

La teoria de sistemes

Podem considerar un sistema com un conjunt d'elements organitzats que interaccionen entre ells segons una llei (o un procés). Per exemple, el conjunt de peces que fan moure un cotxe forma un sistema.



Totes les parts d'un cotxe

Encara que no totes les peces són imprescindibles perquè el cotxe es mogui, algunes només són decoratives, la majoria de les peces són els elements sense els quals el vehicle no funcionaria. En aquest



sistema, el cotxe, hi entra el carburant i aire, en surten gasos i es produeix l'energia mecànica que fa moure el cotxe.

Podem considerar un sistema de manera global, com l'exemple del vehicle, o bé estudiant els elements que el formen, que a la vegada podem subdividir en altres sistemes menors.

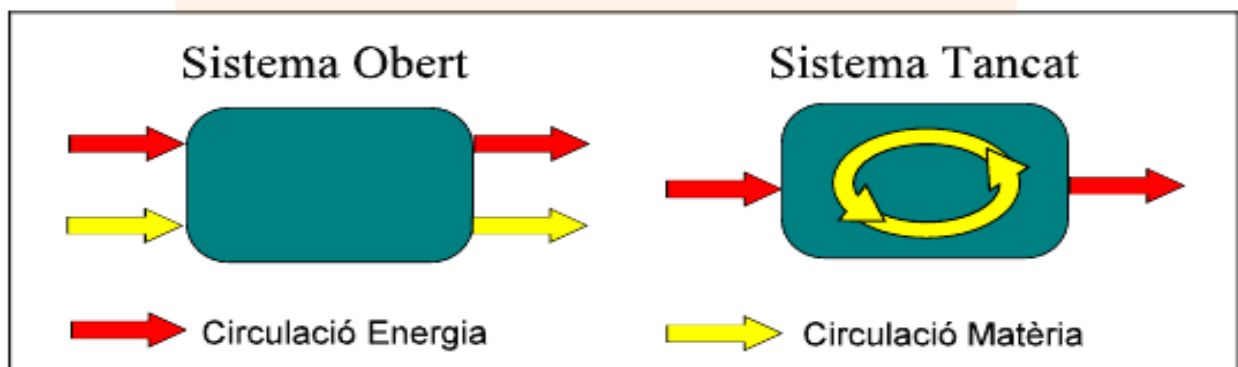
Exemples de sistemes són la cèl·lula, un bosc, una família o el mateix institut. En aquesta assignatura estudiarem el planeta Terra com un sistema i estudiarem amb una mica de detall els diferents subsistemes que la formen, que són les diferents capes o cobertes: atmosfera, hidrosfera, geosfera, pedosfera,... i veurem que qualsevol canvi en un dels seus subsistemes pot estendre's pel conjunt de la Terra en una densa xarxa d'interrelacions. Coneixent a fons les causes del canvi, analitzant-ne els orígens, quantificant-ne els efectes, podrem formular propostes de millora o per anular accions perjudicials pel medi ambient. També podem observar i estudiar els sistemes considerant només els fluxos de matèria, energia o informació que hi entren i en surten.

Un altre exemple molt interessant d'un sistema és **el cos humà**, que també està format per un conjunt de subsistemes: aparell digestiu, circulatori, nerviós, locomotor, etc. En aquesta matèria no estudiarem aquest sistema.

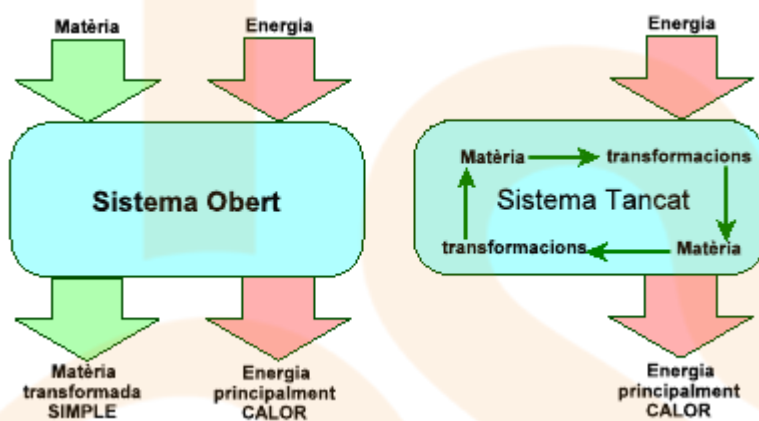
Sistemes oberts i tancats: Com hem dit, els sistemes es poden estudiar i classificar des d'un punt de vista termodinàmic, és a dir, respecte al seu intercanvi de matèria i energia, en sistemes oberts i sistemes tancats.

Sistemes oberts: Es caracteritzen perquè poden intercanviar matèria i energia amb el seu entorn. Per exemple, en una ciutat entra i surt energia; a més, entra matèria i surten productes manufacturats i residus. Als sistemes oberts pertanyen els éssers vius, els ecosistemes, el planeta Terra, etc. L'aportament d'energia externa manté el sistema en ordre.

Sistemes tancats: Són aquells que no poden intercanviar matèria amb el seu entorn, però sí energia. En aquests es compleix la llei de conservació de l'energia i en ells existeix la possibilitat de transformació de la matèria dins del sistema per reacció química. Els cicles biogeoquímics i els cicles de l'aigua són sistemes tancats. Amb certes limitacions, podem considerar el planeta Terra com a un sistema tancat.



En realitat, la immensa majoria dels sistemes són oberts. Tanmateix els podem considerar com tancats o aïllats per facilitar el seu estudi. Per exemple, es diu que els ecosistemes són sistemes oberts per a l'energia i tancats per a la matèria, la qual es recicla dins de l'ecosistema, és a dir, es considera un sistema tancat. En realitat, si que hi ha un intercanvi de matèria entre l'ecosistema i l'entorn (altres ecosistemes) fins i tot, si prenem la [biosfera](#) com a ecosistema també hi ha entrada (encara que menyspreable respecte a la massa de la Terra) de meteorits i alguns gasos atmosfèrics.



Propietats d'un sistema

Les propietats d'un sistema són:

1. Tots els sistemes estan formats per elements.
2. Cada element té una funció dins el sistema.
3. Quan un element canvia afecta la resta d'elements, i per tant, afecta el sistema.
4. En tot sistema existeixen mecanismes autoregulators, o de resposta als canvis. El sistema tendeix a buscar l'equilibri (dins d'uns límits).
5. Un sistema té propietats emergents: són les propietats que resulten de la connexió adequada dels elements, que no deriven tan sols de la suma de les propietats de cada element.

Exemples:

La propietat emergent d'un rellotge és que ens diu l'hora. La propietat emergent d'un vehicle és el seu desplaçament gràcies a la l'acció coordinada de nombrosos elements com motor, rodes, volant, ...

Regulació dels sistemes: relacions causals

Els elements d'un sistema que, com hem dit, poden canviar en funció d'altres elements, s'anomenen variables. Les variables d'un sistema són elements que es podem mesurar i d'aquesta manera tenim informació quantitativa; per exemple, la pluja la podem mesurar en litres caiguts per cada metre quadrat: l/m².

Les relacions entre els valors d'aquestes variables es poden representar mitjançant fletxes i es poden representar mitjançant els anomenats diagrames causa-efecte; per exemple, si considerem la relació entre la pluja i l'aigua que baixa pels rius, sabem que si plou molt, els rius portaran més aigua, el diagrama o dibuix seria el següent:



En canvi, si les precipitacions són escasses, baixa el nivell de l'aigua en els rius, el diagrama seria així:

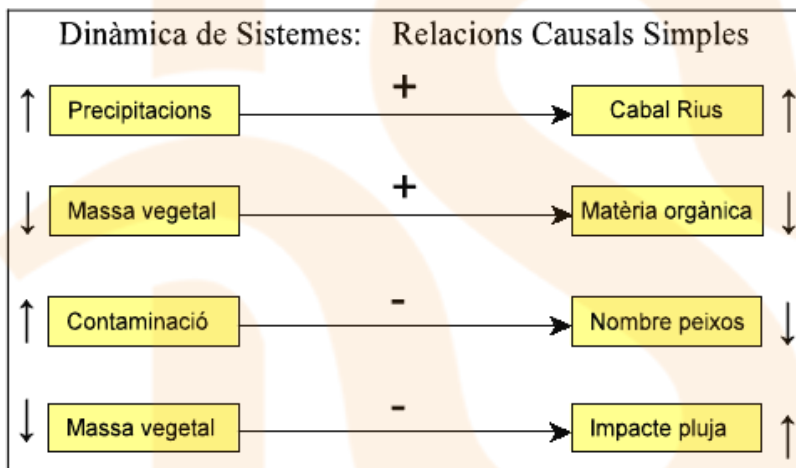


Les relacions entre les variables d'un sistema poden ser bàsicament de dos tipus:

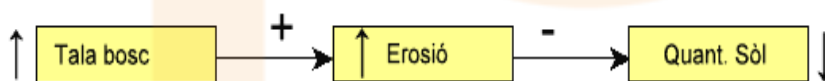
- **Relacions simples.**
- **Relacions compostes** (o complexes).

Les relacions simples es donen quan es relacionen dues variables. S'anomenen **positives** si l'increment d'una variable fa que s'incrementi l'altra o bé la disminució d'una variable provoca la disminució de l'altra (és a dir són directament proporcionals). En aquest cas, es posa el signe **+** damunt de la fletxa que relaciona a les dues variables. S'anomenen **negatives** si l'increment d'una variable causa la disminució de l'altra o a la inversa (són inversament proporcionals). En aquest cas, es posa el signe **-** damunt de la fletxa que relaciona a les dues variables.

Exemples de relacions simples:



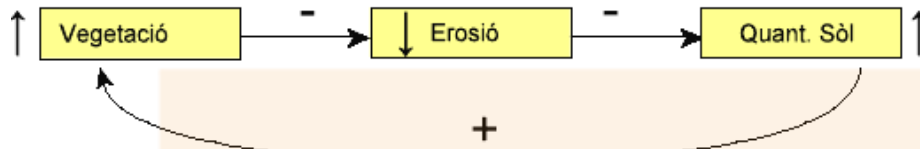
S'anomenen **encadenades** si es relacionen més de dues variables i sense que la última es relacioni amb la primera:



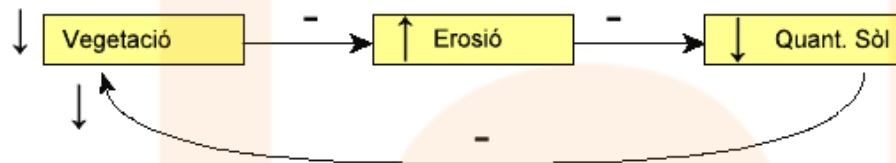
Les **relacions compostes** es donen quan dues o més variables es relacionen de manera que la última connecta amb la primera. El fet que la última variable afecti la primera s'anomena **realimentació** o **bucle de realimentació** (en alguns llibres es fa servir la paraula anglesa *feedback*).

En són exemples:

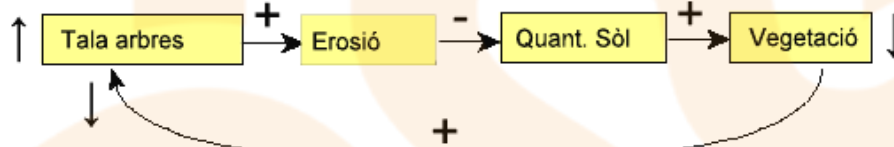
Retroacció Positiva:



Retroacció Positiva: Disminució incontrolada d'un paràmetre



Retroacció Negativa: Autorregulació



Finalment, hem de tenir en compte que cal aplicar el criteri matemàtic de la suma de signes, és a dir, quan els signes són iguals, cal posar un signe positiu i quan són diferents, un de negatiu:

$$+ (+) = + \qquad - (-) = + \qquad + (-) = -$$

Un exemple de regulació d'un sistema: el gel de l'Oceà Àrtic



Aquest estiu el desgel a l'[oceà Àrtic](#) està sent vertiginós. I bat rècords. És el mes d'agost amb menys superfície de gel registrada des que van arrencar els mesuraments per satèl·lit, el 1979. Aquestes primeres setmanes d'agost, el ritme de desglaç a l'oceà Àrtic és tan pronunciat que l'extensió glaçada està a punt de situar-se per sota del rècord de superfície mínima assolit el setembre de l'any 2007. Si tot el procés de fosa del gel a l'Àrtic d'aquest estiu s'acabés avui mateix, "seríem davant la tercera extensió de gel marí més baixa des que es van fer els registres", explica per correu electrònic Mark Serreze, director del Centre Nacional de Dades de Neu i Gel, de la Universitat de Colorado (Boulder, EUA).

"De tota manera -diu Mark Serreze-, encara queden dues setmanes de la temporada de desglaç, de manera que l'extensió continuarà caient. Si no s'estableix un nou rècord, se situarà molt a prop", pronostica l'expert. Tot depèn dels patrons de clima que es donin en les properes setmanes. La superfície del gel a l'oceà Àrtic era, el 13 d'agost, de 5,09 milions de km². És a dir, 2,69 milions de km² per sota de l'extensió mitjana en el període 1979-2000 (una superfície equivalent a cinc vegades Espanya, cosa que il·lustra la pèrdua que s'ha produït). Aquesta minva suposa una retallada de 483.000 km² per sota del rècord anterior en aquestes dates, que és del mes de setembre del 2007.

La reducció de la capa glaçada per al conjunt de l'Àrtic es deu, sobretot, a l'extensió que han anat guanyant les aigües obertes al mar de Beaufort -a l'est d'Alaska- i el mar de Sibèria Oriental. El desglaç avança a un ritme trepidant. La mitjana de la pèrdua de gel des de finals de juny ha estat de 100.000 km² al dia, tot i que la velocitat es va duplicar alguns dies a principi d'agost. I quina n'és la causa? "Em sembla que estem veient els efectes de tenir una gran quantitat de gel fi a la primavera. Com més prima sigui la capa a la primavera, més fàcil serà que el gel es fongui a l'estiu", afegeix Serreze.

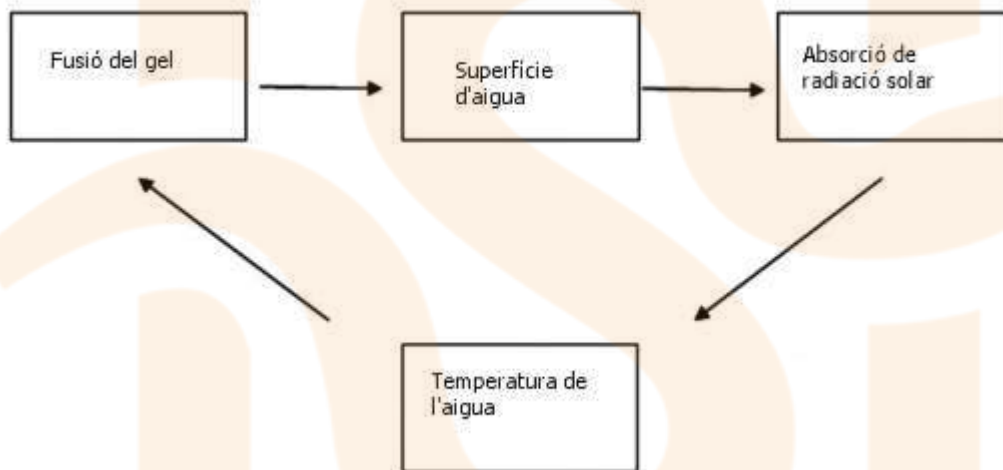
Les condicions meteorològiques de l'estiu del 2012 s'han caracteritzat per la variabilitat, de manera que els desglaços no es poden atribuir a un patró meteorològic més o menys clar, com va passar l'any 2007. "L'any 2007 (l'any del rècord) els patrons climàtics van ser molt favorables perquè la banquisa es fongués, però aquest estiu, en canvi, les pautes climàtiques no han estat tan favorables", diu Serreze, que exposa la convicció que el que ha passat és conseqüència d'un gel molt prim la primavera passada. "La causa directa de la disminució del gel marí àrtic és l'escalfament global que provoca l'increment dels gasos d'efecte hivernacle.

Tret d'això, les condicions meteorològiques concretes d'enguany no han presentat cap patró clar", opina Manola Brunet, climatòloga i directora del Centre per al Canvi Climàtic de la Universitat Rovira i Virgili de Tarragona. Els treballs de Brunet s'han tingut en compte per elaborar els estudis del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic de l'ONU. La temperatura de l'aire a poc menys de 1.000 metres d'altitud per sobre de l'oceà ha estat d'entre 1 i 3 graus centígrads per damunt de la mitjana (durant el període 1981-2012) al centre de Groenlàndia, al nord del Canadà i al nord d'Alaska, ja a l'oceà Àrtic central. En canvi, unes condicions més fredes que la mitjana (d'un a dos graus centígrads) es van observar en una petita regió de l'est de Sibèria que assolia la regió del mar Oriental de Sibèria. Les àrees marines amb nivells de gel més o menys normals (període 1979-2000) només es concentren a la costa nord-est de Groenlàndia.

A més a més, el pas del Nord-oest, a través dels estrets de l'arxipèlag Àrtic canadenc (que s'obren cap al mar de Beaufort) continuen estant parcialment bloquejats. Mentrestant, el gel proper a la costa de l'est de Sibèria continua bloquejant el pas del Nord-est (la ruta del mar del Nord), malgrat que tot indica que aviat serà navegable. "L'extensió

mínima del gel marí es produeix normalment pels volts del 10 de setembre, però pot variar fins a dues setmanes", recorda Serreze. "Un nou rècord diari arribaria a finals d'agost", va pronosticar Ted Scambos, científic del mateix centre d'estudis de Colorado. Aquest estiu, la reducció del gel podria arribar a menys de 4 milions de km², va dir Scambos. L'extensió i l'espessor dels gels s'avaluen amb satèl·lit i missions amb aeronaus. L'operatiu [IceBridge de la NASA](#) consisteix en una sèrie de vols que recullen informació sobre l'espessor del gel utilitzant altímetres molt precisos. A més a més, Europa té el satèl·lit Cryosat-2, que recull dades sobre el gruix dels gels a partir d'un radioaltímetre.

La situació explicada en aquest text es pot representar en un diagrama com aquest:



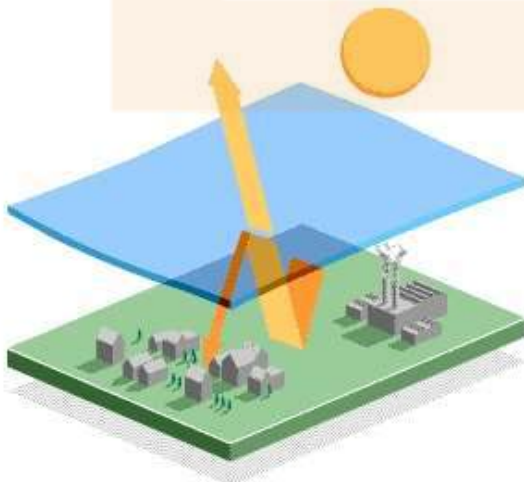
La Terra com a sistema



La Terra

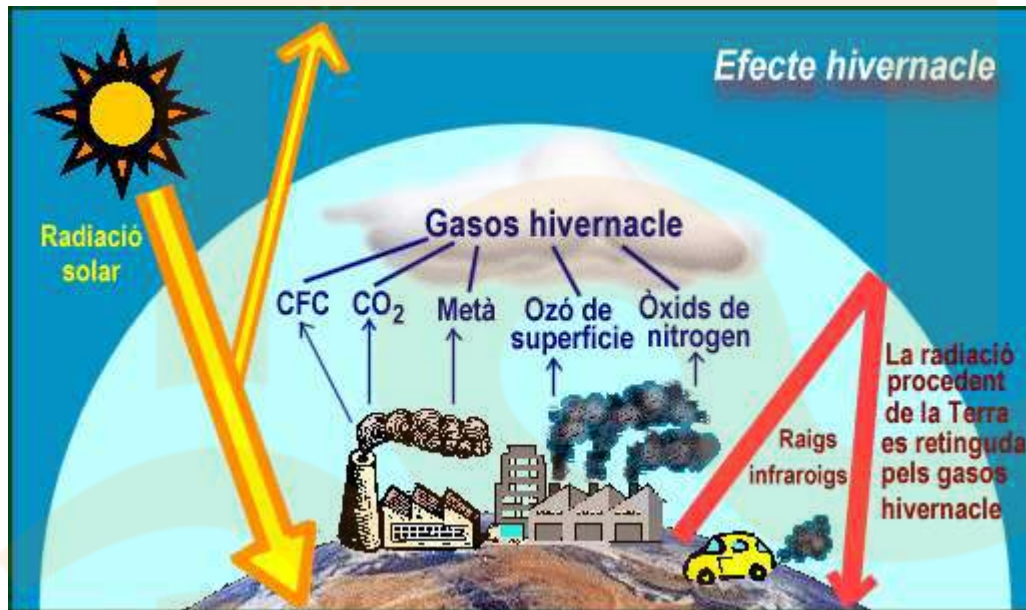
Podem considerar a la Terra com un **sistema tancat**, en que no hi ha ni entrada ni sortida de matèria (excepte els meteorits). però sí d'energia. L'energia procedent del Sol és en part reflectida i en part absorbida pel sistema terrestre; una gran part de l'energia que ens arriba del Sol torna a escapar-se, es perd en forma de calor, ja que, si no, la Terra s'escalfaria, és l'anomenat **efecte albedo**.

L'**albedo** és el percentatge de radiació que és reflectida per la Terra respecte de la radiació total procedent del Sol. Aquest albedo és major en superfícies de color clar, com és el cas de la sorra, els núvols de pols, la neu o el gel. Així, per exemple, si augmenta la superfície de gel del planeta, augmenta l'efecte albedo, arriba menys radiació solar a la superfície, disminueix la temperatura i, per tant, augmentarà l'extensió de gel.



Aquest bucle de realimentació positiva accelera l'efecte de les glaciacions, quan aquestes es presenten. Si, en canvi, disminueix la superfície de gel del planeta, disminueix l'efecte albedo i el planeta s'escalfa.

Els núvols per la seva part generen una doble acció. Per una banda, incrementen l'albedo i, per altra banda, retornen a la superfície terrestre radiació infraroja, incrementant l'anomenat efecte hivernacle.



A l'atmosfera que embolcalla el nostre planeta, hi ha una sèrie de gasos (sobretot el vapor d'aigua i el diòxid de carboni) que tenen un efecte d'hivernacle, és a dir, absorbeixen i reenvien la radiació infraroja. D'aquesta manera, impedeixen que part d'aquesta radiació escapi de la terra i contribueixen a que la temperatura mitjana de l'aire superficial del planeta sigui d'uns 15°C, una temperatura apta per a la vida. L'efecte d'hivernacle és, per tant, un fenomen natural de l'atmosfera. El problema actual és que la quantitat d'aquests gasos naturals amb efecte d'hivernacle a l'atmosfera ha augmentat i que s'hi han abocat, a més, gasos amb efecte d'hivernacle no presents de forma natural a l'atmosfera. Aquest canvi posa en perill la composició, la capacitat de recuperació i la productivitat dels ecosistemes naturals i el mateix desenvolupament econòmic i social, la salut i el benestar de la humanitat.

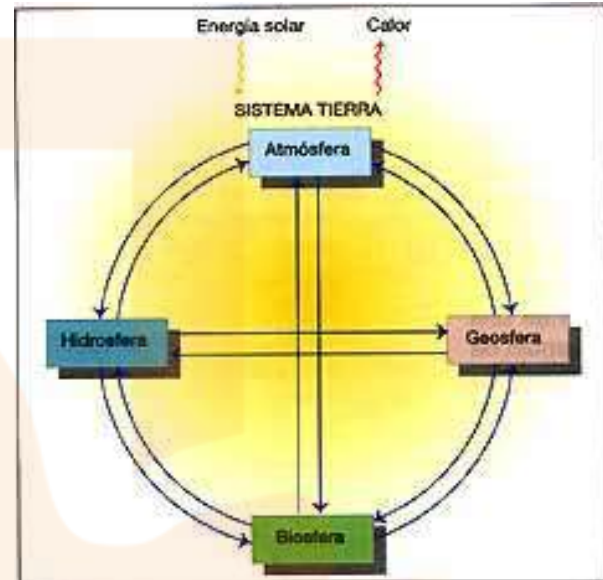
Per altre part, es perd una part molt petita de calor a causa de la geodinàmica interna (volcans, terratrèmols, ...). L'energia absorbida genera tota la dinàmica externa, és a dir, l'activitat dels rius, dels mars, de la atmosfera, dels éssers vius, etc.

Els principals subsistemes en que podem dividir la Terra són els

següents:

- **Geosfera:** són les terres, les roques i els minerals que formen la Terra.
- **Pedósfera:** inclou tots els sòls de la Terra.
- **Biosfera:** Inclou tots els éssers vius de la Terra.
- **Atmosfera:** conjunt de gasos que envolten al planeta.
- **Hidrosfera:** tota l'aigua del planeta.

La matèria i l'energia circulen a la Terra entre els diferents subsistemes esmentats, com veurem a continuació amb els exemples del cicle de les roques i el cicle del Carboni (parlem de cicle perquè, com ja hem dit la circulació de la matèria és tancada) i la circulació de l'energia a través dels subsistemes terrestres.



L'ésser humà i el medi

Recursos

Un **recurs** és un bé natural que pot tenir algun interès per a l'ésser humà. Aquest interès no ha pas de ser sempre de tipus econòmic, ja que es pot considerar, per exemple, com a recurs la flora i la fauna d'un ecosistema, o un paisatge, sense pensar només en interès turístic. Els recursos poden classificar-se en:

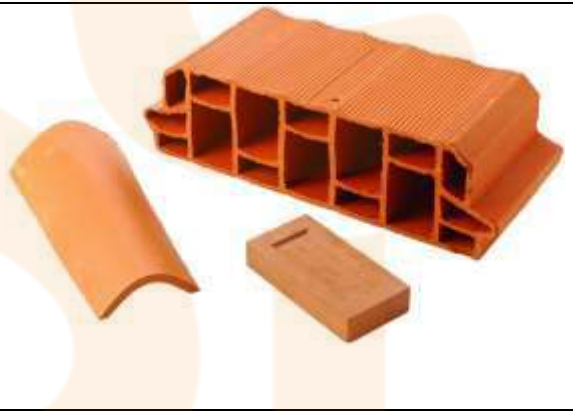
- **Renovables:** aquell recurs que es renova a una velocitat tal que la demanda sempre és menor que la seva disponibilitat, o que la seva disponibilitat és tan gran que és impossible esgotar-la.
- **No renovables:** aquell recurs que es renova a una velocitat menor que la seva demanda.

Els recursos també es poden dividir en:

- **Recursos energètics**, aquells dels quals s'aprofita l'energia. Els principals són els combustibles fòssils, els minerals radioactius i l'energia geotèrmica (geosfera); l'energia hidràulica fluvial, la mareomotriu i la de les ones (hidrosfera); i l'energia solar i eòlica (atmosfera). A la seva vegada, els recursos energètics poden ser:
 - **Energies convencionals**, comprenen els combustibles fòssils, els minerals radioactius i l'energia hidràulica

fluvial representen actualment les principals fonts energètiques i ocasionen certs impactes en el medi.

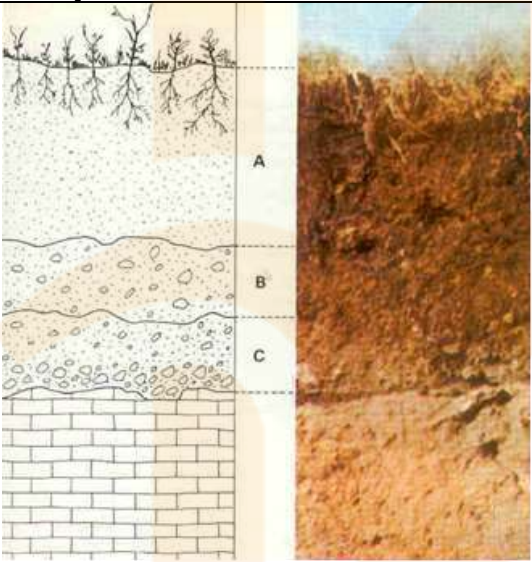
- **Energies alternatives**, que es caracteritzen per baixos o nuls impactes en el medi, així com pel seu caràcter renovable, però també per una baixa aplicació practica (tenen alts costos i baixa productivitat energètica).
- **Recursos no energètics**, quan se n'aprofita una altra propietat diferent de l'energia.

	
Recurs energètic: energia eòlica	Recurs forestal
	
Recurs agrícola: blat de moro	Recurs mineral: argila

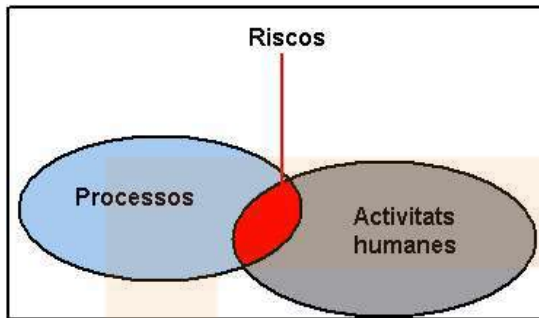
Processos

Són les accions dinàmiques que es formen com a conseqüència de l'alliberament o la transformació de l'energia. En son exemples els següents:

- Processos atmosfèrics: responsables de la formació del vent, dels núvols.
- Processos hidrològics: formadors de les onades, mareas.
- Processos edàfics: formació del sòl.
- Processos geològics: formació dels volcans, sismes.

	
Procés atmosfèric: núvol de tempesta	Procés hidrològic: onada a la costa
	
Procés edàfic: formació d'un sòl	Procés geològic: terratrèmol

Riscos



Els riscos apareixen de la interacció dels processos del medi i els humans o les seves activitats o els seus béns (vegeu la gràfica). Per exemple: amb l'ocupació d'un terreny per construir una casa que estigui en el [con de dejecció](#) d'un torrent, posem ens risc d'inundació o de destrucció la casa que anem a construir.

Exemples de riscos que estudiarem durant el curs:

- **Riscos hidrològics.** A la fotografia inferior es veu un carrer inundat a Alacant.
- **Riscos atmosfèrics.** A la fotografia inferior es veu un arbre arrencat pel vent a Barcelona el gener de 2009.
- **Riscos edàfics.** A la fotografia de la pàgina següent s'observa un paisatge erosionat per l'absència de vegetació.
- **Riscos geològics:** A la fotografia de la pàgina següent s'observa una erupció volcànica. Els volcans són un dels riscos més espectaculars i greus provocats per les forces geològiques de la Terra.



Risc hidrològic



Risc atmosfèric



Risc edàfic



Risc geològic

En ocasions, les conseqüències per la humanitat dels riscos als que estem sotmesos assoleixen dimensions de grans catàstrofes. Aquest va ser el cas del terratrèmol, seguit d'un tsunami, que va provocar milers de morts al Japó l'any 2011.



Imatge del tsunami al Japó del 2011

Alguns conceptes importants relacionats amb els riscos naturals són:

Risc induït: Procés o fenomen natural que té el seu origen en algun desequilibri generat per una activitat humana i que amenaça els éssers humans o els seus béns o activitats.

Un exemple de risc induït pot ser una esllavissada que es produeix en un vessant després d'unes obres d'ampliació d'una carretera, en les quals s'ha modificat el pendent del vessant.

Exposició: Nombre de persones o béns potencialment afectats davant d'un risc. En el cas d'una erupció volcànica, per exemple, l'exposició és molt baixa si aquesta té lloc a una illa al mig de l'oceà Pacífic amb molt pocs habitants o bé molt alta si es produeix en una zona densament poblada del Japó.

Vulnerabilitat: Proporció de persones o béns potencialment afectats respecte al total exposat a un risc i depèn de la capacitat d'aquests per resistir el procés o fenomen que genera el risc. La vulnerabilitat davant un terratrèmol, per exemple, és molt gran en zones en vies de desenvolupament on els habitatges i les infraestructures estan construïts de forma precària i, en canvi, és baixa a la ciutat de Tokyo on els edificis estan construïts seguint normes de sismoresistència.

Mesura preventiva: Actuació que evita els danys que pot causar un risc natural. Un exemple d'aquest tipus de mesures seria l'evacuació de les persones que viuen en zones costaneres davant d'una alerta per tsunami.

Mesura correctora: Un cop s'ha produït un risc natural es duen a terme actuacions per compensar els danys o per evitar que se'n produeixin de nous. Després d'un terratrèmol, per exemple, són mesures preventives la reconstrucció dels edificis seguint normes de sismoresistència i l'educació de la població per a que tothom sàpiga actuar davant d'un nou sisme.

Impactes

Els impactes són els efectes negatius sobre la dinàmica del medi a causa de les activitats humanes.

Tipus d'impactes

Directes	L'activitat humana emet substàncies contaminants al medi o modifica sensiblement aquest medi. Per exemple: • emissions d'òxids de nitrogen. • Construcció d'una pressa. Normalment els impactes generen riscos induïts; les emissions d'òxids de nitrogen poden provocar problemes respiratoris, pluja àcida. La construcció d'una pressa pot provocar nous riscos com: trencament de la pressa, pèrdua de terreny o salinització en els deltes.
Induïts	Són els impactes causats per altres impactes. Per exemple: • La contaminació del sòl pot contaminar les aigües subterrànies, si els materials del subsòl són permeables.



Contaminació de l'aigua

Recursos

Els **recursos naturals** són aquells bens que ens proporciona la natura i que poden tenir algun interès per als humans.

Els recursos naturals inclouen, no només les matèries primeres, com l'aliment, els minerals, l'aigua, etc., utilitzades per al consum humà, sinó també aquells serveis que ens proporciona la natura, com el cicle de l'aigua, l'autodepuració, el transport per sobre de l'aigua, etc.

Els recursos són resultat dels processos que es produeixen a la Terra. Els humans els podem aprofitar quan aquests processos no prenen caràcter de catàstrofe o risc. Per exemple, un vent molt fort no fa funcionar correctament un aerogenerador, i a més el pot destruir; un fort aiguat sovint mata animals i contamina l'aigua, i es pot donar la paradoxa d'estar envoltats d'aigua i no disposar d'aigua potable, com passa molts cops a països del sud-est asiàtic o de centre-amèrica.



L'energia geotèrmica d'un volcà en erupció és molt alta, però el risc que representa instal·lar una central geotèrmica en un volcà actiu no compensa la seva construcció.

Alguns recursos naturals poden presentar un caràcter de **fons**, mentre altres es consideren més com a **fluxos**. Els primers són **esgotables**, mentre que els segons només s'exhauriran si són empleats o extrets a una taxa superior a la de la seva renovació. Els fons que proporciona la natura, com són els recursos miners, poden ser consumits ràpidament o estalviats per prolongar la seva disponibilitat.

D'acord a la disponibilitat en el temps, taxa de regeneració i ritme de consum es classifiquen en renovables i no renovables. Els recursos naturals **renovables** fan referència a recursos amb cicles de regeneració per sobre de la seva extracció. El seu ús excessiu els pot convertir en un recurs extint (bosc, pesca, etc.) o no limitat (llum solar, marees, vents, etc.).



El petroli és un recurs de fons que no és renovable, ja que la seva velocitat de formació és molt més lenta que la seva demanda, i fins i tot més lenta que la durada de la nostra espècie a la Terra.

Per altra banda, els recursos naturals **no renovables** són generalment dipòsits limitats o amb cicles de regeneració per sota dels ritmes d'extracció o explotació (mineria, hidrocarburs, etc.). Un altre fenomen pot ser que el recurs existeixi, però que no pugui utilitzar-se, com succeeix amb l'aigua contaminada.

En funció del seu ús, els recursos es poden dividir en:

- **Energètics.** Són aquells dels quals n'aprofitem l'energia (en aquest llibre els dedicarem la unitat 10).
- **No energètics.** Són aquells dels quals n'aprofitem una altra propietat (minerals, aigua, pesca, etc.).

El consum de recursos està associat a la producció de contaminants o residus: quants més recursos es consumeixen més residus es generen. Es calcula que a Espanya cada ciutadà genera més d'1,38 kg d'escombraries al dia, la qual cosa al final de l'any representen més

de 500 kg de residus.



El consum de recursos genera impactes al medi, com l'abocament de productes que poden esdevenir tòxics i per tant un risc per als humans.

El consum de recursos també pot estar relacionat amb l'aparició de **riscos induïts**, com per exemple els esfondraments que es poden donar quan hi ha una activitat extractiva al subsòl, els riscos lligats al canvi climàtic (expansió de malalties tropicals al sud d'Europa, augment dels fenòmens meteorològics adversos, etc.) o el risc d'esllavissada o desprendiment que pot aparèixer en una pedrera on hi hagi extracció de roques.

Els humans, conscients d'aquesta interacció, i per evitar conflictes amb els sistemes terrestres i treure'n el màxim profit alterant-los el mínim possible, necessita disminuir els riscos i els impactes generats

per aquesta interacció amb el medi, com també desenvolupar una gestió dels recursos generats que promogui una **explotació racional**, especialment en els recursos no renovables. Per fer això cal una gestió mediambiental.

Impactes al medi

Anomenem **impacte ambiental** al conjunt d'efectes tant positius com negatius que la realització d'un projecte (construcció d'una via de comunicació, explotació d'una pedrera, reintroducció d'una espècie, instal·lació d'una indústria, etc.) comportarà per al medi ambient.

Els impactes poden provocar la degradació del medi, com passa en el cas de la contaminació d'un llac, o bé millorar la seva qualitat ambiental, com passa quan es reforesta una muntanya.

Els impactes poden ser de dos tipus:

- **Interferència en la dinàmica** d'un procés natural (un embassament interfereix en la dinàmica d'un riu; la deforestació interfereix en la dinàmica d'un sòl, accelerant la seva erosió).
- **Contaminació**. L'home altera un medi a causa de l'abocament d'una substància, microorganisme o energia.



La construcció d'un port talla el repartiment de sorra que fan els corrents litorals al llarg de la costa, accelerant l'erosió d'unes platges i acumulant sorra en altres.

Hi ha dos tipus de contaminació, segons la concentració:

- **Difosa**: no té un focus ben localitzat, és de baixa intensitat i de gran abast; exemples: els fertilitzants o els pesticides en zones agrícoles, la pluja àcida, etc.

- **Puntual**: té un focus emissor ben localitzat i afecta zones concretes amb nivells majors d'intensitat; exemples: abocadors, dipòsits de carburants en gasolineres, etc.

Ampliació

L'auditoria ambiental

L'auditoria ambiental consisteix en l'elaboració d'un estudi i en la diagnosi de la situació mediambiental en què es troba una instal·lació o activitat. Amb aquesta finalitat, cal la certificació i la verificació del bon funcionament dels sistemes, així com de la gestió de qualitat ambiental de l'entitat, segons la normativa vigent i segons les tecnologies disponibles.

És a dir, se sobreentén que una empresa genera contaminació, però l'auditoria comprova que el funcionament de l'empresa està d'acord amb la normativa, i que es deixa que contaminei dins dels marges legals.

Avaluació d'impacte ambiental

L'**avaluació d'impacte ambiental** (AIA) és un procediment que estudia els impactes que produeixen al medi la realització d'un projecte.

L'AIA proposa mesures per prevenir, corregir, minimitzar o compensar els impactes que es poden generar. La legislació estableix quins són els projectes que requereixen l'AIA.

Medi afectat	Element o factor alterat	exemple d'impacte ambiental
Físic	Aigües	Canvi del balanç hídric
		Alteració dels cursos fluvials
	Sòl	Reducció de la cobertura edàfica
		Alteració de la composició
Biòtic	Fauna	Introducció d'espècies exòtiques
		Reducció de la diversitat
	Flora	Reducció de la cobertura vegetal
		Augment del risc d'incendi
Humà o antròpic	Paisatge	Alteració de la visibilitat
		Augment de les zones urbanitzades

	Hàbitat	Augment de la contaminació sonora
		Pèrdua de patrimoni arqueològic

Exemples d'impactes ambientals sobre els diferents components del medi.

Continguts d'una avaluació d'impacte ambiental	
- descripció del projecte	localització, tipus de construcció, material, residus que es generen, etc.
- inventari ambiental	descripció del medi natural de la zona, abans de la realització del projecte, citant la relació dels elements que el formen i com actuen en el territori
- identificació d'impactes	efectes que previsiblement tindrà la realització del projecte en el medi
- mesures correctores	solucions que es proposen als impactes previstos, per tal de corregir o compensar-los
- programa de vigilància	procés de seguiment per garantir el compliment de les mesures correctores proposades
- alternatives previstes	projectes alternatius amb menors impactes medioambientals que el projecte dissenyat inicialment

Les **fases** en la realització d'una AIA són les següents:

1. El promotor presenta el projecte inicial a l'Administració, descrivint accions, obres, mesures preventives i correctores (estudi d'AIA).
2. L'Administració obre una fase de consultes a tots aquells afectats pel projecte i informa al públic.
3. L'Administració recull i trameta al promotor les al·legacions dels afectats pel projecte.
4. A partir d'aquestes al·legacions, el promotor fa les modificacions necessàries al projecte i el torna a enviar a l'Administració.
5. L'Administració comunica al promotor si cal modificar el projecte corregit, i si no cal modificar res, elabora la **declaració d'impacte ambiental**, on s'especifica la conveniència o no de realitzar el projecte.

Projectes que requereixen l'AIA segons el Reial decret legislatiu 1/2008, d'11 de gener

- Les primeres repoblacions forestals de més de 50 hectàrees.
- Instal·lacions de ramaderia intensiva que superin determinades grandàries (55.000 places per a pollastres, 2.000 places per a porcs d'engreixament, etc.).
- Explotacions en què la superfície de terreny afectat superi les 25 hectàrees, així com explotacions visibles des d'autopistes, autovies,

carreteres nacionals i comarcals o nuclis urbans superiors a 1.000 habitants o situades a distàncies inferiors a 2 quilòmetres d'aquests nuclis.
- Dragatges marins per a l'obtenció de sorra, quan el volum a extreure sigui superior a 3.000.000 de metres cúbics/any.
- Extracció de petroli i gas natural amb fins comercials, quan la quantitat extreta sigui superior a 500 tones per dia en el cas del petroli i de 500.000 metres cúbics per dia en el cas del gas, per concessió.
- Centrals tèrmiques i altres instal·lacions de combustió amb potència tèrmica de, almenys, 300 MW.
- Plantes siderúrgiques integrals.
- Construcció d'autopistes i autovies, vies ràpides i carreteres convencionals de nou traçat.
- Actuacions que modifiquin el traçat d'autopistes, autovies, vies ràpides i carreteres convencionals preexistents en una longitud continuada de més de 10 quilòmetres.
- Construcció de nous ports comercials, pesquers o esportius.
- Transformacions d'ús del sòl que impliquin eliminació de la coberta vegetal arbustiva, quan dites transformacions afectin a superfícies superiors a 100 hectàrees.

Alguns exemples de projectes que requereixen l'AIA (podeu ampliar el llistat de projectes consultant el Web <http://mediambient.gencat.net/binLegis/20082856.pdf>).

Integració ambiental

Tal com hem vist als apartats anteriors, actualment qualsevol projecte d'un certa magnitud requereix d'una valoració dels possibles impactes i la seva realització comporta gairebé sempre mesures que evitin o minimitzin la seva degradació ambiental.

Malauradament molts projectes realitzats en el passat han fet perdre el seu valor ambiental a nombroses zones. La integració ambiental pretén realitzar noves actuacions sobre aquestes zones amb l'objectiu de que recuperin total o parcialment les seves característiques anteriors i siguin assimilades per l'entorn natural.

Aquest procés requereix l'aplicació de mesures de **restauració ambiental**, que podem definir com a aquelles mesures encaminades a retornar les característiques ambientals anteriors a un espai que ha patit un degradació.

En zones molt alterades, l'entorn de l'àrea a restaurar tampoc conserva les característiques que tenia fa temps. En aquests casos la restauració ambiental el que fa és intentar uniformitzar-lo amb l'entorn actual.



La desembocadura del Besòs és un exemple de recuperació d'un espai natural molt degradat. La integració ambiental va consistir en soterrar les línies elèctriques, millorar la qualitat de les aigües instal·lant parcel·les de canyís que filtra les aigües, i garantint la seguretat de les més de 750.000 persones que anualment visiten la zona.

Els exemples de projectes d'integració ambiental són nombrosos. La recent instal·lació de nombroses depuradores en molts municipis de Catalunya pretén restaurar el medi aquàtic dels cursos fluvials i de les àrees costaneres. També s'han realitzat treballs d'aquest tipus a pedreres que ja no funcionen, en els que s'han fet tasques de rebliment, disminució de pendents i posterior reforestació.

Acords internacionals sobre impactes globals

Un impacte global és una afectació, a escala planetària, d'algun factor ambiental. En són exemples el canvi climàtic, la pèrdua de biodiversitat o la destrucció de la capa d'ozó. Les solucions a aquests impactes només es poden determinar mitjançant acords i actuacions coordinades d'àmbit internacional.

Esdeveniment	Tipus de trobada	Acords assolits i altres aspectes importants
Reunió del Club de Roma, 1968	Trobada d'experts de diversos països i àmbits (demògrafs, economistes, biòlegs, etc.)	• S'elaboren models de simulació de l'evolució de diversos paràmetres (població, recursos, contaminació, etc.) en diversos escenaris de futur. • Els resultats d'aquestes simulacions es repeteixen i publiquen en diversos documents al llarg de la dècada de 1970. • Es constata la possibilitat d'una futura crisi de recursos naturals i d'un increment de les desigualtats si continua el creixement poblacional d'aquells moments.
Conferència Internacional de la Biosfera, 1968	Trobada d'experts de nombrosos països.	• Es constata la necessitat de congeniar el desenvolupament de les zones més deprimides amb la preservació del medi ambient. • A la pràctica no va tenir conseqüències polítiques de cap tipus.
Conferència de les Nacions Unides sobre el Medi Humà, Estocolm, 1972	Trobada de polítics de 113 països	• Es posa de manifest l'oposició dels països més pobres a les postures conservacionistes dels més desenvolupats. • No hi va haver acords jurídicament vinculants.
Conferència de Tbilisi, 1980	Reunió de polítics de la major part de països.	• S'acorda incorporar l'educació ambiental als plans educatius i difondre-la a través de campanyes informatives per a la població no

		escolar.
Protocol de Mont-real, 1987	Trobada de polítics de 29 països més la Unió Europea	- S'acorda la substitució progressiva dels CFCs per gasos que no destrueixin l'ozó estratosfèric. - Actualment està subscrit per 180 països i els efectes beneficiosos sobre el nivell d'alguns d'aquests gasos contaminants comença a notar-se.
I Conferència Mundial sobre el Canvi Climàtic, 1988	Reunió de polítics de nombrosos països.	S'acorda una reducció progressiva de les emissions de diòxid de carboni fins assolir un 20% menys l'any 2005 (objectiu que no s'ha complert).
I Cimera de la Terra, Rio de Janeiro, 1992	Reunió de polítics de 120 països	Es signen nombrosos documents tot i que la seva posterior aplicació va ser molt incompleta: Carta de la Terra (declaració de principis), Agenda 21 (proposta d'actuacions per aconseguir un desenvolupament sostenible el s. XXI), Conveni del canvi climàtic (Per reduir les emissions de gasos hivernacle) i Conveni sobre la Biodiversitat (Per fer front a l'extinció d'espècies).
II Cimera de la Terra, New York, 1997	Reunió de polítics de la majoria de països	- Es constata el baix grau d'assoliment dels acords de l'anterior Cimera. La causa principal són les grans diferències en el desenvolupament dels països. - No hi ha acords destacables.
III Conferència Mundial sobre el Canvi Climàtic, Kyoto, 1997	Trobada de polítics de 161 països.	- S'acorda la progressiva reducció de les emissions de diversos gasos hivernacle en els anys següents. - Estats Units, el principal emissor, no signa el Protocol (ni ho ha fet hores d'ara).
III Cimera de la Terra,	És la reunió més multitudinària	Hi ha un bloqueig per part d'Estats Units dels acords en matèria energètica.

Johannesburg, 2002	a, amb representants polítics de 191 països.	• Es signen acords diversos sobre: accés a l'aigua potable, producció de substàncies tòxiques, disminució de la biodiversitat i sobre les activitats de les empreses multinacionals.
Conferència de Bali sobre Canvi Climàtic, Bali, 2007	Representants polítics de 192 països	- S'estipula un full de ruta segons el qual s'hauran d'emprendre, abans de 2009, negociacions per limitar les emissions de gasos d'efecte hivernacle que substitueixen el protocol de Kyoto a partir de 2012. -Estats Units se suma als acords mundials per controlar el canvi climàtic.

Principals esdeveniments a nivell mundial que han tingut com a finalitat lluitar contra els impactes globals.

Gestió ambiental

El creixement de la població, així com el seu desenvolupament i progrés tecnològic, especialment a partir de la Revolució Industrial, han ocasionat una sèrie de conflictes amb el medi derivats d'una explotació desmesurada i incorrecta dels recursos naturals, uns impactes en el medi i uns riscos ocasionats per una ocupació incontrolada del terreny.

S'entén per **gestió ambiental** l'administració adequada del medi ambient, mitjançant una sèrie de mesures que tendeixin a fer-ne un ús correcte, que minimitzi els riscos i els impactes i que promogui una explotació racional dels recursos.

Per dur endavant la gestió ambiental, podem parlar de dos tipus de mesures:

Mesures preventives

Són aquelles que eviten un conflicte ambiental. Una explotació sostenible de fusta en un bosc (és a dir, una explotació a la mateixa velocitat que es regenera el bosc), la ubicació d'una nau industrial en una àrea no inundable per un riu, o la utilització de matèries primeres no contaminants en una indústria, són exemples de mesures preventives, que tenen com a finalitats respectivament, no abusar d'un recurs, evitar un risc i minimitzar un impacte.

La previsió és el conjunt d'estudis que es fan per saber quines **mesures preventives** s'utilitzaran.



Si la previsió del temps anuncia pluja, agafaré un paraigua (mesura preventiva).



La utilització de benzina sense plom i l'ús de catalitzadors són mesures preventives contra la contaminació.

És preferible l'ús de mesures preventives abans que mesures correctores, les quals, en general, a la llarga sempre resulten més cares.

Així doncs, la política ambiental de les administracions dedica importants esforços a la prevenció. Mesures preventives de caràcter general són:

- La **planificació i ordenació del territori**, és a dir, destinar les diferents àrees del territori per a l'ús més adient, o buscar les àrees més adients per a un ús determinat.
- Els **incentius econòmics**: impostos i multes per a qui genera impactes i subvencions per a qui els minimitza.
- La **legislació ambiental**
- L'**educació ambiental**

Mesures correctores

Són aquelles que, un cop provocat un conflicte mediambiental, tendeixen a corregir-lo. Aquí inclourem aquelles mesures que redueixin, corregeixin o compensin aquest conflicte (de fet, fem una simplificació quan incloem les mesures reductores i les compensadores dins les correctores).

Mesures d'aquest tipus poden ser, les pantalles d'aïllament acústic, el soterrament de línies d'alta tensió en zones on hi havia torres elèctriques, l'extensió de terres fèrtils en llocs mancats de sòl, o deixar regenerar un bosc on s'explotava excessivament la fusta.

GESTIO AMBIENTAL



Sessió de la conferència de Doha sobre el canvi climàtic a finals de 2012

La consciència sobre la necessitat de gestionar adequadament el medi ambient és gairebé tan antiga com la humanitat. Es a partir del segle XX, però, que aquesta gestió del medi ambient es planteja en termes globals. D'una banda, la constatació de la degradació del planeta s'ha estès al conjunt de la societat. D'altra banda, els governs han organitzat reunions, conferències i cimera amb la participació d'una bona part dels països de tot el món. La darrera d'aquestes cimera fou la celebrada a finals de l'any passat a Doha, capital de Qatar, sobre el canvi climàtic, de la inauguració de la qual podem veure una fotografia més amunt.

S'anomena **gestió ambiental** al conjunt de normatives i actuacions necessàries per garantir el bon estat del medi ambient, per tal de preservar la qualitat de vida dels éssers humans i l'equilibri del medi natural.

La finalitat de la gestió ambiental és reduir impactes i riscos, així com augmentar o estalviar recursos. Sovint això dona lloc a un xoc d'interessos entre diferents posicions. D'una banda hi ha els interessos i beneficis particulars o empresarials, favorables a l'explotació dels recursos naturals, i de l'altra, l'interès i el benefici col·lectiu, basat en la conservació del medi ambient. Per tal d'evitar aquests conflictes, els responsables de la gestió del medi ambient disposen bàsicament de dos tipus d'**instruments**: els **legislatius** i els **econòmics**.

Instruments legislatius: cada administració elabora, discuteix i aprova lleis i normatives que regulen aspectes relacionats amb el medi ambient (per exemple: llimars màxims de contaminació, protecció d'espais naturals,...). Al nostre territori hi ha quatre administracions: l'europea, l'estatal espanyola, l'autonòmica catalana i la local dels ajuntaments. Les normes o directives que elabora una Administració queden subjectes a la normativa de les administracions superiors i, per tant, no es poden contradir. La [Unió Europea](#) (UE) ha elaborat un gran nombre de directives comunitàries relacionades amb el medi ambient. La política ambiental ha anat adquirint importància dins del marc legislatiu de la UE, malgrat la lentitud amb què s'arriba al consens entre els estats membres. Cal tenir en compte que els diferents estats tenen sovint diferents punts de vista en moltes matèries mediambientals (política energètica, qualitat ambiental,...) i aquest és un factor que dificulta els acords.



Contenidors de recollida segregada dels residus

Amb tot, encara hi ha aspectes que requereixen normatives supraestatals que no estan elaborades. En són un exemple les normes de seguretat per als vaixells de mercaderies, de les quals es parla molt cada cop que hi ha un desastre ecològic que afecta més d'un país -com per exemple, les marees negres provocades per petroliers quan embarranquen. Així, per exemple, amb la finalitat de protegir el medi ambient i pel que fa al tractament dels residus, la Unió Europea obliga als països membres a la següent jerarquia de prioritats: primer cal evitar la producció del residu. En segon lloc, si ja s'ha produït, cal reutilitzar-lo i desenvolupar el reciclatge. En tercer lloc, cal valorar-lo, és a dir, obtenir algun valor a partir del residu, per exemple cremar-lo i obtenir energia i, com a darrera prioritat: "eliminar-los".

A l'estat espanyol, les diferents normatives elaborades han d'atènyer-se a la Constitució. Hi ha lleis importants, com la **Ley de aguas**, la **Ley de costas**, la **Ley de minas**, etc. A l'any 1995, es va tipificar el

concepte de **delicte ecològic** en el Codi penal, des de aleshores es pot condemnar a presó en casos d'agressió al medi. Pel que fa a les **autonomies** i en el cas de Catalunya, les competències atorgades per l'Estatut d'autonomia permeten un ampli ventall d'actuacions en matèria mediambiental. Amb el pas dels anys i la incorporació progressiva de mitjans tècnics i econòmics es van desenvolupant les competències autonòmiques previstes.



Instruments econòmics: a més de la legislació, les administracions tenen altres mecanismes per regular els impactes sobre el medi. Mitjançant instruments econòmics es pot aconseguir compensar determinats problemes ambientals. Bàsicament existeixen dos tipus d'instruments:

1.- Incentius econòmics: són subvencions o desgravacions que permeten als particulars o a les empreses rebre diners o pagar-ne menys en conceptes relacionats amb la protecció del medi ambient. A Catalunya, per exemple, els particulars poden rebre **subvencions** per pagar una part de la instal·lació d'energia solar domèstica i les empreses poden rebre'n per fer inversions que redueixen l'impacte ambiental o per implantar tecnologies de baix consum energètic.

2.- Desgravacions fiscals: són reduccions en els pagaments que les empreses han de fer a les administracions; així per exemple, els diners dedicats per una empresa a la protecció del medi ambient poden suposar-li una desgravació del 10% en l'impost de societats. Les administracions també poden imposar **ecotaxes**, és a dir, pagament que les empreses o els particulars han de fer en concepte de compensació pels costos que generen els impactes sobre el medi ambient.

En molts països, els impostos que es paguen pels cotxes estan directament relacionats amb la quantitat de CO₂ que produeixen els diferents tipus de vehicles, de manera que paguen més impostos aquells cotxes que produeixen més CO₂. A la fotografia superior veiem un cotxe "ecològic", que no produeix emissions de CO₂. En determinats països i ciutats, els turistes han de pagar una ecotaxa turística, aquest és també el cas de la ciutat de Barcelona.



També el rebut de l'aigua està gravat a Catalunya amb una ecotaxa: l'impost per el tractament de les aigües residuals.

Models de gestió ambiental

En la taula inferior es poden veure els principals models de gestió ambiental, amb les seves característiques:

	INTENSIU	CONSERVACIONISTA	SOSTENIBLE
Objectiu fonamental al	Produir riquesa i bens de consum.	No augmentar la degradació ambiental.	Compatibilitzar el desenvolupament econòmic amb la conservació de l'equilibri ambiental.
Problemes que preocupen	Obtenir recursos. Competir en el mercat.	Esgotament de recursos. Superpoblació. Contaminació. Desaparició d'espècies i ecosistemes.	Esgotament de recursos. Superpoblació. Contaminació. Desaparició d'espècies i ecosistemes. Diferències de desenvolupament entre països.
Solucions proposades	Recerca de noves tècniques d'explotació. Recerca de nous	Aturar el desenvolupament per conservar la naturalesa.	Desenvolupament tecnològic i estalvi de

	recursos.	Estalvi o reciclatge de recursos. Reforestació, aturar la contaminació.	recursos. Restauració de cicles naturals Responsabilitats compartides i educació ambiental Estudis d'Impacte ambiental
Dificultats i crítiques al model	No és sostenible.	No es pot justificar el creixement zero per als països en desenvolupament.	Obtenir transferències de tecnologia i diners per al desenvolupament dels països menys desenvolupats. Necessitat d'un consens internacional per aplicar-ho.
Impactes provocats	Esgotament dels recursos. Alteració dels cicles naturals. Contaminació. Pèrdua de Biodiversitat.	Manteniment dels problemes globals. Control de la contaminació. Neteja d'alguns rius...	Recuperació parcial dels cicles naturals. Disminució de la contaminació. Conservació de la biodiversitat.

Veiem a continuació els tres models esmentats, amb breuetat els models intensiu i conservacionista i amb més detall el model sostenible.

Model intensiu



És el model basat en un creixement demogràfic i urbanístic il·limitat, que crea greus desequilibris humans i grans impactes sobre l'entorn natural. Un exemple d'aquest model de gestió és l'aglomeració de població a les grans ciutats (vegeu fotografia superior) i als cinturons industrials i, sovint, el descontrol en la construcció. Aquest creixement intensiu és paral·lel a un desenvolupament econòmic sense límits que té per objectiu aconseguir el màxim benefici productiu, de distribució i de consum de béns a curt termini, sense tenir en compte els impactes generats a la natura.



Observeu a la fotografia de la dreta la torre Burj Dubai de 828 metres d'alçada, en aquest moment l'edifici més alt de món; construïda a la ciutat de Dubai, capital dels Emirats Àrabs Units, i que va ser inaugurada el 4 de gener del 2010.

Encara que en aquest cas s'han tingut en compte els aspectes mediambientals i energètics, és també un exemple de l'opció del creixement sense límits.

Model conservacionista



Dennis Meadows impartint una conferència a la Universitat de Moscou

El **model conservacionista**, també anomenat **model de creixement zero**, afirma que qualsevol impacte s'ha d'aturar. Aquest model es contraposa clarament al creixement intensiu i descontrolat i pretén limitar tot allò que provoca impactes sobre el medi ambient, descartant el creixement del consum i de la producció. Aquest model fou proposat pel professor de Política de Sistemes de la Universitat de New Hampshire, **Dennis Meadows** amb la seva obra "**Els límits del creixement**". Aquesta obra, que va revolucionar el pensament econòmic i ambiental del món al preconitzar el «creixement zero», va ser redactada l'any 1972 i es va convertir en una obra clau que ha vingut marcant els principis de la sostenibilitat. En essència, Meadows planteja la «irracionalitat intrínseca, no tant moral com ecològica, política i econòmica, dels plantejaments de desenvolupament dels països rics, que inevitablement acabarien condemnant als països pobres a ser cada vegada més pobres».



Model sostenible

El **model sostenible** se situa entre els dos anteriors. La crisi ambiental és una crisi de contaminació i una crisi de civilització, de relació amb el medi. El primer món és virtuós en els camps científics i tecnològics i en el desgast i malbaratament de l'ambient. La solució és la **sostenibilitat** que precisa de conscienciació i de formació. Si tercer món s'aixeca, demanant el mateix que el primer món necessitaríem dos planetes. El sistema econòmic basat en la màxima producció, el consum, l'explotació il·limitada de recursos i el benefici com únics criteris de la bona marxa econòmica és insostenible.

Un **planeta limitat** no pot subministrar indefinidament els recursos que aquesta explotació exigiria. Per això s'ha imposat la idea que cal orientar-se cap un desenvolupament, que permeti la millora de les condicions de vida, però compatible amb una explotació racional del planeta que tingui cura de l'ambient. És l'anomenat **desenvolupament sostenible**.

Fins el segle XVIII es creia que els recursos naturals eren il·limitats. La "sostenibilitat" podria ésser la tercera gran revolució de la humanitat (la primera va ésser la del Neolític i la segona la Revolució Industrial). Aquesta propera revolució mediambiental es basarà en comprovar si som capaços de fer que l'economia mundial sigui sostenible quant a la seva relació amb l'entorn. Produirà una major seguretat econòmica, maneres de vida més sanes i una millora mundial de la qualitat de vida. La Comissió Mundial Sobre Ambient i Desenvolupament va plantejar que el desenvolupament sostenible ha d'aconseguir a la vegada:

- Satisfer les necessitats del present, fomentant una activitat econòmica que subministri els béns necessaris a tota la

població mundial. La Comissió va ressaltar "les necessitats bàsiques dels pobres del món, els quals se'ls ha de donar una atenció prioritària".

- Satisfer les necessitats del futur reduint al mínim els efectes negatius de l'activitat econòmica, tant en el consum de recursos com en la generació de residus, de tal manera que siguin suportables per les properes generacions.

Aquesta comissió defineix el desenvolupament sostenible com: "el desenvolupament que satisfà les necessitats de la generació present sense comprometre la capacitat de les futures generacions per a satisfer les seves pròpies necessitats". Això és adquirir una filosofia que pensi en el futur. Va contra l'actitud de malbaratament i trenca l'actitud d'egoisme. Introdueix actes de saviesa. Intenta aprendre del passat i no perd de vista el futur.

L'any 1993, la World Wildlife Foundation (WWF) defineix el desenvolupament sostenible com "el millorament en la qualitat de vida humana sense sobrepassar la capacitat de càrrega dels ecosistemes que la suporten". L'any 1995, Robert Goodland dona una tercera definició: "El desenvolupament sostenible és el desenvolupament que és ambiental, econòmic i socialment durador".

Finalment, podem tindre en compte, una quarta definició: "El desenvolupament sostenible és aquell desenvolupament que és ecològicament adequat, econòmicament eficient i socialment just". Es passa d'un aspecte més romàntic de l'ecologisme (que no es perdin les espècies) a un aspecte més econòmic i social.

Un recurs natural s'explota de forma sostenible quan aquest és inesgotable o bé quan la quantitat que s'usa es veu compensada per la seva reposició pels processos naturals que l'originen, és a dir, s'en consumeix igual o menys del que es forma en el mateix període de temps.



El desenvolupament sostenible afecta també als aspectes socials i

econòmics, a més dels ecològics com, per exemple, energètics, econòmics, institucionals, científics i tecnològics, educatius, culturals, ètics i polítics. D'aquí que sigui tan difícil trobar una definició única que inclogui suficientment la totalitat dels aspectes implicats. La crítica ecològica és una crítica a l'individualisme. L'individualisme destrueix la solidaritat i la capacitat d'organitzar-se les comunitats. Cal restaurar l'equilibri i l'harmonia amb la natura. En la seva essència aquesta dimensió ecològica i política prové d'una presa de consciència de què vivim en un món amenaçat amb risc i l'única solució seria la solidaritat.

El capitalisme sense regulació promou el consum creant necessitats fictícies mitjançant la publicitat: "si tens o consumeixes tal cosa et trobaràs bé i seràs feliç". El consum apareix doncs, com una forma terapèutica encara que és un consum despietat. El consumisme augmenta el nivell de vida d'una població però no la qualitat de vida. Això porta a evitar l'organització i l'individu resta debilitat i com que no hi ha solidaritat (única manera de trencar l'individualisme) no hi ha capacitat d'organització. La crisi ecològica dispara la consciència i la solidaritat. El que està passant actualment al voltant de la crisi econòmica posa de relleu tota aquesta problemàtica.

El model per al desenvolupament sostenible és el que en les darreres dècades, una part de la població ha anat agafant com a model de referència a mesura que s'ha anat prenent consciència de la greu amenaça que suposa seguir el model de desenvolupament intensiu. Aquest model ha de tenir en compte un seguit de solucions que esmentem a continuació com principis.

Veureu que abraça tots els aspectes de la vida humana i que sovint fa referència als equilibris que es donaven en el medi rural on l'agricultura era encara el sistema productiu dominant. Veiem un parell d'exemples de bones pràctiques del model sostenible: les agendes 21 i la política de conservació de l'espai natural.

L'agenda 21

L'**Agenda 21** és un programa de les Nacions Unides que fa referència al desenvolupament sostenible. Va ser aprovat a la Cimera de la Terra (1992) celebrada a Rio de Janeiro per més de 178 governs. Els antecedents d'aquest fet van començar l'any 1983 quan l'Assemblea General de Nacions Unides establí la **Comissió Mundial sobre Medi Ambient i Desenvolupament**, la tasca de la qual finalitzà l'any 1987 amb la publicació del informe final "El nostre futur comú". Aquest informe concretà el concepte de desenvolupament sostenible i va actuar com a catalitzador de la posterior celebració de la **Conferència de Nacions Unides sobre Medi Ambient i Desenvolupament** a Rio de Janeiro l'any 1992.

Els principals resultats d'aquesta conferència es concretaren en la Declaració de Rio, en els **Convenis sobre Diversitat Biològica** i sobre **Canvi Climàtic**, en els **Principis sobre Boscos** i en l'**Agenda 21**. Aquest darrer instrument consisteix en un programa d'acció per al desenvolupament sostenible que ha tingut una influència particularment rellevant en el foment de les Agendes 21 locals a molts pobles i ciutats, així com en l'establiment de la Comissió de Desenvolupament Sostenible de les Nacions Unides en l'àmbit internacional.

L'any 2002 es va celebrar a Johannesburg, Sudàfrica, la **Cimera Mundial per al Desenvolupament Sostenible**. Des deleshores molts pobles i ciutats de Catalunya -i també a tot el món- van posar en marxa les Agendes 21 locals. Moltes entitats, centres educatius i altres organitzacions han elaborat també agendes 21 per avançar cap a projectes i plans que volen seguir el model sostenible de desenvolupament.

En l'àmbit municipal, cada ajuntament té potestat per fer el seu pla estratègic ambiental per elaborar l'agenda 21. Vegeu les Agendes 21 de les ciutats de [Barcelona](#), [Tarragona](#), [Girona](#) i [Lleida](#). Pots mirar a la pàgina web de l'Ajuntament del teu poble o ciutat si disposen de l'Agenda 21 del municipi.

A Catalunya hi ha constituïda la [Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat](#), que es va constituir l'any 1997, amb el suport de la Diputació de Barcelona, i que aplega més de 130 municipis amb les mateixes inquietuds. Una de les tasques en què treballa la Xarxa és en l'elaboració dels **indicadors de sostenibilitat locals**, que són uns valors fàcils de mesurar, d'interpretar i de comparar i que permeten saber si s'actua correctament cap a la sostenibilitat.

Conservació dels espais naturals

A Catalunya coincideixen ambients naturals molt diversos, representatius de moltes de les estructures de paisatge d'Europa i el nord d'Àfrica. Això és conseqüència de l'orografia i l'especial situació geogràfica, a mig camí entre les zones tropicals i les zones àrtiques. Aquest fet n'ha determinat l'extraordinària diversitat biològica, que s'ha preservat fins als nostres dies. D'altra banda, però, la intensa humanització del territori ha transformat gran part d'aquests paisatges, ha afavorit sovint unes espècies i n'ha arraconat d'altres. Això ha generat un ric mosaic paisatgístic, format per ecosistemes diversos, amb diferents graus de transformació. Convé destacar que el territori és un recurs limitat. Per això, cal promoure que se'n faci un ús racional, respectuós i sostenible, i protegir-ne alguns espais per preservar la **biodiversitat** i el funcionament dels ecosistemes.



Riu Hayden al Parc Nacional de Yellowstone, als USA

Durant l'últim terç del segle XIX es van crear, en diferents zones del món, els primers **parcs nacionals** com primer pas en la protecció mediambiental de determinades zones considerades excepcionals pels seus patrimonis naturals. Des de llavors fins a ara la situació ha canviat enormement; el nombre de zones protegides en qualsevol país ha augmentat, així com les lleis i normes de protecció dels mateixos, de tal manera que avui dia, les xarxes d'espais naturals protegits desenvolupen una funció transcendental per a la protecció i conservació de la biodiversitat. En aquest sentit, el Conveni sobre diversitat biològica de Rio de Janeiro de 1992, ratificat per Espanya en 1994, implica el compromís dels estats signants per a elaborar estratègies, plans o programes per a la conservació i la utilització sostenible de la biodiversitat.

Una de les accions previstes és la d'implantar i gestionar àrees protegides destinades a la conservació de la biodiversitat i d'hàbitats naturals. En concret, a Catalunya i, sobre la base de la **Llei d'espais naturals**, s'aprovà el **Pla d'Espais d'Interès Natural** ([PEIN](#)). Aquest pla és una eina de planificació territorial que abasta tot el territori català, sent les seves disposicions d'obligat compliment per a les administracions públiques i els particulars.

Els objectius fonamentals del PEIN són:

- Establir un conjunt espais naturals representatius de la diversitat paisatgística i biològica de Catalunya.
- Implantar les mesures necessàries per a la seva protecció bàsica.

- Analitzar les causes d'una possible degradació i establir les actuacions preventives necessàries.
- Establir les activitats agrícoles, forestals i econòmiques permeses en les diferents zones, així com definir els beneficis tècnics i financers per a les poblacions implicades, tot això dintre d'un desenvolupament sostenible de la zona.



Parc Nacional d'Aigüestortes als Pirineus



La zona volcànica de la Garrotxa té uns 40 cons volcànics

El PEIN defineix un total de 144 espais d'interès natural. La característica general d'aquests espais és que són representatius dels diferents tipus de clima i orografia presents a Catalunya: litoral, muntanya, aiguamolls, plana, etc. L'any 1970, aquests espais suposaven una superfície total de 102 km². Actualment, aquests 144 espais sumen 6.481 km² el que suposa pràcticament el 20% de la superfície de Catalunya.

En qualsevol cas, el PEIN, per al seu desenvolupament permet una participació activa dels ens locals, municipis i consells comarcals. D'aquesta forma, s'aconsegueix la inclusió real en la planificació territorial, urbanística i socioeconòmica local. El PEIN contempla a més un pla de desenvolupament, revisable cada quatre anys, on s'estableixen les actuacions generals com campanyes divulgatives, reformes legals, convocatòria de subvencions, etc. En definitiva, el desenvolupament d'actuacions tals com el PEIN és completament necessari per a garantir l'ús racional i sostenible del territori per a activitats econòmiques, industrials, urbanístiques, agràries, etc., preservant la continuïtat i diversitat de paratges naturals, així com la conservació dels seus recursos vius.

Educació ambiental

L'**educació ambiental** es basa en el reconeixement dels valors i l'aclariment de conceptes relacionats amb el medi ambient per tal de fomentar aptituds i actituds de respecte envers l'entorn. Es potencia així un concepte de cultura lligada al medi. L'educació ambiental ha d'anar dirigida a tots els membres de la comunitat, ha de respondre a les necessitats, interessos i motivacions dels diferents grups d'edat. L'educació ambiental ha d'informar, capacitar al públic perquè busqui solucions als problemes del medi, ha de generar actituds positives cap el medi ambient. Pràcticament tots els països inclouen avui aspectes d'educació ambiental en la seva ensenyança primària i secundària..

Els enfocaments són molt variats: Holanda, per exemple, posa l'èmfasi en la protecció de la natura; Suïssa, en la resolució de casos pràctics. En canvi, a França, les autoritats educatives reconeixen que els seus programes sobre el medi ambient no han tingut grans resultats i als Estats Units, el més innovador entre els projectes educatius científics és l'anomenat Estudi dels Sistemes Terrestres, un conjunt de materials basats en la geologia clàssica i en les ciències ambientals, amb molt èmfasi en les connexions entre els sistemes que formen la biosfera.

A Catalunya hi ha diferents iniciatives per fomentar l'educació ambiental. El programa [Escoles Verdes](#) implica professorat, alumnat i famílies i integra els diferents àmbits de l'escola (edifici, menjador escolar, pati,...) amb una proposta d'accions concretes com posar plantes, instal·lar aixetes que redueixen el consum d'aigua, etc. També es treballa per fomentar una consciència mediambiental en els alumnes amb campanyes senzilles com la reducció de deixalles en els esmorzars. El Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya té una xarxa d'escoles anomenades [Camps d'Aprenentatge](#), dedicades sobretot a donar a conèixer la natura i el valors de l'educació ambiental. Moltes altres institucions públiques i també diverses entitats públiques de Catalunya gestionen equipaments dedicats a activitats d'educació ambiental. Aquest és el cas per exemple del Centre d'educació ambiental de Can Coll a Cerdanyola, gestionat pel Parc de Collserola.





Camp
d'Àneu

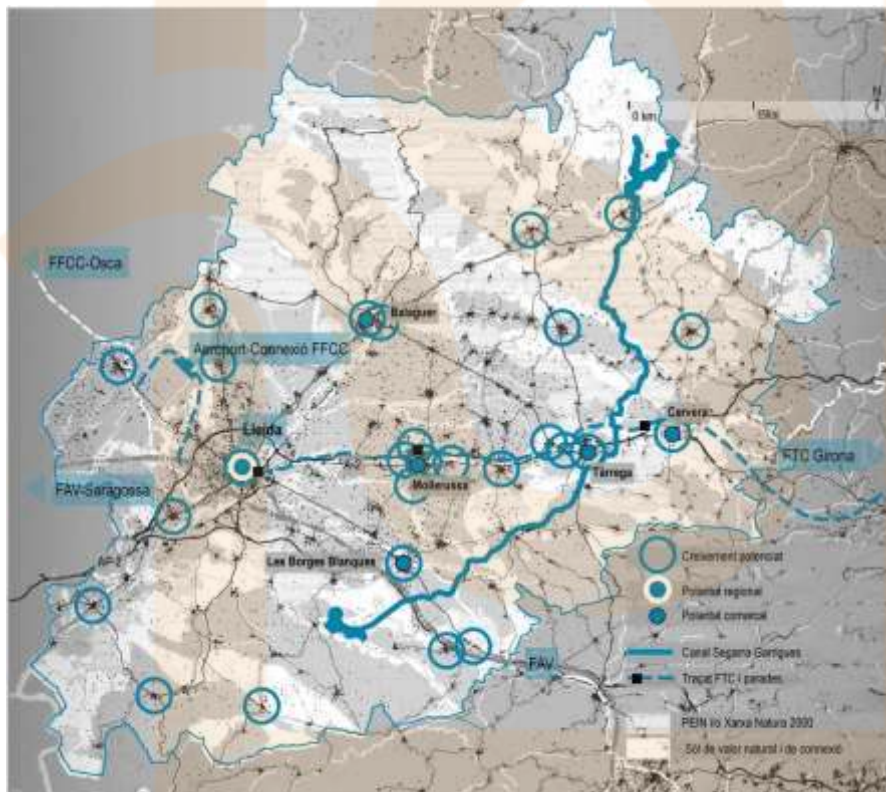
d'Aprenentatge

Valls



Centre d'Educació Ambiental de
Can Coll a Cerdanyola

Planificació territorial



Pla territorial parcial de ponent terres de Lleida

L'**ordenació i planificació del territori** és un procés clau per fer un ús sostenible d'una àrea o regió. Si es fa correctament, ha de permetre assignar els usos més adequats a cada zona, segons les seves característiques. D'aquesta manera s'han de poder reduir els impactes ambientals, conservar els recursos i el medi natural i

mantenir una qualitat de vida acceptable de la població local. Existeixen múltiples definicions sobre l'ordenació territorial, la **Carta Europea d'Ordenació del Territori** de 1983 la va definir com: "l'expressió espacial de la política econòmica, social, cultural i ecològica de tota societat, amb multitud d'objectius, entre ells el desenvolupament socioeconòmic i equilibrat de les regions, la millora de la qualitat de vida, la gestió responsable dels recursos naturals, la protecció del medi ambient i la utilització racional del territori".

És alhora una disciplina científica, una tècnica administrativa i una política concebuda com un enfocament interdisciplinari i global, l'objectiu del qual és un desenvolupament equilibrat de les regions i l'organització física de l'espai segons un concepte rector. Fins fa relativament poc, a l'hora de posar en pràctica noves activitats no hi havia cap mena de planificació ni ordenació del territori. Només es tenia en compte els beneficis a curt termini que les noves activitats podien generar. Per tant, únicament s'analitzava la capacitat del territori pel que fa a un determinat ús (per exemple: emplaçar indústries, construir autopistes, etc.). Això ha originat forts desequilibris a dos nivells:

A nivell territorial: algunes regions es desenvolupen molt, mentre que d'altres queden deprimides.

A nivell d'organització de l'espai: quan en un mateix espai conviuen activitats incompatibles entre ells (indústries i habitatges) o s'emplacen certs usos en espais inadequats, per exemple, s'ocupen zones inundables. Les mesures correctores i compensadores d'aquests desequilibris comporten moltes dificultats, són molt costoses i, fins i tot, en molts casos resulten inviables.

La planificació territorial considera els següents paràmetres:



La fageda del Montseny

- **Qualitat ambiental d'un territori:** és un valor que depèn de la riquesa natural i la conservació dels ecosistemes, així com de la riquesa del conjunt del territori. Aquest és el cas per exemple de les fagedes del Montseny o de la Garrotxa.
- **Vulnerabilitat o fragilitat del territori:** indica la seva susceptibilitat a les actuacions o activitats que s'hi duen a terme. Així, els petits boscos d'avets que hi ha al vessant nord del Montseny són molt més vulnerables que els extensos boscos d'aquests arbres que hi ha a la Vall d'Aran. Un altre exemple: els aiguamolls de l'Empordà (fotografia inferior) són molt vulnerables a un projecte urbanístic, mentre que pel que fa a usos com la recerca científica o les activitats de lleure que no suposin la construcció d'edificis o infraestructures són molt poc vulnerables.
- **Capacitat d'acolliment:** indica les possibilitats que té per al desenvolupament d'un determinat ús, així una capacitat elevada indica que el territori pot acollir un determinat ús amb més facilitat.

Fases d'ordenació del procés territorial

El procés d'ordenació territorial comprèn les fases següents:

- **Definició d'objectius:** es tracta d'establir, amb uns quants anys de previsió, quins usos nous es volen desenvolupar en un territori determinat. Per fer-ho cal tenir en compte les necessitats de la població i la seva evolució, els canvis que comportaran les noves activitats previstes, quin grau de conservació hi haurà i l'aptitud del territori.
- **Inventari i valoració d'elements i factors del territori:** en aquesta fase s'elabora un conjunt de mapes temàtics en que es recullen les variacions espacials d'un factor determinat (pluviositat, risc sísmic, etc.) o la disposició d'elements dins del territori (monuments, fàbriques, camins, etc.). Els factors que es consideren en aquesta fase són nombrosos i diversos. Es poden agrupar en quatre grups:



- **Físics:** litologia, pluviositat, temperatures mínimes,...
- **Biòtics:** flora, fauna,...;
- **Socioeconòmics:** densitat de població, índex econòmics,...
- **Humans:** elements històrics, etnològics,...

Quan s'acaba aquesta fase, el territori objecte d'ordenació quedarà dividit en un conjunt de zones o unitats ambientals, on cadascuna d'aquestes unitats té el seu grau d'aptitud per acollir un determinat ús i el seu grau de fragilitat davant d'un impacte.

- **Predicció:** en aquesta fase es correlacionen les aptituds de cada unitat territorial definida per a cada ús possible i alhora fer una predicció dels impactes que pot generar.
- **Planificació:** és la fase final del procés i a diferència de les fases anteriors, correspon als polítics i no als tècnics especialistes. Consisteix senzillament en decidir, en funció dels resultats obtinguts en el procés, l'emplaçament definitiu en el territori dels hospitals, presons, carreteres, barris nous, indústries, etc.



El creixement de la població, el seu desenvolupament i progrés tecnològic, sobretot a partir de la revolució industrial, han originat una sèrie de conflictes amb el medi derivats de l'explotació desmesurada i incorrecta dels recursos naturals, dels impactes en el medi i dels riscos ocasionats per una ocupació incontrolada del terreny, com per exemple, podem veure a la fotografia en una imatge del nord de França després del pas de la borrasca Xynthia.

Podem definir també la **gestió ambiental** com l'administració adequada del medi ambient, mitjançant una sèrie de mesures que tendeixen a fer un ús correcte, que minimitza riscos i impactes i que promou una explotació racional dels recursos. Aquesta definició sembla en principi diferent a la que ven veure la quinzena anterior, però en realitat és dir el mateix amb diferents paraules. Per dur a terme la gestió ambiental, es poden aplicar dos tipus de mesures:

Mesures preventives: són aquelles que eviten un conflicte ambiental, com per exemple l'explotació sostenible de la fusta en un bosc (cal fer l'explotació de la fusta a la mateixa velocitat que el bosc la regenera, com vàrem veure en l'activitat de la tasca anterior), la ubicació d'una nau industrial en una àrea no inundable per un riu o la utilització de matèries primeres no contaminants en una indústria. La previsió és el conjunt d'estudis que es fan per saber quines mesures preventives es duran a terme.

Mesures correctores: són aquelles que un cop provocat un conflicte ambiental, tendeixen a corregir-lo. També s'inclouen les mesures que redueixen o compensen aquest conflicte. Algunes mesures d'aquest tipus són: les pantalles d'aïllament acústic en una autopista, el soterrament de línies elèctriques d'alta tensió o la regeneració d'un bosc. És preferible sempre aplicar mesures preventives abans que correctores, ja que aquestes, en general, a la llarga resulten més cares. Recordem finalment que les mesures preventives de caràcter general són: **la planificació i ordenació del territori, els incentius econòmics, la legislació ambiental i l'educació ambiental.**

Per dur a terme una bona gestió ambiental disposem d'una sèrie d'"eines" concretes. Les més rellevants són les següents:

- **Auditoria ambiental:** consisteix en l'elaboració d'un estudi i en la diagnosi de la situació ambiental en que es troba una instal·lació o activitat.
- **Avaluació d'impacte ambiental (AIA):** és un procediment que estudia els impactes que produeix en el medi la realització d'un projecte. A més proposa mesures per prevenir, corregir, minimitzar o compensar els impactes que es poden generar. Les fases d'una avaluació d'impacte ambiental són cinc. En primer lloc, el promotor presenta el **projecte inicial** a l'administració competent (estatal, autonòmica o local, segons el projecte); aquest projecte s'anomena **estudi d'AIA** i inclou les accions, les obres, les mesures preventives i les correctores.

A continuació, l'administració obre una fase de consultes a tots els afectats pel projecte i n'informa al públic. Acabada aquesta fase, l'administració recull i tramet al promotor les al·legacions al projecte dels afectats i de la resta de ciutadans. En quart lloc, a partir d'aquestes al·legacions, el promotor fa les modificacions necessàries en el projecte i el torna a enviar a l'administració,

Finalment, l'administració si cal modificar el projecte corregit ho comunica al promotor i si no cal canviar res, elabora la declaració d'impacte ambiental on s'especifica si és convenient dur a terme el projecte o no. En la taula inferior hi ha el llistat, no exhaustiu, dels projectes que, segons la legislació d'Espanya, requereixen AIA.

Refineries de petroli brut.
Centrals tèrmiques.
Centrals nuclears.
Instal·lacions d'emmagatzematge o eliminació de residus radioactius.
Plantes siderúrgiques integrals.
Construcció d'autopistes, autovies, línies de ferrocarril, aeroports, etc.
Instal·lacions d'eliminació de residus tòxics o perillosos.
Construcció de preses (embassaments).
Primeres repoblacions forestals quan comportin greus transformacions ecològiques.
Ports comercials, ports esportius, vies navegables.
Instal·lacions químiques integrades.
Plantes siderúrgiques integrals.

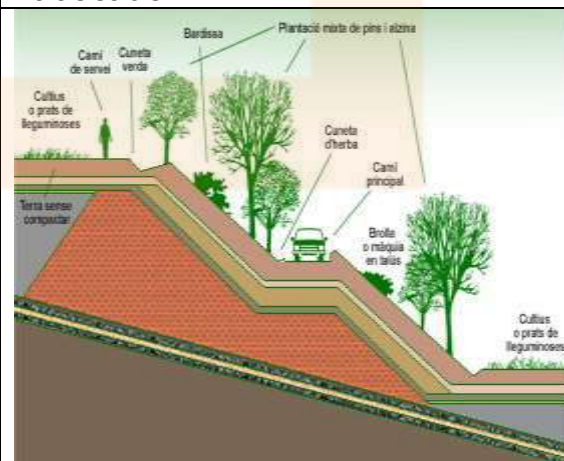
La integració ambiental

Malauradament, molts projectes realitzats en el passat han fet perdre el valor ambiental de nombroses zones. La **integració ambiental** pretén dur a terme noves actuacions en aquest indrets amb l'objectiu de recuperar algunes, i si és possible totes, característiques anteriors que siguin assimilades per l'entorn natural. Aquest procés requereix

l'aplicació de mesures de **restauració ambiental** que podem definir com aquelles mesures destinades a retornar les característiques ambientals anteriors a un espai que ha patit una degradació.

En zones molt alterades, l'entorn de l'àrea que cal restaurar tampoc no conserva les característiques que tenia abans. En aquest casos, la restauració ambiental té com a objectiu uniformitzar la zona alterada amb l'entorn actual. Els exemples de projectes d'integració ambiental són nombrosos.

A Catalunya podem esmentar la instal·lació de depuradores en molts municipis que pretenen restaurar el medi aquàtic dels cursos fluvials i de les àrees costaneres. També podem esmentar la restauració de pedreres i d'abocadors. Un dels millors exemples de restauració és el que es va fer a la vall de Sant Joan al Garraf a on hi havia un gran abocador que havia recollit durant 30 anys la major part de les escombraries de l'Àrea Metropolitana de Barcelona. En [aquest web](#) trobaràs informació d'aquest procés i el seu resultat. Les fotografies següents resumeixen el procés de restauració de l'abocador de la Vall de Sant Joan al municipi de Begues, al Baix Llobregat, Barcelona.

	
Abocador del Garraf abans de la restauració	Treballs de restauració a l'abocador
	
Detall de la restauració de	Esquema de la restauració de

l'abocador	l'abocador
Imatges de l'evolució de la restauració de l'abocador del Garraf	

En aquest [vídeo](#) s'explica el procés de restauració i l'actual aprofitament del biogàs que desprèn l'abocador. En la fotografia inferior instal·lacions per recuperar el biogàs.



Els ecosistemes

Components dels ecosistemes

Els **ecosistemes** són sistemes naturals formats pel medi físic d'un indret i tots els organismes que hi viuen. Es tracta d'unitats complexes i dinàmiques en les quals els diferents components que les integren estableixen complexes interrelacions.

Així es considera que qualsevol ecosistema està integrat per:

- Una **comunitat** o **biocenosi**, formada per tots éssers vius que hi habiten. Està formada per diferents **poblacions** d'éssers vius, és a dir, pels conjunts d'organismes de cadascuna de les espècies.
- El **medi físic** o **biòtop**, integrat per tots els elements no vius de l'ecosistema. També se'ls anomena factors abiòtics. Formen part del biòtop:
 - El **medi**, que és el fluid (aire o aigua) que envolta l'ecosistema.
 - El **substrat**, que és el suport (roques, sorra, etc.) sobre el que s'estableixen la majoria dels organismes immòbils que habiten a l'ecosistema.
 - Els **factors ambientals**, que són aquells paràmetres (temperatura, pH, etc.) que determinen les característiques físico-químiques de l'ecosistema.
- Les **interaccions** entre el medi físic i els éssers vius, així com entre els propis éssers vius, tant si són de la mateixa espècie com entre espècies diferents.



Els ecosistemes poden tenir dimensions molt diferents, des de milers de quilòmetres com la gran barrera d'escull coral·lins d'Austràlia o l'immens desert del Sàhara, fins a mides força més reduïdes com la bassa del parc que tens a prop de casa o la zona ajardinada del teu centre. La seva complexitat també pot ser molt variable.

Els ecosistemes estan integrats per les poblacions de totes les espècies que viuen en un indret, així com pel conjunt de factors abiòtics.



S'anomena població al conjunt d'organismes d'una mateixa espècie que viu en un determinat ecosistema.

El medi físic

Els elements no vius o factors abiòtics d'un ecosistema condicionen fortament els organismes que hi viuen. En el cas dels boscos mediterranis, per exemple, l'escassetat de precipitacions estivals és el factor que més condiona el desenvolupament de la vegetació.

Els ecosistemes poden ser **aeris** o **aquàtics** depenent del medi que els envolti. El substrat, per altra banda, pot tenir característiques molt variables depenent del tipus de roca que aflori a la zona ocupada per l'ecosistema, així com del seu grau de meteorització.

Entre els elements del medi físic també s'hi inclouen els diversos factors ambientals que afecten a l'ecosistema. Els factors ambientals més importants són:

- **La llum:** variar la seva durada i intensitat en funció de:

- L'alternança del dia i la nit.
- L'època de l'any.
- La nuvolositat.
- El relleu: les muntanyes poden tapar la llum solar.
- La pròpia estructura de l'ecosistema: en els ecosistemes aquàtics la llum només pot penetrar fins a 150 – 200 m de profunditat com a màxim. En d'altres ecosistemes com les coves la llum només il·lumina una petita part del mateixos. En un bosc o selva, la vegetació intercepta bona part de la llum.

- **La temperatura:** depèn del clima, l'època de l'any, el temps atmosfèric i l'alternança del dia i la nit. Els ecosistemes terrestres tenen oscil·lacions tèrmiques més marcades que els aquàtics.

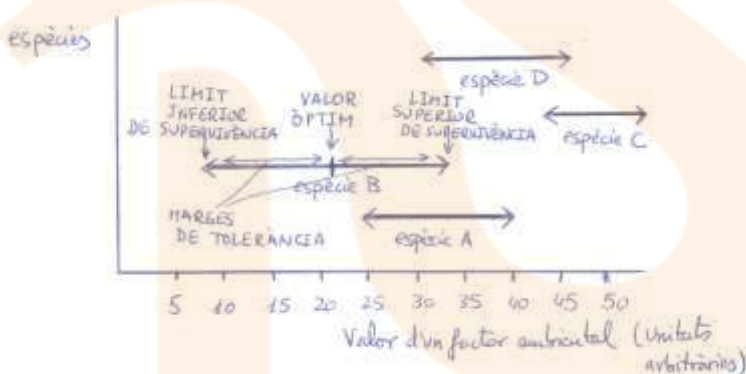
En els ecosistemes aquàtics els canvis tèrmics són menys acusats i més lents, a causa de l'elevada calor específica de l'aigua. Un factor clau en aquests ecosistemes és la seva màxima densitat de l'aigua, que l'assoleix a 4°C. Aquest fet, permet que quan la capa superficial d'aigua es congela hi hagi, a sota, una capa d'aigua líquida on poden sobreviure molts organismes aquàtics.

- **Disponibilitat d'aigua en estat líquid:** en els ecosistemes terrestres depèn de dos factors, les precipitacions i la humitat relativa de l'aire. Com més grans són els seus valors major serà la quantitat d'aigua disponible. Cal també tenir en compte les temperatures, ja que a les zones molt fredes la poca disponibilitat d'aigua es deu a que aquesta es troba en forma de gel o neu.

- **Sals minerals:** els vegetals i les algues requereixen sals minerals com els nitrats i els fosfats per desenvolupar-se. La quantitat de sals minerals presents en el sòl o en dissolució a l'aigua són també factors ambientals que condicionen la presència o absència de moltes espècies.

- **Gasos:** l'oxigen és un gas necessari per tots els organismes respiradors, que constitueixen la major part de la biosfera. Els organismes aquàtics depenen de la quantitat d'oxigen dissolt a l'aigua. Com més alta és la temperatura de l'aigua menor quantitat n'admet.

En el cas dels ecosistemes terrestres només les zones de gran altitud exigeixen als organismes adaptacions a la menor quantitat d'oxigen present per unitat de volum d'aire.



Cada paràmetre ambiental pot assolir una gamma extensa de valors. Les diferents espècies i els diferents individus de cadascuna d'elles (variabilitat individual) tenen un valor òptim per a cada paràmetre i

uns marges de tolerància variables en funció de les seves adaptacions. Si es sobrepassen algun d'aquests marges l'espècie o l'individu no sobreviu.

Els factors abiòtics tenen una forta influència sobre el **procés evolutiu** de les espècies. Cal anar molt en compte a l'hora d'explicar aquest procés, doncs és freqüent incórrer en idees errònies. Imaginem un exemple: per què els cactus són cilíndrics i no tenen fulles?

Tothom sap que es tracta d'**adaptacions** a la sequera extrema que hi ha a les zones desèrtiques, però tenint en compte que els avantpassats dels cactus eren plantes més "convencionals", és a dir, amb tija, branques i fulles, com s'ha produït aquest procés?

Triem la fulla com a exemple. A través d'aquest òrgan les plantes transpiren aigua per poder fer circular la saba. Els individus de l'espècie avantpassada dels cactus tenien, com totes les espècies per qualsevol caràcter, **diversitat** (individus amb fulles més grans o més petites, per exemple). Aquesta diversitat s'havia originat prèviament a causa de mutacions i sempre de forma atzarosa. Quan el clima es va tornar més àrid, aquelles plantes amb la fulla més petita, i que, per tant, perdien menys aigua sobreviuen millor i tenien més descendents. D'aquesta manera el caràcter "fulles petites" s'anava estenent de generació en generació a la població de l'espècie avantpassada dels cactus. Amb el pas del temps, les fulles s'acabarien transformant en espines que, a més, protegien a la planta dels herbívors. Un procés semblant tindria lloc amb la forma de la planta.

D'aquesta manera, cal fixar-se en el fet de que els factors ambientals actuen com a efectors de la **selecció natural** eliminant als individus amb caràcters menys adaptatius i seleccionant positivament als millor adaptats. D'aquesta manera les espècies evolucionen cap a formes cada cop millor adaptades als factors ambientals predominants en un determinat període de temps.

La comunitat o biocenosi

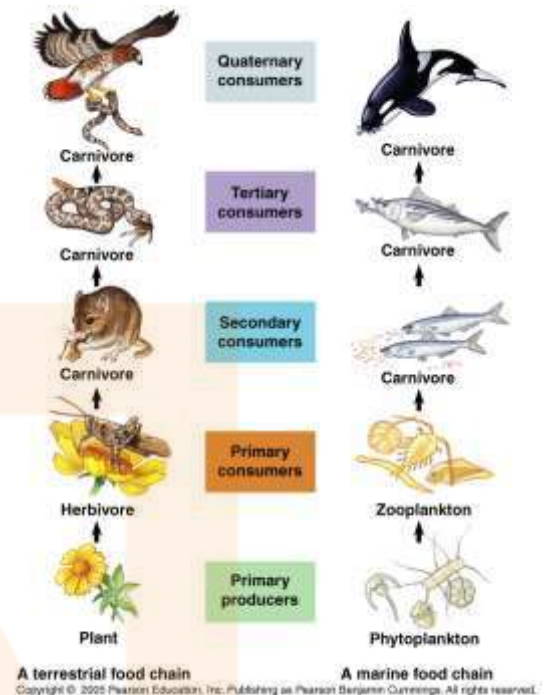
La **comunitat** o **biocenosi**, també anomenada a vegades **medi biòtic**, inclou tots els éssers vius d'un ecosistema i té també en compte les nombroses interrelacions que es produeixen tant entre individus de la mateixa espècie com entre espècies diferents.

Dins d'aquest conjunt d'interrelacions entre organismes són les **relacions** alimentàries, també anomenades **tròfiques**, les més importants. Juntament amb els factors del medi físic són també importants components del procés de selecció natural. En el cas de les relacions tròfiques, el repte a que es troben sotmesos tots els organismes i que determina la seva desaparició o supervivència és el següent: ser capaços d'aconseguir aliment i evitar ser l'aliment de cap altre organisme.

A nivell de les espècies, les relacions tròfiques, de la mateixa manera que ho feien els factors abiòtics, condicionen la seva evolució encaminant-les a posseir adaptacions a l'obtenció d'aliment i adaptacions que evitin l'atac dels possibles depredadors.

En funció de la forma d'obtenir aliment els organismes de qualsevol ecosistema es poden agrupar en **nivells tròfics**, que agrupen a tots els éssers vius que es nodreixen de la mateixa manera. En total es defineixen 4 nivells tròfics diferents:

- **Producers:** són organismes autòtrofs, és a dir, fabriquen substàncies orgàniques per nodrir-se i construir el seu cos a partir de substàncies inorgàniques del medi (diòxid de carboni, aigua i sals minerals). Aquest procés el duen a terme gràcies a la fotosíntesi o a la quimiosíntesi.
- **Consumidors primaris:** són organismes heteròtrofs, és a dir, que requereixen nodrir-se de matèria orgànica ja formada. En aquest cas, s'alimenten de productors. Tots els organismes herbívors pertanyen a aquest grup.
- **Consumidors secundaris:** són éssers vius heteròtrofs que es nodreixen de consumidors primaris. Es tracta d'organismes carnívors, anomenats també depredadors. Algunes espècies d'aquest grup poden alimentar-se tant d'animals herbívors com de carnívors més petits que ells. En aquest cas parlem de superdepredadors com és el cas del llop o del tauró blanc. Els humans som també grans superdepredadors en bona part dels sistemes naturals de la Terra. Els animals carronyaires com els voltors pertanyen també a aquest nivell.
- **Descomponedors:** són els organismes heteròtrofs que es nodreixen descomponen la matèria orgànica dels éssers dels altres nivells tròfics quan moren. Gràcies a la seva activitat la matèria orgànica es transforma en els nutrients inorgànics tornen al medi. Moltes espècies de fongs i de bacteris són descomponedors.

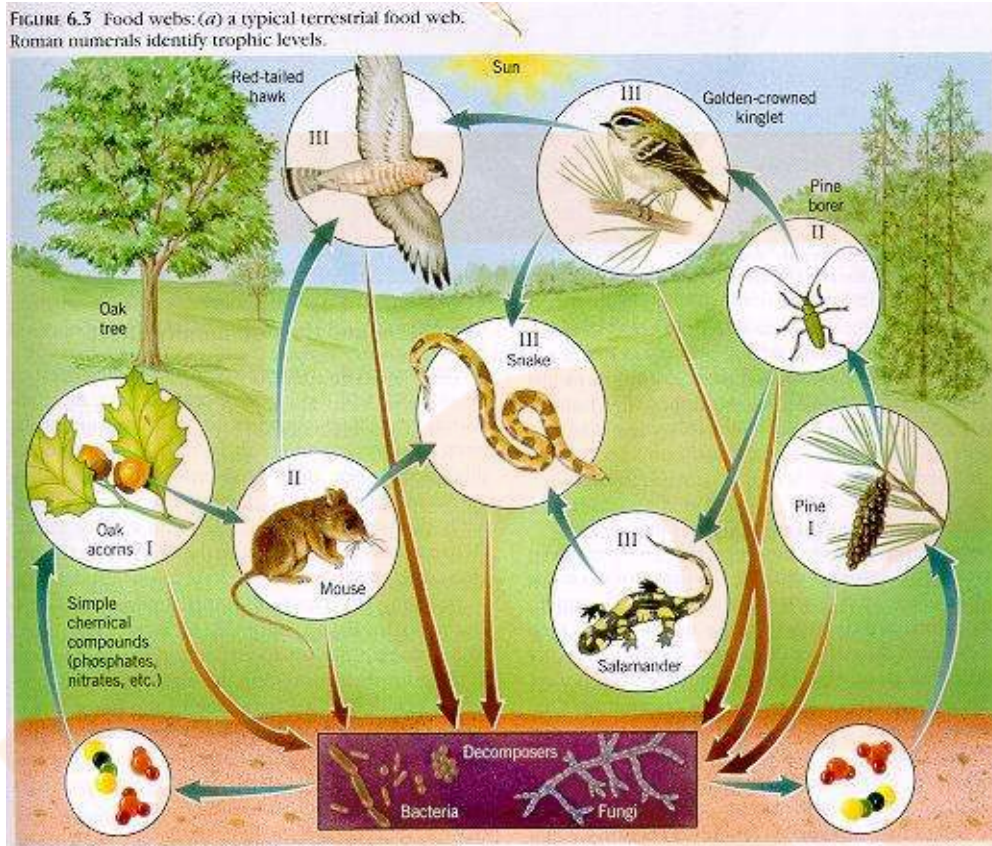


Les relacions tròfiques es representen gràficament de dues maneres diferents. De forma senzilla es poden elaborar **cadena tròfica**, que són seqüències d'organismes ordenats de manera que cada espècie serveix d'aliment a la següent. L'esquema següent mostra un exemple de cadena tròfica amb organismes d'un bosc mediterrani:

Alzina --> saltamartins --> musaranya --> serp --> Àliga marcenca

Una forma més global de representar les relacions alimentàries que es produeixen en un ecosistema consisteix en elaborar el que s'anomena una **xarxa tròfica**. En aquest cas, representem totes les relacions tròfiques entre les diferents espècies que viuen en un indret, resultant un esquema força més complex donada la gran

quantitat d'interrelacions d'aquest tipus que tenen lloc dins de qualsevol ecosistema. Cal tenir present que com passava a les cadenes tròfiques, les fletxes surten de l'organisme que serveix d'aliment de l'espècie indicada per la punta de la mateixa.



Xarxa tròfica simplificada d'un bosc mixt.

A banda de les relacions tròfiques entre els diferents organismes d'un ecosistema poden també establir-se d'altres tipus d'interaccions. Quan es tracta de relacions entre individus de la mateixa espècie les anomenarem **relacions intraespecífiques**, mentre que parlarem de **relacions interespecífiques** quan es produeixin entre éssers vius d'espècies diferents. Les principals relacions no tròfiques entre organismes són les següents:

Nom i tipus de relació	En què consisteix?	Exemple
Família (intraespecífica)	Els individus cooperen en la defensa, alimentació, etc.	Parella de falcons que fan un niu i crien uns polls.
Societat (intraespecífica)	Els individus cooperen i es divideixen el treball.	Rusc d'abelles
Competència (intra o interespecífica)	Els individus competeixen pels	Grup d'abres que creixen junts en un

	recursos, el territori o la reproducció.	mateix espai d'un bosc.
Parasitisme (interespecífica)	Una espècie (paràsit) s'alimenta d'una altra (hosta) a la qual perjudica sense matar-la.	Polls del cap i una persona.
Comensalisme (interespecífica)	Una espècie s'alimenta de les restes que deixa una altra sense perjudicar-la.	Els peixos pilot que segueixen els grans taurons per menjar restes de les seves preses.
Mutualisme (interespecífica)	La relació entre les dues espècies suposa benefici per a totes dues.	Les abelles que pol·linitzen les flors de moltes espècies de plantes.
Simbiosi (interespecífica)	Relació de benefici mutu extrema en la qual els organismes no poden viure l'un sense l'altre.	Líquens (fruit de l'associació d'una alga i un fong)



Les paparres són paràsits que es nodreixen de sang dels seus hosts.

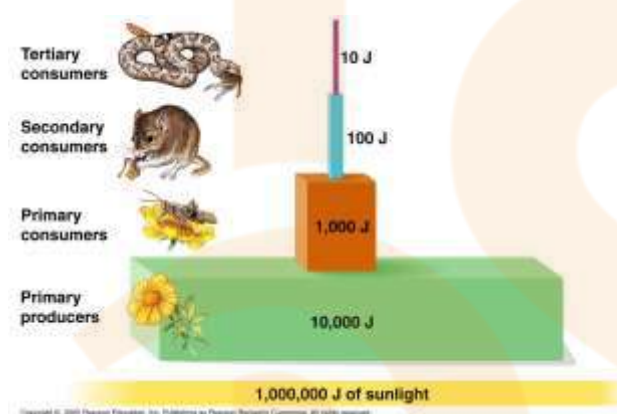


Els colibrís s'alimenten de nèctar de les flors. Mentre agafen aquesta dolça i nutritiva substància s'impregnen de pol·len que servirà per fecundar altres flors de la mateixa espècie. Aquest tipus de relació és un mutualisme.

Flux de l'energia i cicle de la matèria. Cicles biogeoquímics.

Tal com hem vist al parlar de les relacions tròfiques, els organismes productors són els únics capaços de sintetitzar matèria orgànica a partir dels nutrients inorgànics mitjançant processos de foto o quimiosíntesi. En aquests processos, l'energia solar o química s'utilitza per a aquesta síntesi de matèria orgànica. Els d'organismes de tots els altres nivells tròfics no són capaços de dur a terme aquesta síntesi i depenen directa o indirectament de la matèria orgànica sintetitzada pels productors per poder obtenir la matèria i l'energia que necessiten per viure.

Un llop, per exemple, tot i ser un animal carnívor i, per tant, un consumidor secundari, depèn de la matèria orgànica dels animals, com el conill o l'esquirol, que es menja. Aquests animals herbívors han pogut sintetitzar les molècules orgàniques que constitueixen el seu cos a partir de la matèria orgànica dels

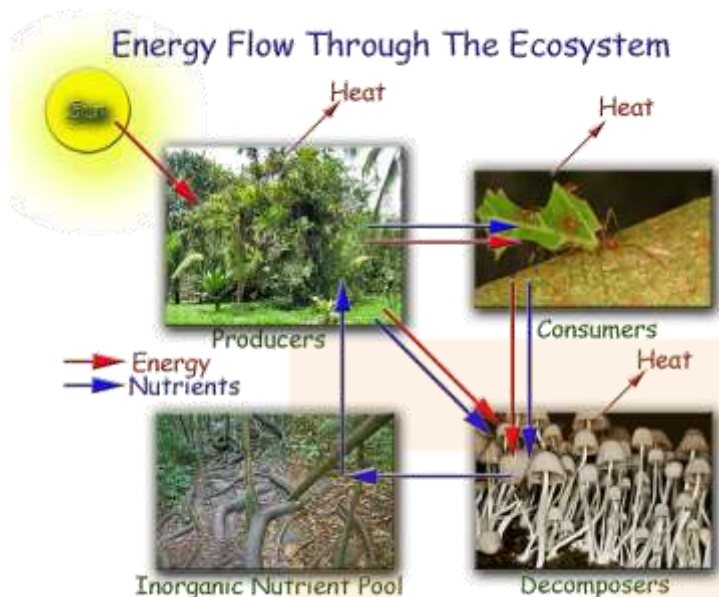


vegetals dels quals es van alimentar. Tots aquests éssers vius, tan el llop com l'esquirol, obtenen l'energia que necessiten per viure de l'energia química present a les molècules orgàniques que hi ha als seus aliments.

Piràmide ideal de la producció de matèria orgànica per cada nivell tròfic, suposant una eficiència del 10% a cada pas. Els productors inverteixen

només un 1% net de l'energia solar incident en la síntesi de matèria orgànica.

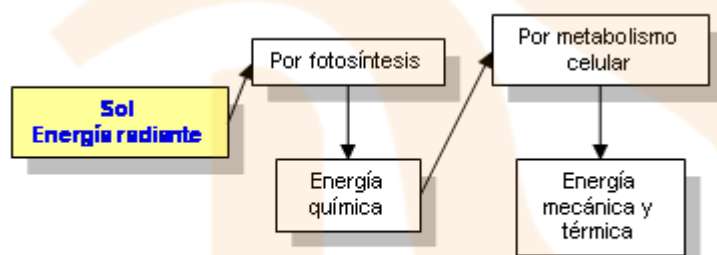
A cadascun dels passos esmentats, des de la foto o quimiosíntesi fins a arribar a algun organisme del nivell tròfic superior com un llop, un tauró blanc o un ésser humà, la quantitat total d'energia va experimentant pèrdues. Per una banda, els organismes de cada nivell n'utilitzen una part per poder desenvolupar les seves funcions vitals i per una altra a cadascun dels passos es produeixen pèrdues en forma de calor. Es calcula que de mitjana només un 10% de l'energia química emmagatzemada en les biomolècules d'un nivell tròfic es troba disponible pels éssers vius del nivell tròfic superior. Aquest fet explica que disminueixi el nombre d'individus presents a mesura que puguem d'un nivell tròfic a un de superior, així com que el nombre de baules d'una cadena tròfica sigui limitat.



Flux d'energia i cicle de la matèria a través dels diferents nivells i elements d'un ecosistema.

Imatge procedent de:

http://cl.kalipedia.com/kalipediamedia/cienciasnaturales/media/200704/18/ecologia/20070418klpcnaecl_34.Ees.SCO.png



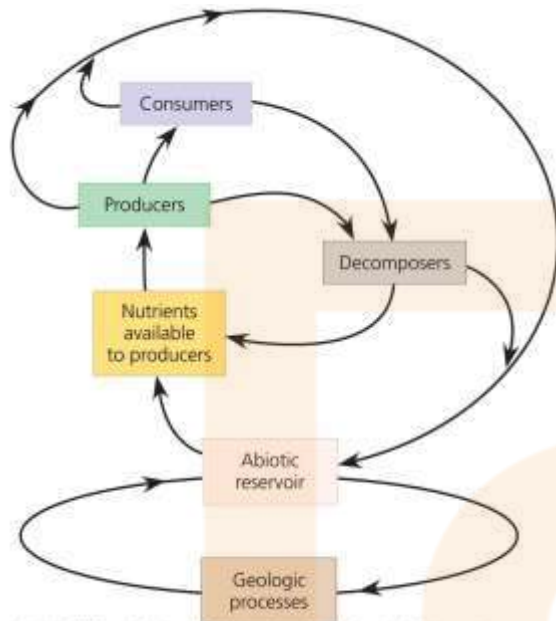
Representación simple del flujo de energía.

Representació simplificada dels canvis que experimenta l'energia al fluir a través d'un ecosistema. Imatge procedent de:

http://www.elestanque.com/articulos/medio_ambiente/flujo_energia.gif

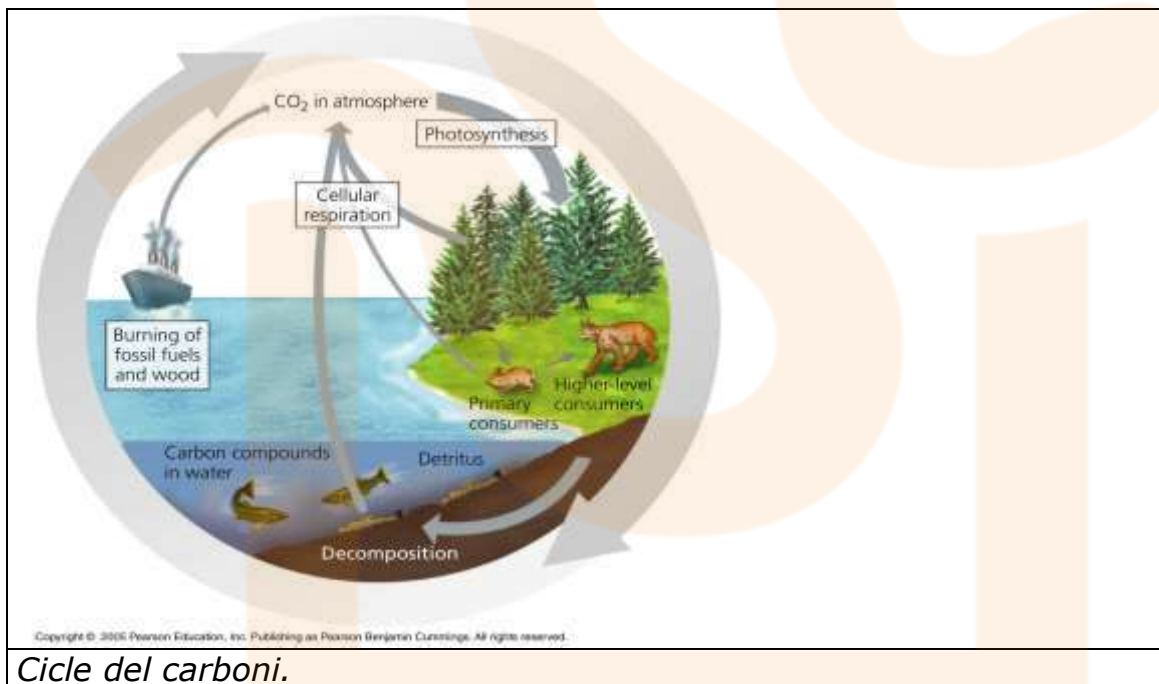
Globalment, **l'energia en els ecosistemes segueix un flux**, des de la font d'energia usada pels productors (llum solar o reaccions químiques de substàncies inorgàniques del medi) fins al nivell tròfic superior, amb les importants pèrdues que hem vist que es produeixen a cada pas. A diferència del que passa amb l'energia, **la matèria en els ecosistemes segueix un cicle**. Els organismes productors capten nutrients inorgànics i els transformen en matèria orgànica que passa a formar part del seu cos. Quan aquests són menjats pels consumidors primaris la matèria passa d'un nivell tròfic al superior, i així successivament fins arribar als superdepredadors. Quan aquests organismes o els de qualsevol altra nivell tròfic moren, els descomponedors transformen novament la matèria orgànica del seu cos en substàncies inorgàniques. En el medi físic o abiòtic les substàncies inorgàniques poden

experimentar diversos canvis lligats a processos geològics. Per això, es diu que els diferents elements químics que formen part dels éssers vius segueixen **cicles biogeoquímics**, com els de l'oxigen, el nitrogen i el carboni que pots veure a les il·lustracions adjuntes.



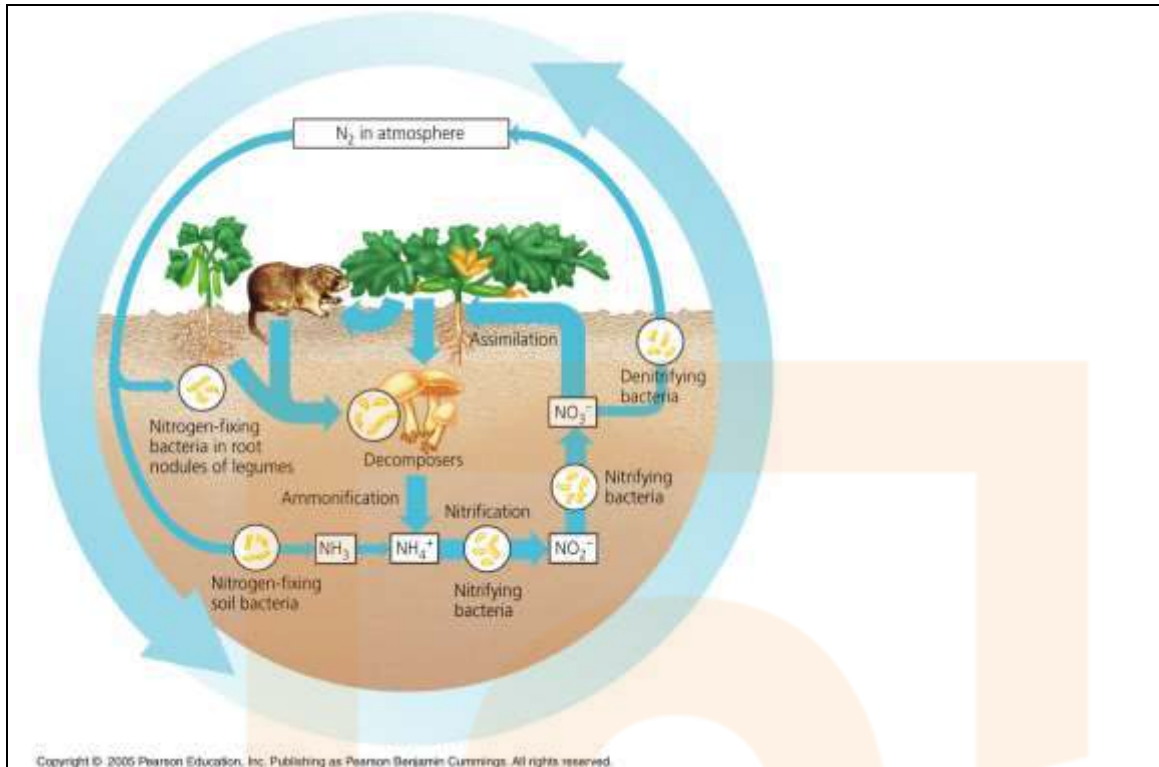
Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

Esquema general dels cicles biogeoquímics.

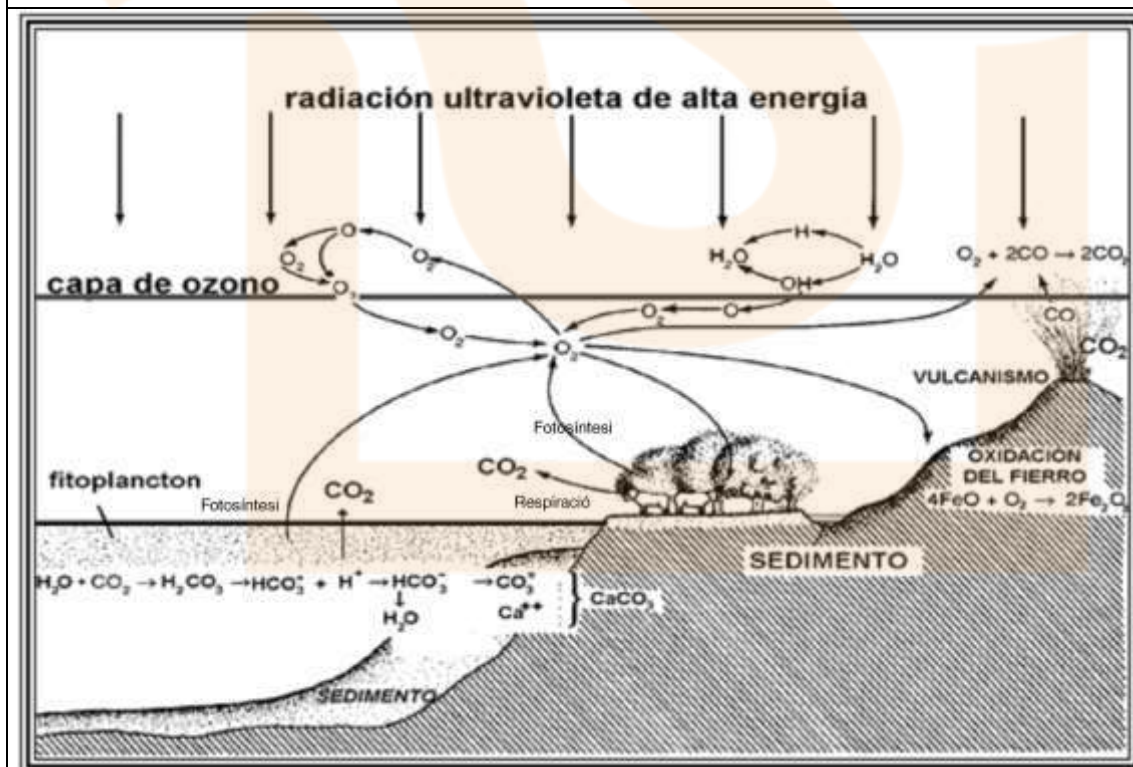


Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

Cicle del carboni.



Cicle del nitrogen.



Cicle de l'oxigen.

L'Alteració dels ecosistemes i la pèrdua de biodiversitat

Molts ecosistemes de la Terra pateixen actualment alteracions com a conseqüència d'accions humanes. Els ecosistemes degradats pels impactes causats per les activitats humanes tenen pateixen una reducció de la diversitat d'espècies que alberguen. La **pèrdua de biodiversitat** és l'amenaça més greu a que s'enfronta actualment la biosfera. Aquest fet, suposa també una amenaça per la nostra pròpia espècie. Cada espècie que es perd és un recurs menys per a la humanitat, sigui perquè és comestible o perquè serveix per fabricar algun tipus de producte o medicament. Fins i tot les espècies que es coneixen poc o gens poden, en el futur, ser importants recursos per a nosaltres. Per tot això ens és molt útil conservar-les.

A banda d'aquests propis interessos, la pèrdua de biodiversitat comporta diversos efectes en els ecosistemes afectats:

- Menor capacitat de regulació davant els canvis.
- Menys complexitat estructural i de la xarxa tròfica.
- Menys **biomassa** (quantitat total de matèria viva)
- Més producció neta de matèria orgànica en els diferents nivells tròfics.

Les principals causes de la pèrdua de biodiversitat són:

- Disminució de les poblacions d'organismes a causa de la seva **explotació directa** per part dels humans: la captura o mort d'animals o plantes per utilitzar-los com aliments, ingredients de medicaments o com a mascotes ha provocat l'extinció de diverses espècies i amenaça seriosament moltes d'altres.
- **Destrucció dels hàbitats**: molts ecosistemes estan resultant molt danyats per activitats com la tala d'arbres, la urbanització del territori, la pluja àcida, la contaminació de les aigües o l'aire, etc. Aquest fet provoca que les espècies que hi viuen regressionin o, fins i tot, s'extingeixin.

Introducció d'espècies exòtiques: la introducció accidental o intencionada d'una espècie que no hi és pròpia d'un ecosistema (per això l'anomenem exòtica) pot provocar greus alteracions que afectin a diverses espècies, al incorporar-se a la xarxa tròfica de l'ecosistema i alterar-ne l'equilibri.



La destrucció d'hàbitats està causant la regressió i l'extinció de moltes espècies, algunes de les quals poden ser potencials.