

Ciclos biogeoquímicos



Repaso Flujo de materia, Comparaciones entre ecosistemas terrestres y acuáticos

Generalidades del flujo de nutrientes

Ciclo del oxígeno

El rol del ozono

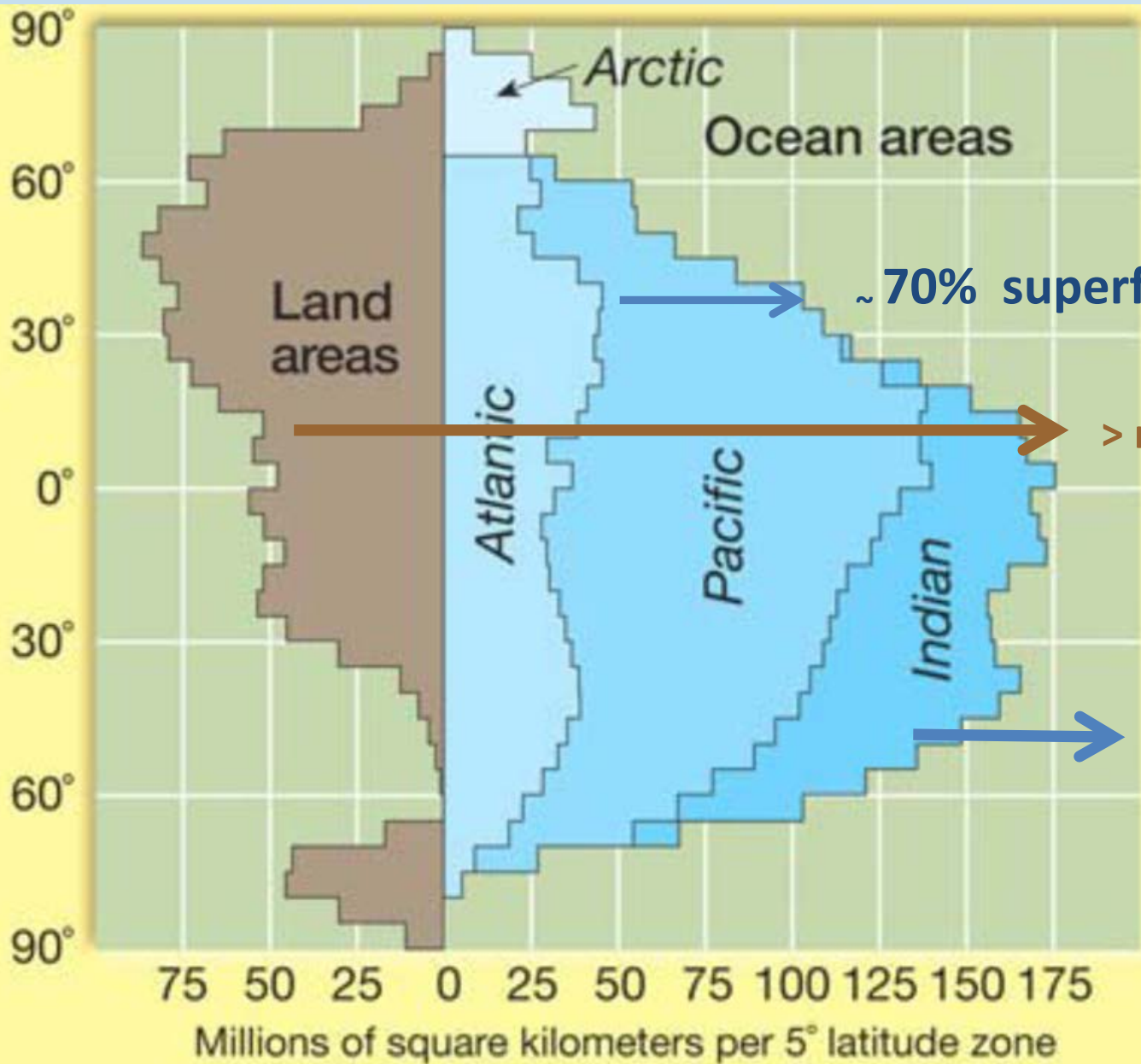
Ciclo del agua,

Ciclo del fósforo,

Ciclo del azufre

Ciclo del nitrógeno,

Ciclo de carbono



~ 70% superficie planeta

> riqueza (S: 2×10^6 ,)

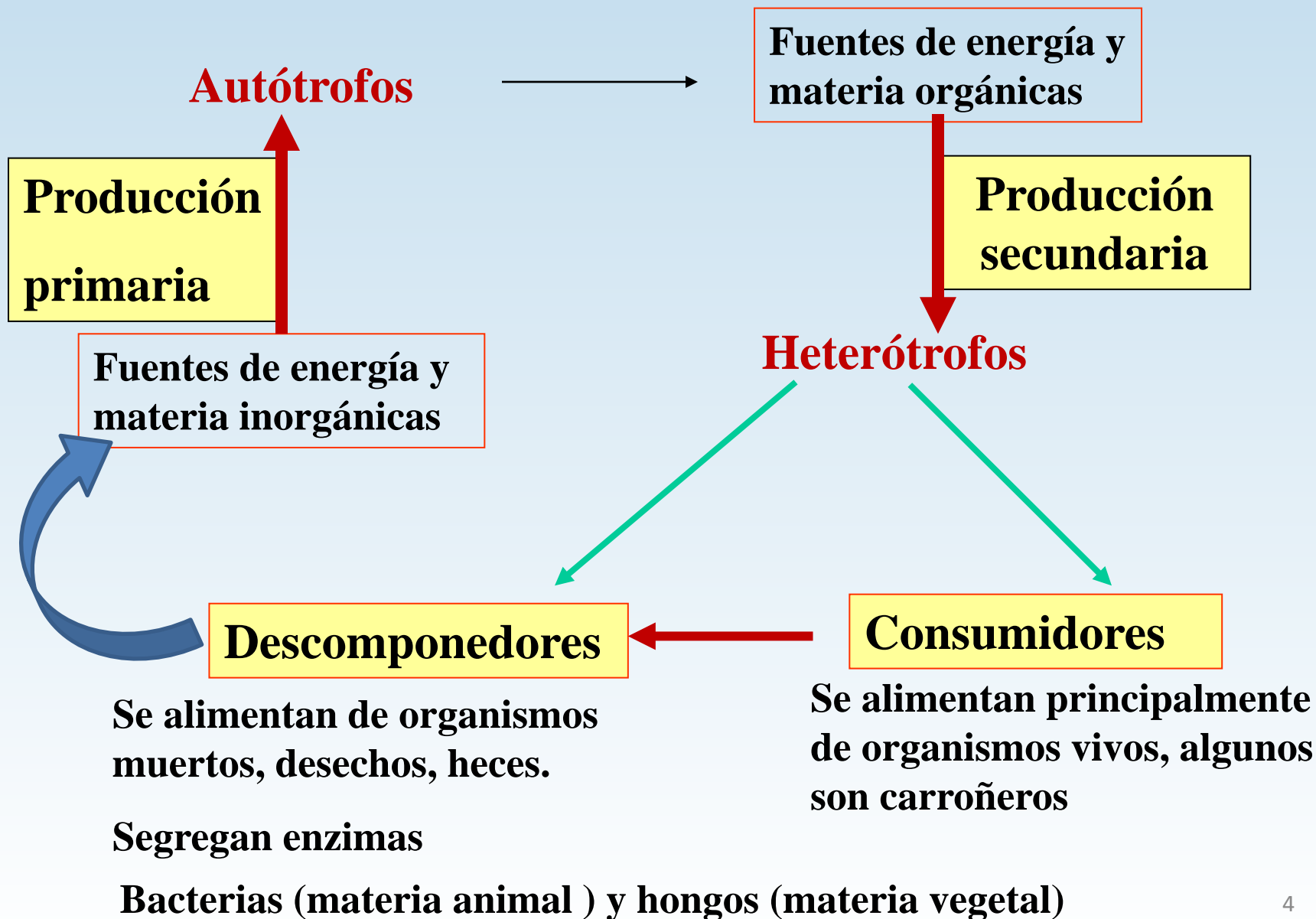
Sólo 325000 marinas!

Algunas comparaciones

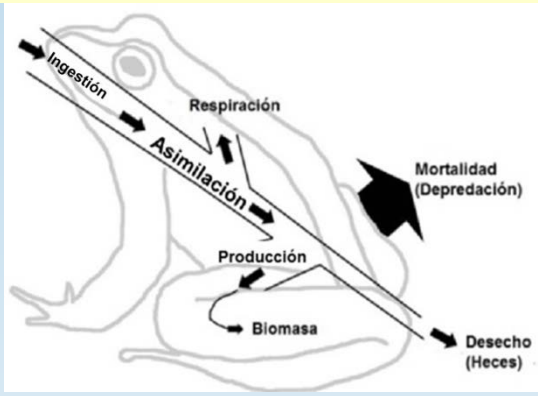
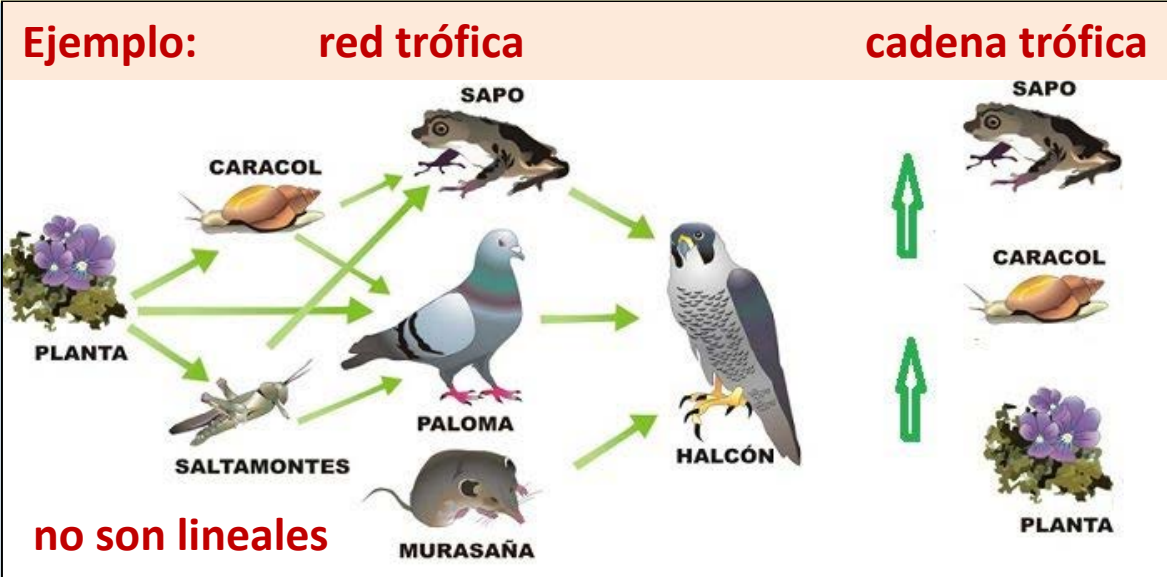
CARACTERÍSTICAS	TERRESTRE	MARINO
Densidad	0.001293 g.cm ⁻³	1.027g.cm ⁻³ , 800 veces mayor!
Viscosidad	1.983 ·10 ⁻⁵ Pas	1.08 ·10 ⁻³ Pas 60 veces mayor!
Resistencia eléctrica		16 veces menor
Transmisión del sonido	346 m/seg	1518 m/seg 4 veces mayor!
Uso de la visión/sonido	ambos semejantes	mayor uso del sonido
Gravedad	Estructuras de sostén	No, en menor medida
[O ₂]	cte, 21%	Muy variable (T, S)
Presencia de DOM	no	si
Disponibilidad nutrientes	suelo, abundantes	disueltos en H₂O, + escasos
Luz	Reciben todo el espectro	Se absorbe diferencialmente
Filtro de la radiación	Atmósfera	Atmósfera + agua

Los cambios en el océano son más lentos; en la tierra los sistemas de alta/baja presión se trasladan mayores distancias en menor tiempo (ejemplo 1000 km en 3 días).

Autótrofos vs heterótrofos



La organización y la estructura de las redes tróficas está influenciado por el ambiente

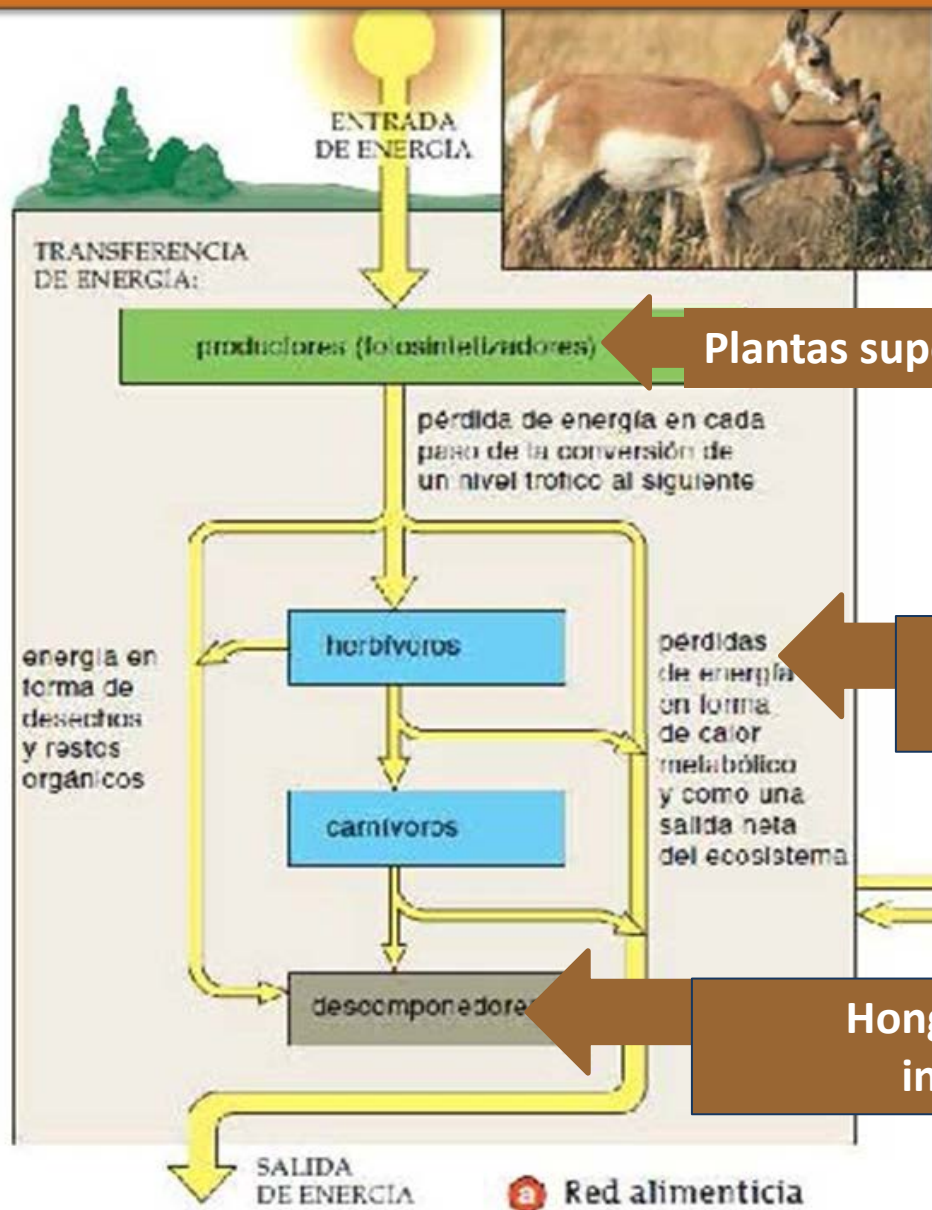


La energía ingerida es utilizada para procesos metabólicos. Luego se transforma en biomasa. El flujo continúa si es ingerida por depredadores.

Los recursos se comparten, en especial en los primeros niveles tróficos

- En general, los ambientes más fluctuantes suelen tener cadenas tróficas más cortas y los ambientes más constantes suelen tener más niveles tróficos y cadenas más largas.
- Las redes tróficas más complejas son aquellas con mayor número de herbívoros y que poseen cadenas tróficas cortas. Contrariamente las redes tróficas más sencillas, tienen mayor número de grandes carnívoros.

¿Cómo funcionan las cadenas tróficas en el mar y en la tierra?

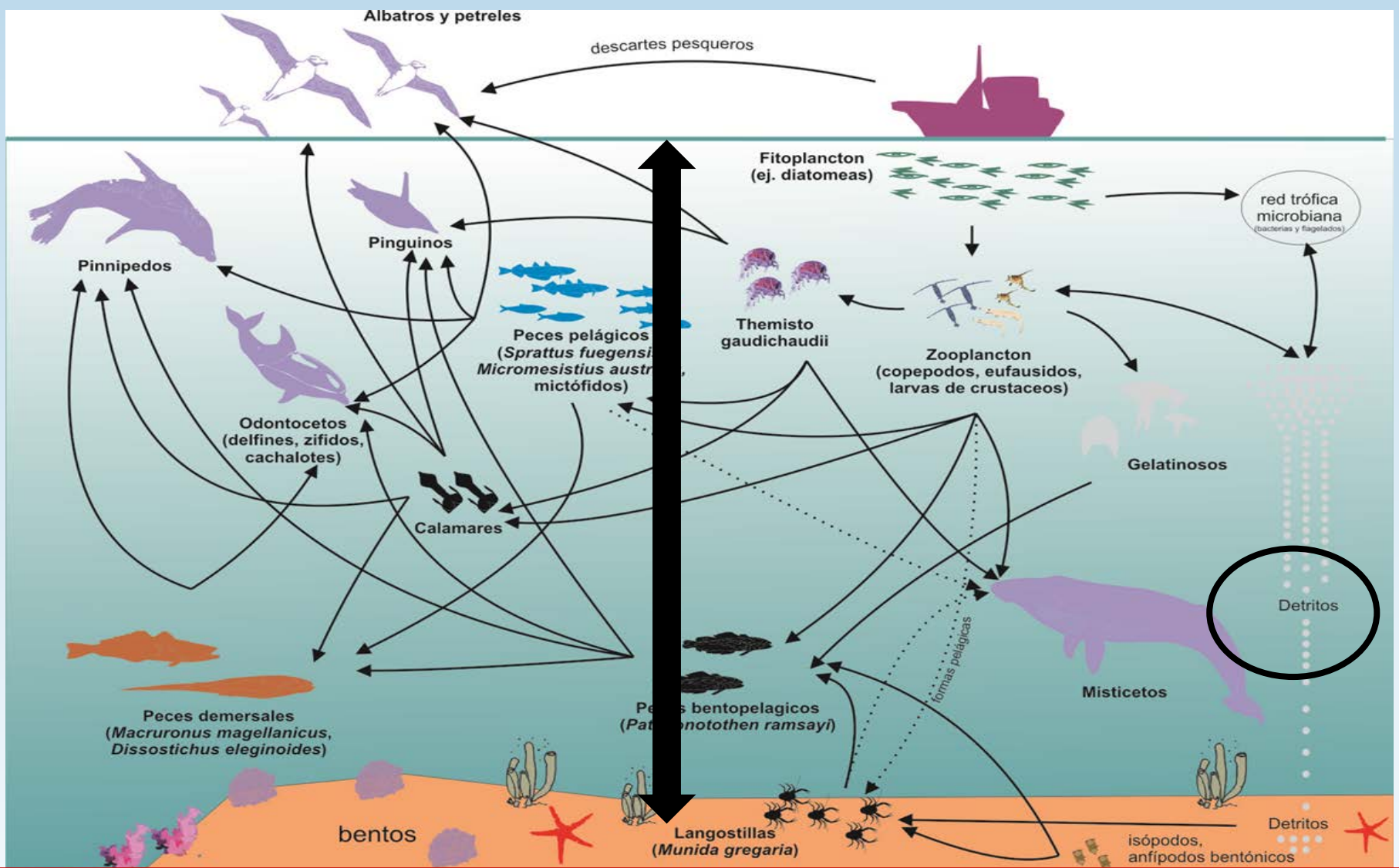


Las redes tróficas más complejas son aquellas con mayor número de herbívoros y que poseen cadenas tróficas cortas

Niveles tróficos altos (mamíferos)

Hongos, bacterias e invertebrados

Animales terrestres gastan mucha energía en mantener su temperatura y vencer la gravedad = **CADENAS TRÓFICAS CORTAS**

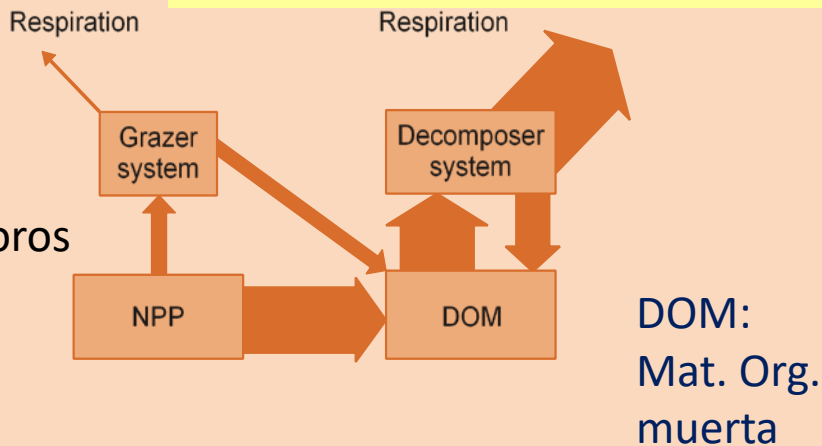


En los animales acuáticos la energía se canaliza para el crecimiento y la reproducción
= CADENAS TRÓFICAS LARGAS

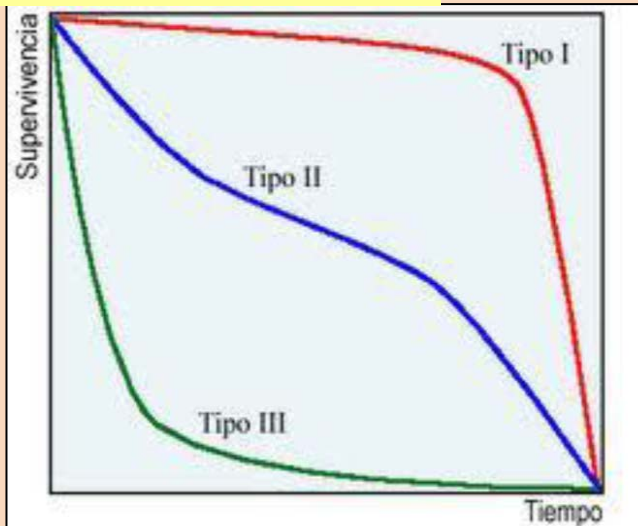
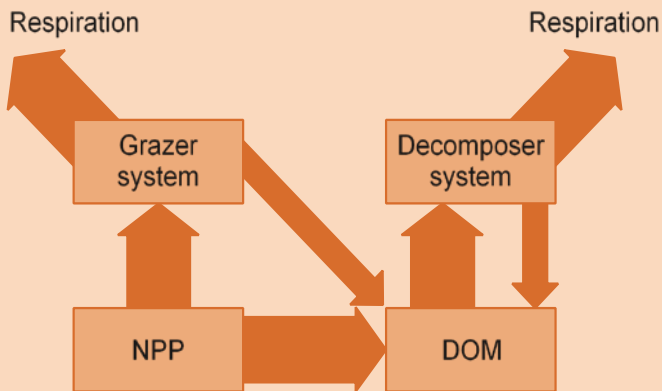
La luz como limitante de las profundidades y el transporte de la materia orgánica hacia el fondo

Ecosistemas terrestres vs acuáticos

(a) Forest



(c) Plankton community



En ambientes marinos, predominan las curvas tipo II y III

Distintas estrategias para capturar el alimento

Eufaúsidos



Esonjas



Salpas



M
A
R

- **Productores:** fitoplancton (organismos pequeños)
- **Herbivoría:** meso/macrozooplancton, bentos (organismos **filtradores** sésiles y móviles)
- **Descomponedores:** bacterias

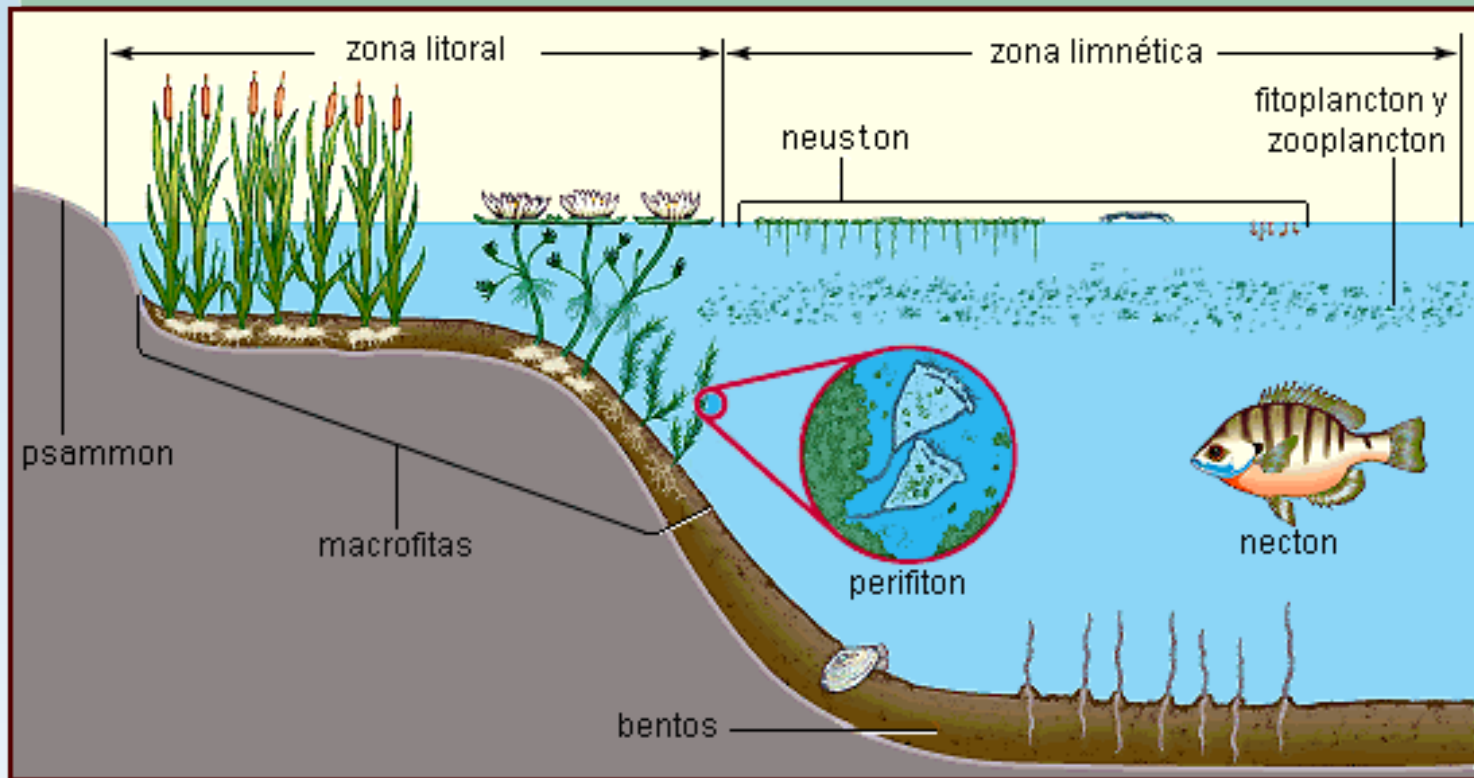
Relación entre Productividad primaria neta y biomasa en distintos ecosistemas: terrestres vs acuáticos

Fig 17. 6 Begon

OO	Open ocean	SM	Swamp and marsh	WS	Woodland and scrubland
CS	Continental shelf	TRF	Tropical rainforest	S	Savanna
UW	Upwelling zone	TSF	Tropical seasonal forest	TG	Temperate grassland
ABR	Algal beds and reefs	TEF	Temperate evergreen forest	TA	Tundra and alpine
E	Estuaries	TDF	Temperate deciduous forest	DSD	Desert and semi-desert
FW	Freshwater lakes and streams	BF	Boreal forest	CL	Cultivated land



¿qué factores determinan la producción primaria y secundaria en un lago?



- Los nutrientes y la luz limitan la producción primaria.
- Lagos someros vs lagos profundos: la luz determina el límite inferior para el crecimiento fitoplanctónico.
- La zona litoral es más rica que la zona limnética: el perifiton, el bentos, el neuston.
- En la zona litoral, las macrófitas son los principales productores primarios, mientras que en la zona limnética es el fitoplancton.
- La producción secundaria se ve limitada cuando disminuye la PP.

- La luz y los nutrientes limitan la producción primaria en los



En el mar, hay 2 divisiones principales:

ambiente pelágico (columna de agua) y ambiente bentónico (fondo).

A su vez, existen zonas neríticas (zonas sobre la plataforma continental) y zonas oceánicas.

La salinidad es bastante constante, oscila alrededor de 35, compuesta por cloro y sodio principalmente.

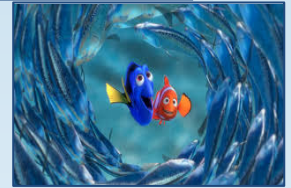
Varia según las masas de agua, los procesos de mezcla, en especial en las zonas neríticas.

Las comunidades de mares profundos son muy distintas a las de los mares iluminados. La luz es uno de los principales limitantes en el océano

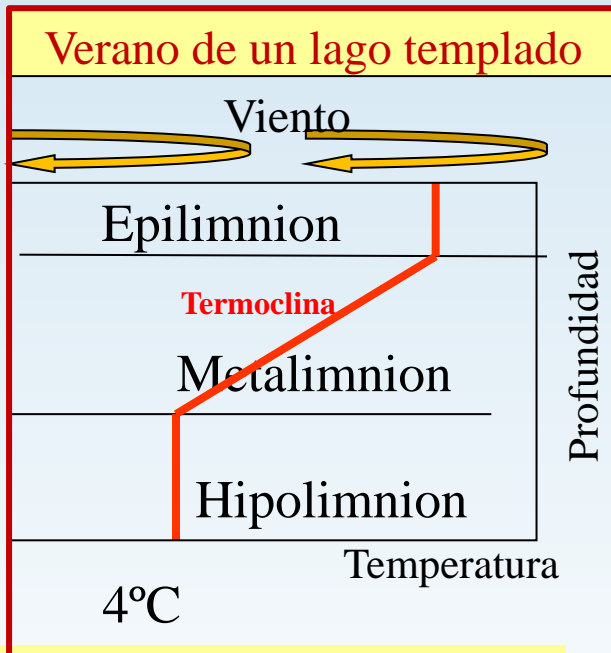
La presión en el océano varía de 1 atmósfera en superficie a 1000 atmósferas en el mar profundo

Corrientes y procesos de estratificación y mezcla

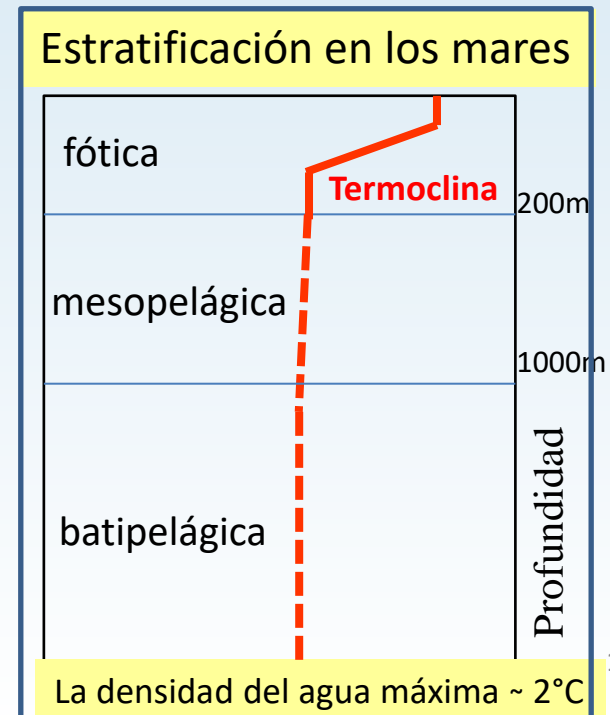
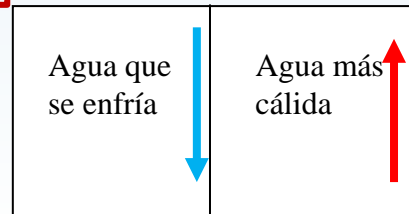
- La acción del viento interviene en la mezcla superficial de las aguas y este proceso es de gran importancia ecológica.
- La acción de las corrientes marinas puede afectar la distribución de nutrientes: frentes costeros y oceánicos, upwellings.
- La estratificación puede ser temporaria o permanente.



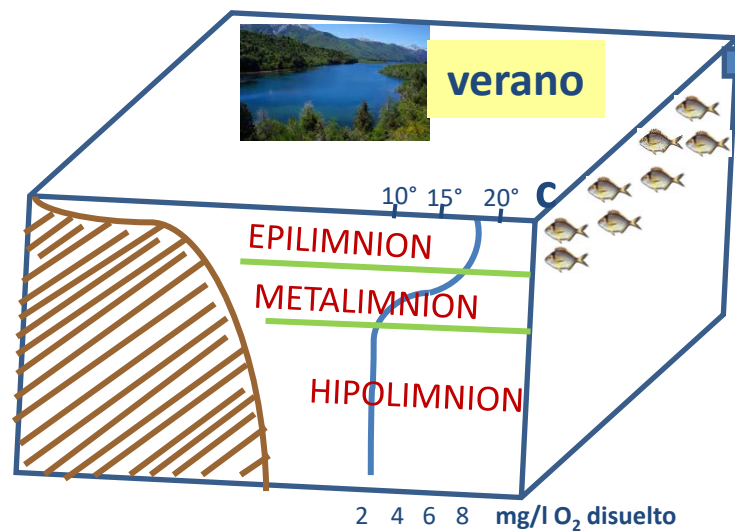
- En el mar hay más gradientes de temperatura, presión, salinidad, turbidez.



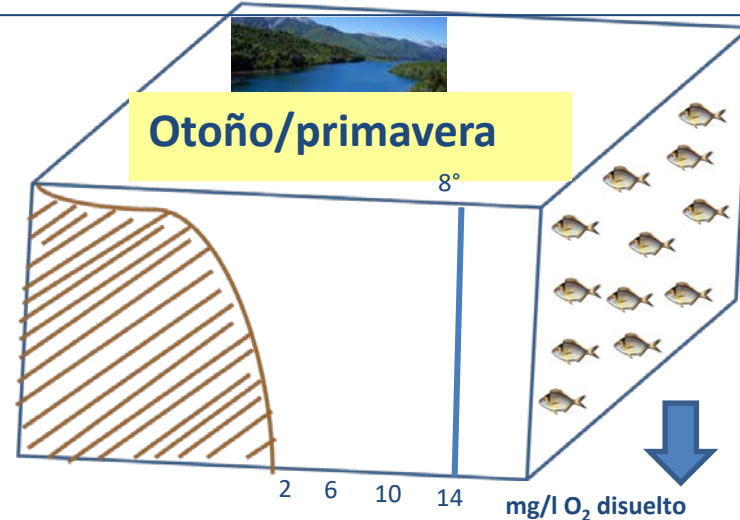
La densidad del agua máxima a 4°C



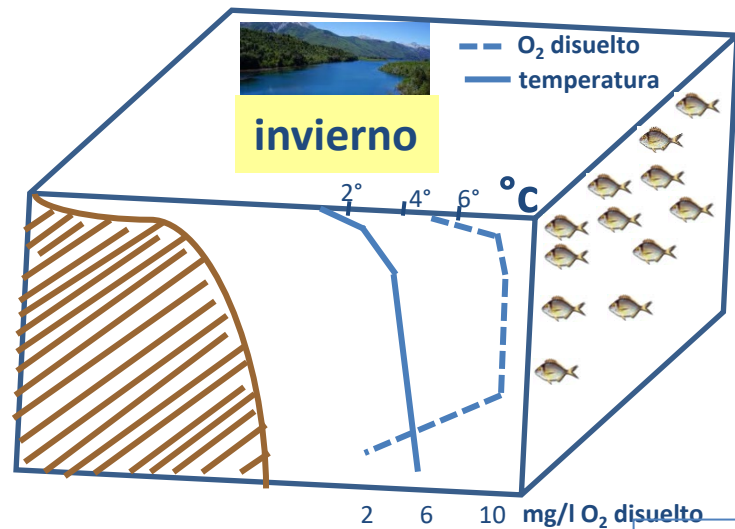
Estratificación en un lago templado



La termoclina es una barrera entre el epilimnion y el hipolimnion. Posee un gradiente marcado de temperatura y densidad del agua. El O₂ disuelto se mantiene en superficie. Al final del verano, carencia de nutrientes para fitoplancton.



La temperatura y la radiación disminuye
El viento mezcla toda la columna de agua. Los nutrientes llegan a superficie.



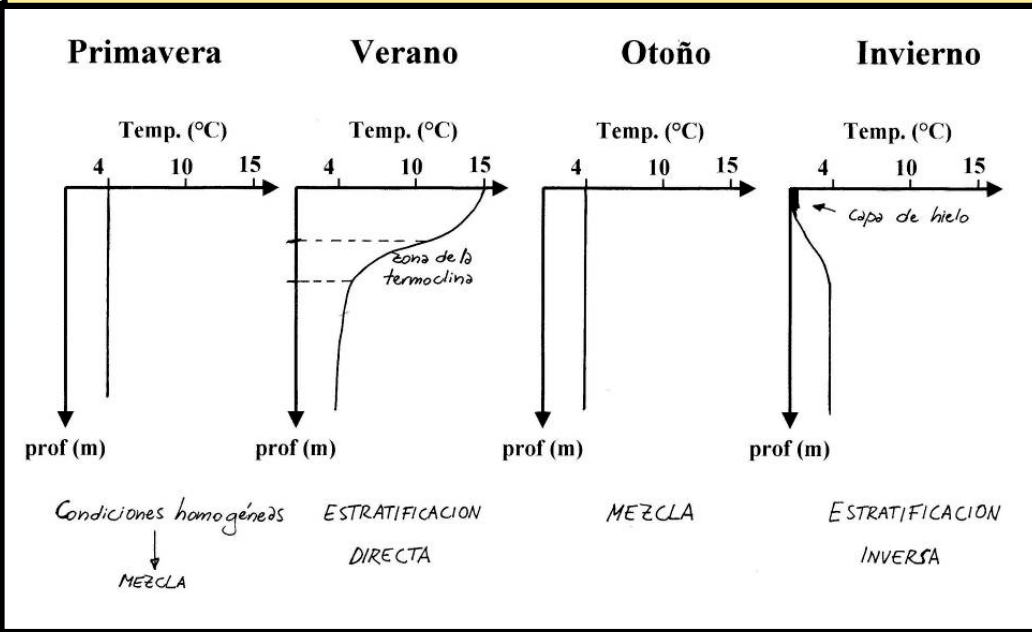
Con el deshielo primaveral, tiene lugar una nueva mezcla, la capa superficial se enriquece en nutrientes y oxígeno = bloom de fitoplancton primaveral

La superficie del agua puede enfriarse. Si el invierno es severo, se congela. El agua por debajo del hielo, puede calentarse levemente.

Períodos de estratificación

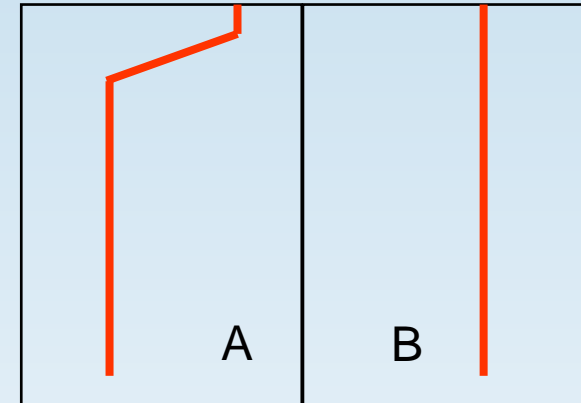
lago dimítico

2 períodos de estratificación y 2 de mezcla



- La estratificación es más marcada en verano, momento en el que se forma la termoclina.
- Los lagos someros, no presentan estratificación

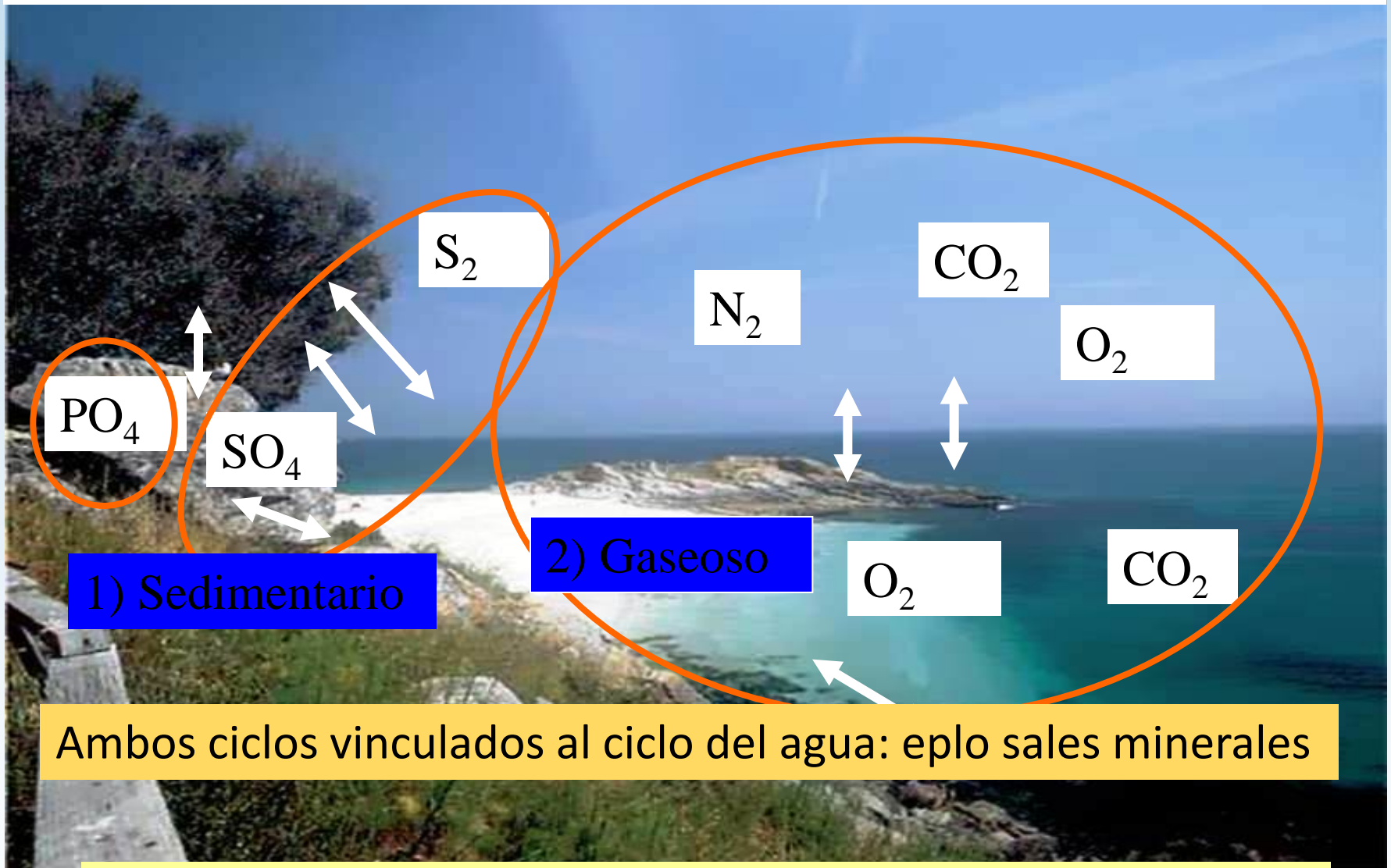
Estratificación en los mares



- Altas latitudes, en invierno, primavera y otoño no hay termoclina. Sólo una leve termoclina en verano (floración fitoplanctónica).
- Los mares tropicales están siempre estratificados; en los mares templados hay estratificación y mezcla,

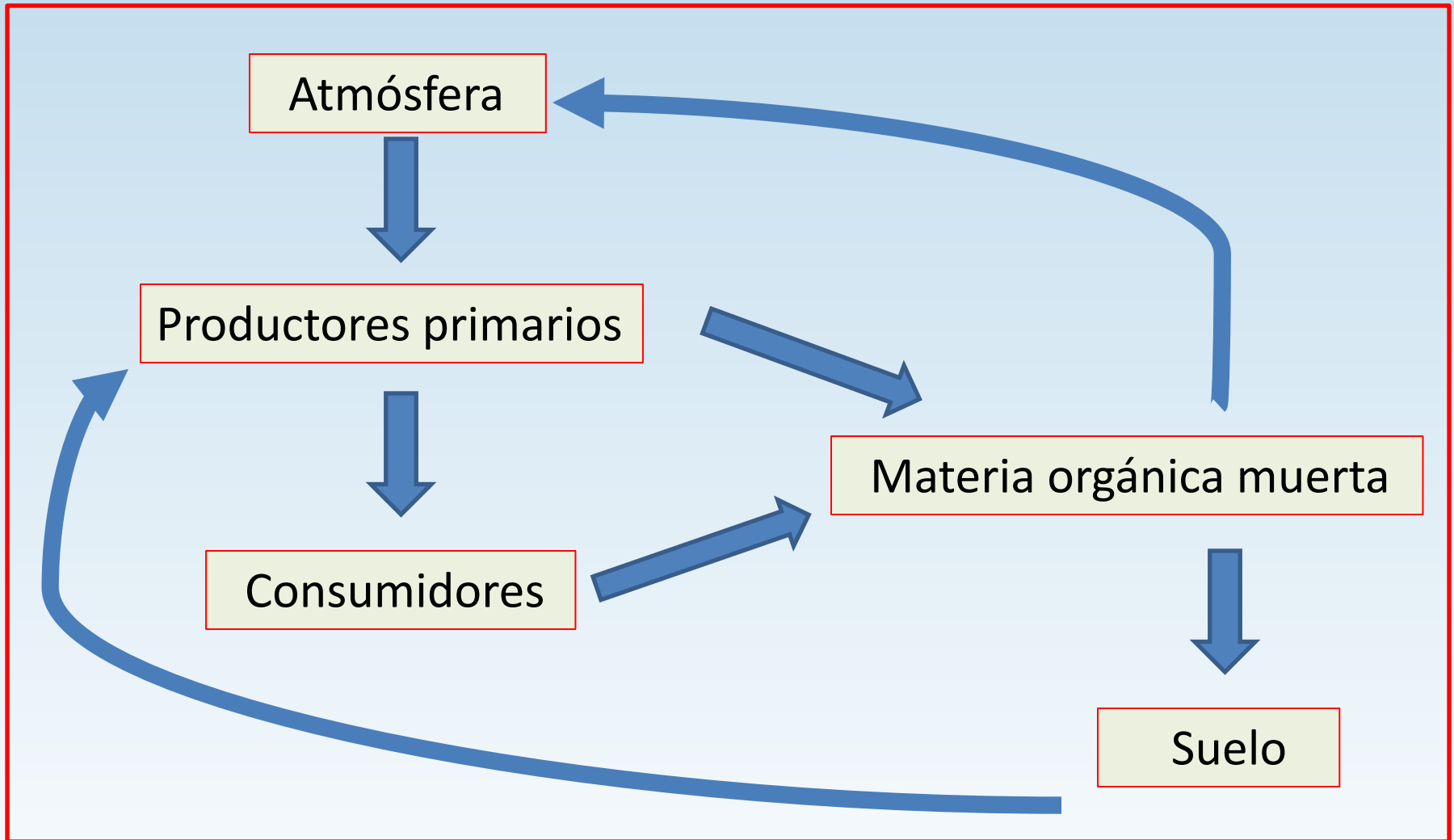
Ciclos biogeoquímicos

Los nutrientes siguen **CICLOS BIOGEOQUÍMICOS** y fluyen dentro del ecosistema, en forma más o menos cíclica



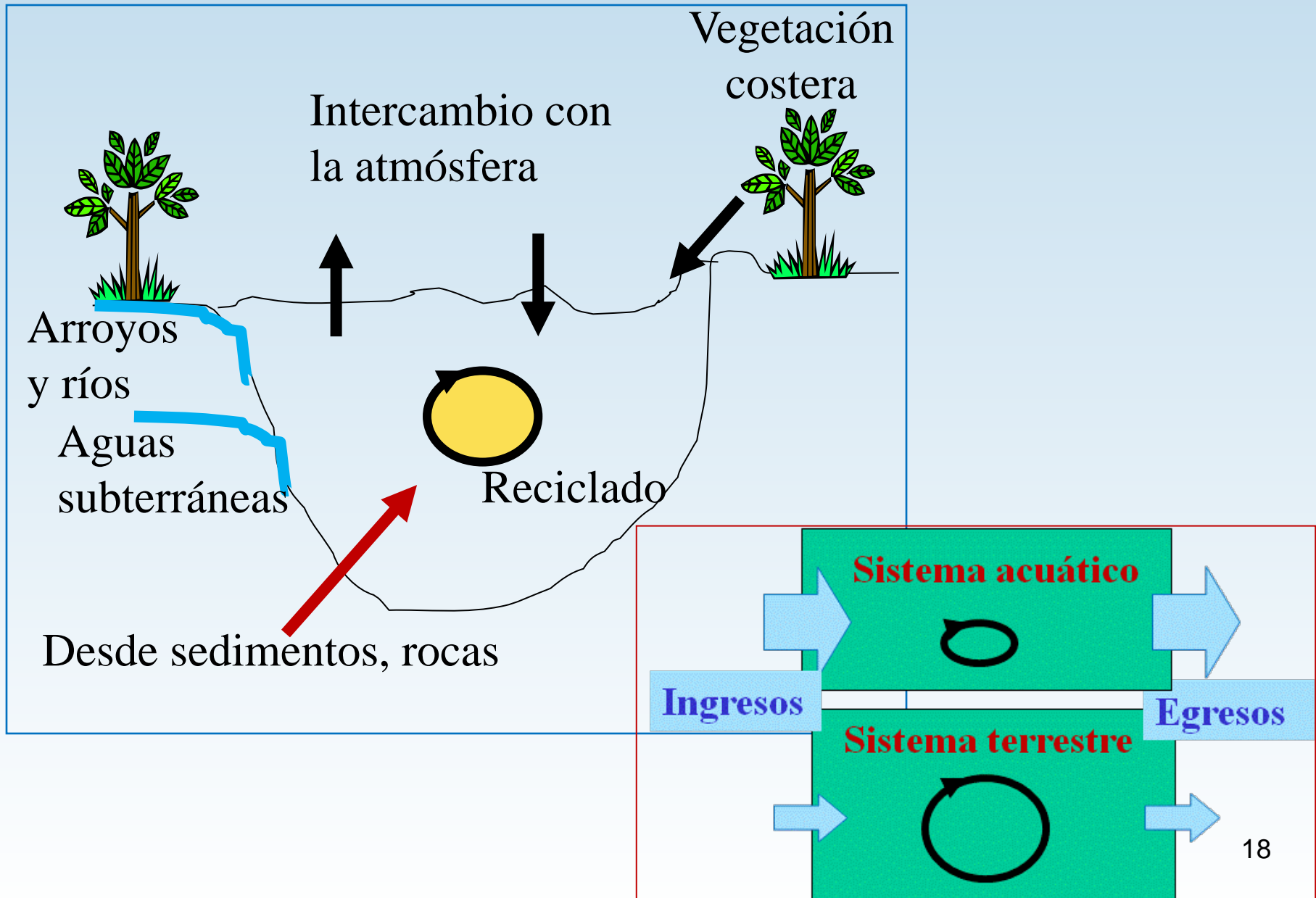
Ciclos gaseosos: globales

¿ cómo es el flujo de nutrientes?

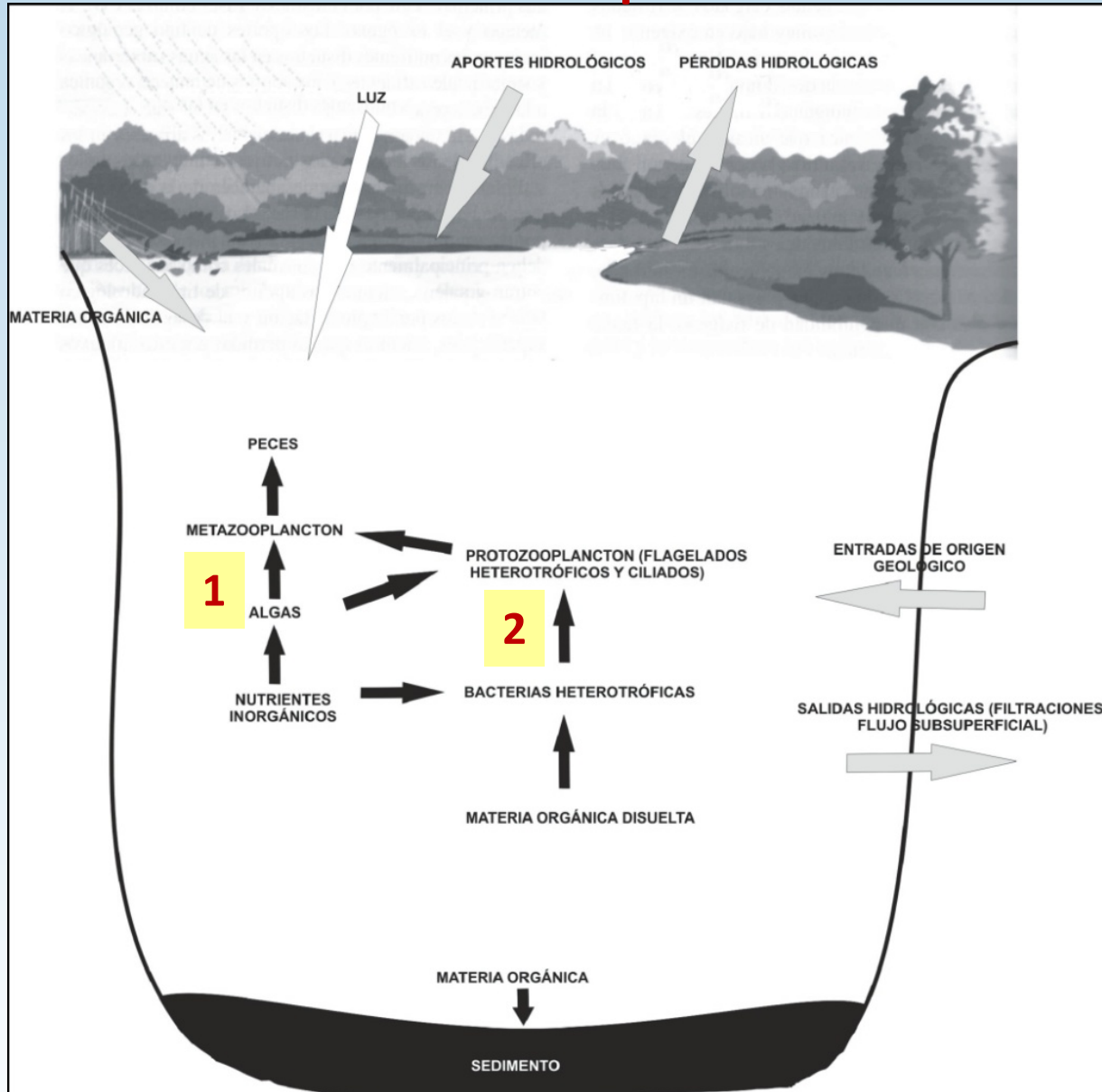


- Existe una entrada y una salida de nutrientes al ecosistema
- La circulación de nutrientes depende de muchos factores (tasas asimilación, descomposición de los organismos, etc)

¿qué factores afectan el reciclado de nutrientes?



El reciclado de nutrientes depende de factores bióticos y abióticos

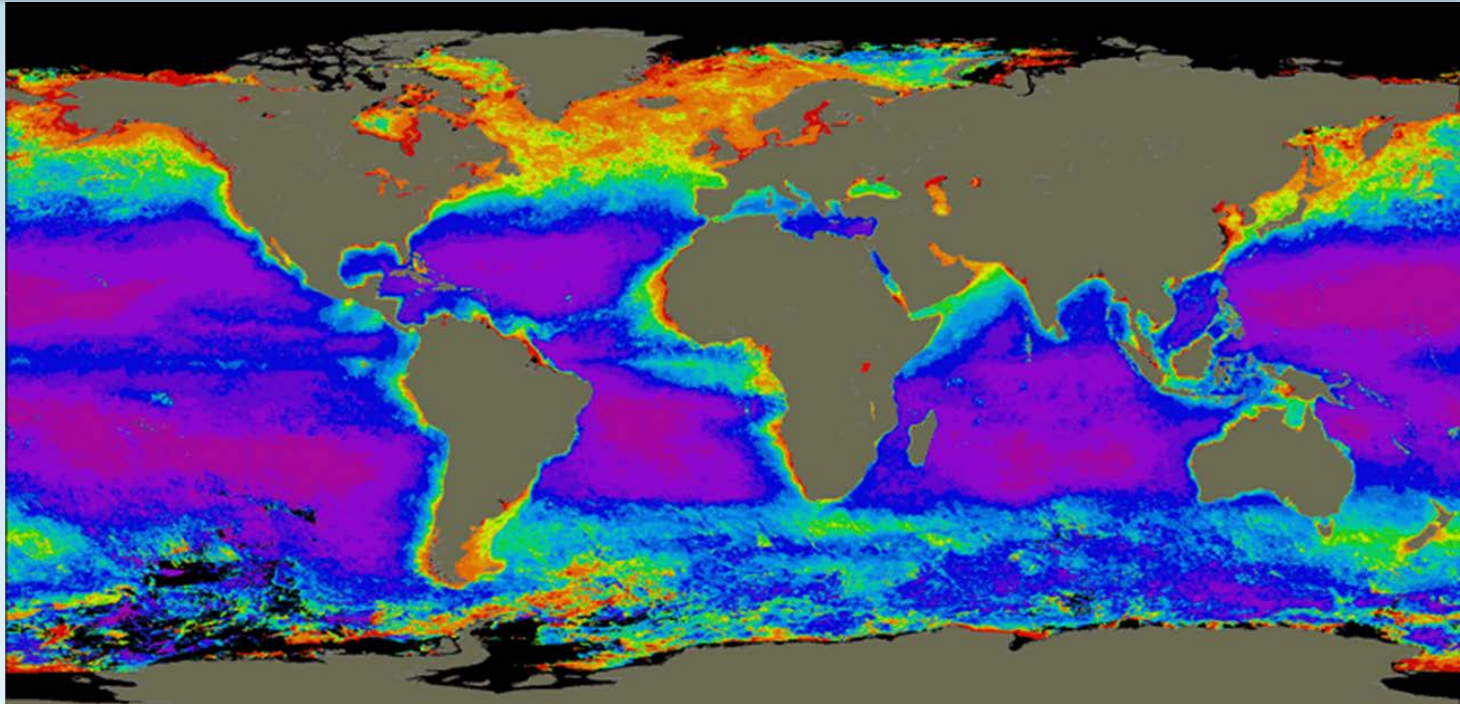


Algunas variables:

- ✓ Morfometría,
- ✓ Profundidad,
- ✓ Línea de costa
- ✓ Aportes alóctonos
- ✓ Clima (vientos, temperatura, etc)
- ✓ Tipo de organismos

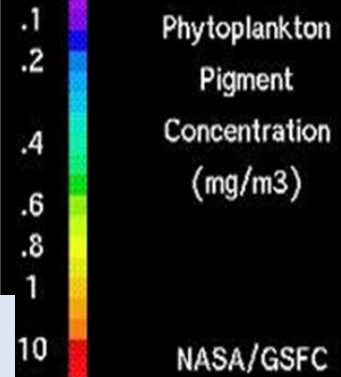
La red trófica clásica (1) y la red microbiana (2) intervienen en el reciclado de nutrientes

Algunos gradientes en el mar: eutrófico vs oligotrófico



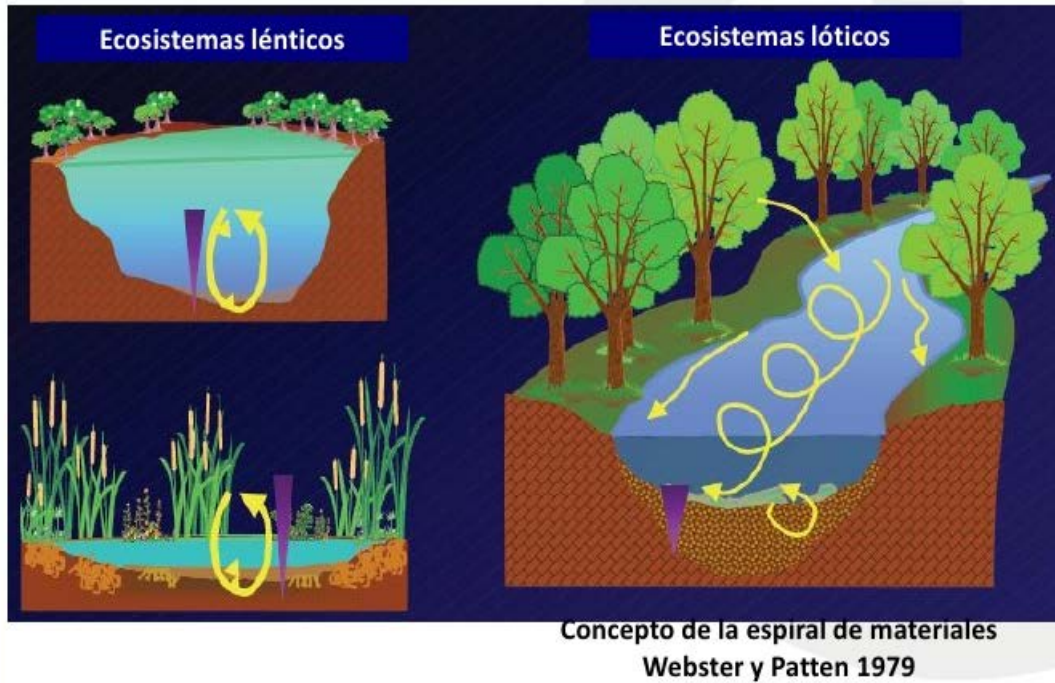
**Concentración de pigmentos
fotosintéticos en mg m^{-3}**

áreas naranja y roja + regiones productivas
(áreas costeras y mares interiores)



Las **corrientes marinas** son verdaderos vehículos de dispersión y transporte de los **organismos marinos y de los nutrientes**.

¿cómo circulan los nutrientes en los ecosistemas acuáticos?



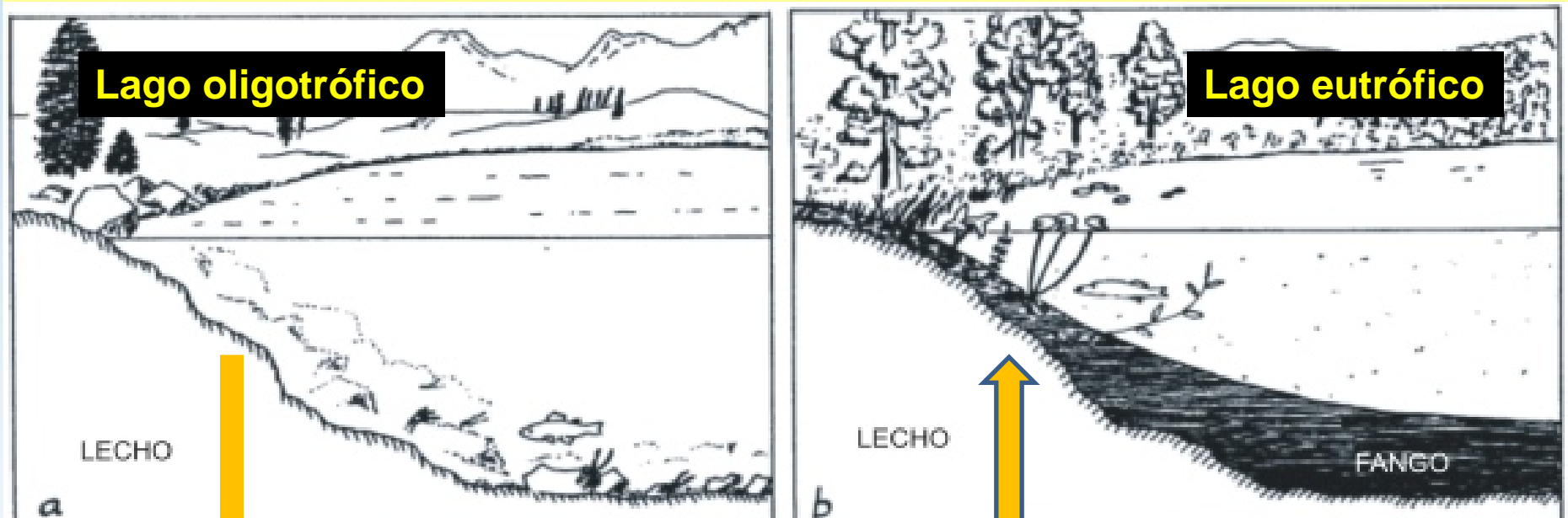
- En ambos sistemas, es importante el aporte de materia orgánica desde las orillas= aporte alóctono

- En sistemas cerrados, como lagos y lagunas, los nutrientes son reciclados e incorporados por la biota quedando en el medio gracias a los procesos de descomposición.

- En cambio, en un arroyo o río, el ciclo de nutrientes es continuamente desplazado hacia aguas abajo a través de una **espiral**.

Estado trófico

Producción primaria. Es la cantidad de biomasa producida x unidad de superficie o volumen y de tiempo (" fertilidad de un cuerpo de agua")



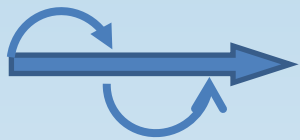
BAJA ↓ **PROD. PRIMARIA**

Pocos nutrientes, lagos profundos, aguas claras, bien oxigenadas, zona litoral con pocas plantas, Poco plancton

ALTA ↑ **PROD. PRIMARIA**

muchos nutrientes, mucha plantas en zona litoral, alta densidad plancton, poco oxigenadas, poco transparentes con mucha materia orgánica- floraciones!!

Transporte de nutrientes en un río: tipos de espiral



Punto de incorporación y reciclado en un río y zonas adyacentes

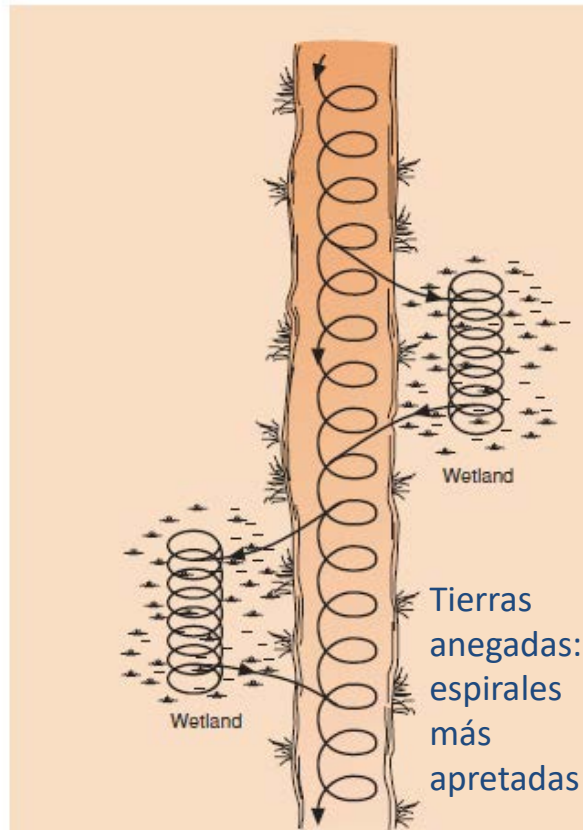
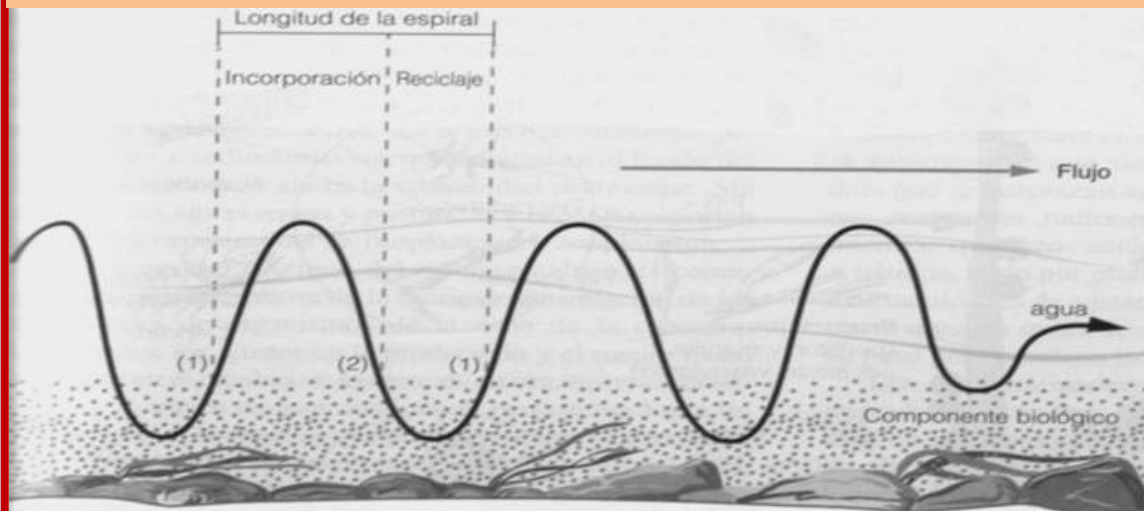
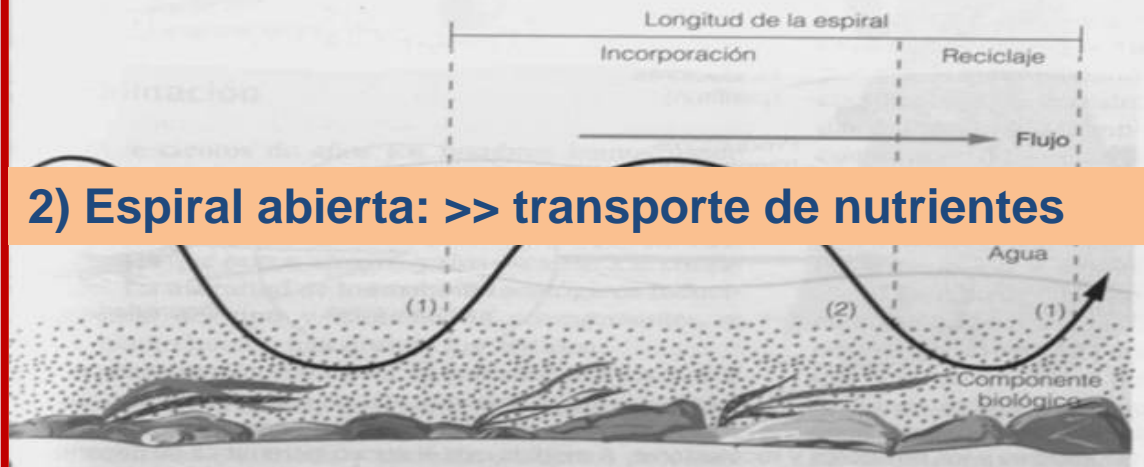


Figure 18.8 Nutrient spiraling in a river channel and adjacent wetland areas. (After Ward, 1988.)

1) Espiral apretada: orgs. se desplazan poco



2) Espiral abierta: >> transporte de nutrientes



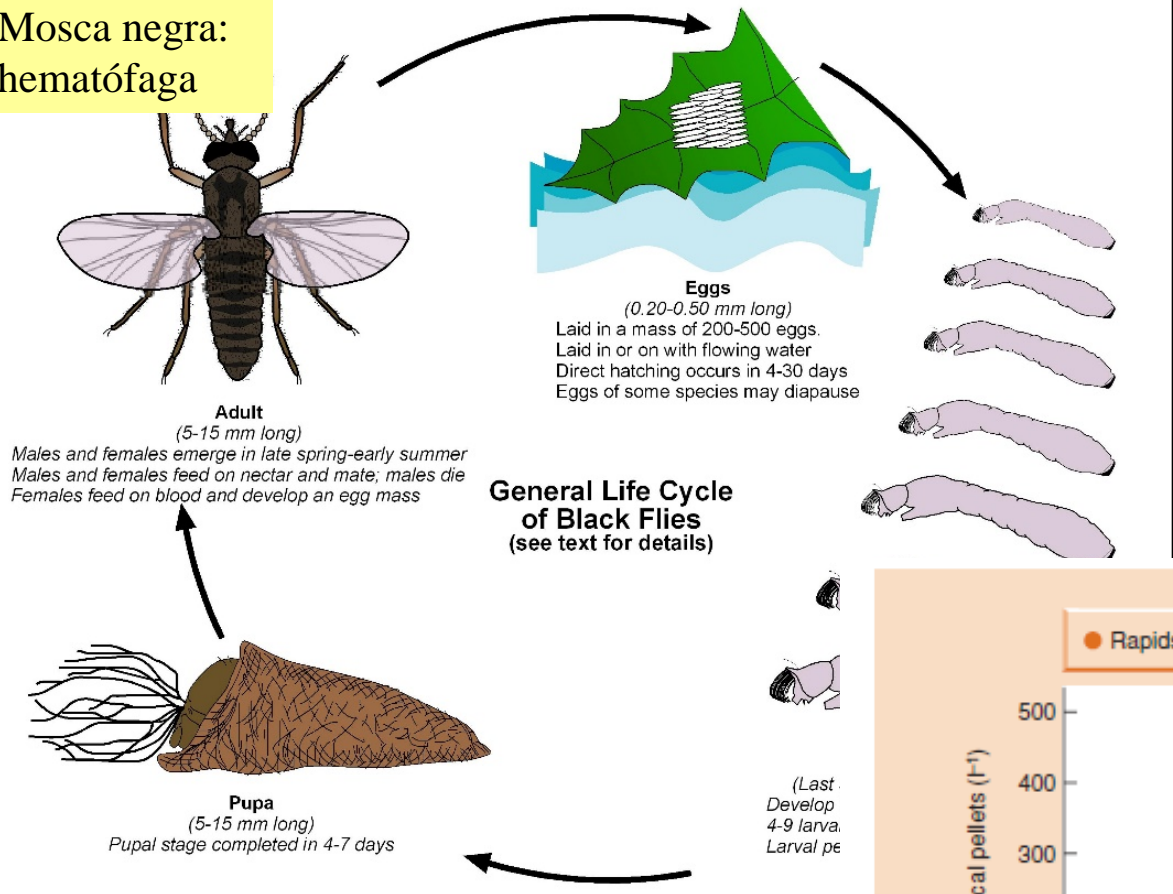
El tipo de espiralado de nutrientes, dependerá de la pendiente, caudal, aportes alóctonos, comunidad

Ejemplo de espiralado: larvas de mosca negra

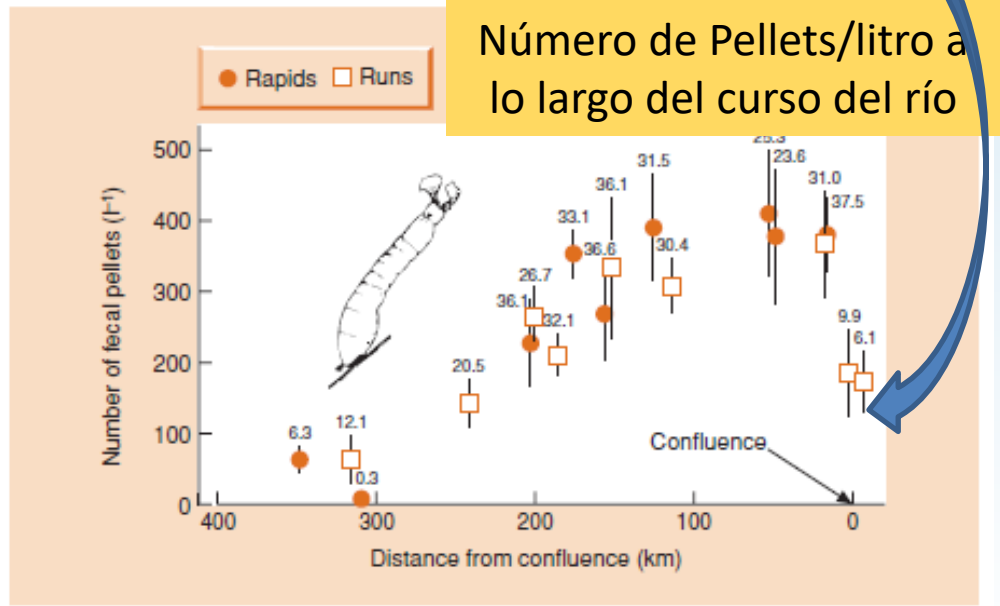


Se desarrollan en agua que corre, adheridas a rocas. Consumen materia orgánica fina.
 Producen pellets fecales que decantan y son alimento de detritívoros

Mosca negra: hematófaga

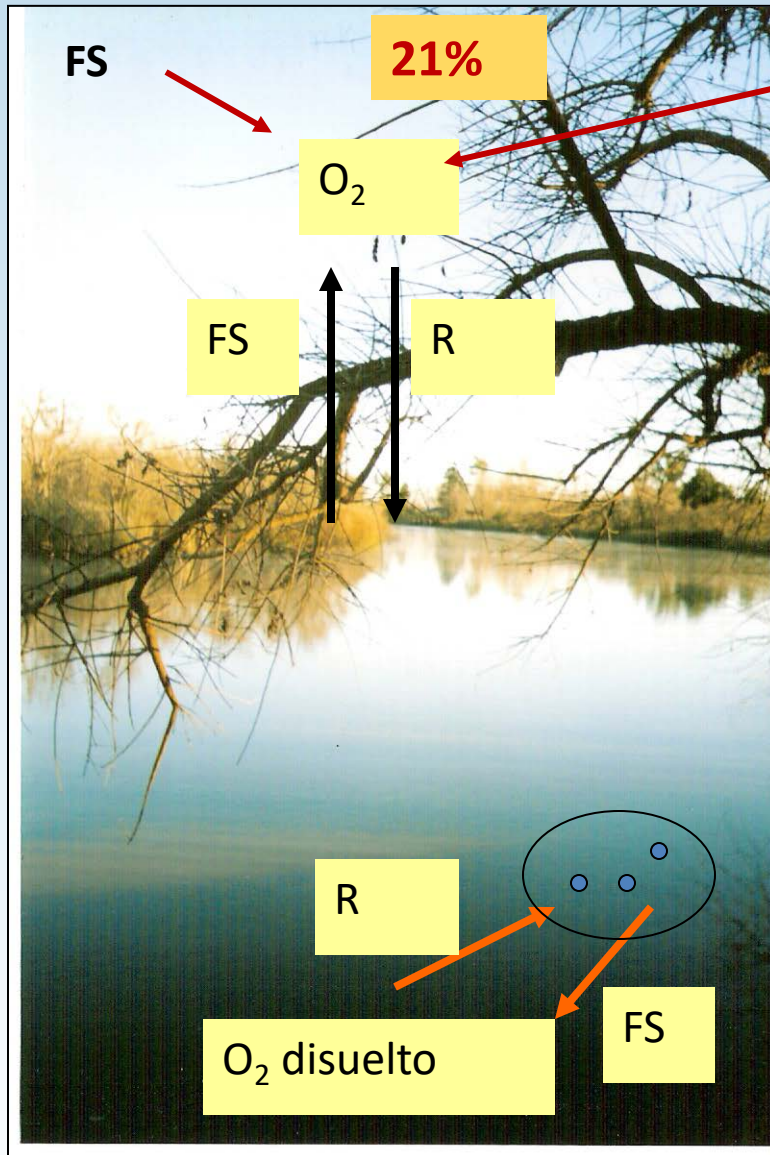


En ríos con gran caudal la espiral es abierta y la materia orgánica se transporta hasta la confluencia



Ciclo del oxígeno

Principal reservorio para los organismos vivos: el aire y el agua



Fotodisociación del vapor de agua

Hay 2 fuentes importantes de oxígeno atmosférico:

- 1) La disociación del vapor de agua: las moléculas de agua se disocian para producir hidrógeno y oxígeno.
- 2) La fotosíntesis: el enriquecimiento en O_2 en la atmósfera se debió a la FS

- ✓ El agua y el dióxido de carbono son reservorios de oxígeno
- ✓ El oxígeno es muy reactivo, se combina con distintos elementos para formar óxidos, sales, etc.

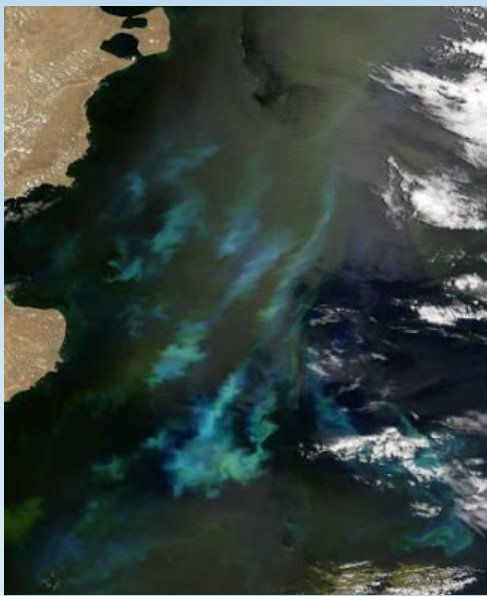
El ciclo del oxígeno es un ciclo gaseoso, es decir está depositado principalmente en la atmósfera



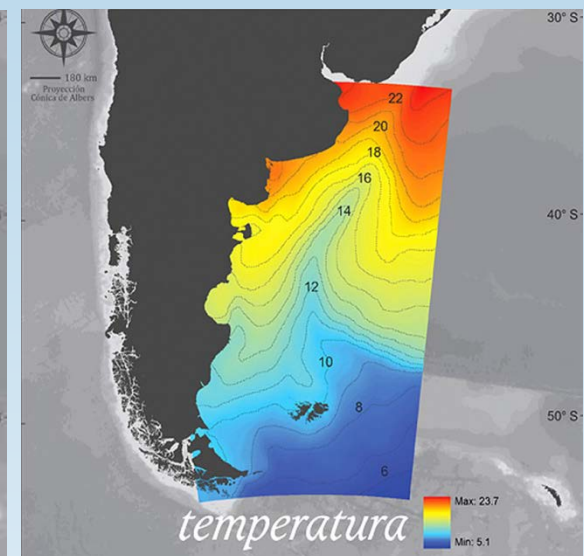
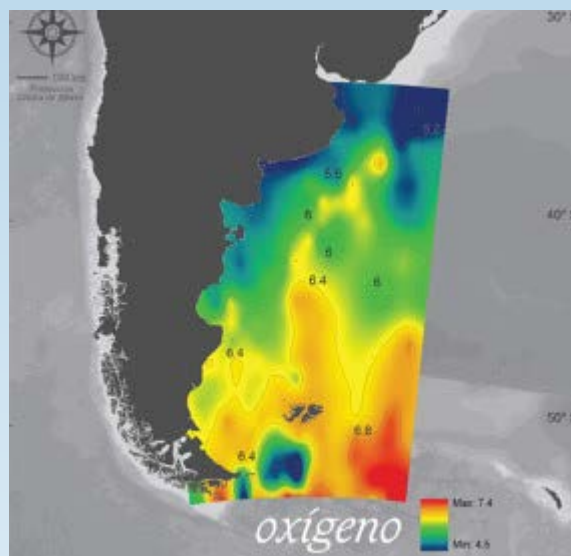
- El oxígeno es imprescindible para que la combustión y otras reacciones químicas y biológicas
- En la biosfera, las aguas son las principales generadoras de oxígeno, ya que las algas reemplazan un 90 % de todo el oxígeno que se usa.
- Las condiciones anóxicas dependen de varios factores, por ejemplo, condiciones de [estancamiento](#), grandes aportes de materia orgánica y fuertes [termoclinas](#). Hay proliferación de bacterias o algas que lo consumen.

[OD] mg/L	Condición	Consecuencias
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios
0-5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
5-8	Aceptable	[OD] adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.
8-12	Buena	idem
>12	Sobresaturada	Sistemas en plena producción fotosintética.

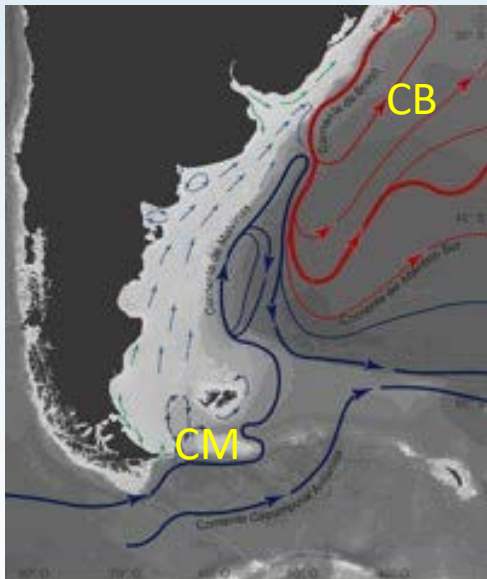
Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes.



Los bosques marinos aportan oxígeno

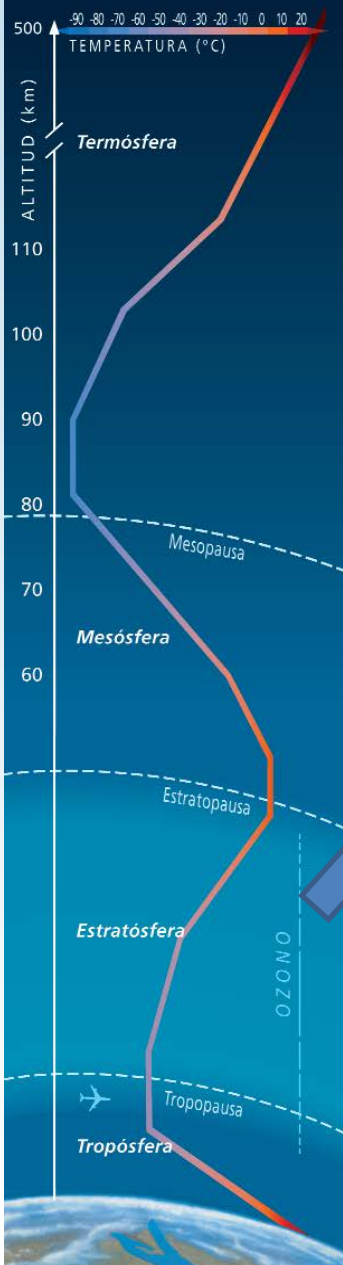


- El oxígeno disuelto en el mar se origina en la interfase agua- atmósfera y en la actividad fotosintética .
- Su concentración depende de la presión parcial del gas, la temperatura y la salinidad del agua.
- Al comparar de distribución de oxígeno disuelto con el mapa de temperatura, se identifica una clara relación : zonas de alta concentración de oxígeno (amarillos y naranjas) coinciden con las aguas frías de la corriente de Malvinas (CM) y las áreas de concentración más baja (en azul), con las aguas cálidas de la corriente de Brasil (CB).

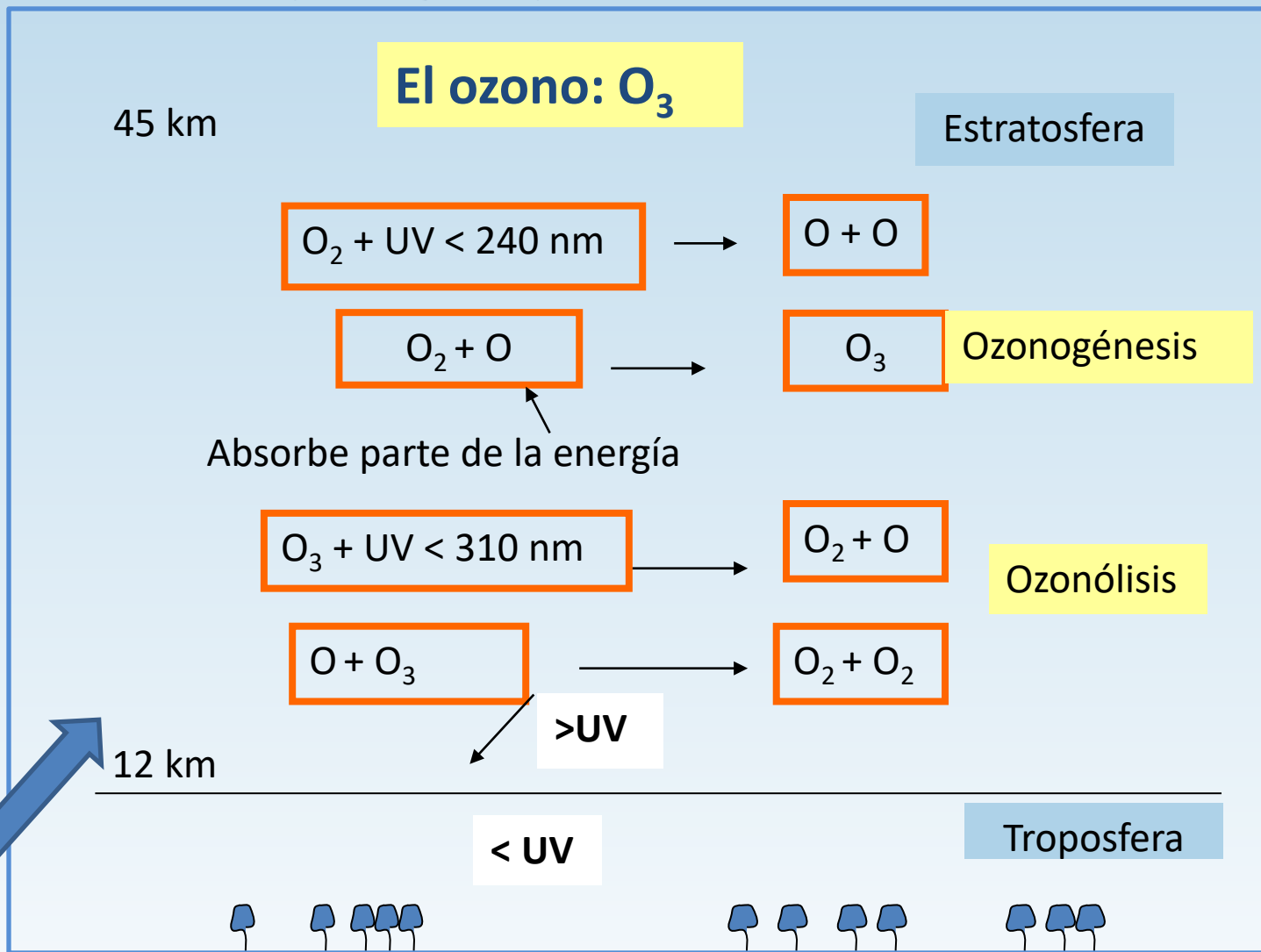


LA ATMÓSFERA

División atmosférica en capas y variación de la temperatura respecto de la altura.



El ozono protege al planeta de la radiación UV

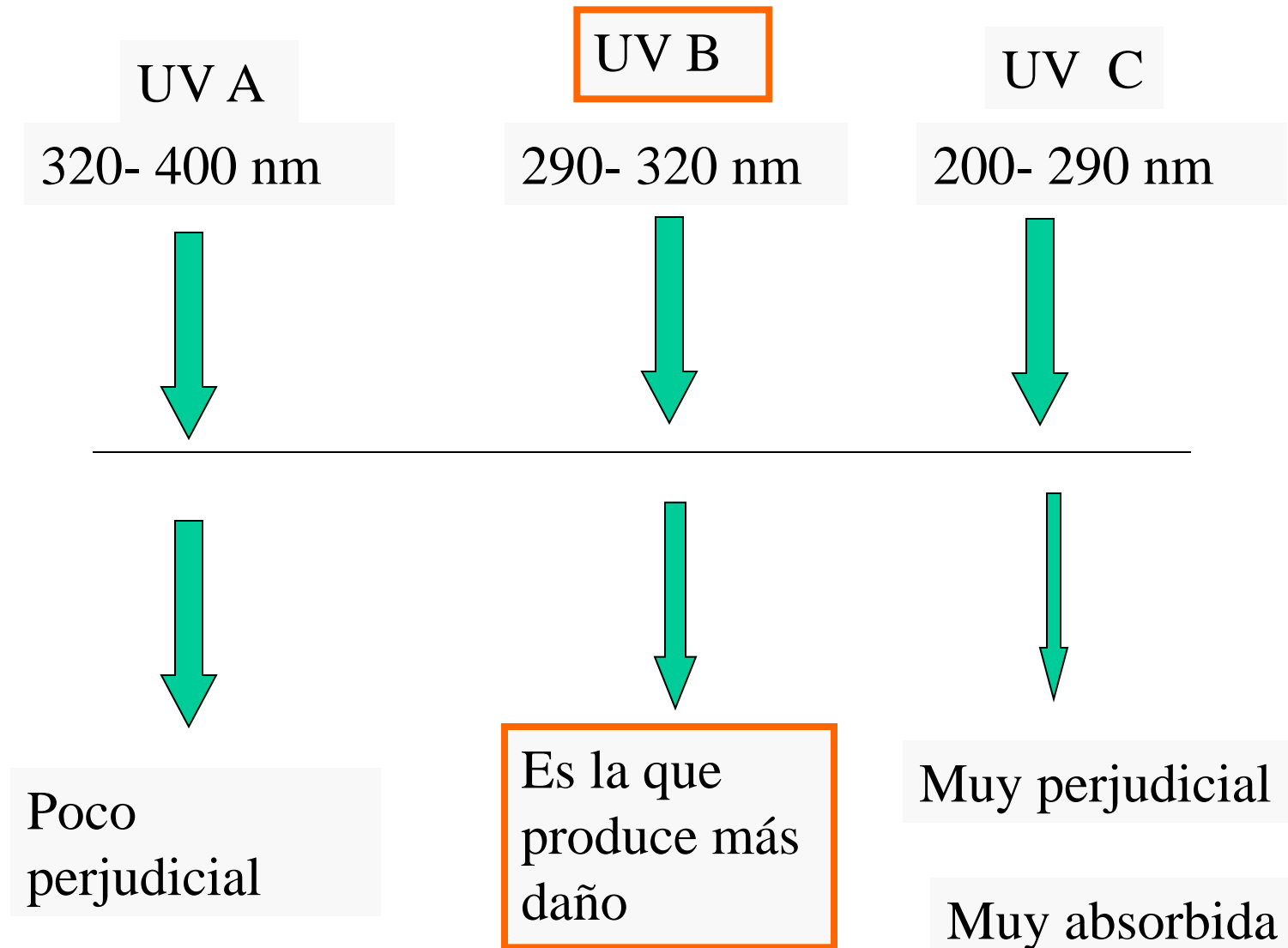


➤ **Las moléculas de ozono se crean y se destruyen permanentemente.**

Toda la radiación UV < 290 nm y gran parte de la comprendida entre 290 y 310 nm se absorbe en la alta atmósfera.

No llega a la superficie terrestre

Diferencias en la absorción de luz UV de distintas longitudes de onda



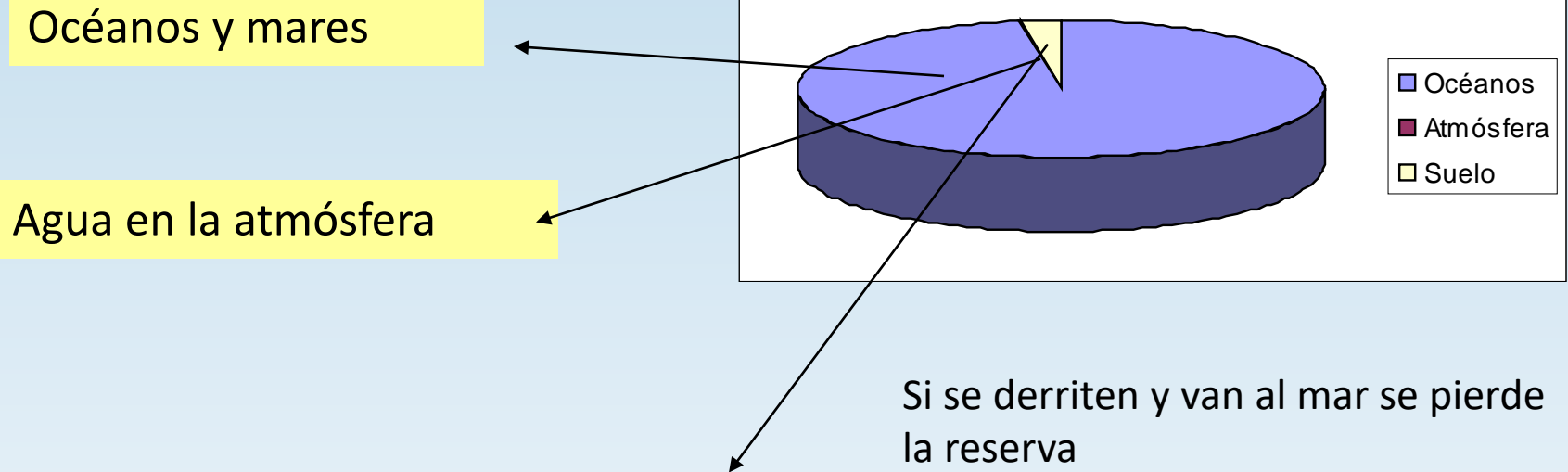
Ciclo del agua

Los reservorios de agua

- 97.4% agua de mar
- 2.6% agua dulce



Distribución del agua en la Tierra



Capas de hielo, suelos congelados (permafrost), hielos flotantes

Aguas subterráneas

Ríos, lagos, arroyos bañados

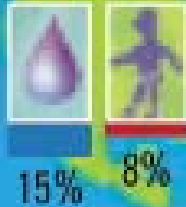
2,6% dulce

Las 2/3 partes están inmovilizadas en glaciares y nieves perpetuas

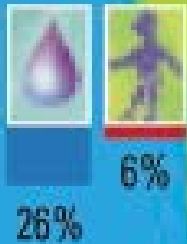
Los recursos mundiales de agua dulce

Datos de UNESCO, 2006

North & Central America



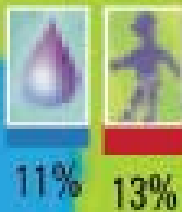
South America



Europe



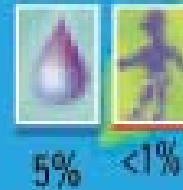
Africa



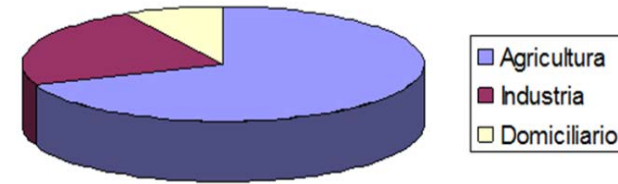
Asia



Australia & Oceania



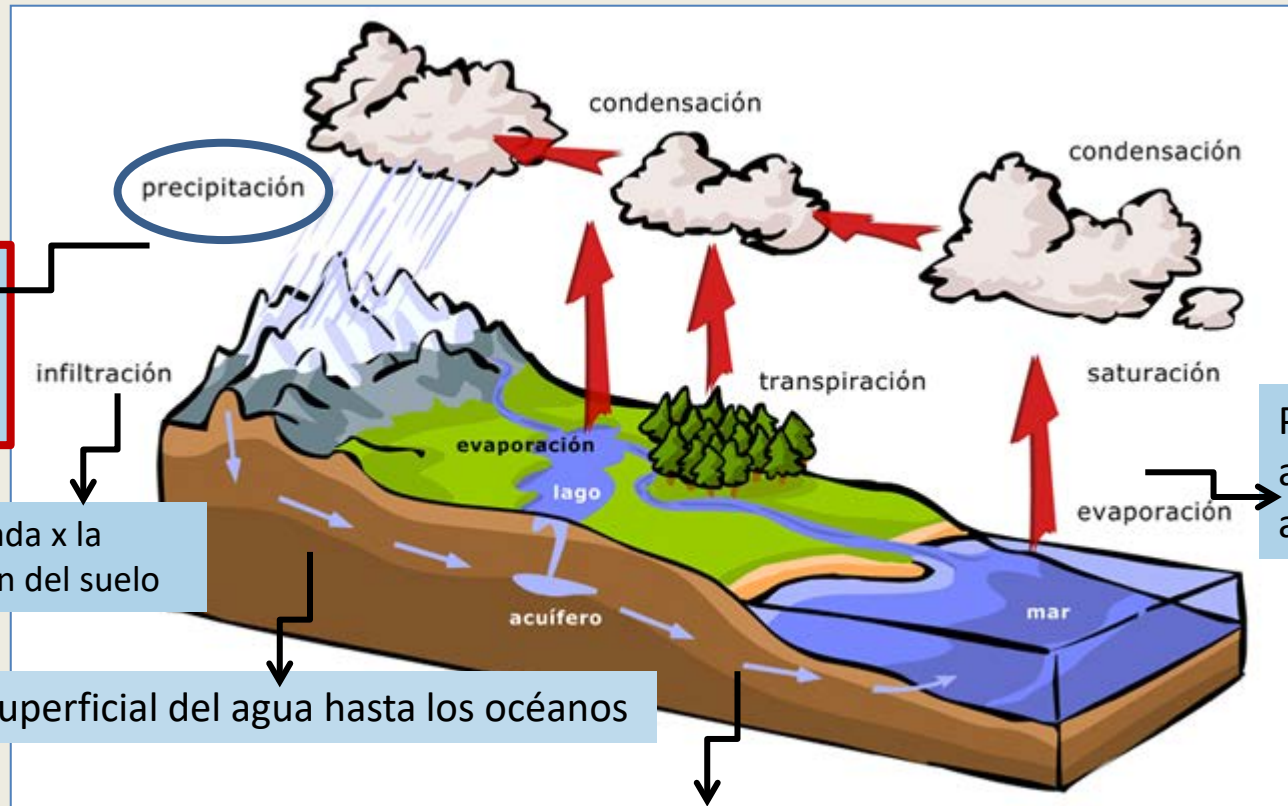
Uso del agua Global



Representación % de la precipitación y la población humana por continente

La disponibilidad global de agua versus la población subraya las disparidades continentales y, en particular, la presión ejercida sobre el continente asiático, que alberga más de la mitad de la población mundial, con sólo el 36 % de los recursos hídricos del mundo.

➤ El agua circula en la atmósfera, en el suelo y en las corrientes



La mayor parte del agua queda en superficie

Se ve afectada x la composición del suelo

Existe flujo superficial del agua hasta los océanos

El agua subterránea puede atravesar zonas saturadas y no saturadas

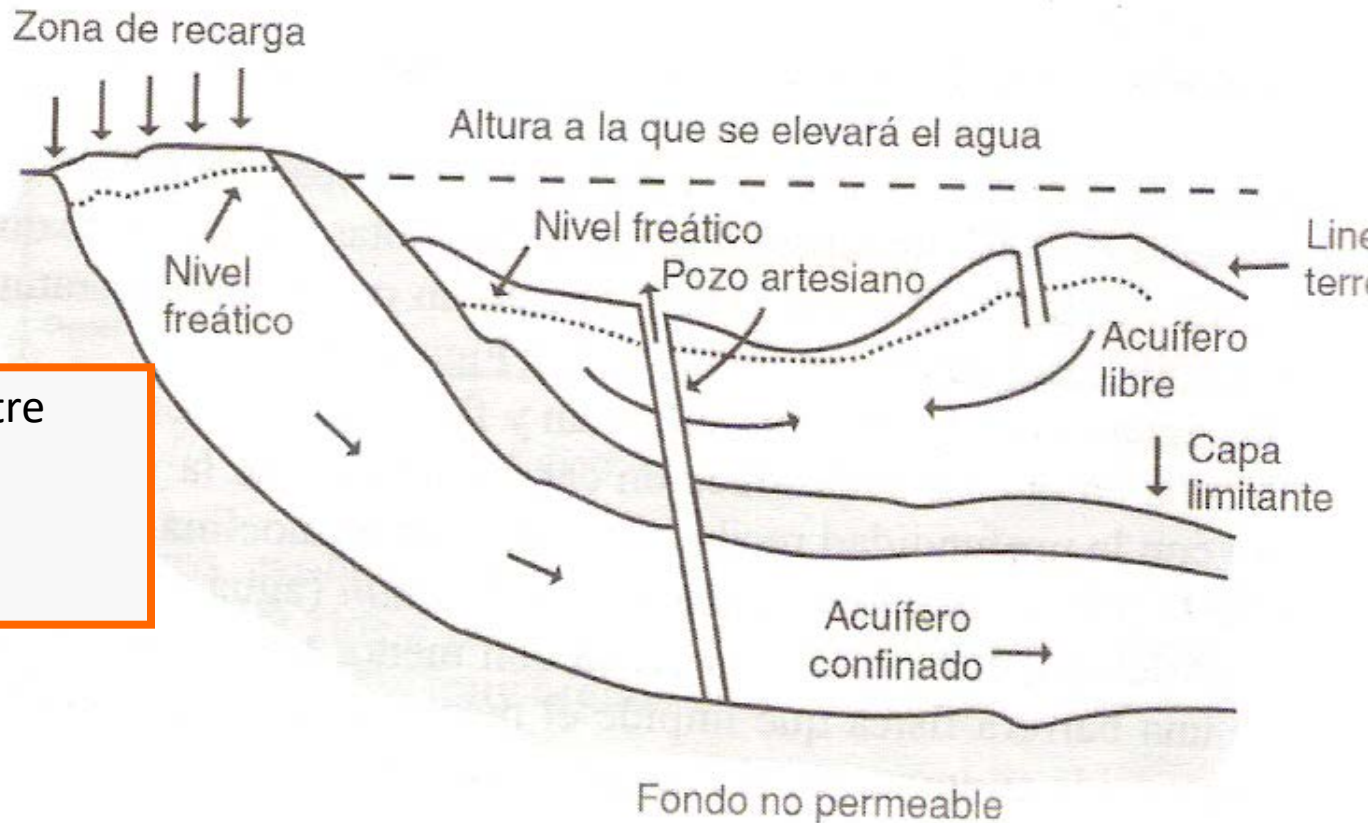
Por evaporación el agua vuelve a la atmósfera

El agua puede estar en estado líquido, sólido y gaseoso

¿cómo influye la temperatura?

El agua puede ser limitante en ecosistemas terrestres y los mayores reservorios de agua son los océanos aunque no son aprovechados por el hombre

Nivel freático: División entre suelo saturado y no saturado



Balance entre recarga y descarga

Acuíferos: Formaciones geológicas capaces de almacenar agua.

Son permeables permitiendo el almacenamiento de agua en espacios subterráneos.

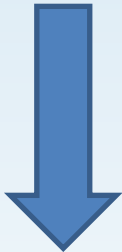
El agua de los acuíferos no está normalmente a disposición del hombre.

➤ Un ejemplo

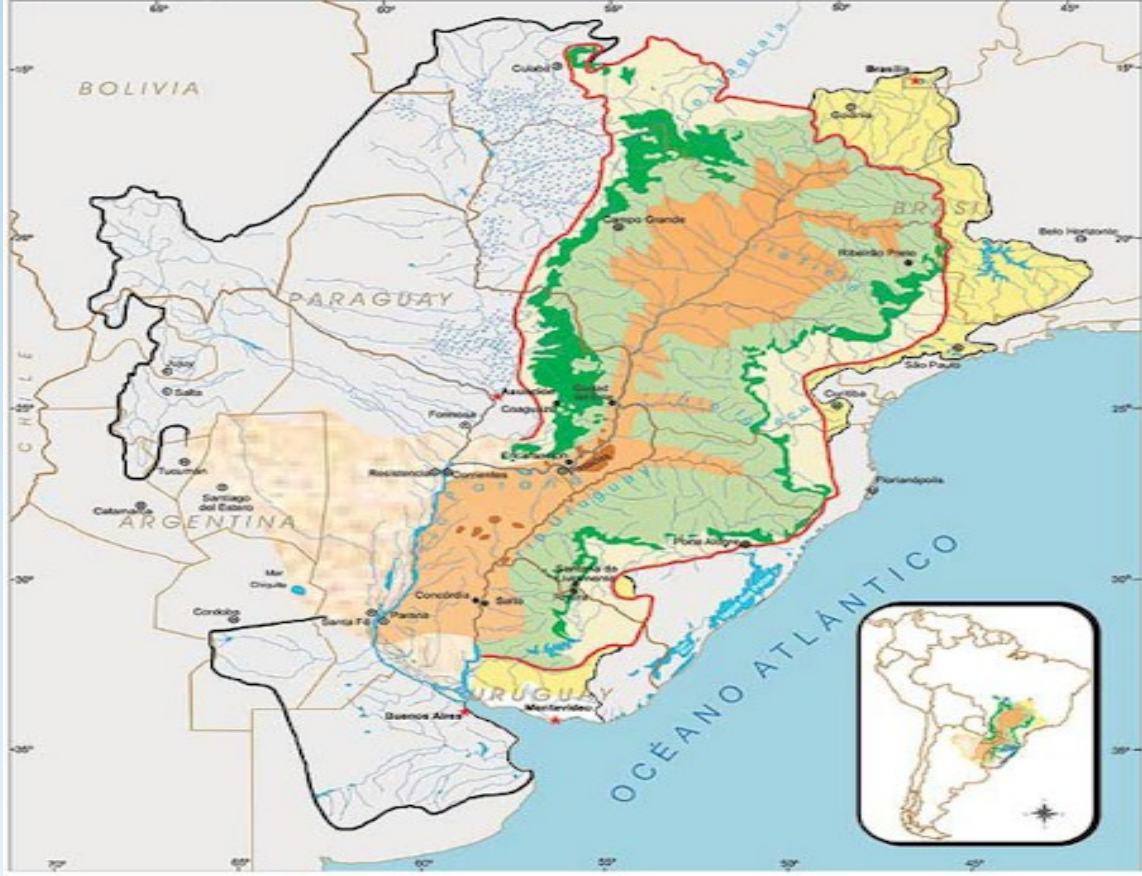
Acuífero Guaraní

1.190.000 km² de superficie

37.000 · 10⁹ litros de agua



Es un gran reservorio natural de agua dulce, compartido por 4 países



LEYENDA

Drenajes no relacionadas al sistema	Ciudad
Áreas potenciales de recarga indirecta	Capitales Estados/Provincias
a partir de drenaje superficial	Capital de los Países
a partir del flujo subterráneo	
Áreas potenciales de recarga directa	
régimen poroso: afloramiento del Guaraní	
régimen fracturado/poroso: basaltos y areniscas	
Áreas potenciales de descarga	
fracturado/poroso: régimen en basaltos y areniscas	
régimen poroso: afloramiento del Guaraní	
fracturado/poroso: relación con el Guaraní a definir	
Límite de la Cuenca hidrográfica del Plata	
Límite de la Cuenca sedimentar del Paraná	
Ríos	Areas inundadas
Límite político de País	
Límite político de Estados/Provincias	

0 100 200 300 km

Mapa elaborado por la CAS/SRH/MMA (UNPP/Brasil) en junio de 2001, aprobado por el Consejo Superior de Preparación del Proyecto en julio de 2001 y adaptado por la Agencia Nacional del Agua de Brasil (ANA) en marzo de 2003.

Fuentes:

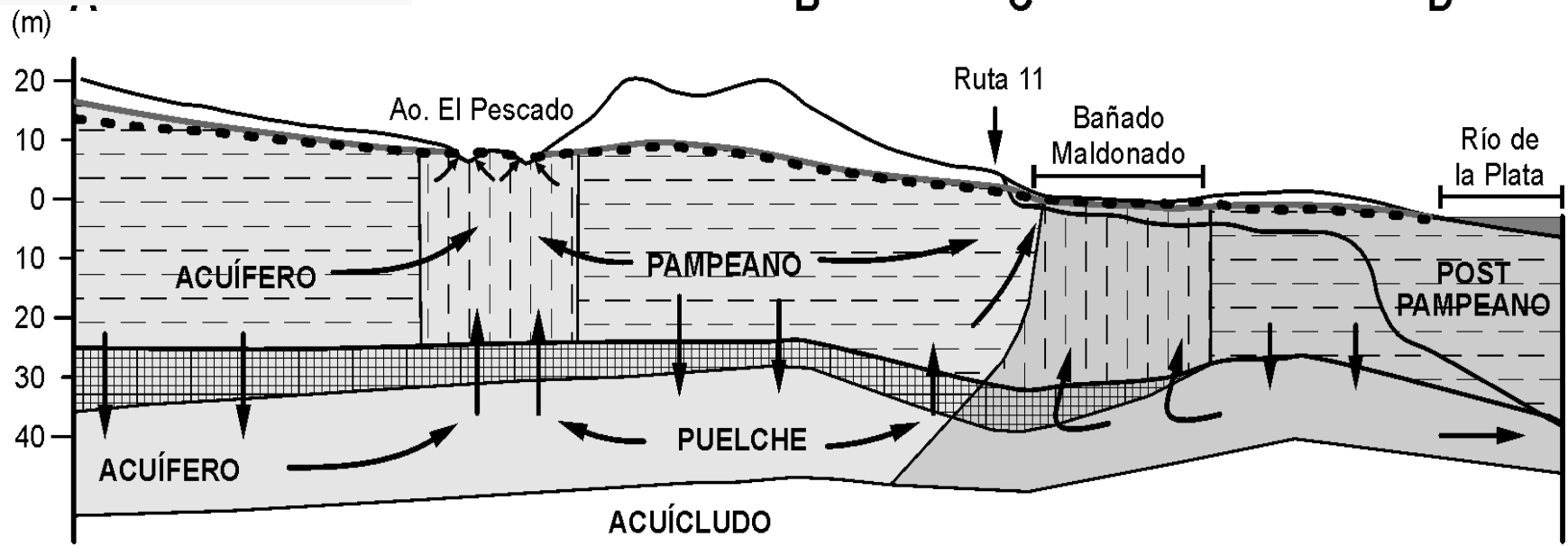
- Mapa Hidrogeológico de America del Sur, 1996, DNP/CPRM/Unesco.
- Mapa Hidrogeológico del Acuífero Guaraní, 1999, Campos H.C.
- Mapa de Integración Geológica de la Cuenca del Plata, 1998, MERCOSUR/SGT2.
- Mapa de Integración Hidrogeológica de la Cuenca del Plata, en elaboración, MERCOSUR/SGT2.
- Mapa Geológico del Brasil, 2ª Ed., 1995, MME/DNPM.
- Mapa Geológico de la Cuenca del Río de la Plata, 1970, CEA.

Acuíferos Pampeano y Puelche. NE de la Pcia de Buenos Aires. 89.000 m²

PERFIL HIDROGEOLÓGICO

Figura 8

Auge et al. 2003



Alimentan el 60% del total de consumo de agua de La Plata. Se extraen 74 hm³/año

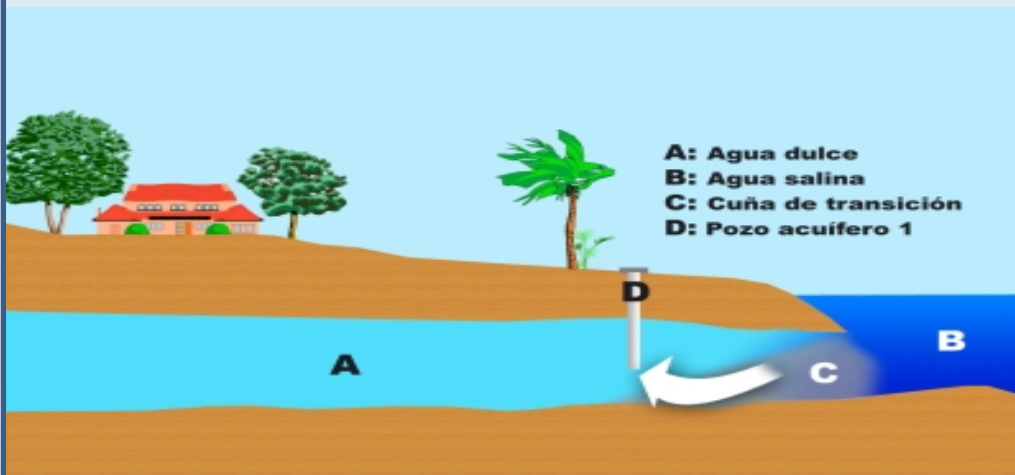
Extracciones domiciliarias: del Pampeano

Extracciones de los municipios, industrias: Puelche



Problemas de salinización del agua y la superficie del suelo

- Las aguas superficiales pueden ser dulces pero las profundas suelen ser salinas, por descenso de aguas con sales en solución o por la intrusión de agua marina en zonas costeras
- Al extraer aguas superficiales suben las aguas profundas salinas y **en zonas costeras provocan el ingreso de agua de mar.**



- Al evaporarse el agua en superficie forma una capa de sal

- **Sistemas agrícolas irrigados:** 10 % de la superficie agrícola bajo riego está afectada por sales y 10 millones de hectáreas dejan de ser productivas por **salinización**.
- Se estima que una tercera parte de suelos agrícolas en zonas áridas y semiáridas son afectados por sales

Valle del Tulúm, San Juan



Exceso de riego, acumulación de agua en superficie, evaporación, concentración de sales en superficie

Ciclo del fósforo

Ciclo del fósforo

No hay fósforo en la atmósfera!!

No hay reacciones de óxido reducción

10- 100 años en tierra

Animales

Fósforo orgánico

Plantas

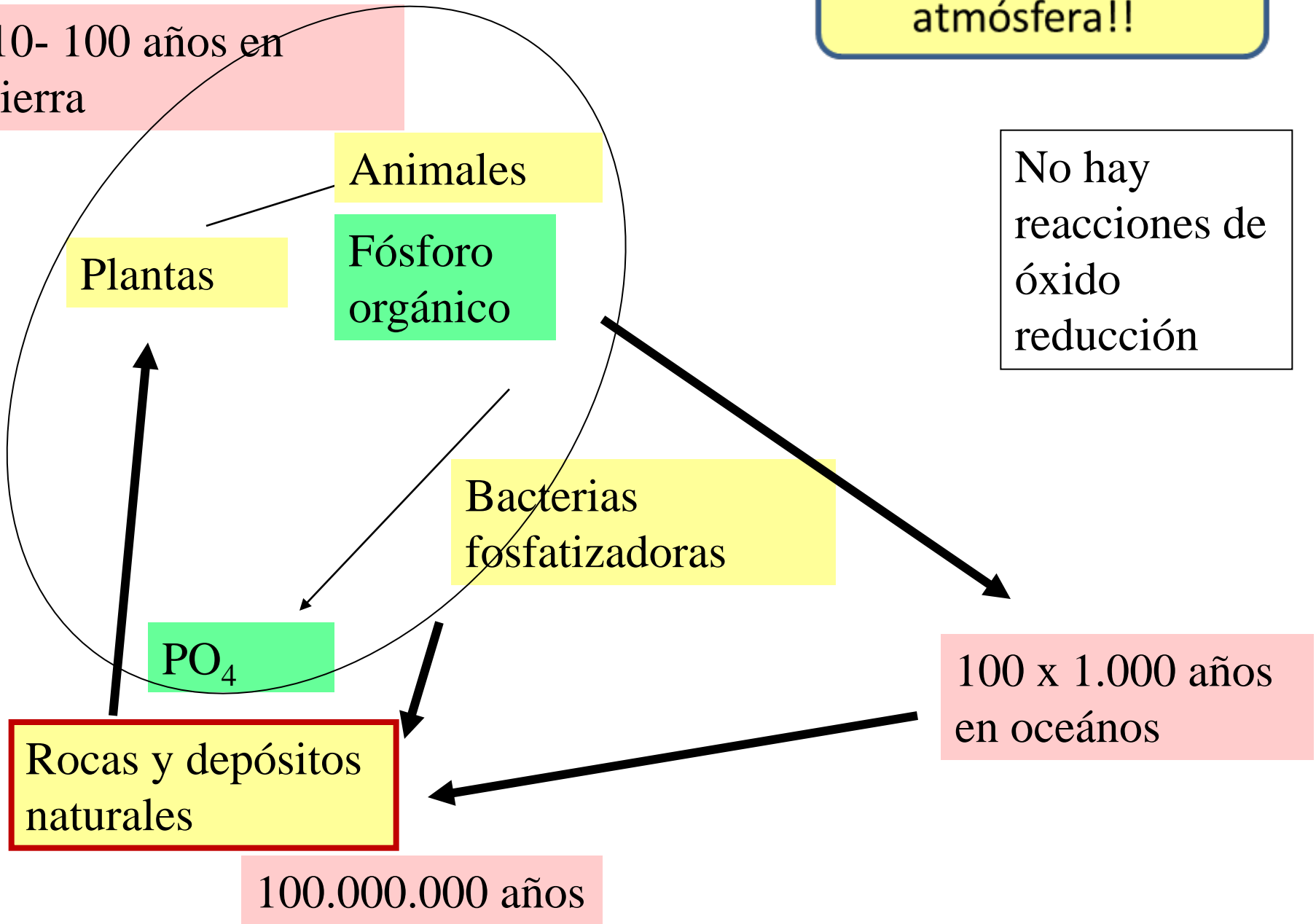
Bacterias fosfatizadoras

PO_4

Rocas y depósitos naturales

100 x 1.000 años en océanos

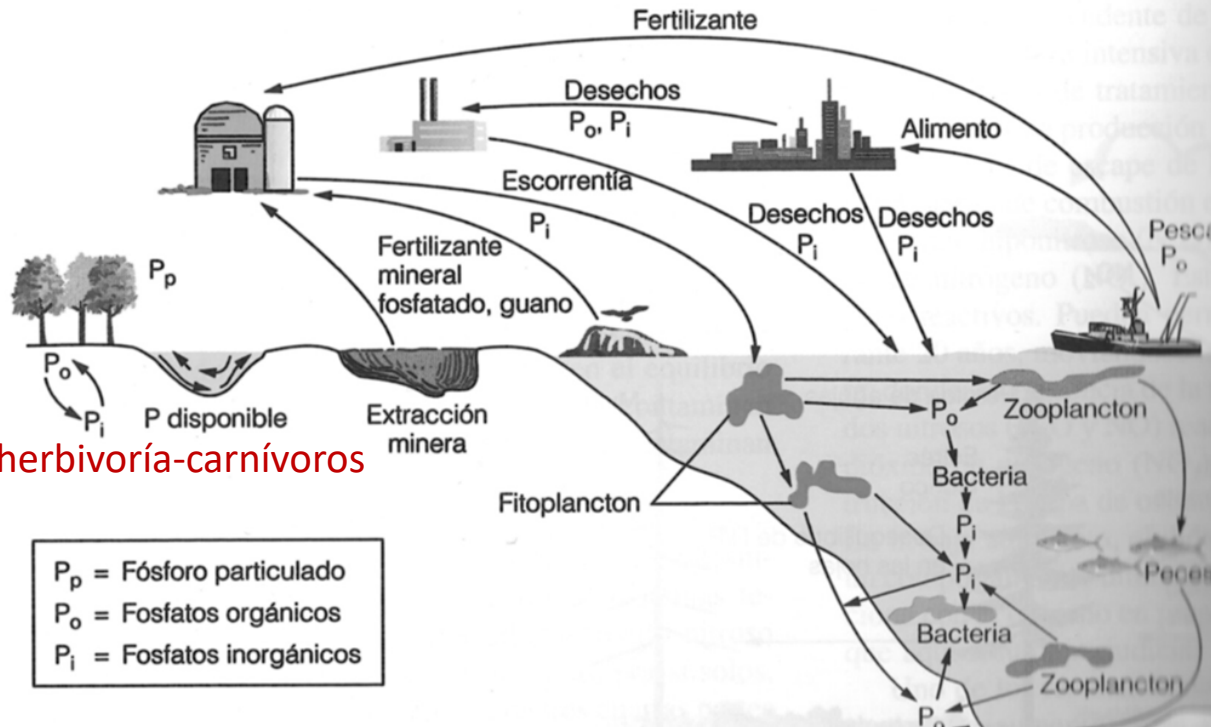
100.000.000 años



➤ El principal reservorio de fósforo son las rocas y los depósitos naturales

En condiciones naturales, el P es limitante (sist. acuáticos)

398 PARTE V ECOSISTEMAS



La acción del hombre: cultivos

Los ambientes marinos, hay florecimiento de algas cuando reciben descargas de residuos ricos en P.

El fósforo que llega a los sedimentos, sube a superficie con los afloramientos

➤ El ciclo del fósforo sigue un camino sencillo, de la tierra al mar

➤ Las bacterias transforman el fosfato orgánico en fosfato inorgánico

Efectos del hombre sobre el ciclo del fósforo



Ha alterado el ciclo del fósforo

Enriquecimiento de aguas en fósforo

- por drenaje desde campos cultivados
- Detergentes



Eutroficación

- Aumento de la PPN
- Aumento de la turbidez



➤ Parte del fósforo que se aplica como fertilizante, reacciona con el calcio, el hierro del suelo, se forman **sales insolubles**

➤ Grandes cantidades de fósforo son liberadas en áreas urbanas.

➤ Se favorecen especies oportunistas

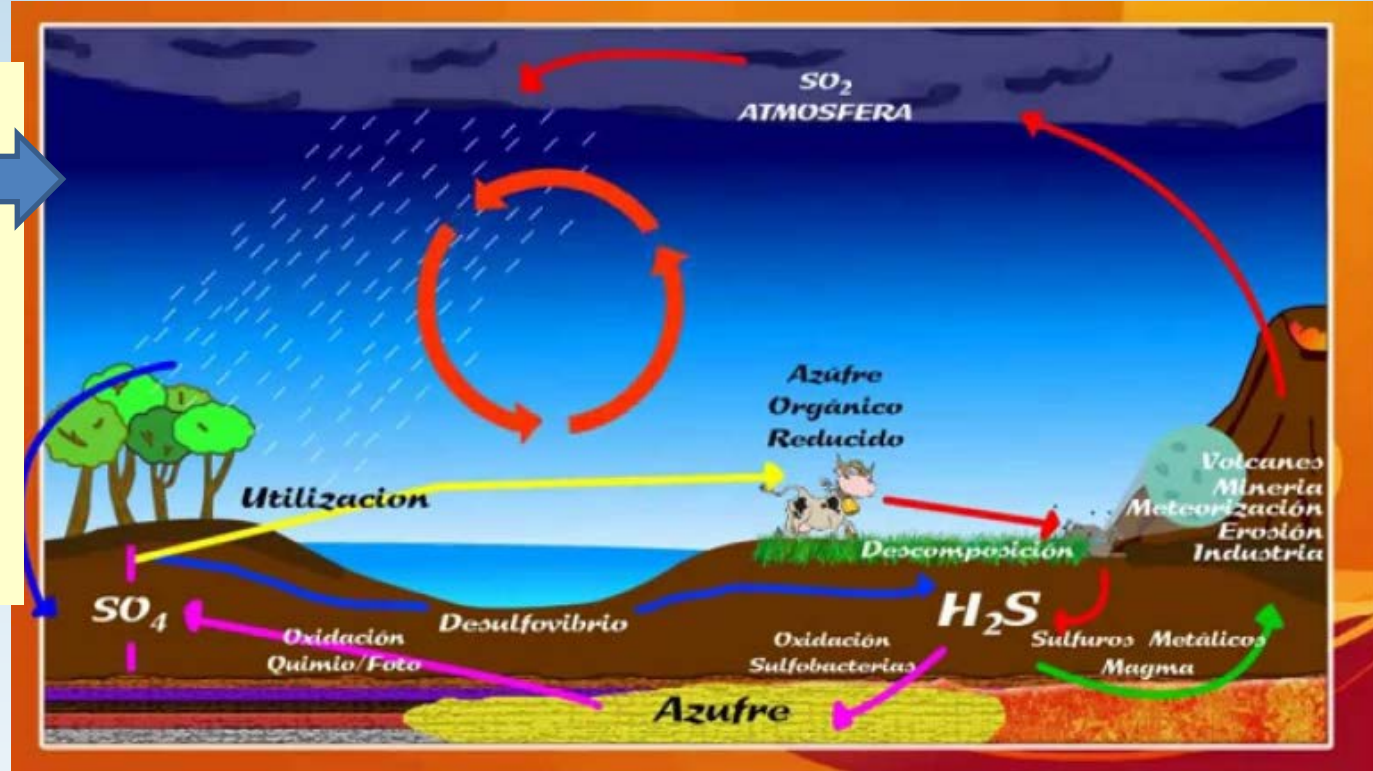
➤ Hay una disminución de la diversidad

Ciclo del azufre

- Posee una fase sedimentaria donde el azufre se encuentra en depósitos orgánicos e inorgánicos y una fase gaseosa donde circula a escala global

Entra a la atmósfera de distintas formas:

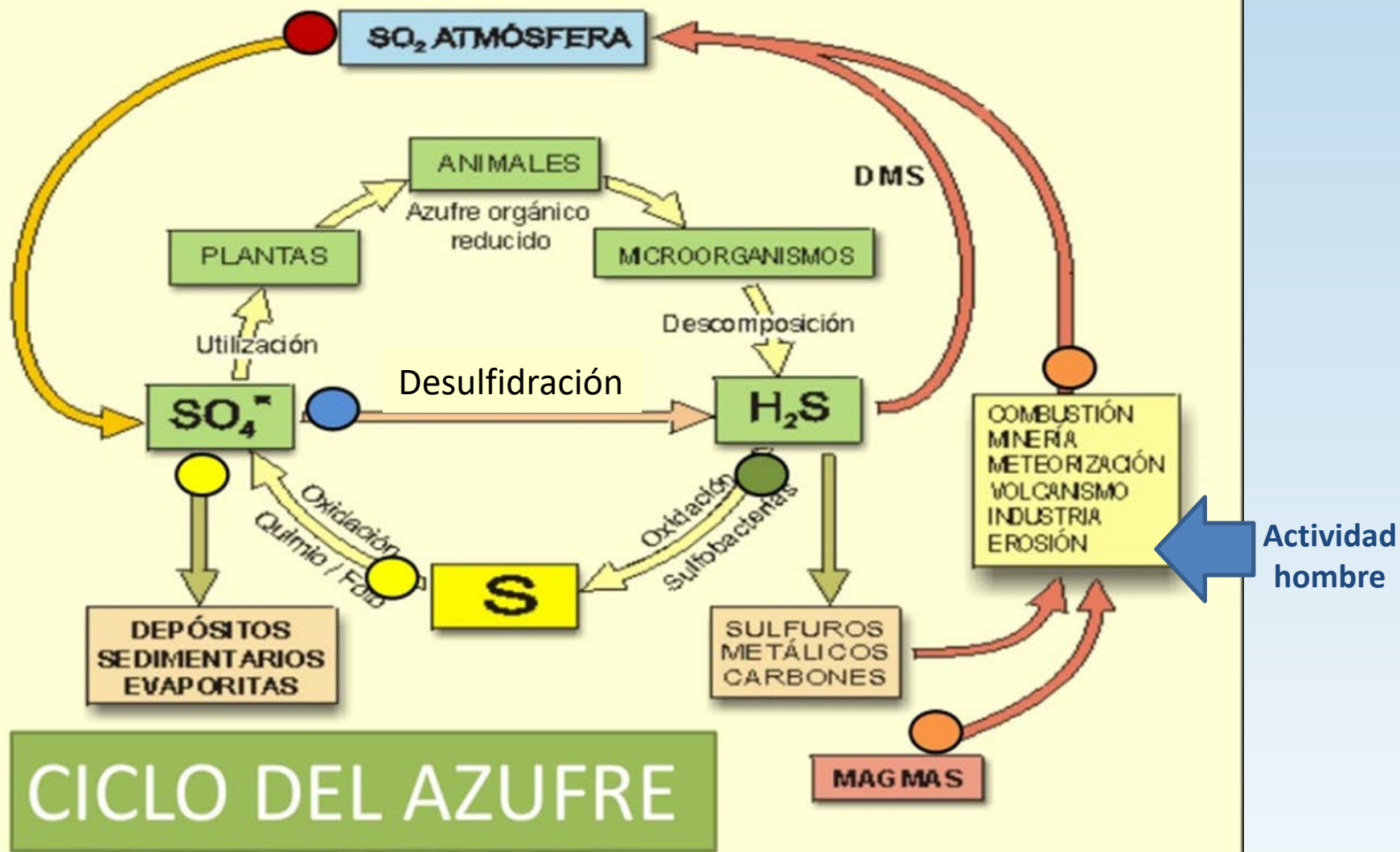
Consumo combustibles,
Erupciones volcánicas,
Interfase océano/tierra (DMS),
Gases de descomposición (H_2S)



El azufre de los depósitos sedimentarios, se libera por desgaste y descomposición. En ecosistemas terrestres se transporta como solución salina.

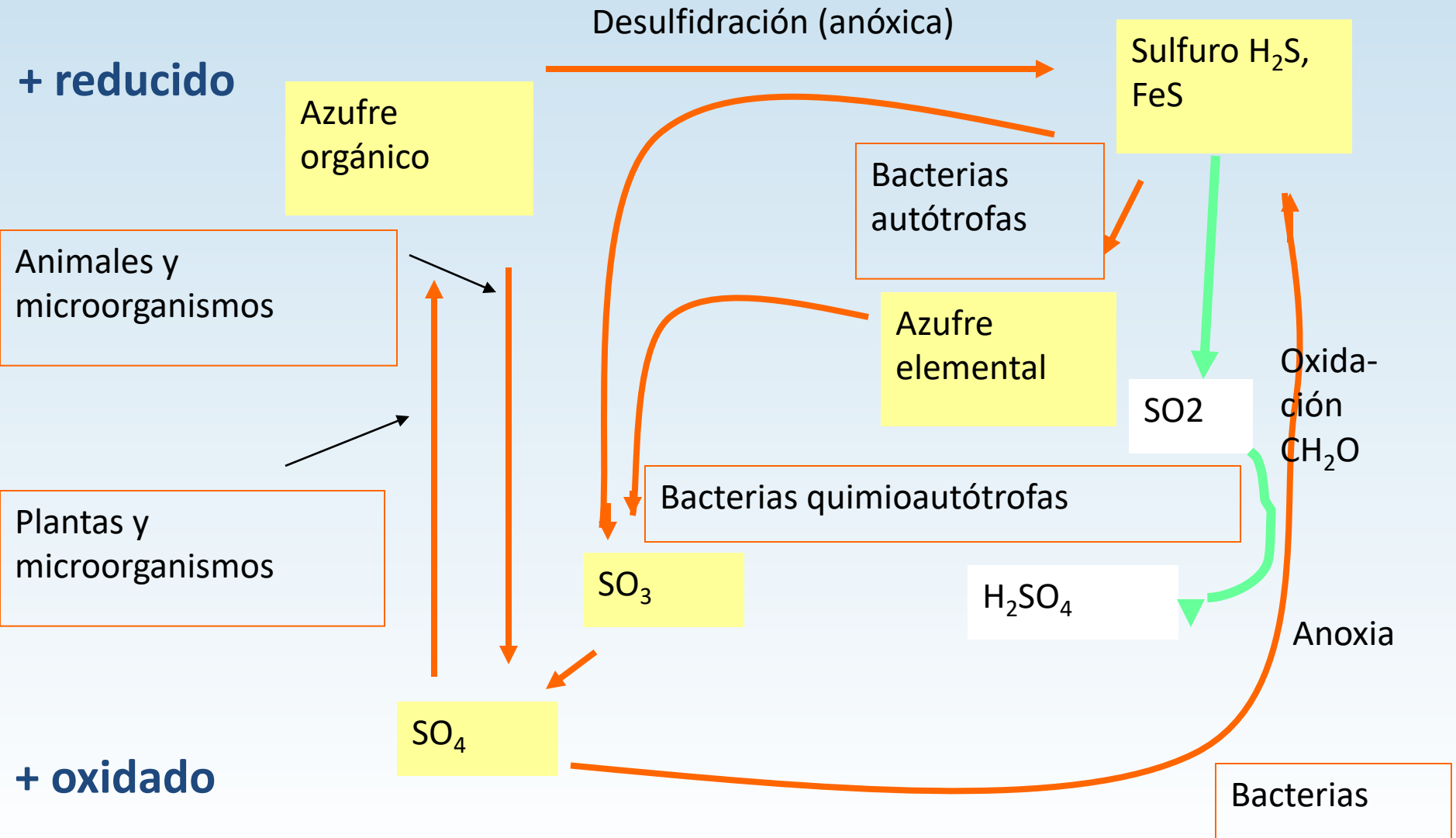
El H_2S se oxida en la atmósfera

Los ciclos del azufre (y del nitrógeno) pueden producir lluvia ácida (ácido sulfúrico) al reaccionar con el vapor de agua de la atmósfera



- La excreción y muerte de los organismos (materia orgánica) depositan el azufre en el suelo o fondo de lagos/océanos.
- Las bacterias lo transforman en ácido sulfhídrico (H_2S) y en sulfatos.

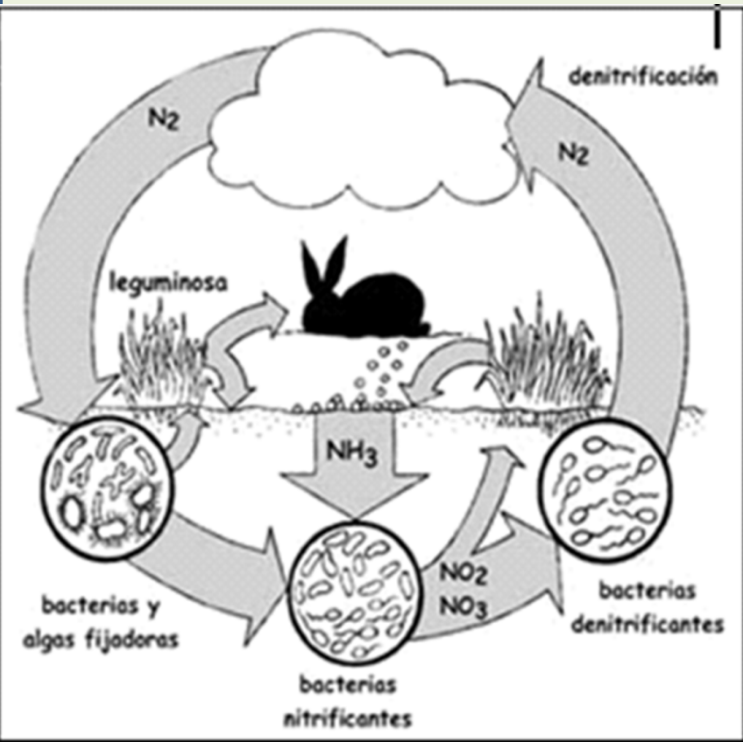
Ciclo del azufre



Ciclo del nitrógeno

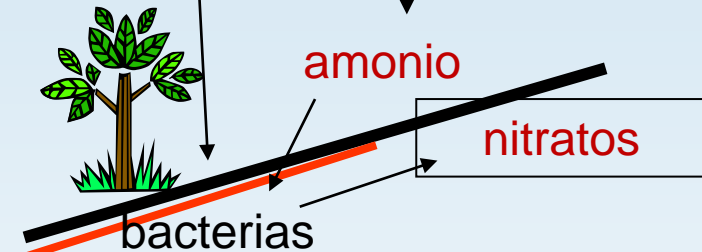
La fijación del nitrógeno ocurre de 2 formas:

- 1) Fijación x acción química de alta energía (relámpagos): amoníaco y nitratos
- 2) Fijación biológica



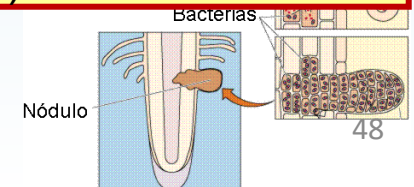
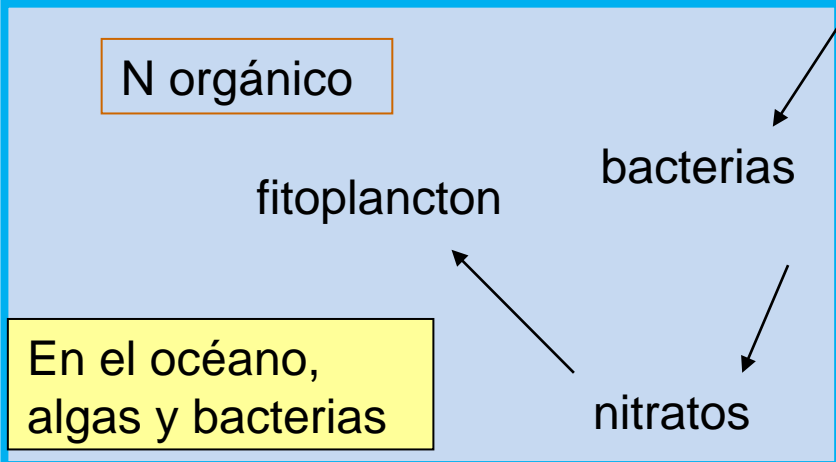
Atmósfera [79%] N_2 inerte

1 Relámpagos

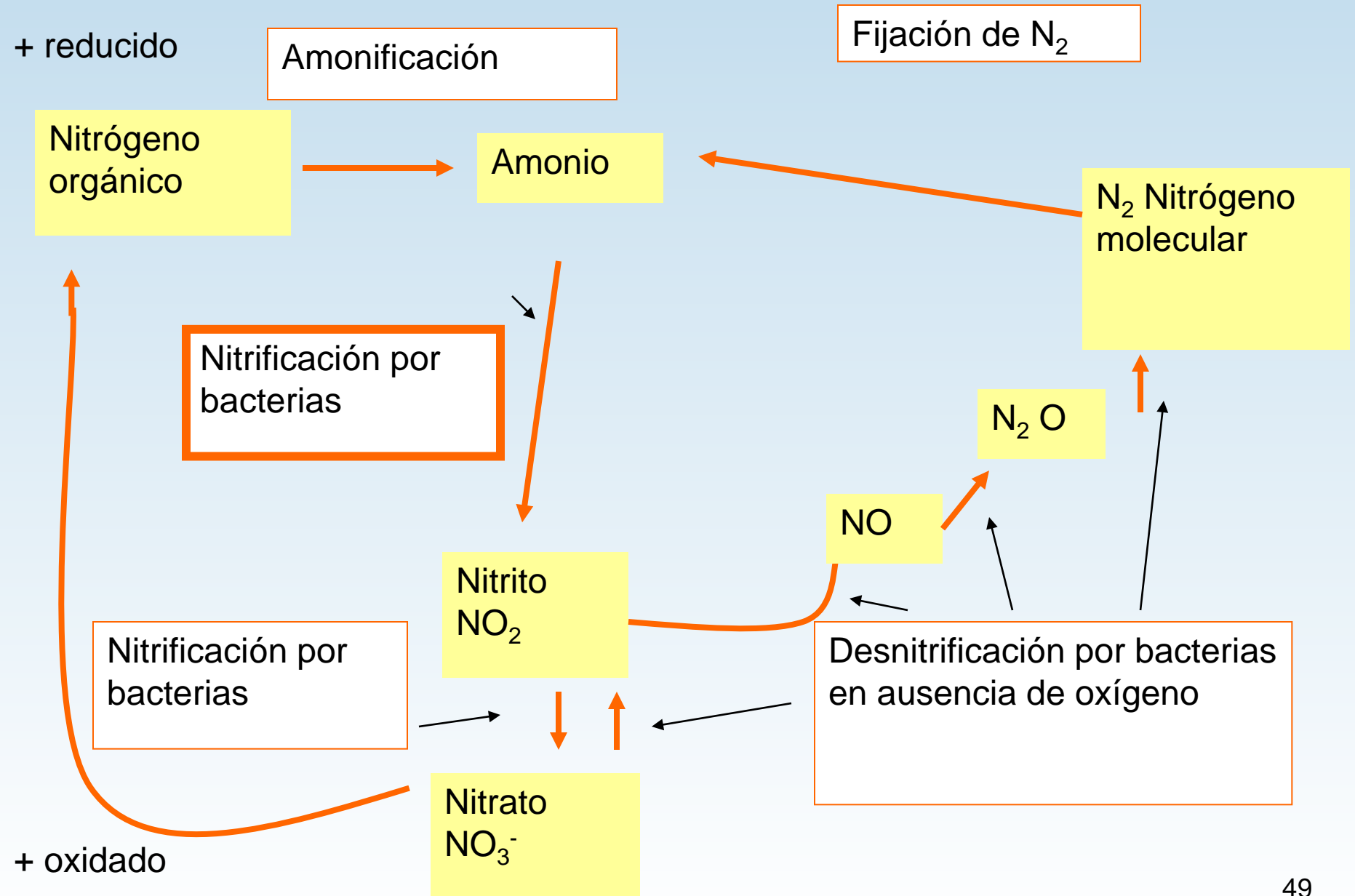


2

En la tierra, las bacterias fijadoras están en simbiosis con plantas leguminosas y no leguminosas (nódulos en sus raíces)

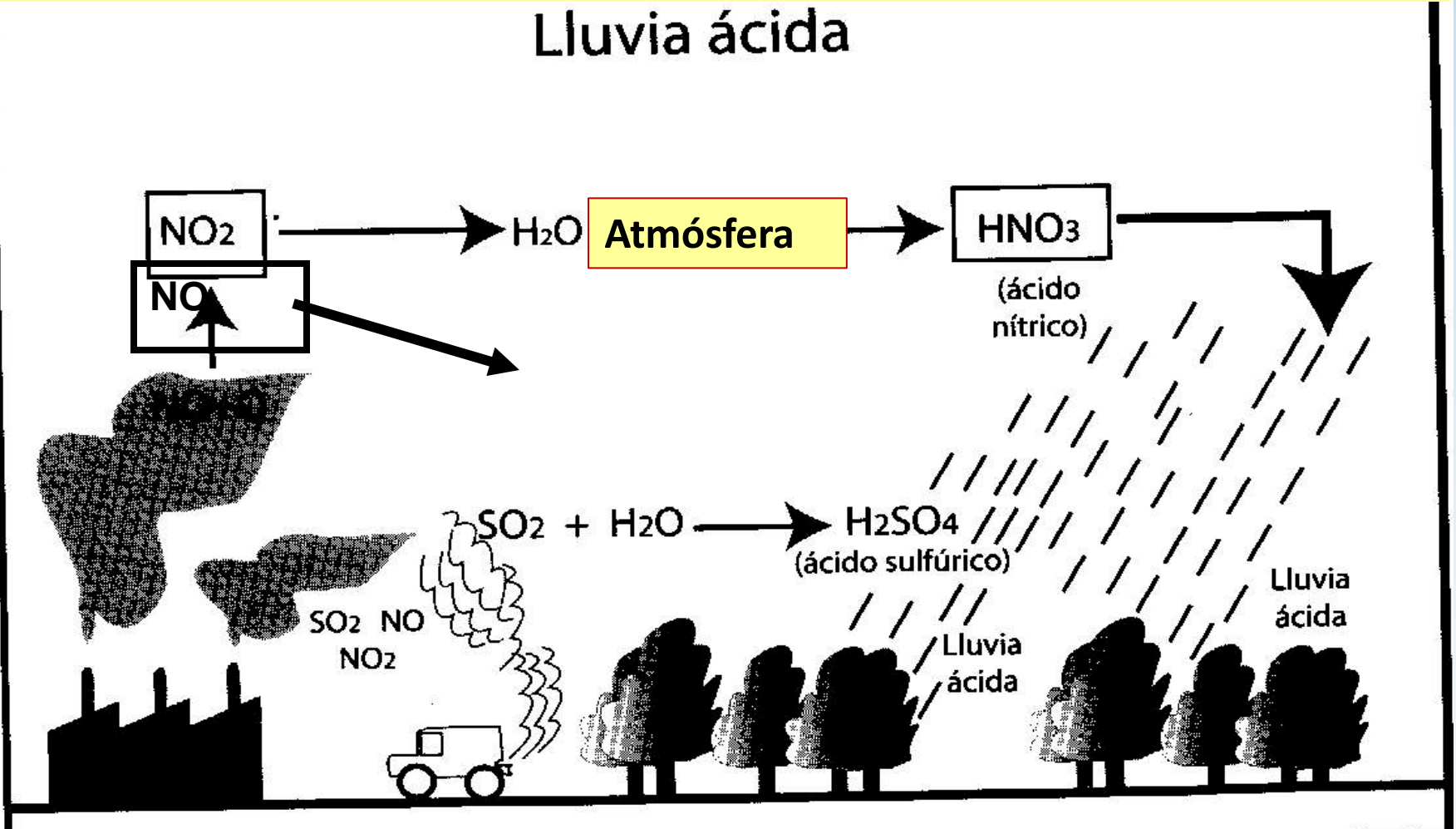


El rol de las bacterias en el ciclo del nitrógeno



Producción de lluvia ácida y los efectos sobre los ecosistemas

Lluvia ácida



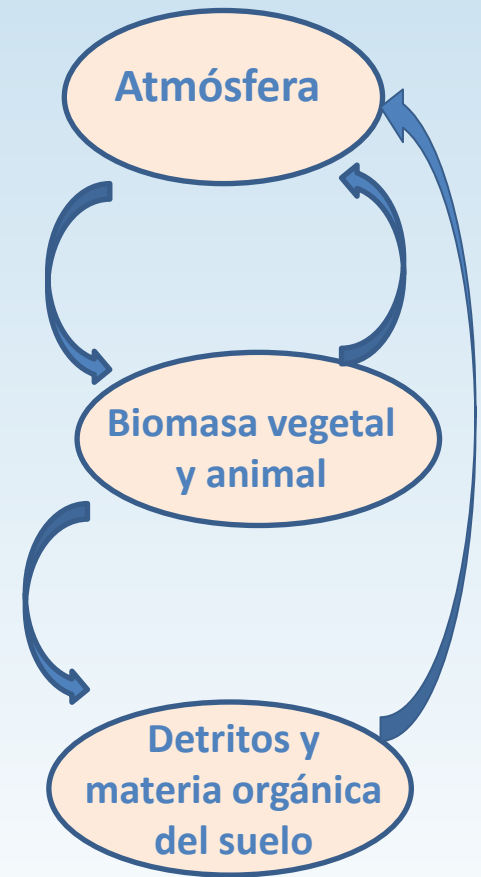
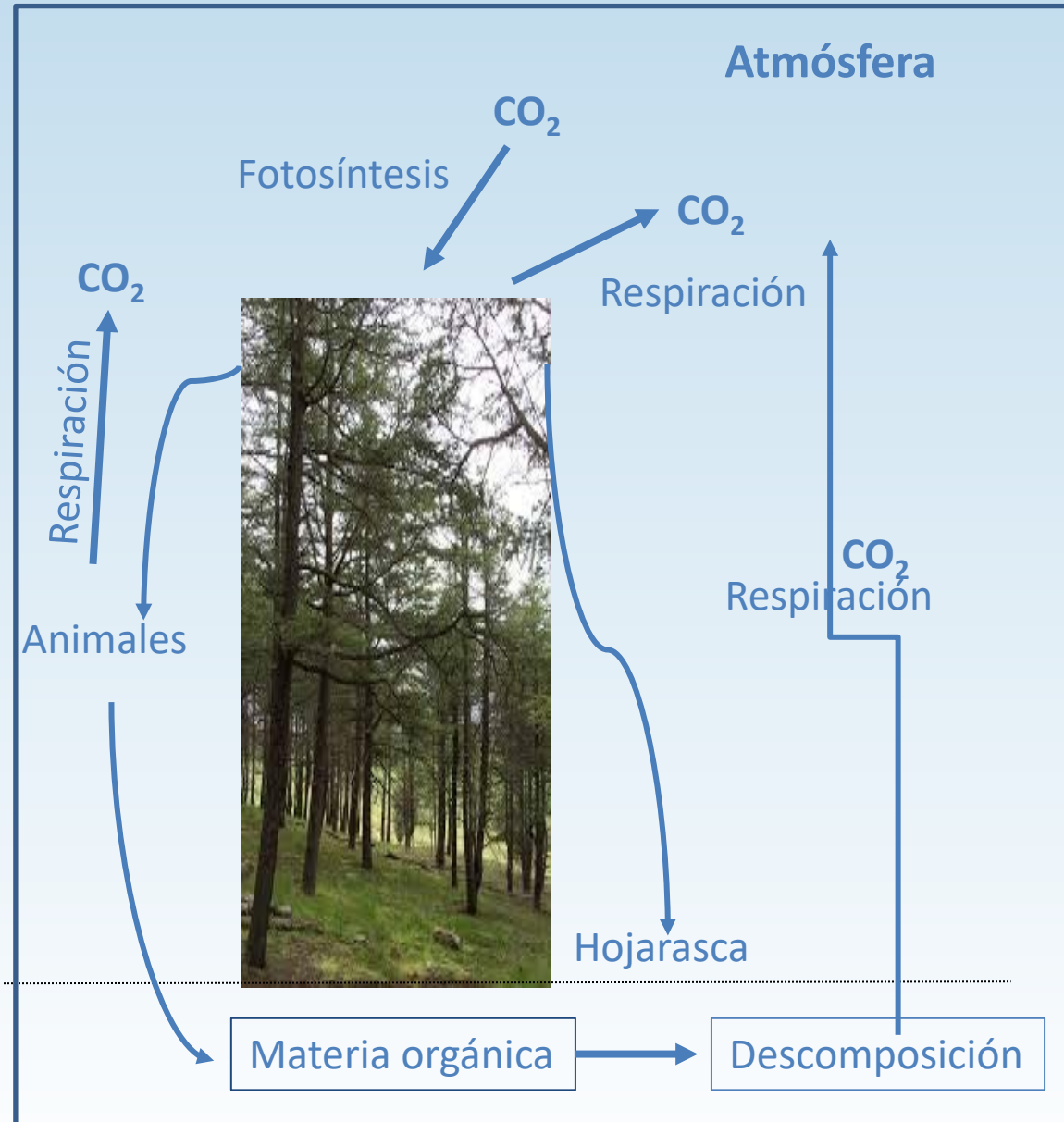
Acidificación de cuerpos de agua

Deterioro de bosques de montaña

Disminución de peces, etc

Ciclo del carbono

El carbono que entra en las cadenas tróficas se libera al ambiente como CO_2



¿cómo circula el carbono en los ecosistemas?

Tasas de producción primaria (involucra la captura de nutrientes) y la tasa de descomposición (involucra la liberación de nutrientes) están influenciados por las condiciones ambientales (temperatura, precipitaciones)



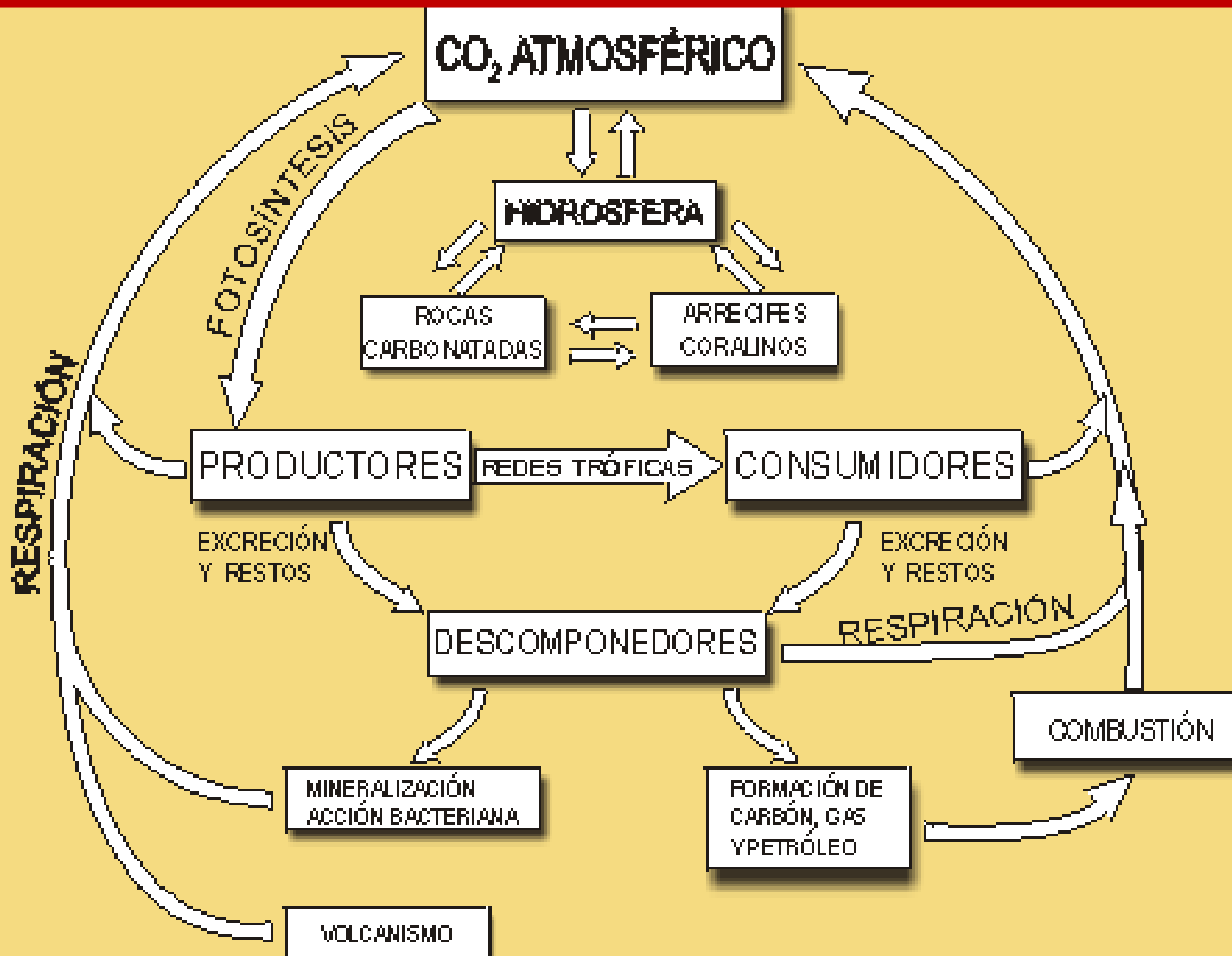
- ✓ En ecosistemas húmedos y cálidos, ambas tasas son altas y el carbono fluye rápidamente en el ecosistema.
- ✓ En ecosistemas fríos y secos, estos procesos son más lentos. Cuando las temperaturas son muy bajas, la descomposición es muy lenta y la materia orgánica se va acumulando.

La circulación del carbono presenta i) fluctuaciones diarias (temperatura y humedad): diarias: primeras hs de luz, con la fotosíntesis ↓ ↓ CO₂, luego disminuye la FS durante la tarde, y a la noche ↑ ↑ CO₂; y ii) fluctuaciones estacionales (estaciones de crecimiento y letargo).

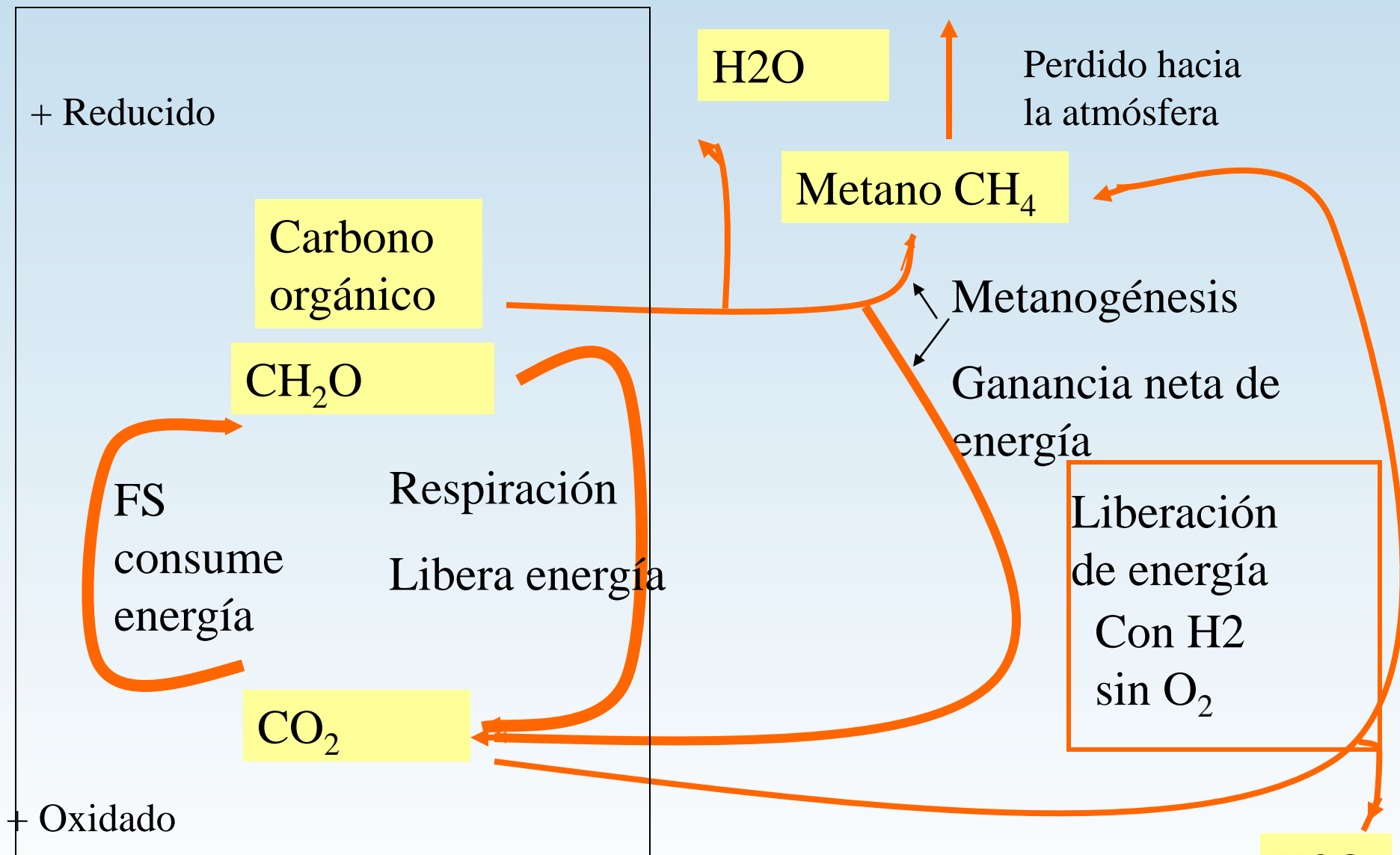


Estas fluctuaciones son mayores en ambientes terrestres (H. Norte) que en ambientes acuáticos.

La atmósfera y la hidrosfera son la reserva fundamental de carbono, en moléculas de CO_2 que los seres vivos puedan asimilar.



Transformaciones del carbono a lo largo del ciclo



Los cambios ocurren por acción de seres vivos

El flujo de carbono en un bosque a distintas edades



Bosque de pino viejo y joven

El carbono almacenado en biomasa viva es mucho mayor en un bosque viejo que en un bosque joven.

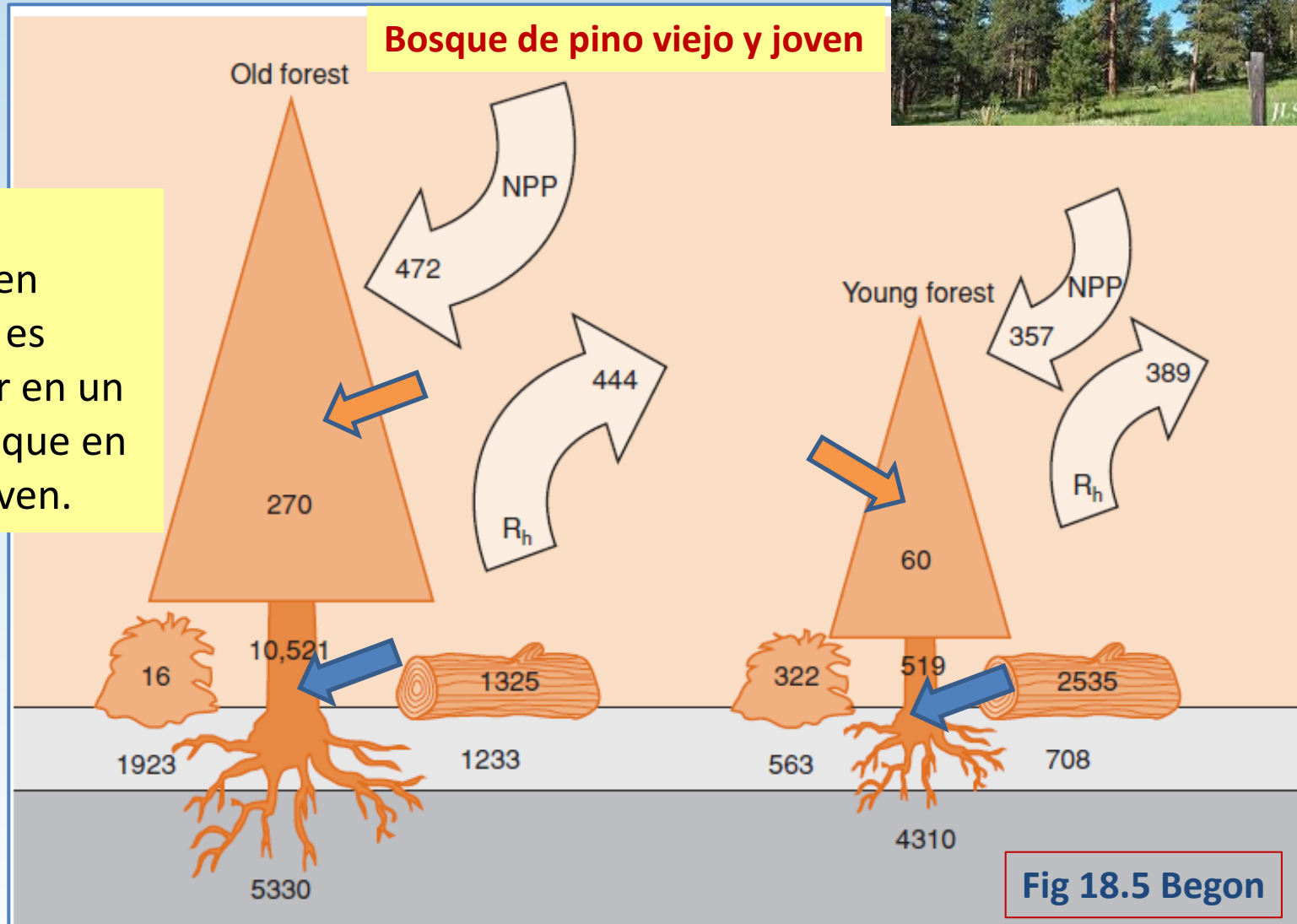
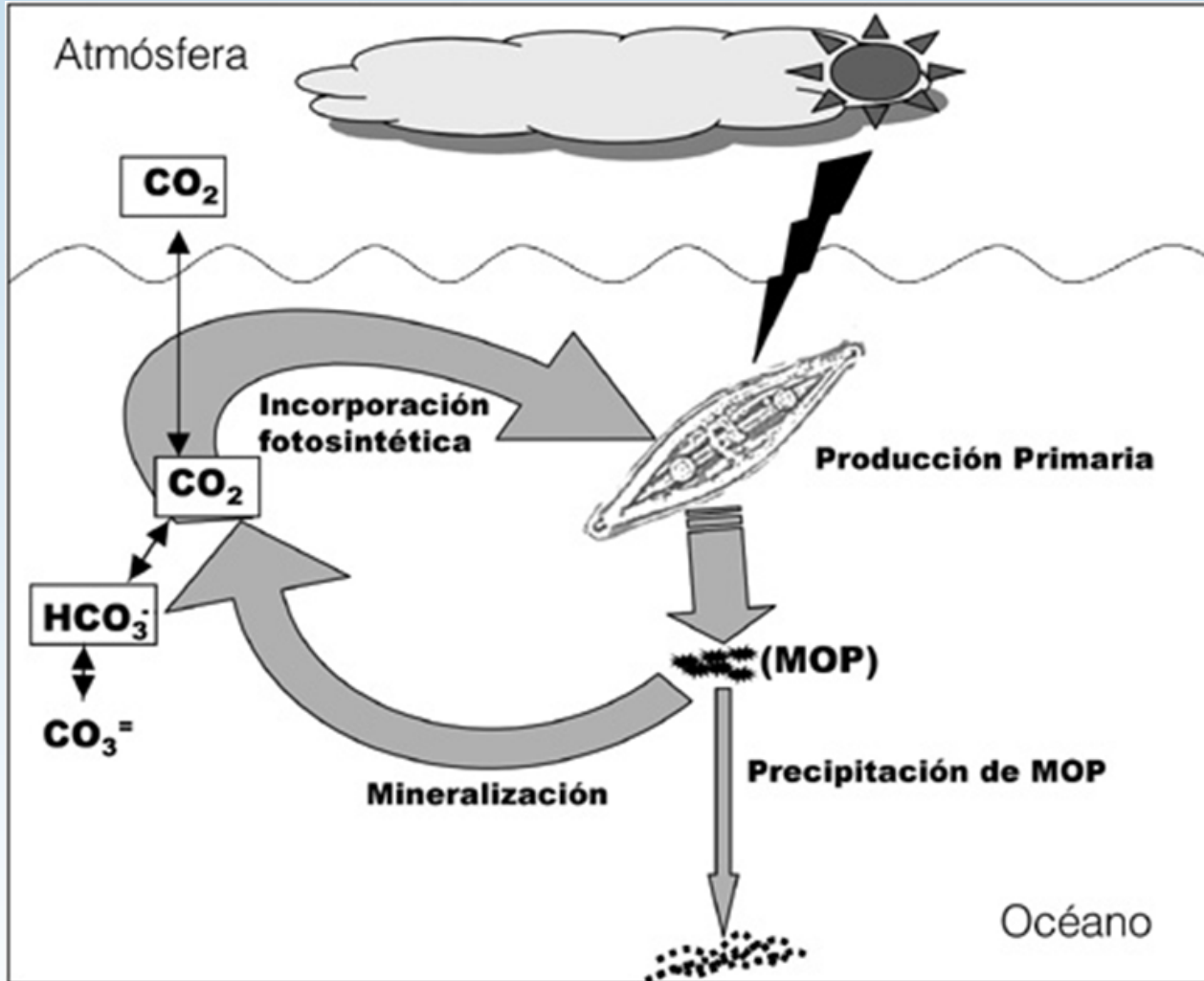


Fig 18.5 Begon

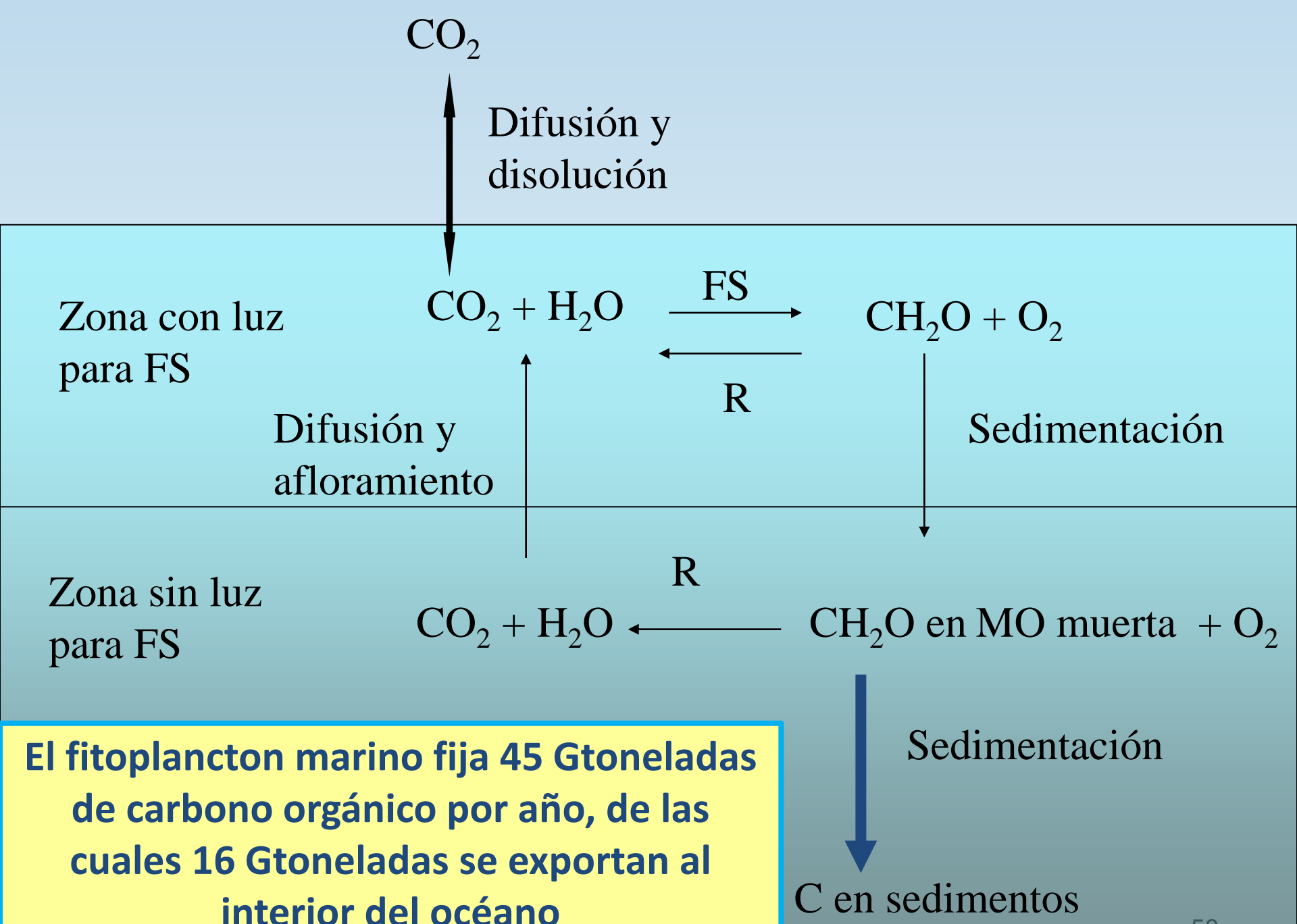
El contenido de carbono total medido como g Carbono/m² de un bosque viejo es del doble al de un bosque joven

“Bomba biológica de carbono”

existe un transporte de carbono hacia el fondo del océano

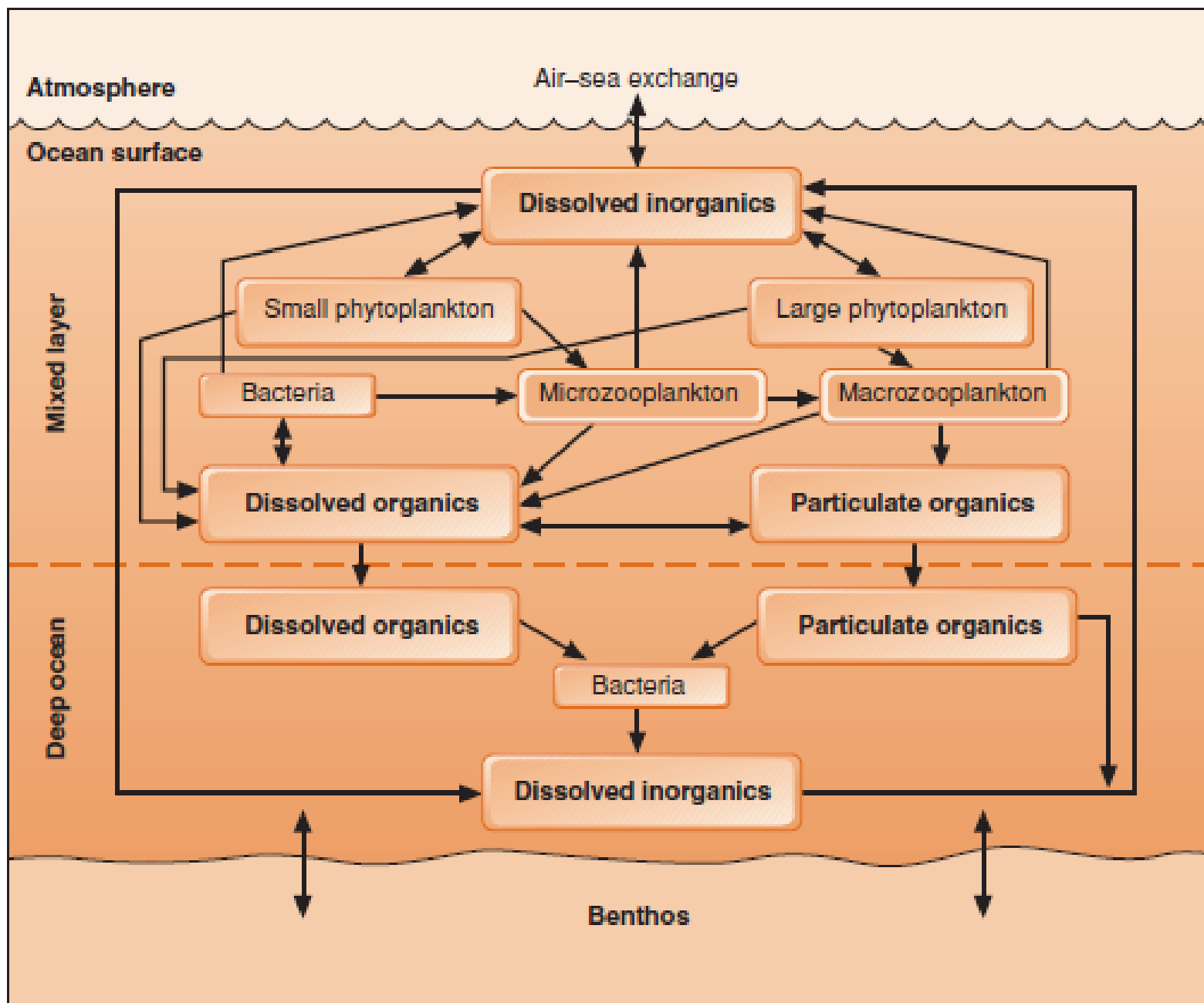


Las mayores reservas de carbono se encuentran en los océanos, al contener estos más de 60 veces el C que la atmósfera contiene.



El fitoplancton marino fija 45 Gtoneladas de carbono orgánico por año, de las cuales 16 Gtoneladas se exportan al interior del océano

➤ El carbono circula desde la zona fótica hacia las profundidades



Resumen

- 1) Mencione los dos tipos de ciclos biogeoquímicos y los nutrientes que estarían implicados en cada uno.
- 2) ¿qué factores afectan el reciclado de nutrientes en un lago y en un río?
- 3) Describa las principales características del ciclo del carbono.
- 4) ¿Qué implicancias tiene la bomba biológica de carbono en el ecosistema?
- 5) Mencione cómo ocurre la fijación del nitrógeno en los ecosistemas acuáticos y terrestres.
- 6) ¿qué es la lluvia ácida?
- 7) ¿cuáles son los principales reservorios de oxígeno?
- 8) ¿cuál es el rol del ozono en los ecosistemas?
- 9) Compare brevemente los ciclos de fósforo y del azufre.