

Riscos geològics externs

1.- Què és un risc?

D'entrada podem definir **risc** com la "Contingència a la qual està exposat algú o alguna cosa". A partir d'aquesta definició molt genèrica intentarem concretar el concepte de risc que ens interessa a la nostra temàtica de "Ciències de la Terra i del medi ambient". Per un costat, considerem risc natural la possibilitat de que una determinada zona pugui patir modificacions com a resultat del funcionament d'un procés natural i, com a conseqüència d'aquests canvis, quedin afectades de forma important les activitats humanes i considerem risc induït el que es dona quan s'ha alterat l'equilibri natural degut a les activitats humanes.



Després d'una gran nevada, cal treure la neu de les carreteres

També podem expressar el risc com "el producte de la perillositat pel dany", representat per la fórmula:

risc = perillositat x dany = perillositat x (exposició + vulnerabilitat)

Explicació de la fórmula: el concepte de **perillositat** fa referència a la probabilitat que es produeixi un determinat fenomen natural destructiu, afectant a una determinada àrea, amb una certa intensitat i d'una determinada duració i amb conseqüències negatives. Cal tenir present que depenen del tipus de fenomen l'home pot influir en aquesta probabilitat. El concepte de **dany** inclou l'**exposició** (béns i víctimes potencials) i la **vulnerabilitat** (proporció de béns i persones afectades respecte del total d'exposats). La vulnerabilitat depèn també molt fortament de l'actitud de la població davant el risc. Es considera que quan millor sigui aquesta resposta, menor serà el risc.

La perillositat la estudiem a partir dels **períodes de retorn** o temps en que és pot esperar que es torni a produir el mateix fenomen. Finalment, dividim els danys produïts pels riscos naturals en:

- **Directes:** persones, béns, agricultura i ramaderia, infraestructures, patrimoni cultural, etc., i
- **Indirectes:** interrupció d'obres i de sistemes de producció, disminució del turisme, etc.

En funció de tot el que hem comentat fins ara, definim risc com "qualsevol condició, procés o esdeveniment que pugui ocasionar danys a la salut, la seguretat o les propietats dels habitants d'una regió".

El cicle geològic extern

La superfície terrestre, principalment la superfície emergida dels continents, està sotmesa a l'acció contínua de l'atmosfera, la hidrosfera i la biosfera que provoquen la destrucció o denudació del relleu topogràfic en l'anomenat **cicle geològic extern**. En aquest cicle hi tenen lloc els processos geològics externs, que són transformacions d'uns objectes geològics en uns altres de diferents, com per exemple, la transformació d'una roca sedimentària en una de metamòrfica. Els processos geològics externs tenen lloc a la superfície de la Terra, per tant, poden ser estudiats i mesurats directament. Els principals agents geològics externs són l'**aigua** en estat líquid o sòlid (el **gel**) i el **vent**. I si el motor del cicle geològic intern era el calor de la Terra, el motor del cicle geològic extern és el Sol.

Naturalment, els agents geològics externs actuen a tot el planeta, però en funció del clima canvia l'agent predominant, així, en les zones molt càlides, seques i àrides (deserts), el vent és l'agent més important i, en canvi, el gel no hi és present. Però en les zones on les temperatures són inferiors a zero graus tot o la major part de l'any (zones glacials), el gel es converteix en el principal agent modelador del paisatge perquè roman tot l'any.

El cicle geològic extern comprèn les fases de **meteorització**, **transport** i **sedimentació**.

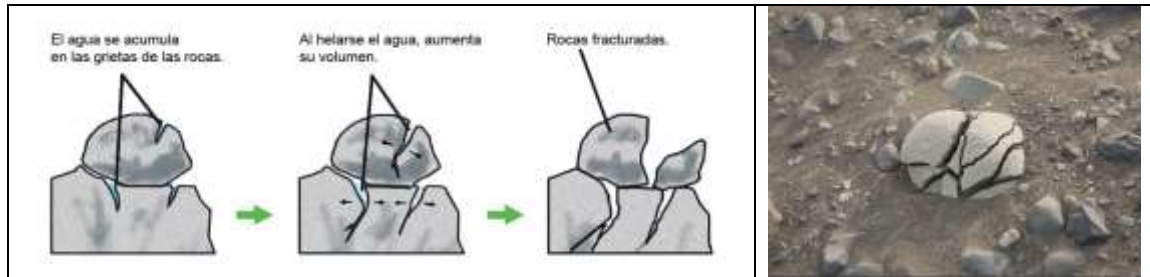
La **meteorització** és un procés que engloba tots els canvis que sofreixen els materials de la superfície terrestre per l'acció de l'aire, l'aigua i els éssers vius. Per exemple, en les tres fotografies inferiors veiem la transformació del granit, una roca ígnia molt dura, en una mena de sorra anomenat sauló. Aquest procés és relativament ràpid en el clima mediterrani:



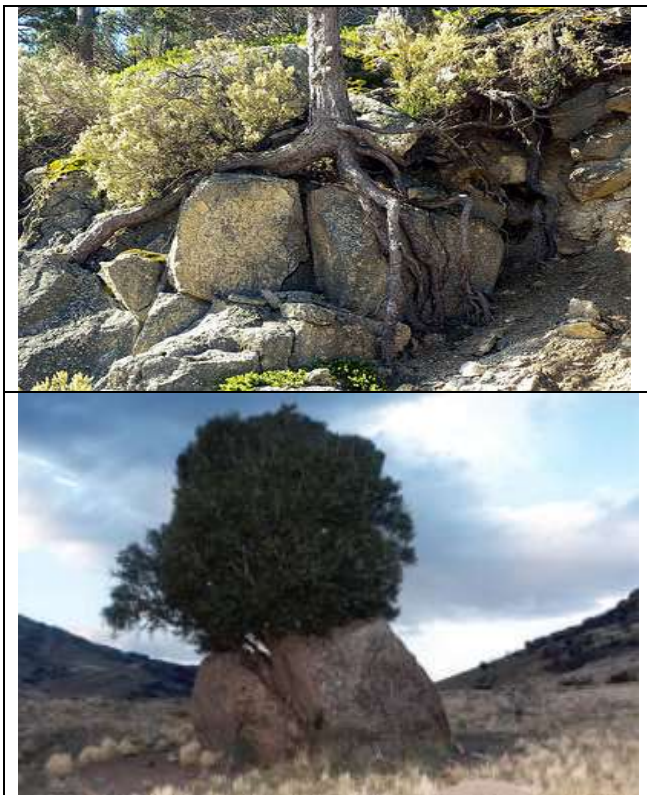
Tipus de meteorització:

- **Meteorització mecànica o física;** que pot ser per:
- **Descompressió:** les roques queden a la superfície a causa de l'erosió que pateixen els materials que tenen al damunt.

- **Gelifracció:** és el trencament de les roques a causa del gel; es produeix quan l'aigua que omple les esquerdes de les roques es gela des de la part més externa de la roca cap al seu interior i actua com una falca. La gelada pot arribar a generar pressions de fins a 2.000 atmosferes. Aquest tipus de meteorització es produeix a zones d'alta muntanya o de latituds elevades, és a dir, on les temperatures poden baixar molt. En [aquesta animació](#) es veu el procés, representat també en l'esquema i la fotografia inferiors.



- **Canvis de temperatura entre el dia i la nit:** es produeix en determinades zones del planeta (deserts, principalment), on l'amplitud tèrmica entre el dia i la nit pot arribar a 50°C. El cicle de escalfament-refredament es produeix cada dia i provoca la dilatació-contracció de la roca; com que en general les roques estan formades per diferents minerals i uns es dilaten més que els altres, les roques s'afebleixen i es disgreguen.
- **Arrels de les plantes:** en penetrar en les esquerdes de les roques buscant la humitat, les arrels tendeixen a eixamplar-les i provoquen així el trencament de les roques, com podem veure en les fotografies inferiors.



- **Meteorització química:** alguns dels minerals que constitueixen les roques són inestables en les condicions que hi ha a la superfície; un exemple seria el cas que hem vist la abans de la meteorització del sauló. L'aigua és la principal

responsable de les diverses reaccions pròpies de la meteorització química i per això, aquest procés és característic de les zones humides. Les principals reaccions químiques de meteorització són les següents, d'esquerra a dreta, **hidròlisi**, **descarbonatació**, **oxidació** i **hidratació**.

La meteorització de l'aigua sobre les roques calcàries (descarbonatació), formades per **carbonat de calci**, produeix un tipus de paisatge molt característic anomenat **carst**. El carbonat de calci és pràcticament insoluble, però si l'aigua conté diòxid de carboni dissolt, el carbonat de calci es transforma en bicarbonat de calci que sí és soluble en aigua i, per tant, la roca es dissol amb relativa facilitat. Amb el pas del temps, va formant un paisatge caracteritzat per esquerdes per on s'infiltra l'aigua, coves subterrànies, que es poden esfondrar (ho veurem més avall), rius subterranis, fonts, etc.

L'aportació d'humitat a cert tipus d'argiles (hidratació) pot tenir efectes catastròfics. Si bé totes les argiles experimenten canvis volumètrics com a conseqüència de modificacions del seu contingut d'humitat, quan les argiles són expansives aquests canvis volumètrics o deformacions són molt més importants. En aquests casos, i si no s'han pres les mesures preventives adients, les construccions que s'edifiquin en aquest tipus de materials poden patir els efectes dels canvis volumètrics, canvis que es tradueixen en pressions que des del terreny es transmeten a la cimentació de l'obra amb un resultat sovint desastrós.

	
Alvèols formats per hidròlisi	Roca afectada per descarbonatació típica del paisatge càrstic i anomenada rascler
	
Oxidació dels metalls	Efectes de la hidratació

El conjunt dels diferents tipus de meteorització provoca l'**erosió** de totes les terres emergides del planeta i el desplaçament o per l'aigua o, pel gel o per l'aire de tots els materials que resulten de la meteorització de les roques. Un dels factors que més influeixen en l'erosió és el **clima** (que estudiarem més endavant), que determina quin

agent erosiu (aigua, gel o vent) domina en una regió. A més del clima, factors com la **litologia** (tipus de roca predominant en una regió) i el **relleu topogràfic** influeixen en l'erosió d'una zona.



Paisatge on domina l'erosió de l'aigua del mar

El **transport** és el procés mitjançant el qual els materials erosionats són traslladats d'un lloc a un altre de la superfície de la Terra. El principal agents de transport és l'aigua superficial (aigües salvatges, torrents i **rius**) que transporta partícules sòlides i dissoltes des de les zones més elevades a regions més baixes, principalment cap a les conques oceàniques. Altres agents de transport amb una activitat més local són el gel, l'acció aparentment quieta del qual queda restringida a les zones polars i d'alta muntanya, i el vent, l'acció del qual només pren una gran importància en les zones desèrtiques. Finalment, destacar l'acció de l'onatge i els corrents marins que mobilitzen i redistribueixen materials al llarg de les zones costaneres i des d' aquestes cap a l'interior de les conques oceàniques.



El riu Amazones transporta ingents quantitats de materials cap el mar.

Les aigües de pluja recorren per l'acció de la gravetat seguint sempre la línia de màxim pendent cap a cotes inferiors; mentre no estan canalitzades s'anomenen **aigües salvatges**, tenen un gran poder erosiu i són responsables de catàstrofes naturals, com el cas de les inundacions als països mediterranis (que estudiarem en una altra quinzena); poc a poc, les aigües salvatges són recollides i canalitzades per **torrents**, que finalment les transporten cap els **rius**.

<p>Efectes de les aigües salvatges</p>	<p>Parts d' un torrent</p>	<p>El riu Ter</p>

En [aquesta animació](#), pots veure el procés que va de la pluja fins que l'aigua arriba al mar i alguns elements dels rius.

Tipus de transport:

Si el transport es fa mitjançant l'aigua líquida, sobretot en els rius, els principals tipus de transport són els següents:

	<p>Flotació: Els materials biològics, com les fulles o flors, són transportats surant damunt de l'aigua.</p>	
	<p>Suspensió: les partícules més fines, com les argiles, són transportades en suspensió. Aquestes són les roques que s'erosionen amb més facilitat</p>	
	<p>Dissolució: les sals i altres substàncies solubles, són transportades dissoltes.</p>	
	<p>Arrossegament de fons:</p>	<p>Saltació: les turbulències de l'aigua fan saltar les partícules de la mida de sorres</p>
<p>Rodament i Reptació: és el transport típic dels fragments de mida superior a la sorra.</p>		
<p>Durant el transport, les partícules més grosses es van arrodonint (com es pot observar en la fotografia de la dreta) pel desgast produït en el fregament amb el terra del riu i en topar unes amb les altres.</p>		

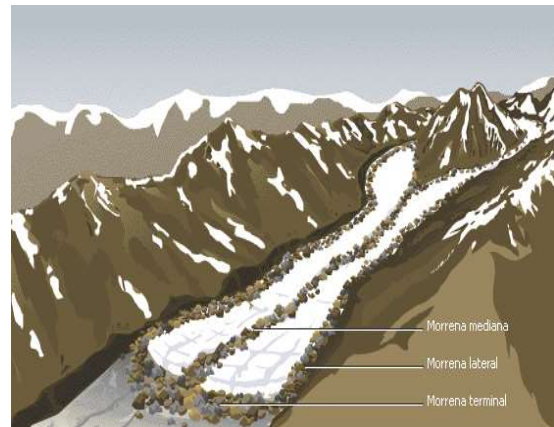
El riu quan el seu pendent disminueix i les aigües perden força en les zones presenten un curs sinuós, ple d'ondulacions anomenades **meandres** com el de la fotografia inferior. Aquest paisatge s'origina a causa [d'aquest procés](#).



Si el transport es fa mitjançant l'aigua sòlida, com en el cas de les glaceres, el materials transportats, els que el gel arranca amb el seu avanç i els que cauen de les parets de la vall sobre la gelera, reben el nom de **morena**. Les morenes poden ser **laterals** (als costats del riu de gel), **centrals** (al mig del riu de gel) i **frontals** (davant del punt on el gel es fon). Els materials transportats per les glaceres pràcticament no experimenten cap canvi durant l'etapa del seu transport.



Grup de persones contemplant una glacera



Tipus de morrenes

Si el transport el fa el vent, com que no té prou força per excavar valls i altres formes erosives importants del relleu, només realitza una acció eficaç sobre zones desproveïdes de vegetació (especialment els deserts) i sobre roques i materials detrítics en que el ciment que uneix les partícules no és homogeni.



Desert



Alvèols produïts per l'erosió del vent en materials sorrenços

La sedimentació és la deposició dels materials transportats pels agents geològics (aigua, gel i vent) quan perden la capacitat de transport. Les zones on es dipositen aquests materials reben el nom de conques sedimentàries que en la majoria dels casos coincideixen amb els mars i oceans. La sedimentació dels fragments transportats en estat sòlid es fa per acció de la gravetat mentre que els fragments transportats en estat dissolt passen a sediment per processos com l'evaporació (sal) o la precipitació (calcària). En aquests processos de precipitació química actuen sovint els éssers vius.

En el cas de la sedimentació dels rius quan arriben al mar, els sediments es dipositen ordenats segons el diàmetre de les partícules o roques perquè a mida que l'aigua va penetrant mar endins perd la força per transportar els sediments progressivament i aquests van caient al fons; primer ho fan els més grossos i progressivament fins arribar als més petits, que es poden transportar més lluny amb molta amb menys força.



El cicle geològic extern complet, és a dir, la meteorització, el transport i la sedimentació, amb el pas del temps, van erosionant totes les terres emergides del planeta i van modelant el paisatge:



Vall en V, modelat per un riu



Vall en U, modelat per una glacera



Paisatge modelat pel vent

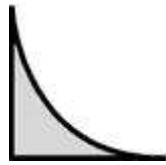
En [aquest web](#) podrà trobar molta informació sobre els paisatges de Catalunya. En la fotografia inferior podem observar un paisatge de la vall Cerdanya.



Riscos geològics externs

La majoria de pèrdues causades pels fenòmens naturals, tant humanes com econòmiques, com ja hem vist són degudes als riscos sísmics i volcànics. Tot i això, no es poden menysprear els riscos geològics externs, és a dir, aquells que tenen lloc a la superfície de la Terra derivats de fenòmens geològics superficials. Com a introducció a l'estudi d'aquests riscos podem veure un [vídeo](#) que ens mostra un resum, especialment dels anomenats riscos per fenòmens de vessants.

Els riscos poden ser naturals, produïts per l'acció humana o mixtos (és a dir, causat per la combinació de l'acció humana i una causa natural alhora). Les causes naturals són en general l'acció de la gravetat i els agents meteorològics. Els principals indicadors de l'estabilitat o inestabilitat natural són el **tipus de sòl** (els sòls formats per argiles i en general els sediments no cimentats poden produir esllavissades amb facilitat), **l'orientació de les capes o estrats de les roques** (si els estrats estan inclinats és més fàcil que llisquin), tremolors de terra, precipitacions intenses, la forma del talús (la forma còncava és més estable que la forma convexa):



Còncau






Convex

Les causes humanes d'inestabilitats gravitatòries són abocadors d'escombraries, runams de mines (roques de rebuig no aprofitades de les mines), excavacions a la base dels vessants, alteracions del drenatge natural de les aigües. Els riscos més importants són els següents:

- **Fenòmens de vessant (caigudes, lliscaments, i moviments en massa).**
- **Subsidència i esfondraments.**
- **Riscos costaners.**
- **Riscos per materials geològics.**
- **Riscos edàfics.**
- **Risc còsmic.**

Un exemple que cada hivern apareix als [mitjans de comunicació](#) són les allaus de neu: masses de neu i gel que es desprèn i es precipita vessant avall, arrossegant sovint arbres, roques, fang, i tot el que trobi al seu pas... Es produeixen perquè la gran quantitat de neu acumulada en la vessant d'una muntanya, sota l'efecte del seu propi pes i amb l'acció afegida de la gravetat baixa muntanya avall. En aquestes fotografies veiem el resum del procés:

		
Gran quantitat de neu acumulada	Allau	Després de l'allau

Fenòmens de vessants

Els fenòmens de vessant són processos naturals provocats per l'acció de la gravetat i l'afebliment progressiu dels materials, fruit dels processos de meteorització a que estan sotmesos els materials pels agents meteorològics. Molts es produeixen en forma de reptació (veure més avall), que és un mecanisme tant lent que no s'aprecia a primera vista. Els danys provocats per aquests moviments lents són menors, però no pas insignificants. Ara bé, no tots els fenòmens de vessant són graduals. De vegades, grans volums de roques o de sòl es mouen ràpidament. Entre els fenòmens de vessant, tenen importància els següents:

- **Caigudes:** *desprendiments de blocs amb un recorregut, com a mínim parcial, per l'aire.* Es produeixen on el pendent és molt fort i les roques són compactes. Així, a Catalunya, el conglomerat de Montserrat està fracturat, sobretot per esquerdes verticals iniciades per la distensió i aprofundides per l'erosió de l'aigua. Les accions combinades de l'aigua i del propi pes de la roca enfondeixen progressivament les esquerdes fins que, sobtadament, blocs de roca, a vegades de dimensions descomunals, es desprenen de la paret i cauen avall arrossegant tot allò que troben al seu pas. Depèn només de l'atzar que algú hi prengui mal.



Carretera d'accés a Montserrat tallada per la caiguda de grans roques

Lliscament: Consisteix en una massa de terreny o en blocs que es mouen relliscant per damunt de la superfície del terreny. El lliscament pot ser rotacional o translacional (vegeu l'animació específica que hi ha a recursos de la quinzena). En aquest vídeo podràs veure un [lliscament espectacular](#) al Japó.

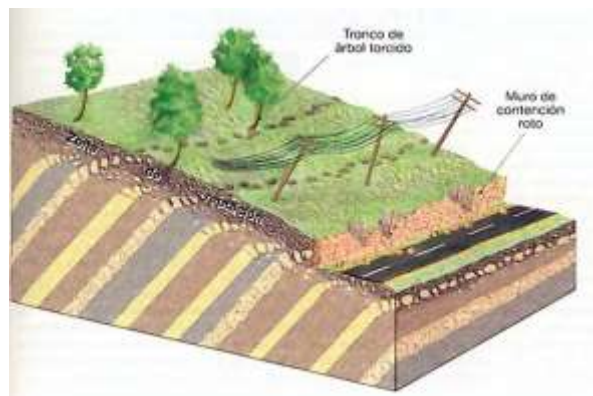
Moviments de massa: afecten materials poc consistents, sovint xops d'aigua, com sòls, argila, grava o neu. Els materials es comporten plàsticament i es deformen en desplaçar-se. En són exemples:

La **reptació**, que es pot veure en el dibuix de la dreta.

Les **colades de fang** són una massa de roca sedimentària formada en més d'un 80% per la fracció argilosa que, en esdevenir plàstica per saturació d'aigua, es desplaça lentament en forma de llengua encanalada.

Les **esllavissades** són moviments relativament ràpids de blocs, masses de roca o pedres que rellisquen per un pendent. Una esllavissada important a Catalunya va ser la del poble de [Puigcercós](#).

Les **allaus** de neu són masses de neu i gel que es desprèn i es precipita vessant avall, arrossegant sovint roques, pedruscall i fang. En [aquest vídeo](#) podràs veure una allau de neu espectacular.



Subsidència i esfondraments

Els esfondraments consisteixen en lliscaments de materials cap a baix no al llarg d'una superfície, sino en un descens en vertical. Si l'esfondrament és gradual i lent s'anomenen **subsidència**. Si és ràpid reben el nom d'**esfondrament**.



Subsidència



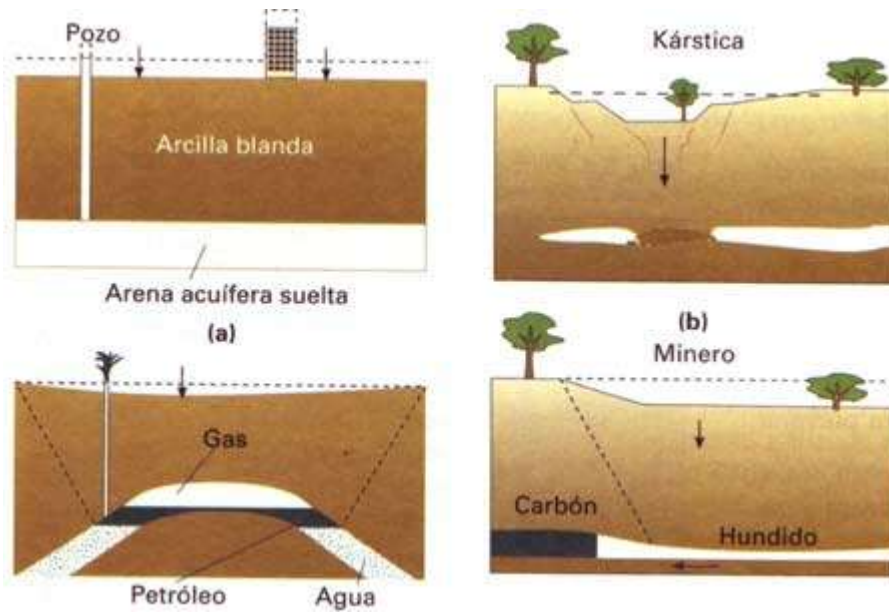
Esfondrament

Aquests fenòmens es produeixen per causes naturals com la remoció lenta de materials sota la massa que s'enfonsa, processos tectònics, la compressió de roques i de sòls febles o la dissolució sota el sòl de roques solubles en aigua: **calcàries**, **guixos** i **sals**, com acostuma a passar en el [paisatge càrstic](#). De fet, els esfondraments són sobretot fenòmens propis de processos càrstics .



Esquema d'un paisatge càrstic

Els esfondraments poden ser afavorits també per l'acció humana per accions com l'extracció de fluids com aigua (l'esquema de dalt a l'esquerra, en la imatge inferior) o petroli de les roques (l'esquema de baix a l'esquerra, en la imatge inferior), la mineria (esquema de baix a la dreta, en la imatge inferior) i els rebliments d'antigues pedreres i graveres per materials no compactats o per fuites d'aigua, etc.



Riscos costaners

La **costa** és una franja de terra que es troba sota la influència de la dinàmica del mar i, al mateix temps, de la dinàmica d'origen continental. A més, prop de les costes hi viuen gairebé dos terços de la humanitat i, no obstant això, no són zones especialment estables i segures sinó que, estan sotmeses a continus processos de canvi a l'actuar sobre elles constantment els agents geològics externs i d'una manera especial les **ones** de l'aigua del mar. Les ones són el resultat de la fricció del vent sobre la superfície marina on es produeix un moviment ondulatori de les partícules d'aigua que es propaguen a grans distàncies des del lloc on es va generar. Les ones transmeten l'energia generada pel vent i pel propi moviment de les partícules d'aigua i segons l'altura que assoleixen poden produir devastadors efectes en les costes. En [aquesta animació](#) es pot veure una de les accions que poden fer les ones. Però a més d'un moviment de la sorra perpendicular al mar, les ones també produeixen moviments i desplaçaments de la sorra paral·lels a la costa com podeu veure en [aquesta animació](#).

Els riscos geològics naturals associats al litoral són els següents: les **seixes**, l'**erosió lenta de les platges**, els **temporals de mar**, els **tsunamis** (que ja hem estudiat) i la **reculada dels penya-segats**.

- Les **seixes** són elevacions sobtades i anormals del nivell del mar que poden durar des d'algunes hores fins a uns quants dies. Estan provocades per les baixes pressions que solen anar acompanyades de vents forts.

És un moviment semblant al de les mareas, però de període més curt i que no té relació amb el moviment del Sol ni de la Lluna.



- **Erosió de platges**: les platges són sediments temporals. En les costes sorrenques el

principal treball de l'onatge és la sedimentació. Els sediments procedeixen principalment de la desembocadura de rius i són transportats per corrents i mareas cap a aquestes zones. Els remolins generats quan les ones trenquen alcen del fons partícules que són arrossegades cap a terra per la làmina d'aigua en la qual s'ha convertit l'ona trencada. En tornar (ressaca) arrossega de nou cap al mar part dels grans. No retorna tota la càrrega de nou al mar perquè part de l'aigua s'infiltra en la sorra i per això és incapaç de transportar càrrega sòlida; a més, amb freqüència la ressaca xoca amb la següent ona i, al fer-lo, es frena i abandona el material transportat. En [aquest web](#) de la BBC (òbviament està en anglès) pots veure un conjunt d'animacions sobre els efectes de les ones. Amb [el pas del temps](#), els efectes es fan molt més visibles.

- Els **temporals** forts a la costa catalana, sobretot amb vent de llevant, acostumen a emportar-se part de la sorra de les platges i a més les fortes onades poden malmetre tot el front marítim de les poblacions.



Destrosses al passeig marítim de la platja de s'Albanell de Blanes l'any 2009

- **Retrocés de penya-segats:** l'erosió marina va provocant un desgast considerable de la zona basal (imatges 1 i 2 del esquemes inferiors), posant en risc de despreniment la part superior del penya-segat (imatge 3). Per impedir aquest procés i protegir passeigs marítims, ports, edificis, etc., es fan tota mena de construccions a moltes ciutats del planeta.



En les imatges inferiors, i d'esquerra a dreta, podem veure un esquema del procés, un pou que ja ha quedat al descobert pel retrocés del penya-segat i uns edificis amenaçats per l'erosió marina.

	
<p>Sentit del retrocés del penya-segat</p>	<p>Pou completament descalçat</p>
	
<p>Edificis en perill</p>	<p>Escullera per protegir un càmping</p>

Pel que fa als riscos costaners associats a l'acció humana, el principal risc és la construcció de ports, esculleres i qualsevol obra que envaeixi el mar. El motiu és que aquestes construccions modifiquen la circulació de l'aigua i dels materials que aquesta aporta i sedimenta.

	
<p>Port nàutic del Garraf</p>	<p>Escullera</p>

Els corrents marins poden transportar sorra paral·lel a la costa, com hem vist abans en una de les animacions, però les actuacions humanes a la costa, podem modificar aquesta circulació natural de la sorra. Si observem la línia de costa de la badia de Roses i ens fixem en els espigons dels ports d'Empuriabrava (fotografia superior) i de la Platja de Santa Margarida a Roses (fotografia inferior):





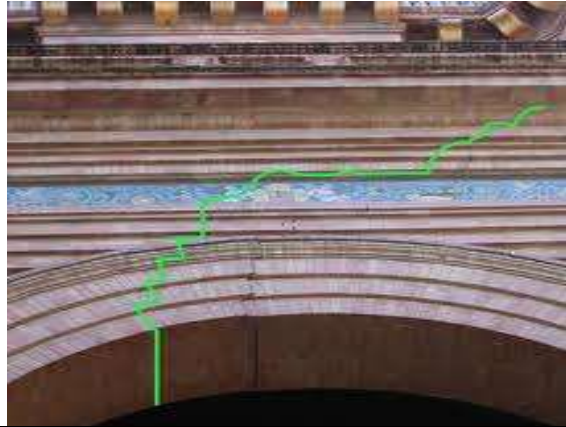

Observant aquestes fotografies veiem que en el cas de la platja d'Empuriabrava el dipòsit de sorres es produeix pel costat sud, a sota, lloc per on la platja creix, perquè l'espigó atura les sorres que porten els corrents marins. A l'espigó del port de Santa Margarida en canvi, la sorra també es diposita a la platja de la Rubina, que es troba a l'altra costat de l'espigó, cap el Nord, a dalt. El disseny de l'espigó d'Empuriabrava sembla doncs que impedeix el pas de la sorra, mentre que aquest no és el cas amb l'espigó de Santa Margarida. L'error del port d'Empuriabrava provoca també que periòdicament l'entrada es tapi i s'hagi de drenar la sorra que s'hi acumula.

Si vols saber més coses dels riscos litorals a Catalunya clica [aquí](#).



Riscos per materials geològics

Algunes de les propietats de les roques i els minerals poden originar també riscos. Els principals riscos provocats per materials geològics són: l'expansivitat i la radioactivitat. En terrenys àrids són també un risc important les dunes mòbils.

- **Sòls expansius:** Aquest tipus de risc es produeix quan els sòls estan compostos de certs materials com argiles, margues o llims argilosos. L'abundància d'argiles en les conques de molts rius de la península Ibèrica fa que sigui un risc molt a tenir en compte a l'hora de realitzar les construccions. Com a exemple dels problemes que es poden plantejar llegeix [aquest article](#). L'enfonsament per hidratació i l'esquerdament per retracció en les èpoques de sequera produeix trencaments, pèrdua d'assentament en els fonaments i murs, deterioració dels talussos, trencament de canonades i drenatges i deformació dels paviments i voreres. Les causes poden ser **naturals**, per l'alternança de períodes de pluges i sequera i **induïdes**, per la sobreexplotació d'aqüífers, l'excés de reg o per fuites en les canonades. Una **argila expansiva** és susceptible de produir grans canvis de volum, en directa relació amb els canvis en la humitat del sòl.
- **Materials radioactius:** El principal causant de risc per radioactivitat és el **radó**. Els efectes perillosos d'aquest gas només es fan evidents després d'un llarg període d'exposició i encara no estan ben avaluats.

	
Esquerda produïda per argiles expansives	Aparells detectors de radó

Riscos generats per dunes mòbils: a moltes regions desèrtiques i en algunes zones litorals, les acumulacions de sorres o dunes poden ser mòbils i anar avançant desplaçant-se amb el vent. En el seu avanç, les dunes poden tallar carreteres, sepultar cases, boscos, etc. A la fotografia de la dreta es veu com l'avanç d'una duna està colgant els arbres i talla un camí. Per fixar les dunes i frenar l'erosió eòlica es fan plantacions d'una planta anomenada borró (*Ammophila arenaria*) entre d'altres plantes.

	
Duna avançant sobre una carretera	Borró

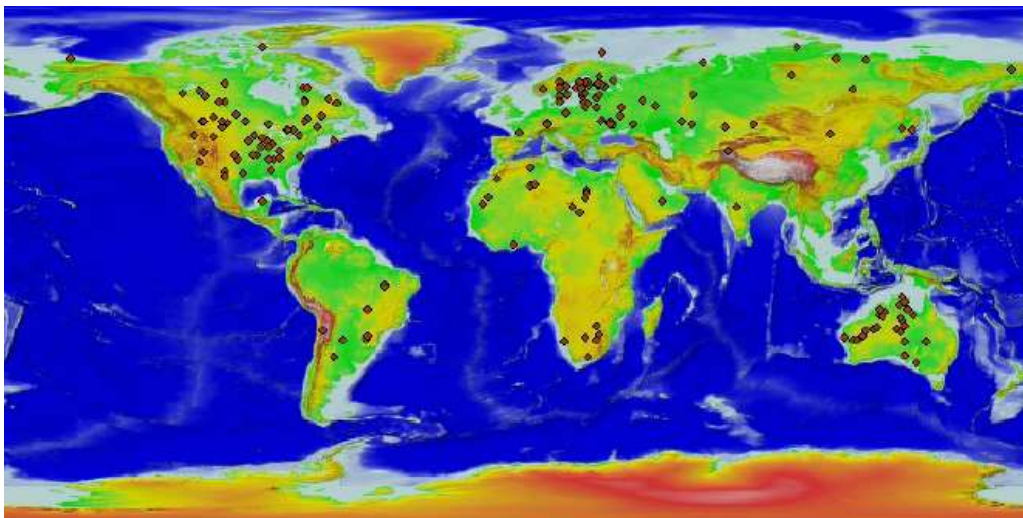
Risc Còsmic

Per risc còsmic entenem la possibilitat de que un objecte de gran volum procedent de l'espai xoqui amb la Terra. Encara que la probabilitat és molt petita, se sap que ja ha passat diverses vegades. Així, per exemple, la probabilitat de que un objecte d'1 km de diàmetre xoqui amb la Terra es calcula que és d'un cada 300.000 anys, aproximadament. Els efectes d'aquests xocs són devastadors pel planeta i els que han tingut lloc en el passat quan la vida ja es desenvolupava a la Terra han provocat extincions massives de moltes espècies.



Cràter prop de Winslow, Arizona

A sota pots veure el mapa de la Terra amb els punts on s'han trobat cràters fins ara:



Riscos edàfics: Considerem la pèrdua del sòl, un recurs essencial per a la humanitat, 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. Estudiarem els riscos edàfics a fons en la quinzena dedicada a l'edafosfera.

Gestió dels riscos geològics externs









A la quinzena 4 vàrem veure els diferents **riscos geològics causats per fenòmens geològics externs** com la inestabilitat gravitatòria, la subsidència i els esfondraments del terreny, els sòls expansius o els riscos associats al litoral, entre d'altres. Aquests riscos semblen molt menys perillosos que els riscos causats pels fenòmens geològics interns (terratrèmols i volcans), però no és exactament així. El que passa és que són fenòmens en general a petita escala i que per tant tenen molt menys ressò mediàtic en els mitjans de comunicació, però cada any produeixen també molts danys materials i pèrdues de vides humanes.

A la fotografia superior podeu veure les cases del poble de [Castellfolit de la Roca](#), prop de la zona volcànica de la comarca de la Garrotxa a Girona, situades al damunt d'una paret vertical de més de 50 metres d'alçada formada per **basalt**, una roca volcànica originada per la lava dels antics volcans d'aquesta comarca. Estan en perill de caure?, com es que es van construir arran de la paret vertical? A la fotografia inferior podem veure construccions de Meteora (Grècia).



Gestió del risc d'instabilitats geològiques

A partir d'una sèrie de variables com la **topografia** o relleu que presenta la superfície d'un terreny, els **tipus de roques** que el formen, la seva **estructura**, la **vegetació**, etc., s'elaboren els **mapes de risc** que s'utilitzaran en l'ordenació de territori per evitar la construcció en zones de risc. Durant la construcció s'aplicaran un conjunt de mesures preventives i correctores per reduir les instabilitats gravitatòries, entre les que s'apliquen habitualment podem esmentar les de la següent taula:

	
Ancoratges amb grans claus	Contraforts
	
Xarxes	Tubs de drenatge
	
Cunetes	Reforestació

Indicadors d'inestabilitat natural

Els principals indicadors d'inestabilitat són els següents:

- **Tipus de sòl.** Els sòls formats per partícules de mida fina (llims i argiles) acostumen a produir moviments quan estan saturats d'aigua, tot i que no sempre és necessària la seva presència perquè s'esdevingui el moviment. Els loess (dipòsits de llims) i els materials volcànics solts i, en general, els sediments no cimentats són especialment sensibles a moviments de vessant. En aquests tipus de sòls, la probabilitat que es produeixin esllavissades és més alta durant els mesos en què els sòls estan saturats d'aigua de pluja o procedent del desglaç.

- **Orientació dels plans estructurals.** Els lliscaments es produeixen quan els plans d'estratificació, d'esquistositat o de fracturació cabussen en el mateix sentit que el pendent topogràfic.

- **Excavacions del peu del vessant (soscavament o descalçament).** Les esllavissades i els desprendiments són especialment freqüents en zones muntanyoses, a les riberes dels cursos fluvials, a les vores dels embassaments i a les costes escarpades. L'aigua erosiona el peu del talús i deixa cornises molt inestables.

- **Tremolors de terra.** Les vibracions provocades pels sismes, les obres públiques i les voladures faciliten el disgregament del terreny i el seu moviment.

- **Precipitacions intenses.** L'aigua és el principal factor desencadenant d'esllavissades i de lliscaments, ja que actua com a lubricant entre els plans estructurals o entre les partícules de les roques i també n'augmenta la massa. Els episodis importants de precipitacions solen portar associats aquests fenòmens en zones de muntanya.

- **Forma del talús.** La forma còncaua representa una situació estable en un talús, mentre que la forma convexa representa una situació de risc. De la mateixa manera, com més pendent, més risc.

A més d'aquests indicadors, és important conèixer l'història d'inestabilitats en una regió determinada i les pròpies unitats estratigràfiques de la zona. Per exemple, se sap que les pissarres de l'ordovicià (període comprès entre 435-500 Ma enrere), a la Serralada Litoral Catalana són proclius a tenir esllavissades.

Indicadors dels risc d'allaus de neu

Els factors de risc d'allaus de neu són els següents:

- **Vessants amb pendents de 35 a 40 graus d'inclinació.**

En pendents superiors, la neu va lliscant de manera constant, sense acumular-se; en els de menys de 25 graus gairebé no hi ha risc.



– **El gruix de neu.** És donat pel volum de precipitació i pel vent, que pot provocar-ne acumulacions importants en determinades zones.

– **L'augment de temperatura.**

– **Vessants amb perfil convex.** Aquests tipus de relleus faciliten els esforços de tracció i, per tant, afavoreixen l'allau.

– **L'orientació respecte al Sol.** Als vessants solans hi ha més probabilitat que hi hagi allaus.

Causes humanes d'inestabilitats gravitatòries

Tot i que es tracta d'un procés natural, l'acció humana pot provocar inestabilitats de vessants catastròfiques. Tots els materials solts (sorres, sòls...) tenen un angle de repòs natural, que és l'angle màxim mesurable en un pendent quan el material està en repòs i és estable. Quan els materials s'acumulen amb inclinacions superiors a la de l'angle de repòs, es crea una situació d'inestabilitat.

Es poden donar diverses situacions de risc:

- **Runams de mines.** Estan formats per roques de rebuig, no aprofitades. Aquests materials sovint s'acumulen en piles molt grans amb pendents que superen l'angle de repòs natural. Quan el material absorbeix aigua, i per tant s'afebleix, els runams es poden esllavissar.

- **Abocadors d'escombraries.** Els residus de les grans ciutats s'acumulen en enormes abocadors. Alguns abocadors antics, que han assolit una gran alçària, presenten un angle molt proper al de repòs. Com en el cas anterior, són un perill perquè es poden esllavissar.

- **Excavacions al peu de vessants.** Quan es descalça la base d'un vessant, per fer passar una carretera, per exemple, els materials que hi ha al damunt poden lliscar o caure.



- **Sobrecàrrega de la part superior del vessant.** La construcció d'edificis, de dipòsits d'aigua o d'autopistes, per exemple, representa una càrrega addicional sobre els vessants, que, en el cas de materials poc estables, pot produir un moviment de vessant.

- **Alteració del drenatge natural.** Un increment de la infiltració, provocat pel desviament d'un riu, o per la construcció d'un canal o una sèquia, etc., així com les pèrdues en les canonades o en el clavegueram, pot saturar el terreny i activar el moviment d'un vessant fins a portar-lo a una situació crítica. Per això, és molt important un bon drenatge en àrees d'urbanització intensiva. Les carreteres també alteren el drenatge natural, tant superficialment com subterràniament.

Gestió del risc d'instabilitats gravitatòries

A partir de determinades variables com ara la topografia, els materials, la seva estructura, la vegetació, etc., s'elaboren mapes de riscos, que tenen com a fi finalitat l'ordenació del territori; és a dir, es fan per tal d'evitar la construcció en zones de risc, o bé permetre-la després de l'aplicació de mesures que minimitzin el risc.

Hi ha tot un seguit de mesures correctores per reduir instabilitats, sempre que siguin mínimes. Els ancoratges (grans claus) per evitar moviments de grans blocs, les xarxes metàl·liques o les cunetes per retenir pedres, els contraforts per aguantar els moviments de reptació, els drenatges de l'interior de la roca per evitar que se saturei d'aigua, la reforestació per subjectar el sòl, etc., són algunes de les mesures que s'apliquen habitualment.

La cimentació dels talussos és una mesura contraproductiva, ja que evita la sortida de l'aigua i facilita la saturació de la roca.

Gestió del risc de subsidència

La subsidència causada per activitats humanes és molt més freqüent que la natural; les excavacions subterrànies, com les mines i els túnels, són molt més inestables que les caveres. Ara bé, és fàcil preveure i prevenir les subsidències i enfonsaments causats per activitats humanes si ens basem en el coneixement de la geologia de l'àrea concreta. Al barri del Carmel, a Barcelona, l'any 2005 es va produir un esvoranc de 18 metres de profunditat, provocat per les obres de d'ampliació de la línia 5 del metro. El motiu de l'enfonsament va ser una falla que no s'havia tingut en compte en els estudis previs. A la fotografia inferior es pot veure el forat després d'injectar mils de tones de formigó per estabilitzar els edificis pròxims.



La subsidència natural, en canvi, és un risc geològic molt difícil de preveure perquè les cavitats subterrànies que hi ha a les roques solubles estan ocultes, per tant, no són fàcilment detectables sense estudis geofísics previs del subsòl i perquè la subsidència provocada per la tremolor de materials no compactats és més difícil de preveure que el terratrèmol en si mateix, ja que no totes les àrees amb subsidència potencial s'esfondren durant un sisme. L'enfonsament és esporàdic i imprevisible.

Per ordenar el territori, per construir un edifici o una carretera, cal conèixer el millor que es pugui el subsòl, cal saber si el terreny és càrstic o si antigament es van produir extraccions mineres en el subsòl, cal fer estudis geofísics del subsòl. Aquests estudis es duen a terme amb persones i equips tècnics molt especialitzats. Així doncs el coneixement, basat en la observació i tota la informació que es pot obtenir i les tècniques complexes i sofisticades dels estudis de geofísica, es com es fa la prevenció i la predicció dels riscos de subsidència.

Òbviament, en determinats llocs, el risc és nul o insignificant, per tant no fan falta gaires estudis. En canvi, en d'altres llocs, el risc és molt elevat i calen molts estudis. Aquest seria el cas per exemple de la població de Polanco a Cantabria, on els esvorancs -com el de la fotografia- són freqüents a causa de l'antiga extracció de sals. Davant del risc de subsidència, les mesures preventives a més són molt més econòmiques, mentre que les **mesures correctores** per els casos de subsidència i esfondrament representen un cost econòmic molt elevat.



Gestió del risc d'erosió de les platges

Hi ha diverses mesures encaminades a minimitzar l'**erosió de les platges**. La construcció d'esculleres o ports s'hauria de fer tenint en compte la dinàmica litoral. Per aquest motiu calen estudis previs de la zona que valorin factors com els corrents marins costaners, els vents dominants, la presència de rius i rieres que desemboquin al mar, etc. A la dreta veiem un exemple de regressió de la platja a la comarca del Maresme. A la zona encerclada de vermell es pot veure molta menys sorra que a la part superior de la imatge. La presència del port esportiu impedeix l'aportació de sorra en la platja situada al sud del port. La restauració de les platges es pot fer mitjançant

vaixells que draguen el fons marí (fotografia inferior) i tornen la sorra a la platja, encara que aquest procés és molt costós econòmicament. Prèviament, cal fer un estudi dels fons del mar per trobar zones on la sorra tingui la mida i les característiques adequades i no es deteriorin els prats d'algues de **posidònia** o altres ecosistemes marins.



En remoure la sorra es perjudica greument les poblacions d'organismes que hi viuen enterrats, com mol·luscs, crustacis, alguns peixos,..., cosa que afecta la pesca. Per això, molt sovint, els pescadors s'oposen a aquest tipus de restauració. Un altre dels problemes que comporta la restauració és el canvi de pendent, un litoral restaurat té més pendent al fons marí, perquè es treu sorra de sota i se'n posa a la superfície. El litoral, de forma natural, tendirà a buscar de nou el perfil d'equilibri que tenia, i la platja tornarà una altra vegada a desaparèixer.



La **construcció d'espigons i murs** (fotografia de la dreta) per contenir la força de les onades en una platja, pot provocar que quan hi hagi temporal, les onades rebotin contra l'espigó i s'emportin mar endins la sorra del fons marí. Actualment s'està experimentant amb la construcció d'espigons paral·lels a la costa lleugerament enfonsats, que facilitarien la sedimentació de sorra, però no l'erosió.



Gestió del risc edàfic

Com segurament recordes, hi ha diversos factors que afecten la **qualitat del sòl**, essent els més rellevants: l'elevada producció de residus, la contaminació amb fertilitzants i pesticides i l'erosió, que afavoreix la desertificació. Aquests fenòmens representen un problema per al medi ambient i per a l'ésser humà, ja que depenem del sòl per viure. El sòl ens proporciona la major part dels aliments. A més, sovint el sòl és un bé escàs, limitat i no renovable a curt termini. Com que té múltiples usos (agricultura, ramaderia, silvicultura, urbanització, vies de comunicació, indústria,...), cal gestionar-lo adequadament per no malmetre'l, i fer-ne un ús equilibrat, el que ens porta de nou a la necessitat de **l'ordenació del territori** per protegir els diferents recursos (agraris, miners,...), evitar la destrucció del sòl i possibilitar alhora la seva màxima productivitat. A la fotografia es veu un camp de gira-sols a la Toscana italiana

La preocupació per la conservació dels sòls va donar lloc a la **Carta Europea dels Sòls**, acordada a la ciutat francesa d'Estrasburg l'any 1972. Posteriorment, s'ha avançat molt en desenvolupar criteris i polítiques per preservar el sòl com a recurs de la biosfera i aturar el risc de degradació o destrucció del sòl. Les mesures per frenar l'erosionabilitat dels sòls van encaminades a modificar-ne les característiques, o la forma del terreny, i intentar que els efectes de la pluja siguin menors.



Algunes de les pràctiques **-preventives o correctives-** per a la conservació- edàfica són les següents:

- **Mantenir el sòl amb vegetació** per disminuir els processos erosius.
- **Fer coincidir el sentit de les llaurades** i les plantacions agrícoles **amb les corbes de nivell del terreny**, per disminuir l'escolament superficial de l'aigua i evitar l'erosió.
- Disminuir el pendent dels vessants per afavorir la retenció de l'aigua. Aquesta pràctica s'ha fet sempre construint feixes i marges de pedra, anomenats **bancals** per evitar l'erosió i la pèrdua de l'aigua.
- Evitar el retrocés dels barrancs mitjançant la **construcció dics en els xaragalls**.
- Fer **replantacions forestals** en zones en vies de desertificació i en explotacions mineres a cel obert.
- Instal·lar **barreres vegetals** per frenar la força del vent.
- **Construir murs de contenció** en indrets on hi hagi perill d'esllavissades i desprendiments.
- Fer una **planificació urbanística** adequada.
- **Establir espais naturals protegits** per preservar els sistemes i paisatges naturals d'interès especial, tant biològic com geològic.

Frenar la contaminació dels sòls evitant l'ús abusiu de fertilitzants