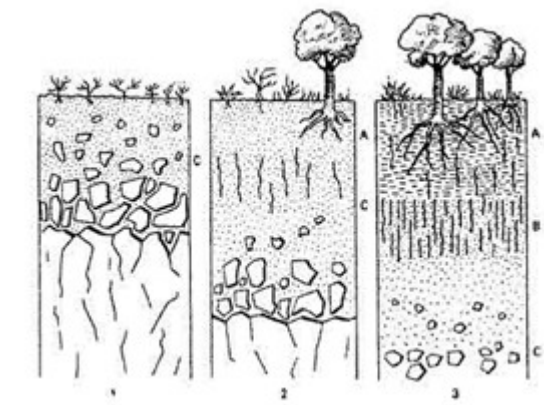


## EL SÒL



**El sòl:** és la part superficial de la terra, on es desenvolupen les arrels de les plantes. El sòl serveix de sostenidor de les plantes i les seves característiques influeixen directament a les plantes, que depenen especialment de la temperatura, aeració, humitat, estructura, profunditat i fertilitat del sòl. En [aquesta animació](#) podem veure la formació del sòl. Així doncs, les etapes de la **formació del sòl** o **edafogènesi** són les següents:

- **Meteorització mecànica de les roques:** causada per processos de gelifracció, dilatació, contracció, acció de les arrels dels arbres, etc. Segons el pendent i l'orientació del terreny, els efectes dels canvis de temperatura, l'acció de l'aigua, etc., tindran efectes molt diferents en les roques. Així per exemple, una roca situada en un pendent molt fort tindrà un sòl molt prim pel fort efecte erosiu de les aigües i amb xaragalls ben marcats.
- **Meteorització química:** en contacte amb l'aire i l'aigua, els minerals de les roques s'alteren per processos diversos: oxidació-reducció, hidratació, etc.
- **Acció dels éssers vius** (vegetals, microorganismes, etc.) sobre aquest substrat inorgànic. Els processos metabòlics dels organismes produeixen substàncies que continuen la meteorització dels minerals. A més, les restes animals i vegetals s'incorporen al sòl després de la seva degradació, és l'anomenat **procés d'humificació**.
- **Interacció** entre tots aquests productes minerals, restes orgàniques i substàncies químiques entre sí, amb aigua i aire intersticials i *diferenciació* en capes o horitzons que determinen el **perfil del sòl**, que veurem mes endavant.



A la dreta estan representats en tres esquemes les etapes de la formació del sòl.

### Factors que intervenen en l'evolució del sòl



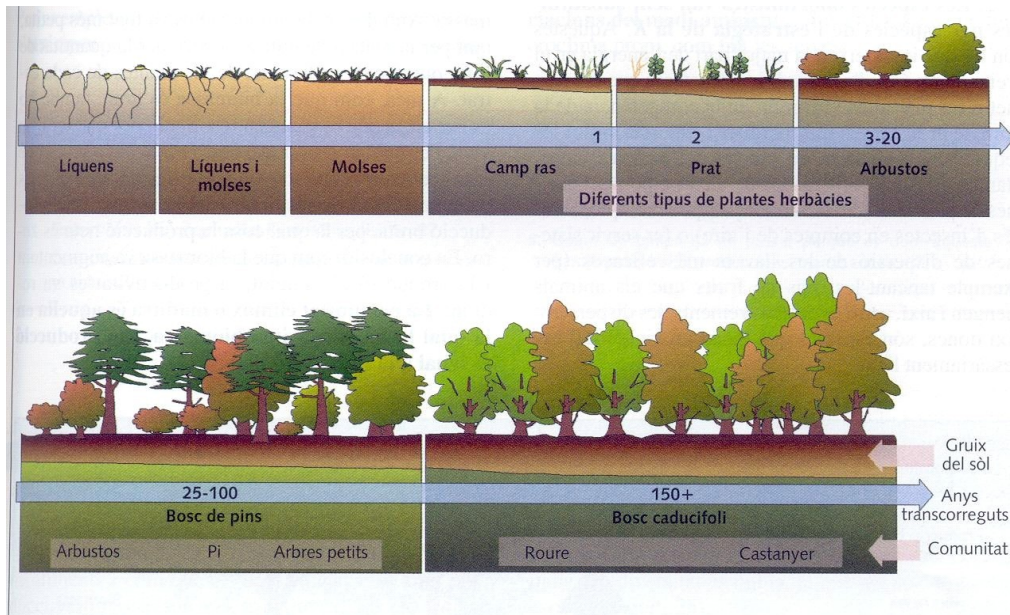
- **El clima:** és el factor més important; la temperatura regula la velocitat de reacció de les diferents transformacions químiques i biològiques i la precipitació proporciona l'aigua necessària per a les reaccions, així com al procés de lixiviació consistent en l'arrossegament de partícules.
- **La roca mare:** influirà en nombroses propietats del sòl com el pH, la permeabilitat, la vegetació que hi viurà a sobre, etc.
- **La topografia:** quan el pendent és fort, l'erosió superficial és més ràpida i els sòls són prims i immadurs. En canvi, en terrenys plans els sòls estan més desenvolupats. Cal destacar, també, diferències entre els vessants nord, obagues i els vessants sud, solanes.
- **L'altitud:** A les zones altes, l'aridesa del clima dificulta la formació i consolidació dels sòls, mentre que a les zones més baixes es pot formar i consolidar més
- **L'activitat biològica:** els vegetals s'encarreguen de renovar la fertilitat del sòl. Fan pujar les sals minerals (Ca, Mg, K) dels estrats més inferiors per formar matèria orgànica (tiges, fulles); la vegetació morta origina l'humus; la microflora (fongs, bacteris) transforma aquesta matèria orgànica en descomposició que continuarà la destrucció del material mineral. Un sòl ben cobert d'una densa vegetació serà molt menys erosionat que un sòl sense o amb escassa vegetació. Les arrels de les plantes formen entramats que retenen les partícules del sòl i augmenten la capacitat de infiltració de l'aigua. La fauna, per la seva part, també actua sobre el sòl, remouent-lo, excavant-lo, els animals fertilitzen les plantes amb els seus excrements, etc.. Els organismes que actuen amb major incidència són, però, els bacteris.
- **El temps:** calen dècades, segles i, fins i tot, mil·lennis per a la formació del sòl. Des d'una perspectiva geològica, els sòls es formen i evolucionen constantment, i es regeneren en cas de destrucció accidental. Des d'una perspectiva humana, el sòl és un recurs no renovable.



### Components del sòl

- **Part mineral:** consta de sòlids (roques i minerals) en diferents i variades mides, constitueixen entre el 45 i el 50 % del volum total.
- **Matèria orgànica:** és la formada per restes animals i vegetals en diferents estats de descomposició, i que en general només ocupen entre el 0'5 i el 5% del volum total.
- **Aire:** en condicions normals ocupa el 25% del volum total i en la seva composició conté tots els gasos atmosfèrics.
- **Aigua:** ocupa aproximadament el 25% i encara que és mòbil com l'aire, sempre depèn del nivell d'humitat: més humitat igual a més aigua i menys aire; menys humitat igual a menys aigua i més aire.
- **Microorganismes:** són diminuts éssers vius que poblen el terra, però que no estan comptabilitzats en percentatge ( Bacteris, fongs, algues,...).
- **Éssers vius:** a més dels microorganismes, hi ha éssers vius perceptibles a la vista, com cucs, escarabats,....
- **Elements nutritius:** aquests ja estan inclosos dins dels apartats d'orgànics i mineral, però els volem anomenar per la seva importància per la supervivència de les plantes.

**Profunditat del sòl:** és el gruix de terreny on poden desenvolupar-se les arrels, abans de trobar algun obstacle natural com pot ser: capes de pedra, zones freàtiques, paviments,... Lògicament per saber la seva profunditat, tant sols cal fer un clot al terra fins arribar a la zona problemàtica. Com més gruixuda sigui la capa del sòl, millor desenvolupament tindran les arrels i podrem plantar exemplars d'arbres de més creixement. Vegeu l'esquema següent:



Esquema de la formació i evolució del sòl en interrelació amb les plantes

### Característiques del sòl

Per estudiar el sòl i saber les seves característiques, hem d'estudiar la **part mineral** per saber la quantitat de diferents elements nutritius químics i orgànics que estan dins del sòl i, per altra part, hem de conèixer el que s'anomena **la textura i l'estructura** del sòl.

- **Textura:** és la proporció dels diferents percentatges que conté de **sorra, llims i argila**.

\* **Sorra:** són partícules d'origen principalment silícic i que tenen una granulometria entre 0,02 i 2 mm.

\* **Llims:** són partícules de qualsevol origen químic i que la seva granulometria oscil·la entre 0,02 i 0,002 mm.

\* **Argila:** n'hi ha diferents tipus, composta de silicats i amb un to rogenc, degut als òxids de ferro, i que té una granulometria inferior a 0,002 mm. Segons els percentatges dels diferents elements, el sòl és més compacta o més soltes

Depenent de la proporció d'aquests 3 components es defineixen diferents textures possibles, les quals es representen en un diagrama triangular com el que mostra la pàgina següent.

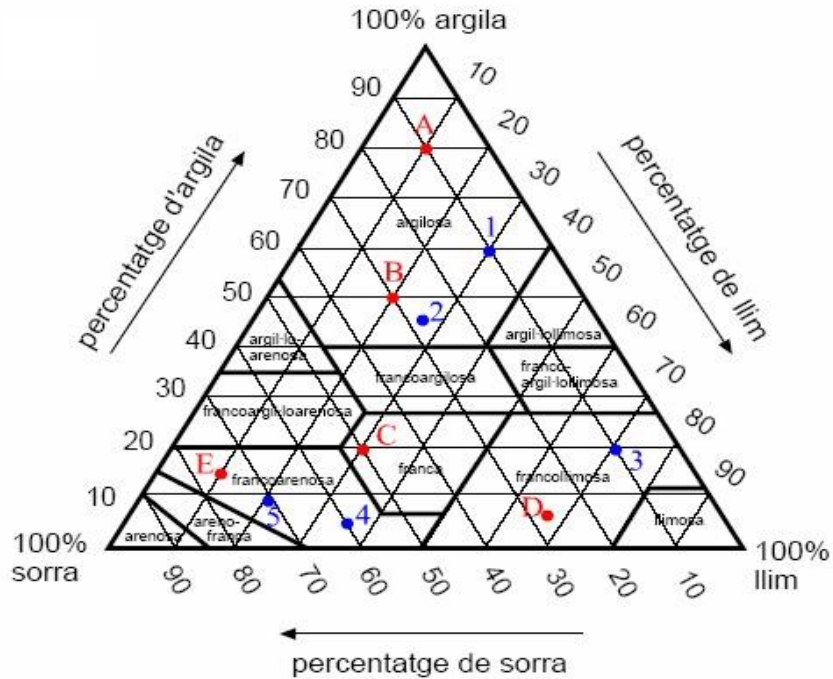


Diagrama triangular de les textures del sòl. Les lletres i números corresponen a les dades de diferents mostres: La mostra A, per exemple, conté un 80% d'argila, un 10% de llim i un 10% de sorra; i la seva textura és argilosa. En el cas de la mostra E, el contingut d'argila és del 15%, el de llim un 10% i el de sorra un 75%, sent la seva textura francoargilosa. Com es pot veure, per trobar la textura d'una mostra usant aquest diagrama, només cal trobar el punt d'intersecció dels 3 valors, tenint en compte que els valors d'argila segueixen línies horitzontals (tal com estan posats els números a l'eix corresponent) i els valors de llim i sorra segueixen línies inclinades tal com estan posats en números corresponents.

- **Estructura:** és la manera en que aquests diferents components s'ajunten entre ells, formant els terrossos, que poden ser de les següents formes:

\* **Granular:** mitjançant trossets petits que faran la terra més compacta i menys porosa i que mirats al microscopi tenen forma com de pèsols.

\* **Laminar:** s'ajuntaran en forma de làmines o fulls.

\* **Polièdriques:** tenen formes més aviat amb cantells tallats.

\* **Prismàtiques:** amb forma de prisma.

\* **Columnar:** Amb formes prismàtiques, però més arrodonides.



- **Porositat:** És l'espai no ocupat per partícules sòlides, expressada en percentatge de volum. Aquesta propietat depèn fonamentalment de la textura i l'estructura del sòl i també de l'activitat biològica i les tècniques de conreu.

- **Color:** Aquesta propietat es fa servir per establir les diferents classes de sòls en les classificacions clàssiques, però cal dir que la tipologia dels sòls basant-se en el color sempre ha generat moltes confusions.

L'interès del color d'un sòl es troba en el fet que és una propietat molt visible i fàcilment observable que ens aporta informació indirecte sobre les característiques i el comportament d'un sòl. Per exemple un sòl fosc indica un alt contingut de matèria orgànica-encara que hi pot haver altres condicions que el produeixin-, mentre que un sòl clar sempre indica pobresa de matèria orgànica. Altres elements cromogènics són els òxids i hidròxids de ferro i manganès, els sulfurs, els sulfats, el guix, els carbonats...elements que cadascun d'ells dona unes coloracions molt particulars als sòls.

-**Profunditat:** La profunditat d'un sòl és una propietat difícil d'establir en el camp, perquè sovint el pas des de la superfície cap al material originari sol ser gradual i sense límits clars. Aquesta propietat però, és molt important per l'ús agrícola d'un sòl, ja que un sòl poc profund amb una roca dura prop de la superfície limita el creixement de les arrels vegetals.

- **Salinitat:** En el sòl hi poden haver una sèrie de constituents de tipus salí, que es caracteritzen per la seva elevada solubilitat en aigua. Aquests components salins són majoritàriament els clorurs de sodi i magnesi, i en menor proporció, els clorurs de potasi i calci, i també en alguns casos sulfats de sodi i magnesi, o carbonats, bicarbonats i nitrats.

Aquestes sals s'acumulen al sòl per un procés anomenat salinització, la qual cosa provoca un augment de la pressió osmòtica, que té una influència negativa sobre el creixement vegetal, i a més també pot provocar problemes de competència entre alguns nutrients, i fins i tot toxicitat per les plantes, i encara més, pot arribar a modificar les condicions físico-químiques del sòl. Per exemple, una presència excessiva de sodi pot provocar una alcalinització del sòl ( $\text{pH} > 8,5$ ) que en destrueix la seva estructura

El color també és utilitzat en el treball de camp, per la diferenciació dels horitzons, ja que el color reflecteix les condicions físico-químiques del sòl, les reaccions red-ox, els processos de meteorització i fins i tot els processos erosius.

Podem veure la textura del sòl a ull nu, tant sols veient el color de la terra. Així: el color gris clar indica un sòl sorrenc; el color rogenc un sòl argilenc; el color entremig dels anteriors, és un sòl llimós; el color fosc marró i a cops tirant a negre, pot ser qualsevol dels anteriors, però la foscor indica el nivell de matèria orgànica que serà més elevat com més fosc sigui i està més relacionat amb la fertilitat de la terra i no amb la textura. Els sòls argilencs sempre retindran molt l'aigua i faran que les arrels pateixin per créixer amb normalitat.

Al contrari que els sòls sorrencs que realment tindran problemes per manca de retenció d'aigua i d'elements nutritius, degut a la seva inexistent **compactació**. Els millors sòls són els entremig dels dos anteriors, degut a que tindran una bona retenció d'aigua i de nutrients, i a més no compactaran la terra ni tindran problemes posteriors derivats d'asfíxies radiculars o saturació d'aigua.

De l'evolució dels diferents aspectes de la textura i la estructura d'un sòl se'n derivarà la seva degradació o conservació al llarg del temps. Són factors de degradació importants la **salinització** (augment de concentració de sals), la **compactació** (augment de la densitat del sòl per l'expulsió de l'aire que contenen les capes) pot disminuir la infiltració d'aigua fins a fer-la impossible i, evidentment, l'erosió (pèrdua accelerada del sòl per efectes sobretot de l'aigua de pluja, del vent, etc.). En canvi, la **humificació** (procés d'increment i de transformació de la matèria orgànica) no és un factor de degradació del sòl. Ampliarem més endavant els aspectes d'erosió del sòl.

### Perfil i horitzons del sòl

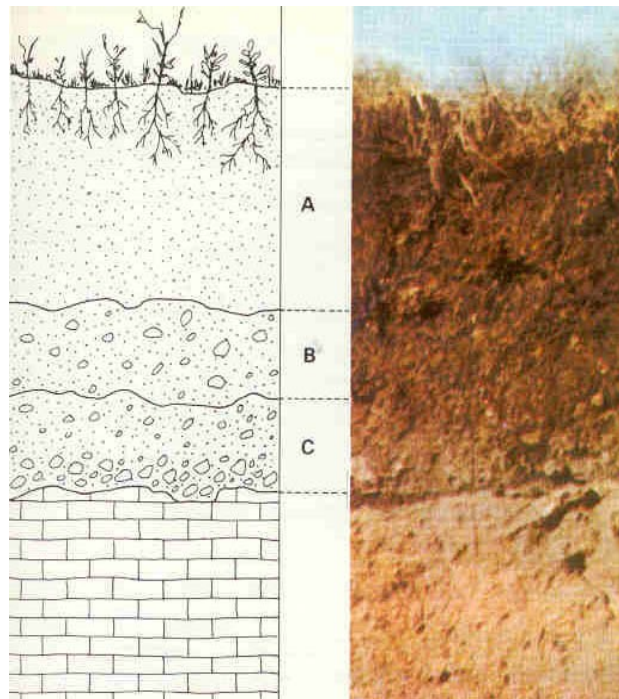
El **perfil d'un sòl** és una representació esquemàtica de la secció del sòl, en el que es posen de relleu les diferents **capes** anomenades **horitzons** que el formen. Segons quins horitzons tingui i la seva potència o gruix, el sòl tindrà unes o altres capacitats. A l'esquema i a la fotografia inferior podem veure el perfil "clàssic" d'un sòl.

L'**horitzó A** o **superior** és molt ric en matèria orgànica en descomposició (humus) i pobre en material rocós que és de gra fi (argiles). El seu espessor és d'uns pocs centímetres fins a més de 60 cm i generalment té una tonalitat fosca degut a la matèria orgànica. Pateix el rentat quan plou, el qual arrossega fragments minerals i solubles a capes inferiors. En aquest horitzó desenvolupen les seves arrels les herbes gramínies i també conté nombrosos organismes propis del sòl (cucs, talps, insectes, etc.).

L'**horitzó B** o **intermedi** està format majoritàriament per material mineral i amb poca matèria orgànica. Incorpora els materials arrossegats o dissolts per les precipitacions procedents de l'horitzó superior. Aquest horitzó té un **gruix** o

**potència** que pot variar entre pocs centímetres fins quasi 1 metre i a aquesta capa arriben les arrels dels arbustos i dels arbres.

L'**horitzó C** o **inferior** es format principalment per nombrosos fragments meteoritzats de la roca mare més o menys alterada i al qual arriben solament les arrels dels arbres més grans. Encara es podria parlar d'un **horitzó D** que seria la roca mare inalterada. Sovint les capes A, B i C poden estar dividides en subcapes per diferents motius: concentracions d'algunes substàncies -sals-, coloració de la capa, mida dels fragments de la roca mare, etc. Altres vegades, els sòls només tenen alguns dels horitzons teòrics i falten algunes de les capes.



El sòl agrícola presenta un perfil una mica modificat: una capa superior de color més fosc en el qual hi ha humus i les partícules més fines i soltes, que és la capa que es llaura i on arrelen els conreus i una capa inert sense humus, amb una coloració més clara i amb partícules de mida més gran i que recolza a sobre de la **roca mare**.

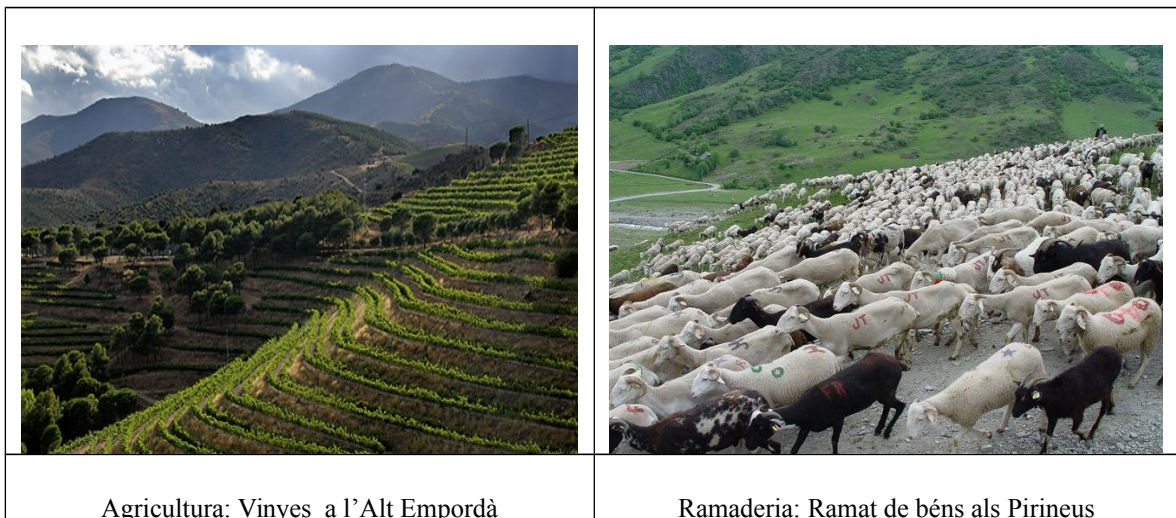
### Usos del sòl

La gestió i planificació dels sòls correspon a les diferents administracions i els ciutadans hem d'exigir que aquesta planificació i gestió es faci de forma racional. La millor gestió del sòl pot ser definida com l'ús més productiu i intensiu sense que aquest arribi a degradar-se. La planificació dels usos del sòl presenta molt sovint grans dificultats ja que hi apareixen interessos econòmics, industrials, socials, polítics, demogràfics, etc.

Els usos potencials dels sòls són els següents:

- **Agropecuari:** producció d'aliments a gran escala (agricultura i ramaderia)
- **Forestal:** boscos.
- **Regadiu,** superfícies destinades a ser regades artificialment, fet que en ocasions suposa un gran cost econòmic i de recursos.
- **Extracció de recursos** minerals, energètics o hídrics.
- **Industrial,** per a la instal·lació d'indústries.
- **Serveis, transport i comunicacions,** depuradores, abocadors, jardins, etc.
- **Residencials:** edificacions domèstiques i comercials.
- **Protecció de la Biosfera:** parcs nacionals, parcs naturals, etc.

Les fotografies inferiors en mostren alguns exemples:

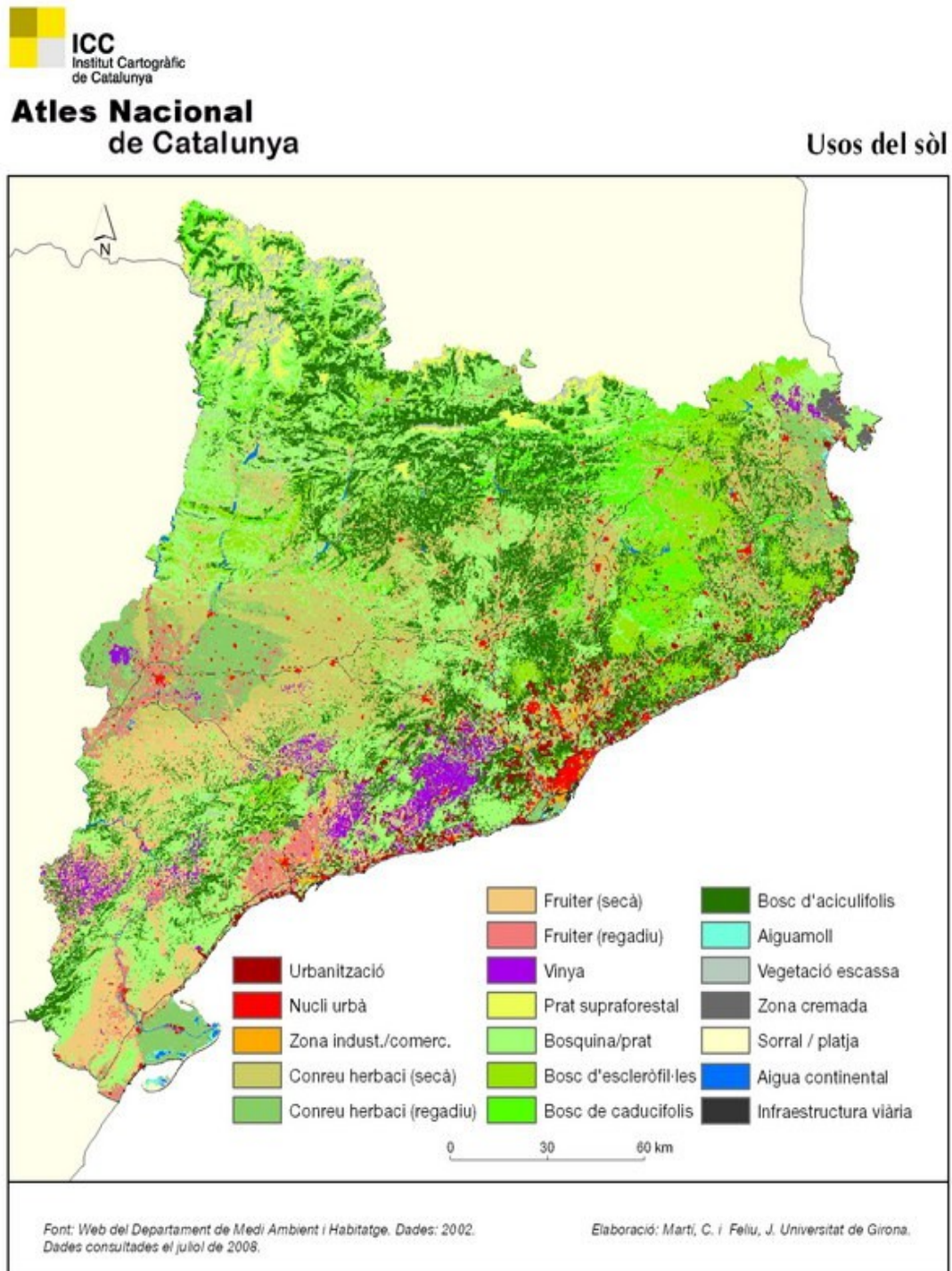




### Tipus de sòls

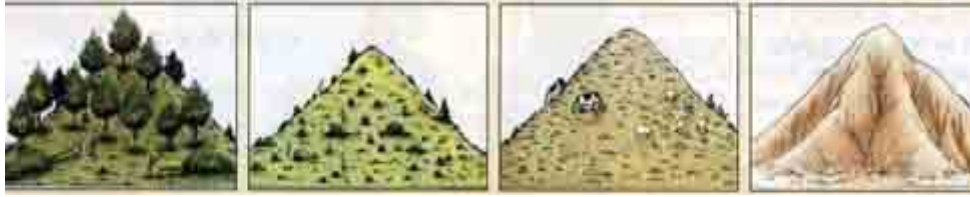
En [aquesta animació](#) es poden veure els diferents tipus de sòl i les seves característiques, en funció sobretot dels diferents climes de la Terra.

En relació a Catalunya podem trobar tota la informació sobre els diferents aspectes relatius al sòl en el web de [l'Institut d'Estudis Catalans](#).



Mapa dels usos del sòl de Catalunya

### Erosió i degradació del sòl (Risc edàfic)



L'**erosió** és un procés que comporta el desgast de la superfície terrestre sota l'acció dels agents erosius, aigua i vent, principalment. Aquesta acció natural ha existit sempre en la superfície terrestre.

Considerem la pèrdua del sòl, un recurs essencial per a la humanitat com acabem de veure, com un risc, ja que la regeneració del sòl és un procés molt lent. Els riscos que pateixen els sòls amb freqüència són l'**erosió** i la **desertificació**. L'**erosió** és un procés geològic natural i els factors que l'ocasionen són l'aigua, el gel, el vent, els éssers vius i entre ells, molt especialment l'home.

Quan només actuen les forces de la natura, l'erosió geològica o natural, la velocitat d'arrossegament del sòl és suficientment lenta de manera que la velocitat de formació compensi les pèrdues. Però si hi ha una ruptura de l'equilibri en favor de les accions erosives, el fenomen s'incrementa enormement. Aquesta acció accelerada és causada, en la major part dels casos, per l'acció humana: tala de boscos, incendis, transformacions en àrees cultivables, etc. Aquest tipus d'erosió s'anomena "erosió antròpica". La degradació d'un sòl és un fenomen complex, on intervenen molts factors. En funció del factor predominant podem distingir:

- **Degradació química:** pèrdua de fertilitat per sobreexplotació, contaminació i salinització.
- **Degradació física:** fonamentalment per pèrdua d'estructura per compactació del terreny a causa de la ramaderia o l'ús de maquinària pesada.
- **Degradació biològica:** pèrdua de l'humus, en disminuir l'activitat biològica.

El factors més importants que influeixen en l'erosió del sòl són el clima (el factor més important, sobretot la pluja i el vent), la natura del sòl, el pendent i la vegetació, exerceix una protecció mecànica alhora que subministra els components orgànics que actuen d'elements cohesionadors de l'estructura del sòl.

Alguns factors que afavoreixen la desaparició de la coberta vegetal són: els incendis, el pasturatge excessiu, la tala d'arbres, l'activitat agrícola que elimina la coberta vegetal primitiva per instal·lar un petit nombre d'espècies cultivades i d'altres accions antròpiques (mineria, obres públiques, etc.).

El sòls no són estàtics, sinó que són sistemes dinàmics que canvien i evolucionen en el temps. La majoria de processos edafogènics són molts lents, però si el procés natural es veu intensificat amb l'acció humana, llavors les conseqüències poden arribar a ser greus i devastadores per al propi sòl i també per als éssers vius que tenen el sòl com a suport.

Cal diferenciar entre l'**erosió hídrica**, que té l'aigua com a agent erosiu, l'**erosió glacial** de la neu durant el desglaç, l'**erosió eòlica**, causada pel vent, i l'**erosió biològica** ocasionada per l'activitat dels éssers vius, i també l'**erosió antròpica** provocada per l'espècie humana. Detallarem les dues primeres com a formes d'erosió natural més comuns al nostre país.

**Erosió hídrica**, causada per l'aigua de pluja en el moment en que arriba a la superfície del sòl i, s'escola o bé s'infiltra en el subsòl. L'impacte de les gotes de pluja trenca els terrossos que constitueixen la superfície i provoca la destrucció de la primera capa edàfica.



Xaragalls per erosió hídrica

L'erosió hídrica comença des del moment en que l'aigua arriba a la superfície del sòl i s'escola per la superfície o bé s'infiltra en el subsòl. L'aigua trenca els terrossos que constitueixen la superfície del sòl provocant una destrucció de la primera capa edàfica, i a mesura que el sòl es va amaratant d'aigua, arriba un moment que ja no s'infiltra més aigua i a la superfície del terreny es van formant tolls -si el terreny és pla- o bé l'aigua s'escola vessant avall -si el terreny té pendent-. Aquests efectes seran més o menys greus segons les característiques del sòl (composició, estructura, compactació dels materials, permeabilitat...) i també segons el poder erosiu de l'aigua de pluja (intensitat, durada, velocitat, tamany de les gotes...) .

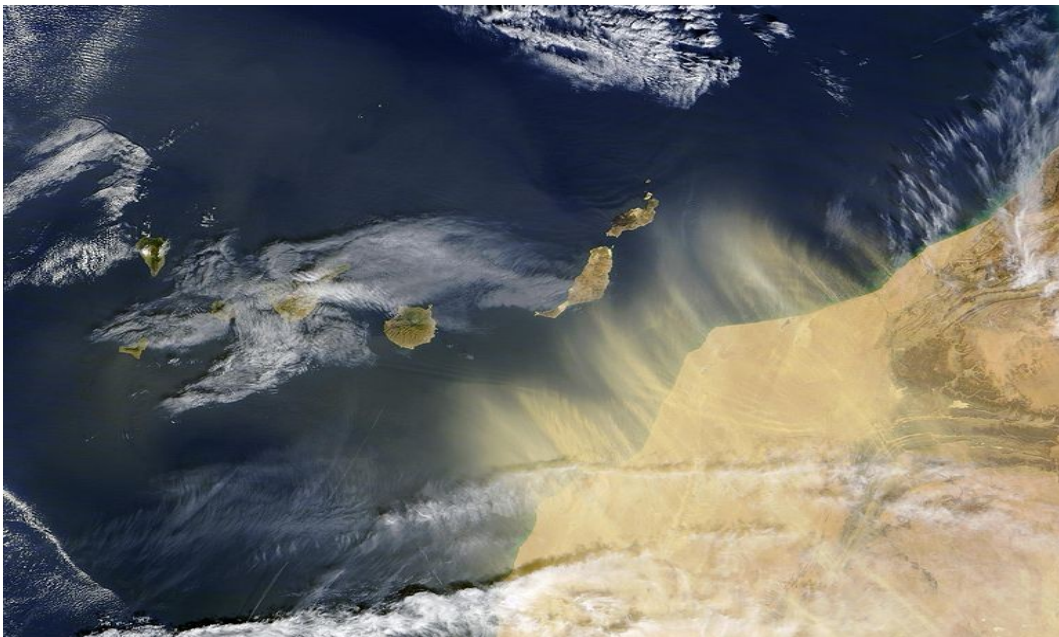
A més, l'aigua circulant es va acumulant en les irregularitats del terreny formant solcs que augmenten l'erosió del sòl a causa de la seva elevada capacitat de transport. Aquests solcs es van fent més i més profunds fins a formar **xaragalls** i finalment **barrancs**, i el resultat final és la típica morfologia de "**bad-lands**" (males terres) que representen un procés d'erosió molt avançat i pràcticament irreversible.



Bad - lands

Per poder predir, prevenir i avaluar l'erosió edàfica és necessària l'elaboració de mapes de risc, tenint en compte tots els factors citats anteriorment. Per realitzar aquests estudis hi ha mètodes directes que mitjançant l'observació de diferents indicadors físics i biològics, permeten conèixer el procés erosiu. Aquests mètodes directes són només aplicables a una àrea concreta i ens permeten saber amb exactitud la magnitud i la velocitat del procés erosiu.

**Erosió eòlica:** causada pel vent. Aquest tipus d'erosió es dona sobretot en zones àrides, amb escasses precipitacions, ambient sec, molt poca vegetació, intensa insolació i poca nuvolositat. En aquestes condicions, les partícules lleugeres i més fines alliberades per l'alteració de les roques són arrossegades pel vent.



Pols del Sàhara arrossegada pel vent arriba a les Illes Canàries

A Catalunya són l'erosió hídrica i l'erosió eòlica les principals causants de la degradació i la pèrdua dels sòls, doncs l'erosió es veu afectada sovint per factors climàtics, com pluges torrencials de tardor...etc. A més hi ha altres factors que condicionen el grau d'erosió d'un terreny, com són el relleu i el pendent del sòl, la presència o absència de vegetació, sense oblidar les activitats humanes com poden ser la deforestació o els incendis que augmenten la vulnerabilitat del sòl.



Bosc cremat: Els incendis són un factor desencadenant de l'erosió edàfica, ja que priven el sòl del mantell vegetal

Cal diferenciar dos conceptes, erosivitat i erosionabilitat, que són de vital importància per interpretar les zones amb risc d'erosió i per prendre les mesures correctores. L'**erosivitat** és la capacitat erosiva de l'agent geològic predominant en un espai determinat (aigua, vent, gel...). En canvi l'**erosionabilitat** és la vulnerabilitat d'un sòl per ser degradat, i és un factor que depèn del tipus de sòl, de l'orografia i de la vegetació.

### **Indicadors físics**

Avaluen el grau d'erosió fent incisions o marques sobre el terreny. Hi ha tres graus d'erosió:

Grau 1: EROSIÓ LAMINAR

Produeix moviments a l'horitzó superficial del sòl

Grau 2: EROSIÓ EN SOLCS

Produeix incisions en forma de solcs en el terreny

Grau 3: EROSIÓ EN XARAGALLS

Produeix solcs de gran tamany en profunditat i en amplada

### **Indicadors biològics**

S'utilitza la vegetació com a indicador de l'estat del sòl. Hi ha cinc graus d'erosió:

Grau nul: Vegetació densa, sense arrels a la vista

Grau baix: Vegetació clara, acumulació de pedres, algunes arrels al descobert

Grau mig: Vegetació molt aclarida, arrels al descobert, presència de petits solcs

Grau alt: Poca vegetació, arrels al descobert, presència de regarots i solcs

Grau molt alt: Absència de vegetació, presència de xaragalls i barrancs

A casa nostra, l'erosió causada pel vent, o **erosió eòlica**, està localitzada a la zona costanera deguda a l'existència de vents de forta intensitat, com passa a l'Empordà i al delta de l'Ebre.

Aquest tipus d'erosió es dona sobretot en zones àrides, que es caracteritzen per tenir escasses precipitacions, ambient amb humitat limitada, vegetació escassa i dispersa, intensa insolació i poca nubolositat, factors que impossibiliten que hi hagi reaccions químiques de meteorització en el terreny (ja que necessiten un medi aquós per tenir lloc) i per això, en aquestes condicions els afloraments rocosos i els enderroc superficials estan intensament afectats per la disgregació granular. En aquests tipus de terrenys, sense un sòl amb un perfil significatiu no hi sol haver clastes ni partícules alliberades per l'alteració de les roques, ja que les fraccions més fines i lleugeres són arrossegades pel vent.

### **Desertificació i desertització**

La **desertificació** és el procés de degradació del sòl provocat directament o indirectament per l'acció humana, en el que la terra fèrtil i productiva perd parcialment o totalment el potencial de producció. I anomenen **desertització** al procés natural de formació d'un desert. La desertització és un procés evolutiu i natural d'una regió del planeta cap a unes condicions morfològiques, climàtiques i ambientals, que agrupades reben el nom de **desert**. Els factors que determinen la desertització són diversos: astronòmics, relacionats amb el relleu, relacionats amb l'activitat biològica i geològica de la Terra,...I els processos que afavoreixen els terrenys de tipus desèrtic són: la **degradació física** o pèrdua de l'estructura del sòl a causa, sobretot de l'ús de maquinària agrícola pesant o del pasturatge intensiu; **degradació química** o pèrdua de la riquesa i la fertilitat del sòl a causa de l'abocament d'elements contaminants, del rentatge dels nutrients, de la salinització,...; **degradació biològica**, ocasionada per la desaparició de la matèria orgànica i l'**erosió hídrica i eòlica**.



La **desertificació** és un procés irreversible o gairebé irreversible de degradació extrema del sòl, mitjançant el qual aquest perd la seua productivitat ecològica i que és provocat per la sobreexplotació humana. Aquest fenomen afecta a una quarta part de la superfície terrestre (360 milions d'hectàrees) i a una població aproximada de 900 milions de persones.

**Desert:** es defineix com a desert un territori amb una precipitació anual inferior als 250 l/m<sup>2</sup> (zones àrides) i als 100 l/m<sup>2</sup> (deserts extremadament àrids). Aproximadament el 30% de la superfície continental de la Terra són deserts o zones semi-desèrtiques. Els processos que acabem de comentar es poden observar en [aquests esquemes](#).

### Desertificació a l'Estat espanyol

L'Estat Espanyol és l'únic país europeu classificat com de “molt alt risc de desertificació” pel PNUMA (Programa de les Nacions Unides per al Medi Ambient). Cada any es perden a l'Estat espanyol 1.150 milions de tones de sòl fèrtil a causa de l'erosió i desertificació, com a resultat de pràctiques agrícoles i forestals inadequades, incendis forestals, obres públiques i activitats mineres, principalment, a més d'una inexistent o deficient planificació del territori. Només el 33% del territori presenta pèrdues menors a 12t/Ha/any. La desertificació a Espanya representa unes pèrdues anuals de uns 180 milions d'euros sense comptar el veritable valor ecològic a llarg termini del sòl erosionat



Les peculiaritats de la Península Ibèrica, amb moltes zones de fort relleu i amb una climatologia caracteritzada per precipitacions escasses, però sovint torrencials, i amb moltes terres argiloses de difícil drenatge la fan especialment vulnerable a l'erosió i la desertificació. Si aquests factors de risc, afegim unes pràctiques agrícoles, sovint inadequades, l'eliminació de la coberta vegetal d'amples regions i una desafortunada política forestal que ha substituït massa sovint la vegetació autòctona per cultius

forestals més productius de pins i eucaliptus, però molt més susceptibles d'incendis, la incidència d'unes obres públiques sense massa requisits ambientals, es pot explicar fàcilment per què la desertificació és un dels problemes ambientals més greus del territori espanyol.

En els territoris que voregen la costa mediterrània (Catalunya, País Valencià, Múrcia i Andalusia), on coincideix una topografia amb pendents superiors al 15 % i tempestes tardorals freqüents, es produeix el 70 % de l'erosió dels sòls. Canàries, Extremadura, Aragó, Balears i Galícia completen el panorama de les comunitats autònomes més erosionades de l'Estat espanyol. La Universitat de València disposa d'un centre d'investigacions sobre desertificació ([CIDE](#)).

Els diferents motius que acceleren la desertificació es poden veure en [aquesta animació](#).

### Com controlar l'erosió

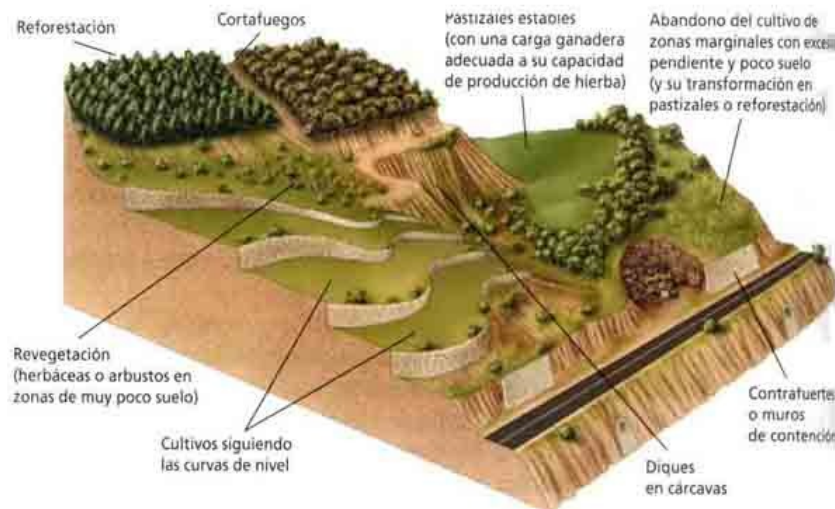
Gairebé tots els mètodes per controlar l'erosió consisteixen en mantenir el sòl cobert de vegetació ja sigui amb mesures sobre la coberta vegetal fent plantacions d'espècies autòctones del bosc o de plantes d'ús agrícola o amb mesures sobre els cursos d'aigua.



- Mesures de caràcter forestal:
  - **Replantacions forestals.** Sovint, quan les replantacions es duen a terme en vessants de fort pendent, es realitza prèviament la formació de terrasses, tècnica criticada per la remoció del terreny que suposa. També es fan bancals si el sòl es molt compactat i sense estructura.
  - **Millora del sotabosc:** en aquells llocs on les condicions ambientals no permeten el creixement del bosc.
  - **Tractaments silvícoles:** manteniment en bon estat de les masses forestals. Entre elles destaquen les podes, la neteja de l'excés de biomassa, que pot afavorir els incendis, o la lluita contra les plagues com [la processionària del pi](#).
- **Obres hidràuliques** com el control de la circulació de l'aigua, disminuint amb petites preses la força erosiva de les avingudes.
- Mesures de caràcter agrícola:
- **Construcció de terrasses o bancals** en les vessants de les muntanyes. Cal tenir en compte però, que fer terrasses i solcs implica la utilització de maquinària pesada que compacta el sòl i destrueix la seva estructura.



- **Conreu conservacionista**, és a dir sense arada profunda que destrueix el sòl.
- **Conreus en franges o corredors**: en conrear un vessant, els solcs segueixen una línia horitzontal seguint les corbes de nivell. Així, cada solc actuarà com un petit dic que frena l'aigua de pluja. En el cultiu en franges s'alternen diferents cultius, per exemple amb cereals i lleguminoses. En el cultiu en corredor s'intercalen entre bandes de vegetació arbustiva o arbòria.
- **Restablir la fertilitat del sòl**: per a recuperar els nutrients del sòl perduts per l'erosió, el rentat o la sega, es pot recórrer a tres tipus de fertilitzants orgànics: el fem, l'adob verd (vegetació fresca introduïda en llaurar) i el [compost](#).



## LA HIDROSFERA

La **hidrosfera** (del grec hydros: aigua i sphaira: esfera) descriu a ciències de la Terra el sistema material constituït per tota l'aigua que es troba a la Terra, l'únic planeta del sistema solar en el qual es coneix l'aigua en els seus tres estats: sòlid, líquid i gasós. Si mirem el nostre planeta des de l'espai, caldria anomenar-lo "aigua", ja que aquesta cobreix gairebé les tres quartes parts de la seva superfície. L'aigua és el més valuós dels recursos naturals, ja que forma part de tots els éssers vius i de molts minerals i roques.

En l'actualitat, els mars i els oceans són un motiu de preocupació per a una gran part de la humanitat: la meitat de la població mundial viu a menys de 150 km de la costa i més de 200 milions viuen directament del mar. La hidrosfera es va formar per la condensació i solidificació del vapor d'aigua contingut en l'atmosfera terrestre primitiva, a mesura que la temperatura del planeta



anava disminuint. La vida s'hi originà fa més de 3.000 milions d'anys i, a hores d'ara, la hidrosfera contribueix en gran mesura a conservar-la, atès el seu paper essencial en la regulació dels climes.

### Distribució de l'aigua a la Terra

L'aigua de la hidrosfera, en cas d'estar repartida uniformement al voltant de la Terra, representaria una capa de prop de 3 km d'espessor. Atès que seva distribució no és uniforme, podem considerar sis sistemes aquàtics: oceans, glaceres, aigües subterrànies, aigües superficials (aigües salvatges, llacs i rius), atmosfera i biosfera.

La taula inferior representa una estimació aproximada del volum d'aigua present en cada un de apartats esmentats. Cal destacar que la immensa majoria de la hidrosfera es troba en forma d'aigua salada, no utilitzable directament pels humans. La resta correspon a les aigües continentals: fixeu-vos en l'important volum d'aigua retinguda en forma de gel en els continents (si tenim en compte que vivim en un període interglacial); fixeu-vos també en el volum d'aigua subterrània, molt superior al de llacs i rius. Així doncs, l'aigua que corre pels rius i que utilitzem com a font d'aigua per als nostres usos, és molt escassa.

	<b>Volum (km<sup>3</sup>)</b>	<b>% Sobre el total</b>	<b>Temps que hi roman l'aigua</b>
<b>Total d'aigua</b>	1.386 x 10 <sup>6</sup>	100	
<b>Oceans</b>	1.350 x10 <sup>6</sup>	97,2	3.000 anys
<b>Glaceres</b>	28 x 10 <sup>6</sup>	2,2	8.000 anys
<b>Aigües subterrànies</b>	8 x 10 <sup>6</sup>	0,6	300-5.000 anys
<b>Llacs i rius</b>	200.000	0,02	1-100 anys /12-20 dies

<b>Atmosfera</b>	13.000	0,001	9-12 dies
------------------	--------	-------	-----------

La quantitat d'aigua de la hidrosfera es pot considerar constant. Existeixen en l'alta atmosfera reaccions de fotodissociació provocades per la radiació solar que destrueixen el vapor d'aigua. També, hi ha aigua que entra a la Terra en els meteorits, però en ambdós casos es tracta de quantitats menyspreables. La quantitat d'aigua que surt de l'interior de la Terra (volcans, fonts termals) és compensada per l'aigua que hi entra en les zones de subducció.

### El cicle de l'aigua

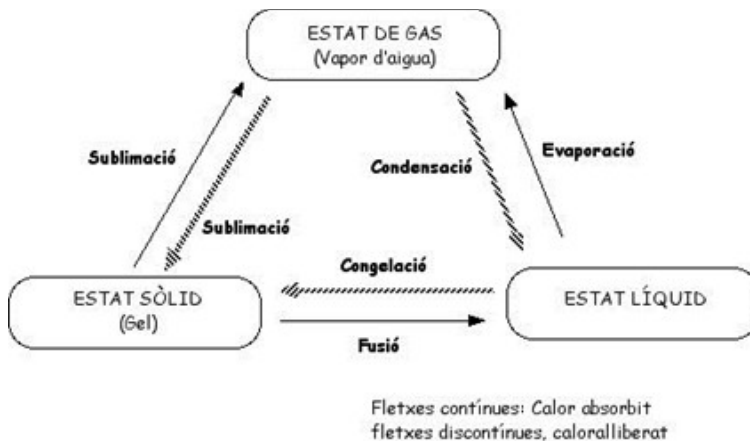
Aquest [vídeo](#) mostra “el viatge” que va fent una molècula d'aigua a la Terra i ens serveix per fer una introducció al cicle de l'aigua. Aquest [altre vídeo](#), una mica diferent, descriu les funcions del cicle de l'aigua; espero que us agradi. Finalment podeu veure aquesta animació.



L'aigua de la Terra està en continu moviment, circula contínuament d'uns llocs a uns altres, tot canviant el seu estat físic. Els moviments i canvis de fase de l'aigua en la hidrosfera constitueixen un circuit tancat, anomenat **cicle hidrològic**, que es manté en funcionament gràcies a l'aportament d'energia solar i per la força de la gravetat. El Sol proporciona l'energia necessària per a elevar l'aigua en evaporar-la i la gravetat fa que l'aigua condensada als núvols precipiti i que, una vegada a la superfície, s'escorri sempre cap a zones topogràficament més baixes. La hidrosfera es troba en contínua interacció amb els altres subsistemes terrestres (atmosfera, geosfera i biosfera).

**Canvis d'estat de l'aigua:** Caldria esmentar, a més dels processos anteriors, el concepte de **dissolució** que fa referència a l'estat de les substàncies sòlides que pot dur l'aigua en dissolució. En el cicle hidrològic, l'aigua passa de la hidrosfera a l'atmosfera mitjançant l'**evaporació**. El refredament del vapor d'aigua ascendent produeix la seva condensació i la formació de núvols, i per mitjà de la **precipitació** l'aigua és retornada en forma líquida o sòlida a la superfície terrestre. L'aigua que cau sobre el continent pot seguir diversos camins: el superficial, que consisteix en el seu desplaçament en superfície cap a les zones més baixes, de manera lliure (aigües salvatges) o canalitzada (rius). L'aigua

retinguda, la quantitat de la qual està d'acord amb les característiques d'absorció del sòl, del clima (que afavoreix o dificulta la seva retenció en forma de gel) i de l'acció dels



éssers vius que la incorporen i, finalment, l'aigua que s'infiltra per les capes permeables del terreny, fins incorporar-se a les aigües subterrànies.

Finalment, tota aquesta aigua caiguda sobre el continent, acabarà en els mars. El concepte d'**evapotranspiració** agrupa dos processos,

l'evaporació i la transpiració: el primer fa referència al pas de l'aigua des de la superfície terrestre a l'atmosfera, en forma de vapor, per mitjà d'un procés purament físic, mentre que la transpiració té lloc a través de l'acció dels éssers vius, fonamentalment la vegetació.

Pel que fa a la quantificació del balanç hídric, en els oceans les pèrdues per evaporació superen a les precipitacions, obtenint-ne un balanç negatiu; per contra, sobre els continents les precipitacions superen a les pèrdues per evapotranspiració i infiltració, i aquest excedent és igual a la quantitat d'aigua que, en forma de vessament superficial o subterrània, flueix dels continents als oceans pels rius superficials o subterrànies. Aquestes quantitats són en resum per la Terra i en un any les següents:

**Balanç en l'oceà:** Precipitació - Evaporació = 324.000 km<sup>3</sup> - 361.000 km<sup>3</sup> = - 37.000 km<sup>3</sup>/any

**Balanç en el continent:** Precipitació - Evapotranspiració = 99.000 km<sup>3</sup> - 62.000 km<sup>3</sup> = + 37.000 km<sup>3</sup>/any

### Aigües oceàniques

Com hem vist abans, més del 97% de l'aigua del planeta correspon a les **aigües marines o oceàniques**. L'àrea superficial que ocupen suposa el 71% de la superfície de la Terra, Per tant, no és difícil de pensar que tant pel cicle de l'aigua com per la vida en el planeta serà molt important el que passi a les aigües oceàniques. [Aquesta animació](#), encara que està en anglès, es pot seguir molt bé, ens explica la circulació general de l'aigua dels oceans de la Terra. A continuació estudiarem les propietats i les funcions de l'aigua del mar:



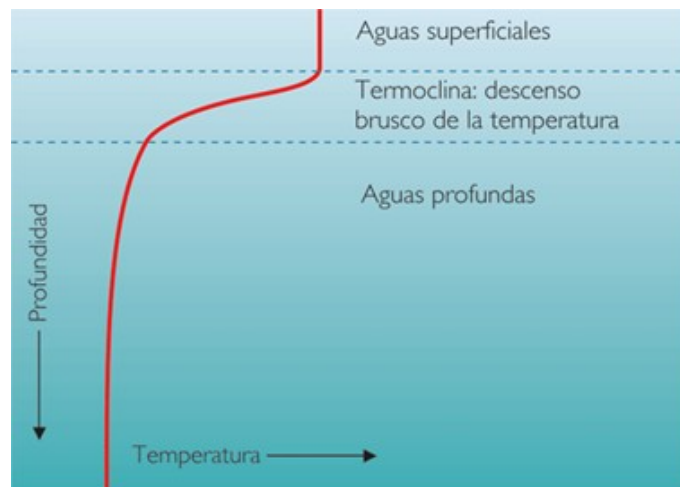
**Salinitat:** s'anomena salinitat a la quantitat de sals dissoltes per litre d'aigua que s'expressa en grams de sal per litre d'aigua i té un valor mitjà de 35 g/l (g=grams i l=litre), és a dir, un litre d'aigua conté 35 grams de sals en dissolució (valors normals entre 33 i 39 g/l), de les quals la principal és el clorur sòdic que li dona el gust salat

característic. A vegades també s'expressa en parts per mil i el valor és el mateix, és a dir, 35 g/l equivalen a 35 parts per mil.

**Densitat:** Degut a la concentració salina de l'aigua de mar, la seva densitat és més gran que la de l'aigua pura. La densitat de l'aigua depèn de la temperatura i la salinitat. És directament proporcional a la salinitat, és a dir, com més salinitat, més substàncies en dissolució, més densitat, i inversament proporcional a la temperatura, és a dir, com més temperatura, menys densitat. La densitat també és més alta com més freda i/o salada estigui l'aigua. Les diferències de salinitat i temperatura originen masses d'aigua de diferent densitat que tendeixen a desplaçar-se en sentit vertical i horitzontal, de manera que les més denses se situen a sota de les de densitat menor. Aquesta tendència, juntament amb altres factors com la rotació de la Terra, origina els corrents marins

L'aigua oceànica, degut a la seva abundància, el seu poder calorífic i els corrents que té, constitueix un mecanisme de transport molt eficaç (més que l'atmosfera), de forma que té una gran importància sobre la regulació del clima terrestre. Altres sals que es troben en l'aigua de mar contenen elements com el iode, el fluor, el ferro, el coure, etcètera. La composició de l'aigua de mar és per tant molt complexa però es pot considerar bastant constant, encara que presenti variacions locals. Aquesta composició mitjana de l'aigua marina sembla no haver variat durant els últims 600 milions d'anys.

**Temperatura:** pel que fa a la temperatura, l'aigua dels oceans es pot considerar dividida en dues parts: la zona superficial, damunt de la termoclina, i les aigües profundes, sota de la termoclina, vegeu el gràfic:



**Termoclina:** Zona o capa en la qual la temperatura disminueix bruscament amb la profunditat, generalment 1°C per metre; se situa entre 100 i 1000 m de profunditat. En els oceans de les zones tropicals existeix una termoclina permanent durant tot l'any i que sol ser molt acusada. La termoclina impedeix la barreja de l'aigua que hi ha per sobre d'ella amb que hi ha per sota; això porta conseqüències importants per als éssers vius que habiten aquests mitjans. Per exemple: per sobre de la termoclina disminueixen els nutrients, en ser consumits pel fitoplàncton i sedimentats a capes més profundes. Per sota, en les capes profundes pot disminuir o fins i tot desaparèixer l'oxigen, ja que aquest es consumeix en l'oxidació de la matèria orgànica i en no estar aquesta capa en contacte amb l'atmosfera no es pot renovar aquest gas.

Les aigües superficials estan en continu moviment com a conseqüència principalment dels vents. Aquesta capa superficial té una temperatura prou uniforme en tot el seu espessor, entre 12 i 30° C segons la latitud, com a resultat de la radiació solar i la barreja produïda pel moviment de les aigües.



Aigua superficial del mar intensament moguda pel vent

Les aigües profundes suposen la major part de l'aigua marina: presenten temperatures entre 5 i -1° C, sense massa variació tèrmica en profunditat. Aquestes aigües també es mouen, encara que per altres motius, formant uns corrents marins profunds que van pels fons dels oceans a una velocitat molt lenta.

La temperatura de l'aigua depèn de la radiació i l'absorció de la radiació solar, que es produeix en els primers metres de la columna d'aigua. La temperatura de les aigües dels oceans està superficialment sotmesa a les oscil·lacions estacionals i condicions meteorològiques; encara que les variacions (degut a l'elevat calor específic de l'aigua) són menors que a l'atmosfera.

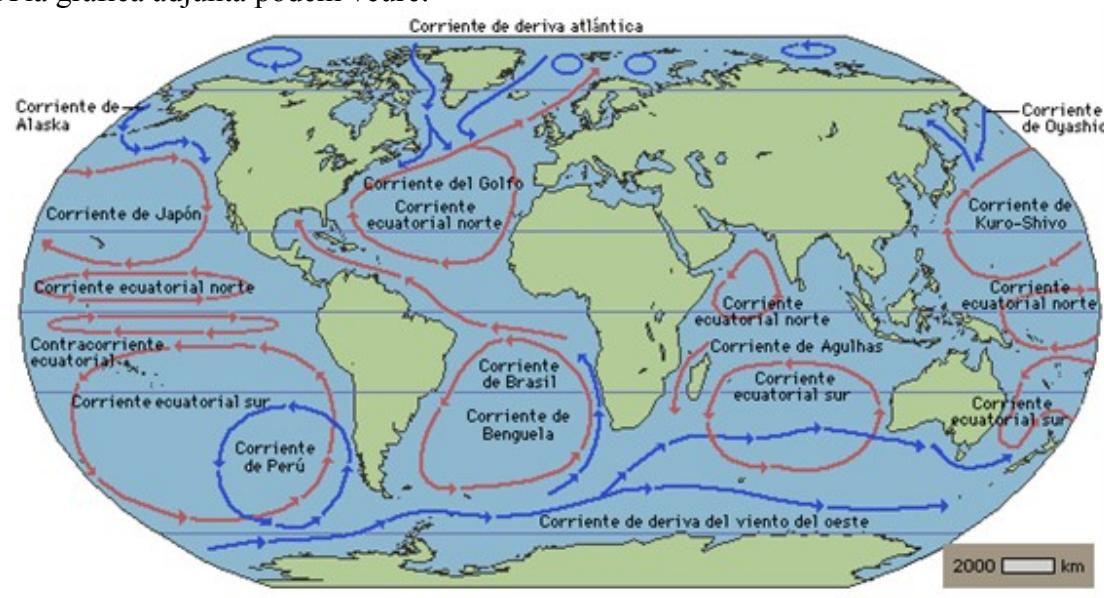
L'energia solar mou els oceans de la mateixa forma que passava en l'atmosfera, ja que aire i aigua són dos fluids que es regeixen per les mateixes lleis físiques. Tot i això, hi ha importants diferències, ja que l'aigua, en ser pràcticament incompressible i unes 1000 vegades més densa que l'aire, presenta uns moviments molt més lents. A més, els continents actuen com una barrera a aquests moviments, cosa que no passa amb l'aire.

De totes maneres, aquest moviments d'aigua o corrents marins realitzen una redistribució importantíssima del calor rebut per la Terra. La temperatura superficial varia d'uns 32°C a les regions càlides a uns 2°C a les regions polars, encara que a partir d'una certa profunditat la temperatura es manté constant entre 2 i 4°C.

## Corrents oceànics

Recordem que l'aigua dels oceans es pot considerar dividida en dues parts: la zona superficial, per sobre de la termoclina i les aigües profundes. Les aigües superficials estan en continu moviment com a conseqüència dels vents dominants, els quals produeixen dos tipus de moviments els **corrents** i les **onades** i també a conseqüència de l'atracció gravitatòria dels astres del sistema solar, especialment el Sol i la Lluna, que originen les **marees**. Les aigües profundes també es mouen lentament formant uns **corrents** que circulen pel fons.

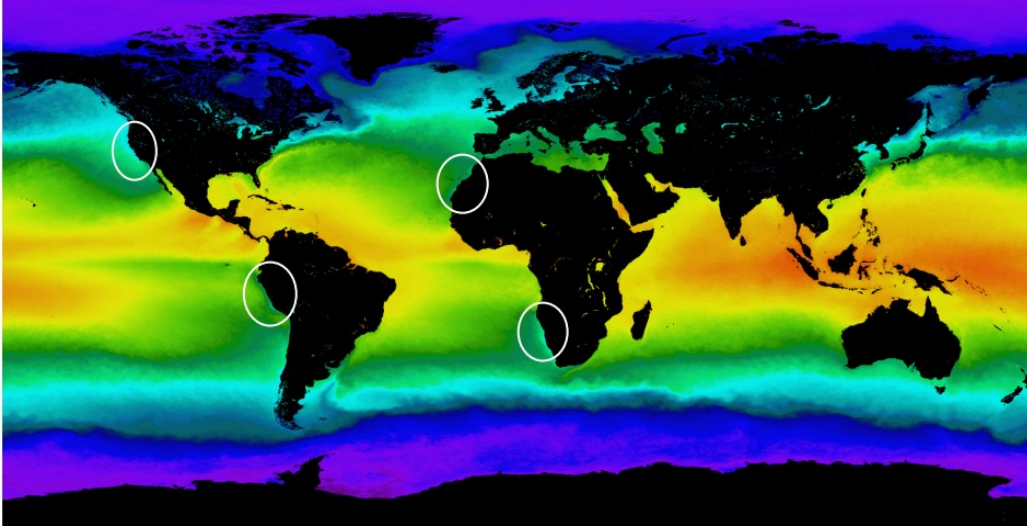
**Corrents superficials:** Els vents que bufen per sobre de les masses oceàniques transmeten una gran quantitat d'energia a l'aigua, per això, el seu desplaçament el determina el sentit en què bufen els vents dominants, encara que les masses continentals modifiquen la seva trajectòria, i fins i tot les poden interrompre implicant la transferència de calor cap a les zones polars i afavorint la formació dels casquets polars. A la gràfica adjunta podem veure:



- Corrents equatorials del nord i del sud, dirigides cap a l'oest i originats pels vents alisis
- Aquests corrents equatorials viren cap al seu pol al llarg del marge occidental de l'oceà, tot formant corrents càlids paral·lels a les costes dels continents (corrent del Golf, Kuro Shivo, Brasil, etc)
- Els vents de l'oest de les latituds temperades provoquen corrents en aquesta direcció, els quals, en aproximar-se als marges orientals dels continents es desvien cap al nord i sud originant corrents freds com el del Perú, Benguela o Canàries. No ens ha de sorprendre que hi hagi relació entre la direcció dels vents i la direcció dels corrents marins, com podràs observar en [aquesta animació](#), posa el cursor damunt la imatge i apareixen fletxes que indiquen la direcció dels vents dominants.

Com que la terra gira cap a l'Est, les aigües tenen tendència a endarrerir-se en els marges occidentals dels oceans, cosa que explica que els corrents més intensos apareguin en aquestes zones. Altrament, en els marges orientals dels oceans es produeix una espècie de separació de les aigües superficials respecte als continents, fet que afavorirà els

processos d'**aflorament**: moviment ascendent de l'aigua marina profunda cap a la superfície produït per una divergència de corrents o per l'efecte de vents terrals, que es dona en determinades zones oceàniques i té molta importància econòmica perquè els indrets on hi ha afloraments, l'aigua porta molts nutrients del fons del mar, això atrau als animals marins a aquest indrets i també als humans que sabem que són zones riques en pesca.



En la fotografia superior podem veure els quatre afloraments més importants de la Terra. El color lila correspon a les temperatures més baixes i el taronja a les més altes. Fixeu-vos que en els afloraments, la temperatura de l'aigua és més baixa que l'aigua de l'entorn.

**Onades**: les onades són moviments de l'aigua superficial de l'oceà originades pels vents. El vent transfereix la seva energia a l'aigua produint onades, que es mouen en la direcció del vent allunyant-se del centre d'origen, però l'únic moviment progressiu que es produeix és de l'energia a través de l'aigua, l'aigua mateixa no pateix cap transport horitzontal. Quan les ones s'apropen a zones poc profundes, en trobar una resistència en el fons, trenquen sobre la costa, alliberant l'energia que conté l'aigua. Característiques de les onades:



- Són moviments ondulatoris de l'aigua induïts pel vent.
- Les partícules de l'aigua, en rebre l'impuls del vent, descriuen un moviment circular.
- L'ondulació de la superfície de l'aigua es produeix a causa de la diferent posició de les

partícules en la seva trajectòria circular. Totes les partícules comencen i acaben el seu moviment en el mateix punt, de manera que la massa d'aigua no es trasllada.

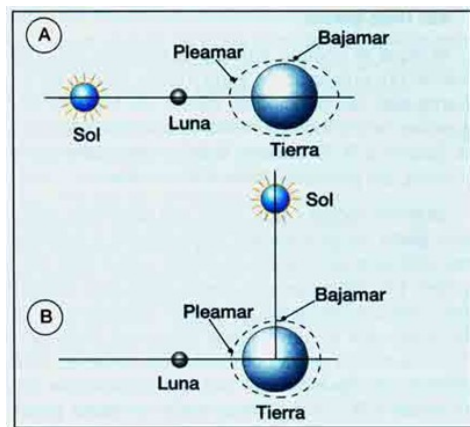
Quan el moviment té lloc prop de la costa, el fregament amb el fons altera el moviment de les partícules d'aigua, es deforma el moviment circular i augmenta l'alçaria de les



onades, fins que la part superior cau i l'onada trenca sobre la costa. En aquest [vídeo](#) podràs veure l'explicació de la formació i el moviment de les onades.

**Marees:** Les marees són variacions periòdiques del nivell del mar causades per la força d'atracció de la Lluna i el Sol. A causa de la seva menor distància a la Terra, l'atracció lunar és unes 2,2 vegades major que la solar. La marea lunar té un període de 12h 30m, que és el temps que transcorre entre dos estats consecutius de màxim nivell (**plenamar**) o de mínim (**baixamar**). La diferència d'altura entre aquests dos nivells, o **amplitud de la marea**, sol oscil·lar entre dos i tres metres en els oceans i mars oberts com per exemple, el Cantàbric; en canvi, en mars tancats, com el Mediterrani, és gairebé imperceptible.

La màxima elevació es produeix en el punt de la hidrosfera més pròxim a la Lluna, on l'atracció és màxima, i en el diametralment oposat, on l'atracció és mínima. Aquest augment de nivell en aquests punts es compensa amb el descens en els intermedis. Al girar la Terra, aquestes posicions es van alternant cada 6 h 15m. Quan el Sol es troba en línia recta amb la Terra i la Lluna, la seva acció se suma a la d'aquesta última, i es produeixen les marees vives -situació A en la figura de la pàgina següent- de màxima amplitud, mentre que si els dos astres es troben en angle recte respecte a la Terra, els seus efectes es contraresten i es formen unes marees d'escassa amplitud anomenades marees mortes -situació B en la figura de la pàgina següent.



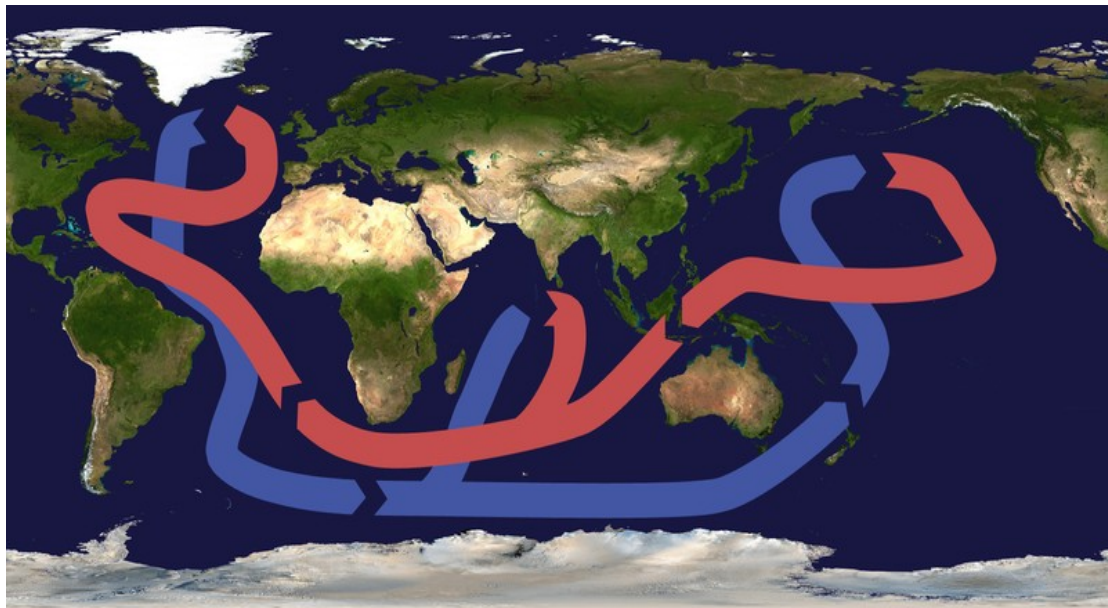
En ascendir la marea, i fins arribar a el nivell de la plenamar, es produeix un corrent cap al continent mentre que en descendir la marea, fins a la baixamar, el corrent es dirigeix cap al mar. Aquest fenomen dona lloc a una barreja d'aigües dolces i salades en la desembocadura dels rius, especialment en rius i estuaris.



Marea baixa: en retirar-se l'aigua, les barques toquen el fons del mar

**Corrents profunds:** els corrents oceànics profunds o termohalíns s'originen per diferències de densitat. que recordem depèn de la salinitat i de la temperatura. La interacció entre els dos tipus de corrents, els superficials i els profunds produeix un moviment o corrent de grans masses d'aigua a escala de tot el planeta que s'anomena cinta transportadora oceànica. És a dir, afecta a tots els oceans de la Terra, i representa un mecanisme d'intercanvi d'aigua i calor entre els diferents oceans.

En [aquest vídeo](#) de la NASA ho podràs veure força bé.



Cinta transportadora oceànica

En [aquesta animació](#) podràs veure amb tot detall el conjunt dels corrents oceànics. Per aquest motiu, podem afirmar que les aigües marines del planeta constitueixen de fet un sol oceà. La circulació s'inicia amb un refredament de les aigües superficials, que s'enfonsen perquè arriben a ser més denses que les inferiors. La principal zona de formació d'aquests corrents es situa al nord de l'oceà Atlàntic.

L'aigua densa enfonsada comença un recorregut pels nivells inferiors de l'oceà, per la qual cosa aquest tipus de circulació s'anomena circulació profunda. D'acord amb els

estudis realitzats, s'han proposat dos esquemes de circulació termohalina que es basen en el recorregut seguit per l'aigua en el seu camí de tornada a l'oceà Atlàntic. Provenint de l'Atlàntic Nord, l'aigua s'escampa cap al sud de l'oceà Atlàntic i es dirigeix cap a l'oceà Índic i el Pacífic.

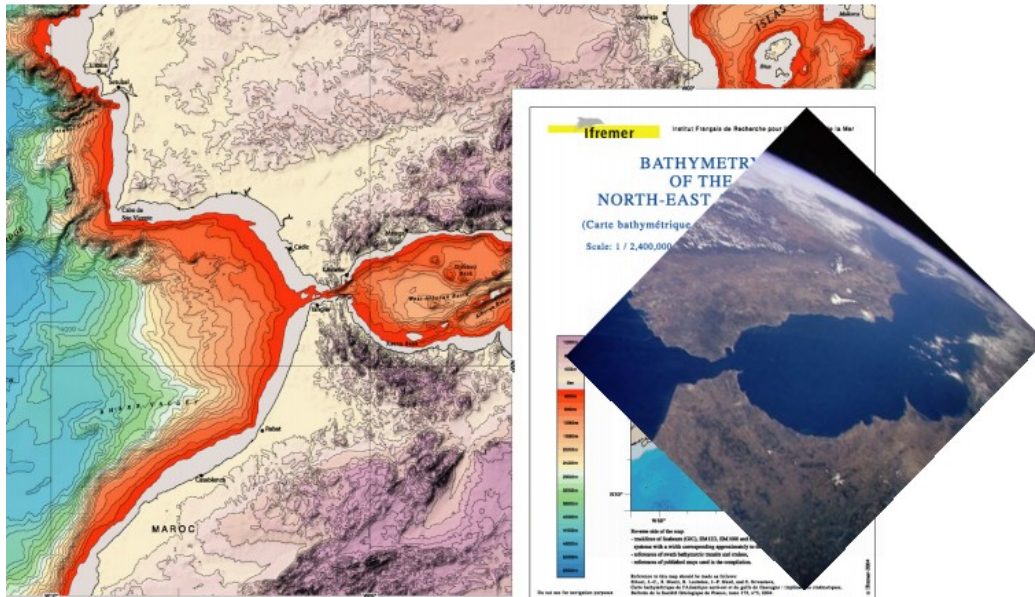
Posteriorment, l'aigua torna per nivells superiors cap a l'Atlàntic nord, on s'iniciarà un nou cicle. En el cas del primer esquema, l'aigua torna cap a l'Atlàntic nord desplaçant-se cap a l'est des del Pacífic; en el segon esquema, l'aigua torna a l'Atlàntic movent-se cap a l'oest, a través de l'arxipèlag d'Indonèsia i l'oceà Índic.

### **El cas de la mar Mediterrània.**

El mar Mediterrani és un mar tancat, amb una única connexió amb l'oceà obert, l'estret de Gibraltar. Per l'altre extrem, comunica, a través de l'estret de Dardanels amb el mar de Màrmara i, a través d'aquest, amb el mar Negre.

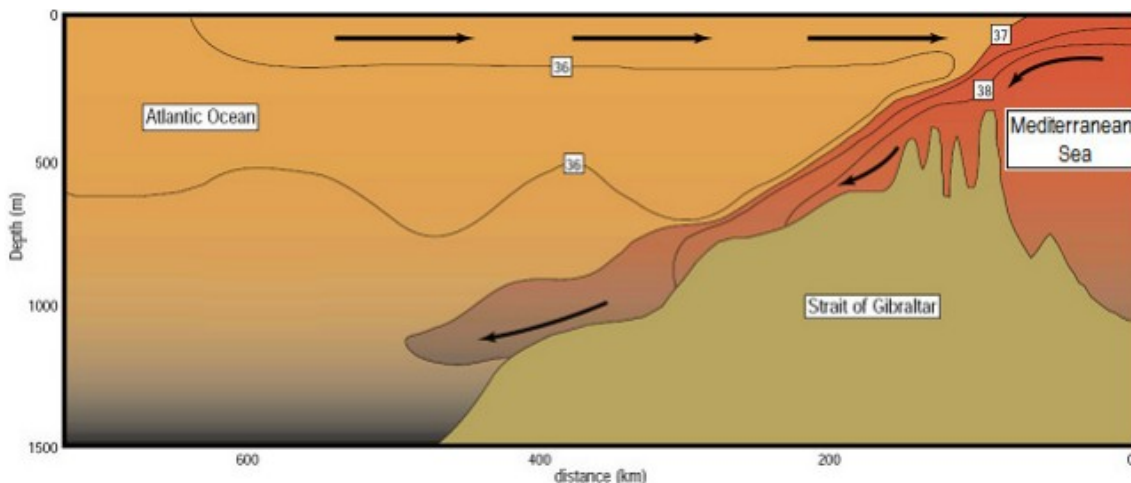


L'escassa precipitació i la intensa evaporació fa que tingui una salinitat més elevada que l'Atlàntic. Les sortides d'aigua degudes a l'evaporació són tan importants que, si l'estret de Gibraltar es tanqués, les sortides per evaporació superarien les altres aportacions i el Mediterrani disminuiria el seu nivell i s'aniria assecant fins desaparèixer. En les dues imatges inferiors tenim a l'esquerra el mapa topogràfic submarí de l'estret de Gibraltar i a la dreta el perfil topogràfic submarí de l'estret de Gibraltar:



Aquesta topografia i el que hem comentat de l'evaporació tenen com a conseqüència que a nivell superficial hi entra aigua de menor salinitat, menys densa, procedent de l'oceà Atlàntic i a la vegada de la mar Mediterrània surt aigua de major salinitat, més densa que circula a un nivell més profund. En resum, aquest intercanvi entre aigües de l'Atlàntic i del Mediterrani és deu als fenòmens naturals següents:

Diferència de nivell entre les dues masses d'aigua per l'evaporació més intensa en el Mediterrani, que fa que tingui un dèficit d'aigua continu. Aquesta diferència de nivell crea una entrada constant d'aigua superficial de l'Atlàntic al Mediterrani, i Diferent densitat de l'aigua de l'Atlàntic, més freda i menys salada, i l'aigua del Mediterrani, més càlida i salada, i òbviament més densa.



Aquest és un exemple de corrent termohalí: en el Mediterrani, a causa de la forta evaporació, les aigües superficials arriben a adquirir un grau de salinitat més alt que les aigües profundes, la qual cosa comporta que tinguin una densitat més alta, de manera que s'enfonsen i les aigües profundes pugen cap a la superfície. D'aquesta manera, també es formen corrents termohalins dintre del mateix mar Mediterrani.

	entrades	sortides	balanç
Aportacions de rius	16	0	16
Precipitació	25	0	25
Fluxos per Gibraltar	1.187	1.112	75
Fluxos pels Dardanels	12,5	6,5	6
Evaporació	0	122	122
Total	1.240'5	1.240'5	0

Unitats:  $10^7 \text{ Km}^3/\text{any}$

### Aigües continentals

L'aigua continental es pot trobar com aigua en forma sòlida o geleres que representa un 2%, en forma d'aigua líquida superficial (rius i llacs), l'aigua subterrània, i l'aigua retinguda en els sòls, que representa un petit percentatge de la hidrosfera (inferior a l'1%). Les aigües líquides continentals representen la fracció de la hidrosfera que l'home pot utilitzar directament, especialment: aigües subterrànies (reserves d'aigua potable), aigües lacustres (els llacs d'aigua dolça) i aigües corrents (rius, torrents) i geleres o glaceres.



**Composició de les aigües continentals:** la quantitat i el tipus de substàncies dissoltes en les aigües continentals són molt variables en funció del substrat geològic, el clima, la vegetació, etc. La concentració salina sol ser molt baixa ( $<1\text{g/l}$ ) i per això són conegudes com **aigües dolces**. El component més abundant sol ser el bicarbonat de calci. En funció de la seva distribució, podem distingir entre aigües subterrànies i aigües superficials (aigües salvatges, rius, llacs i glaceres). En funció del seu contingut en sals (ió clorur) distingirem entre aigües dolces ( $<0,2 \text{ g/l}$ ) i aigües salobres ( $>0,2\text{g/l}$ ).

Les propietats més importants en les aigües superficials són les següents:

**Salinitat:** la concentració total de ions (sals) dissolts en l'aigua.

**Alcalinitat:** quantitat d'anions dèbils que conté un aigua en dissolució. Generalment depèn de carbonats i bicarbonats.

**Duresa:** les aigües dures són les que tenen molt Calci i Magnesi en dissolució.

**pH:** el pH és una mesura de l'acidesa, es correspon amb la concentració d'ions  $H^+$  que hi ha en dissolució.

La salinitat és baixa degut a que l'aigua de pluja és gairebé aigua pura i el temps que triga l'aigua d'un riu en anar de la capçalera a la desembocadura no és suficient per dissoldre moltes quantitats de soluts. Les proporcions de les substàncies dissoltes són molt diferents de les que conté l'aigua de mar, per exemple a l'aigua dolça més del 55 % dels soluts són Carbonats de Calci i Magnesi. L'aigua dolça o continental no té



una composició tan uniforme com l'aigua marina i depèn del tipus de roques que ha travessat o amb les que es troba en contacte, la salinitat és per tant molt diversa, tant pel que fa a la concentració com per la proporció dels diferents ions. El més habitual és que els ions més abundants siguin els bicarbonats i el calci.

L'aigua de pluja té un pH lleugerament àcid (al voltant de 6), quan cau al sòl dissol minerals augmentat la seva alcalinitat i el seu pH (podent passar a bàsic). Les roques sedimentàries són molt solubles i l'aigua de drenatge d'aquestes roques té una alta alcalinitat i un pH neutre o bàsic. Les roques ígnies (i metamòrfiques) estan formades per materials menys solubles i aigua de drenatge d'aquestes roques conté menys sals en dissolució i per tant baixa salinitat, alcalinitat i pH.

S'inclouen dins de les aigües continentals les aigües superficials (aigua d'escorrentia de la pluja, torrents, rius, glaceres, llacs i aiguamolls) i les aigües subterrànies.

1.- **Aigües d'escorrentia** o **aigües salvatges** són les que circulen després de les pluges, sense estar canalitzades, seguint el pendent del terreny. Constitueixen una pel·lícula d'aigua que circula per la superfície del terreny fins arribar a la llera d'un riu o d'un torrent o fins a infiltrar-se en el subsòl. Les aigües d'escorrentia erosionen el terreny i transporten els materials fins que es suavitza el pendent. Les aigües salvatges que circulen pels vessants de les muntanyes després de períodes de fortes pluges o desgel i les pluges torrencials sobre terrenys sense vegetació i fàcilment erosionables provoquen formacions característiques com els **xaragalls**, que podem veure a la fotografia.

2. **Els torrents:** són corrents d'aigua que circulen per una llera, flueixen de manera temporal, en les èpoques de pluja o de desgel. Es localitzen en zones de muntanya amb forts pendents i erosionen fortament el terreny per on circulen. Un torrent al·luvial complet consta de les següents parts:

**conca de recepció:** zona caracteritzada per l'escorrentia i per corrents més o menys canalitzats que recullen l'aigua de pluja i on predomina l'erosió.

**canal de desguàs:** zona de transport que drena i canalitza les aigües de la conca de recepció i en la que predomini el transport i l'erosió.

**ventall al·luvial:** zona sedimentària d'acumulació de materials, amb una extensió que va des d'uns metres fins a diversos quilòmetres. Aquestes zones estan caracteritzades per una morfologia conoidal i planta de ventall.

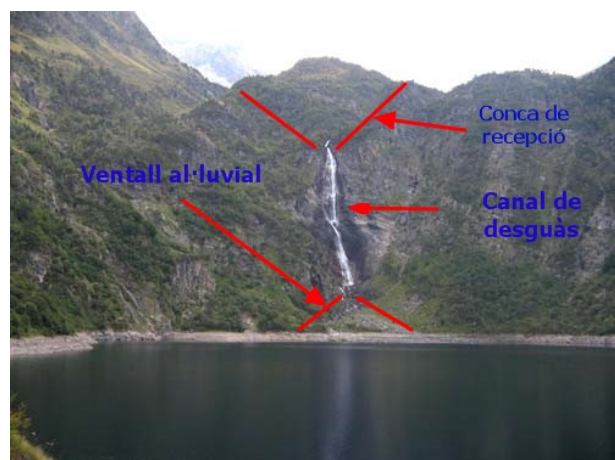
Aquestes tres parts es poden distingir clarament en la fotografia.



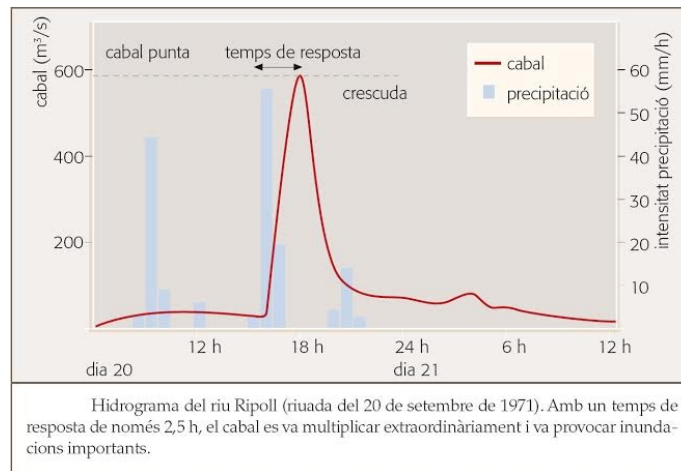
3.- **Els rius:** un riu és un corrent continu d'aigua, el recorregut del qual depèn del relleu, del pendent del terreny i dels materials per on circula, que transporta les seves aigües fins el mar, un llac o un altre riu (en aquest cas es diuen **afluents**), també es poden infiltrar i formar part de les aigües subterrànies. La superfície drenada per un riu i els seus afluents s'anomena **conca hidrogràfica**. Segons

les condicions geogràfiques, geològiques i climatològiques de la conca hidrogràfica a que pertanyin els rius es poden originar per una d'aquestes quatre causes: la concentració d'aigües d'escorrentia de torrents i rierols que coincideixen en una llera comuna, les aigües subterrànies, que poden fluir a la superfície en forma de deus, el drenatge natural de les aigües d'un llac, que originin un corrent d'aigua i constitueixin el naixement d'un riu o la fusió d'una glacera.

El **cabal** d'un riu és el volum d'aigua que transporta, en un moment determinat, per unitat de temps. S'expressa normalment en metres cúbics per segon ( $m^3/s$ ) i en casos de torrents i rierols en litres per segon (l/s). El cabal del riu varia en diferents punts del seu curs i al llarg de les estacions, segons la quantitat de precipitacions, el desglaç etcètera. La variació de cabal d'un riu en diferents èpoques de l'any es representen gràficament en forma d'**hidrogrames** (vegeu la gràfica inferior). En general, els rius de



Catalunya presenten més cabal a la primavera i a la tardor, èpoques en les que poden experimentar grans crescudes (augments de cabal sobtats).



Hidrograma: variació del cabal d'un riu

4.- Els **llacs**: són masses d'aigua d'una gran extensió i profunditat, localitzades en depressions del terreny anomenades cubetes. En la seva gran majoria són d'aigua dolça, però també poden haver-hi d'aigua salada. A Catalunya, els llacs poden tenir principalment dos orígens:

- Origen càrstic: les aigües subterrànies dissolen la roca i formen cavitats subterrànies. Quan es produeix un esfondrament del sostre d'aquestes cavitats s'origina una cubeta.
- Origen glacial: el glaç de les glaceres origina profundes depressions per l'avanç de la llengua de gel i també en el circ. En retirar-se el glaç, l'aigua ocupa les cubetes que s'han originat, principalment en el circ i en la morena frontal o terminal.



El llac Tavascan, als Pirineus

Els llacs són sistemes oberts alimentats per aigües procedents de precipitacions, rius o glaceres i aigües d'escorrentia. L'aigua surt per evaporació, a través de rius o per corrents subterrànies que parteixen del llac. Les entrades i sortides són molt inferiors al



volum d'aigua que roman en el llac, per la qual cosa l'aigua del llac té un temps de residència de com a mínim un any.

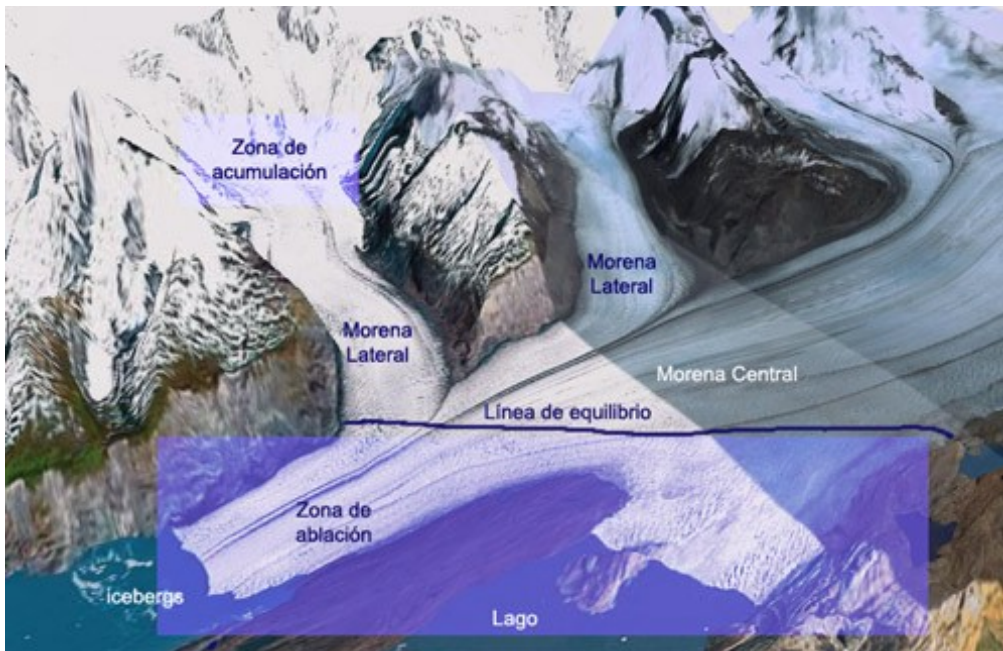


Fotografia aèria de la NASA de la regió dels grans llacs, USA.

5.- **Glaceres** o **geleres**: tot i que l'oceà Àrtic i la perifèria del continent Antàrtic es troben coberts d'una capa d'aigua marina gelada durant l'hivern, la major part de les masses de gel de la Terra s'originen a partir d'acumulacions de neu que, de mica en mica, es va transformant en gel. Aquest fenomen té lloc en les zones on la temperatura mitjana anual és menor a 0°C (zones de latituds altes en els hemisferis Nord i Sud i zones de gran altitud).

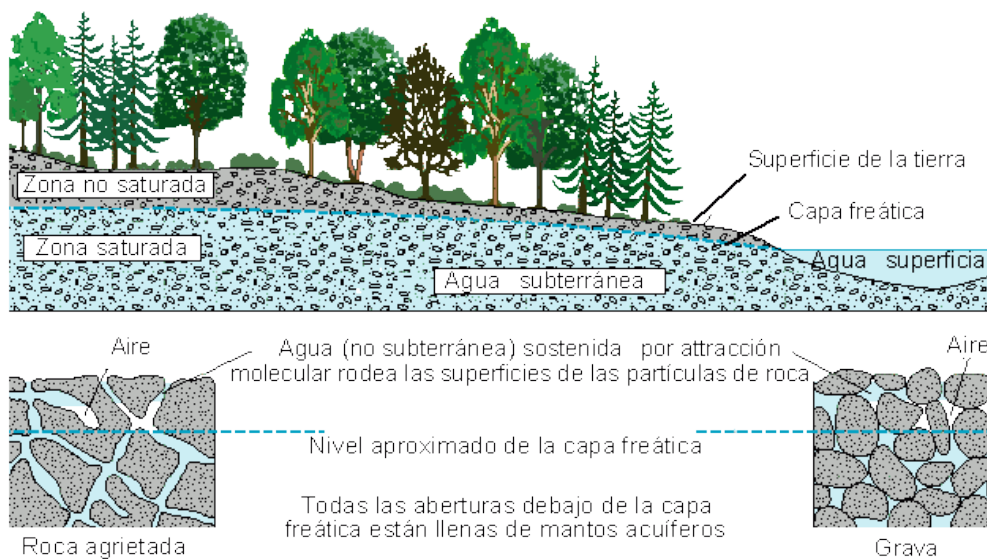
El manteniment, creixement o desaparició d'una glacera depèn del balanç entre les aportacions (nevades) i les pèrdues (fusió, sublimació). Al llarg de la història de la Terra hi ha hagut tota una sèrie de variacions climàtiques que han provocat l'aparició de grans extensions de gel (glaciacions). Tot i la seva aparent rigidesa, el gel té capacitat per a deformar-se i flueix lentament des de les seves zones d'acumulació fins a zones més baixes, comportant-se com un agent modelador de la superfície de la Terra. En l'actualitat, hi ha un retrocés important de les glaceres a causa de l'increment de temperatures que pateix la Terra, fenomen conegut com canvi climàtic.

Les parts més importants d'una glacera són el circ, zona d'acumulació on es diposita la neu i la llengua, que talment com un riu condueix el gel muntanya avall. S'anomenen morrenes als dipòsits de materials transportats per la glacera que, quan el gel es fon, queden dipositats damunt el sòl de la vall.



Parts d'una gelera

6.- **Aigües subterrànies:** Part de l'aigua procedent de les precipitacions llisca sobre el terreny fins arribar a rius i llacs però, altra part s'infiltra en el subsòl a través dels porus de les roques, bé directament quan plou, o des dels rius i llacs. Aquesta aigua representa un petit percentatge de la hidrosfera (inferior a l'1%), però actua com a reserva d'aigua tant pel funcionament dels ecosistemes com d'aigua potable per a l'ús humà. Les roques i sòls que deixen passar l'aigua es diuen **permeables** en contraposició als **impermeables**, que no deixen passar l'aigua. Les roques permeables que emmagatzemen i transmeten l'aigua es diuen **aqüífers** i són una font important d'aigua per a ús humà. En [aquesta animació](#) es representa la formació d'un aqüífer i en l'esquema inferior es representa el perfil o tall d'un sòl amb les característiques de l'aqüífer que conté aquest sòl..

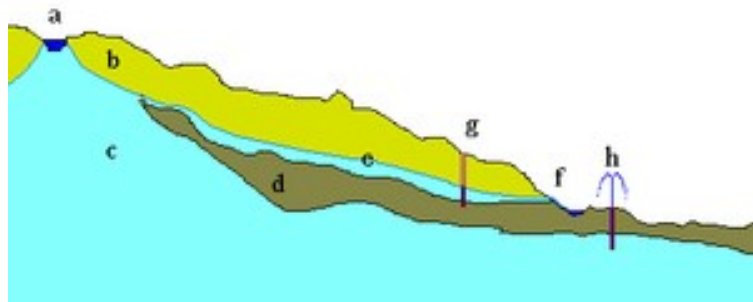


Anem a explicar-ho amb detall en l'esquema de la dreta on es representa com l'aigua que circula per un riu (a) penetra pels porus d'una roca permeable (b) però no pot penetrar en una roca impermeable (d). Així, la part permeable es va omplint d'aigua i s'anomena **zona de saturació (c)**. La zona per sobre d'aquesta en la qual l'aigua va descendint però en els porus encara hi ha aire es diu zona no saturada o zona d'aeració (b) i el contacte entre les dues capes s'anomena **nivell freàtic**. L'aqüífer s'anomena **aqüífer lliure**, si queda limitat inferiorment per una capa de roca impermeable (e), i **aqüífer captiu o confinat**, si està limitat superior i inferiorment per capes de roca impermeable. L'aigua d'un aqüífer lliure surt a la superfície per fonts o deus d'aigua (f) i la podem treure mitjançant pous (g) i l'aigua dels aqüífers captius pot sortir a la superfície pels **pous artesianos (h)**, en el que l'aigua emergeix espontàniament a la superfície sense cap auxili mecànic (sense una bomba submergida) perquè l'aigua es troba a confinada a alta o molt alta pressió.

Si les roques permeables són les que deixen passar lliurement l'aigua i les roques impermeables les que no deixen passar l'aigua, la **permeabilitat** és la capacitat d'una roca per a permetre el pas de fluids a través seu i la **porositat** és la capacitat d'emmagatzemar aigua en els porus de la roca. La porositat ve donada pel percentatge d'espais buits en el volum total de la roca, es pot calcular com el percentatge d'espais buits (porus) respecte del volum total de la roca i expressa la capacitat d'aquesta per contenir aigua:  $\text{porositat (\%)} = 100 \times (\text{Volum dels espais buits} / \text{Volum de la roca})$ .

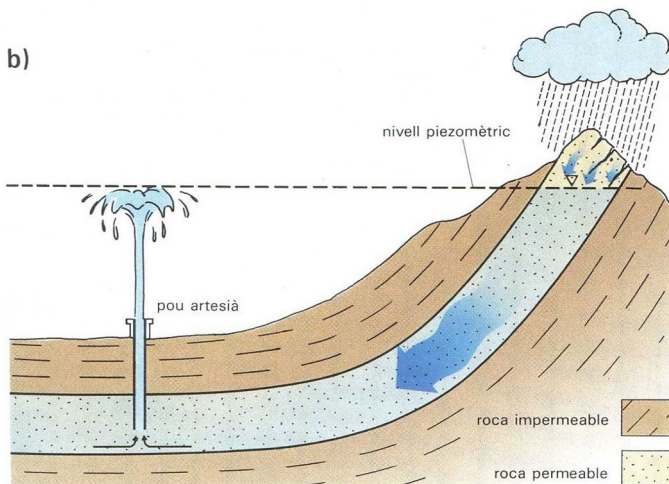
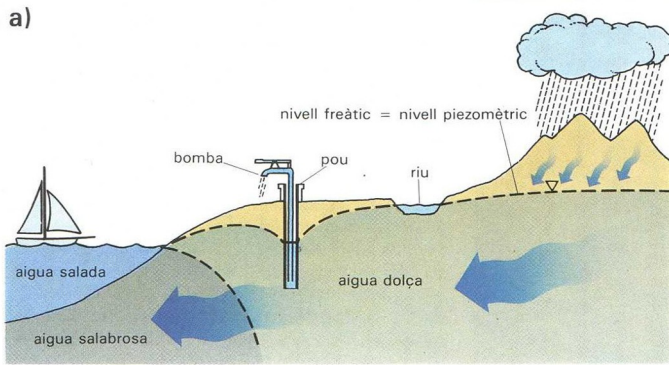
En els aqüífers es interessant conèixer l'anomenat nivell piezomètric, és a dir, el nivell virtual d'aigua subterrània, que en un aqüífer lliure coincideix amb el del nivell o mantell freàtic, però en un aqüífer captiu, és el nivell del punt més alt al que arribarà l'aigua si es forada el mantell captiu amb un tub; aleshores l'aigua pujarà fins a assolir aquest nivell virtual, que pot situar-se per damunt de la topografia, com és el cas dels pous artesianos, que acaben d'esmentar. En els esquemes inferiors ho pots observar detalladament.

Si les roques permeables són les que deixen passar lliurement l'aigua i les roques impermeables les que no deixen passar l'aigua, la permeabilitat és la capacitat d'una roca per a permetre el pas de fluids



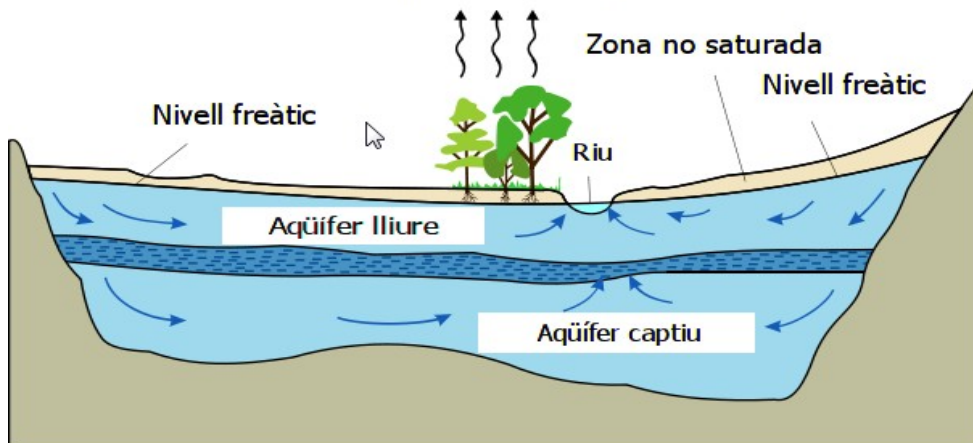
a través seu i la porositat és la capacitat d'emmagatzemar aigua en els porus de la roca. La porositat ve donada pel percentatge d'espais buits en el volum total de la roca, es pot calcular com el percentatge d'espais buits (porus) respecte del volum total de la roca i expressa la capacitat d'aquesta per contenir aigua:  $\text{porositat (\%)} = 100 \times (\text{Volum dels espais buits} / \text{Volum de la roca})$ .





L'aigua subterrània pot tornar a sortir a l'exterior formant deus o alimentant rius i llacs. En efecte, si un riu es queda sense aigua superficial, pot ocórrer el que es representa en l'esquema inferior:



És a dir, l'aigua de l'aquífer captiu, que està a sobrepressió passa lentament al captiu i a quiet aflora en el punt més baix que és precisament el llit del riu.

Transpiració de la vegetació



-  Roca altament permeable
-  Roca quasi impermeable
-  Roca impermeable
-  Circulació de l'aigua subterrània

Parlem de **riu influent** quan és el riu qui alimenta les aigües subterrànies, el nivell freàtic es troba per sota del nivell de l'aigua del riu. Parlem de **riu efluent** quan el riu s'alimenta de l'aquífer, el nivell freàtic està per sobre del nivell del riu i les aigües subterrànies descarreguen en el riu.

En [aquest document](#) podràs veure gràficament la relació entre l'aigua superficial i l'aigua subterrània.