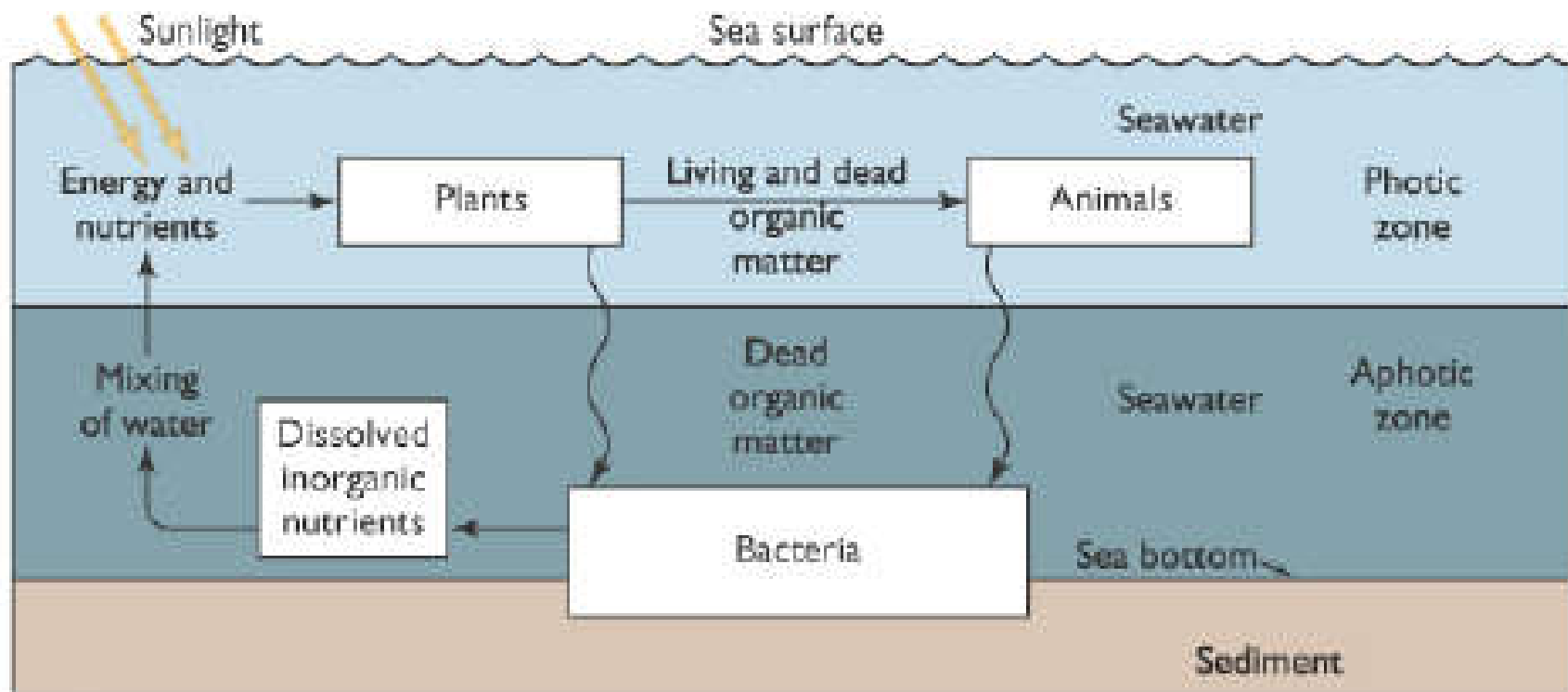
© 2007 GLOBE Carbon Cycle



© 2001 Sinauer Associates, Inc.



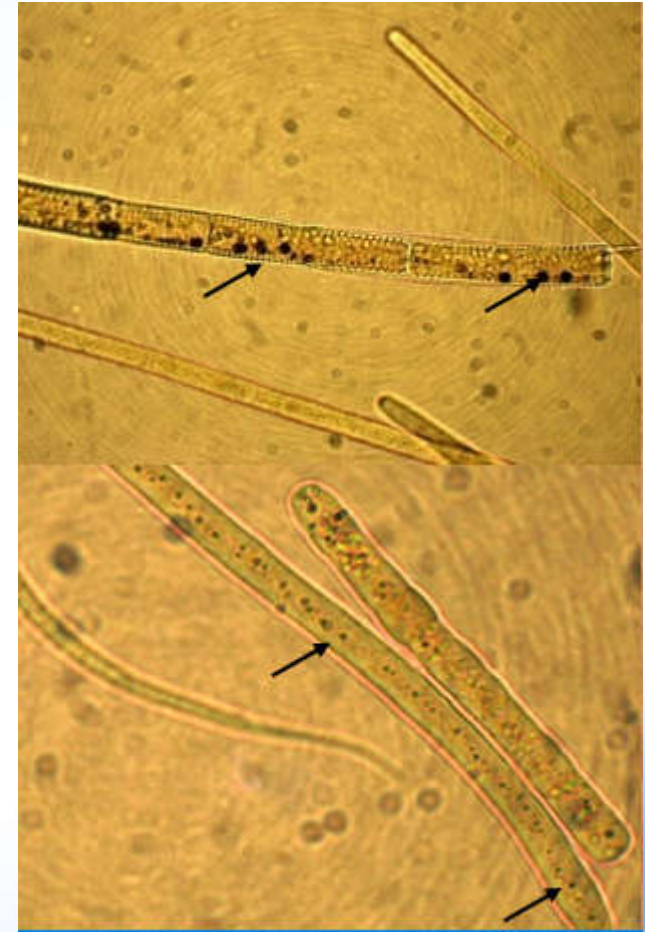




(a) NUTRIENT CYCLING

# Ciclo biogeoquímico del Fósforo (P)

- Transformación de energía en fotofosforilación durante la fotosíntesis
- Ácidos nucleicos, fosfolípidos
- Esencial para el crecimiento puede almacenarse en gránulos de polifosfato
- Generalmente limita el crecimiento
- La única forma de P importante es el  $\text{PO}_4$  (ortofosfato) → se recicla rápidamente, alta energía de formación.



# Fuentes de Fósforo

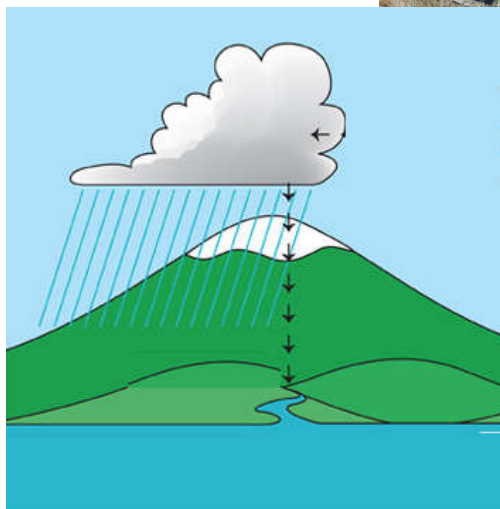
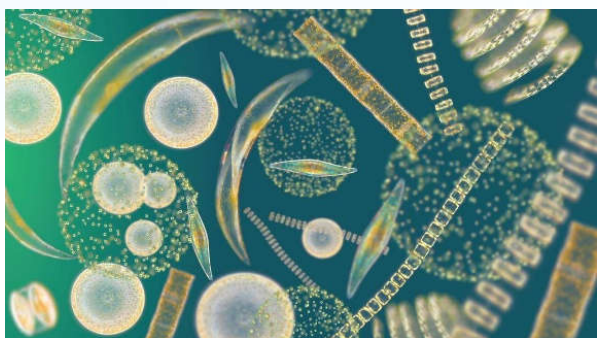
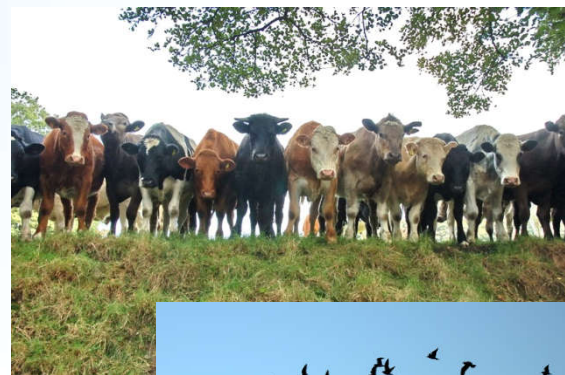
- **Natural**

- Rocas fosfatadas, que mediante la meteorización se descomponen y liberan los fosfatos. (abundante en regiones ricas en materia orgánica)

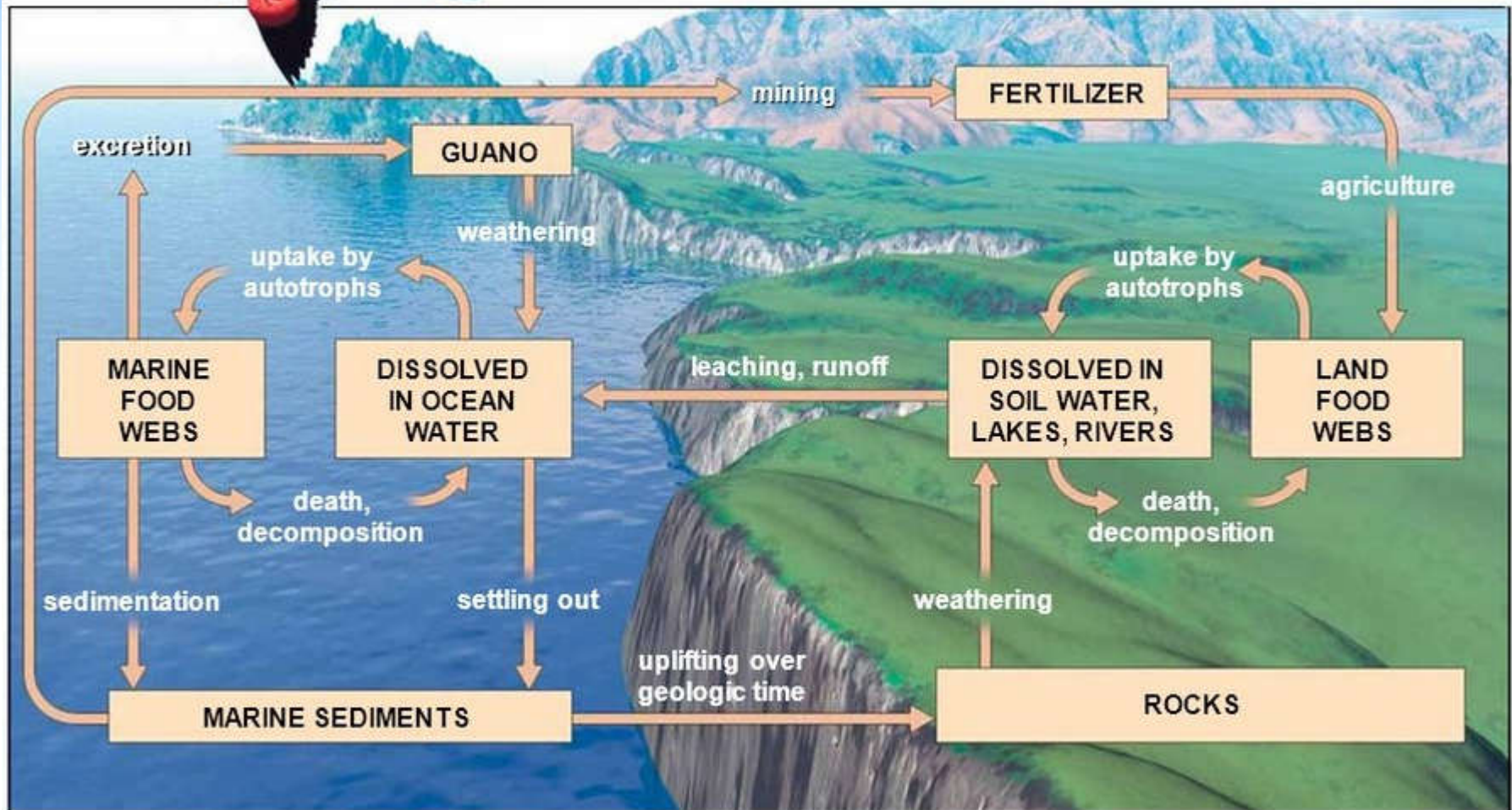
- **Artificial**

- **Excreciones** del metabolismo animal. (humanos 1.0 7.6 g de P por día)
- **Detergentes.** El contenido de fósforo en detergentes varía 5 - 9 %.
- **Fertilizantes agrícolas:** Depende de los usos del suelo y la geología. Exportación de P mayor en bosques artificiales, pasturas y áreas agrícolas (cuencas sedimentarias).
- **Precipitación seca** (material particular). No es una fuente importante excepto en zonas industrializadas.









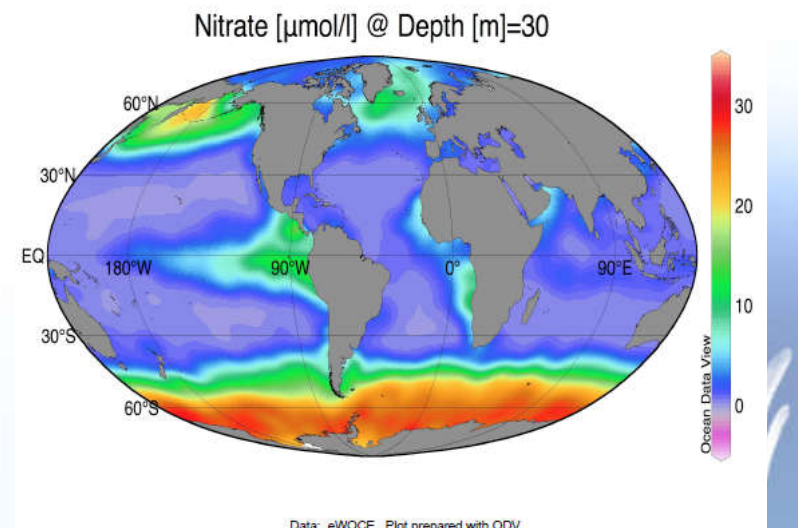
# Procesos

- **Mineralización:** degradación de la materia orgánica por los microorganismos. Se favorece la degradación en un sustrato carbonado degradable y la presencia de nitrógeno.
- **Solubilización:** A través de bacterias autótrofas.
- **Inmovilización:** El fósforo inorgánico se transforma en fósforo orgánico a través de diferentes seres vivos (en el agua las algas llevan a cabo la absorción, en el suelo las bacterias se encargan de su fijación)



# Ciclo del Nitrógeno

- Es un macronutriente esencial para todos los organismos vivos (ácidos nucleicos y aminoácidos)
- Tiene muchos estados de oxidación.
- Nitratos, Nitritos y Amonio son las formas biodisponibles para los organismos  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$

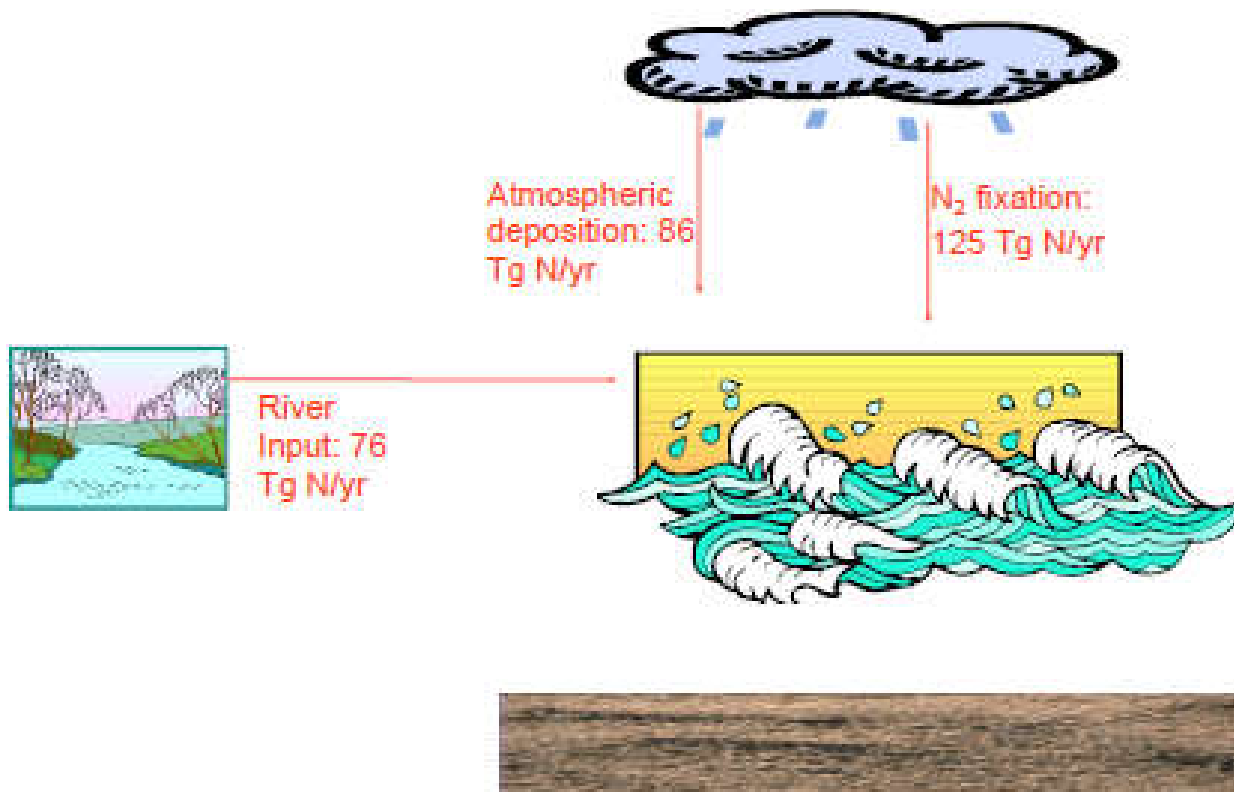


# Balance del **N** en el océano

Codispoti et al. (2001)

Marine Reservoir:  $6.3 \times 10^5$  Tg N

Sources: 287 Tg N/yr



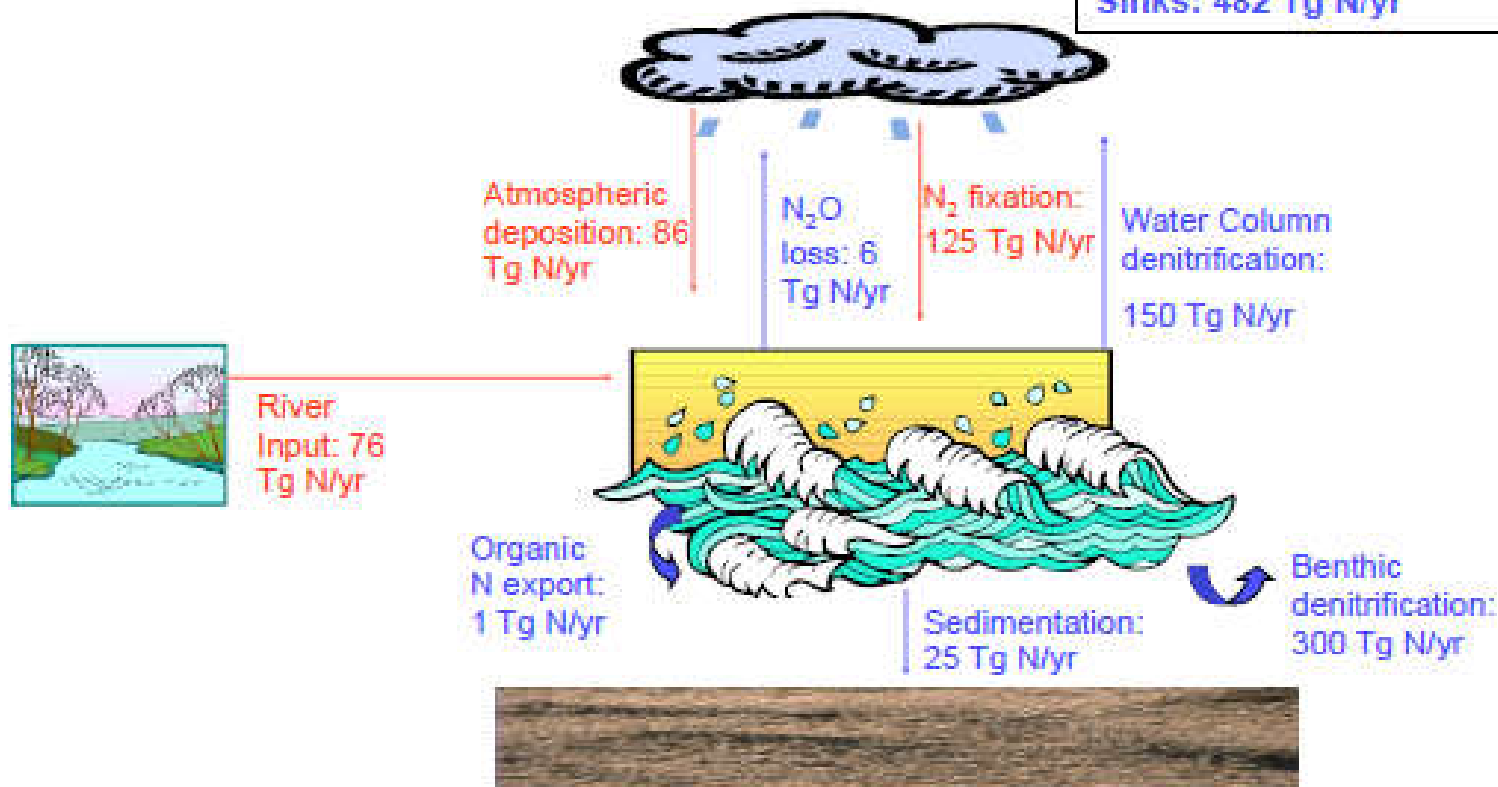


Codispoti et al. (2001)

**Marine Reservoir:  $6.3 \times 10^5$  Tg N**

**Sources: 287 Tg N/yr**

**Sinks: 482 Tg N/yr**

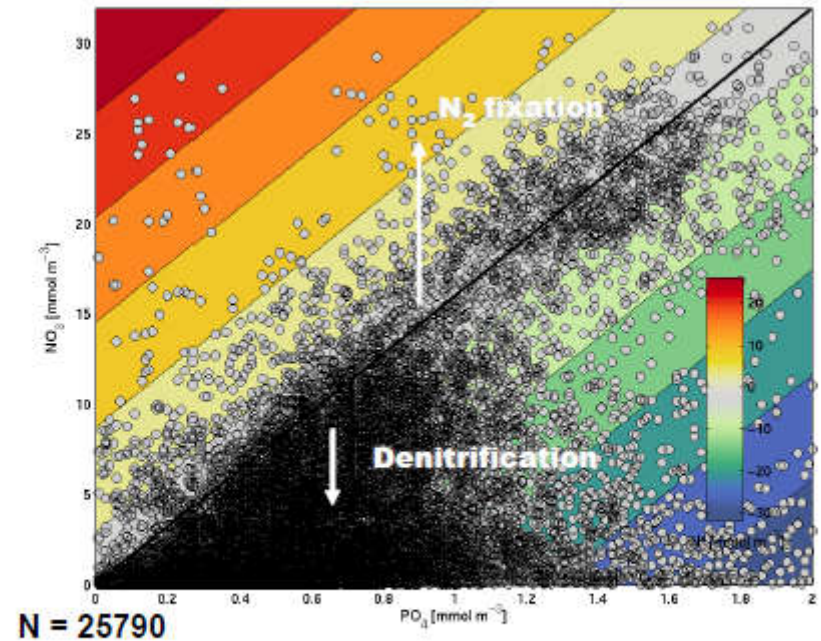


# Balance de nitrógeno oceánico

## Oceanic Nitrogen Budget Estimates

N Budget Terms (Tg N y <sup>-1</sup> )	1970 (Delwiche)	1979 (Liu)	1985 (Codispoti & Christensen)	1997 (Gruber & Sarmiento)	2001 (Codispoti et al.)
<b>Inputs</b>					
atmospheric	4.1	49	40	15	56
runoff	30	17	25	41	41
<b>N<sub>2</sub>-fixation</b>	10	30	25	125	125
<b>Total Inputs</b>	<b>44.1</b>	<b>96</b>	<b>90</b>	<b>181</b>	<b>222</b>
<b>Outputs</b>					
pelagic <b>denitrification</b>	40	50	60	85	150
sedimentary <b>denitrification</b>	0	10	60	85	300
burial & other	0.2	36	38	19	32
<b>Total Outputs</b>	<b>40.2</b>	<b>96</b>	<b>158</b>	<b>189</b>	<b>482</b>

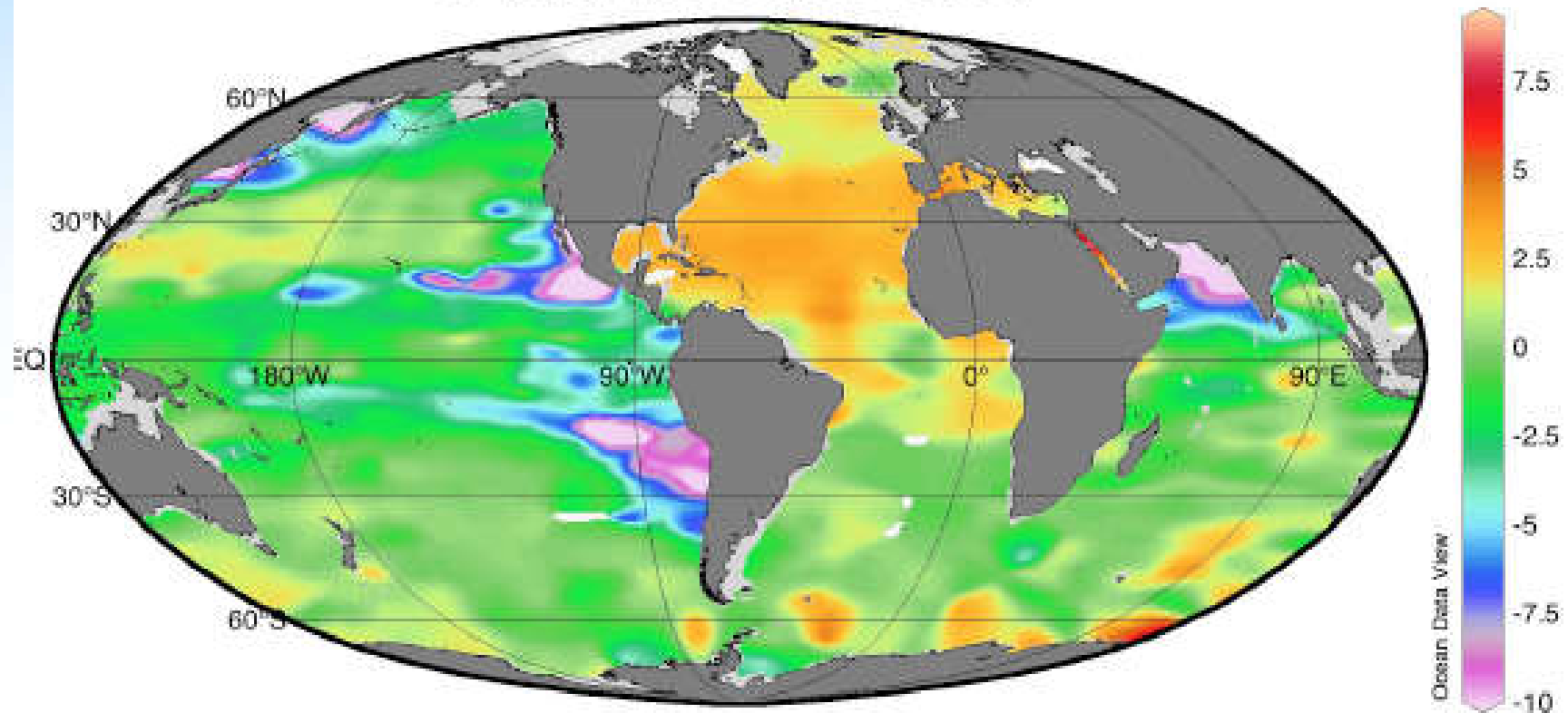
Georgia Tech Biological Oceanography



$$N^* = N - 16 P \quad (\text{Gruber \& Sarmiento 1997})$$

## N\* Distribution Shows Interplay Between N<sub>2</sub>-Fixation and Denitrification

N\* [ $\mu\text{mol/kg}$ ] on Depth = 300 m



$$N^* = 0.87([NO_3^-] - 16[PO_4^{3-}] + 2.9) \quad (\text{Gruber \& Sarmiento 1997})$$

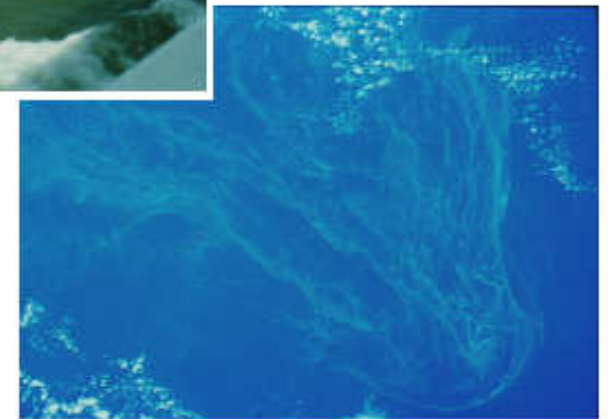
# *Trichodesmium*:



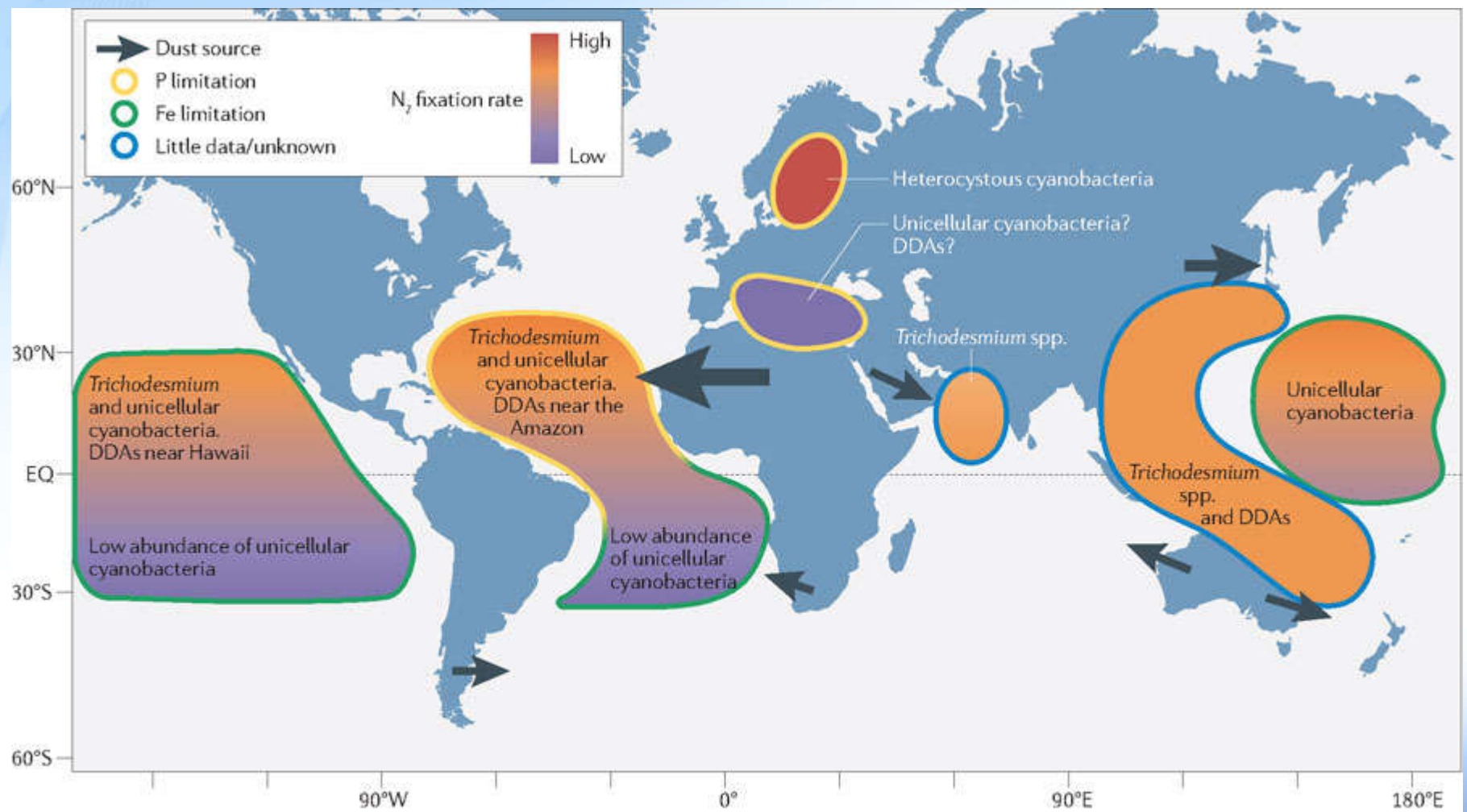
*Trichodesmium* puffs  
(above) and tufts (right).  
Photos by Hans Paerl.



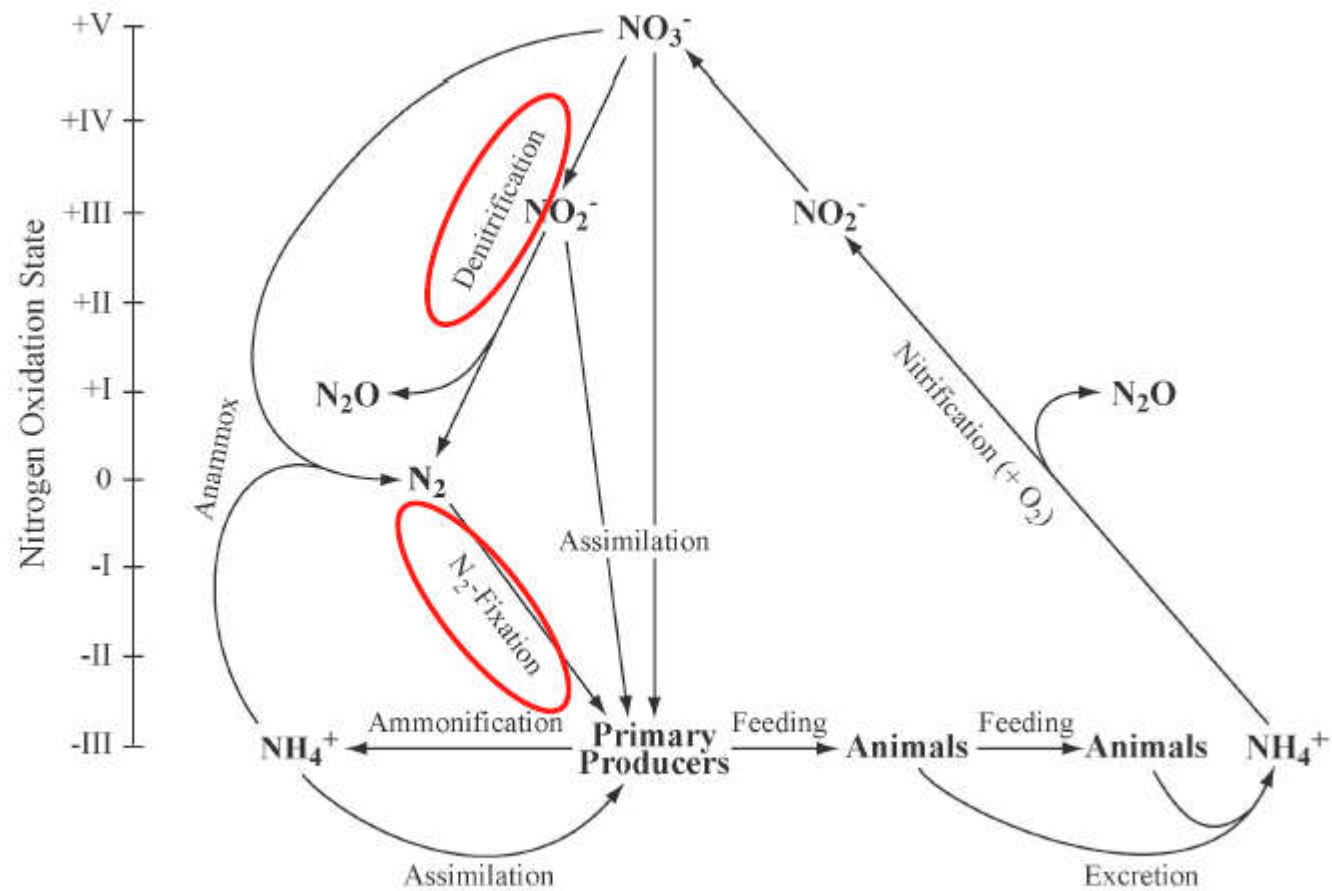
*Trichodesmium*  
blooms from aboard  
ship (left) and from  
space (below).





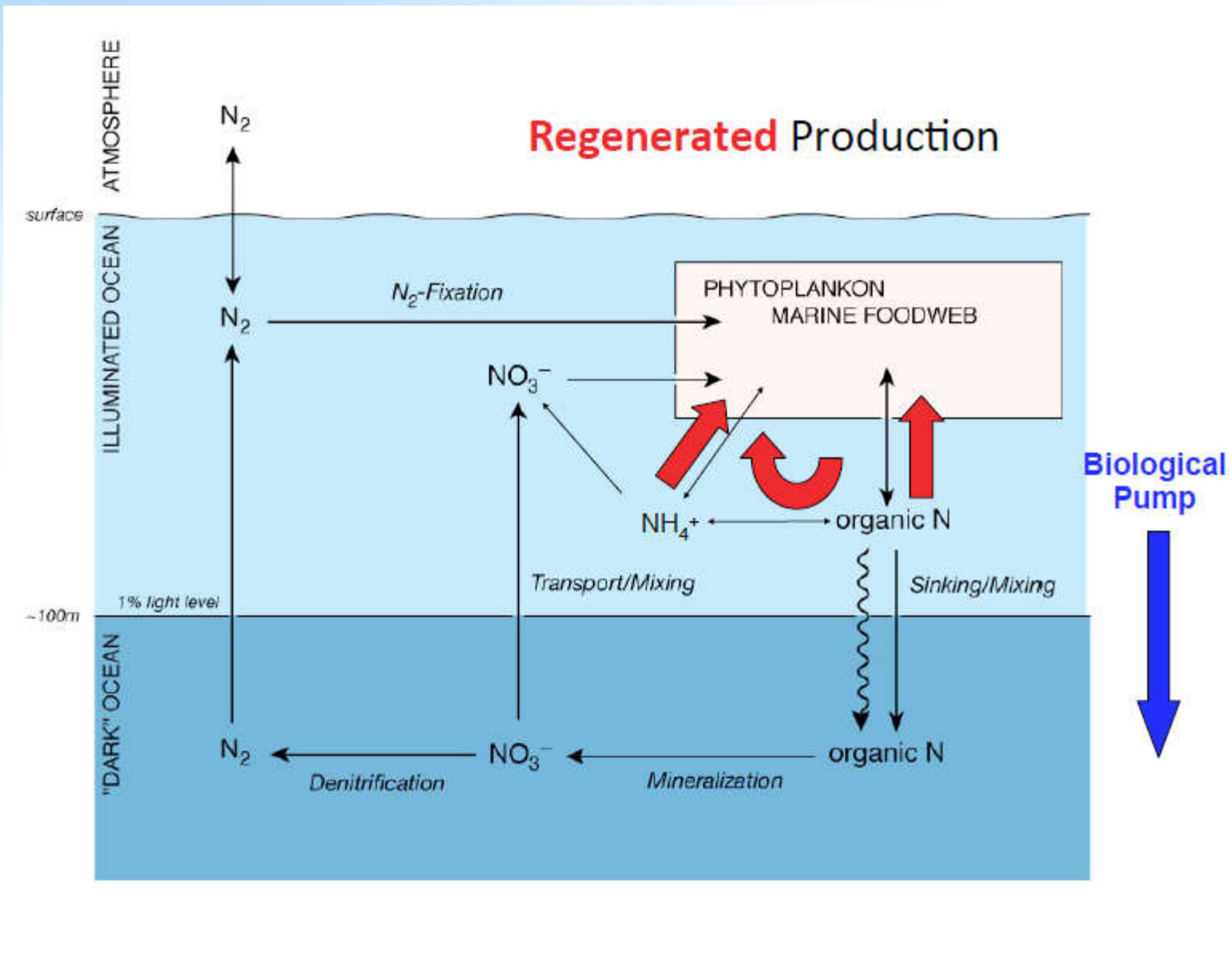


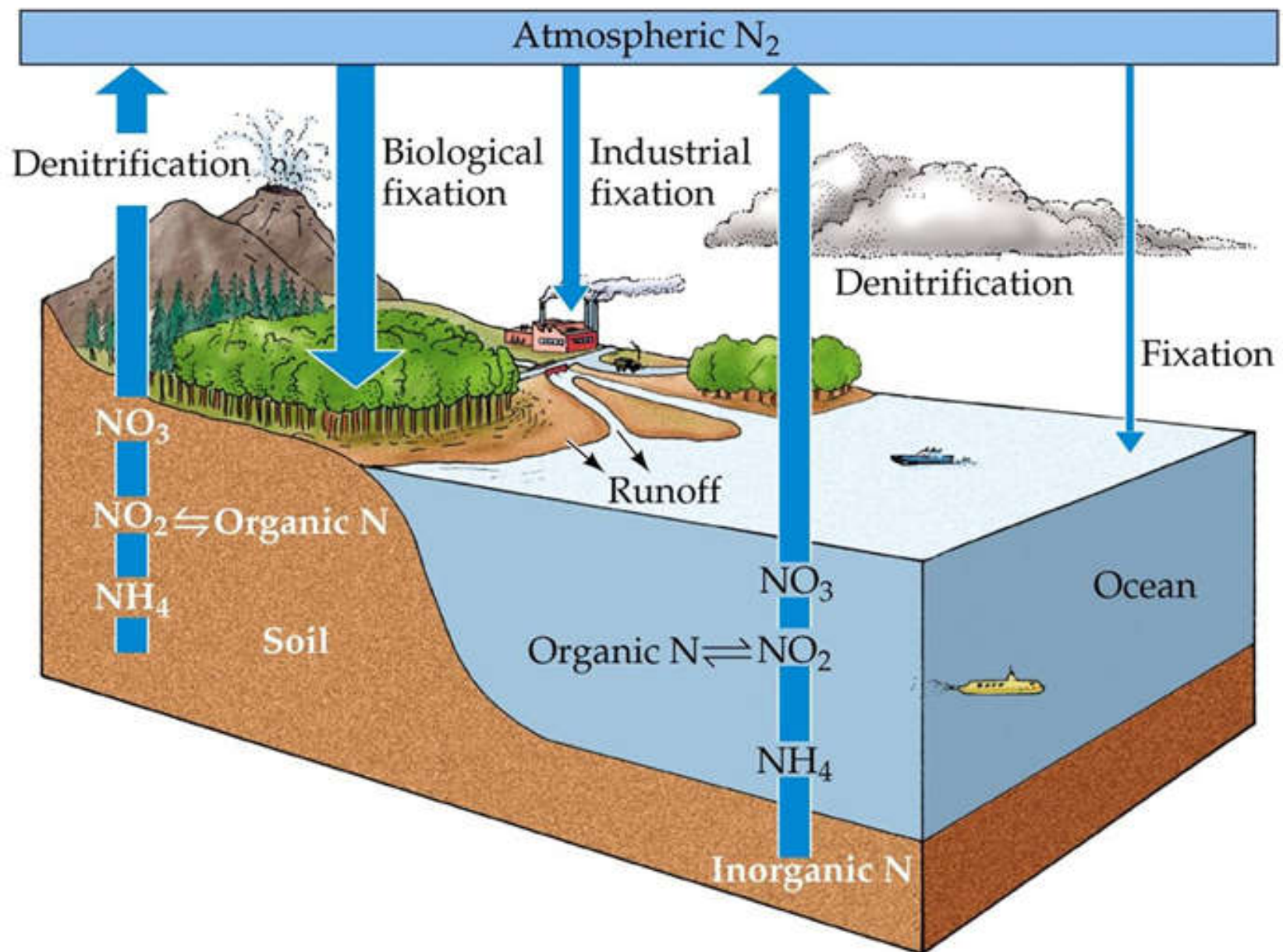
## Major Biological Transformations of Nitrogen



(Inspired by Codispoti 2001 and Liu 1979)

# Ciclo del Nitrógeno en el océano







# Ciclo del carbon en el océano

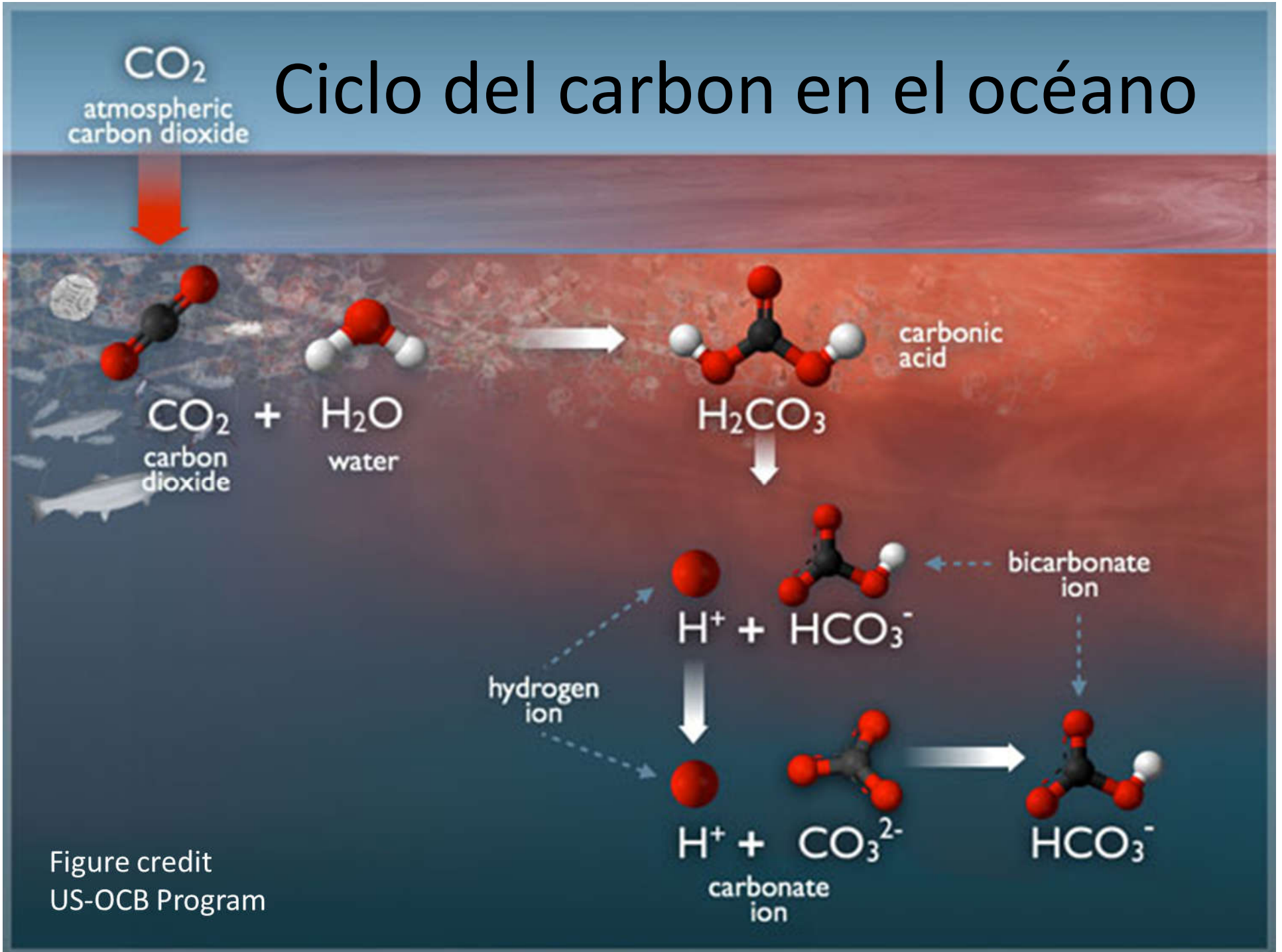
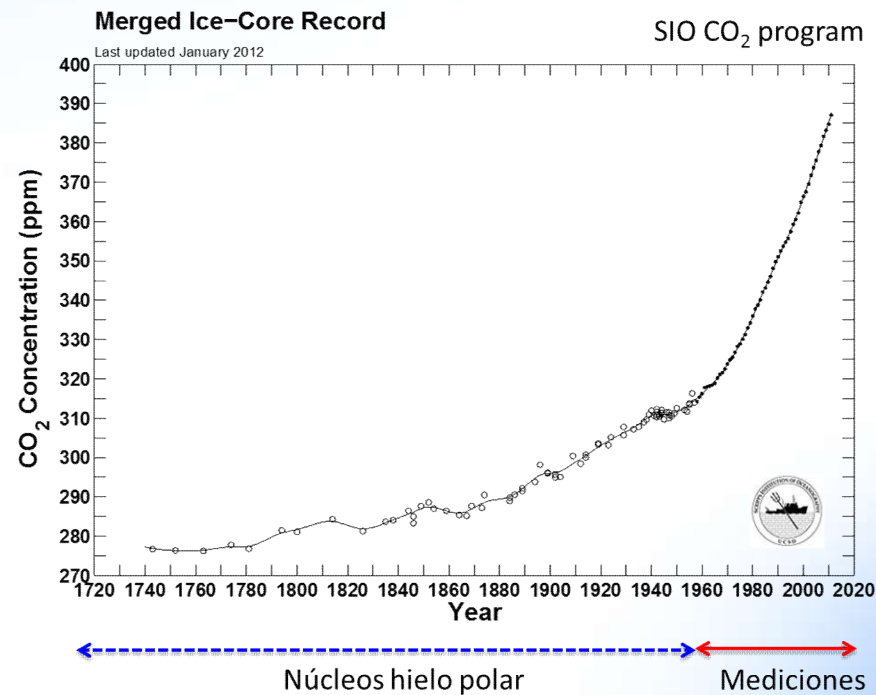
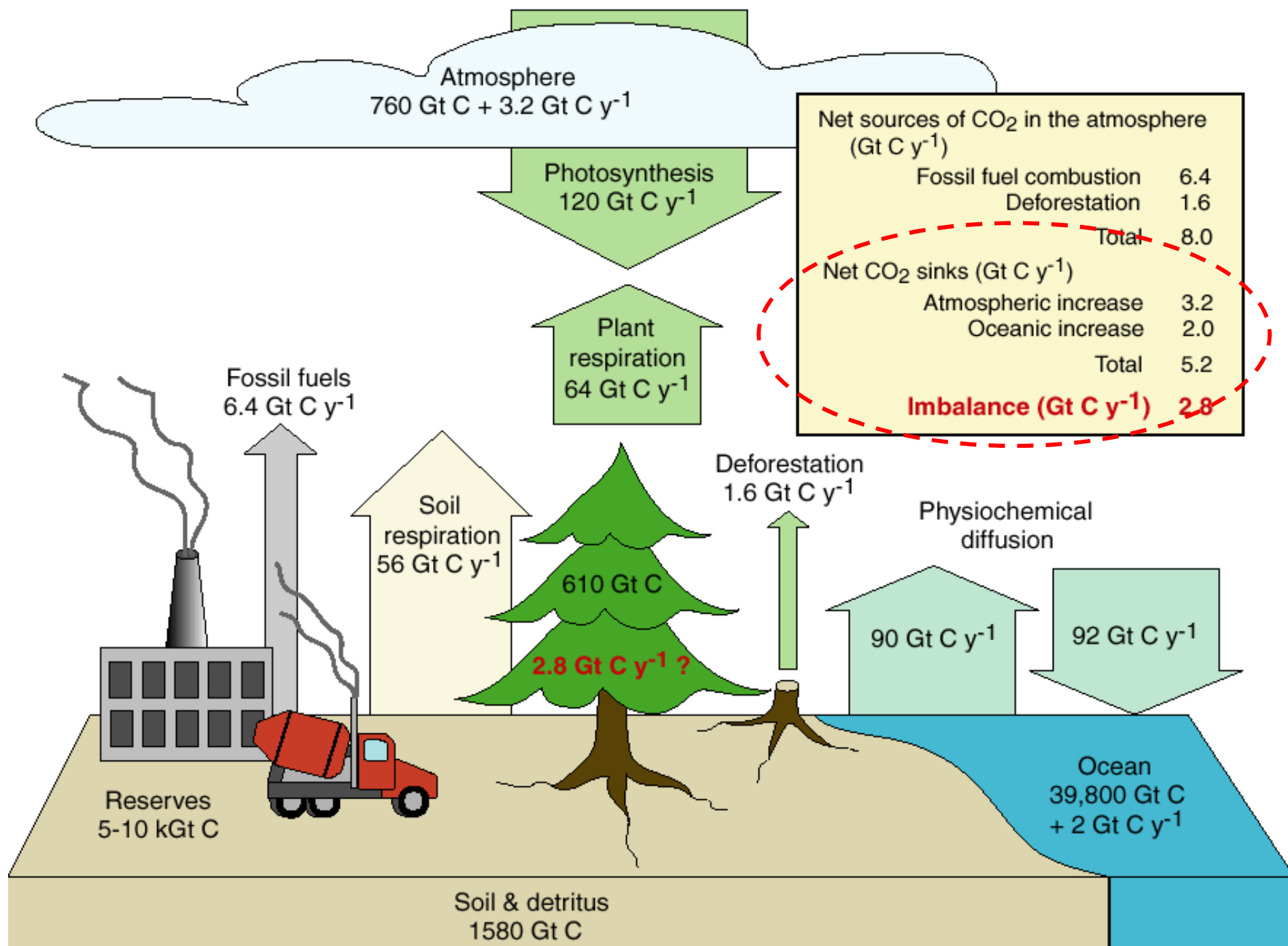


Figure credit  
US-OCB Program

# ¿Por qué es importante?

- CO<sub>2</sub> es uno de los gases efecto invernadero más importantes
- El océano es uno de los más grandes sumideros de CO<sub>2</sub> proveniente de la quema de combustibles fósiles
  - Afecta la química del océano





# Balance de Carbono Global

## Fuentes

- Respiración
- Liberación oceánica ,
- Combustibles fósiles
- Deforestación
- Metano

## Sumideros

- Atmósfera
- Océano
- Vegetación terrestre
- Suelo
- Rocas

## Por fuera del inventario

- Carbon: 2.8 Gt
- CO<sub>2</sub> fertilización
- N fertilización
- Regeneración Forestal

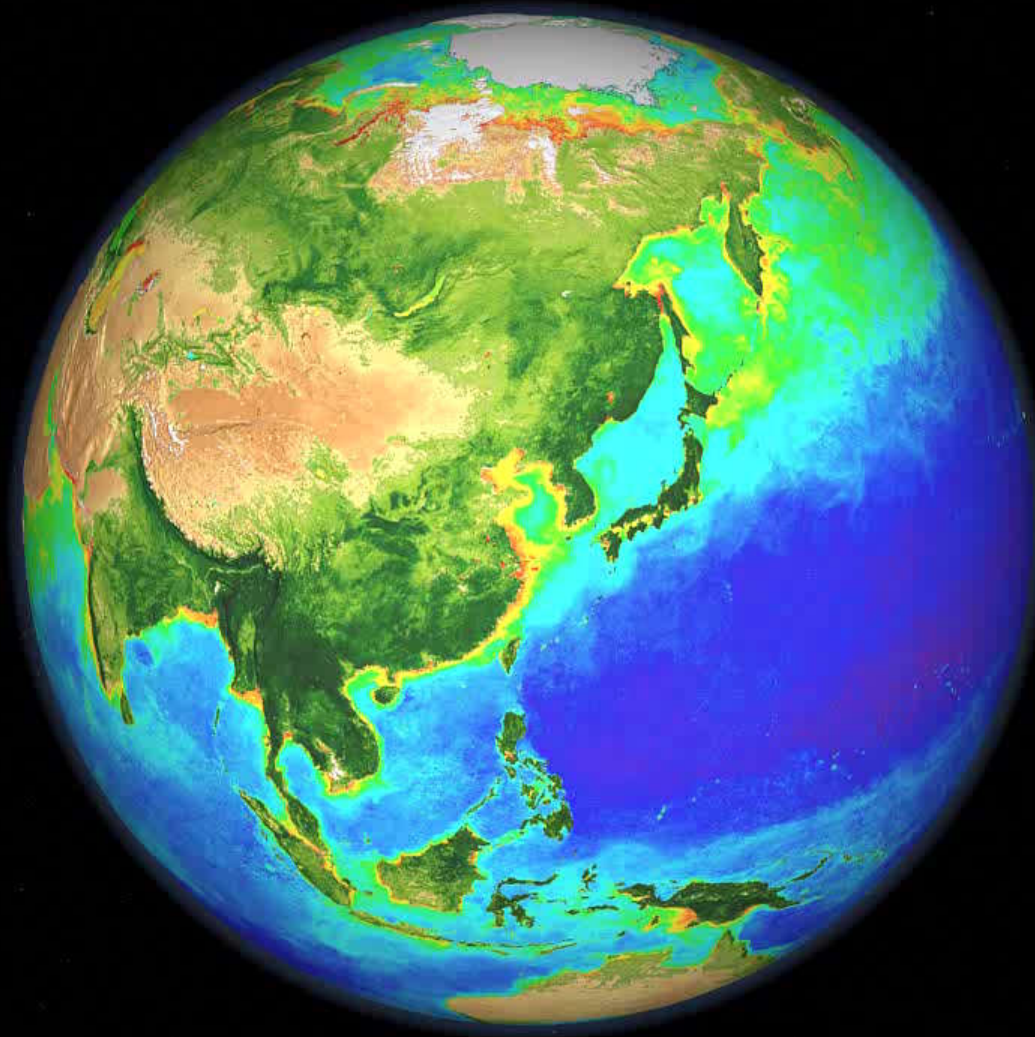


# El ciclo del Carbono

- Las complejas reacciones por las que pasa el carbon se dan en:
  - Atmósfera
  - Tierra (biósfera y corteza terrestre)
  - Océanos
- Los intercambios de carbono se dan en el planteta en todas las escalas de tiempo
  - Ciclos de largo plazo (cientos a millones de años)
  - Ciclos de corto plazo (segundos a años)



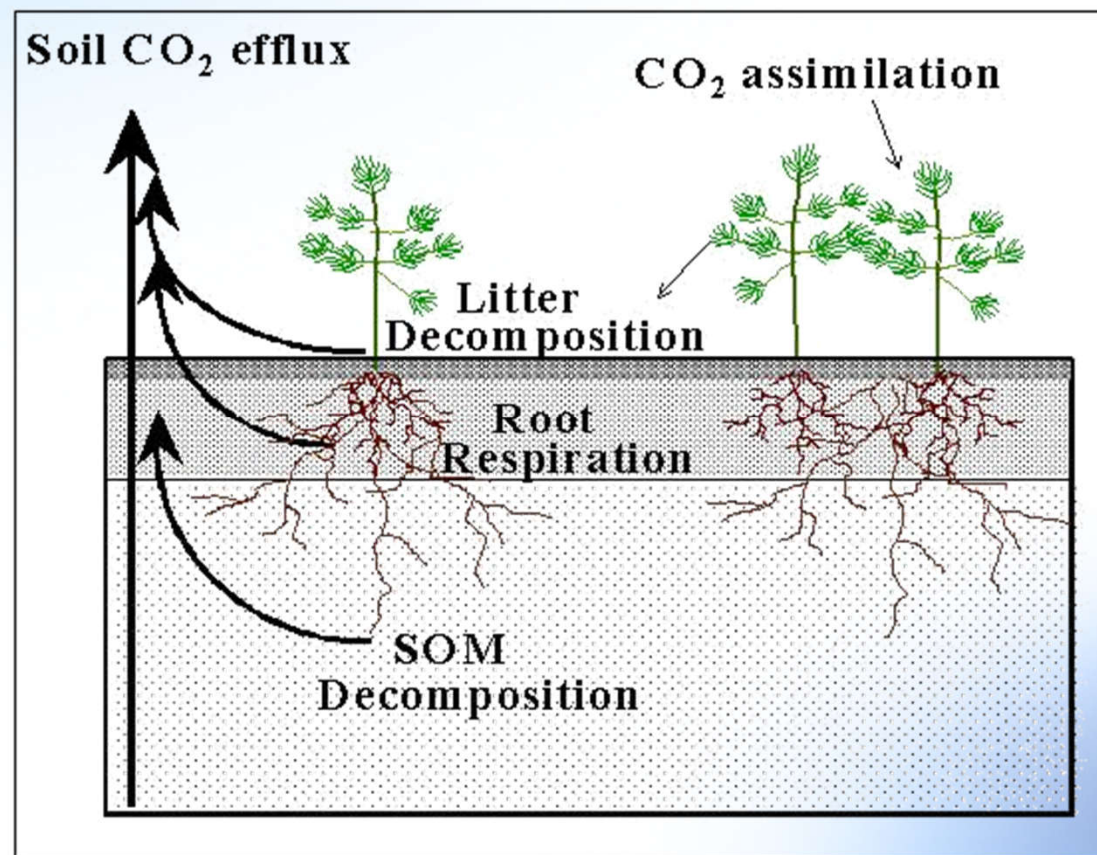
# Ciclos de corto plazo



# Intercambio de Carbono (corto plazo)

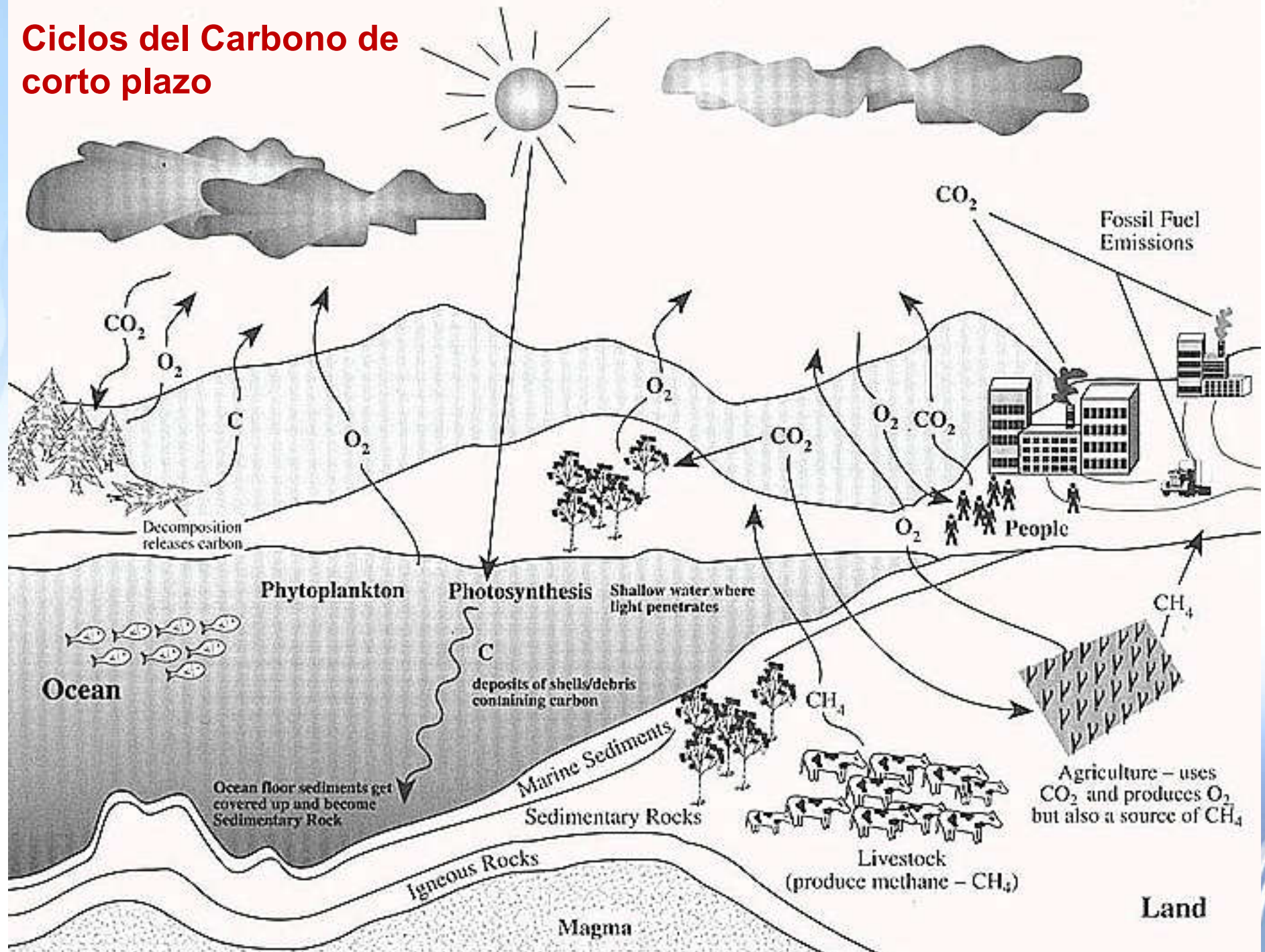
✓ Suelos y Detritus:

Descomposición de la materia orgánica y liberación de carbono





## Ciclos del Carbono de corto plazo





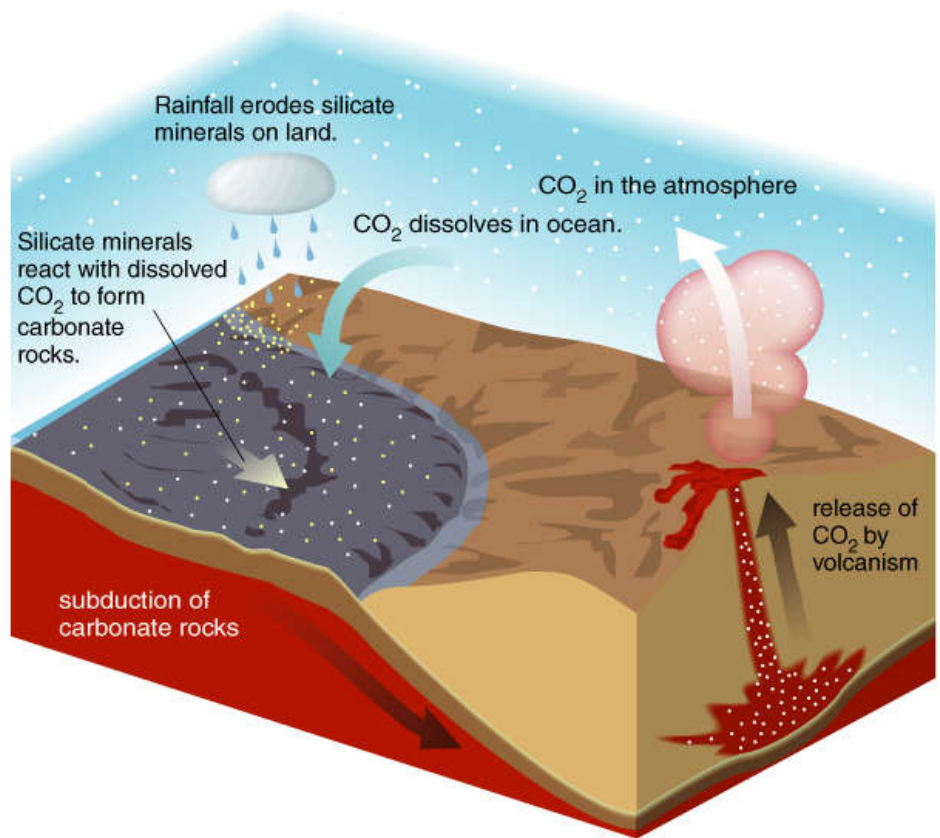
# Ciclo del carbono en el largo plazo

- ✓ El carbono se transporta lenta y continuamente en el sistema tierra
  - Entre atmósfera / **océano** / biosfera
  - Y la corteza terrestre (rocas como la caliza)
- ✓ Los principales componentes en el ciclo del carbono a largo plazo:
  - **La meteorización química** (" conversión de silicato a carbonato")
  - **Vulcanismo / subducción**
  - Enterramiento de carbono orgánico
  - La oxidación de carbono orgánico



# ¿Dónde se almacena la mayoría del carbono?

- ✓ La mayor parte del carbono esta "bloqueado" en la corteza de la tierra (es decir, rocas) como Carbonatos (que contiene carbono)
- ✓ La piedra caliza está compuesta principalmente de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ )
- ✓ Los carbonatos se forman por un proceso geoquímico complejo: Conversión de Silicato-a-Carbonato



© Addison-Wesley Longman

# Conversión Silicato a Carbonato

## 1. Meteorización química

- $\text{CO}_2 + \text{lluvia} \rightarrow \text{ácido carbónico}$
- ácido carbónico disuelve las rocas de silicato

## 2. Transporte

- Los productos en solución son transportados a los océanos por los ríos

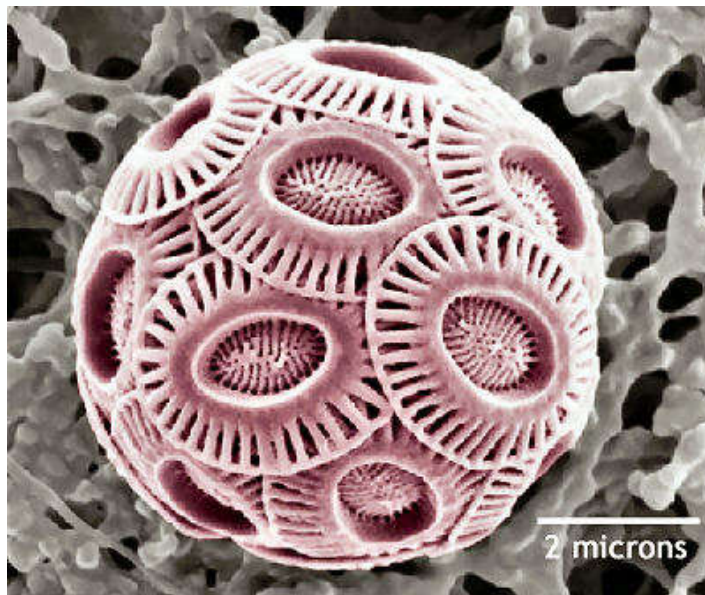
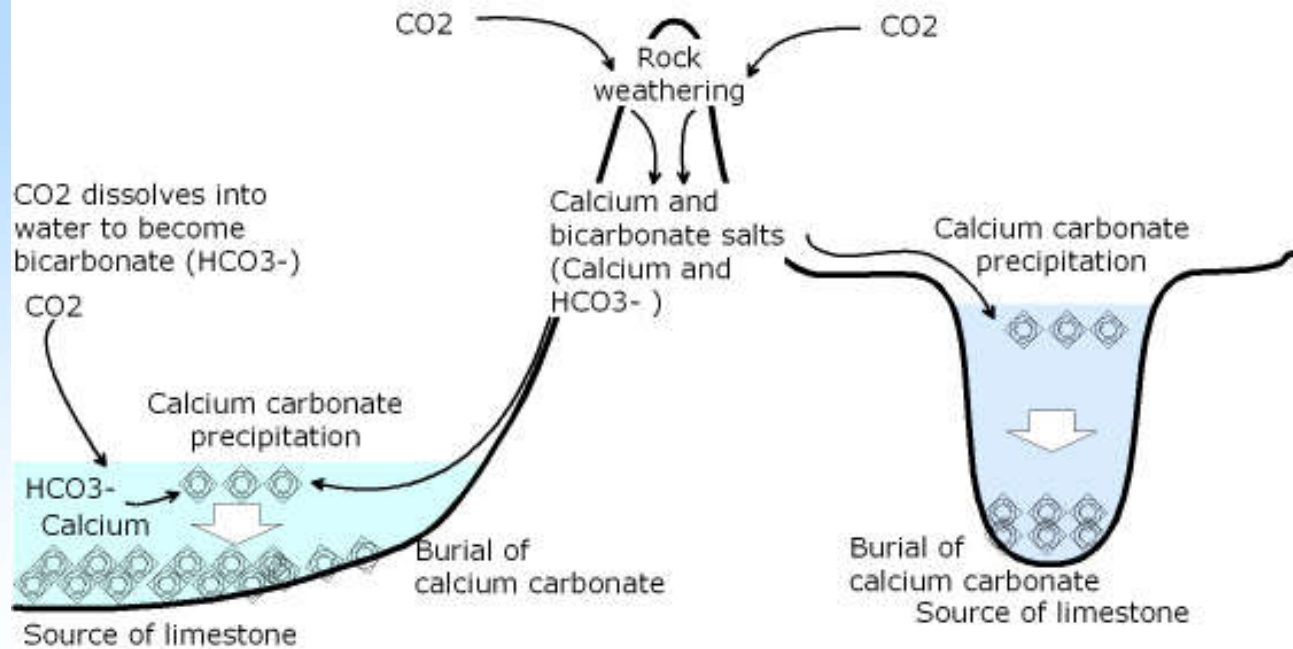


## 3. Formación

- En los océanos, el carbonato de calcio precipita y se **acumula** en el fondo marino



### Deposition of Calcium Carbonate



Coccolitóforos son criaturas planctónicas que toman carbonato de calcio disuelto en el agua y lo convierten en una sustancia sólida para construir sus conchas.



# Los cambios en la meteorización química

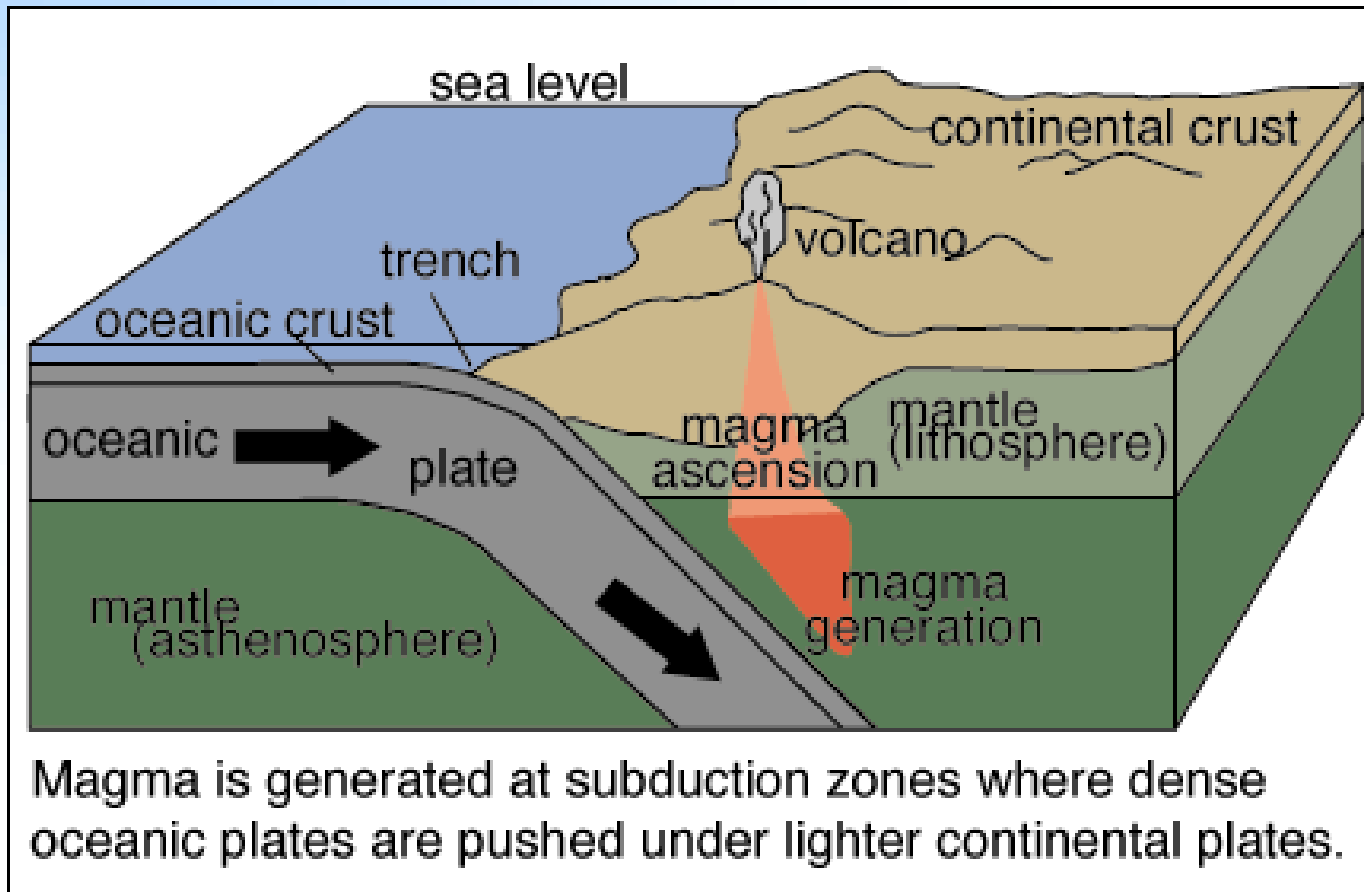
El proceso es dependiente de la temperatura:

- la velocidad de evaporación → más vapor de agua, más nubes, más lluvia
- A medida que el  $\text{CO}_2$  aumenta en la atmósfera, el planeta se calienta. La evaporación aumenta, por lo tanto el flujo de carbono en las rocas aumenta, disminuyendo así el  $\text{CO}_2$  de la atmósfera y baja la temperatura del planeta

**Ciclo negativo**



# Subducción



Durante estos procesos, el calor y la presión extrema convierten las rocas carbonatadas en  $\text{CO}_2$

# Erupción Volcánicas

La erupción inyecta en  
(Mt – megatons)

17 Mt  $\text{SO}_2$ ,

42 Mt  $\text{CO}_2$ ,

3 Mt Cl,

491 Mt  $\text{H}_2\text{O}$

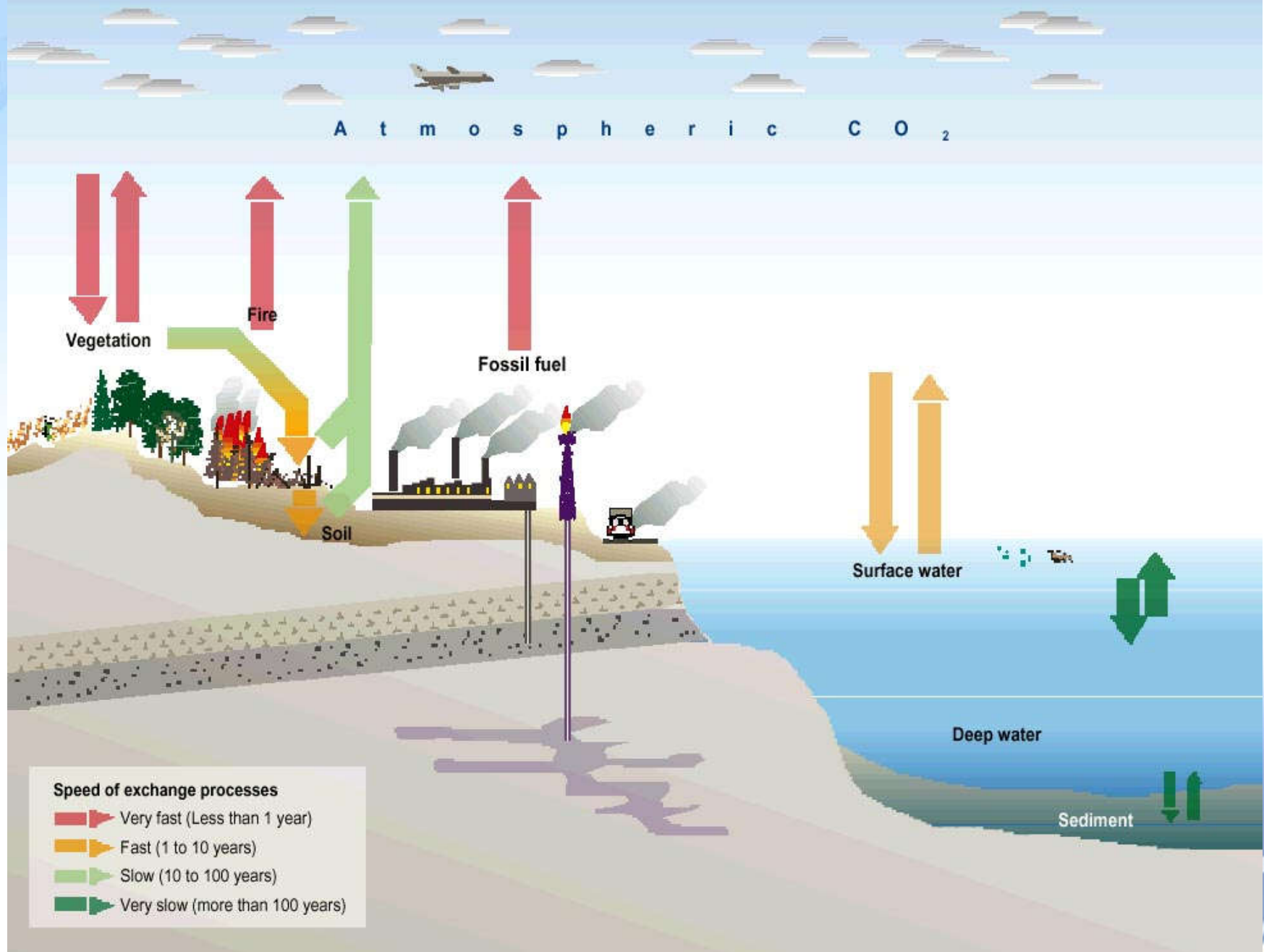
Erupción Pinatubo 1991 →  
retrazo el crecimiento del  $\text{CO}_2$   
en la atmósfera → aumento  
de la nubosidad →  
enfriamiento → aumento de  
la solubilidad en el océano



Mt. Pinatubo (June 15, 1991)



## Fast and slow processes in the carbon cycle





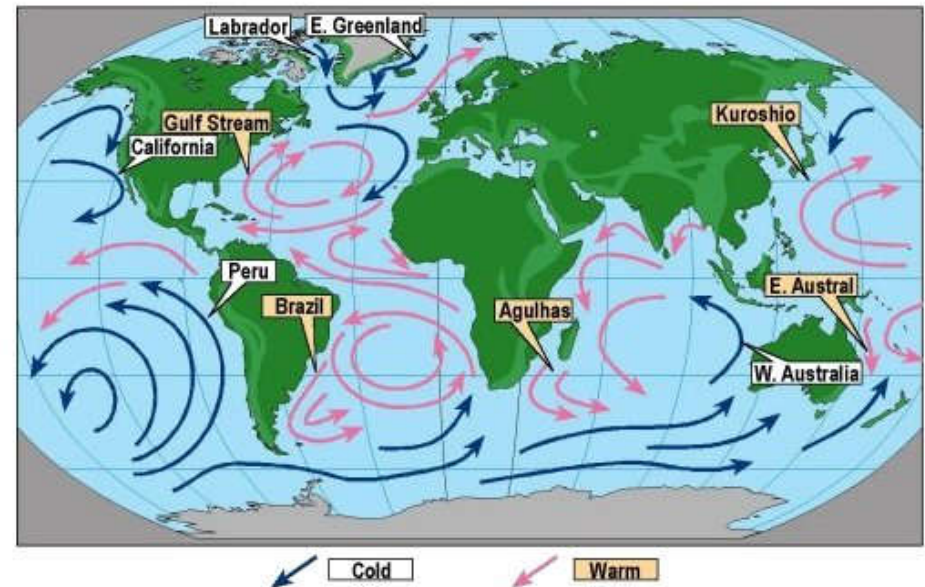
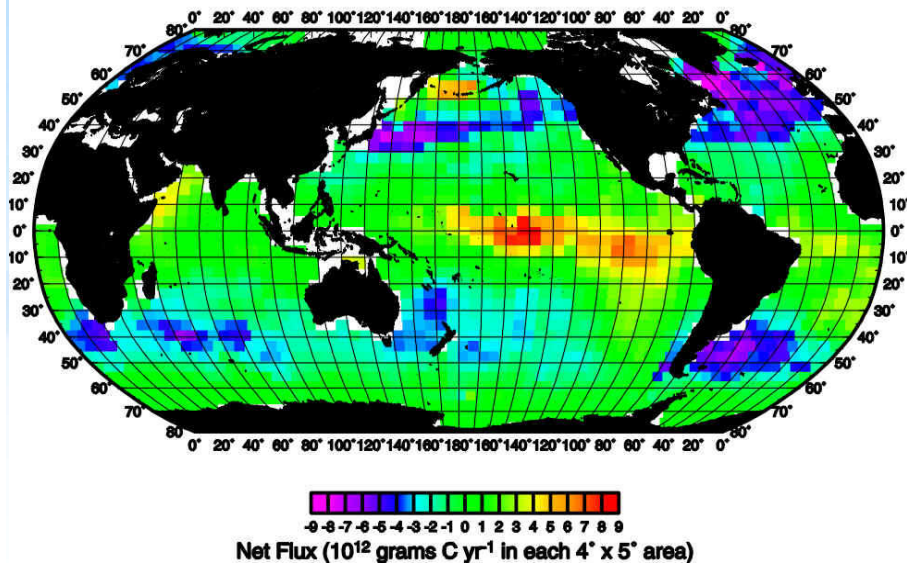
# Flujo neto atmósfera – océano

Los flujos son regulados por la distribución de  $p\text{CO}_{2\text{sw}}$ , forzados por:

- **Circulación oceánica**
- Actividad biológica del **océano**
- El incremento de la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera

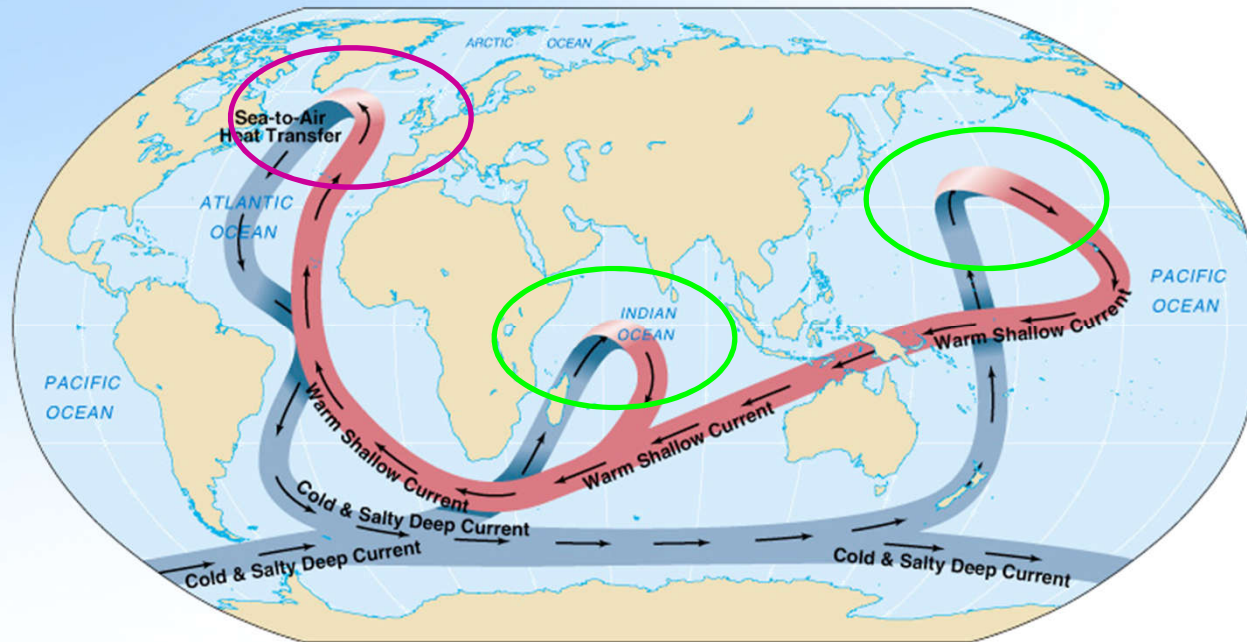


# Influencia de la circulación



- Regiones donde convergen corrientes cálidas y aguas frías normalmente corresponden con regiones de captura (N.O. Atlántico, Pacífico).
- Regiones que saturan las aguas profundas, donde el agua son lo suficientemente frías para descender. (N. Atlántico, Océano Sureste).
- En las regiones de surgencia tropical, donde aguas de la subsuperficie afloran en al superficie donde son calentadas rapidamente y liberan el Carbono almacenado (Pacífico Ecuatorial).

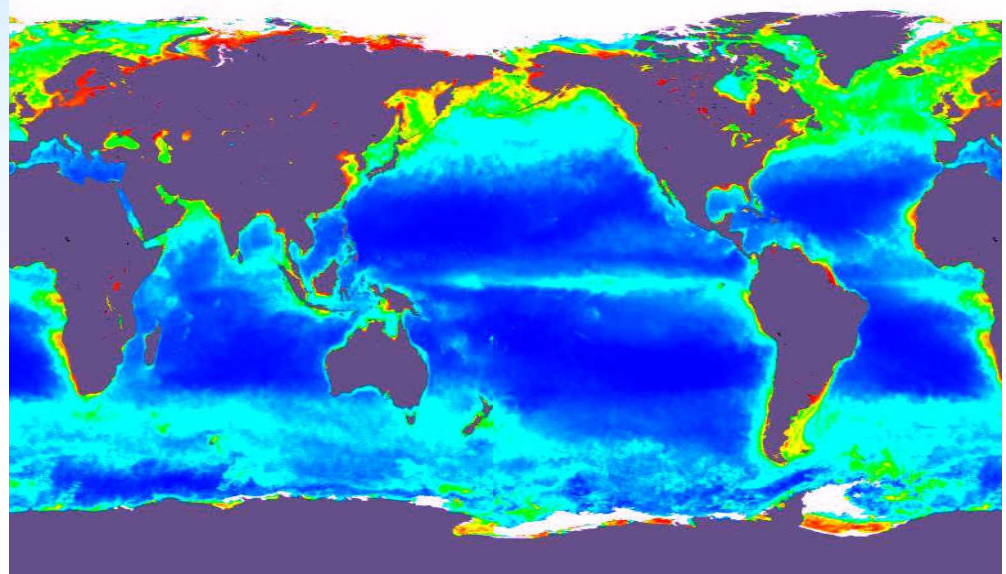
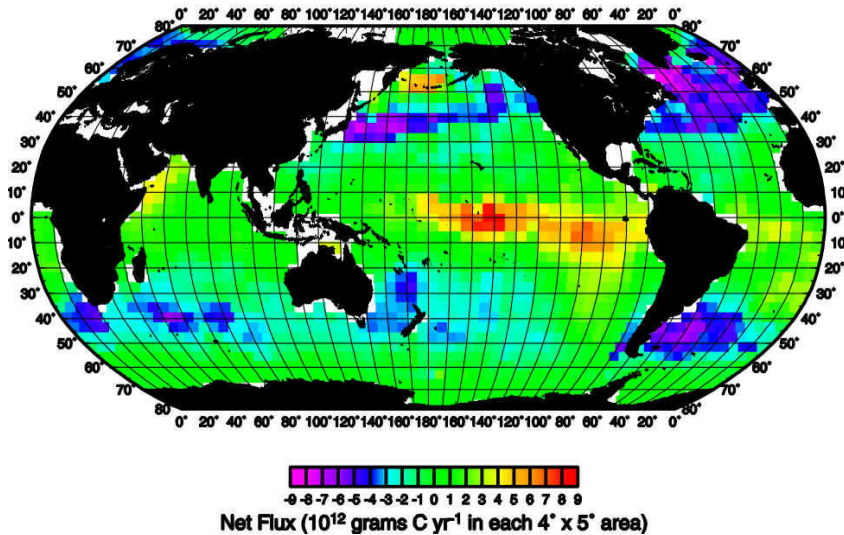
# Corrientes termohalinas



- ✓ El Norte del Atlántico es una región de fuerte enfriamiento, asociado con la deriva del Atlántico Norte.
- ✓ Las guas frías capturan  $\text{CO}_2$  y se hunden posteriormente.
- ✓ El agua aflora en otras partes del océano, sobre todo el Pacífico ecuatorial. Regiones de afloramiento son generalmente fuentes de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera – las aguas profundas tiene altos niveles de  $\text{CO}_2$  que cuando son calentadas en la superficie liberan  $\text{CO}_2$ .
- ✓ Esta circulación controla la rapidez con que se lleva el agua del océano profundo a la superficie, y por lo tanto la rapidez con que el océano se equilibra a los cambios en la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera.



# Influencia biológica



- ✓ El crecimiento plantónico fija dióxido de carbono del agua y entonces decrece  $\Sigma\text{CO}_2$ , y en consecuencia  $p\text{CO}_2$ .
- ✓ Especialmente notable en el Atlántico Norte, que cuenta con la más intensa floración de todas las regiones principales del océano.
- ✓ En el Pacífico ecuatorial, floraciones de plancton son restringidos por falta de hierro - parte de la explicación a la alta  $p\text{CO}_2$  allí.
- ✓ En el Atlántico ecuatorial, la surgencia es menos intensa y existe más hierro disponible producido por el polvo atmosférico.