Ecologia

És la ciència que estudia les relacions entre els éssers vius i el lloc on viuen, és a dir el seu medi ambient.

L'ecologia estudia les relacions que s'estableixen entre els individus de les diferents espècies que hi conviuen, és a dir, la biocenosi, i les relacions que s'estableixen entre ells i les condicions fisicoquímiques del lloc on habiten, l'anomenat biotop.

La Biocenosi

És el conjunt de totes les poblacions que habiten en un lloc determinat.

Una població

És el conjunt d'individus de la mateixa espècies que habiten en un mateix lloc i en un mateix moment.

Ecosistema

El conjunt de biocenosi i biòtop s'anomena ecosistema i es pot definir com el conjunt de diferents espècies que viuen en un entorn físic comú, les funcions de les quals es complementen en un grau variable.

Biòtop

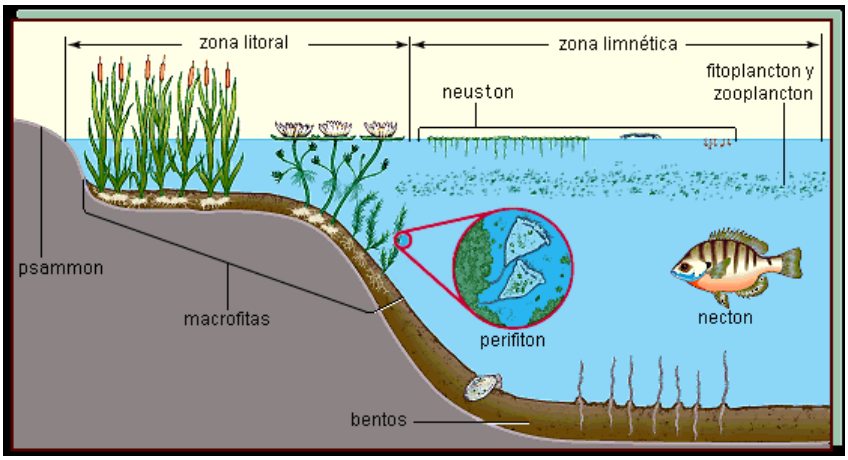
És el conjunt format pel medi, el substrat i els factors ambientals que afecten als éssers vius. El medi és el fluid que embolcalla els organismes i pot ser l'aire (medi aeri) o l'aigua (medi aquàtic).

El substrat és la superfície sobre la qual es desplacen, s'aguanten o es fixen els organismes. Pot ser el sòl, l'aigua, la superfície d'altres éssers vius, etc.

Els factors ambientals abiòtics són els factors fisicoquímics, és a dir temperatura, humitat ...

- **Medi acuàtic**. Està constituït per mars, rius, llacs, etc. Segons la zona on habiten aquests éssers vius es divideixen en quatre grups:

    1. **Nèuston:** És la comunitat que viu associada a la pel·lícula superficial de l'aigua, exemple larves del mosquit Anophlrd i Culex.
    2. **Plàncton:** és el conjunt d'éssers vius (generalment molt petits) que es mouen a la deriva prop de la superfície. Comprèn el fitoplàncton o plàncton vegetal que duu a terme la fotosíntesi i el zooplàncton o plàncton animal.
    3. **Nècton:** Conjunt d'animals nedadors com els peixos.
    4. **Bentos:** Conjunt d'éssers vius que viuen el fons marí o lacustre.



- **El substrat.** És el conjunt de substàncies que formen la superfície on els organismes es fixen, s'aguanten o es desplacen. Són exemples de substrats, el sòl, l'aigua, el cos d'altres éssers vius.
- **El sòl.** Té una estructura vertical o perfil format per diverses capes que s'anomenen horitzons del sòl. Hi ha tres horitzons bàsics:

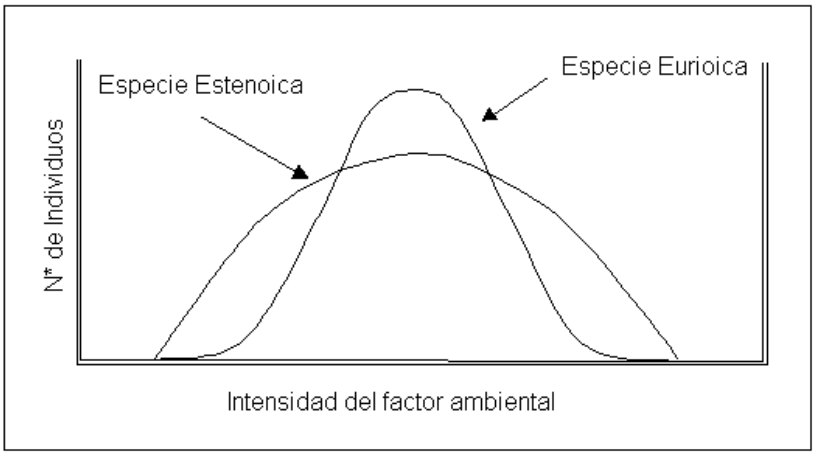
    1. **L'Horitzó A**. És la terra superficial rica en humus
    2. **L'horitzó B**. És la terra rica en sals procedents del rentatge de A.
    3. **L'horitzó C**. Fragments de la roca mare.
    4. **Horitzó D**. Roca mare més o menys alterada.

Hi ha sòls on falten alguns horitzons, s'anomenen sòls immadurs.

1. Factors abiòtics

Els més importants són **la salinitat, la llum, la Temperatura, la pressió i els corrents del medi.**

S'anomenen **límits de tolerància** els límits màxims i mínims dels factors ambientals que toleren els organismes. L'interval entre aquests factors és l'amplitud de tolerància d'una espècie determinada d'una espècie determinada. Un factor limitador és qualsevol factor ambiental que sobrepassa l'amplitud de tolerància. Per indicar si l'amplitud de tolerància és gran o petita s'utilitzen els prefixes eur- i esteno-. Per exemple, un organisme euriterm té una amplitud de tolerància gran per a la temperatura, i un d'estenoterm té una amplitud de tolerància petita per a aquest factor.

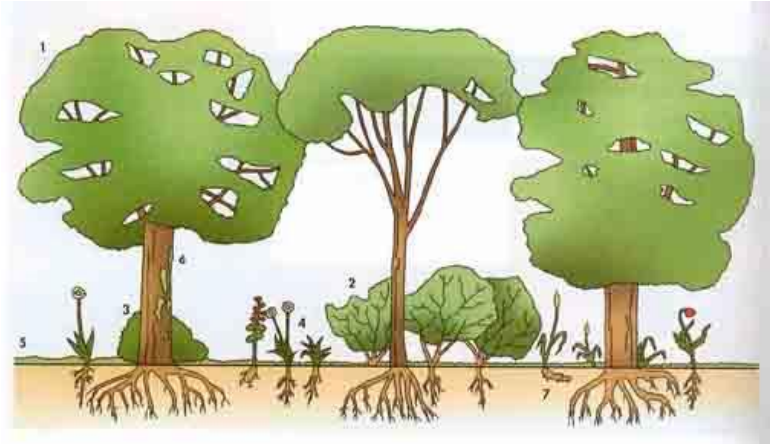


- **La temperatura.** La vida activa és possible entre uns quants graus sota zero, i uns 50ºC. Entre les adaptacions a la temperatura cal esmentar dues estratègies: la dels animals capaços de mantenir la temperatura corporal o animals **homeoterms**, i la dels que no la poden mantenir constant o animals **poiquiloterms**

  Els animals homeoterms suporten el fred perquè s'aïllen mitjançant el pèl (mamífers), cap de greix sota la pell (mamífers marins), plomes (ocells)... Davant la calor responen amb hàbits crepusculars (matutins o vespertins)

  Els animlas poiquiloterms tendeixen a allunyar-se al màxim del fred amagant-se sota terra o en refugis i reduint el metabolisme tant com poden durant 'hivern. Davant la calor responen com els homeoterms, amb hàbits crepusculars o nocturns, com les serps del desert, o estirant molt les potes com fan els insectes i els llangardaixos dels deserts càlids.

- **La llum.** influeix decisivament en la distribució dels éssers vius. En el cas de les plantes terrestres provoca una distribució estratificada que arriba a la màxima expressions en les selves o boscos tropicals.



  - Adaptacions de les plantes a la llum:

    Heliòfiles o fotòfiles: plantes que necessiten molta quantitat de llum.

    Esciòfiles: plantes que viuen a l'ombra

    Fototropismes: moviments que presenten moltes plantes d'orientació cap a la llum.

La llum provoca una estratificació dels organismes fotosintètics aquàtics. Al mar es distingeix una zona superficial il·luminada fins als 100 o 200 metres de profunditat, anomenada **zona fòtica**. En aquesta zona hi ha els organismes que formen el fitoplancton.

Per sota de la zona fòtica es troba la **zona afòtica**, que quasi no té llum i els éssers fotosintètics no hi poden viure.

  - Adaptacions del animals a la llum:

    Coloració críptica: L'animal es confón amb el medi.

    Ex: el camaleó, el pop la zebra, etc.,

    Coloració aposemàtica o d'avís: Animals amb coloracions molt vistoses per tal d'avisar del perill.

Coloració mimètica: Animals que tenen coloracions semblants a la d'altres animals més perillosos.

Bioluminescència: És la capacitat que tenen alguns éssers vius per emetre llum i generar llum.

Fotoperíode: Animals que realitzen determinats processos segons la durada del dia i la nit, si el fotoperíode és anual, determina el moment de la migració, de la muda, de la floració de determinades plantes...

- **La humitat.** La de l'aire és el vapor d'aigua que hi ha a l'aire atmosfèric.

La humitat absoluta és la quantitat total de vapor d'aigua que hi ha a l'aire, i s'expressa en g/m3.

La humitat relativa és la relació entre la humitat absoluta i la màxima humitat possible en les mateixes condicions de pressió i temperatura.

- En els animals les adaptacions és importants per evitar la deshidratació són:

  - Tenir un tegument impermeable.
  - Tenir estructures que retenen l'aire i mantenen una microatmosfera humida.
  - Produir secrecions mucoses que mantenen la pell humida.
  - Tenir l'aparell respiratori a l'interior del cos.
  - Fecundació interna i desenvolupament embrionari.
  - Hàbits especials.
  - Adaptació del cicle biològic a l'estació seca.
  - Capacitat de beure aigua del mar.

- En els vegetals les adaptacions més importants per evitar la deshidratacó són:

  - Tenir arrels molt llargues.
  - Posseir fulles amb epidermis molt cutinitzades i amb pocs estomes.
  - Tenir una abundant pilositat capaç de retenir aire i mantenir una microatmosfera humida.
  - Posseir tiges i fulles suculentes on s'emmagatzema una gran quantitat d'aigua de reserva.
  - Fer la fecundació a través del pol·len.
  - Formació de llavors.

Segons les necessitats hídriques es distingeixen els tipus de plantes següents:

Hidròfits: són les plantes aquàtiques.

Higròfits: són les plantes de zones molt humides.

Xeròfits: són les plantes de zones seques.

Mesòfits: sòn les plantes que poden viure a humitats molt diferents.

- **La Pressió.**
  - **Atmosfèrica**: És la força per unitat de superfície que exerceix el pes de l'aire.
  - **Hidrostàtica**: És la força per unitat de superfície que exerceix l'aigua.

A nivell del mar, a 45º de latitud i a 0º de temooeratura, la pressió atmosférica és de 760mm Hg. Com que el 20,9% de l'aire és oxigen, la pressió parcial d'aquest gas en aquestes condicions és de 159mm Hg. A mesura que augmenta la altura, la pressió atmosférica disminueix, i amb aquesta, la quantitat d'oxigen disponible. A 6000m sobre el nivell del mar, la pressió atmosférica és de 380mm Hg, i per tant la pressió parcial d'oxigen és de només 80mm Hg. En els animals que viuen en aquestes condicions, com les llames dels Andes, molts ocells o els animals aquàtics dels rius i llacs d'altes muntanyes, etc. Hi ha adaptacions com ara la presencia d'hemoglobines especials amb més afinitat per l'oxigen. Entre les adpatacions a la pressió hidrostàtica hi ha la bufeta natatòria que tenen molts peixos.

- **Factors no climàtics**. Factors que no influeixen en el clima

- **Salinitat**. És la concentració de sals minerals dissoltes
  - **Osmosi**: És un fenomen físic que es produeix quan dos dissolucions de diferent concentració estan separats per una membrana semipermeable.
  - **Poiquilosmòtics**: Si varia la salinitat del medi ambient, també varia la salinitat del seu medi intern, i superat l'interval de tolerània, moren. Com que aquest interval és estret, aquests organismes només poden viure en ambients de salinitat estable. S'anomenen organismes estenohalins. Les algues i la major part dels invertebrats són poiquilosmòtics, per tant estenhalins.

- **Homeosmòtics**: organismes que presenten adaptacions per regular la sal interna, algunes espècies homeosmòtiques són clarament eurihalines, és a dir suporten grans canvis de salinitat, per exemple l'anguila i el salmó.

2. Les relacions biòtiques

Són les relacions entre els individus de les diferents espècies que conviuen. Es classifiquen en :

- **Relacions intraespecífiques**: són les relacions biòtiques que s'estableixen entre els organismes de la mateixa espècie.
  - Classificació segons la durada:
    - Temporals
    - Perennes
  - Classificació segons el resultat de la relació:
    - Benefici **efecte grup***:* quan en una relació de molts individus es produeix un benefici.
    - Perjudici **efecte massa**: quan en una relació de molts individus es produeix un perjudici.
  - Tipus de relacions intraespecefiques:
    - Territorialitat
    - Associacions familiars
      - Família parental
      - Família matriarcal
      - Família matriarcal
      - Família filial
    - Associacions colonials
    - Associacions gregàries
    - Associacions estatals

- **Relacions interespecífiques:** són les relacions biòtiques que s'estableixen en una comunitat entre individus d'espècies diferents.

    - Tipus de relacions interespecífiques:

        - Competència interespecífica (-,-)
            - per interferència
            - per explotació
        - Depredació (Depredador: +; presa: -)
        - Parasitisme (Paràsit: +; hoste: -)
        - Explotació (+, -)
        - Comensalisme (comensal: +; hoste: 0)
        - Inquilinisme (Inquilí: +; hoste: 0)
        - Tanatocresi (+, 0)
        - Foresi (+, 0)
        - Mutualisme (+, +)
        - Simbiosi (+, +)
        - Antibiosi (0, -)

(+) Afaboreix a l'individu.
(-) Perjudica a l'individu.
(0) No afecta a l'individu.

3. Estudi de la biocenosi

Recordem que la biocenosi era el conjunt de totes les poblacions que habiten en un lloc determinat.

L'estudi d'una biocenosi es fa a partir d'unes mostres. La presa de mostres rep el nom de mostreig, és preferible prendre rèpliques.

Els paràmetres que s'utilitzen per estudiar la biocenosi són : la freqüència, la dominància, l'abundància, la densitat i la diversitat.

- **Freqüència.** La frqüència d'una espècie(F) és el percentatge de mostres en què s'ha recol·lectat.

$$F = \frac{Mn}{Mt} \times 100$$

Mn: mostres en què s'ha trobat l'espècie.

Mt: nº mostres totals.

- **Densitat.**És el nombre d'individus d'una espècie que hi ha per unitat de superfície o de volum.

$$D = \frac{n1}{S}$$

D: densitat

n1: nombre d'individus

S: superfície

- **Abundància.** Expressa la quantitat total d'indivus que hi ha d'una espècie. L'abundància A es calcula dividint el nombre total d'individus recol·lectats d'una espècie (n1) entre el nombre total de mostres preses (Mt)

$$A = \frac{n1}{Mt}$$

N1: individus d'una espècie recol·lectats.

Mt: nº total de mostres.

- **Dominància.** La dominància d'una espècie en la comunitat és la proporció entre el nombre d'individus recol·lectats d'aquella espècie (n1) i el nombre total d'individus recol·lectats (nt)

$$D = \frac{n1}{Nt}$$

D: dominància.

N1: nº d'individus d'una espècie.

Nt: nombre total d'individus.

- **Diversitat.** És podria dir que és la probabilitat que, en prendre una mostra a l'atzar d'una comunitat, cada individu sigui d'una espècie diferent.

La població i la dinàmica de poblacions

La població és el conjunt d'individus de la mateixa espècie que viuen en una àrea i en un període determinat.

Els paràmetres més utilitzats per a l'estudi de la dinàmica de les poblacions són:

Els que refereixen a la distribució en el temps:

- **Natalitat**
- **Mortalitat**
- **Migració**
- **Tipus de creixement**

Els que es refereixen a la distribució de l'espai:

- **Relacions intraespecífiques**
- **Tipus de dispersió de l'espècie**

- **La Natalitat.**És la relació entre el nombre de naixements i el col·lectiu inicial. Se sol per expressar com unitat de mesura **la taxa de natalitat instantània (b)** també anomenada taxa de reproducció, que és la relació entre el nombre de naixements per unitat de temps (dN/dt) i la població inicial N.

$$B = \frac{dN/dt}{N}$$

B: taxa de natalitat

dN/dt: nombre de naixements per unitat de temps.

N: nombre inicial d'individus.

  - **Natalitat màxima o teòrica** : Seria la ideal, quan no hi hagués factors limitadors.
  - **Natalitat ecològica o real**: Mesura la natalitat quan els individus estan sotmesos a factors ambientals limitadors.

- **Mortalitat.** És la relació entre els individus morts i el col·lectiu inicial. S'utilitza la taxa de mortalitat.

$$M = \frac{dM/dt}{N}$$

M: taxa de mortalitat

dM/dt: nombre d'individus que moren per unitat de temps.

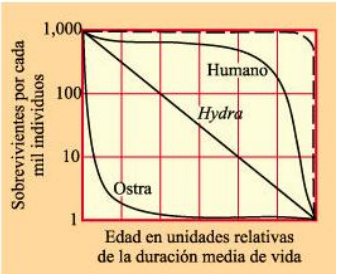
- **Mortalitat mínima o teòrica** : La que es produiria en condicions ideals.
- **Mortalitat ecològica o real**: És la condicionada dels factors ambientals.

Corbes de supervivència

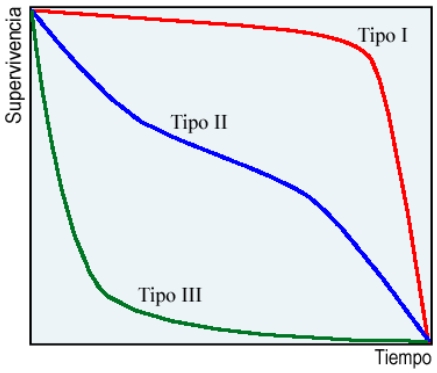
La supervivència és la probabilitat que tenen quan neixen els individus d'una pobleció d'arribar a una certa edat.

La probabilitat decreix dels valors 1, per als individus nascuts vius fins a fer-se 0 a l'edat màxima de l'espècie.

En general les corbes de supervivència s'ajusten més o menys a tres models:



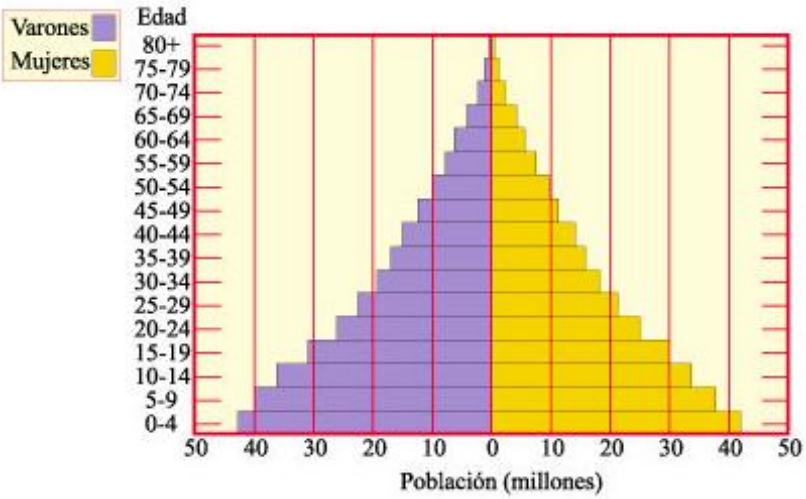
- **Model 1.** En algunes espècies com els humans els rotífers i les abelles, gairebé tots els individus que neixen arriben a adults. Aquests individus acabats de néixer tenen una esperança de vida alta. A una determinada edat, la taxa de mortalitat és molt elevada: en els humans és d'entre 80 i 85 anys. Es diu que els individus d'aquesta edat tenen una esperança de vida baixa. Les corbes d'aquest model són convexes i solen ser típiques dels estrategs de la k
- **Model 2.** En altres espècies com la gavina i el pit-roig la probabilitat de morir és gairebé la mateixa en qualsevol època de l'any.En aquest cas la corba té forma de diagonal descendent, amb forma sigmoide si el número d'individus que mor en cada tram és més o menys constant.
- **Model 3.**En aquest cas les espècies presenten una mortalitat infantil molt elevada, però en canvi els individus que superen aquesta etapa són longeus. Aquest és el cas de l'ostra.En aquest cas la corba té una forma còncava.Aquest tipus de model correspon als estrategs de la r



Distribució per edats de les poblacions

Bodelheimer va proposar diferenciar tres grups d'edats en la població: **el príode prereproductiu, el reproductiu i el postreproductiu**. Així doncs, una població en què predominen els individus prereproductius és una **població en desenvolupament,** mentre que s'hi predominen els postreproductius és **una població en regressió**.

Una manera de representar la distribució per edats són les piràmides d'edat, en les quals l'esglaó inicial representa els més joves, el superior els més grans. L'amplada de cadascun dels esglaons representa el seu número d'individus.



- **Immigració i l'emigració**
  - **Immigració:** és la relació entre l nombre d'individus procedents d'altres poblacions i el col·lectiu inicial.
  - **Emigració:** És la relació entre el nombre d'individus que abandonen la població inicial i aquest col·lectiu

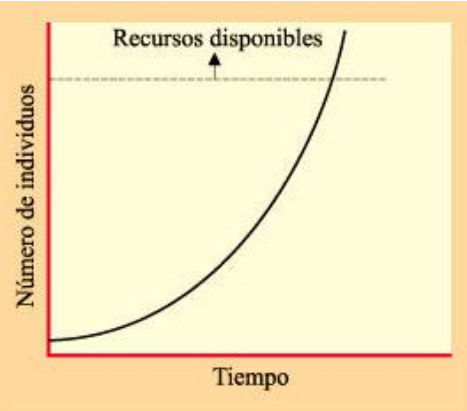
- **Creixement d'una població.** És la relació entre l'augment o la disminució del nombre d'individus i el col·lectiu inicial. Es pot expressar en percentatge, però és més practic utilitzar la taxa de creixement instantània (r), que és la relació entre el nombre d'individus en què augmenta o disminueix la població per unitat de temps dN/dt i el col·lectiu inicial (N).

La taxa de creixement

La taxa de creixement (r) depèn de les taxes de natalitat (b), mortalitat (m) immigració (i) i emigració (e), de manera que :

$$r = b - m + i - e$$

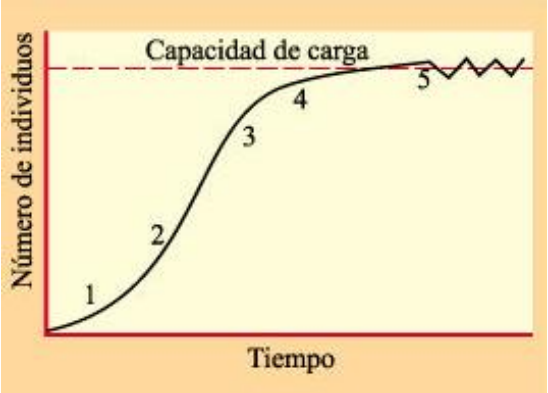
- **Creixement exponencial**.Sorgeix quan no hi ha factors que limitin el creixement. Hi apareixen les espècies pioneres. La seva representació gràfica fa una corba exponencial, també anomenada en J. En aquest tipus de creixement, les poblacions continuen augmentant geomètricament si r és manté constant i si l'ambient és il·limitat, és a dir, si no hi ha falta d'aliment ni d'espai. Les zones despoblades com poden ser una fondalada recentment plena d'aigua de pluja o una antiga zona boscosa enrecuperació després d'un incendi, etc, solen oferir possibilitats de creixement exponencial a les primeres espècies capaces de viure-hi, les anomenades **espècies pioneres.**



- **Creixement logístic.**El creixement logístic sorgeix quan sí que hi ha limitacions al creixement. Vegem per exemple el cas de la introducció d'ovelles a Austràlia. Al principi el creixement de la població mostrava una corvba en J, a causa de les pastures abundants. Però va a rribar el moment en què l'aliment va començar a escassejar perquè la població havia augmentat molt, i es va produir una competència intraespecífica. Com a conseqüència el grau de creixement va començar a disminuir i la

representació gràfica va passar de ser una corba en J a ser una corba sigmoide o logística també anomenada corba en S. Les poblacions després d'un creixement exponencial tendeixen a estabilitzar-se a la mida màxima que l'ambient pot sostenir (capacitat de càrrega). L'índex de creixement es redueix de mica en mica, fins a assolir un estat d'equilibri a llarg termini. En aquest equilibri l'índex de naixements s'aproxima a l'índex de mortalitat i així s'estabilitza el creixement de la població Crecimiento logístico.

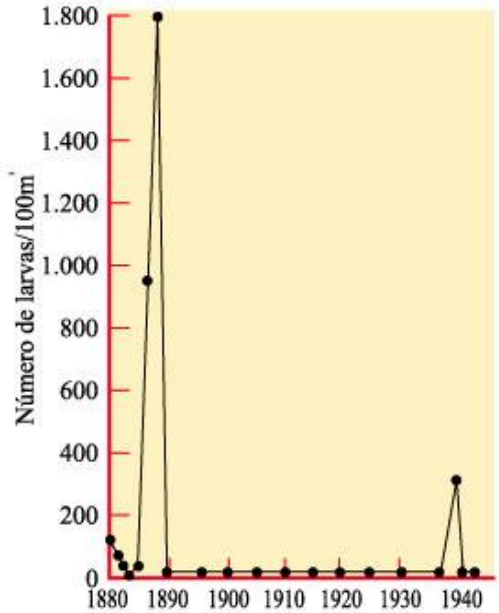
- S'anomena **capacitat de càrrega** d'un ecosistema la població màxima d'una espècie determinada que pot suportar un ecosistema i és diferent per a cada espècie i zona. S'estableix quan el número total de naixements i immigracions és igual a l numero de morts i emigracions, és a dir quan el potencial biòtic es manté en equilibri.



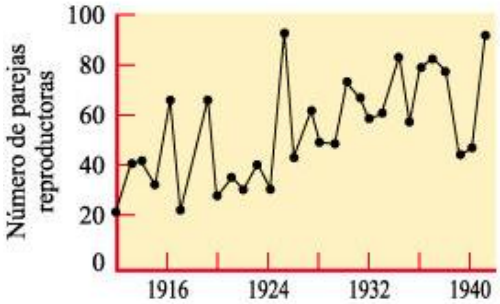
Tots els ecosistemes són limitats i, per tant, presenten una capacitat poblacional limitada. La màxima poblacional que pot contenir s'anomena K. A mesura que el nombre d'individus (N) es va apropant a K , augmenta la resistència ambiental al creixement, atès que cada cop l'espai vital està més disputat. Aquesta resistència ambiental s'expressa com un factor que multiplicaria r, i es calcula de la manera següent: (K-N)/ K. Aquest factor presenta valors propers a 1 quan la població (N) és petita, i propers a 0 quan la població (N) ha arribat al seu límit màxim, és a dir, quan N = K.

Estratègies de creixement:

- Estrategs de la **K**
  - Pocs descendents però que viuen molt de temps
  - Cicle vital llarg
  - Creixement lent
  - Produeixen sistemes per protegir-se
  - Mida gran
  - Tenen cura dels seus fills
- Estrategs de la **R**
  - Molts descendents
  - Cicle vital curt
  - Creixement ràpid
  - No utilitzen energia per produir esquelet
  - Mida petita
  - No tenen cura dels seus fills
  - Fluctuacions. Canvis d'individus d'una població



(a)



(b)

Tipus de fluctuacions :

- **Cícliques:** són les fluctuacions que es produeixen cada cert temps
- **Irregulars:** són atribuïbles a l'aleatorietat de les variacions dels factors ambientals (temperatura, humitat...)

El sistema depredador-presa és el cas que quan un augment de l'espècie presa afavoreix el creixement estacional de l'espècie depredadora que s'alimenta d'aquesta, i es fa tan nombrosa que produeix la disminució de l'espècie presa; quan aquesta disminueix falta d'aliment per a l'espècie depredadora , que, en disminuir, permet la recuperació de l'espècie presa i aixi indefinidament.

4. Dinàmica dels ecosistemes

El funcionament de tots els ecosistemes és semblant: Tots necessiten una font d'energia que passa a través dels diferents components de l'ecosistema i que és la responsable de mantenir la vida i de movilitzar l'aigua, els minerals i els altres components físics de l'ecosistema. La font primera i principal d'energia és el Sol.

En tots els ecosistemes existeix, a més a més, un moviment continu dels materials. Els diferents elements químics passen del sòl, de l'aigua i de l'aire als organismes, d'uns éssers vius a altres, fins que tornen al sòl o a l'aigua o a l'aire i tanquen el cicle.

En l'ecosistema la matèria es recicla **(és un cicle tancat**) i la energia passa, flueix, **(cicle obert**) tot generant-se organització en el sistema.

- **Nínxol ecològic i habitat.** El nínxol ecològic d'una espècie és el conjunt d'estratègies que realitza per nodrir-se, reproduir-se elacionar-se, és doncs com la funció, l'ofici, que fa una espècie a l'ecosistema. L'habitat és le conjnt de llocs, on a causa de les condicions físicoquímiques ambientals, viu o pot viure una espècie, és a dir els llocs on la poríem trobar.
- **Nivells tròfics, cadenes i xarxes tròfiques.** S'anomena nivell tròfic la forma en què un ésser viu obté la matèria i l'energia. Els **nivells tròfics** fonamentals són els següents:

    1. **Productors.** Són els organismes autòtrofs, els fotosintetitzadors fonamentalment. (també els quimiosintètics) Fan servir energia lumínica per sintetitzar matèria orgànica a partir de la matèria inorgànica del medi. Una part d'aquesta matèria orgànica, en forma de fulles, fruits, etc, l'aprofitaran altres organismes i, d'aquesta manera, l'energia passa als nivells superiors. En els ecosistemes marins, els productors estan constituïts per un conjunt de microorganismes fotosintètics que es mantenen en suspensió en els primers metres de profunditat i que reben el nom de **fitoplàncton.**

    2. **Consumidors.** Són organismes **heteròtrofs** que incorporen matèria i energia a partir de la matèria orgànica ja fabricada previament, directament o indirectament pels autòtrofs. En podem distingir:

- Consumidors primaris. Són els animals herbívors, que s'alimenten directament dels vegetals, amb el conseqüent aprofitament de l'energia química que hi ha emmagatzemada. en els medis marins el constitueix el **zooplàncton.**
- Consumidors secundaris. S'alimenten dels consumidors primaris, són els animals carnívors o depredadors

3. **Descomponedors o desintegradors. Sapròfits i detritívors**: obtenen la seva energia a partir de cadàvers, residus i excrements, i duen a terme el reciclatge al món mineral dels elements constitutius de la matèria orgànica. Als ecosistemes terrestres són principalment **fongs** i bacteris del sòl

4. **Transformadors:** duen a terme el reciclatge al món mineral dels elements constitutius de la matèria orgànica. Als ecosistemes terrestres són principalment fongs i bacteris del sòl. (descomposició de la lignina i la cel·lulosa de les plantes, bacteris desnitrificants, etc). Finalment altres bacteris transformen els compostos inorgànics anteriors en substàncies aprofitables pels productors.

A més d'aquests nivells tròfics, n'hi pot haver d'altres, per exemple, els **superdepredadors o depredadors de carnívors**, com ara l'aguila marcenca; els necròfags o carronayres, que són els animals que s'alimenten de cadàvers d'altres animals com els voltors, i els **detrívors o organismes que s'alimenten de fragments de les restes d'animals i plantes**, com ara els microartròpodes del sòl.

La diferencia entre **detrívors i descomponedors** és que els primers fan la digestió interna,i els segons l'externa. En resum, es pot parlar de consumidors terciaris, quaternaris, etc., i es pot parlar de la via de:

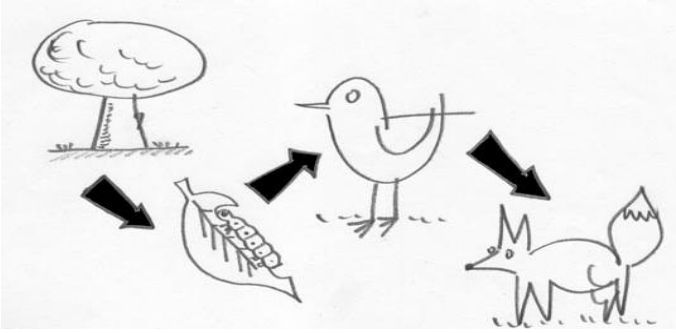
Necròfags → Detrívors → Descomponedors

Cadena alimentaría

És la seqüència d'organismes d'unn ecosistema, cadascun en un nivell tròfic diferent, que s'alimenten els uns dels altres.

Per exemple la següent:

Plantes → papalones →ocells → guineu



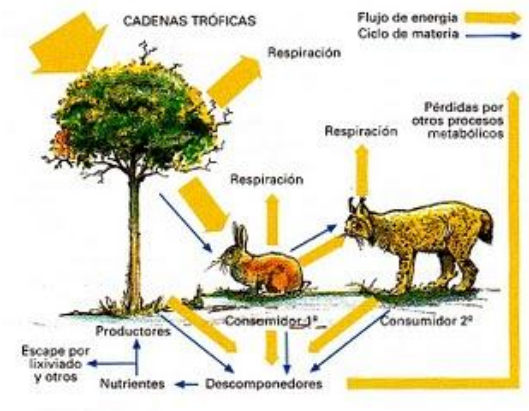
5. Xarxa tròfica

És el sistema format per dues o més cadenes alimentàries que estan interconectadse perquè tenen una o diverses balues comunes.

El flux d'energia als ecosistemes

La principal entrada d'energia a la biosfera és en forma d'**energia lumínica** captada pels organismes fotosintetitzadors (aquàtics i terrestres). En alguns ecosistemes molt localitzats com són els presents als afloraments d'aigües termals situats a les zones **afòtiques** de les dorsals oceàniques, a gran profunditat, l'energia prové de processos quimiosintètics produïts per bacteris. Amb excepció d'aquest cas, la vida depén de la llum. L'energia en els ecosistemes flueix en una sola direcció, des del Sol als descomponedors, passant per la resta de nivells tròfics (fotosintetitzadors, herbívors, carnívors), és a dir, presenta un **flux unidireccional.**

Per tant hem de recordar que a diferencia de la materia, l'energia no descriu un cicle en l'ecosistema , sinó que hi entra, el fa funcionar i després en surt la mateixa quantitat que havia entrat. És a dir l'energia seguéis un flux unidireccional. L'Energia no simplement " arriba" a la Terra, sinó que hi " passa" i hi manté la vida.



- Les plantes transformen l'energia lluminosa en energia química.
- Després aquestes molècules es combinen amb l'oxigen eb el procés de la respiració, o bé pateixen la fermentació i s'allibera energia, que , en part passa a formar ATP, i en part s'allibera en forma de calor, és a dir d'energia calorífiva.
- Quan l'ATP es descompon (ADP + Pi + E) per alliberra energia, també es produeix una pèrdua d'energia en forma de calor.

Així doncs, al final tota l'energia passa a energia calorífica, la qual passa a l'espai interplanetari**. És a dir, l'energia solar que arriba a la Terra manté l'ecosisitema en funcionament, i, després s'escapa en forma de calor.**

- **Intercanvis energètics en els ecosistemes. Principals processos biològics implicats.** Els éssers vius únicament aprofiten una petita fracció de l'energia radiant que arriba a la superfície del planeta, un 1% aproximadament. Aquesta energia és captada pels **organismes fotosintetitzadors** gràcies a la presencia de pigments que els permeten absorbir la llum i d'un complex aparell enzimàtic que els permeten transformar l'energia lumínica en energia química utilitzable per la cèl·lula (ATP). Amb aquesta energia química i amb la participació de molècules d'alt poder reductor (NADPH), els organismes fotosintètics poden fabricar matèria orgànica a partir de components inorgànics senzills (CO_2, H_2O, sals minerals). Aquest procés -anomenat **fotosíntesi**- té lloc a l'interior dels cloroplasts de les cèl·lules fotosintètiques.

$$6\ CO_2 + 6\ H_2O \xrightarrow[\text{clorofil·la}]{\text{energia lluminosa}} C_6H_{12}O_2 + 6O_2$$

Part de l'energia solar captada la fan servir ells mateixos per a sintetitzar matèria orgànica que originarà noves estructures i una altra part la dissipen durant la **respiració**, conjunt de reaccions oxidatives de la matèria orgànica amb les quals obtenen l'energia necessària per a realitzar les seues funcions vitals (moviment, transport actiu, reproducció, etc). Amb els **herbívors** passa el mateix, ja que consumeixen l'energia química emmagatzemada pels fotosintetitzadors en forma de matèria orgánica, però en dissipen una part en els processos vitals (respiració). El mateix podriem dir de la resta de nivells tròfics (carnívors i descomponedors).

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \text{ ---------- } 6\ CO_2 + 6\ H_2O + \text{energia}$$

- **Transferència de l'energia entre els diferents nivells tròfics.** Aquest flux energètic a través de l'ecosistema origina una **estratificació tròfica** i l'energia que conté la matèria orgànica passa d'un estrat a un estrat superior en un sentit únic. Cadascun d'aquests estrats rep el nom de **nivell tròfic**.

En una cadena tròfica o alimentària hi ha pèrdues d'energia cada vegada que hi ha una transferència d'energia d'un nivell a un altre, per la qual cosa, al final de la cadena, s'ha dissipat gairebé tota l'energia que havien captat els fotosintetitzadors inicialment. Aquesta és la causa de que l'energia que utilitza l'ecosistema no és renovable, com és el cas de la matèria (transformació de matèria inorgànica a orgànica a la fotosíntesi i d'orgànica a inorgánica.

Conceptes de biomassa i productivitat.

- **Biomassa.** La biomassa (B) d'un ecosistema és la massa del conjunt d'éssers vius que constitueix la biocenosi. És la quantitat en pes de matèria orgànica viva (fitomassa vegetal o zoomassa vegetal) o morta (necromassa) de qualsevol nivell tròfic o de qualsevol ecosistema. Es pot expressar com un volum o com un pes humit o sec (mg/m3, Kg/ha, etc), tot i que sovint pot ser expressada en unitats d'energia: un gram de matèria orgànica equival a 4 Kcal.
  Amb la reproducció i el creixement, els organismes incrementen la seua biomassa. La producció (P) és l'augment de biomassa per unitat de temps. Es mesura en mg /cm3/dia, Kg/ha/any o Kcal /ha/any. Ens proporciona la idea de la biomassa disponible per unitat de temps, que pot ser utilitzada pel nivell tròfic següent sense que perille l'estabilitat de l'ecosistema

Producció = Augment de la biomassa / temps

Com que tots els organismes consumeixen una part de la seva biomassa per obtenir energia necessària per créixer i reproduir-se, cal distinfgir entre **producció neta i producció bruta.**

La producció neta és la diferencia entre la producció bruta i la part consumida mitjançant la respiració o la fermentació. La producció neta dóna una idea de la massa que hi ha disponible, en una unitat de temps, per ser consumida pel nivell tròfic següente, sense que perilli l'estabilitat de l'ecosistema.

Segons el nivell tròfic que considerem tindrem:

- **Producció primària**. És l'augment de biomassa dels organismes productors per unitat de temps. Definim com producció primària bruta

(PPB) com la quantitat total de matèria que sintetitzen els productors (organismes autòtrofs fotosintètics i quimiosintètics) per unitat de temps. Si a aquesta PPB descomptem la biomassa consumida als processos catabòlics (respiració: R) ens queda l'anomenada la **producció primària neta** (PPN)

Producció Primària Neta = PPBruta - Respiració

- **Productivitat o taxa de renovació.** La productivitat és la relació entre la producciói la biomassa. Aquest valor és la velocitat de la renovació de la biomassa **(taxa de renovació),** és a dir , ls proporció de biomassa que es renova per unitta de temps. Per tant permet conèixer la proporció de biomassa que es pot retirar sense perill per a l'ecosistema, és a dir el grau d'explotació.

$$\text{Productivitat} = \frac{\text{Producció}}{\text{Biomassa}}$$

- **Temps de renovació.**És el temps que ha de transcòrrer perquè es renovi la biomassa, és a dir perquè la producció iguali la biomassa. S'obté dividint la biomassa entre la producció; per tant és el valor invers de la productivitat.

$$\text{Temps de renovació} = \frac{\text{Biomassa}}{\text{Producció}}$$

- **Eficiencia.** és la relació entre el que ha produït i el que hi ha entratat. Generalment s'expressa en percentatge.
  Hi ha moltes maneres d'expressar l'eficiència; per exemple, en les plantes, com la relació entre l'increment de biomassa corporal (producció neta), i l'energia lluminosa incident.

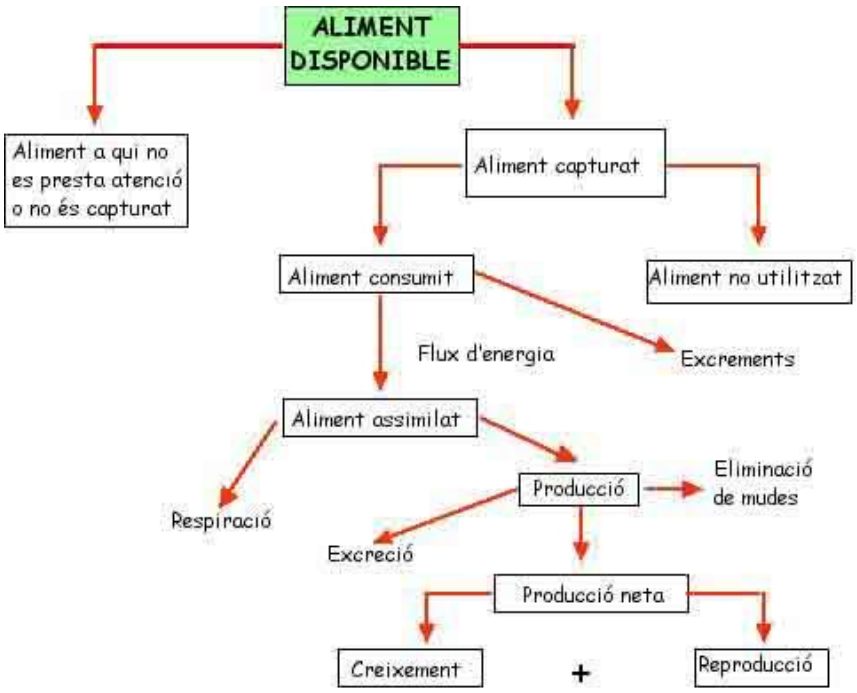
En els animals, la més objectiva és la relació entre l'increment de biomassa corporal producció neta) i la biomassa de l'aliment ingerit.

$$\text{Eficiencia en animals} = \frac{\text{Increment de biomassa corporal (PN)}}{\text{Biomassa d'aliment ingerit}} \times 100$$

- **Factors limitants de la producció primària**
  - **Llum**. En principi, segons augmenta la intensitat de la llum, augmenta la producció primària, encara que, per damunt d'una determinada intensitat ja no hi ha un increment de la producció.
  - **Aigua**. La mancança d'aigua en els vegetals terrestres pot impedir el procés fotosintètic, ja que per sota d'una determinada quantitat es tanquen els estomes i s'impedeix l'entrada de CO_2 i també perquè amb l'aigua penetren en la planta les sals minerals necessàries
  - **Nitrogen i fòsfor**
  - **Temperatura**. Un augment de temperatura provoca un augment de PPB, tot i que també augmenta la respiració, per la qual cosa, tal vegada no hi ha un augment de PPN
  - **Concentració de CO_2**. L'assimilació de CO_2 augmenta fins estabilitzar-se quan la concentració d'aquest gas assoleix una quantitat 4 vegades superior a la normal en l'aire. Altres plantes,però, anomenades C4, com la canya-mel, típiques de regions tropicals seques, poden fotosintetitzar a concentracions escasses de CO_2.

- **Producció secundària** (**PS**): representa la quantitat de biomassa que s'emmagatzema als nivells tròfics superiors (consumidors, descomponedors i transformadors).

  - La producció secundària bruta (**PSB**) és el percentatge d'aliment assimilat del total consumit.
  - La producció secundària neta (**PSN**) fa referència a l'energia (biomassa) que queda disponible per al nivell tròfic següent. Cal descomptar l'energia (biomassa) utilitzada pel creixement, excreció i reproducció, més l'energia dissipada en la respiració.



Així, per exemple, un esquirol s'alimenta de pinyons, que són l'energia bruta que introdueix en el seu sistema digestiu, però deixa com a residus tota la resta de la pinya (energia no utilitzada). Dels pinyons que ha menjat, part s'elimina en la femta i solament els nutrients digeribles passen a la sang per ser distribuïts entre les cèl·lules. D'aquesta energia part s'elimina en l'orina i solament la resta s'utilitza pel metabolisme. Part de l'energia metabòlica s'empra per mantenir els seu organisme viu i actiu i part (producció secundària neta) per creixer o reproduir-se.

La major part de l'energia absorbida s'utilitza en el manteniment o es perd a través de la femta. Solament una petita part esdevé producció secundària (augment de pes de l'animal o noves cries). Solament una fracció insignificant de l'energia posada en joc en la biosfera circula per les estructures més complexes de la vida, les dels animals superiors.

- **Producció neta de l'ecosistema** (PNE) : representa l'augment de biomassa final que s'acumula a l'ecosistema. És igual a l'energia fixada pels productors (PPB) menys la utilitzada en la respiració dels diferents nivells tròfics.

$$PNE = PPB - (Rp + Rc)$$

En un ecosistema en equilibri la PNE és igual o pròxima a 0, és a dir la biomassa produïda és igual a la destruïda. Als ecosistemes jòvens la PNE >1, és a dir, hi ha un increment de la biomassa de l'ecosistema; als ecosistemes degradats PNE<1.

Taula de producció de la biosfera:

Producción en la biosfera			
	Producción anual (entre bruta y neta) (gC/m^2)	Extensión (10^6 km^2)	Producción anual (10^6 ton C)
Bosques	400	41	16 400
Cultivos	350	15	5 250
Estepas y pastos	200	30	6 000
Desiertos	50	40	2 000
Rocas, hielos, ciudades	0	22	0
Tierras		148	29 650
Océanos	100	361	36 100
Aguas continentales	100	1.9	190
Aguas		362.9	36 290
Total			65

- **Concepte d'eficiència.** Com es pot apreciar, en el procés de producció secundària hi ha pèrdues de matèria i energia. Quant menors són aquestes pèrdues i major és l'aprofitament, es diu que augmenta l'eficiència de l'ecosistema. Podem definir-la com la relació existent entre el producte obtingut i els recursos utilitzats per a la seua obtenció. S'ha calculat que aquesta fracció és de mitjana d'un 10% (Regla del 10%)

Eficiència ecològica= (PN/PN del nivell anterior).100(%)

	Sol	Fixació plantes	Herbívor	Carnívor	Detritívor
Unitats d'energia	1000	10	1	0,1	0,005
Eficiència màxima aproximada		1 % (0,1 % - 1 %)	10 % (1 % - 16 %)	10 % (1 % - 24 %)	5 % (1 % - 8 %)

Regla del 10%

L'energia que passa d'una baula a una altra de la cadena tròfica és aproximadament el 10% de la que aquesta té acumulada. Aquesta regla explica el per què les cadenes tròfiques presenten un nonbre de baules limitat, tot i que aquest percentatge no és constant al llarg de tota la cadena sinó que augmenta en les últimes baules.

Des del punt de vista de l'aprofitament energètic, resulta més eficient una alimentació a partir del primer nivell (productors), ja que s'aprofita més l'energia i es podrà alimentar un nombre més gran d'individus

Productivitat

Productivitat = Producció/biomassa

La relació entre producció i biomassa rep el nom de productivitat. Per a entendre millor aquesta relació, la podem comparar amb els interessos i el capital de que disposem. La productivitat neta serveix per indicar la riquesa d'un ecosistema o nivell tròfic, ja que representa la velocitat amb que es renova la biomassa, per la qual cosa rep el nom de taxa de renovació (r) i es pot expressar com a r=Pn/B. Els seus valors se situen entre 0 i 1

S'anomena **temps de renovació** el període de temps que tarda a renovar-se la biomassa d'un nivell tròfic de l'ecosistema. Aquest concepte s'expressa mitjançant una relació inversa a l'anterior, B/Pn i es pot mesurar en hores, dies, anys, etc.

Exemple per comprendre la diferència entre producció i productivitat

	Biomassa (Kg / Ha)	**(B)**	**Producció**
Productors	FEBRER	AGOST	Kg/Ha/0,5 anys
Camp Conreu	1	5	5
Bosc	1000	1005	5

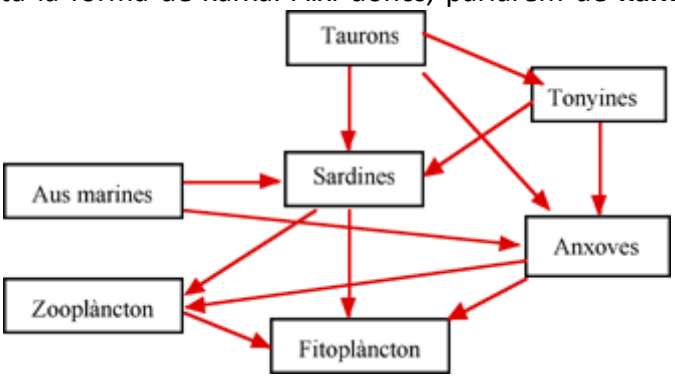
$$Conreu = \frac{\frac{5\ Kg}{Ha\ x\ 1/2\ any}}{5\ Kg/Ha} = 2\ any^{-1}$$

$$Bosc = \frac{\frac{5\ Kg}{Ha\ x\ 1/2\ any}}{1005\ Kg/Ha} = 0{,}01\ any^{-1}$$

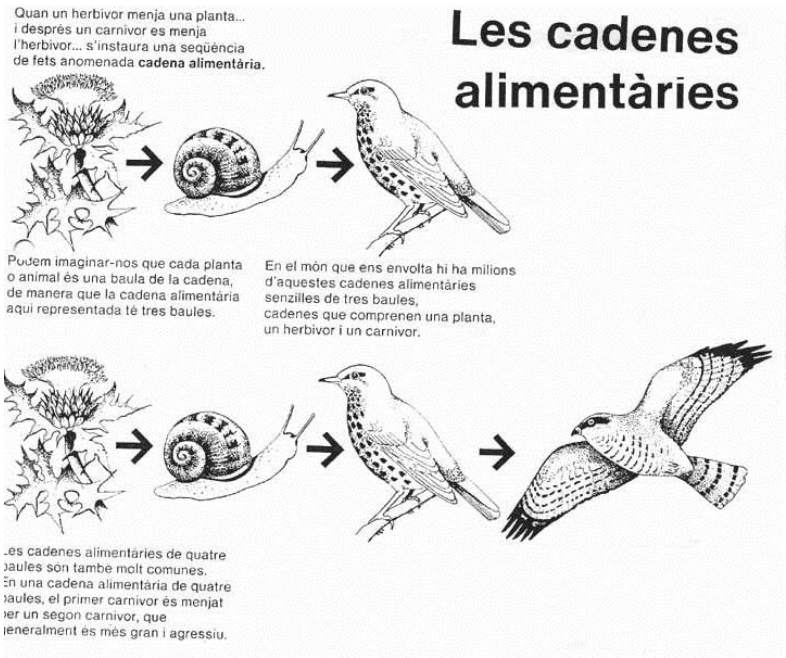
Transferències energètiques i pèrdues d'energia en els diferents nivells

6. Representació de l'estructura tròfica d'un ecosistema : Cadenes i xarxes tròfiques

En el funcionament dels ecosistemes naturals no hi ha cap desperdici: tot organisme és font potencial d'aliment per a un altre. Les diverses seqüències que es poden establir en un ecosistema entre organismes que s'alimenten els uns dels altres es coneixen amb el nom de **cadenes tròfiques**; totes les cadenes començen per un productor (fotosintètic o quimiosintètic). En realitat aquestes relacions no són tan senzilles, ja que a cada punt de la cadena tròfica, hi pot haver una bifurcació. La majoria dels consumidors s'alimenten de dos o més organismes i, al seu torn, serveixen d'aliment a altres consumidors, amb la qual cosa el conjunt d'interrelacions tròfiques es fa més i més complex i adopta la forma de xarxa. Així doncs, parlarem de **xarxes tròfiques o alimentàries.**



Una cadena no pot fer-se massa llarga, ja que l'ecosistema ocupa un espai limitat: si un herbívor necessita una determinada extenció de prat per mantenir-se, caldrà que el carnívor haja de caçar en un territori més ample i el supercarnívor hauria de tenir una extenció desproporcionada per a l'efectivitat dels seus medis de locomoció. A més en cada un dels nivells tròfics hi ha una pèrdua d'energia. Tot això fa que les cadenes tròfiques no consten de més de 4 o 5 baules.



En una xarxa o cadena alimentària, la relació normal entre una espècie que rep l'aliment i una altra és la de predador - presa, tot i que també hi tenen llocs altres tipus de relacions com el parasitisme, simbiosis,

Piràmides ecològiques

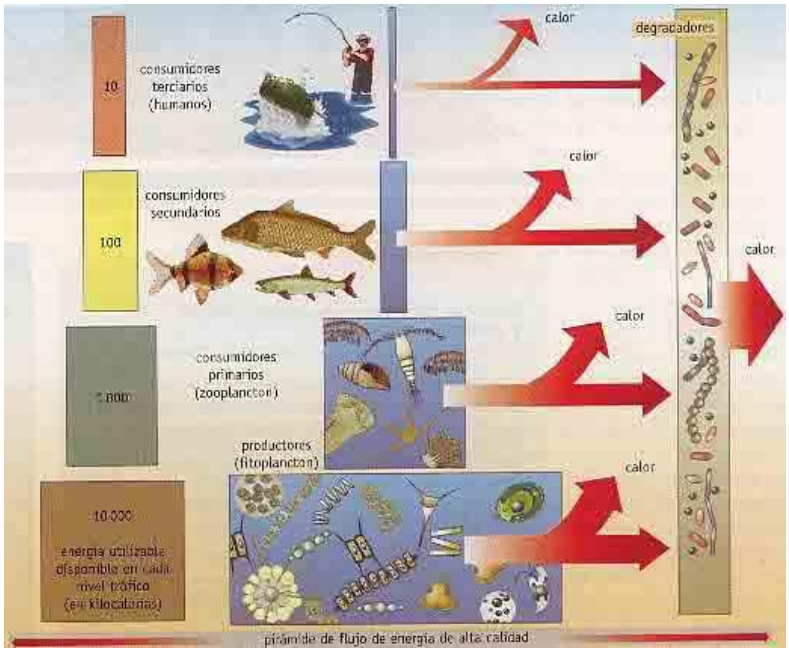
Si bé l'estudi de cadenes i xarxes tròfiques ens permet d'estudiar el funcionament de l'ecosistema, determinades representacions de les cadenes tròfiques, en forma de piràmides ens proporcionen una idea més completa d'aquest funcionament.

Ja sabem que únicament un 10% de l'energia passa d'un nivell tròfic al següent.

Si volem representar i comparar el diferents nivells tròfics d'un ecosistema apareixeran com una torre de pisos de magnitud decreixent, més o menys com una piràmide.

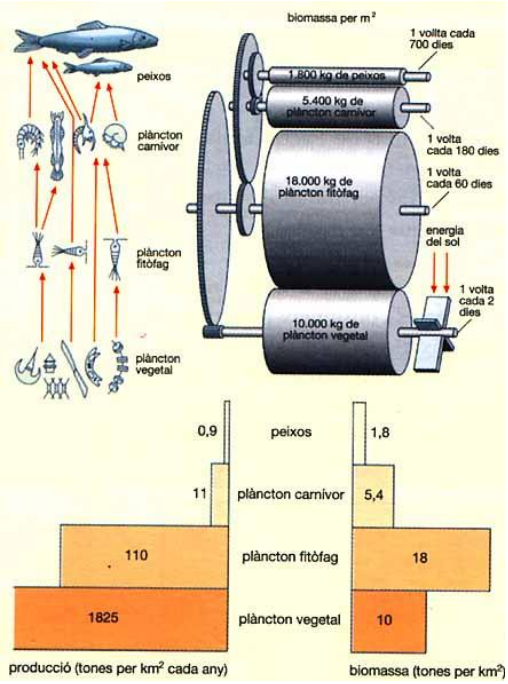
En aquestes piràmides ecològiques, l'àrea dels nivells representats és proporcional a la quantitat d'energia, biomassa o individus que contenen. La seva interpretació ens

permet de conéixer l'eficiència de cada nivell tròfic. L'energia acumulada pel nivell tròfic dels descomponedors i transformadors no apareix en les piràmides, perquè és difícilment quantificable, ja que es tracta d'organismes que no es veuen fàcilment i tenen un cicle reproductor molt ràpid.

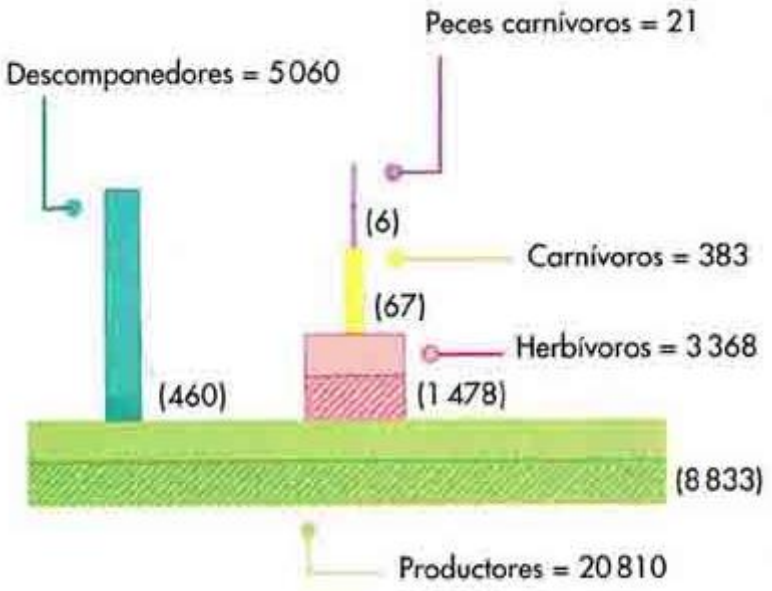


Hi ha tres tipus de piràmides:

- **Piràmides del nombre d'individus**. Són les menys representatives ja que no té en compte la biomassa de l'individu. Representen el nombre d'individus de cada nivell tròfic i sovint poden estar invertides, com és el cas d'un arbre que sustenta molts ocells, insectes, mamífers, etc.
- **Les piràmides de biomassa**.Representen la massa total dels éssers vius que hi ha en cada nivell. Ve expressada en unitats com Kg/Ha, g/m2, etc. Als ecosistemes terrestres el primer escaló és sempre més ample que els altres, però als ecosistemes marins ens trobem que l'amplada del primer nivell (el del fitoplàncton) és menor que la del segon (zooplàncton), piràmide de biomassa invertida. Si l'ecosistema es pot mantenir així és per què el fitoplàncton té una taxa de renovació molt elevada i encara que és majoritàriament consumit a la nit pels seus depredadors, durant el dia la població creix ràpidament i es recupera.
  Les piràmides de biomassa presenten limitacions, ja que es refereixen a la biomassa present en un determinat període de temps (biomassa actual) No dóna informació sobre la quantitat d'energia produïda al llarg del temps, ni de la velocitat amb què aquesta es produeix.



- **Piràmides d'energia o de producció.**Indiquen la quantitat d'energia que hi ha en un nivell tròfic i la que passa al nivell següent. Aporten, doncs, una idea més precisa dels intercanvis energètics en l'interior de l'ecosistema. Cada nivell tròfic es representa mitjançant un rectangle, l'amplada del qual és proporcional a la seua producció.
  Això representa l'energia que un nivell posa, en una unitat de temps, a disposició del nivell tròfic superior. Aquest tipus de piràmide no pot invertir-se en cap cas, ja que l'energia que posseeix un nivell que sustenta un altre és sempre major. Recordeu la regla del 10%.
  Es representen en Kj/m2/any o Kcal/m2/any.
  Cada nivell pot estar dividit en dos parts: una superior que representa l'equivalent energètic per unitat de temps (total) i una part inferior que representa l'energia fixada en forma de biomassa, descomptant l'energia gastada en els processos de respiració.



Relacions d'autoregulació en un ecosistema model senzill

Els diferents nivells tròfics que formen la cadena és troben ellaçats mitjançant bucles de retroalimentació negatius que proporcionen estabilitat al sistema. Si únicament hi hagués algues a l'aquari, aquestes creixerien en forma exponencial fins que algú dels nutrients començara a escassejar (**factor limitant**) i provocant, finalment la seva extinció. Els herbívors eviten aquesta situació, perquè regulen el creixement exponencial de les algues (ja que s'alimenten d'elles), i al mateix temps, enriqueixen amb nutrients el medi (excrements, cadàvers) realimentant positivament la població de l'alga a través d'un bucle d'alimentació positiva establert a través dels reductors (transformadors). Resulta fàcil deduir què passaria en afegir el nivell tròfic dels carnívors. La conclusió és que el nostre sistema es regula tot sol**. Generalment, els sistemes es regulen millor quan hi ha una àmplia gamma de relacions entre els components de la biocenosi (predació, parasitisme, simbiosi, competència, etc)**

L'ecosistema en el temps: Successió ecològica

Tot ecosistema, com qualsevol sistema dinàmic, va canviant amb el transcurs del temps.Definim successió ecològica com un conjunt de canvis seqüèncials, no cíclics, de durada variable que poden produir variacions profundes en les característiques de l'ecosistema original La successió ecològica manifesta la tendència a l'autoorganització que té tot ecosistema la qual és tan forta que acaba imposant-se sobre els canvis fortuïts. Exemples de successió és el que succeïx en un tronc mort en el que van substituint-se uns organismes a altres; o la colonització per multitud d'organismes de qualsevol objecte que queda submergit en el mar; o les distintes fases per què va passant un camp que deixa de ser cultivat; etc.

S'anomena **clímax** a l'ecosistema que es forma al final de la successió. La comunitat clímax, representa el grau de màxima maduresa d'equilibri amb el medi, on tendeixen tots els ecosistemes naturals. Rarament, s'arriba a la comunitat clímax, perquè hi ha moltes causes de retrocés en el procés de successió com a incendis, canvis climàtics, inundacions, sequeres, etc.; i, a major escala, glaciacions, volcans, deriva de les plaques, etc. Els ecosistemes, doncs, poden sofrir un procés invers a la successió per causes naturals (una erupció volcànica o un camvi climàtic) o provocades per l'home. Aquest procés de tornada cap arrere, rejoveniment o involució d'un ecosistema, és conegut pel nom de regressió. Mentre que la regressió és un canvi sobtat i molt concentrat en el temps, la regeneració, o sigui la successió ecològica, és un procés lent i que segueix una evolució comparable en els diferents ecosistemes. Afecta a tota la comunitat així com als paràmetres poblacionals i als fluxos d'energia i matèria del sistema. Hi ha ecosistemes que en les seues etapes finals es destruïxen, pràcticament, a si mateixos, així, per exemple, la garriga o el bosc d'eucaliptus semblen estar fets per a cremar-se. També en els llacs es va produint senescència i acaben desapareixent.

Hi ha dos tipus de successions:

- **Successió primària**: aquella que s'inicia en un àrea on abans no existia cap biocenosi; por exemple, zones de deltes que s'estan formant, zonas volcànicas d'origen recent, etc.

- **Succesió secundària.**Es desenvolupa en una zona on han existit comunitats sotmeses a un procés de regressió. El biotop havia estat ocupat anteriorment per una altra comunitat que va ser destruïda (foc, cultius, tales, etc); sempre queden però, llavors o formes de resistència que regeneren l'ecosistema. Per exemple, després d'un incendi, (veure més endavant) hi ha plantes adaptades a rebrollar gràcies a òrgans subterranis (espàrrecs, plantes bulboses) o aèris (surera, olivera), o bé a partir de llavors (pi). Hi apareixen plantes heliòfiles que es trobaven en estat de latència, com és el cas de molts geòfits, etc. El temps que passa des de l'establiment de les primeres espècies pioneres fins a arribar a la comunitat clímax és molt variable. En general, com més complex siga la comunitat clímax, més necessita per formar-se. Per exemple, un bosc boreal de coníferes pot tardar més de 100 anys en recuperar-se d'una tala, un bosc escleròfil mediterrani uns 300 i alguns boscos tropicals més encara. Un exemple del procés de successió secundària comença amb la podridura dels arbres caiguts pels escarabats, cucs i fongs. Aquest procés allibera nutrients que seran aprofitats per les arrels de les plantes que puguen germinar sota la llum intensa del Sol. A la fi del primer any, el sòl de la zona aclarida s'haurà cobert d'herba de, com a molt, un metre d'alçada. Poc a poc, els arbres sorgiran entre les herbes i, al cap de deu anys, la zona serà un impenetrable bosquet d'arbres petits, tots ells creixent rectes ben amunt, buscant la llum. Entre ells s'establirà una competència per la llum que farà que uns progressen i altres moren privats de la llum sota les capçades dels que creixen més de pressa. Amb els anys, uns pocs arbres hauran crescut molt i, en privar de la llum els altres, aquests moriran i, com a conseqüència, el terra de la selva esdevindrà relativament net: algunes lianes penjaran dels arbres gegantins, mentre que arran de terra algunes plantes adaptades a l'ombra sobreviuran en aquest bosc ombrívol.

Característiques de les succesions.

1. Les primeres espècies a aparèixer són les espècies oportunistes.
2. Les espècies oportunistes van sent substituïdes per espècies de l'estrategia de la K.
3. La productivitat, és a dir, el quocient producció / biomassa, es va reduint.
4. La diversitat va augmentant
5. El grau d'organització interna de l'ecosistema va augmentant
6. L'ecosistema es fa més estable

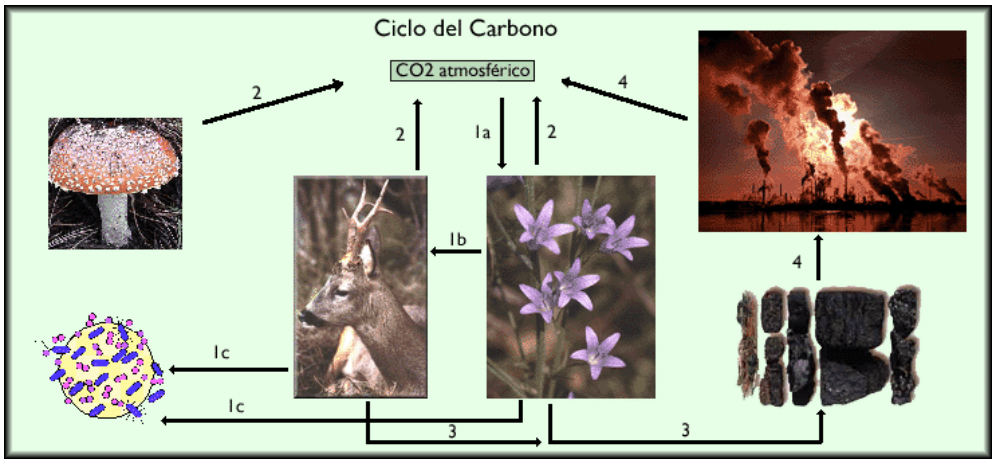
Regles generals en les successions.

- **La diversitat augmenta**. La comunitat clímax presenta una elevada diversitat que implica una existència d'un gran número d'espècies i l'aparició d'una estructura més complexa (estratificació espacial), així com l'augment de les relacions de parasitisme, comensalisme, simbiosi, etc
- **L'estabilitat augmenta**. Les relacions entre les espècies que integren la biocenosi són muy fortes, existint múltiples circuïts i realimentacions que contribuixen a l'estabilitat del sistema. Amb el temps el sistema es fa més eficient, reté el fòsfor i el nitrogen per evitar pèrdues de nutrients.
- **Canvi d'unes espècies per altres**. Les espècies pioneres o oportunistes colonitzen, de forma temporal, els territoris no explotats. Aquestes espècies són poc exigents, poc especialitzades i presenten gran facilitat de dispersió i ràpida multiplicació; després, a poc a poc, van apareixent espècies de creixement més lent, més exigents i especialitzades que formen biocenosis més organitzades. Es passa de forma gradual de les espècies r estrategues, adaptades a qualsevol ambient, a espècies k estrategues, més exigents i especialistes.
- **Augment en el nombre de nínxols**. Aquest increment és degut a la substitució d'espècies de l'estratègia r per espècies de l'estratègia k. El resultat final es una espècies per a cada nínxol i un augment, per tant, en el nombre total de nínxols.
- **Evolució dels paràmetres tròfics** :
    - A mesura que la successió avança augmenta la biomassa total (principalment les porcions menys "vives": fusta dels arbres, esquelets, etc)
    - Tendència cap a una estabilitat metabòlica: La fotosíntesi iguala a la respiració en les darreres fases, amb la qual cosa la producció neta és igual a zero.
    - També augmenta, encara que a menor ritme, la producció primària i disminueix la relació entre la producció primària i la biomassa total (és a dir, baixa la productivitat i es retarda la tasa de renovació del conjunt de l'ecosistema).

- El trajecte de l'energia des del lloc de producció primària fins el final de les cadenes alimentàries s'allarga i s'alenteix: augmenta el nombre de nivells tròfics.

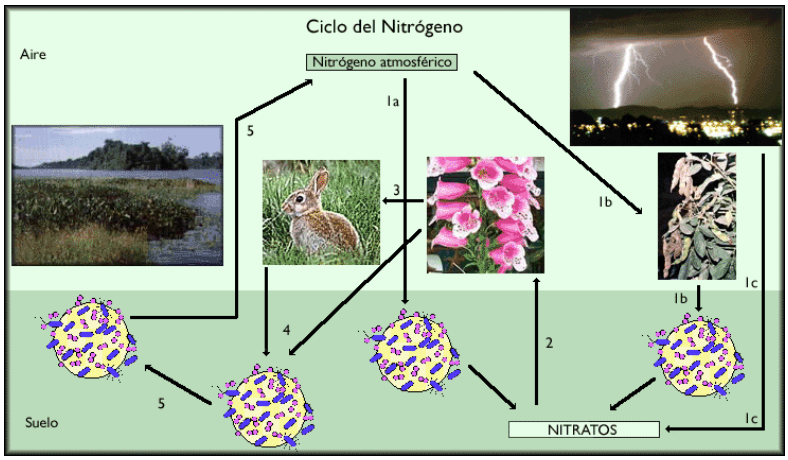
Cicles biogeoquímics

- **Cicle del carboni**. Els productors capten el carboni en forma de diòxid de carboni i l'incorporen a la seva biomassa com a matèria orgànica, generalment com a glúcid, per mitjà de la fotosíntesi. Els consumidors incorporen el carboni quan s'alimenten dels productors, i els descomponedors l'incorporen quan metabolitzen les restes vegetals, els cadàvers i els productes de rebuig dels animals.

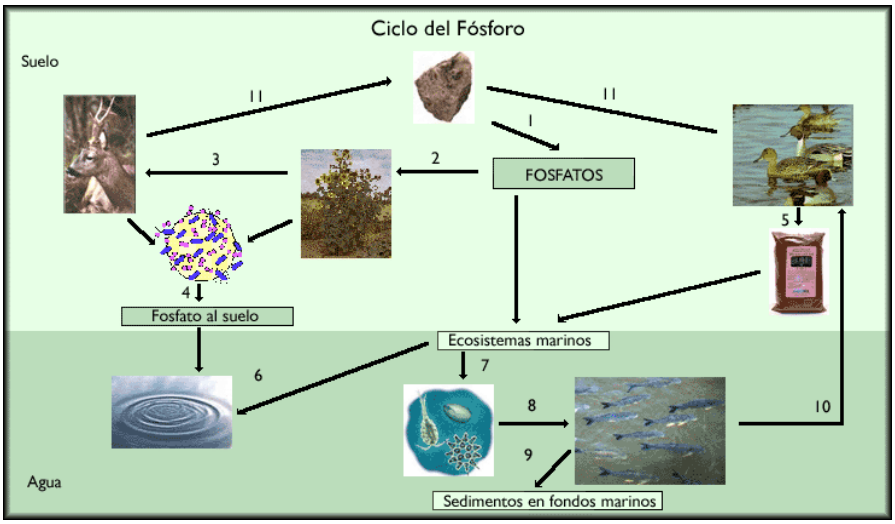


- **Cicle del nitrogen.**L'acció dels descomponedors sobre les restes de vegetals i animals, sobre les defecacions i sobre els productes d'excreció, transforma els grups amino de les proteïnes en amoníac, i amb aquest s'enriqueix el sól. Aquest procés s'anomena amonificació.

  - **Nitrificació**. L'amoníac que arriba al sól passa ràpidament a ió nitrat per l'acció quimiosintètica d'alguns bacteris.
  - **Desnitrificació**. És la transformació del nitrat en nitrit, i d'aquest en nitrogen, que passa a l'aire.



- **Cicle del fósfor.**El fósfor es troba a l'escorça terrestre, principalment en forma del mineral apatita, que, juntament amb altres minerals, constitueix la roca fosforita. Per l'efecte de la motorització química es transforma en ió fosfat, que és transportat en dissolució per l'aigua. Una part precipita al sól, en forma de fosfat càlcic; una altra part és absorbida per les arrels de les plantes.



- **Cicle del sofre**.El sobre es troba com a sulfat al sól; com a àcid sulfhídric a les aigües pantanoses d'alt contingut orgànic, i com a diòxid de sofre a l'atmosfera. Les plantes absorbeixen el sofre en forma de ió sulfat.