

## **Unidade: Estrutura e dinámica da biosfera**

### **1.- Concepto de biosfera, ecosistema e bioma**

### **2.- Biomas acuáticos e terrestres**

### **3.- Relacións tróficas: niveis, cadeas e redes tróficas**

### **4.- Circulación de materia e enerxía nos ecosistemas:**

Ciclo de materia  
Fluxo de enerxía

### **5.- Parámetros tróficos:**

Biomasa  
Produción  
Produtividade  
Tempo de renovación  
Eficiencias

### **6.- A bioacumulación**

### **7.- Pirámides ecolóxicas: de enerxía, biomasa e números**

Pirámides de enerxía  
Pirámides de biomasa  
Pirámides de números

### **8.- Factores limitantes da produción primaria:**

Temperatura e Humidade  
Nutrientes  
Luz e sistema fotosintético

### **9.- Ciclos bioxeoquímicos:**

Ciclos do C, N, P e S.

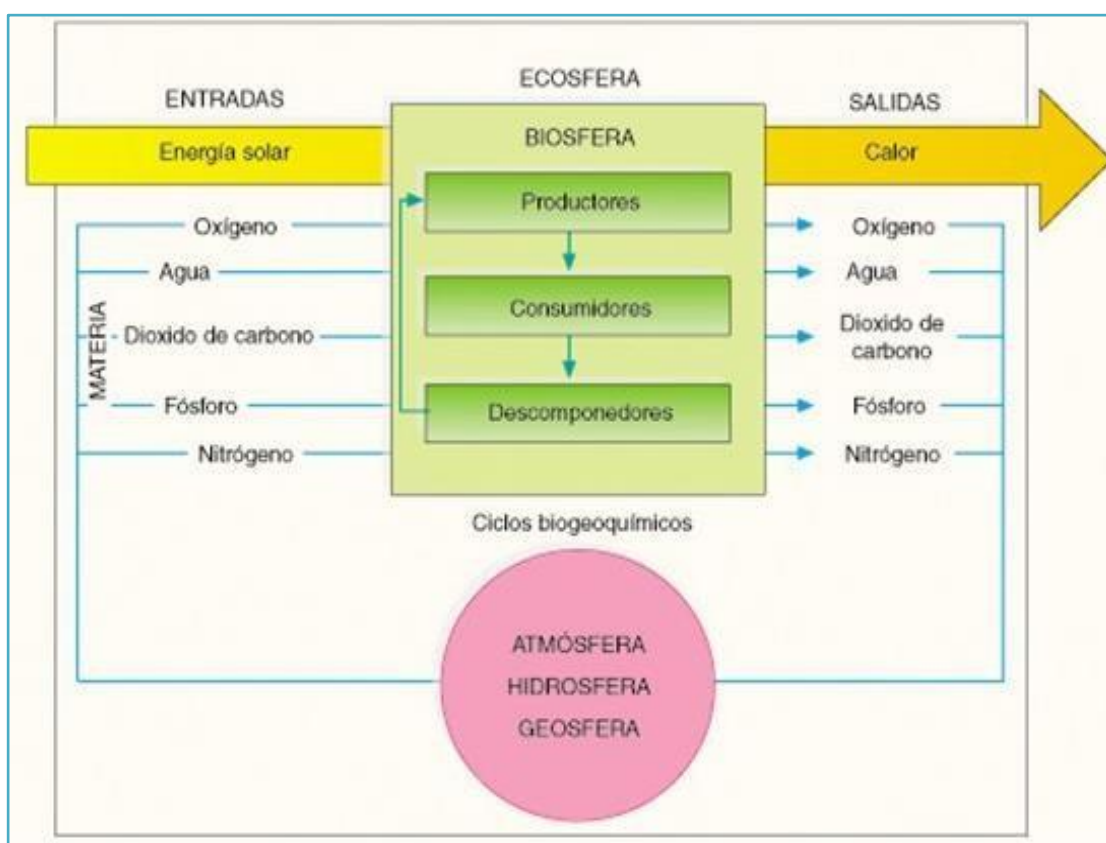
### 1.- Concepto de biosfera, ecosistema e bioma.

Biosfera é o sistema formado por todos os seres vivos que habitan na Terra, que interaccionan cos outros sistemas terrestres intercambiando materia e enerxía. Esténdese dende a troposfera ata os fondos oceánicos, onde non chega a luz, arredor de fontes termais. As especiais características da Terra como planeta permiten a existencia da materia viva, capaz de intercambiar materia e enerxía co medio, reproducirse, transmitir información aos seus descendentes e evolucionar.

Definimos ecosistema como un sistema natural formado por compoñentes vivos e non vivos, que interactúan entre si. Os compoñentes vivos ou bióticos constitúen a **comunidade** ou **biocenose**, e os non vivos forman o **biótoto** (o medio físico e as súas características), ao o que hai que sumar as distintas interaccións. O conxunto de todos os ecosistemas da Terra é a ecosfera, que se pode considerar como un ecosistema a nivel planetario, do cal a biosfera se corresponde coa súa biocenose.



Mentres que a biosfera é un sistema aberto, a ecosfera é un sistema pechado, porque é aberto para a enerxía (entra enerxía solar e sae calor, que se disipa ao espazo) e pechado para a materia, xa que se recicla, grazas a acción dos descompoñedores:



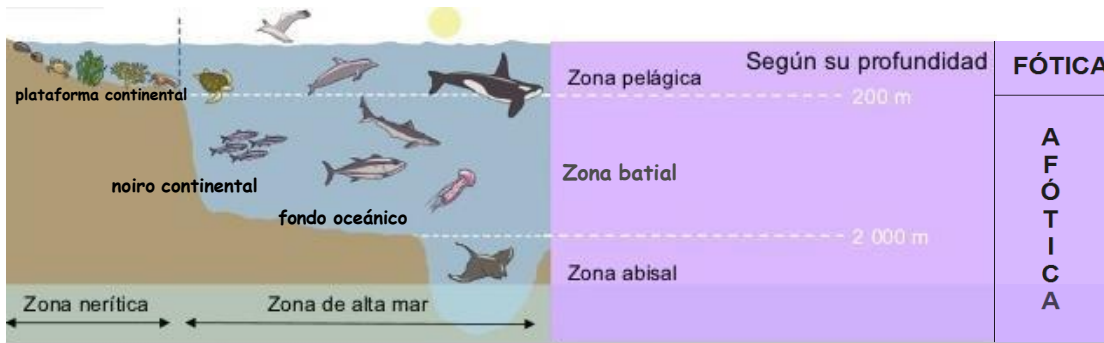
**Biomias:** Os biomias son os grandes ecosistemas que hai no planeta. Diferenciamos dous tipos básicos: acuáticos e terrestres, relacionados cos dominios climáticos. Cada bioma presenta unhas características propias no referente ao medio físico, e presenta unha flora e fauna asociadas.

**2.- Biomás acuáticos e terrestres.**

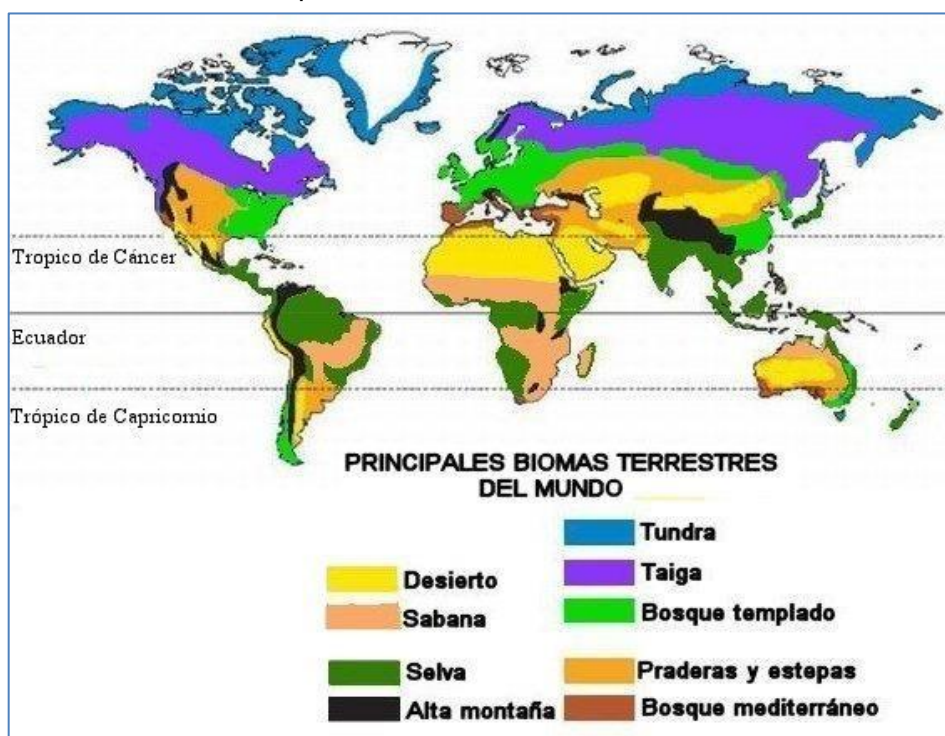
**a) Acuáticos:** poden ser de auga doce, mixtos e mariños. Así mesmo, as comunidades acuáticas que os habitan, clasifícanse segundo o modo de vida, en:

1. **Plancto:** comunidade acuática formada por seres que viven en suspensión na auga, sen desprazamento propio, distinguindo o fitoplancto ou plancto vexetal, primeiro elo das cadeas alimenticias (bacterias fotosintéticas e microalgas), e o zooplancto, constituído por animais, que ben forman parte do plancto durante todo o seu ciclo vital (augamares, pequenos crustáceos), ou so na fase xuvenil (larvas de moluscos, equinodermos, crustáceos ou peixes).
2. **Bentos:** comunidade acuática formada por seres vivos que viven sobre os fondos, tanto fixos como móbiles (corais, esponxas, algas, vermes, moluscos, crustáceos, ourizos, peixes planos...)
3. **Necton:** comunidade acuática formada por seres vivos que se desprazan nadando de forma activa (peixes, tartarugas e mamíferos mariños, luras e polbos...)

Os biomás dulceacuícolas poden ser de auga corrente (ríos) ou inmóbil (lagos); os mixtos son auga salobre, como esteiros e marismas, de gran riqueza biolóxica; os biomás mariños clasifícanse segundo a distancia á costa (zona litoral ou nerítica e zona de alta mar), e a profundidade, que determina a presenza o ausencia de luz (zona fótica ou peláxica, e zona afótica, sen luz e polo tanto sen fitoplancto, que a súa vez se subdivide en zona batial e abisal, a máis profunda).

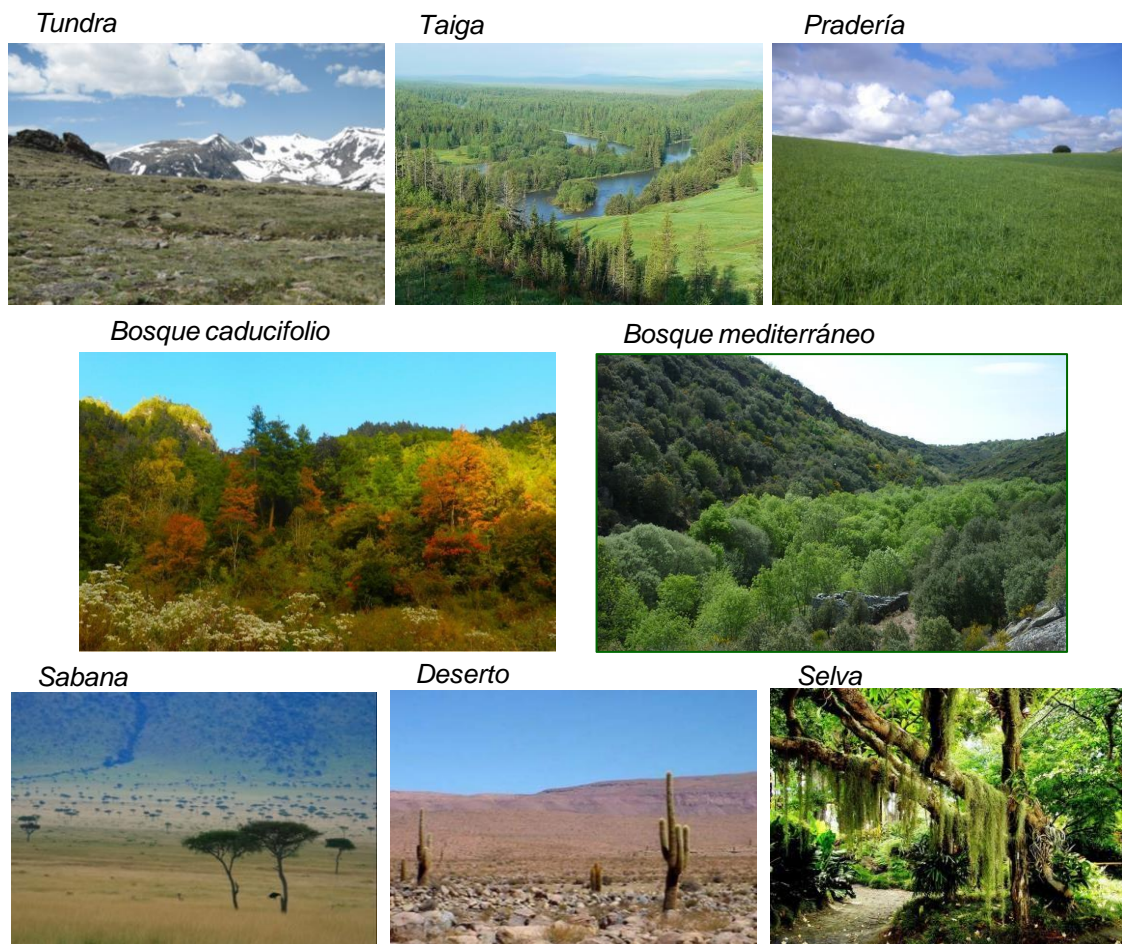


**b) Terrestres,** determinados polo clima. Son:



Os principais son:

- De clima frío: tundra (musgos e líques) e taiga (bosque de coníferas).
- De clima temperado: praderías/estepas (clima continental), bosque caducifolio e bosque mediterráneo.
- De clima cálido: selva ecuatorial, sabana e deserto.



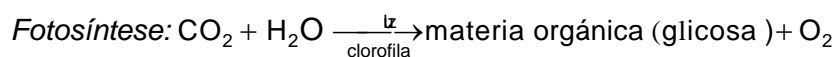
### 3.- Relacións tróficas: niveis, cadeas e redes tróficas.

As relacións tróficas son as transferencias de materia e enerxía dun organismo a outros en forma de alimento (*trofos = comer*). Representáanse mediante cadeas tróficas ou alimentarias, que son transferencias unidireccionais e están formadas por varios elos ou niveis tróficos. Estes son:

- produtores
- consumidores
- descompoñedores

—Os **produtores** constitúen o primeiro nivel trófico, formado por organismos **autótrofos**, únicos seres capaces de sintetizar materia orgánica a partir da materia mineral, mediante fotosíntese ou quimiosíntese. Inician o ciclo de materia e o fluxo de enerxía, sendo os responsables da **producción primaria** dos ecosistemas. Os produtores poden ser:

- ❖ fotosintéticos: dependentes da luz, que captan mediante pigmentos como a clorofila, necesaria para realizar a fotosíntese. Pertencen a este grupo algúns grupos de bacterias como as cianobacterias, as algas e as plantas.



Os principais seres fotosintéticos son as plantas nos ecosistemas terrestres e o fitoplancto nos ecosistemas acuáticos; a importancia biolóxica da fotosíntese débese a que constitúe a base das cadeas tróficas e polo tanto da produción primaria, así como á liberación de osíxeno, gas necesario para a respiración.

- ❖ quimiosintéticos: seres autótrofos non dependentes da luz, son as bacterias quimiosintéticas, que obteñen a enerxía a partir da oxidación de moléculas inorgánicas como sulfuros ou compostos de ferro. Viven nas profundidades oceánicas arredor de fontes termais, ou en ambientes extremos.

– **consumidores**: son organismos **heterótrofos** que se alimentan de materia orgánica doutros seres vivos, tomada directa ou indirectamente dos autótrofos. Son os animais, fungos e protozoos. Hai varios niveis tróficos de consumidores:

- consumidores primarios ou herbívoros: aliméntanse de produtores (comedores de algas ou plantas). Constitúen o segundo nivel trófico e son, por exemplo, o zooplancto, bolboreta, caracol, ovella, aves granívoras ou canguros.
- consumidores secundarios ou carnívoros: aliméntanse de herbívoros e constitúen o terceiro nivel trófico. Son dende os organismos filtradores, ata animais insectívoros e depredadores (troita, araña, ra, morcego, lobo).
- consumidores terciarios ou carnívoros finais: constitúen o cuarto nivel e son os superdepredadores como aguias, crocodilos ou delfíns.

Os consumidores secundarios e terciarios poden ser predadores, necrófagos ou parasitos; os omnívoros, que se alimentan de vexetais e animais poden ocupar ambos niveis de consumidores, e os detritivoros consumen restos orgánicos (miñoca, moitos escaravellos e cangrexos).

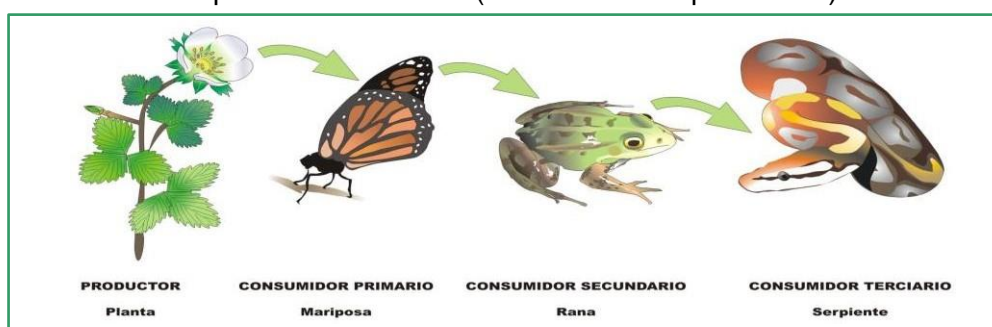
– **descompoñedores**: organismos que transforman a materia orgánica en materia mineral, que pode ser utilizada de novo polos produtores. Transforman a materia orgánica dos outros niveis (produtores e consumidores) e pechan o ciclo da materia.

Son descompoñedores as bacterias e fungos no medio terrestre, e so as bacterias no medio acuático. Os descompoñedores teñen unha modalidade de nutrición denominada saprobria (realizan a dixestión externa do material orgánico morto ou de refugallo e liberan nutrientes inorgánicos). A descomposición aumenta coa temperatura.

Os descompoñedores pechan o ciclo da materia nos ecosistemas: os produtores fabrican materia orgánica a partir da inorgánica (fotosíntese ou quimiosíntese), e a materia orgánica circula polas cadeas tróficas ata que os descompoñedores a converten en materia inorgánica (dispoñible para os produtores) pechando o ciclo.

As cadeas tróficas constan de: *un nivel de produtores* → *un ou varios niveis de consumidores* → *nivel de descompoñedores*

Exemplo de cadea trófica (xunto a descompoñedores)



- **Redes tróficas. Diferenzas entre cadea e rede trófica.**

A idea de cadea trófica é unha simplificación, xa que as relacións alimenticias nun ecosistema son máis complexas, polo que é máis real falar de redes tróficas.

Así, mentres as cadeas son relacións lineais de transferencia de alimento, as redes están constituídas por varias cadeas interconectadas porque hai elos comúns, de forma que un mesmo organismo forma parte de máis dunha cadea, podendo ocupar diferentes niveis. As redes complexas estabilizan os ecosistemas, pois hai menor dependencia duns organismos con respecto a outros.

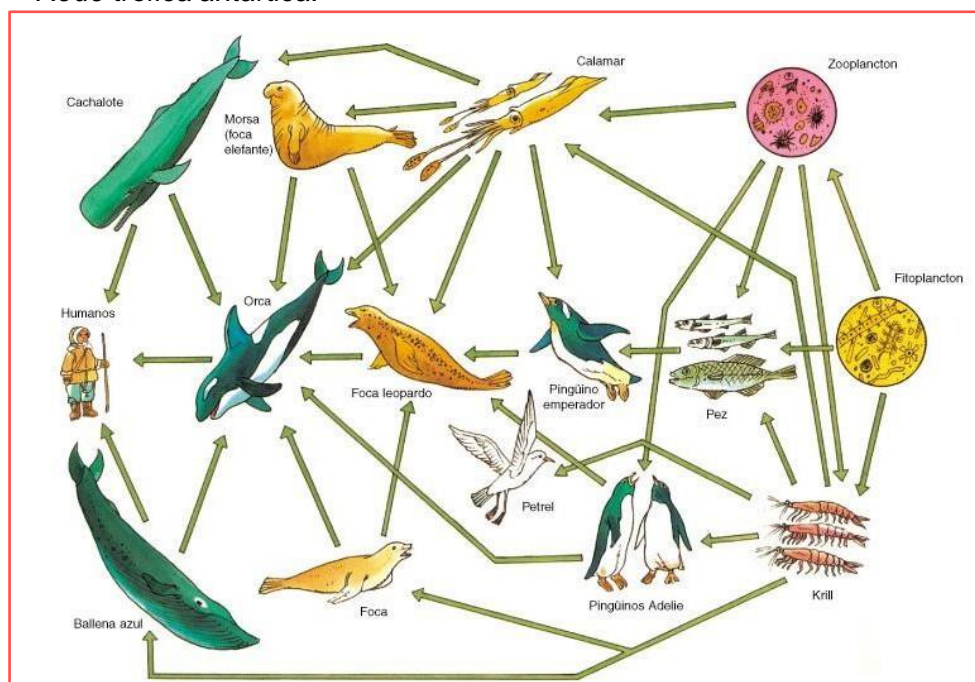
- **Diferenzas entre cadeas/redes terrestres e acuáticas:**

Ecosistemas terrestres	Ecosistemas acuáticos
Cadeas máis curtas	Cadeas máis longas
Produtores soen ser grandes (vexetais)	Produtores microscópicos (fitoplancto)
Os produtores son comidos parcialmente	Os produtores son comidos totalmente
Carnívoros de menor tamaño que as presas	Carnívoros de maior tamaño que as presas

*Rede trófica dun bosque caducifolio:*



*Rede trófica antártica:*



**4.- Circulación de materia e enerxía nos ecosistemas: ciclo de materia e fluxo de enerxía.** A circulación de materia e enerxía nos ecosistemas é diferente, así mentres que a materia percorre un ciclo pechado, a enerxía realiza un circuito aberto ou fluxo.

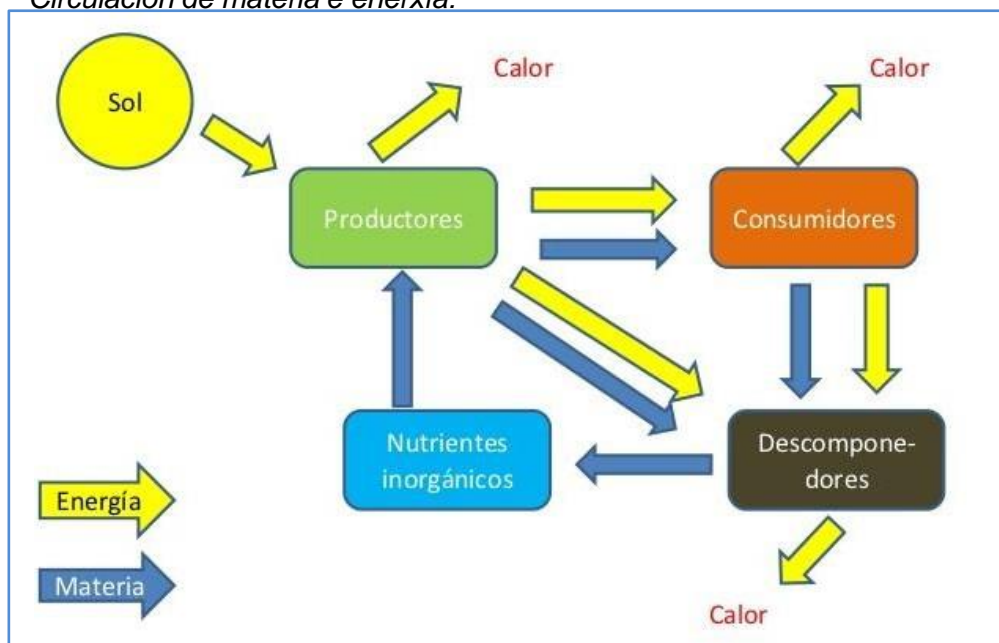
- a) Ciclo de materia: os organismos produtores inician o ciclo de materia ao captar materia mineral do medio, e transformala en materia orgánica (por fotosíntese ou quimiosíntese); a materia orgánica circula pola cadeas tróficas, e grazas a acción dos descompoñedores (fungos e bacterias) é degradada e convertida en materia mineral, de novo a disposición dos produtores. Deste modo a materia se recicla e o ciclo da materia tende a pecharse (algúns nutrientes son exportados lonxe do ecosistema orixinal a través do aire e auga; así mesmo, algúns organismos eluden á descomposición e forman combustibles fósiles como carbón e petróleo, que permanecen almacenados na litosfera durante miles ou millóns de anos).

É importante subliñar que os descompoñedores actúan sobre a materia orgánica procedente de cada un dos niveis tróficos.

- b) Fluxo de enerxía: a enerxía solar que entra na cadea trófica mediante fotosíntese (produtores) é transformada en enerxía química contida na materia orgánica, forma na que circula pola cadea trófica mediante o alimento, e sae como calor perdido por respiración (de todos os niveis), polo que a enerxía circula como fluxo aberto e unidireccional.

Ademais o fluxo de enerxía vai diminuindo ao longo da cadea, vaise perdendo ao pasar dun nivel a outro, seguindo á regra do 10%: a enerxía que pasa dun elo ao seguinte, ao longo das cadeas tróficas, **divídese por 10** con respecto ao nivel anterior, xa que o 90% pérdese como calor por respiración; por este motivo, as cadeas non poden ser ilimitadas e teñen un número máximo de elos de catro ou cinco, xa que ao irse degradando non habería suficiente enerxía para manter novos niveis. A regra do 10% é unha aproximación.

*Circulación de materia e enerxía:*



Por tanto, a **enerxía solar** ⇒ **é captada e almacenada polos seres vivos, en forma de materia orgánica** ⇒ **disipada ao espazo (calor)**.

**5.- Parámetros tróficos:** son magnitudes utilizadas para medir a rendibilidade dun ecosistema completo ou de cada nivel trófico (excepto descompoñedores, difícil de cuantificar). Son:

- **Biomasa (B):** cantidade en peso de materia viva de cada nivel ou do ecosistema. Mídese en gramos (g), kilogramos (kg) ou en unidades de enerxía (un gramo de materia orgánica equivale a 4 kcalorías). Exprésase en relación á superficie: g de C/ cm<sup>2</sup>; kg de C / m<sup>2</sup>; kcal / m<sup>2</sup>; (sendo C = Carbono orgánico).
- **Produción (P):** representa a cantidade de enerxía que flúe por cada nivel trófico ou polo ecosistema. Exprésase en g de C / m<sup>2</sup>-día; kcal / ha-ano; ou similar. A produción pódese cuantificar de dúas formas: primaria e secundaria.

*A produción primaria é a enerxía fixada polos organismos autótrofos, polo que se refire so ao primeiro nivel trófico (produtores).*

*A produción secundaria corresponde a enerxía que flúe polos niveis de consumidores.*

En ambos casos hai que diferenciar entre produción bruta e neta, que se definen:

- **Produción bruta (Pb):** cantidade de enerxía que flúe por cada nivel trófico por unidade de tempo, sendo a produción primaria bruta o total fotosintetizado por día ou ano, e a produción secundaria bruta corresponde ao alimento asimilado.
- **Produción neta (Pn):** enerxía almacenada en cada nivel trófico por unidade de tempo. É a enerxía que queda despois de descontar da produción bruta a enerxía consumida na respiración (R), gastada no automantemento dos organismos. Polo tanto:

$$Pn = Pb - R$$

Distinguímos a **produción primaria neta** referida aos produtores, e a produción secundaria neta, relativa aos consumidores. O fluxo de enerxía cumpre a regra do 10%, ao irse degradando ao longo da cadea trófica, polo que vai diminuindo.

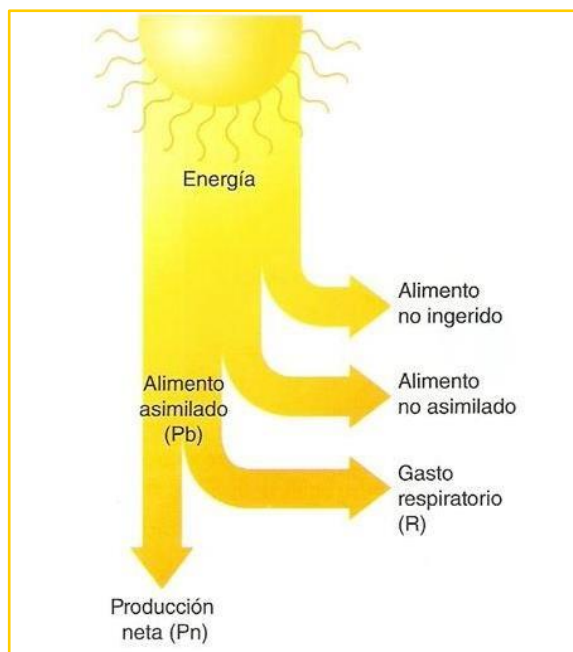
• **Produtividade ou Taxa de renovación:** representa a velocidade coa que se renova un nivel trófico (ou o ecosistema). Calcúlase:

$$\text{Taxa Renovación} = Pn / B$$

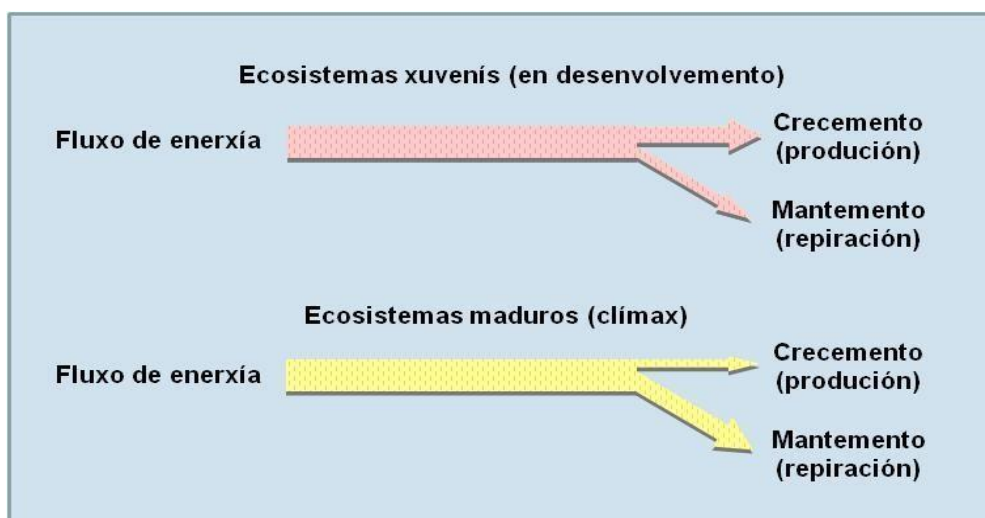
(unidades de tempo<sup>-1</sup>)

A taxa de renovación está comprendida entre 0-1 e mide o grao de riqueza, madureza e diversidade dun ecosistema.

Así, unha taxa de renovación baixa, próxima a 0, corresponde a **ecosistemas maduros** e diversos, como bosques (gastan máis enerxía en manterse que en crecer), e se o valor está próximo a 1, son **ecosistemas xuvenís**, como un cultivo, de crecemento rápido, que gastan pouca enerxía en mantemento e de baixa diversidade:

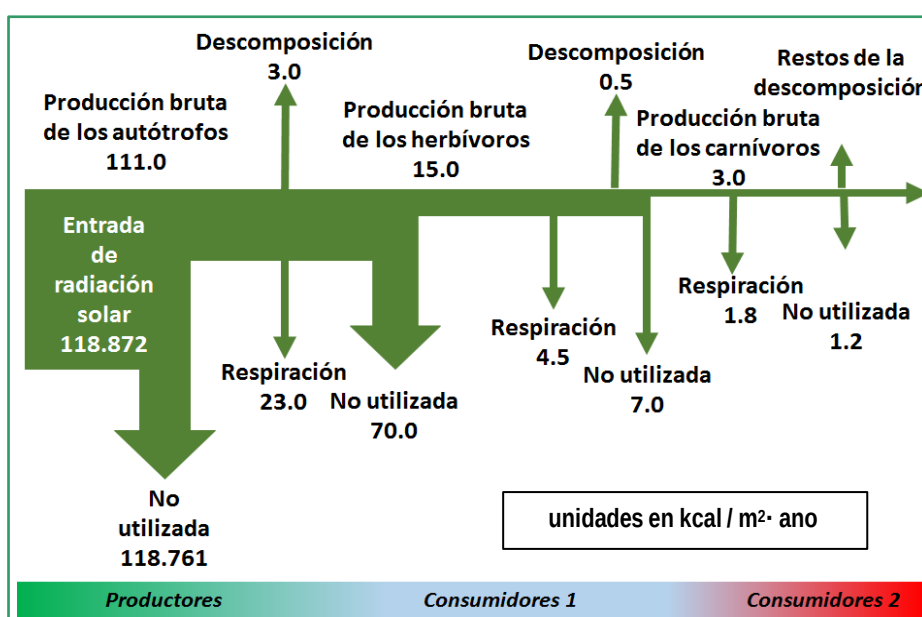






- **Tempo de renovación:** magnitude inversa á anterior, pois representa o tempo que tarda un nivel trófico, ou ecosistema, en renovarse. Calcúlase:  $B / P_n$  ou tamén  $1 / \text{taxa de renovación}$ , e as unidades son de tempo (días, anos, etc). En ecosistemas maduros ou organismos complexos o tempo de renovación é alto, mentres que é baixo en ecosistemas novos, de crecemento rápido.
- **Eficiencia:** mide o rendemento ou aproveitamento enerxético dun nivel trófico. Exprésase en % e pode valorarse dende varios puntos de vista, como:
  - eficacia fotosintética: para produtores, soe ser menor do 2%. Calcúlase:  $\frac{\text{producción primaria neta}}{\text{enerxía solar incidente}} \cdot 100$
  - gasto respiratorio:  $\frac{R}{P_b} \cdot 100$ , maior en organismos complexos.
  - eficiencia ecolóxica dun nivel:  $\frac{P_n \text{ do nivel}}{P_n \text{ do nivel anterior}} \cdot 100$

Dende o punto de vista enerxético, é máis eficiente unha alimentación herbívora que carnívora, pois aprovéitase mellor a enerxía podendo alimentar a un número maior de individuos (regra do 10%).



Exercicio resolto.- A partir da gráfica anterior: a) Calcula a eficacia fotosintética; b) Calcula a eficacia ecolóxica de herbívoros e o seu gasto respiratorio; c) Calcula a taxa de renovación e o grao de madureza (Biomasa total = 47.476 kcal/ m<sup>2</sup>)

a) A eficacia fotosintética (%) calcúlase:

**(Producción primaria neta/ Enerxía total incidente) · 100**

Sendo a produción primaria neta: produción primaria bruta - respiración = 111 - 23 = 88 kcal/m<sup>2</sup>·ano; a enerxía incidente = 118.872 kcal/m<sup>2</sup>·ano;

Por tanto: 88/118.872 = 0,00074, que multiplicamos por 100, **sendo a eficacia fotosintética 0,074 %**

**b) A eficacia ecolóxica dun nivel (%) = (Pn do nivel/ Pn do nivel anterior) · 100**

Eficacia ecolóxica de herbívoros = (Pn herbívoros / Pn produtores) · 100

Sendo Pn herbívoros = Pb - R = 15 - 4,5 = 10,5 kcal/m<sup>2</sup>·ano;

Pn produtores, calculada no apartado anterior, é de 88 kcal/m<sup>2</sup>·ano;

Por tanto 10,5 / 88 = 0,1193, que ao multiplicar por 100, da como resultado **11,93 %**

O gasto respiratorio de herbívoros é **(R/Pb) · 100**, quedando 4,5 / 15 = 0,3 multiplicamos por 100 sae un valor de **30%**.

**c) Taxa de renovación = Pn / B**

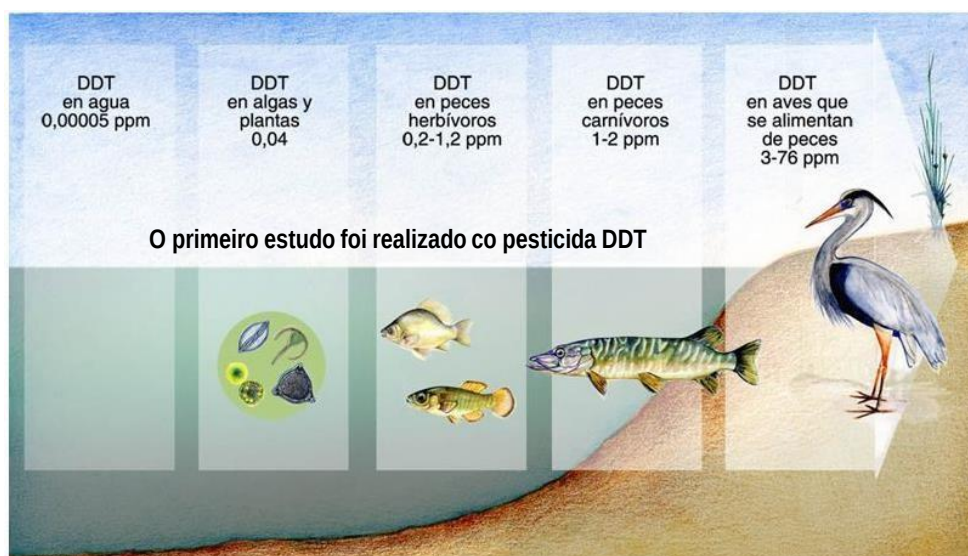
Pn total = Pprimaria neta + Pn herbívoros + Pn carnívoros = 88 + 10,5 + 1,2 = 99,7 kcal/m<sup>2</sup>·ano. (Pn carnívoros = Pbruta - R = 3 - 1,8 = 1,2 kcal/m<sup>2</sup>·ano).

**Taxa renovación = 99,7 / 47.476 = 0,0021 ano<sup>-1</sup>;**

**Grao de madureza e biodiversidade: alto** (taxa de renovación é próxima a 0)

Nota: as magnitudes de Biomasa, Produción, Taxa de renovación e Tempo de renovación deben de ir sempre coas unidades respectivas; as eficiencias son %.

**6.- Bioacumulación** (ou biomagnificación): é o aumento da concentración de determinadas substancias tóxicas, presentes no medio, que ao ir circulando polas cadeas tróficas, se acumulan de forma progresiva e cada vez maior nos niveis tróficos superiores, ou sexa nos carnívoros finais, incluído o ser humano, onde orixinan graves problemas de saúde, a causa de alteracións metabólicas e xenéticas. Prodúcese en substancias que non poden ser degradadas nin eliminadas polos seres vivos, como metais pesados (cromo, arsénico, mercurio) e compostos sintéticos (pesticidas, dioxinas, hidrocarburos aromáticos)



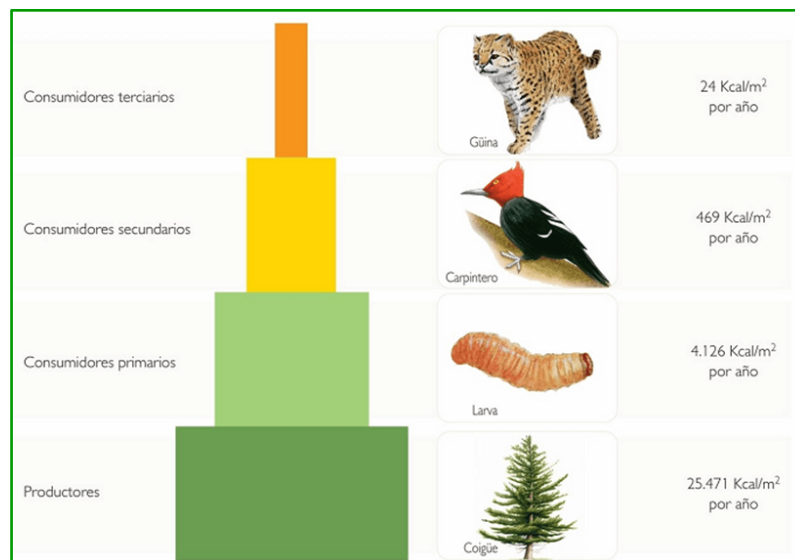
O habitual é que estas substancias procedan de actividades antrópicas e cheguen ao solo, auga ou aire, de onde pasan aos produtores e logo ao resto da cadea trófica. Así os pesticidas proveñen de actividades agrícolas, as dioxinas da incineración de residuos e os metais tóxicos da minería ou industria. Algúns como chumbo (Pb) e mercurio (Hg) foron moi utilizados no pasado (gasolina, tuberías, aparatos de medida).

### 7.- Pirámides ecolóxicas: de enerxía, biomasa e números

Son representacións dos niveis tróficos en forma de barras superpostas, a modo de torta de pisos, tendo as barras altura constante e lonxitude proporcional ao parámetro representado (enerxía, biomasa ou números). A barra inferior é sempre a dos produtores e non se recolle o nivel de descompoñedores (difícil de cuantificar).

Temos tres tipos básicos de pirámides:

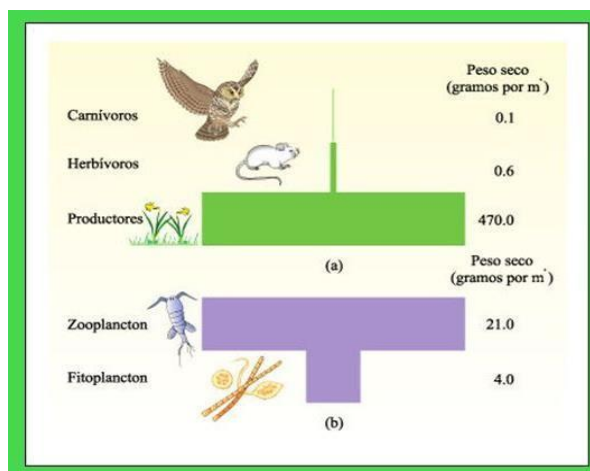
- a) **Pirámides de produción ou enerxía:** representan a enerxía acumulada en cada nivel trófico. Nunca poden ser invertidas, sendo sempre decrecentes ou normais, porque o fluxo de enerxía vai diminuíndo ao longo da cadea trófica, seguindo a regra do 10%.



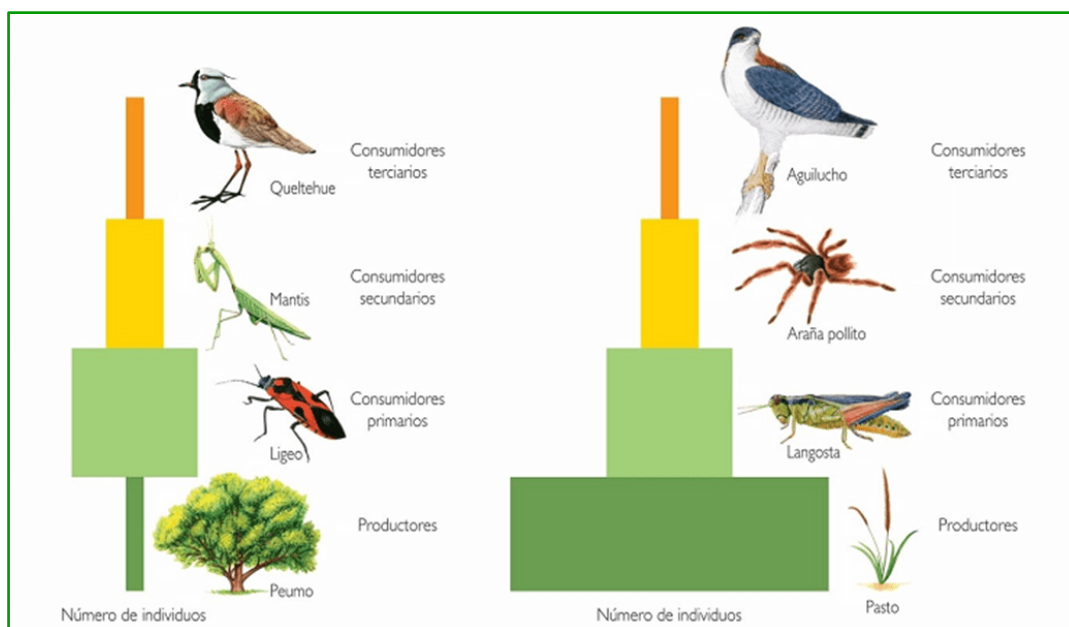
- b) **Pirámides de biomasa:** elaboradas a partir da biomasa acumulada en cada nivel trófico, poden ser normais e invertidas. En ecosistemas terrestres soen ser normais, e con grandes diferenzas entre eles, mentres que os ecosistemas acuáticos poden ter pirámides de biomasa invertida, cando o segundo nivel (zooplancto) > primeiro nivel (fitoplancto), sendo a condición que o fai posible a elevada taxa de renovación do fitoplancto (días).

a) Pirámide de biomasa normal

b) Pirámide de biomasa invertida



- c) **Pirámides de números:** representan o número total de individuos de cada nivel trófico. Poden ser normais (decrecentes) ou invertidas cando polo menos un nivel superior é maior que algún inferior. As pirámides de parasitos soen ser invertidas, así como nos casos de ecosistemas onde un gran número de pequenos herbívoros (insectos, larvas, pequenos vertebrados) poden ser alimentados por poucos produtores de gran tamaño (árbores).



### 8.- Factores limitantes da produción primaria.

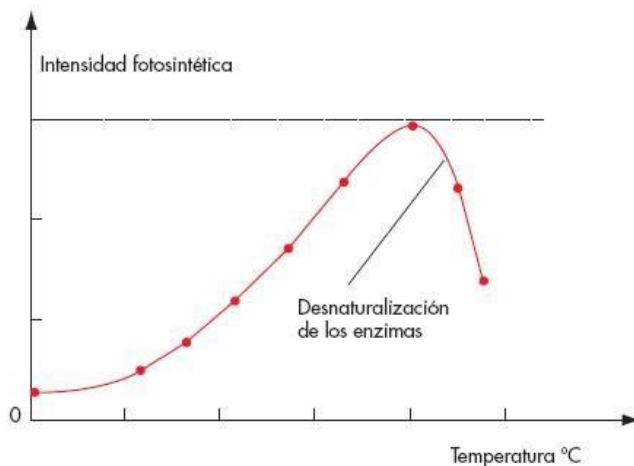
A produción primaria é a enerxía fixada polos produtores, que constitúen o primeiro nivel trófico das cadeas alimentarias. Equivale a crecemento vexetal por fotosíntese, polo que os factores limitantes da produción primaria son os mesmos que limitan a fotosíntese. Aumentar a eficacia fotosintética permite producir máis alimentos.

Concepto de factor limitante ou lei do mínimo (Liebig): o crecemento dunha especie vai estar condicionado polo elemento que se atope en cantidade inferior ao mínimo necesario, que actuará como factor limitante, aínda que os demais factores estean en cantidades suficientes.

Os factores que limitan a produción primaria, e polo tanto o crecemento das plantas, poden ser intrínsecos ou extrínsecos. Entre os factores limitantes extrínsecos destacamos: temperatura, humidade, luz e falta de nutrientes. Os intrínsecos, como o deseño do aparato fotosintético nos cloroplastos das células vexetais, son máis difíciles de corrixir.

❖ **Humidade e temperatura:** son factores limitantes en áreas continentais; a eficiencia fotosintética crece ao aumentar ambos factores, por iso os *ecosistemas de climas cálidos e húmidos son os máis produtivos*, fronte aos fríos e áridos, de menor produción.

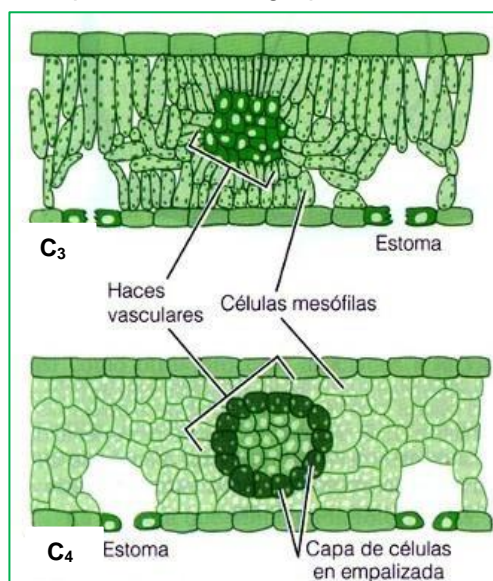
Hai un nivel óptimo a partir do cal o aumento de temperatura orixina un descenso brusco da fotosíntese porque se produce a *desnaturalización dos enzimas*, que interveñen nos procesos biolóxicos e perden actividade.



As plantas presentan diferentes estratexias adaptativas ao clima, especialmente no referente á temperatura e humidade. Salientamos:

- As plantas de clima frío adáptanse á baixa temperatura, mediante o predominio de plantas herbáceas, estruturas hibernantes subterráneas como bulbos ou rizomas, caída da folla na estación fría, regulación da floración e frutificación segundo as horas de luz (fotoperíodo).
- Nas plantas xerófitas, de lugares secos, a apertura dos estomas para fixar  $\text{CO}_2$  na fotosíntese implica a perda de auga; para evitalo as plantas desenvolven diferentes estratexias anatómicas e metabólicas. Así, as plantas do deserto, como cactus, presentan talos suculentos e follas espiñosas, e dispoñen do mecanismo CAM que lles permite captar  $\text{CO}_2$  pola noite, e realizar a fotosíntese durante o día cos estomas pechados.
- Segundo a eficacia fotosintética, as plantas poden ser dos grupos  $\text{C}_3$  e  $\text{C}_4$ .
- As plantas  $\text{C}_3$  (trigo, pataca, arroz, tomate, legumes) reducen a eficacia fotosintética coa seca, sendo máis competitivas en climas temperados e húmidos, xa que ao pechar os estomas, para aforrar auga, deixan de incorporar  $\text{CO}_2$ . Son deste grupo o 85% das plantas, algas e cianobacterias.

- As plantas  $\text{C}_4$  (millo, caña de azucre) son máis eficientes e produtivas, e crecen rápido en climas cálidos con estación seca. A clave está nunha diferente estrutura foliar que garante o abastecemento de  $\text{CO}_2$ , e deste xeito non diminúen o rendemento.



❖ **Falta de nutrientes:** as plantas fabrican a materia orgánica a partir da materia mineral, mediante fotosíntese, polo que captan substancias minerais do medio, a presenza das cales depende dos respectivos ciclos. A falta de calquera destes nutrientes diminúe a fotosíntese.

Normalmente o  $\text{CO}_2$  non é un factor limitante pola súa dispoñibilidade no medio terrestre e acuático, e se ben este gas activa a fotosíntese, pronto se acaba a saturación pola falta doutros nutrientes, sobre todo fósforo e nitróxeno (e potasio).

O fósforo (P), que forma parte de lípidos e ácidos nucleicos, é o *principal factor limitante da produción primaria*, pola súa escaseza na natureza, pois non está presente na atmosfera e, a causa do seu ciclo, pode permanecer inmovilizado moitos anos na litosfera, en forma de sedimentos ou rochas.

O nitróxeno (N), elemento necesario para proteínas e ácidos nucleicos, presenta *maior dispoñibilidade* en solo e augas que o fósforo, non sendo tan escaso porque determinados microorganismos o poden captar dende a atmosfera (bacterias fixadoras de nitróxeno), pero aínda así en ocasións pode escasear (medios pobres en nutrientes ou oligotróficos).

#### Diferenza na dispoñibilidade de nutrientes en medio terrestres e mariños

Existe unha gran diferenza no abastecemento de nutrientes entre o medio terrestre e o océano. No mar hai unha gran distancia entre a zona de descomposición, o fondo oceánico, e a zona da fotosíntese, a superficie onde chega a luz, o que dificulta o reciclado de materia, polo que os *ecosistemas oceánicos van ser de baixa fertilidade e produtividade* (valores comparables aos desertos). De todos os xeitos, hai zonas do mar con elevada produción primaria, nas que determinados procesos externos aportan nutrientes ao plancto.

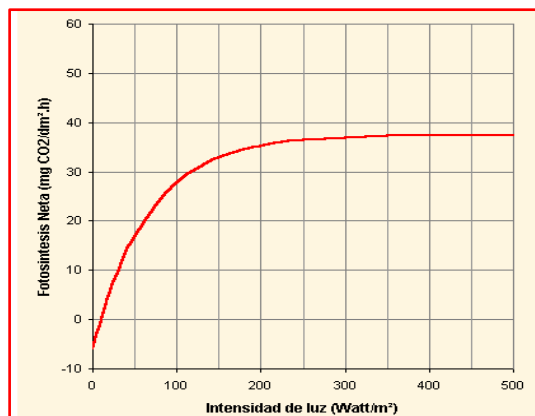
Estas zonas son:

- *Plataformas costeiras:* son os bordes continentais mergullados ata 200 m de profundidade, onde chega a luz e a distancia superficie-fondo é baixa. Ademais o aporte dos ríos, ondas, correntes costeiras e o vento contribúen a remover nutrientes aumentando a fertilidade e a produción.
- *Zonas de afloramento:* son zonas da costa nas que se produce o ascenso de correntes profundas frías e cargadas de nutrientes, fertilizando as augas, sendo as zonas de maior riqueza pesqueira.
- *Arrecifes coralinos:* ecosistemas complexos, de gran riqueza biolóxica, e produtividade que sustentan unha ampla gama de organismos.



- ❖ **Luz e pigmentos fotosintéticos:** salvo nas profundidades oceánicas, a luz non limita a produción primaria, pero a propia estrutura do sistema fotosintético, nos cloroplastos, constitúe un factor limitante intrínseco, sen solución técnica actual.

O sistema fotosintético está formado por un gran número de pigmentos como clorofila e carotenos, que captan a enerxía lumínica, e un único centro de reacción, que actúa a modo de colo de botella, polo que a partir dun determinado nivel de intensidade lumínica, se produce a saturación do centro de reacción e diminúe a eficacia fotosintética. Por iso, as plantas responden mellor a intensidades moderadas do amencer ou serán, que a mediodía.



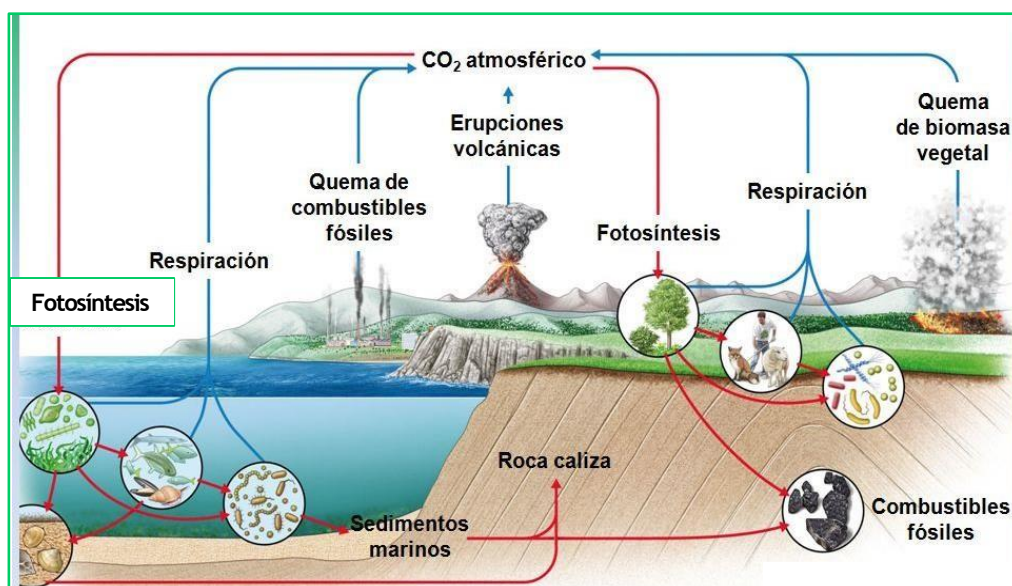
### 9.- Os ciclos bioxeoquímicos

A materia circula de forma de pechada na Terra, denominándose ciclo bioxeoquímico á ruta que percorre cada elemento a través dos diferentes sistemas terrestres (biosfera–hidrosfera–atmosfera e litosfera). Estes ciclos están perfectamente axustados e regulados por diversos procesos, e poden ser alterados por diferentes actividades humanas que perturban os seus delicados mecanismos de regulación.

O tempo de permanencia de cada elemento nun medio é moi variable, denominándose almacén ou reserva ao lugar no que este tempo é máximo. Os principais ciclos bioxeoquímicos son os do C, N, P e S.

- **Ciclo do Carbono (C):** o Carbono é o elemento principal da materia viva, formando parte de todas as moléculas orgánicas; atópase en todos os sistemas terrestres e o seu ciclo regula o clima terrestre. Para o seu estudo, podemos considerar dúas fases: biolóxica e bioxeoquímica.

A fase biolóxica comprende os intercambios entre biosfera–atmosfera e hidrosfera, mediante fotosíntese e respiración, e a fase bioxeoquímica recolle as transferencias entre biosfera–auga–atmosfera e litosfera, onde será maior o tempo de permanencia.



- **Fase biolóxica:** o Carbono atópase na atmosfera principalmente en forma de  $\text{CO}_2$  (e metano), e pasa á hidrosfera por difusión directa. Os intercambios coa biosfera teñen lugar mediante *fotosíntese*, que incorpora  $\text{CO}_2$  á materia viva, é por *respiración*, que o devolve á atmosfera, tamén como  $\text{CO}_2$ . Os *organismos descompoñedores* converten o Carbono da materia viva en materia mineral, aínda que parte pode quedar retido durante millóns de anos na litosfera en forma de *combustibles fósiles* (carbón e petróleo). A *combustión* por uso de combustibles fósiles, e os *incendios forestais*, liberan  $\text{CO}_2$  á atmosfera.
- **Fase bioxeoquímica:** transferencia de  $\text{CO}_2$  da atmosfera á litosfera, biosfera e augas. O  $\text{CO}_2$  entra na litosfera en forma de *rochas carbonatadas*, como calcarias. Por *disolución* pasa á auga onde é captado por organismos acuáticos para fabricar as súas cunchas, que tras a súa morte pasan a formar parte de sedimentos e rochas, que son o maior almacén de carbono. O  $\text{CO}_2$  retorna a atmosfera a partir de *erupcións volcánicas*.

**Alteracións antrópicas:** o ser humano altera o ciclo do C, ao aumentar o  $\text{CO}_2$  atmosférico (causa principal do aumento do efecto invernadoiro) mediante o uso de combustibles fósiles, a deforestación e a destrución de ecosistemas mariños.

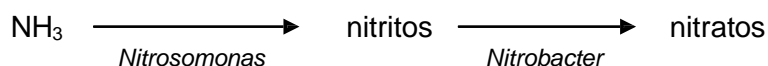
A liberación de metano a través de actividades agrícolas, gandeiras, vertedoiros e escapes contribúe así mesmo ao aumento do efecto invernadoiro.

Paralelamente ao ciclo do Carbono, e en parte de forma inversa, transcorre o ciclo do Osíxeno (O), que tamén está implicado no ciclo da auga.

● **Ciclo do Nitróxeno (N):** elemento necesario na materia viva para formar proteínas e ácidos nucleicos. O ciclo do N ten lugar, sobre todo, entre *atmosfera-seres vivos-solo*, aínda que unha pequena parte incorporase á litosfera, en forma de minerais, e ás augas como nitratos disoltos.

O Nitróxeno é o compoñente maioritario da atmosfera terrestre (78% en forma de  $\text{N}_2$ ). A pesar desa abundancia, os seres vivos non son capaces de captar o  $\text{N}_2$  do aire, gas inerte, polo que debe ser convertido noutras formas que poidan ser asimilables polas plantas. Estas transformacións, realizadas sobre todo por **bacterias**, son:

- **Fixación atmosférica:** por procesos abióticos (tormentas) e biolóxicos. A fixación biolóxica pode transformar  $\text{N}_2$  atmosférico en formas aproveitables polas plantas (bacterias *Rizobium* que viven en simbiose coas plantas leguminosas) ou ben formar amonio (amonificación). É o caso de fungos e bacterias do solo (*Azotobacter*), e das cianobacterias do plancto.
- **Nitrificación:** proceso realizado polas bacterias nitrificantes do solo, que transforman o  $\text{NH}_3$  procedente da fixación, xunto ao procedente da putrefacción do seres vivos, en nitritos e nitratos, forma xa asimilable polas plantas. A nitrificación realízase en dous pasos:

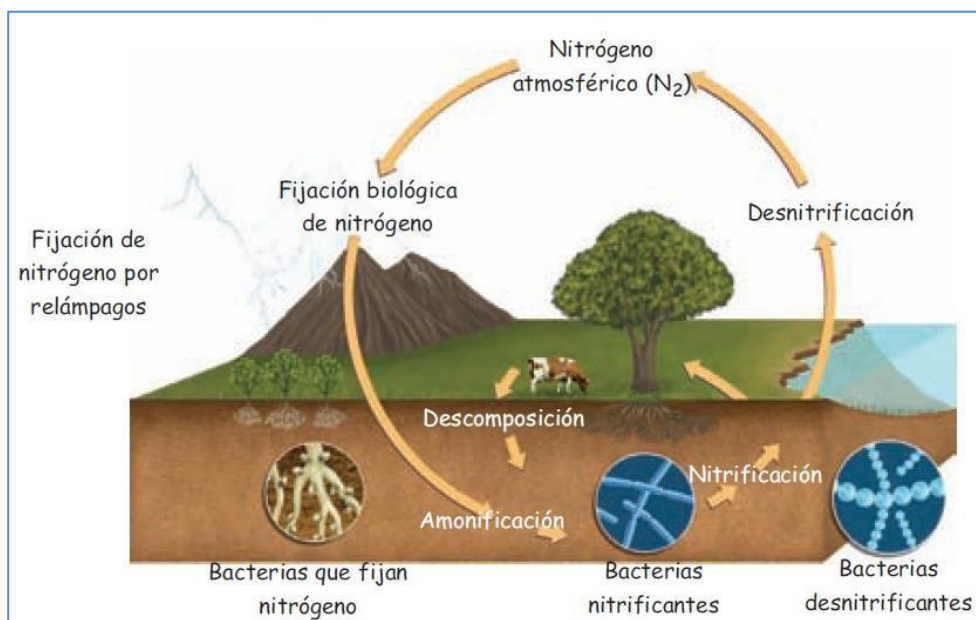


- **Desnitrificación:** realizado polas bacterias desnitrificantes que empobrecen o solo en nitróxeno, ao transformar nitratos en gases como  $\text{N}_2$  /  $\text{N}_2\text{O}$ , que se liberan á atmosfera. Estas bacterias actúan en condicións anaerobias, ou sen osíxeno, por encharcamento ou compactación excesiva do solo.



**Alteracións antrópicas do ciclo do N:**

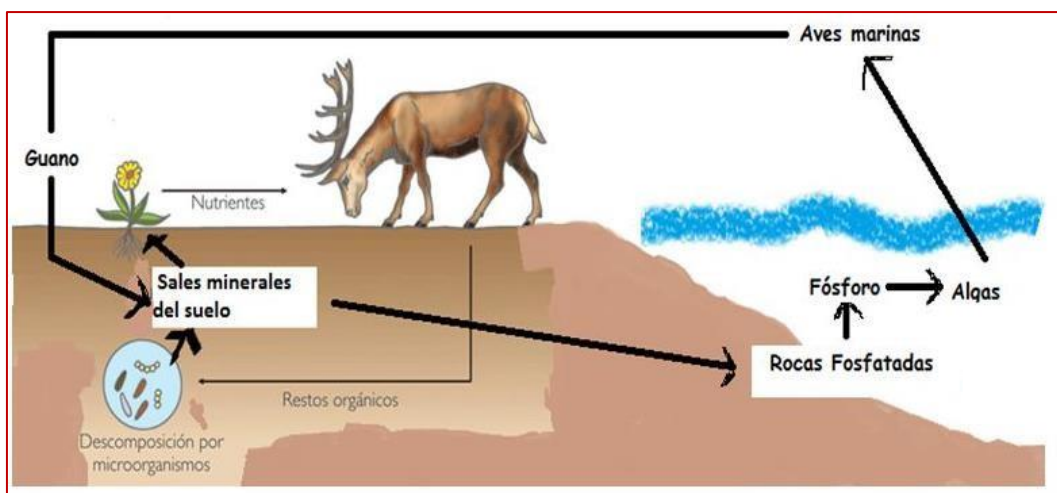
- Procesos de combustión a alta temperatura, como os que suceden en motores diésel, que liberan NOx, responsables do smog fotoquímico e a choiva ácida.
- Abonado excesivo dos solos, que libera N<sub>2</sub>O (gas efecto invernadoiro)
- Exceso de nitratos nas augas, procedentes dos fertilizantes, que contaminan acuíferos e producen eutrofización de lagos, encoros e esteiros.



- **Ciclo do Fósforo (P):** importante bioelemento que forma parte de lípidos, ácidos nucleicos, moléculas enerxéticas (ATP) e do esqueleto dos vertebrados. O fósforo non é un elemento facilmente dispoñible para os seres vivos, xa que non se atopa na atmosfera e a maior parte está inmobilizado na litosfera en forma de sedimentos oceánicos, de liberación moi lenta. Por este motivo é o **principal factor limitante dos ecosistemas** e considérase un **recurso non renovable e escaso**.

O P pasa moi lentamente da litosfera ao solo e augas, en forma de fosfatos que son captados polos seres vivos. Cando morren os organismos, o P volta ao solo por descomposición da materia orgánica ou acumúlase formando sedimentos mariños (a partir de guano, excrementos de aves mariñas).

**Alteración antrópica:** A principal é a liberación ao medio de deterxentes con fosfatos ou de fertilizantes que producen a eutrofización das augas.



- **Ciclo do Xofre (S):** elemento que forma parte de aminoácidos, vitaminas e hormonas. O ciclo é moi complexo. O S atópase almacenado na hidrosfera e solo formando sulfatos, que por evaporación poden formar depósitos de xesos. O S é un compoñente minoritario na atmosfera onde ingresa como  $\text{SH}_2$ ,  $\text{SO}_2$  (gases procedentes de volcáns, a putrefacción e contaminación).

Os seres vivos captan sulfatos da auga e solo, incorpóranos ao seu organismo e ao morrer, por putrefacción, liberan  $\text{SH}_2$ , que pode seguir diversas e complexas rutas. Algunhas bacterias son capaces de utilizar compostos de xofre mediante un tipo especial de fotosíntese ou por quimiosíntese. As bacterias quimiosintéticas son os únicos produtores que non dependen da luz, podendo vivir nos fondos oceánicos ao redor de fontes termais, dando lugar a unhas comunidades especiais, dependentes da enerxía xeotérmica.

**Alteracións antrópicas:** A principal alteración deste ciclo é a queima de combustibles fósiles, producindo impactos como choiva ácida, que afecta a lagos, vexetación e solo, e smog clásico ou sulfuroso, que prexudica a saúde humana.

