

UD VII: O ECOSISTEMA EN ACCIÓN. FUNCIONAMENTO E AUTORREGULACIÓN DO ECOSISTEMA.

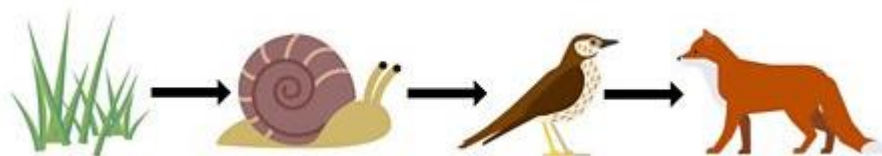
Índice

- 1. Funcionamento e autorregulación do ecosistema.**
 - 1.1. Estrutura trófica do ecosistema.**
 - 1.1.1. Produtores.**
 - 1.1.2. Consumidores primarios.**
 - 1.1.3. Consumidores secundarios.**
 - 1.1.4. Descompoñedores, desintegradores ou detritívoros.**
 - 1.1.5. Transformadores.**
 - 1.2. Fluxo de enerxía no ecosistema.**
 - 1.3. Ciclo da materia no ecosistema.**
 - 1.4. Biomasa e produtividade do ecosistema.**
 - 1.5. Pirámides tróficas.**
 - 1.5.1. Pirámides de biomasa.**
 - 1.5.2. Pirámides de enerxía ou produción.**
 - 1.5.3. Pirámides de números ou individuos.**
 - 1.6. Ciclos bioxeoquímicos.**
 - 1.6.1. Ciclo do Carbono.**
 - 1.6.2. Ciclo do Nitróxeno.**
 - 1.6.3. Ciclo do Fósforo.**
 - 1.6.4. Ciclo do Xofre.**
 - 1.6.5. Ciclo do Osíxeno.**
 - 1.6.6. Ciclo da Auga.**
 - 1.6.7. Interferencias do ser humano nos ciclos bioxeoquímicos.**

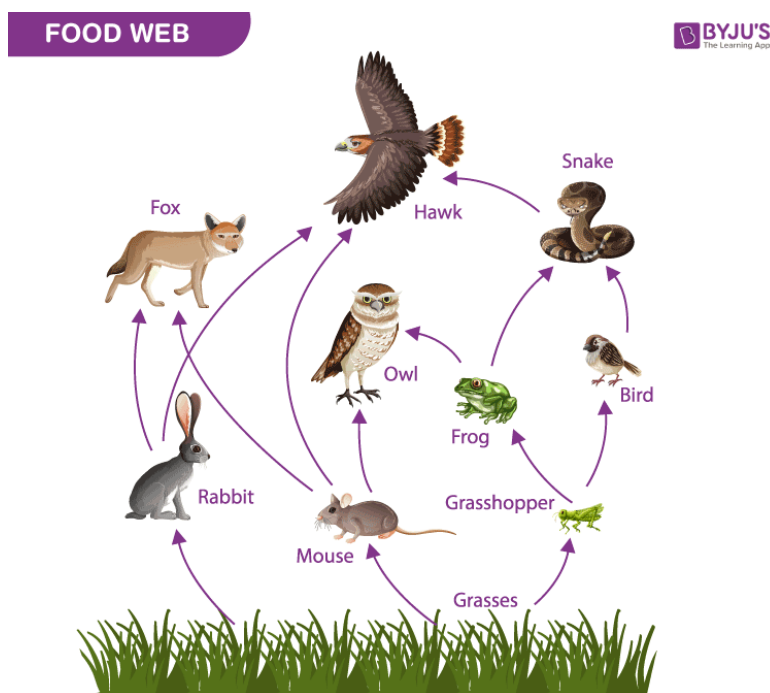
1. Funcionamento e autorregulación do ecosistema.

Dende o punto de vista do seu funcionamento, pódese considerar ós ecosistemas como **sistemas estruturados, con capacidade de autorregulación, a través dos cales flúe a enerxía e se ciclan os materiais**. Este ciclo de materia e fluxo de enerxía lévase a cabo a través das etapas de produción, consumo e descomposición.

1.1. Estrutura trófica do ecosistema. A materia e a enerxía circulan no ecosistema a través de cadeas tróficas que se establecen entre organismos que pertencen a diferentes niveis tróficos e que se alimentan uns doutros, incluíndose en cada nivel trófico aqueles organismos cuxos métodos de obtención de materia e enerxía son semellantes. Deste xeito, os organismos de cada nivel trófico aliméntanse dos organismos do nivel trófico anterior e son comidos polos do nivel trófico seguinte, formando as **cadeas alimentarias** ou **cadeas tróficas**, v.g.: produtor → consumidor primario → consumidor secundario → etc.



As cadeas tróficas non están illadas, xa que determinados individuos son elos comúns doutras cadeas, formando as **redes tróficas** ou **alimentarias**. Este feito relativiza certos niveis tróficos, xa que un organismo pode ser á súa vez considerado para varios niveis.



Os niveis tróficos fundamentais, son:

1.1.1. Produtores, organismos **autótrofos** que aproveitan a enerxía lumínica e, mediante a fotosíntese, son capaces de sintetizar materia orgánica a partir de materia inorgánica. Este nivel está

formado polas plantas verdes no medio terrestre e algas no medio acuático. Tamén se consideran produtores ás bacterias quimiosintéticas que empregan para a síntese de materia orgánica a enerxía producida en determinadas reaccións químicas. Representan o 99% da materia orgánica da biosfera.

1.1.2. Consumidores primarios, heterótrofos que se alimentan e obteñen enerxía a partires da materia orgánica que sintetizan os produtores. Este nivel está constituído polos herbívoros e o zooplancto.

1.1.3. Consumidores secundarios, aliméntanse e obteñen enerxía a partires de consumidores primarios, polo tanto, tamén son **heterótrofos**. Se se alimentan doutros consumidores secundarios pódense considerar **consumidores terciarios** ou **superdepredadores**. Este nivel intégrano os carnívoros e o zooplancto depredador. Tamén se soe incluír neste nivel ós **preeiros**, que se alimentan de animais mortos, aínda que tamén poden incluírse nos descompoñedores.

Os consumidores que se alimentan de 2 ou máis niveis denomínanse **omnívoros**.

1.1.4. Descompoñedores, desintegradores ou detritívoros, aliméntanse dos restos orgánicos dos seres de niveis anteriores e converten a materia orgánica en inorgánica. Este nivel está constituído polas bacterias e fungos. A súa importancia radica en que devolven ó medio substancias químicas que serán reutilizadas fundamentalmente polos produtores.

1.1.5. Transformadores, transforman compostos inorgánicos en substancias aproveitables polos produtores. Elaboran sales minerais a partires da materia inorgánica e incluso de materia orgánica de niveles anteriores. Forman este nivel algúns tipos de bacterias.

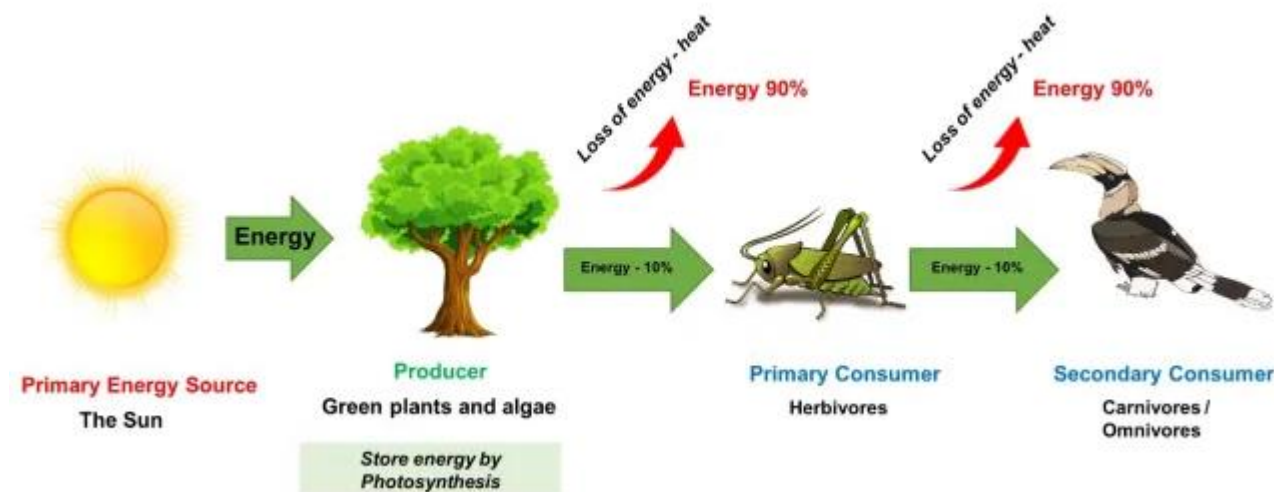
1.2. Fluxo de enerxía no ecosistema. Os ecosistemas son sistemas estruturados, con capacidade de autorregulación, polos que circula un fluxo de enerxía e un ciclo da materia. O fluxo de enerxía que atravesa un ecosistema é **unidireccional** e **aberto**, sufrindo un proceso de transformacións sucesivas no que a enerxía luminosa do Sol é transformada en enerxía química, que á súa vez é transformada en enerxía calorífica que é devolta ó biotopo.

A enerxía que entra no sistema procede do Sol en forma de enerxía luminosa, da que se perde un 98% en forma de calor (é reflexada polas nubes, absorbida por polvo atmosférico, ozono, etc.) e só un 2% é absorbido polos organismos fotosintéticos que a transforman en enerxía química para producir a súa propia materia (glúcidos, proteínas e lípidos) a partires de substancia inorgánicas sinxelas como auga e sales minerais.

Neste punto podemos definir a **eficacia fotosintética (EF)** ou **eficiencia dos produtores** como a porcentaxe do que crecen os produtores (expresado pola PPN, Producción Primaria Neta (* ver páx 5)) a partires da radiación solar incidente:

$$EF = \frac{PPN}{\text{radicación solar incidente}} 100$$

Esta enerxía química é aproveitada nunha pequena parte polos herbívoros. Desta enerxía aproveitada polos herbívoros só unha pequena parte queda dispoñible para os carnívoros e, do mesmo xeito, só unha pequena parte da enerxía obtida polos carnívoros quedará dispoñible para os depredadores de carnívoros.



Así, en cada nivel trófico, como consecuencia da respiración e de procesos de falta de eficacia, perdese enerxía (en forma de calor e excrementos), polo que o fluxo enerxético é cada vez menor, o que explica que as cadeas tróficas teñan un número reducido de elos. Xeralmente considérase como norma que o 90% da enerxía se perde de un elo ó seguinte, o que se chama a **regra do 10%**.

1.3. Ciclo da materia no ecosistema. Ó contrario do que ocorre coa enerxía, que presenta un fluxo unidireccional e aberto, **o ciclo da materia é pechado**, xa que a actividade dos descompoñedores permite que a materia se recicle e non se disperse en sucesivas transferencias, como ocorre coa enerxía.

O perfecto funcionamento do ciclo da materia é imprescindible para o mantemento da vida na Terra, xa que a cantidade de materia dispoñible é constante, pois non hai unha fonte de subministro exterior, como ocorre coa enerxía, e non habería, polo tanto, forma de compensar as perdas se estas fosen definitivas.

1.4. Biomasa e produtividade do ecosistema. A **biomasa** dun ecosistema é a masa de tódolos organismos que constitúen a biocenose. Tamén podemos definila como a **enerxía** almacenada nesa masa. Xeralmente exprésase en **g peso seco/m²**.

A **produción** é o aumento de biomasa dun nivel trófico por unidade de tempo. Mídese en **g materia seca/m² ano**, proporcionando unha idea da biomasa dispoñible por unidade de tempo, que poida ser utilizada polo nivel trófico seguinte sen que perigue a estabilidade do sistema.

$$\text{Producción} = \frac{\text{Biomasa}}{\text{Tempo}}$$

Baixo esta premisa e tendo en conta os elos das cadeas tróficas temos:

- Producción primaria (PP), que representa o incremento da biomasa dos organismos produtores primarios ou fotosintéticos.
- Producción primaria bruta (PPB), que é a biomasa sintetizada mediante a actividade fotosintética dos produtores primarios nun tempo determinado.
- Producción Primaria Neta (PPN), que é a diferenza entre a produción primaria e a biomasa consumida mediante a respiración (R). Constitúe o alimento teoricamente dispoñible para os organismo herbívoros.

$$PPN = PPB - R$$

A produción primaria dos diferentes ecosistemas terrestres é moi variable e está condicionada polos diferentes factores ambientais.

Tendo en conta os seguintes niveis tróficos teremos:

- Producción Secundaria Bruta (PSB), representa a velocidade de almacenaxe de enerxía nos niveis dos consumidores e descompoñedores. Entón, é o incremento da biomasa por unidade de tempo e superficie nestes niveis.
- Producción Secundaria Neta (PSN), é a diferenza entre a enerxía fixada (PSB) e a utilizada na respiración de autótrofos (R_a) e heterótrofos (R_h).

$$PSN = PSB - (R_h + R_a)$$

O nivel trófico dos produtores constitúe a **base do ecosistema**. O equilibrio deste nivel, polo tanto do ecosistema conséguese limitando o consumo de materia polos herbívoros á cantidade de produción primaria, permanecendo así estable a biomasa dos produtores. Polo tanto, a biomasa dun nivel trófico non está condicionada pola biomasa do nivel trófico anterior, senón pola produción deste.

Coa finalidade de garantir unha base enerxética suficiente para os heterótrofos, as poboacións de autótrofos dos ecosistemas poden presentar 2 estratexias básicas:

- Poboacións rápidas, tendo un gran número de poboacións, de estrutura morfolóxica sinxela, con alta capacidade de crecemento e reprodución. V.g.: plancto.
- Poboacións lentas, cun menor número de poboacións, con individuos de gran tamaño, morfoloxicamente complexos e cunha taxa de crecemento e reprodución lentas.

Pero a maioría dos ecosistemas naturais, ademais de presentar unha destas estratexias tamén presenta a outra en maior ou menor medida, v.g.: os bosques teñen herbáceas ou sotobosque, que poderían substituír ás árbores que causen baixa. Deste xeito en ambientes flutuantes, a existencia

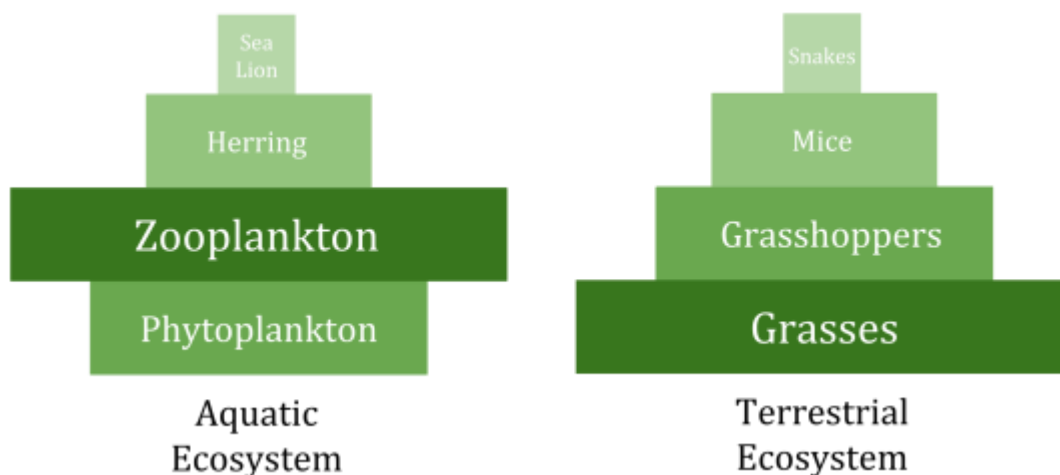
dunha segura base enerxética baséase na coexistencia de poboacións *lentas* e *rápidas*.

Sen embargo, en resposta a situacións extremas debe existir a chamada **base enerxética de reserva**, que implica un almacenaxe extra de enerxía. Esta base enerxética, debe ser suficientemente grande e tempos de resposta lentos, para que a influencia dos cambios non lle afecte rápido

1.5. Pirámides tróficas, son representacións gráficas dalgúns parámetros tróficos en forma de barras horizontais superpostas. Nas pirámides ecolóxicas, cada nivel trófico equivale a unha barra de anchura proporcional ó valor do parámetro que queremos representar. Na base indícanse os produtores, sobre eles os consumidores primarios, logo os secundarios e así sucesivamente. Como o valor do parámetro soe diminuír, a representación adopta forma de pirámide. As máis usuais son:

1.5.1. Pirámides de biomasa, obtidas ó representar a biomasa dos diferentes niveis tróficos en forma de rectángulos superpostos. Representa a masa total dos seres vivos que existe en cada nivel trófico, e na maioría delas, a medida que avanzamos na escala trófica, diminúe a biomasa. É importante obter datos ó longo do tempo, xa que en momentos puntuais podemos ter aumentos ou descensos puntuais da biomasa dun nivel, levando a falsas interpretacións.

Pode darse o caso dunha pirámide invertida, como é o caso dos ecosistemas acuáticos, debido a que o primeiro nivel, o fitoplancto ten unha taxa de renovación diaria moi grande, polo que non é necesario que posúa moita biomasa para satisfacer o consumo dos seus depredadores.



1.5.2. Pirámides de enerxía ou produción, semellantes ás anteriores, onde cada rectángulo representa a produción (bruta ou neta) dun nivel trófico, é dicir, a cantidade de enerxía nun nivel que sustenta outro superior. **Non hai pirámides invertidas**, xa que é necesario que a enerxía que posúe un nivel para sustentar o superior sexa maior.

1.5.3. Pirámides de números ou individuos, menos significativas, ó non ter en conta o tamaño dos individuos. Non soen aparecer pirámides invertidas, pero sí no caso de certos ecosistemas como os poboadores dunha árbore ou nun animal e os seus parasitos.

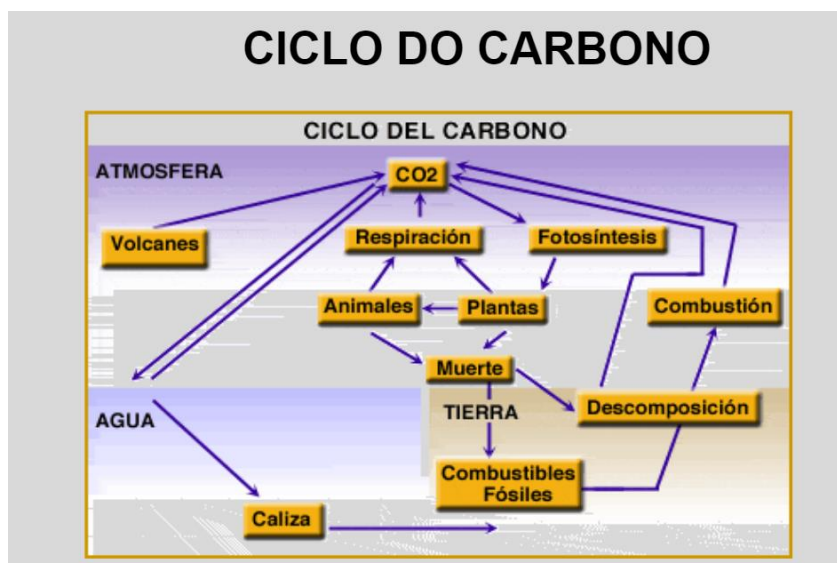
1.6. Ciclos bioxeoquímicos, coñécense con este nome os trasfegos que experimentan os elementos químicos constituíntes da materia viva a través do biotopo e a biocenose. Acostumamos a diferenciar **ciclos de fase gasosa**, como o N_2 , O_2 ou o C con reservas atmosféricas, e os **ciclos de fase sedimentaria** como o P e o S, con reservas no solo e sedimentos.

A continuación están explicados os ciclos máis importantes, pero existen ciclos para a totalidade dos bioelementos. Ademais é importante o estudo tamén de elementos non constitutivos da materia orgánica, debido á súa perigosidade.

1.6.1. Ciclo do Carbono, o carbono é o compoñente fundamental en tódalas biomoléculas. A **principal reserva de carbono preséntase en forma oxidada, como dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera**, pero tamén está presente como carbonato (CO_3^{2-}) nas calizas ou dolomías, ou como bicarbonato (HCO_3^-) disolto en auga. Tamén existe como forma total ou parcialmente reducida nos combustibles fósiles (carbón e petróleo).

O carbono é **incorporado en forma de CO_2 polos produtores mediante a fotosíntese**. Os consumidores incorporan o carbono ó alimentarse dos produtores, e os descompoñedores fano ó actuar sobre os cadáveres e os produtos de desfeito. O proceso respiratorio de produtores, consumidores e descompoñedores devolve a maior parte de carbono ó medio en forma de CO_2 . Outra parte queda en forma de precipitados, en forma de cunchas e en forma de osos no sedimento, dando lugar a rochas calizas. Os fenómenos de vulcanismo que afectan ás rochas calizas e ós combustibles fósiles devolven á atmosfera o carbono en forma de CO_2 , e subiron a concentración deste na atmosfera e segue aumentando, o que pode supoñer un aumento da temperatura global debido a que este gas é o principal responsable do efecto invernadoiro.

Existen tamén mecanismos que retiran o carbono deste ciclo, como son os arrecifes coralinos de augas tropicais, compostos por carbonatos depositados por algas e animais.

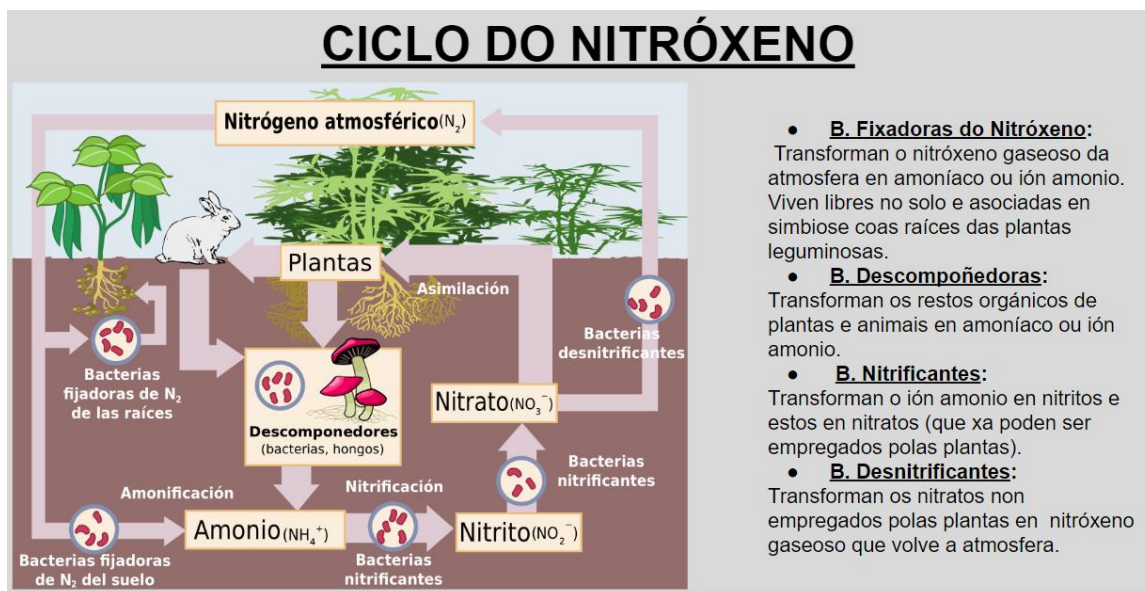


Existen 2 grandes hipóteses sobre o mantemento da concentración de CO₂ na atmosfera e da súa acción reguladora térmica:

- Modelo xeofísico, este modelo é o que posúe máis aceptación e fala do CO₂ como un termóstato inerte. Resúmese en que ó aumentala temperatura, a evaporación dos océanos acentúase, formándose máis nubes e, polo tanto, chove máis. A choiva arrastra cara o solo cantidades importantes de CO₂, provocando unha diminución deste gas na atmosfera e unha redución do efecto invernadoiro. Como consecuencia prodúcese unha diminución da temperatura, da evaporación dos océanos e da pluviosidade. O efecto invernadoiro restablécese porque os volcáns enriquecen a atmosfera en CO₂, co que a temperatura volta a aumentar e reiniciase o ciclo.
- Hipótese de Gaïa, segundo esta hipótese, o fitoplancto actúa como un termóstato vivo. Cando a temperatura aumenta, o plancto desenrola máis e consume máis CO₂ atmosférico. Como resultado, o efecto invernadoiro debilítase e provoca unha diminución da temperatura. O desenrolo do plancto enlentécese e paralelamente diminúe a súa demanda de CO₂. Os seres vivos, que xogan o mesmo papel que os volcáns no anterior modelo, continúan a súa produción de CO₂ polo que o efecto invernadoiro acentúase outra vez. A temperatura aumenta de novo e así péchase o ciclo.

1.6.2. Ciclo do Nitróxeno, a atmosfera está formada nun 79% por N₂, pero só **algúns bacterias** (*Clostridium*, *Rhizobium* e *Azotobacter*) e **algas cianofíceas** son capaces de aproveitalo. O proceso de fixación de N₂ consiste en combinar o nitróxeno atmosférico (N₂) con H para formar amoníaco (NH₃). A acción dos descompoñedores sobre os cadáveres e os produtos de desfeito do metabolismo de produtores e consumidores enriquecen o solo con amoníaco, nun proceso denominado **amonificación**. Case todo o amoníaco que chega ó solo pasa rapidamente a ión nitrato, pola acción quimiosintética dalgúns bacterias. Este proceso denomínase **nitrificación**. O nitrato así obtido constitúe a principal fonte de N dispoñible no solo para as plantas superiores. Estas plantas aportan os metabolitos orgánicos nitroxenados ós animais, principalmente en forma de aminoácidos, pero tamén como bases nitroxenadas que son parte esencial de coencimas e ácidos nucleicos.

O ciclo do N₂ complétase coa **desnitrificación**, que consiste na transformación do NO₃⁻ en NO₂⁻ e deste en N₂, que pasa ó aire. Dita transformación realízana as bacterias desnitrificantes, como as do xénero *Pseudomonas*.



- **B. Fixadoras do Nitróxeno:** Transforman o nitróxeno gaseoso da atmosfera en amoníaco ou ión amonio. Viven libres no solo e asociadas en simbiose coas raíces das plantas leguminosas.
- **B. Descompoñedoras:** Transforman os restos orgánicos de plantas e animais en amoníaco ou ión amonio.
- **B. Nitrificantes:** Transforman o ión amonio en nitritos e estes en nitratos (que xa poden ser empregados polas plantas).
- **B. Desnitrificantes:** Transforman os nitratos non empregados polas plantas en nitróxeno gaseoso que volve a atmosfera.

1.6.3. Ciclo do Fósforo, ó contrario que os anteriores, non se atopa na atmosfera, senón que se acumula na codia terrestre, onde se acha como compoñente de diferentes minerais. Por efecto da meteorización química transformase en ión ortofosfato (PO_4^{-3}) que é transportado en disolución polas augas. Unha parte precipita no solo en forma de fosfato cálcico e outra parte chega ó mar. O fosfato cálcico, é incorporado polas plantas, e destas toman o fósforo os animais (incorpóranos como compoñente nos ácidos nucleicos, no ATP, esqueletos, etc.). O fósforo que é transportado ó mar é incorporado en parte polas plantas e animais mariños, e a maioría precipita.

Os cadáveres dos seres vivos descompóñense polo efecto dos organismos desintegradores, liberándose así o P e comezando outra vez o ciclo.

No fondo do mar acumúlanse grandes cantidades deste elemento. Son as chamadas **trampas de P**, posto que ó acumularse este nos sedimentos mariños, queda fora do alcance dos organismos. É por isto que se di que o ciclo do P non está equilibrado, se ben, aproximadamente un 3% do P que chega ó mar regresa a través do guano e do consumo de peixes por parte dos animais e o home, e unha pequenísima parte de P precipitado ascende a niveis superficiais por medio de correntes ascendentes.

1.6.4. Ciclo do Xofre, o S circula pola biosfera como sulfuro (SH_2), dióxido de xofre (SO_2) e ión sulfato (SO_4^{-2}). As plantas asimílanos en forma de sulfatos solubles e son reducidos a sulfuro de hidróxeno (SH_2) e incorporados a aminoácidos como a cisteína ou a metionina. Das plantas pasan ós herbívoros e de aí ós carnívoros, nos que estes aminoácidos son incorporados ás súas propias proteínas. Os restos que producen os seres vivos son descompostos por bacterias da putrefacción, liberándose SH_2 .

Nos océanos profundos e pantanos, en ausencia de O_2 , o sulfato é reducido a SH_2 polas bacterias sulfatorreductoras e pode seguir 2 camiños:

- Combinarse con Fe e precipitar en forma de pirita.
- Ascender ata lugares osixenados ata formar de novo SO_4^{-2} mediante un proceso foto- ou

quimiosintético, segundo a presenza ou non de luz.

1.6.5. Ciclo do Osíxeno, no aire hai un 21% de osíxeno que procede da fotosíntese vexetal e que é fixado na oxidación de certos minerais e sobre todo, mediante procesos de respiración dos seres vivos tanto terrestres como acuáticos. Unha pequena parte deste osíxeno queda atrapado na materia orgánica que sedimenta e pasa a formar parte dos constituíntes da codia terrestre.

1.6.6. Ciclo da Auga, debido ó calor do Sol, a auga pasa por evaporación á atmosfera, onde queda en forma de vapor de auga. Cando se produce un arrefriamento, o vapor de auga condénsase e volta á superficie da Terra en forma de precipitacións. Ademais do ciclo descrito, parte do auga é incorporada polas plantas, mediante procesos de ósmose ó nivel dos pelos absorbentes da raíz, e polos animais, ben mediante o alimento ou ben bebéndoa directamente. Esa auga volta ó medio a través da transpiración das plantas, da respiración, da excreción e da defecación dos animais, e tamén mediante a descomposición dos cadáveres.



1.6.7. Interferencias do ser humano nos ciclos bioxeoquímicos, ata fai pouco tempo, a capacidade do ser humano para incidir sobre o medio era limitada, pero dende o uso dos combustibles fósiles, a súa capacidade incrementouse constantemente. Hoxe en día está amplamente aceptado que temos capacidade para influír no planeta de forma global. O problema das choivas ácidas, o burato da capa de ozono e o aumento da concentración de gases de efecto invernadoiro son problemas orixinados por alteracións dos ciclos bioxeoquímicos.

As principais interferencias do ser humano nos ciclos bioxeoquímicos son:

- Carbono:
 - Queima de combustibles fósiles (CO e CO₂)

- Deforestación (CO₂).
- Cambio climático (CO₂).
- Nitróxeno:
 - Procesos de combustión en motores a altas temperaturas (NO, NO₂, N₂O).
 - Fixación industrial de N atmosférico para convertelo en amoníaco e fertilizantes.
 - Abonado excesivo (N₂O).
- Xofre:
 - Combustión de combustibles fósiles (SO₂).
- Fósforo:
 - Alteración do ciclo ó recoller P mediante os sumidoiros e levalos ó mar.
 - Fertilizantes.