

## **Unidade 8**

### **DINÁMICA DOS ECOSISTEMAS**

#### **Unidade 8: DINÁMICA DOS ECOSISTEMAS**

##### **8.1. – As relacións tróficas nos ecosistemas**

###### **8.1.1.- Niveis tróficos dos ecosistemas**

###### **8.1.2.- Cadeas e redes tróficas**

###### **8.1.3.- Enerxía e materia nos ecosistemas**

###### **8.1.4.- Parámetros tróficos**

###### **8.1.5.- Representacións gráficas**

##### **8.2. – Ciclos Bioxeoquímicos**

###### **8.2.1. – Ciclo do Osíxeno**

###### **8.2.2. – Ciclo do Carbono**

###### **8.2.3. – Ciclo do Nitróxeno**

###### **8.2.4. – Ciclo do Fósforo**

###### **8.2.5. – Ciclo do Xofre**

###### **8.2.6. – Ciclo da Auga**

##### **8.3. – Cambios dos ecosistemas no tempo**

###### **8.3.1. – Sucesións e regresións**

##### **8.4. – A Biosfera como recurso**

###### **8.4.1. – A Biosfera: un recurso fráxil e limitado**

###### **8.4.2. – Impactos sobre a Biosfera**

## 8.1. – Niveis tróficos nos ecosistemas

Os ecosistemas non son entidades estáticas; máis ben ao contrario xa que manteñen un continuo proceso de transferencia de materia e enerxía e o seu compoñente fundamental son as interaccións ou interrelacións que teñen lugar entre os seus compoñentes físico-químicos, biolóxicos e sociais. O fluxo de enerxía, a circulación de materia e mesmo as interaccións, son axustadas e/ou readaptadas ante calquera variación do medio ambiente que incida sobre eles.

Así, un ecosistema está sometido continuamente a unha dinámica de entradas e saídas de información, coa consecuencia directa dun continuo cambio dos ecosistemas ao longo do tempo; sempre tendo presente que os ecosistemas son sistemas abertos que intercambian información con outros sistemas adxacentes.



Os seres vivos que constitúen os ecosistemas, como todos os compoñentes dos mesmos, non son entidades illadas, senón que están relacionadas entre si e co contorno. E son as relacións tróficas entre os organismos dos ecosistemas as que representan o mecanismo de transferencia enerxética duns entre os outros en forma de alimento.

### 8.1.1. – Niveis tróficos dos ecosistemas

O fluxo de enerxía nun ecosistema ten lugar no momento en que os organismos “se comen” uns aos outros. Debido a este feito, á hora de estudar os seres vivos dun ecosistema, acostuman a agruparse tendo en conta a súa fonte de enerxía (ou, o que é o mesmo, en función de cómo obteñen os nutrientes). Así, dentro dun ecosistema os organismos que obteñen a enerxía a partir dunha fonte común constitúen o que se denomina como nivel trófico ou alimentario. Serían como unha especie de “especializacións alimentarias”, entre as que podemos diferenciar as seguintes:

**PRODUCTORES:** Representan o primeiro nivel trófico das chamadas cadeas tróficas ou alimentarias. Son os organismos fotosintéticos e quimiosintéticos. Elaboran moléculas orgánicas ricas en enerxía, a partir das que se alimentan os restantes organismos do ecosistemas.

Denomínanse tamén como organismos AUTÓTROFOS. A súa fonte de enerxía, no caso das plantas (ecosistemas terrestres) e das algas (ecosistemas acuáticos) é a enerxía solar, a partir da que producen moléculas orgánicas e outros compostos que despois van a ser transformados en enerxía química. Son, polo tanto, organismos capaces de captar e aproveitar a enerxía procedente do Sol, que representa a práctica totalidade da enerxía exterior que entra no ecosistema, para transformar substancias inorgánicas (auga, dióxido de carbono e sales minerais), pobres en enerxía química, en substancias orgánicas (por exemplo, hidratos de carbono), ricas en enerxía química.

Os produtores que utilizan como fonte de enerxía a procedente do Sol son os organismos fotosintéticos (dependentes da luz); e inclúense algunhas bacterias, as algas e as plantas superiores.

Tamén son organismos produtores e autótrofos os organismos quimiosintéticos (independentes da luz); trátase dun grupo de bacterias que utilizan como fonte de enerxía para a síntese de materia orgánica (rica en enerxía química) a que obteñen a partir da oxidación de certas moléculas inorgánicas (compostos de nitróxeno, de xofre,...). Un exemplo deste tipo de organismos produtores son as bacterias oxidadoras de xofre.

O nivel trófico dos organismos produtores constitúe aproximadamente o 99% de toda a materia orgánica do mundo vivo.

**CONSUMIDORES:** Constitúen o segundo nivel trófico e está formado por organismos que aproveitan a materia orgánica dos produtores para obter enerxía e formar as súas propias estruturas. Son os organismos vivos que se alimentan de outros seres vivos. Denomínanse tamén como organismos HETERÓTROFOS, a través dos que a enerxía química sintetizada polos organismos produtores ingresa nos restantes niveis tróficos. Á súa vez, divídense en varios subniveis: consumidores primarios, consumidores secundarios e consumidores terciarios.

Os consumidores primarios ou herbívoros: aliméntanse dos produtores; na terra, os herbívoros típicos son os insectos, os réptiles, os paxaros e os mamíferos; nos ecosistemas acuáticos, os herbívoros típicos son pequenos crustáceos e moluscos, que, xunto cos protozoos forman o chamado zooplancton (nos ecosistemas acuáticos, os produtores forman o fitoplancton).

Os consumidores secundarios ou carnívoros: aliméntanse dos herbívoros.

Os consumidores terciarios, supercarnívoros ou carnívoros finais: aliméntanse dos carnívoros secundarios.

Os consumidores secundarios e terciarios poden ser de varios tipos; así, por exemplo hai carnívoros que cazan, capturan e matan á súa presa (serían os chamados depredadores); hai carnívoros que se alimentan de cadáveres (os chamados carnívoros carroñeiros);...

**DESCOMPOÑEDORES:** Son un grupo de organismos que se aproveitan dos restos dos organismos mortos dos niveis tróficos dos produtores e de todos os consumidores. Transforman, polo tanto, a materia orgánica dos restantes niveis tróficos (corpos mortos, restos metabólicos,...) na materia inorgánica (as sales minerais) que os constituían.

Cos organismos descompoñedores conséguese pechar o ciclo da materia, xa que a materia inorgánica vai estar de novo a disposición do primeiro nivel trófico (os produtores) para que, coa fonte enerxética procedente do Sol, se leve a cabo o proceso fotosintético e se forme de novo materia orgánica (rica en enerxía química).

Ao nivel trófico dos descompoñedores pertencen os fungos, as bacterias e outros microorganismos, que segrega unha serie de encimas dixestivas sobre o material morto ou de refugallo para, logo, absorber os produtos da dixestión.

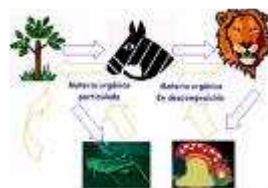
Dentro do grupo de organismos pertencentes ao nivel trófico dos descompoñedores pódense diferenciar dous grupos:

- Transformadores: trátase de descompoñedores heterótrofos. Son organismos saprófitos (que viven sobre materia orgánica en descomposición). Son bacterias e fungos no solo, e bacterias soamente, na auga. Estes organismos levan a cabo unha serie de transformacións das que resultan finalmente moléculas sinxelas, tanto orgánicas coma inorgánicas.
- Mineralizadores: son descompoñedores quimiosintéticos, polo tanto, autótrofos. Estes organismos levan a cabo unha dobre función: poden elaborar materia orgánica, co que serían o elo inicial de novas cadeas tróficas; ou poden liberar sales inorgánicas ao medio, que serán asimilables polos organismos autótrofos, co que pecharían o ciclo da materia.

Unha vez descritos os diferentes niveis tróficos, unha conclusión clara é que, dentro dun ecosistema, a materia é aproveitada de forma continua; sen embargo, a enerxía é empregada unha única vez e se vai perdendo de forma progresiva ao longo do proceso en forma de calor e de traballo; de aí que sexa necesario incorporala ao sistema de forma continua.

### 8.1.2. – Cadeas e redes tróficas

As relacións tróficas ou alimentarias que se levan a cabo entre os organismos dos diferentes niveis tróficos dun ecosistema adoitan representarse mediante as chamadas cadeas tróficas. (representacións gráficas dos intercambios de materia e enerxía entre os niveis tróficos dun ecosistema, mediante frechas que os unen). Pero, na realidade, é máis axeitado falar de redes ou tramas tróficas, xa que dos organismos de cada nivel trófico adoitan partir ramificacións debido, por exemplo, á existencia de organismos chamados “omnívoros” ou “diversívoros”, que se poden alimentar de máis dun nivel trófico. Tamén é importante considerar, ao falar de cadeas e redes tróficas, aos organismos coñecidos como “necrófagos” ou “preeiros” (que se alimentan de cadáveres, pero son consumidores, non descompoñedores), e aos organismos coñecidos como “detrívoros” ou “saprófitos” (que se alimentan de detritos, como por exemplo feces, residuos de animais ou vexetais, ramas, follas,...).



De todo o dito ata o momento pódese deducir que hai moitos organismos que non teñen dietas especializadas. Aparte dos omnívoros (entre os que se atopan os humanos), hai moitos carnívoros que non limitan a súa dieta unicamente a organismos dun nivel trófico; así, as ras e os sapos, por exemplo, non discriminan entre alimentarse de insectos herbívoros e carnívoros; se o organismo é do tamaño axeitado e se atopa a unha boa distancia, a ra o capturará e se alimentará del, independentemente do nivel trófico ao que pertenza.

En resumo, as cadeas tróficas son simplificacións dunha realidade, que son as redes tróficas que, nalgúns ecosistemas, poden presentar unha gran complexidade.



### 8.1.3. – Enerxía e materia nos ecosistemas

Do mesmo xeito que a materia se transfere ou flúe a través dos diferentes niveis tróficos dos ecosistemas, tamén flúe a enerxía. Pero entre os dous procesos hai unha diferenza esencial: a circulación da materia entre os organismos e o ambiente pode levarse a cabo infinitas veces, o que non ocorre no caso da enerxía.

A vida na Terra depende da enerxía do Sol que chega á superficie terrestre e queda a disposición dos seres vivos. De toda a enerxía que libera o Sol, unicamente unha moi pequena fracción chega á Terra en forma de ondas electromagnéticas, que inclúen calor, luz e radiación ultravioleta. De toda a enerxía que chega, unha gran parte é reflectida pola atmosfera, as nubes e a superficie terrestre; a Terra e a súa atmosfera absorben unha cantidade maior, e ao final, unicamente queda aproximadamente un 1% para que sexa aproveitada polos seres vivos. Do 1% que chega á superficie terrestre en forma de luz, os organismos fotosintéticos capturan aproximadamente o 3%. Polo tanto, a conclusión é que a vida na Terra mantense cunha cantidade moi pequena de enerxía que recibe do Sol (menos do 0,03% do total da que recibe do Sol).

É dicir, a enerxía flúe nun só sentido: a enerxía solar entra na cadea trófica dos ecosistemas mediante a fotosíntese e é transformada polos organismos fotosintéticos (produtores, polo tanto) en enerxía química (que estará contida na materia orgánica sintetizada polos produtores), forma na que vai pasando duns organismos a outros mediante o alimento (de produtores a consumidores primarios, de estes aos consumidores secundarios e de estes últimos aos consumidores terciarios ou carnívoros finais).

No fluxo de enerxía polos niveis tróficos deben cumprirse os principios da termodinámica; así, está comprobado que o fluxo vai diminuindo dende os produtores aos consumidores, pero a enerxía non se perde en ningún punto; o que ocorre é que o fluxo vai diminuindo ao degradarse parte da enerxía na respiración dos organismos e ao desprenderse en forma de calor, despois de ser utilizada por cada un dos organismos dos niveis tróficos para o mantemento das funcións vitais e das súas estruturas.

En definitiva, a enerxía que entra en cada cadea trófica é igual á acumulada en cada nivel trófico en forma de materia orgánica, máis a desprendida como calor.

Unha conclusión moi importante do feito de que a enerxía flúa nos ecosistemas de forma unidireccional e de que o fluxo vaia diminuindo é que o número de elos das cadeas tróficas adoita ser pequeno (cinco como máximo).

Pódese afirmar, dunha forma global e aproximada que, unicamente o 10% da enerxía dispoñible dun nivel trófico, é incorporada no seguinte. ("LEI DO 10%"). Esta regra explica a razón pola que o número de elos das cadeas tróficas é moi limitado; sempre tendo en conta que é unha porcentaxe aproximada e que non se mantén ao longo de toda a cadea trófica xa que, en xeral, a porcentaxe aumenta nos últimos elos.

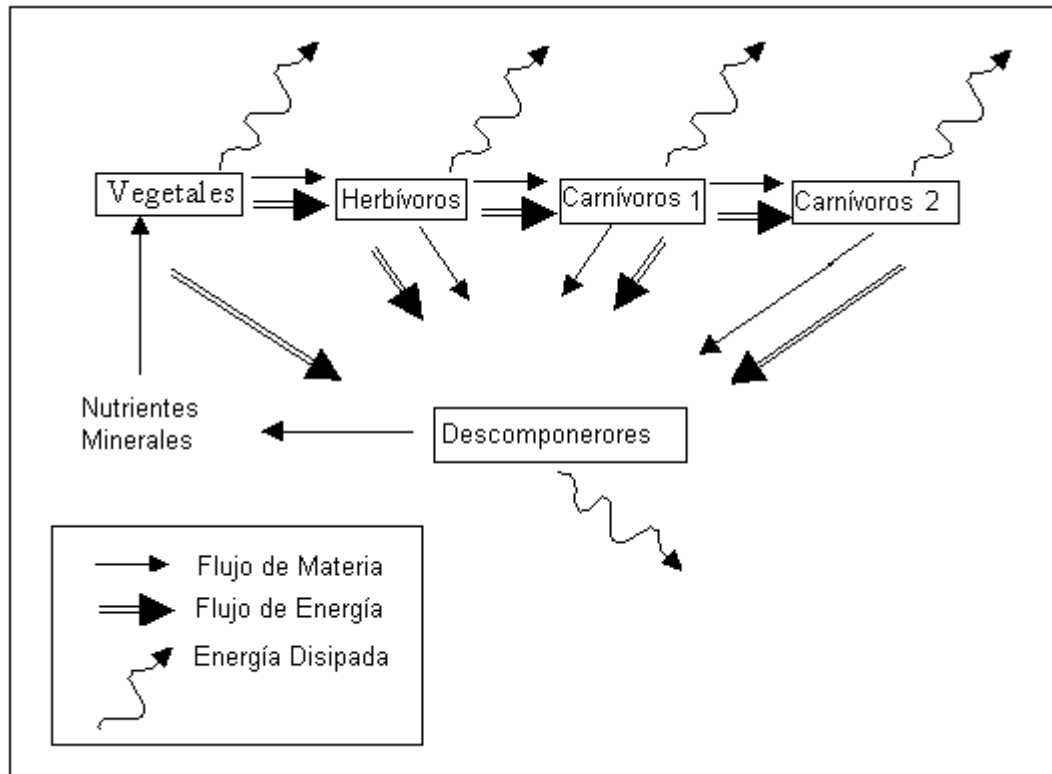
**O fluxo de enerxía, nos ecosistemas, é aberto; e o sentido de transferencia da enerxía é unidireccional.**

Tendo en conta que parte da enerxía sempre se dispersa en forma de enerxía calorífica irrecuperable, ningunha transformación espontánea pode ser 100% eficiente. E isto contrasta co que ocorre coa materia que, a diferenza da enerxía, si pode ser reutilizada.

A materia orgánica sintetizada polos organismos autótrofos (produtores) é transferida aos organismos heterótrofos (consumidores) que forman parte do ecosistema e a materia orgánica (contida nos restos dos organismos autótrofos e heterótrofos) é devolta de novo aos organismos autótrofos en forma de materia inorgánica grazas ao metabolismo dos organismos descompoñedores (que se podían considerar como os que "reciclan" a materia nos ecosistemas). Os descompoñedores transforman a materia orgánica que cae ao solo procedente dos organismos dos restantes niveis tróficos unha vez mortos, a transforman en

sales minerais que, así, poden volver a ser utilizadas polos produtores no proceso de fotosíntese.

**O ciclo da materia tende a ser pechado.** (o termo “tende” fai referencia ao feito de que nos ecosistemas, teñen lugar perdas de nutrientes que poden escapar ao reciclado dos descompoñedores ben porque quedan enterrados en condicións anaerobias durante millóns de anos ou porque escapan ao sistema e se incorporan á atmosfera ou á hidrosfera).



Resumindo; no fluxo de enerxía e de nutrientes, pódese deducir que:

- A fonte primaria de enerxía (na maioría dos ecosistemas) é a enerxía procedente do Sol.
- O destino final da enerxía nos ecosistemas, é perderse en forma de calor.
- A enerxía e os nutrientes pasan dun organismo a outro a través das cadeas tróficas ou alimentarias (“uns organismos se comen aos outros”).
- Os descompoñedores aproveitan a enerxía que permanece nos residuos dos organismos.
- Os nutrientes son reciclados, pero a enerxía non; é dicir, a enerxía flúe de forma unidireccional e a materia se recicla.



#### 8.1.4. – Parámetros tróficos

Os parámetros tróficos son medidas que se utilizan para avaliar a rendibilidade de cada un dos niveis tróficos dun ecosistema, así como a do ecosistema completo. Serven, en definitiva, para entender mellor as relacións tróficas (alimentarias) que teñen lugar entre os organismos que constitúen os diferentes niveis tróficos dun ecosistema e/ou o funcionamento de todo o ecosistema, e tamén para facer comparacións entre a dinámica de diferentes ecosistemas.

Os principais parámetros tróficos que se utilizan nos estudos sobre as relacións tróficas nos ecosistemas son os seguintes:

**BIOMASA:** Constitúe a forma que ten a Biosfera de almacenar a enerxía solar, xa que se pode definir como a materia orgánica que se orixina nun proceso biolóxico e que pode ser usada como fonte directa ou indirecta de enerxía. Representa a cantidade, en peso, de materia orgánica viva (zoomasa animal e fitomasa vexetal) ou morta (necromasa) de calquera nivel trófico ou de calquera ecosistema. Mídese en gramos por unidade de volume ou superficie, aínda que tamén pode expresarse en quilocalorías por unidade de superficie ou volume. Pódese considerar a biomasa desde diferentes niveis tróficos; así fálase de:

- **Biomasa primaria:** producida directamente pola actividade fotosintética dos organismos autótrofos.
- **Biomasa secundaria:** producida polos organismos heterótrofos que utilizan, para a súa nutrición, a biomasa primaria.
- **Biomasa residual:** producida como resultado dalgún tipo de actividade humana (palla, esterco, residuos urbanos, serraduras,...)

**PRODUCCIÓN:** Este parámetro trófico fai referencia ao incremento de biomasa dun ecosistema ou dun dos seus niveis tróficos, polo que se utiliza como unha medida do fluxo de enerxía que percorre un ecosistema (ou un nivel trófico dun ecosistema), por unidade de superficie e por unidade de tempo. Mídese en unidades de biomasa referidas ao tempo.

- **Producción Primaria:** é a cantidade de enerxía fixada polos organismos autótrofos durante o proceso fotosintético; é dicir, a cantidade de enerxía solar que foi transformada en enerxía química polos produtores fotosintéticos. Pódense considerar dous tipos de produción primaria: a produción primaria **bruta** (PPB), que representa a enerxía total asimilada polos organismos autótrofos, incluíndo a que se consome no proceso respiratorio (R); non representa, por tanto, o alimento potencialmente a disposición dos organismos heterótrofos. A produción primaria **neta** (PPN) representa a enerxía utilizada polos organismos fotosintéticos (produtores e autótrofos) que queda despois de descontar os gastos de enerxía nos procesos respiratorios; é dicir, o alimento que queda a disposición dos organismos herbívoros (consumidores primarios e heterótrofos).

$$\text{Producción Primaria Neta} = \text{Producción Primaria Bruta} - \text{Respiración}$$

- **Producción Secundaria:** é a enerxía almacenada nos tecidos dos organismos heterótrofos. Ao igual que ocorría coa produción primaria, na produción secundaria pódese falar de dous tipos: a produción secundaria **bruta** (PSB), que representa a porcentaxe de alimento asimilado polos heterótrofos, do total do ingerido; os carnívoros son máis eficientes cos herbívoros, xa que estes últimos poden chegar a non asimilar o 90%, mentres que algúns carnívoros poden chegar a asimilar ata o 70% do alimento ingerido. A produción secundaria **neta** (PSN) representa a enerxía que queda a disposición do nivel trófico seguinte (descontados os gastos de enerxía nos procesos de respiración dos organismos).

**PRODUCTIVIDADE:** Este parámetro trófico representa a relación entre a produción (P) e a biomasa (B) dun ecosistema ou dun dos seus niveis.

$$\text{Productividade (p)} = \text{Producción (P)} / \text{Biomasa (B)}$$

É un parámetro que aporta información sobre a riqueza dun ecosistema ou dun nivel trófico, xa que indica a velocidade de renovación da biomasa dun ecosistema ou dun dos seus niveis tróficos. É, polo tanto, un parámetro indicativo da velocidade de renovación da biosfera e da eficiencia coa que a enerxía é transmitida ou transferida dun nivel trófico do ecosistema a outro. Tamén se coñece co nome de **taxa de renovación**.

- **Productividade bruta** (pB): representa a fotosíntese total; é dicir, a cantidade de enerxía fixada por unha comunidade vexetal nunha superficie e nun tempo determinado (productividade primaria bruta).

- **Productividade neta** (r ou pN): é a que se considera como “taxa de renovación” dun ecosistema ou dun nivel trófico. Sinala, por tanto, a velocidade de renovación da biomasa dun ecosistema ou nivel. Exprésase como a diferenza entre a productividade primaria bruta e o gasto enerxético respiratorio que levan a cabo os compoñentes autótrofos dun ecosistema, destinado ao mantemento dos súes procesos vitais e ao crecemento (productividade primaria neta). Cando a diferenza expresada é entre a productividade e o gasto enerxético na respiración dos compoñentes heterótrofos dun ecosistema (consumidores e descompoñedores) fálase de Productividade Neta do Ecosistema; e tamén se pode calcular como a diferenza entre a productividade primaria bruta e o gasto enerxéticos total en respiración de todos os compoñentes vivos do ecosistema.

$$\text{Productividade neta (taxa de renovación)} = \text{Producción neta} / \text{Biomasa}$$

É un parámetro cuns valores que poden variar entre 0 e 1 (100%). É moi elevada, por exemplo, no plancto (as poboacións planctónicas se renovan moi rapidamente; teñen altas taxas de reprodución); en cambio, se analizamos os valores de productividade da vexetación terrestre, hai grandes variacións.

Fálase de productividade primaria cando os datos están referidos aos organismos produtores, e pode ser productividade primaria bruta ou productividade primaria neta. A bruta considera a totalidade da enerxía química almacenada polos organismos produtores en forma de materia orgánica (incluíndo a consumida na respiración); mentres que a productividade neta ou asimilación ten en conta unicamente o incremento final de biomasa dos produtores (descontados xa os gastos respiratorios) e acostuma a medirse en gramos de peso seco por metro cadrado de superficie e día.

A productividade secundaria refírese á biomasa producida polos consumidores ou descompoñedores.

As maiores productividades prodúcense nos ecosistemas con arrecifes de coral, nos estuarios e nos bosques tropicais; polo contra, os valores menores atópanse nos desertos áridos e en alta mar.

**TEMPO DE RENOVACIÓN:** Refírese ao período ou tempo que tarda en renovarse un ecosistema ou un dos seus niveis tróficos. A súa expresión é unha relación inversa á da productividade.

$$\text{Tempo de renovación (tr.)} = \text{Biomasa} / \text{Producción}$$

**EFICIENCIA:** A eficiencia trófica ou eficiencia ecolóxica representa a eficiencia coa que os materiais son transferidos e incorporados desde un nivel trófico ao seguinte. É dicir, este parámetro fai referencia ao rendemento dun ecosistema ou dun nivel trófico e calcúlase mediante a seguinte relación:

$$\text{Eficiencia} = \text{saídas} / \text{entradas}$$



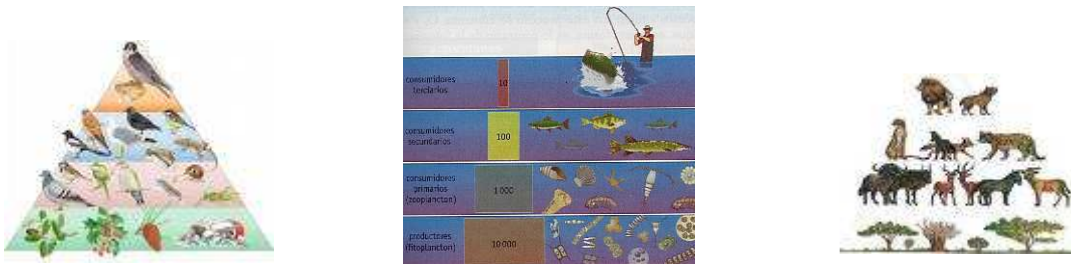
É importante ter en conta que, en cada transferencia de materia dun nivel trófico a outro nun ecosistema, hai grandes perdas de enerxía en forma de calor (acadan un promedio dun 90%). Así, canto menores sexan as perdas enerxéticas en cada transferencia entre os niveis tróficos dun ecosistema, maior será a eficiencia trófica ou ecolóxica.

Pódese afirmar que, desde o punto de vista do aproveitamento enerxético, é máis eficiente unha alimentación a partir dos organismos do primeiro nivel trófico, xa que é no que o aproveitamento da enerxía é máis eficiente e pódense alimentar a un maior número de individuos (regra do 10%).

A produtividade e a eficiencia ecolóxica son parámetros tróficos que están relacionados, polo tanto, coa transferencia de biomasa (enerxía) entre os diferentes niveis tróficos.

### 8.1.5. – Representacións gráficas

A forma máis axeitada de representar as relacións tróficas que teñen lugar entre os organismos dos ecosistemas é en forma de pirámides. As chamadas “pirámides ecolóxicas” consisten nunha serie de barras superpostas en forma de pirámide que teñen unha altura constante e cunha lonxitude que é proporcional a un determinado parámetro; constrúense poñendo aos produtores na base e a continuación aos herbívoros e aos carnívoros. A enerxía acumulada polos organismos descompoñedores non figura nas representacións dos ecosistemas mediante pirámides ecolóxicas, xa que son organismos de complicada visualización e con ciclos reprodutores moi rápidos.



Os diferentes tipos de pirámides ecolóxicas fanse en función do parámetro elixido para diferenciar ás barras que ás constitúen:

Pirámides de números: as barras ou rectángulos, neste tipo de pirámides ecolóxicas, teñen unha lonxitude que é proporcional ao número de individuos por unidade de superficie ou volume que forman parte da comunidade ou biocenose do ecosistema que se está representando. Este tipo de representación gráfica non se utiliza moito xa que a información que aporta pode ser moi confusa; evidentemente, se unicamente temos en conta o número de individuos de cada nivel trófico, neste tipo de pirámides un cervo ou un saltón terían a mesma consideración (en canto a número de individuos) no nivel dos herbívoros. Mesmo poden aparecer pirámides de números “invertidas” que poden dificultar a súa interpretación. Son representacións gráficas que se aplican en ecosistemas con moi pouca diversificación.

Pirámides de biomasa: son representacións gráficas dos ecosistemas moi utilizadas; nelas, a superficie do rectángulo ou barra é proporcional á biomasa contida en cada un dos niveis tróficos que forma o ecosistema representado. Ao igual que ocorría coas de números, as pirámides de biomasa poden aparecer con forma “invertida”; ademais, poden aparecer pirámides de biomasa con grandes diferenzas entre os seus niveis debido,

por exemplo, á que a masa dos herbívoros (nos ecosistemas terrestres) pode chegar a ser case insignificante en relación á biomasa do primeiro elo da cadea trófica.

Pero a biomasa é un concepto moi importante á hora de analizar a estrutura e dinámica dos ecosistemas; así, por exemplo, hai unha regra xeral que di que canto máis lonxe está un nivel trófico da súa fonte (detrito ou produtor), menos biomasa terá; a razón da redución de biomasa pode ser diferente: pode que non todos os organismos nos niveis inferiores sexan comidos, pode que non todo o que sexa comido sexa dixerido, ou deberse ao feito de que sempre se perde enerxía en forma de calor.

A pesar de todo, as excepcións no esquema das pirámides de biomasa son poucas. Un exemplo sería o dos ecosistemas acuáticos nos que as algas (produtores) poden ser superadas (tanto en número como en masa) polos organismos que se alimentan delas. As algas poden “soportar” esta situación grazas a que poden reproducirse con tanta rapidez como son comidas; así, nunca son completamente consumidas.

Pirámides de enerxía: son as representacións gráficas que aportan máis información sobre as relacións tróficas dos organismos dos ecosistemas, aínda que tamén son as máis complexas (tamén se coñecen co nome de pirámides de produción). Nelas, a lonxitude do rectángulo ou barra é proporcional ao contido enerxético dos organismos de cada un dos niveis tróficos. Son pirámides que nunca aparecen “invertidas”.

A elaboración e interpretación das pirámides ecolóxicas ou tróficas xunto cos estudos levados a cabo sobre as relacións alimentarias ou tróficas entre os organismos dos ecosistemas permitiron comprobar que o ciclo de enerxía nun ecosistema é aberto, é dicir, os ecosistemas están atravesados por un fluxo unidireccional de enerxía, nos que unicamente un 10% da enerxía de cada nivel trófico queda dispoñible para ser aproveitada polo seguinte nivel (regra do 10%); no caso da materia, o ciclo é pechado, xa que a materia orgánica procedente dos diferentes niveis tróficos é transformada (grazas aos organismos descompoñedores) en materia orgánica que pode ser utilizada logo polos produtores.

## 8.2. – Ciclos Bioxeoquímicos

O termo “bioxeoquímico” fai referencia á vinculación da composición da Terra (e os seus elementos químicos orgánicos e inorgánicos) coa vida. O termo “ciclo bioxeoquímico” deriva do movemento cíclico dos elementos químicos que forman os organismos vivos (“bio”) e o ambiente xeolóxico (“xeo”), coa intervención dos cambios químicos (“químico”).

A materia viva está formada polos mesmos elementos químicos que a materia inerte, e calquera elemento químico (carbono, nitróxeno, fósforo, osíxeno,...) forma parte de ciclos nos que pasa por fases nas que forma parte da materia inerte (atmosfera, hidrosfera, xeosfera) e outras fases nas que forma parte da materia viva (biosfera); a estes ciclos chámaselles CICLOS BIOXEOQUÍMICOS.

Os ciclos bioxeoquímicos dos elementos químicos comprenden, polo tanto, unha serie de “camiños” mediante os que “escapan” da biosfera cara a outros subsistemas terrestres (atmosfera, hidrosfera e xeosfera), antes de retornar de novo á biosfera. Os diferentes elementos químicos teñen tempos de permanencia variables nos diferentes subsistemas terrestres; chámase almacén ou reserva ao medio ou subsistema no que a permanencia do elemento químico é máxima.

É importante ter presente o feito de que os ciclos bioxeoquímicos, ao igual que calquera ciclo de materia dos ecosistemas, é pechado (ou máis correctamente, tende a ser pechado); pero o home, coas súas actividades, acelera ou precipita a súa apertura, co que altera o funcionamento dos ecosistemas.

Os ciclos bioxeoquímicos pódense clasificar, para facilitar o seu estudo, nos seguintes tipos:

Ciclos sedimentarios: os elementos químicos, nestes ciclos, son xeralmente reciclados lentamente. Os elementos son retidos nas rochas sedimentarias durante longos períodos de tempo (frecuentemente, durante miles ou millóns de anos, quedando nalgúns casos inaccesibles tanto para os organismos vivos como para a súa reciclaxe. O ciclo do FÓSFORO e o ciclo do XOFRE son ciclos de tipo sedimentario.

Ciclos gaseosos: na maioría dos ciclos de tipo gaseoso, os elementos son reciclados rapidamente (ás veces en horas ou en días), e circulan principalmente entre a atmosfera e os organismos vivos, e non adoitan ocasionar perdas do elemento. O ciclo do CARBONO, o ciclo do NITRÓXENO e o ciclo do OSÍXENO son ciclos de tipo gaseoso.

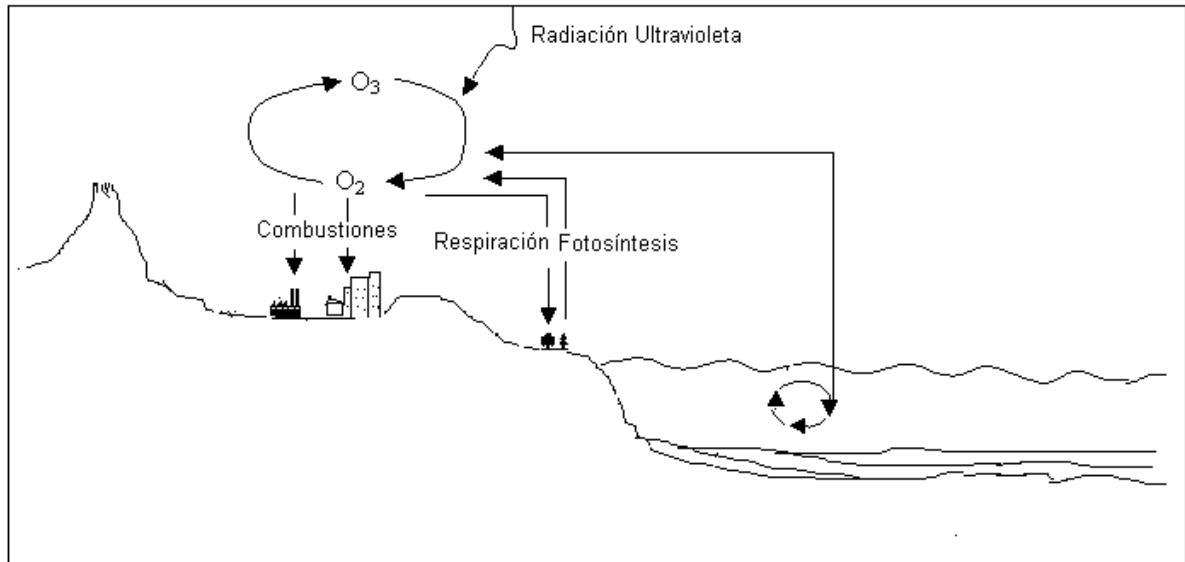
Ciclo hidrolóxico: no ciclo da AUGA, esta circula entre o océano, a atmosfera, a terra e os organismos vivos; este ciclo é moi importante xa que distribúe a calor solar sobre a superficie do planeta.

### 8.2.1. – **Ciclo do Osíxeno**

O osíxeno molecular representa aproximadamente o 20% da composición da atmosfera terrestre. Este osíxeno cobre as necesidades respiratorias de todos os organismos terrestres e, cando se dissolve no medio acuático, as dos organismos acuáticos. Durante o proceso respiratorio, o osíxeno actúa como receptor final dos electróns que foron retirados dos átomos de carbono dos alimentos, sendo a auga o produto final. O ciclo complétase co proceso fotosintético, cando se captura a enerxía da luz solar para romper as moléculas de auga. Os electróns reducen os átomos de carbono (do dióxido de

carbono) a carbohidratos, producíndose ao final, osíxeno molecular, co que se completa o ciclo.

Por cada molécula de osíxeno que se utiliza na respiración celular, libérase unha de dióxido de carbono. E, inversamente, por cada molécula de dióxido de carbono que se absorbe durante a fotosíntese, libérase unha molécula de osíxeno.



### 8.2.2. – Ciclo do Carbono

Aínda que o carbono é un elemento químico moi “raro” no mundo inerte da Terra, na materia viva representa arredor do 18%. Hai unha serie de características ou propiedades do átomo de carbono que fan que sexa a base para a diversidade molecular e sen a súa participación na composición da materia viva, a vida tal e como a coñecemos, non podería existir. Así, o carbono é parte fundamental e soporte dos organismos vivos, xa que as proteínas, os ácidos nucleicos, os hidratos de carbono, os lípidos e outras biomoléculas esenciais para a vida conteñen carbono.

Na atmosfera e na hidrosfera atópase como dióxido de carbono, mentres que é almacenado en forma de combustíbles fósiles baixo a superficie da Terra, e tamén se atopa nas rochas carbonatadas.

O ciclo do carbono comeza cando as plantas, mediante o proceso da fotosíntese, utilizan o dióxido de carbono presente na atmosfera e na hidrosfera. Deste xeito, o carbono pasa a formar parte dos tecidos vexetais en forma de hidratos de carbono, graxas e proteínas; e o osíxeno é devolto á atmosfera ou á auga mediante o proceso respiratorio.

Así, o carbono pasa despois aos organismos herbívoros que se alimentan das plantas que, deste xeito, utilizan, reorganizan e degradan os compostos de carbono.

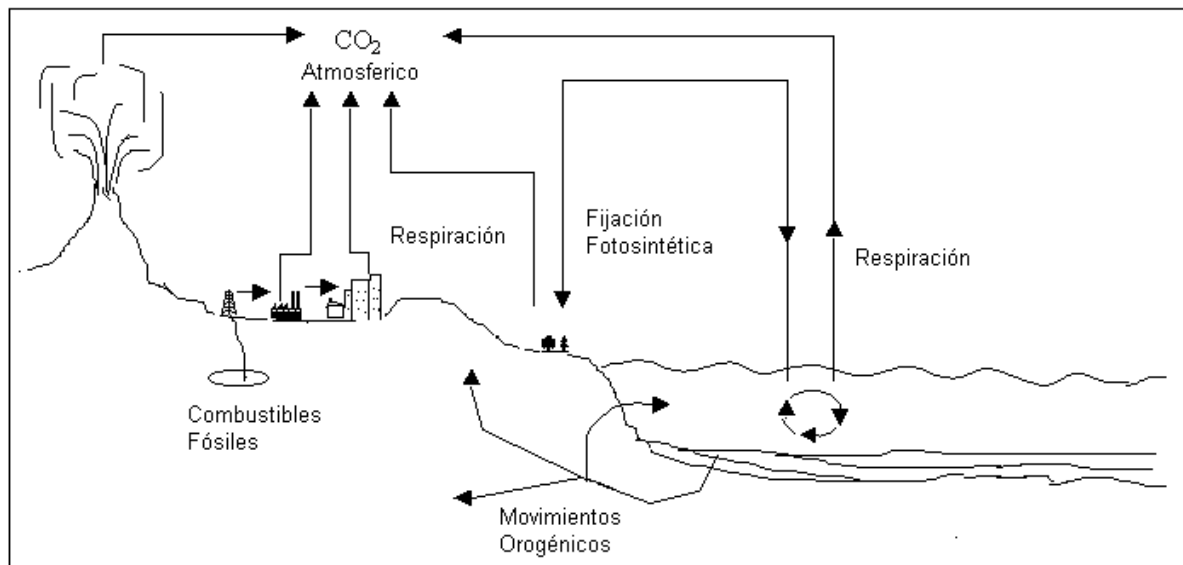
Unha parte moi importante do carbono utilizado ata o momento é liberado dunha das seguintes maneiras: en forma de dióxido de carbono durante o proceso respiratorio, ou como produto secundario do metabolismo.

Outra parte do carbono é almacenado nos tecidos vexetais e pasa aos organismos carnívoros (que se alimentan dos organismos herbívoros).

En última instancia, todos os compostos do carbono, polo tanto, son degradados mediante a súa descomposición (grazas ás bacterias e aos fungos descompoñedores) e o carbono é liberado en forma de dióxido de carbono, o cal poderá ser utilizado de novo polas plantas nos procesos de fotosíntese.

Ademais, é importante ter en conta que o carbono tamén se intercambia entre a atmosfera e a hidrosfera, en ambos sentidos e durante os procesos de interacción entre a auga e o aire.

Nalgúns casos, o carbono das biomoléculas non retorna inmediatamente ao ambiente abiótico; por exemplo, o carbono que forma parte da madeira das árbores, ou o que formou parte dos depósitos de carbón que se formaron a partir de restos de árbores antigas que quedaron sepultados en condicións anaerobias antes de ser descompostos. Así se forman os chamados combustibles fósiles (carbón, petróleo e gas natural), que se formaron a partir de restos de organismos antigos e que conteñen grandes cantidades de compostos de carbono, resultado de procesos fotosintéticos que tiveron lugar fai millóns de anos.



### 8.2.3. – Ciclo do Nitróxeno

Todos os seres vivos necesitan átomos de nitróxeno para levar a cabo a síntese de proteínas e de moitas outras biomoléculas orgánicas esenciais.

A atmosfera é o principal “almacén” de nitróxeno, xa que constitúe aproximadamente un 78% da composición en gases da atmosfera.

A maioría dos seres vivos non poden utilizar o nitróxeno atmosférico para elaborar aminoácidos e outros compostos nitróxenos, polo que dependen do nitróxeno presente nos minerais do solo. Para que as plantas podan sintetizar as súas proteínas deben obter o nitróxeno en forma “fixada”, é dicir, incorporado en compostos; así, a forma máis comunmente utilizada é en forma de ións de nitrato. En definitiva, a pesar da gran cantidade de nitróxeno que contén a atmosfera, debido á imposibilidade da maior parte dos organismos vivos de aproveitar directamente ese nitróxeno, a escaseza de nitróxeno no solo constitúe un factor limitante para o crecemento dos vexetais.

No ciclo do Nitróxeno pódense diferenciar as seguintes etapas:

Fixación do nitróxeno: consiste na conversión do nitróxeno gaseoso (que é unha molécula bastante inerte) en amoníaco, forma utilizable para os organismos.

Hai varios procesos que permiten que a fixación do nitróxeno atmosférico se poda levar a cabo:



- un deles coñece-se co nome de fixación atmosférica e consiste na rotura das moléculas de nitróxeno mediante a enerxía dos relámpagos, que permite a súa posterior combinación co osíxeno do aire; os óxidos de nitróxeno así formados disólvense na auga da chuvia e forman os nitratos que, deste xeito, poden ser transportados á terra (este tipo de fixación do nitróxeno representa de un 5 a un 8% do total).

- outra forma de levar a cabo a fixación do nitróxeno é mediante os procesos industriais; así, a necesidade de nitratos para a fabricación de explosivos levou ao desenvolvemento de procesos industriais de fixación do nitróxeno. Nestes procesos, o hidróxeno e o nitróxeno reaccionan para formar o amoníaco e, para que a reacción poda levarse a cabo dun modo eficiente, ten que ter lugar a elevadas temperaturas (arredor de 600°C), con gran presión e en presenza dun catalizador. Na actualidade, a maior parte do nitróxeno fixado de forma industrial é utilizado como fertilizante; é posible que un tercio de todos os procesos de fixación do nitróxeno que teñen lugar na biosfera se leven a cabo de forma industrial.

- outra forma de fixar o nitróxeno é mediante a chamada fixación biolóxica; nela, interveñen unhas bacterias (que actúan sen osíxeno) que están presentes no solo e en medios acuáticos, e que utilizan unha encima chamada nitroxenasa para romper o nitróxeno molecular e combinalo co hidróxeno, para formar amoníaco:



Como exemplo de bacterias fixadoras do nitróxeno están as bacterias do xénero *Rhizobium*, que viven nos nódulos das raíces das leguminosas e de algunhas plantas de tipo leñoso. Tamén as chamadas cianobacterias levan a cabo a maior parte da fixación do nitróxeno atmosférico.



Nitrificación: trátase dun proceso de oxidación do amoníaco a ión amonio, que é levado a cabo por dous tipos de bacterias comúns no solo: *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*. Grazas a este proceso libérase enerxía, que vai ser utilizada por este tipo de bacterias como fonte primaria enerxética. O proceso de nitrificación ten lugar en dúas etapas, cada unha coa participación de grupos de bacterias diferentes:

- bacterias dos xéneros *Nitrosomonas* e *Nitrococcus* oxidan o amoníaco a nitrito:



- bacterias do xénero *Nitrobacter* transforman o nitrito en nitrato:



Asimilación: as raíces das plantas absorben o amoníaco ou o nitrato e así incorporan o nitróxeno en forma de proteínas, ácidos nucleicos e clorofila. Cando os animais se alimentan dos vexetais incorporan os seus compostos nitroxenados e os transforman en compostos nitroxenados animais.

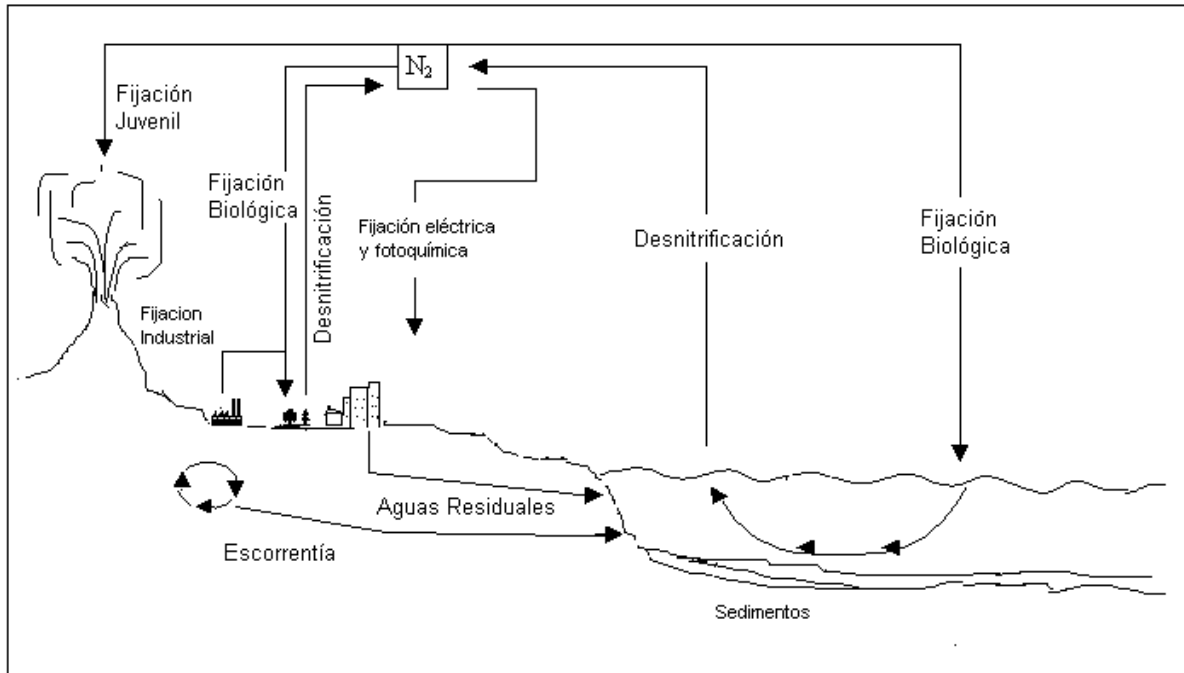
Amonificación: é un proceso que consiste na transformación de compostos nitroxenados orgánicos en amoníaco. Os organismos producen residuos do tipo da urea ou o ácido úrico, substancias que son degradadas para liberar en forma de amoníaco o nitróxeno no medio abiótico. Deste xeito, o amoníaco vai quedar dispoñible para participar nos procesos de nitrificación e asimilación. O nitróxeno do solo é o resultado da descomposición dos materiais orgánicos está no solo en forma de compostos orgánicos complexos, como as proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos e nucleótidos; os cales van a ser degradados ata formar compostos simples, mediante a acción dos microorganismos do solo (bacterias e fungos). Estas bacterias e fungos utilizan as proteínas e os aminoácidos



para producir as súas propias proteínas e liberan o exceso de nitróxeno en forma de amoníaco ou ión amonio.

**Desnitrificación:** proceso que levan a cabo algunhas bacterias en ausencia de osíxeno, xa que degradan nitratos e liberan nitróxeno á atmosfera coa finalidade de utilizar o osíxeno para levar a cabo os seus procesos respiratorios. A desnitrificación ten lugar, por exemplo, en solos mal drenados e en sedimentos acuáticos con escaseza de osíxeno.

A pesar das perdas de nitróxeno, o ciclo non ten problemas para manterse grazas, fundamentalmente, á acción das bacterias fixadoras de nitróxeno, que son capaces de incorporar o nitróxeno gaseoso do aire a compostos orgánicos nitroxenados.



#### 8.2.4. – Ciclo do Fósforo

A proporción de fósforo na materia viva é relativamente pequena, pero sen embargo o papel deste elemento químico na biosfera é absolutamente indispensable. Así, por exemplo, os ácidos nucleicos (biomoléculas orgánicas responsables do almacenamento, traducción e transferencia do material xenético dos seres vivos) teñen fósforo na súa composición; ademais, moitas das substancias ou moléculas que participan nos procesos fotosintéticos ou na respiración celular teñen fósforo na súa composición e son os átomos de fósforo os que proporcionan a base para a formación dos enlaces altamente enerxéticos do ATP, molécula que leva a cabo a función primordial de intercambiar enerxía nos procesos metabólicos (tanto anabólicos como catabólicos).

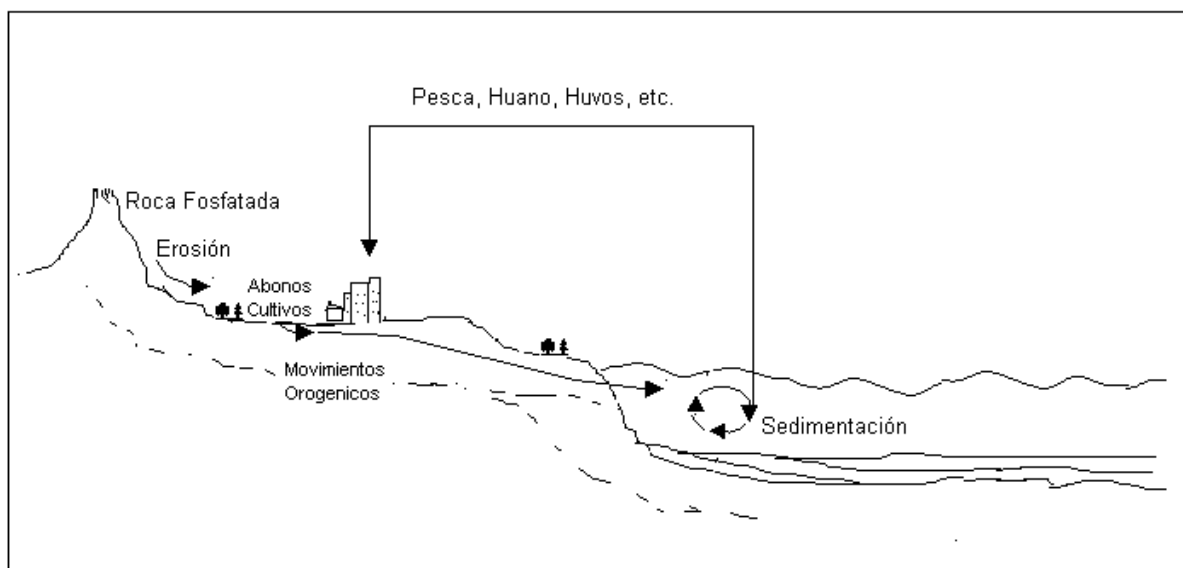
O fósforo é un elemento químico que se pode considerar como escaso na biosfera; e, por outro lado, a produtividade da maior parte dos ecosistemas terrestres aumenta se aumenta ao mesmo tempo a cantidade de fósforo dispoñible nos solos.

O ciclo do fósforo diferénciase en relación ao do carbono, nitróxeno e xofre no feito de que non forma compostos volátiles que lle permitan pasar dos medios acuáticos á atmosfera e retornar logo aos medios terrestres. Cando o fósforo chega ao medio acuático, unicamente hai dous mecanismos que permiten a súa reciclaxe cara aos ecosistemas terrestres: un destes mecanismos é levado a cabo polas aves mariñas, que recollen o fósforo, que pasa a través das cadeas alimentarias mariñas e pode ser devolto á terra

mediante os seus excrementos; a outra posibilidade de reciclaxe cara aos medios terrestres é a posibilidade de que teña lugar un proceso de levantamento xeolóxico lento dos sedimentos dos océanos e mares para formar ao final terra firme (este proceso, evidentemente, mídese en millóns de anos).

O fósforo forma parte da biosfera xa que a materia orgánica contén fósforo; cando a materia orgánica é descomposta, o fósforo queda en disposición de ser absorbido polas raíces das plantas, nas que se unirá e formará parte de diferentes compostos orgánicos. A continuación pasaría duns organismos a outros, ao atravesar as cadeas alimentarias, para volver de novo aos descompoñedores, pechando así o seu ciclo.

O home, coas súas actividades, mobiliza o ciclo do fósforo, por exemplo, cando leva a cabo explotacións de materiais rochosos que conteñen fósforo. Ademais, en relación á participación do home no ciclo do fósforo, é importante destacar o feito de que a composición da maioría dos fertilizantes que se utilizan actualmente na agricultura exprésanse mediante tres cifras: a primeira delas fai relación á porcentaxe de nitróxeno, a segunda, ao contido en fósforo; e a terceira, ao seu contido en potasio.



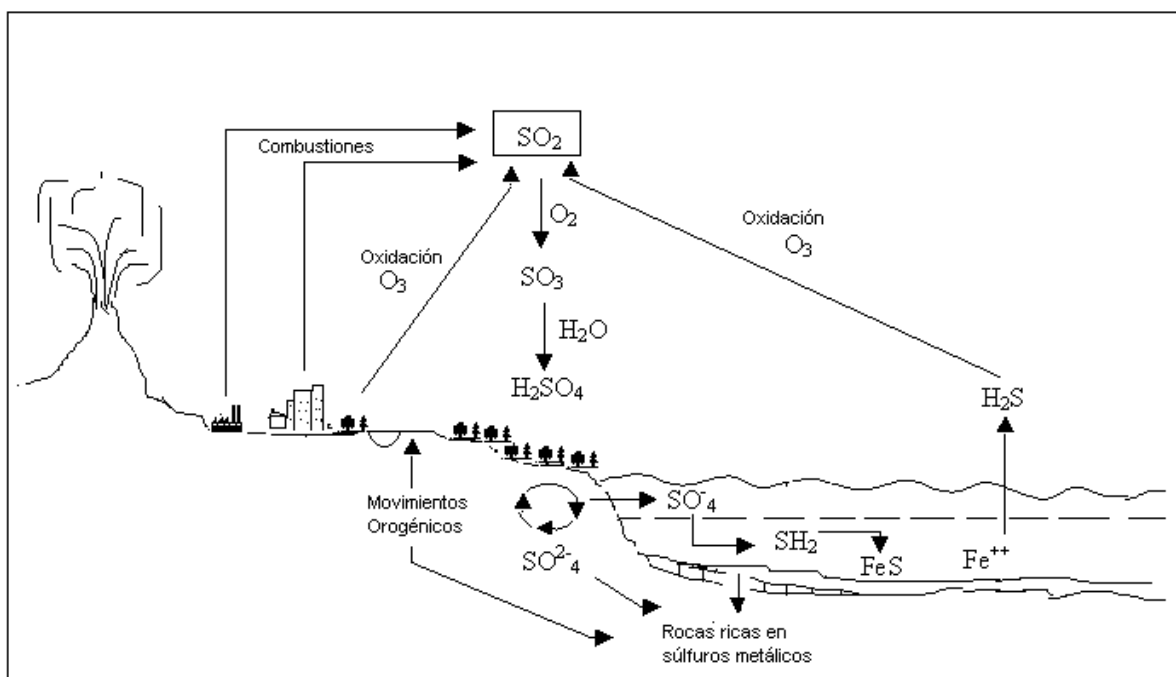
### 8.2.5. – Ciclo do Xofre

O xofre é un elemento químico que forma parte de case todas as moléculas proteicas, polo que é un elemento absolutamente esencial para todos os organismos vivos. O seu “movemento” a través da biosfera ten lugar mediante dous ciclos: un chamado ciclo interior e outro que é considerado como ciclo exterior.

O ciclo interior comprende o paso do xofre desde o solo ou desde a auga ás plantas e aos animais; así como o seu retorno novamente aos solos ou á auga. Pero nestes procesos de transferencia do xofre a través dos organismos vivos, algúns compostos de xofre presentes nos solos poden ser levados ao mar a través dos ríos, co que parte do xofre se perdería e escaparía ao ciclo terrestre; pero isto non pasa xa que existen mecanismos que permiten transformar estes compostos de xofre en compostos gaseosos (por exemplo o ácido sulfhídrico ou o dióxido de xofre), os cales penetran na atmosfera e son levados á terra. Estes compostos de xofre gaseosos acostuman a ser lavados polas augas da chuva, aínda que una parte do dióxido de xofre pode ser absorbido directamente polas plantas desde atmosfera.

Determinados grupos de bacterias levan a cabo un papel fundamental no ciclo do xofre. Así, a descomposición dos compostos de xofre da materia orgánica produce sulfato, que é reducido a sulfuro de hidróxeno mediante a acción de certas bacterias chamadas sulfatorreductoras, liberando osíxeno durante este proceso, osíxeno que pode ser aproveitado por outros organismos para levar a cabo os seus procesos respiratorios. Baixo condicións anaeróbicas, o ácido sulfhídrico e o sulfuro de dimetilo son os produtos principais e, cando chegan á atmosfera, son oxidados converténdose en dióxido de xofre que, posteriormente é oxidado e disolto na auga de chuva, producindo ácido sulfhídrico e sulfatos, que son as principais formas baixo as que o xofre retorna aos ecosistemas terrestres.

Os combustibles fósiles conteñen tamén xofre polo que, durante os seus procesos de combustión, libérase gran cantidade de compostos de xofre á atmosfera.



### 8.2.6. – Ciclo da Auga

O ciclo da auga ou ciclo hidrolóxico está "enlazado" cos outros ciclos bioxeoquímicos xa que a auga é un medio de transporte moi importante dos nutrientes, tanto dentro como fóra dos ecosistemas que forman a biosfera.

Os axentes de transporte principais para a auga e que permiten o seu desprazamento entre os subsistemas terrestres e os seus cambios de estado físico son a enerxía procedente do Sol e a gravidade.

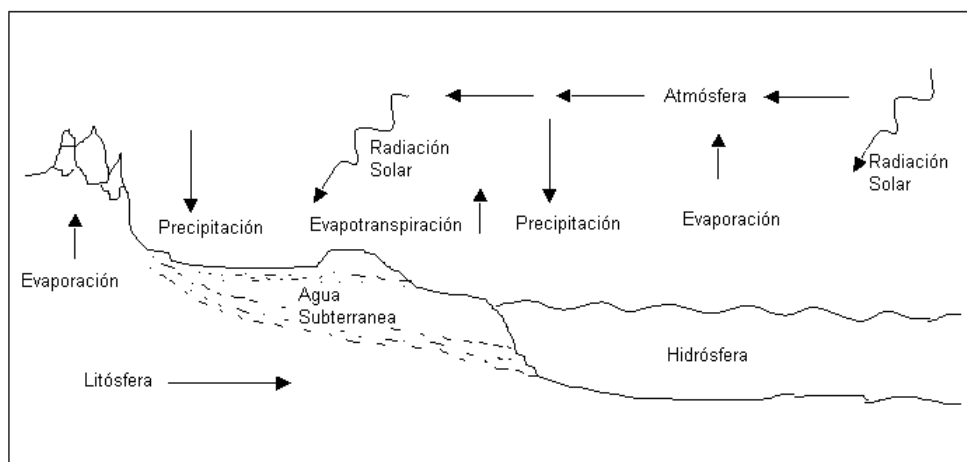
Os procesos principais que inclúe o ciclo da auga son os seguintes:

- **Evaporación:** conversión da auga en vapor acuoso. A auga que está sobre a superficie terrestre e nos océanos convértese en vapor de auga. É a enerxía solar incidente a que evapora a auga dos mares, océanos, correntes fluviais, lagos, solo e vexetación, cara á atmosfera. Os ventos e masas de aire transportan logo ese vapor de auga sobre a superficie terrestre.

- **Condensación:** conversión do vapor de auga en gotas de auga líquida. A diminución da temperatura en determinadas partes da atmosfera provoca a conversión do vapor de auga en gotas que poden acabar formando, por exemplo, neve ou néboa.
- **Transpiración:** proceso no que a auga é absorbida polos sistemas radiculares das plantas, pasa a través de diferentes partes das plantas ata liberarse á atmosfera en forma de vapor de auga, a través das follas.
- **Precipitación:** rocío, chuva, auganeve, granizo, neve. En determinadas condicións atmosféricas, as gotas de auga procedentes da condensación do vapor acuoso, poden combinarse e chegar a acadar un peso que provoque a súa caída á superficie terrestre ou ás masas de auga (grazas á gravidade). Unha parte da auga doce que retorna á superficie terrestre grazas á precipitación atmosférica pode quedar retida nos glaciares.
- **Escurrentía:** retorno da auga ao mar, para volver a empezar o ciclo. Unha gran parte da auga da superficie terrestre acaba retornado deste xeito aos mares; esta escurrentía de auga superficial desde a terra reabastece correntes e lagos e tamén é a causa de parte da erosión do solo. A gravidade participa nos procesos de precipitación, infiltración e escurrentía superficial.
- **Infiltración:** unha elevada proporción da auga que retorna á superficie terrestre infiltrasa nas capas superficiais do solo e pode ser almacenada como auga freática ou subterránea nos poros e gretas das rochas. Esta auga pode tamén verterse en correntes e lagos, ou afloran en mananciais. De forma eventual, pode evaporarse e chegar ao mar para iniciar o ciclo de novo.

Os seres vivos levan a cabo un papel moi importante no ciclo da auga; así, a composición dos organismos vivos é maioritariamente acuosa (ata un 90% do seu peso pode ser auga, nalgúns casos). Os organismos vivos perden auga dos seus corpos mediante a evaporación. Nos vexetais, a auga é incorporada polos sistemas de raíces, é transportada polos conductos vasculares cara ás follas, a través das que volve á atmosfera mediante o proceso da transpiración. Ademais, tanto nos animais como nas plantas, a ruptura dos hidratos de carbono para producir enerxía durante o proceso da respiración, produce dióxido de carbono e auga como produtos residuais; e durante o proceso da fotosíntese, a reacción é a contraria, xa que a auga e o dióxido de carbono combínanse para acabar formando os hidratos de carbono.

En relación á influencia que as actividades humanas teñen sobre o ciclo da auga, un dos principais problemas é a posibilidade de provocar o esgotamento das augas subterráneas (unha das principais fontes de auga para as poboacións humanas) como consecuencia da súa sobreexplotación e/ou contaminación. Por outro lado, os impactos provocados polo home sobre os solos e sobre a vexetación altera os procesos de infiltración e escurrentía superficial, acelerando ademais os procesos de erosión dos solos.



### 8.3. – Cambios dos ecosistemas no tempo

Os ecosistemas cambian ao longo do tempo; son estruturas dinámicas capaces de cambiar co tempo. E é moi importante ter en conta que, ao mesmo tempo que cambian, son capaces de manter e incrementar o seu nivel de organización, adaptándose a calquera tipo de variación e usando continuamente as súas fontes de materia e enerxía.

#### 8.3.1. – Sucesións e regresións

Os ecosistemas tenden a acadar, nos seus procesos naturais de cambios, o seus estado de máxima estabilidade e madurez; é o que se coñece co nome de estado CLÍMAX; todo o proceso que culmina coa consecución do clímax chámase **SUCESIÓN ECOLÓXICA**, que se pode definir como o conxunto de cambios que teñen lugar nos ecosistemas ao longo do tempo.



Antes de entrar no estudo das sucesións ecolóxicas é importante chegar a unha definición máis completa; así como concretar en que consiste a madurez ecolóxica dun ecosistema:

Sucesión ecolóxica é un proceso dinámico resultante das interaccións entre os factores bióticos e abióticos no tempo, que dará lugar á formación dun ecosistema complexo e estable. É un proceso lento e gradual, no que as poboacións máis inestables van sufrindo unha serie de modificacións, tanto na súa composición como no seu tamaño, co obxectivo de acadar o seu equilibrio. O equilibrio é o clímax, no que a comunidade tenderá a manterse estable e non será substituída por organismos doutra comunidade mentres que non cambien as condicións físico-químicas e/ou climáticas.

Madurez ecolóxica é definida como o estado no que está un ecosistema en cada un dos momentos polos que pasa durante unha sucesión ecolóxica. Os estados iniciais, durante unha sucesión ecolóxica, son os de menos madurez xa que a comunidade do ecosistema é moi sinxela e pouco esixente; mentres que a madurez vai aumentando a medida que a sucesión ecolóxica avanza e se vai aproximando ao seu clímax, que coincide co estado de máxima madurez ecolóxica da comunidade (chamada, nese momento, comunidade clímax), no que tamén representa o estado de máximo equilibrio co medio e é o estado ao que tenden todos os ecosistemas naturais.

Os ecosistemas máis maduros do planeta estarán nos lugares nos que a climatoloxía sexa máis estable: selvas tropicais e arrecifes de coral. De ter lugar un cambio nestes ecosistemas, o clímax romperíase e o ecosistema iniciaría outra sucesión.





Nos casos nos que teña lugar un proceso inverso á sucesión ecolóxica, ben por causas naturais (incendios, erupcións volcánicas, inundacións, cambio climático,...) ou ben provocado polas actividades humanas (deforestación, sobrepastoreo, erosións, bioinvasións, cambio climático provocado polo home, contaminación,...) fálase do proceso de **REGRESIÓN**. Sería como unha involución ou “volta atrás” do ecosistema no que, por exemplo, aparecerían de novo poboacións de especies r e estratexas (oportunistas). Nos casos nos que a regresión é moi grave, a comunidade pode perder a súa capacidade de rexeneración.

### **- Tipos de sucesións ecolóxicas:**

- **Sucesións ecolóxicas primarias:** son as que se inician nun terreo virxe (por exemplo, en rochas, dunas ou illas volcánicas); é dicir, é o conxunto de cambios que se producen nun ecosistema cuxo biótomo non fora ocupado previamente por unha biocenose. As especies que colonizan estes biótopos denomínanse pioneiras ou oportunistas (r e estratexas) e, cando chegan ao ecosistema novas poboacións de especies competidoras, o abandonan.
- **Sucesións ecolóxicas secundarias:** teñen o seu comezo en lugares que sufriron algún tipo de perturbación ou alteración anterior que deu lugar a unha regresión, pero que conservan parcial ou totalmente o seu solo; é dicir, un conxunto de transformacións que teñen lugar nun biótomo que foi ocupado previamente por unha biocenose. Como exemplos de sucesións secundarias pódense citar moitas das que teñen lugar a consecuencia dos impactos ambientais provocados polas actividades humanas.

### **- Regularidades durante unha sucesión ecolóxica:**

- **Aumento da biomasa total e moi especialmente das porcións menos activas:** son os organismos ou partes de organismos cunha taxa de renovación máis lenta e un metabolismo moi baixo os que aumentan máis (en relación a outros que non teñen estas características). Un exemplo está na vexetación, na que a fracción da madeira é a que aumenta máis progresivamente durante unha sucesión.
- **Aumento da produción primaria:** son os produtores primarios os que máis proliferan, entre os compoñentes dunha cadea trófica.
- **Estrutura máis complexa das comunidades e máis segregación entre as especies máis próximas:** a biodiversidade increméntase; desaparecen algunhas especies, pero engádense novas especies en maior número.
- **Desenvolvemento de mecanismos homeostáticos:** é un feito comprobado que os ecosistemas máis maduros teñen unha maior constancia en todos os seus parámetros globais durante o transcurso dunha sucesión ecolóxica que camiña cara o seu estado clímax. Todo elo contribúe á estabilidade do ecosistema.
- **Aumento do número de nichos ecolóxicos:** as especies r e estratexas van sendo substituídas por especies k e estratexas, que ocuparán os seus nichos; co resultado final de un incremento do número total de nichos ecolóxicos.
- **Diminución da relación produción primaria/biomasa total (productividade):** retardo na taxa de renovación do conxunto do ecosistema.



## 8.4. – A Biosfera como recurso

### 8.4.1. – A Biosfera: un recurso fráxil e limitado

Os ecosistemas resisten ás alteracións ata acadar un certo “umbral”; é dicir, son capaces de aguantar e mesmo de recuperarse de certos impactos ou cambios que teñen lugar sobre os seus compoñentes (entre eles, por suposto, a biosfera)

Son moitas as diferenzas que pode haber entre as distintas especies que forman parte dun ecosistema e cada grupo funcional de especies pode responder dun xeito diferente ás fluctuacións ou cambios que teñen lugar no medio. Neste sentido, as perdas de biodiversidade que están tendo lugar en moitos ecosistemas (tanto acuáticos como terrestres) están reducindo moito a resistencia e a capacidade de recuperación dos ecosistemas.

Os humanos, coas súas actividades, cada vez máis frecuentemente exercen presións sobre os ecosistemas; así, por exemplo, a crecente capacidade de mobilidade das poboacións humanas fai que as especies sexan introducidas en hábitats novos, co risco de aparición, por exemplo, de novas pragas de consecuencias imprevisibles para as poboacións humanas.

Ademais, unha vez que un ecosistema sofre un cambio ou alteración, a súa recuperación ata acadar o seu estado inicial (antes da perturbación) é moi lenta e custosa, chegando en moitos casos, a ser imposible. Un exemplo claro é o dos caladoiros pesqueiros que están sendo sobreexplotados dun xeito insostible que levará irremediabilmente ao seu peche.

En definitiva, as consecuencias de moitos dos cambios introducidos polo home nos ecosistemas (terrestres e acuáticos) están aínda por dilucidar. Por outro lado, as intervencións humanas nos ecosistemas, aínda que teñan un obxectivo “recuperador” son sempre perigosas xa que, aínda descoñecemos o funcionamento da maior parte dos ecosistemas. O máis “sostible” sería controlar o crecemento da poboación humana e adoptar medidas e posturas restrictivas en relación ao uso dos recursos naturais e a enerxía; en definitiva, promover a execución dos principios do desenvolvemento sostible.

A existencia do ser humano, o seu estilo de vida e a súa economía dependen do Sol e da Terra. A enerxía que procede do Sol sería para a humanidade o seu capital solar, mentres que o aire, a auga, o solo, a flora, a fauna e os minerais serían o “capital Terra”.



A nosa supervivencia a nosa saúde, as nosas economías e a supervivencia e a saúde de todos os seres vivos dependen da Terra e dos seus sistemas naturais, **recursos** que cada vez máis son **fráxiles e limitados**.

As sociedades humanas deberán ser cada vez máis sostibles para chegar a xestionar os recursos naturais (en definitiva, o seu “capital Terra”) dun modo sostible e sen esquecer a súa fragilidade e límite. Unha sociedade sostible deberá xestionar a súa economía e o tamaño da súa poboación tentando en todo momento, non sobrepasar a capacidade do plánte para absorber as agresións medioambientais, repoñer os seus recursos e soste tanto a vida humana como outras formas de vida (a biosfera).

Os RECURSOS DA BIOSFERA máis utilizados polo home para a súa supervivencia e que, consecuentemente, son os que reciben impactos dun modo máis continuado son os seguintes:

- Os solos.
- Os recursos forestais.
- Os recursos agrícolas e gandeiros.
- Os recursos dos ecosistemas mariños e costeiros.

#### 8.4.2. - Impactos sobre a Biosfera

Son moitos e moi variados os impactos que a Biosfera e os seus compoñentes poden recibir debido ás actividades levadas a cabo pola humanidade. Como exemplo ilustrativo dos mesmos están os seguintes:

- **A deforestación:** os bosques están diminuindo considerablemente desde fai décadas; aínda que dende o comezo da agricultura, a diminución foi en aumento. As causas da perda de masa forestal na superficie terrestre son moitas; entre elas destaca a utilización de grandes extensións de superficie para a agricultura ou a gandeiría (cultivos e pastos), a obtención de madeira e leña, os incendios forestais, o deterioro das árbores como consecuencia da contaminación (por exemplo, debido á chuva ácida), a construción de infraestruturas, a cada vez máis frecuente concentración das poboacións humanas en megacidades,...  
Cando os humanos, coas nosas actuacións, eliminamos os nosos bosques, non só estamos reducindo o número de árbores; tamén estamos poñendo en perigo os hábitats de moitas especies de animais que, á súa vez, aportan beneficios á humanidade. Ademais, os bosques permiten o desenvolvemento dos solos, moderan o clima, controlan as inundacións, almacenan auga, preveñen a seca, amortecen a erosión, son “sumidoiros” de dióxido de carbono e, ao eliminalos, estamos incrementando o efecto invernadoiro; ademais, dos bosques e os hábitats e especies que dependen deles, podemos obter medicinas, froitos, materiais téxtiles, tinturas, aceites,...
- **A perda da biodiversidade:** a biodiversidade ou diversidade biolóxica é a riqueza ou variedade de especies dun ecosistema e a abundancia relativa dos individuos de cada especie; pero o termo biodiversidade fai referencia non unicamente á variedade de especies que hai sobre a Terra, senón que tamén inclúe a variedade ou diversidade de ecosistemas que ten o noso planeta e a diversidade xenética (é dicir, os diferentes xenes que posúen todos os organismos que habitan o planeta que lles permiten evolucionar, enriquecerse e adaptarse ás diferentes condicións ambientais).  
Cando falamos de perda de biodiversidade, na actualidade, sempre se fai ao home e ás súas actividades o culpable das extincións de especies. Pero antes de abordar a perda da biodiversidade que ten lugar hoxe en día, hai que ter en conta o feito de que ao longo da historia da vida houbo momentos nos que tiveron lugar grandes extincións de especies e as perdas de biodiversidade foron importantes; concretamente, considérase que houbo cinco extincións masivas ao longo da historia da vida que provocaron, á súa vez, bruscas caídas da biodiversidade. Pero, ao longo da historia da humanidade, a nosa presión sobre os ecosistemas foi aumentando e, consecuentemente, a taxa de extinción de especies foise multiplicando. Na actualidade, debido en moitos casos a intereses eminentemente económicos, son moitas as especies que xa están extinguidas ou están en perigo de extinción (ben por unha presión directa sobre elas ou pola desaparición ou presión sobre os seus hábitats).



As causas da perda da biodiversidade son moitas, todas elas en relación directa co aumento da poboación humana, a utilización irracional dos recursos naturais, a introducción de especies foráneas en hábitats nos que chegan a competir con especies autóctonas e alteran o equilibrio do ecosistema, o tráfico de especies e a contaminación de todos os subsistemas terrestres.

Dentro dos obxectivos do desenvolvemento sostible, evitar a perda de biodiversidade é un dos prioritarios. O obxectivo final debería ser chegar a acadar un “cambio de mentalidade”; é dicir, que todos os países consideraran a súa riqueza biolóxica (a biodiversidade) do mesmo xeito que valoran e consideran a súa riqueza cultural, material e económica.

