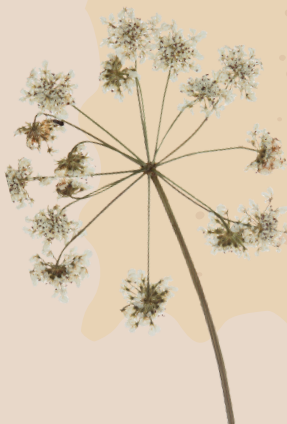




Os procesos xeolóxicos e a evolución do relevo

1. O relevo da superficie terrestre
 - 1.1. Tipos de relevo
 - 1.2. O ciclo xeolóxico
2. O magmatismo e as formas do relevo
 - 2.1. Vulcanismo e relevo
 - 2.2. As localizacións plutónicas e o relevo
3. As forzas que deforman a litosfera
 - 3.1. As dobras
 - 3.2. As fracturas
4. Os procesos xeolóxicos externos e o modelado do relevo
 - 4.1. A meteorización
 - 4.2. A formación do solo
 - 4.3. Erosión, transporte e sedimentación
 - 4.4. Factores que inflúen no modelado do relevo
 - 4.5. O modelado dos diferentes axentes xeolóxicos externos
5. Os riscos xeolóxicos
 - 5.1. Riscos asociados a procesos endóxenos
 - 5.2. Riscos asociados a procesos esóxenos
 - 5.3. Factores de risco
 - 5.4. Avaliación de riscos



1. O relevo da superficie terrestre

O relevo é o conxunto de accidentes xeográficos e formas estruturais que constitúen a superficie da codia terrestre, e a súa evolución é o resultado da interacción dos procesos xeolóxicos internos e externos.

Os procesos xeolóxicos internos, que teñen a súa orixe na calor xenerada no interior do núcleo e do manto, son responsables da construción das grandes formas do relevo (montañas, fosas oceánicas, etc.).

Os procesos xeolóxicos externos, movidos pola enerxía solar e a forza da gravidade, son responsables, principalmente, de modelar o relevo e modificar a paisaxe do planeta, é dicir, e tenden a nivelar a súa topografía.

1.1. Tipos de relevos

O relevo das zonas emerxidas (illas e continentes) poden clasificarse atendendo a dous criterios diferentes:

- Segundo a súa forma e a súa altitude
 - Planicies: extensións de terreo chaira. Ex. chairas, altiplanos e mesetas.
 - Prominencias: terreos con grandes diferenzas de altitude e fortes pendentes, que adoitan estar elevados respecto do nivel do mar. Ex. cerros, outeiros, montañas, serras e cordilleiras.
 - Depresións: terreos xeralmente planos e situados a unha altura menor ca o nivel do mar ou que o relevo dos seus arredores. Ex. vales e canóns.
- Segundo a súa extensión e idade
 - Macizos, escudos ou cratóns: zonas extensas, moi antigas, moi erosionadas e moi estables nas que abundan principalmente as rochas magmáticas e metamórficas.
 - Concas de sedimentación: zonas baixas, de extensión limitada, nas que se producen acumulacións de sedimentos e se forman rochas sedimentarias. Teñen idades diversas e poden estar máis ou menos alteradas polos procesos xeolóxicos.
 - Oróxenos: son cordilleiras ou zonas montañosas, xeralmente orixinadas por elevación e deformación dos materiais das concas sedimentarias en tempos relativamente recentes.

1.2. A evolución do relevo: o ciclo xeolóxico

O relevo terrestre é dinámico e é o resultado da acción conxunta dos procesos xeolóxicos endóxenos e esóxenos, que actúan de forma continua e simultánea modificando os terreos.

Para facilitar o seu estudo, adoitan dividirse estes procesos en dous mecanismos diferentes e complementarios que compoñen o chamado ciclo xeolóxico.

OROXÉNESE

É a elevación e a reactivación dos relevos pola acción de procesos xeolóxicos endóxenos como os terremotos, a actividade volcánica ou as deformacións da litosfera debidas a forzas tectónicas. Estes procesos elevan e deforman amplas zonas do terreo ou mesmo xeran novos territorios emerxidos.

GLIPTOXÉNESE

É o modelado do relevo existente ou do que está en formación, debido á acción dos procesos xeolóxicos exóxenos de meteorización, erosión, transporte e sedimentación. Estes procesos desgastan as rochas e van

redondeando os terreos montañosos, escavando sucos nas abas e xerando depósitos de sedimentos.

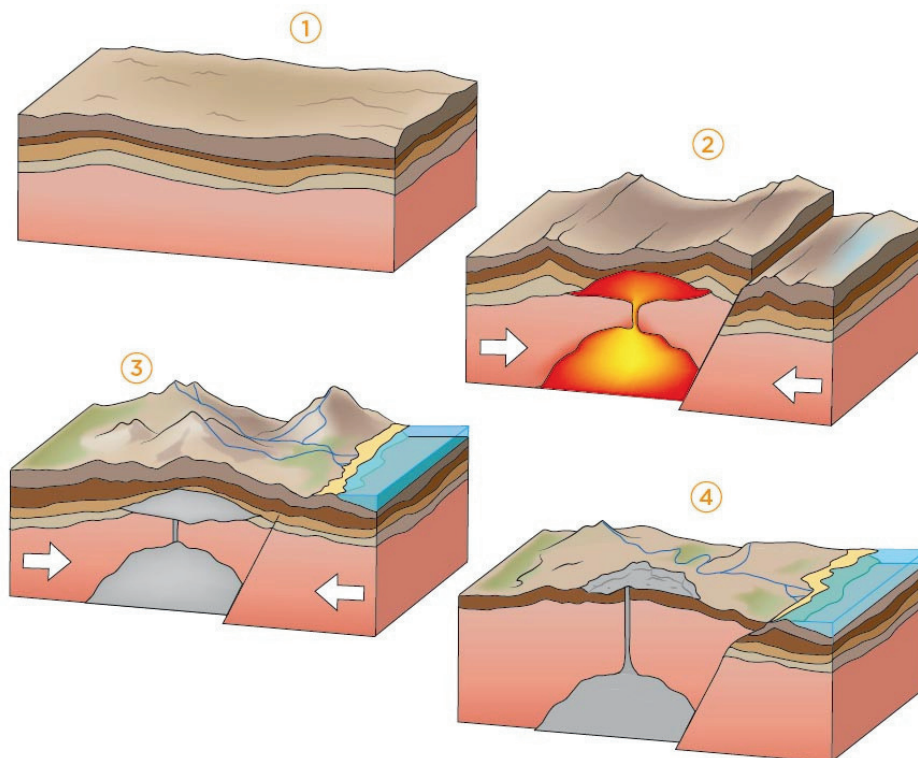


Figura 1. *Ciclo xeolóxico. Sobre un terreo inicial comezan a actuar os procesos xeolóxicos endóxenos e esóxenos simultaneamente (1). As forzas tectónicas pregan e fracturan o terreo, que se eleva (oroxénese). Simultaneamente, os procesos esóxenos realizan a súa acción (2). Os procesos xeolóxicos esóxenos desgastan o terreo (gliptoxénese) mentres os procesos endóxenos seguen actuando e elevando o terreo (3). A acción continuada dos procesos xeolóxicos fai que os terreos adquiran formas características pero non definitivas, xa que os procesos non cesan (4).*

2. O magmatismo e as formas do relevo

Os procesos magmáticos que máis inflúen na evolución dos relevos terrestres son o vulcanismo e, de forma máis indirecta, os procesos plutónicos.

2.1. Vulcanismo e relevo

Os volcáns expulsan grandes cantidades de materiais que se acumulan na superficie e orixinan estruturas que ás veces alcanzan grandes dimensións. As principais formas do relevo que se orixinan deste modo son:

- Edifícios volcánicos. Montañas de forma cónica máis ou menos pronunciada e cun cráter na parte superior formadas pola acumulación dos materiais que expulsan os volcáns.
- Ilas volcánicas. Os materiais expulsados por volcáns submarinos acumúlanse e, cando superan o nivel do mar, forman illas, en ocasións extensas e elevadas.

- Coadas. Grandes extensións de lava solidificada que se estenden ao pé dun volcán. As de volcáns costeiros que alcanzan o mar xeran novos terreos.

Tras a acción dos procesos exóxenos sobre estas formas, orixínanse:

- Caldeiras. Grandes depresións coas paredes empinadas que se forman cando colapsa e se derruba un edificio volcánico e é erosionado.
- Pitóns e roques. Formas verticais feitas da rocha volcánica formada no interior das chemineas dos volcáns e que quedan no exterior cando a erosión retira os materiais soltos de arredor.

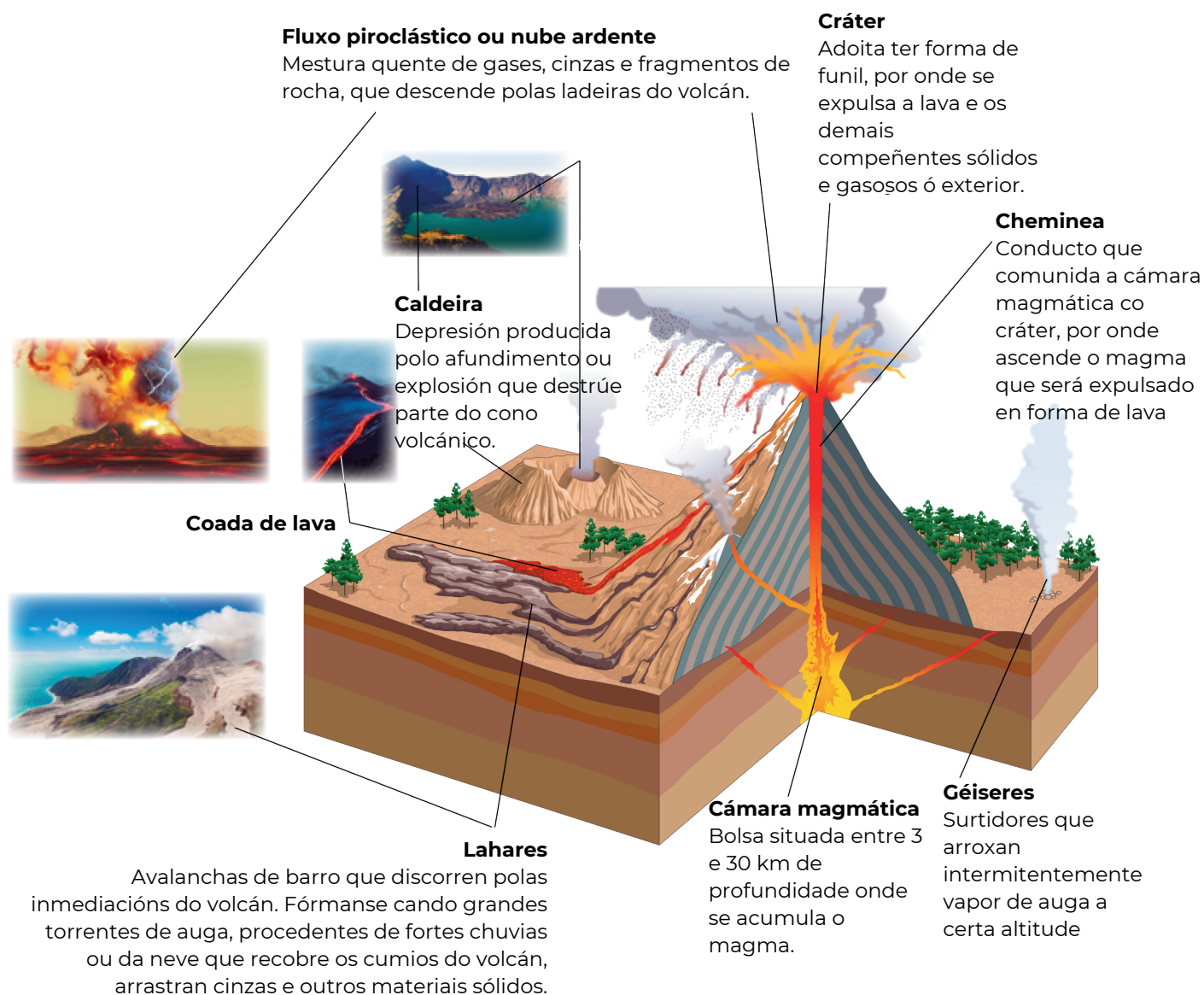


Figura 2. Estructuras do relevo volcánico

2.2. As localizacións plutónicas e o relevo

Os procesos plutónicos inflúen no relevo no momento no que as localizacións de granitos, dioritas, etc. afloran á superficie despois de que os procesos esóxenos retiren os materiais que os cobren. Dan lugar ás seguintes paisaxes:

Pedregais e rochedos. Relevos formados por grandes plutóns de superficie curva que afloran pola erosión e que son, á súa vez, erosionados, polo que adquiren formas redondeadas (caos de bólas) ou enormes masas abovedadas chamadas domos ou helmos.

Lanchares son extensións chairas de rocha que se xeran cando os plutóns con superficie plana afloran á superficie.

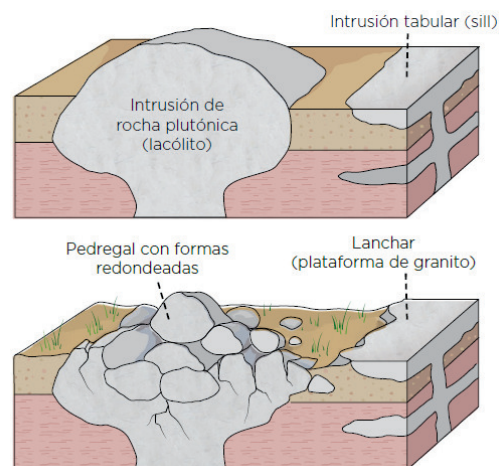


Figura 3. Estruturas do relevo plutónico

3. As forzas que deforman a litosfera

As rochas defórmanse por acción das forzas tectónicas, que poden ser de tres tipos:

- De distensión: forzas diverxentes que estiran e adelgazan o terreo
- De compresión: forzas converxentes que acurtan e engrosan o terreo
- De cisalla: forzas paralelas de sentido contrario que 'retorcen' o terreo

Cando os materiais terrestres se ven sometidos a estes esforzos tectónicos, prodúcese neles deformacións que, dependendo da natureza dos devanditos materiais e do tempo e da intensidade con que actúen as forzas, son:

- Deformacións plásticas. Prodúcese cando o material sometido a esforzos non recupera a súa forma orixinal e queda deformado permanentemente. Adoitan asociarse a esforzos de compresión lentos e prolongados. As formacións xeolóxicas máis comúns que orixinan son as dobras.
- Deformacións elásticas. Suceden cando os materiais afectados recuperan a súa forma e posición orixinais, ben porque o esforzo cesa, ben porque se produce unha liberación brusca da tensión. Isto chámase rebote elástico, e é responsable da brusca liberación de enerxía que dá lugar aos terremotos.
- As fracturas. Ocorren cando o material sometido ao esforzo tectónico supera o seu límite de plasticidade, rompe e libera bruscamente enerxía que orixina terremotos. As fracturas asóciense a esforzos de compresión, de distensión ou de cisalla. As formas xeolóxicas que orixinan son as diáclases e as fallas.

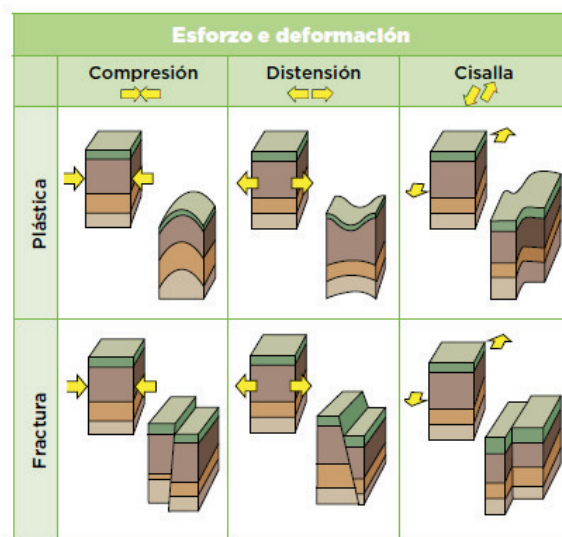


Figura 4. Deformacións que orixinan os diferentes esforzos tectónicos que actúan sobre as rochas da codia

3.1. As dobras

Son deformacións plásticas e permanentes que afectan as formacións de rochas que se dispoñen en estratos, cando experimentan esforzos compresivos lentos e continuos.

Toda dobra ten uns elementos que a definen. Son os seguintes:

- **Plano axial.** É un plano imaxinario que divide a dobra en dúas metades simétricas.
- **Flancos.** Son as dúas metades da dobra, a ambos os dous lados do plano axial.
- **Liña de charneira ou eixe.** É a liña que une os puntos de maior curvatura da dobra e coincide coa liña pola que o plano axial corta a dobra.
- **Verxencia (α).** É o ángulo que forma o plano axial da dobra cun plano vertical.
- **Buzamento.** É o ángulo que forman os flancos cun plano horizontal.
- **Dirección.** É o ángulo que forma o eixe do gonzo coa dirección norte-sur.

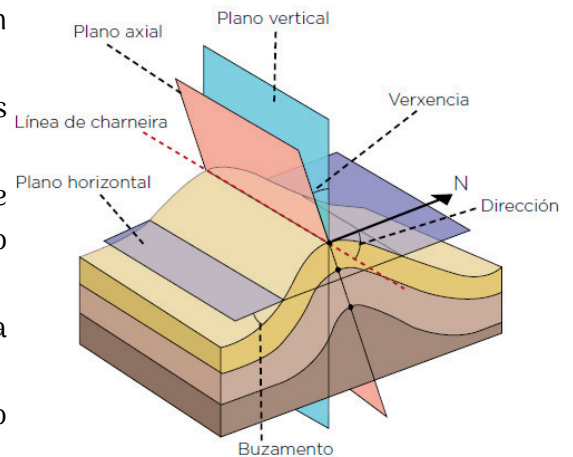


Figura 5. Elementos dunha dobra

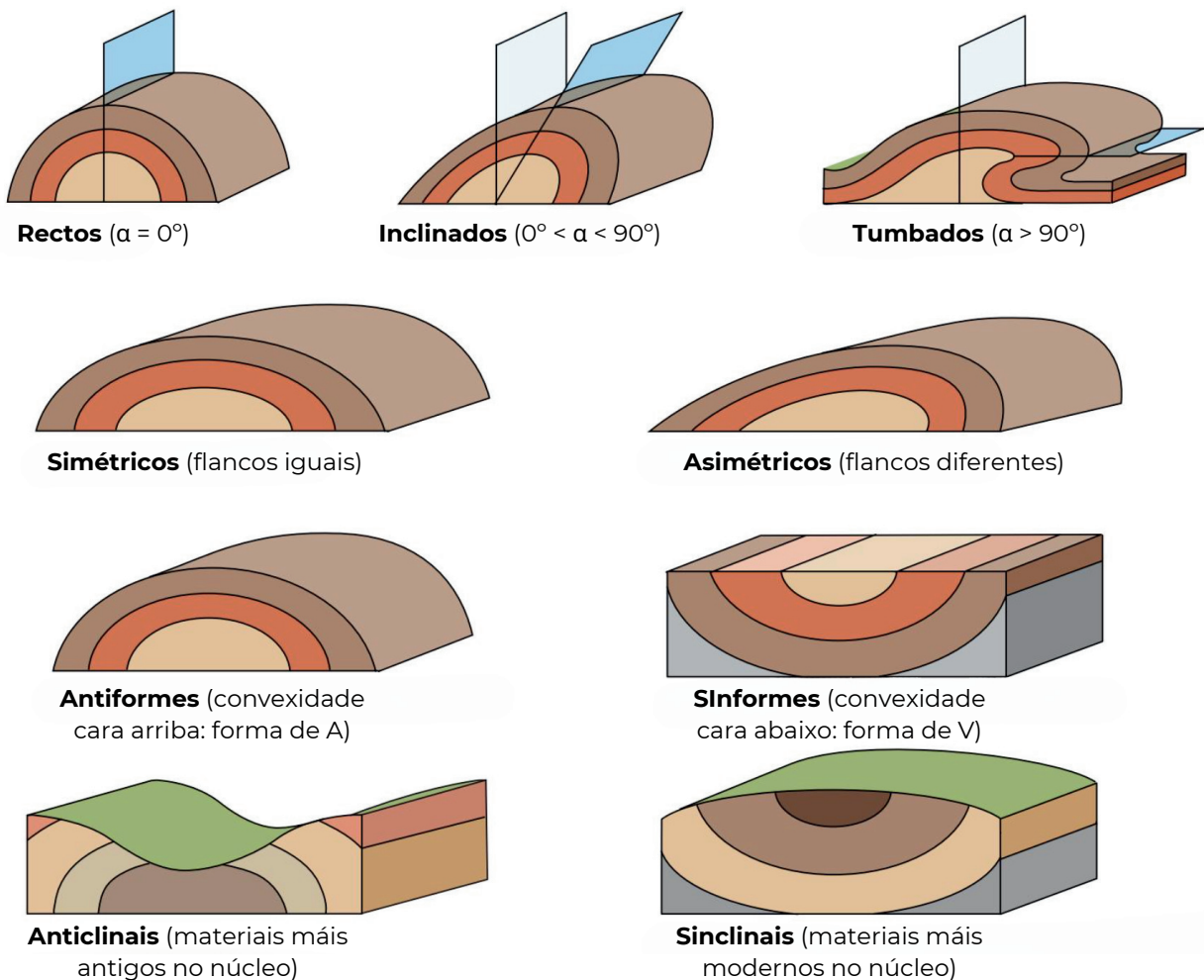


Figura 6. Clasificación das dobras en función de diferentes criterios. Primeira fila: segundo a verxencia. Segunda fila: segundo a súa simetría. Terceira fila: segundo a súa xeometría. Cuarta fila: segundo a disposición dos materiais

3.2. As fracturas

Son roturas que experimentan as formacións rochosas cando sofren esforzos tectónicos. Son de dous tipos: diáclases e fallas.

DIÁCLASES

Son fracturas pouco extensas, que raras veces aparecen illadas nas masas de rocha e que non supoñen un movemento relativo entre os bloques fracturados.

Poden deberse a esforzos tectónicos, aínda que tamén poden resultar da descompresión que sofre unha rocha ao erosionarse os materiais que a cubrían, ou da contracción e da dilatación da rocha cando queda exposta á temperatura exterior...

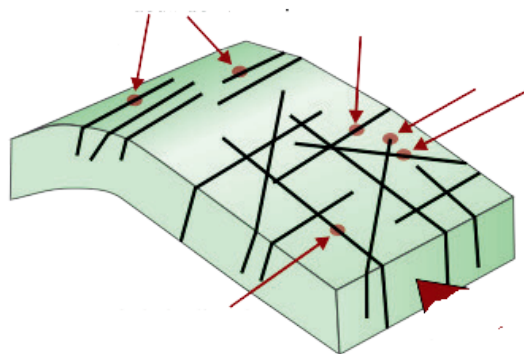


Figura 7. Diáclases de diferentes xeometrías e disposicións

FALLAS

Son fracturas de maior tamaño ca as diáclases, debidas a esforzos tectónicos e cun desprazamento relativo entre os bloques fracturados.

- Plano de falla. É o plano que define a superficie de fractura e sobre o que se desprazan os bloques.
- Labios ou bloques. Son as dúas partes da masa de rocha que quedan separadas pola liña de fractura. Se os bloques sofren un desprazamento na vertical, aparecen un bloque ou labio levantado e un bloque ou labio afundido.
- Salto de falla. Chámase salto neto á distancia total que se desprazaron os bloques sobre o plano de falla. Chámaselle escarpa á distancia medida na vertical.
- Buzamento. É o ángulo que forma o plano de falla co plano horizontal.
- Dirección. É o ángulo que forma o plano de falla con respecto á dirección norte-sur.

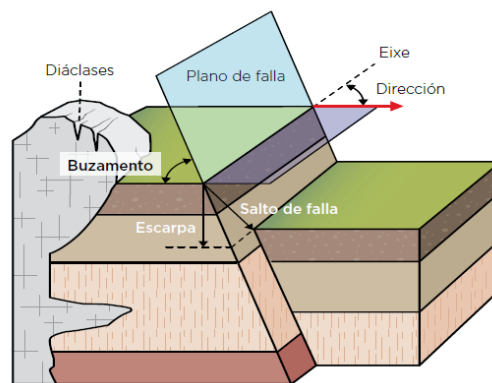


Figura 8. Elementos dunha falla

Segundo o tipo de movemento relativo entre os bloques, a disposición do plano de falla e os esforzos que as orixinan, as fallas poden ser:

- Normais. O seu plano de falla buza cara ao bloque afundido, que se desprazou sobre o plano de falla a favor da gravidade debido a esforzos distensivos.
- Inversas. O seu plano de falla buza cara ao bloque levantado, que se desprazou en contra da gravidade debido a esforzos compresivos.
- De esgazadura. O seu plano de falla é horizontal, xa que os bloques non se desprazan na vertical senón só na horizontal e non teñen buzamento. Fórmanse pola acción de esforzos de cisalla.

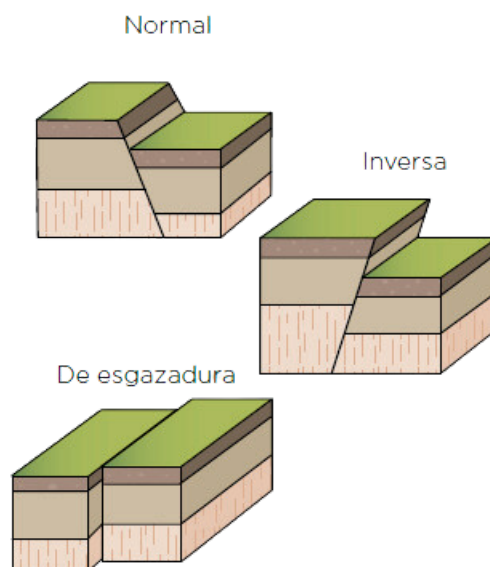


Figura 9. Clasificación das fallas

4. Os procesos xeolóxicos externos e o modelado do relevo

Os procesos xeolóxicos externos actúan continuamente sobre as rochas expostas na superficie modelando o relevo e modificando a paisaxe do noso planeta. Son a meteorización, a erosión, o transporte e a sedimentación. En conxunto, a súa actuación tende a nivelar o relevo, destruíndo elevacións e reenchendo depresións:

- Por unha banda, destrúen o relevo, xa que contribúen a erosionar as montañas e os continentes.
- Por outra banda, colaboran na construción do relevo cando transportan os materiais procedentes da erosión do terreo e os acumulan para dar lugar a novos materiais.

Os axentes xeolóxicos externos son todos aqueles fenómenos naturais que levan a cabo o modelado do relevo, e inclúen os gases atmosféricos, os cambios de temperatura, o vento, a auga e os seres vivos. Chámanse externos ou esóxenos porque están impulsados por formas de enerxía que se manifestan na superficie do planeta:

- Enerxía solar: quenta a superficie terrestre, impulsando o ciclo da auga e os fenómenos meteorolóxicos como os cambios de temperatura, as precipitacións, os ventos ou os movementos do mar.
- Gravidade: provoca desprazamentos nas rochas e fai que as augas superficiais e o xeo dos glaciares flúan desde as zonas máis elevadas ata as zonas de menor altitude, conferíndolles enerxía. Por outra banda, a atracción gravitatoria do Sol e da Lúa ocasionan as mareas.

4.1. Meteorización

É o proceso que causa a disgregación e alteración lenta e continua das rochas da superficie terrestre (rocha nai), a través da acción sobre elas da atmosfera, da hidrosfera e dos seres vivos.

A meteorización da rocha nai xenera un conxunto de fragmentos soltos de tamaño variable chamado regolito ou manto de alteración, que pode quedar sobre a rocha nai ou caer aos seus pés por acción da gravidade. En calquera caso, os materiais do manto de alteración poden transformarse en solos, ou erosionarse, ser transportados e sedimentados noutro lugar por outros axentes xeolóxicos exóxenos.

METEORIZACIÓN FÍSICA

A meteorización física ou mecánica fragmenta as rochas sen producir cambios na súa composición química.

Este tipo de meteorización ten varios mecanismos, que son:

- Xelifracción ou criofracción. Rotura das rochas pola acción da auga que se conxela no interior das súas gretas, aumenta de volume e exerce unha acción de cuña que as fractura. É característica de zonas húmidas e frías. Se se dá en montañas, xera pedregais (acumulacións de fragmentos nas abas).
- Termoclastia. Disgregación das rochas debida a grandes diferenzas de temperatura entre o día e a noite que producen ciclos de dilatación e contracción diferentes na superficie e no interior das rochas. Isto xera tensións que descascan a rocha. Intensifícase se se dá unha dilatación diferencial entre minerais. A termoclastia é característica de zonas con grande amplitude térmica, como os desertos.
- Abrasión eólica. Fragmentación da rocha debida ao impacto das partículas que arrastra o vento. É característica de zonas sen vexetación protetora, como os desertos.

- **Haloclastia.** Ésmiuzamento das rochas debido á presión que exercen os sales que cristalizan nas gretas cheas con augas moi salgadas que se evaporan. É típica de zonas costeiras e áridas.
- **Descompresión.** Agretamento e a fractura das rochas debida á perda da presión de carga que exercían os materiais que as cubrían e que foron erosionados.

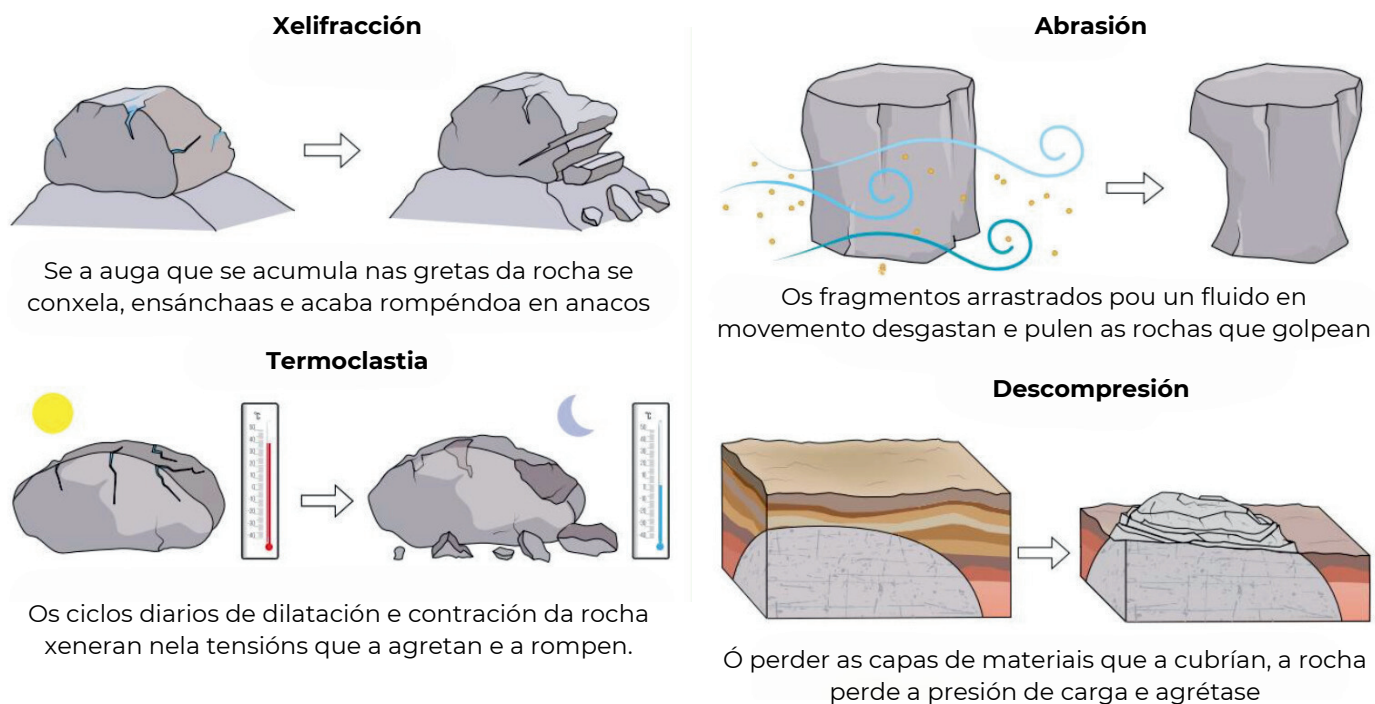


Figura 10. Mecanismos de meteorización física

METEORIZACIÓN QUÍMICA

A meteorización química produce a disgregación das rochas ao alterar quimicamente os seus minerais. Este tipo de meteorización é máis frecuente en climas cálidos e húmidos, xa que as altas temperaturas e a abundancia de auga favorecen as reaccións químicas. Os seus principais mecanismos son:

- **Hidratación.** Prodúcese cando a auga pasa a formar parte da estrutura molecular de certas rochas, como as arxilas expansivas. Cando estas rochas se hidratan aumentan de volume e cando se deshidratan contráense. Isto xera tensións que acaban separando os minerais e disgregando a rocha.
- **Hidrólise.** Dáse cando os ións da auga (H^+ e OH^-) se introducen na rede cristalina dun mineral e desprazan algún dos átomos que a ocupaban. Isto ocorre, por exemplo, no feldespato contido no granito, que se debilita e fai que a rocha se disgrege nun fino po.
- **Disolución.** Prodúcese cando a auga da chuva dissolve os sales de rochas con minerais como a halita ou o xeso. O resultado é que a rocha presenta sucros na súa superficie nas zonas polas que circula a auga da chuva e vai dissolvendo minerais.
- **Carbonatación.** É un caso especial de disolución que afecta as rochas carbonatadas. Dáse porque a auga de chuva reacciona co CO_2 atmosférico e xera ácido carbónico. Este composto transforma os carbonatos insolubles das calcarias e dolomías en bicarbonatos solubles. Así, as formacións deste tipo de rochas son lentamente disoltas pola chuva, que xera as formas da paisaxe cárstica como lapiaces ou lenares, torcais, dolinas, poljés, simas e cavernas.
- **Oxidación.** É a acción do O_2 disolto na auga de chuva sobre rochas con minerais que conteñen catións metálicos como o ferro ou o cobre. Nestas rochas, a auga de chuva forma óxidos solubles e isto causa que a rocha se desfaga lentamente. As formacións afectadas toman o vermello e ocre dos óxidos de ferro.

METEORIZACIÓN BIOLÓXICA

Os seres vivos provocan meteorización física (bioclastia) nas rochas cando, por exemplo, as raíces das plantas se insertan como cuñas nas súas gretas e as ensanchan co seu cremento. Tamén os animais zapadores que viven no solo constrúen galerías, removen a terra e son un efectivo sistema de erosión das rochas.

Por outra banda, os seres vivos tamén son responsables da meteorización química das rochas cando, por exemplo, durante a descomposición da materia orgánica, algúns fungos, liques ou bacterias segregan substancias ácidas que alteran as rochas e contribúen a formar os solos. As raíces das plantas tamén modifican a composición química das rochas mediante o proceso de intercambio iónico que realizan cando absorben auga.

4.2. A formación de solos

O solo é unha capa de materiais non consolidados pero estruturados que cobre unha boa parte das rochas da superficie da codia terrestre emerxida e sobre a que se asenta a vexetación.

O solo é o resultado dun lento proceso de transformación dos mantos de alteración que se orixinan pola meteorización das rochas. Sobre estes materiais desenvólvese unha actividade biolóxica e unha continua infiltración de auga que transforman a rocha alterada nun solo estruturado cada vez máis profundo.

COMPOSICIÓN DO SOLO

- Compoñentes sólidos: fragmentos de rocha do manto de alteración (inorgánicos) e partes ou restos dos seres vivos que se instalan no solo (orgánicos), como restos de vexetais, excrementos ou cadáveres de animais e materia orgánica en composición (humus).
- Compoñentes fluídos: líquidos e gases que ocupan os espazos existentes entre os compostos sólidos, como a auga con substancias disoltas, o aire atmosférico e os gases procedentes da actividade metabólica dos seres vivos.
- Compoñentes biolóxicos: seres vivos que habitan o solo (plantas que enraizan nel, invertebrados como rotíferos, nemátodos, miñocas, ácaros, formigas, colémbolos, etc., pequenos vertebrados como toupas, e organismos saprófitos como fungos, protozoos e bacterias, responsables da descomposición da materia orgánica e a formación do humus).

ESTRUTURA DO SOLO

Os solos teñen varias capas ou horizontes edáficos. Son o resultado da actividade biolóxica, que achega humus, e da infiltración da auga das precipitacións, que produce un lavado de substancias que se acumulan a distintas profundidades determinando unha estrutura vertical ou perfil do solo.

Todo solo ten tres horizontes básicos:

- Horizonte A, de lavado ou de lixiviación. É o máis superficial. É moi rico en compoñentes orgánicos, como os ácidos húmicos, que atacan quimicamente os minerais e fan que se disolvan na auga. A capa máis superficial deste horizonte, na que se acumulan restos vexetais sen descompoñer, chámase horizonte O ou A0.
- Horizonte B, de acumulación ou de precipitación. Está por debaixo do anterior e é rico en minerais procedentes do horizonte A, como arxilas arrastradas pola auga, así como en minerais de nova formación, como óxidos e hidróxidos de ferro e aluminio ou calcita (CaCO_3).

- Horizonte C ou regolito. Está constituído polos materiais procedentes da alteración e fragmentación da rocha nai que hai baixo o solo. Este horizonte vai crescendo en espesor xa que as substancias xeradas na formación do solo infiltranse ata el e aceleran o proceso de disgregación da rocha nai.

FORMACIÓN DO SOLO OU EDAFOXÉNESE

A formación dos horizontes do solo é un proceso lento e complexo que ocorre en varias etapas:

- Formación dun regolito (horizonte C) a partir da meteorización da rocha nai. Este substrato pode ser colonizado por pequenas plantas e liques, que comezarán a aportar materia orgánica ó solo en formación.
- A presenza de plantas e outros seres vivos fai que se vaian acumulando restos orgánicos na parte superficial, e así se vai formando lentamente o

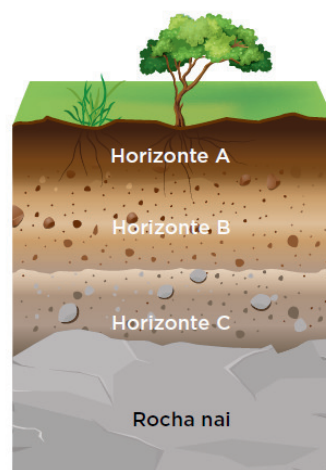
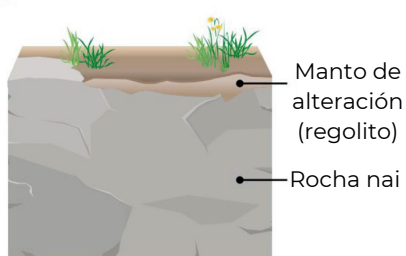


Figura 11. *Estrutura dun solo maduro*

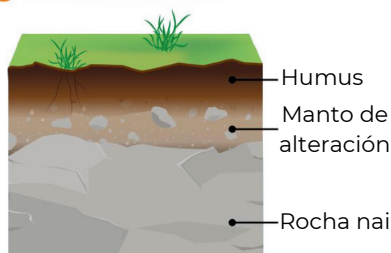
horizonte A, rico en humus. Este horizonte vai sendo colonizado por plantas de maior porte e por outros seres vivos a medida que aumenta o espesor do solo.

- A infiltración de auga e o lavado do horizonte A, dan lugar ó horizonte B, incrementando así a complexidade estrutural e a profundidade do solo.

1 Formación do horizonte C



2 Formación do horizonte A



3 Formación do horizonte C

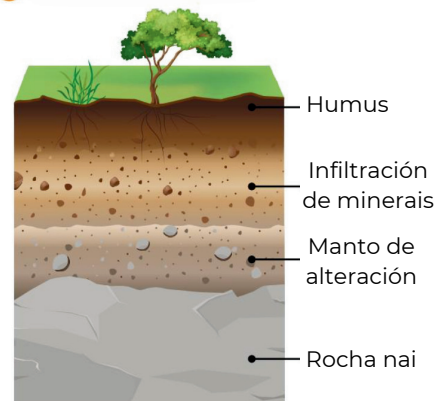


Figura 12. *Etapas da edafoxénese. A formación dun solo maduro tarda centos de anos en completarse e o solo constitúe a base dos ecosistemas terrestres e, polo tanto, tamén da nosa supervivencia. É por iso que debemos protexelo das principais ameazas antropoxénicas: a erosión, que provoca desertización, e a contaminación.*

FACTORES QUE INFLÚEN NA FORMACIÓN DO SOLO

A formación do solo depende de certos factores que determinan, á súa vez, o desenvolvemento de diferentes tipos de solo nas distintas rexións do planeta.

- Tipo de rocha nai. Define a textura e a composición mineral do chan.
- Pendente. Nos relevos con moita pendente é moito máis difícil que se acumulen mantos de alteración e que se formen solos, xa que os materiais tenden a caer aba abaixo. En cambio, nos relevos chairós fórmanse solos profundos e con moitas capas.
- Vexetación. A presenza dunha cobertura vexetal favorece a infiltración de auga e o lavado do solo, á vez que as raíces o suxeitan e evitan que sexa arrastrado pola auga de chuvia.

- Clima. Determina a abundancia e o réxime de precipitacións, a evaporación de auga e a temperatura, que inflúen na degradación da materia orgánica, no lavado do solo e na presenza de vexetación.
- Actividade biolóxica. A presenza de abundantes bacterias e doutros organismos favorece a descomposición da materia orgánica.

TIPOS DE SOLOS

As características de cada solo dependen da combinación de factores que se den durante o seu proceso de formación. Por este motivo hai unha grande diversidade de solos na natureza. A súa clasificación é moi complexa, pero en xeral pode dicirse que existen dous tipos xerais:

- Solos zonais. O clima xoga un papel predominante no seu desenvolvemento e por iso son típicos de rexións climáticas concretas. Por exemplo: o permafrost, un chan que se encontra permanentemente conxelado, é propio de climas moi fríos; os podzois ou as terras pardas son chans propios de latitudes medias frías; os chans mediterráneos e áridos son típicos de latitudes medias cálidas; e as lateritas de climas tropicais.
- Solos azonais. Adoitan ser solos inmaduros en proceso de formación, polo que aínda non foron condicionados polos factores climáticos, así que as súas características dependen fundamentalmente da rocha nai sobre a que se forman. Por exemplo, a rendzina desenvólvese sobre rochas calcarias, o ránker sobre rochas silicatadas como o granito e o chernozem sobre carbonatos.

4.3. Erosión, transporte e sedimentación

EROSIÓN

É o desgaste que sofren as rochas pola eliminación (denudación) dos materiais disgregados pola meteorización. Cada axente xeolóxico externo produce unhas formas propias e recoñecibles de erosión; por exemplo, o vento xenera rochas moi pulidas e moi desgastadas nas partes nas que golpea con maior intensidade.

TRANSPORTE

É o desprazamento dos materiais erosionados desde zonas de maior altitude cara zonas máis baixas. Depende tanto da enerxía do axente xeolóxico que o produce como do tamaño dos fragmentos transportados.

Os axentes xeolóxicos externos capaces de mobilizar materiais son os seguintes:

- Fluidos en movemento: correntes de auga, vento e glaciares. Trátase dun transporte selectivo por tamaños, é dicir, as partículas máis finas son transportadas máis lonxe, mentres que as máis grandes se depositan máis próximas á rocha nai. Ademais, os materiais cambian a súa forma durante o transporte debido a que seguen sufrindo procesos de desgaste durante o traxecto.

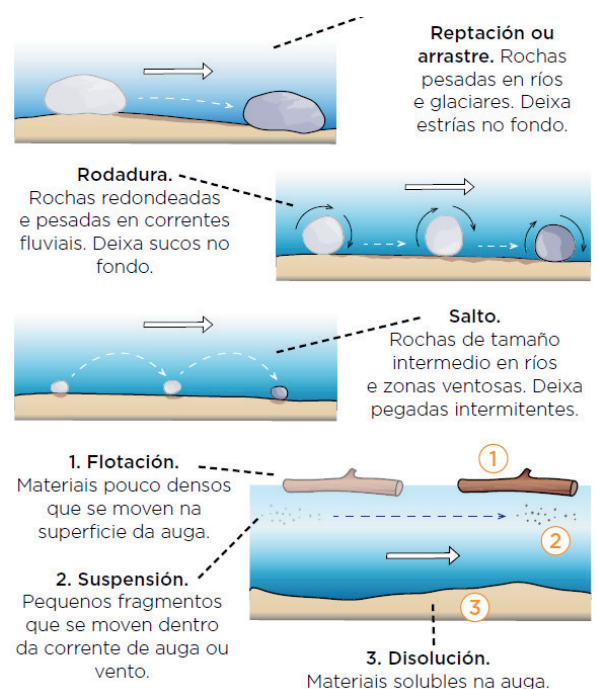


Figura 13. Tipos de transporte por fluídos en movemento

- **Gravidade:** os procesos gravitacionais provocan o desprazamento dos materiais soltos a favor das pendentes das ladeiras. Estes procesos desencadéanse cando se dan certas condicións de inestabilidade nas ladeiras como:
 - Pendentes moi pronunciadas
 - Presenza de auga procedente de chuvias torrenciais, nevadas, xeadas ou desxeos, nos mantos de alteración
 - Perda de vexetación, cuxas raíces suxeitan o solo.
 - Vibracións, que alteran o equilibrio da ladeira
 - Intervencións humanas nas pendentes: deforestación, construcións, etc.



Figura 14. Tipos de procesos gravitacionais ou fenómenos de ladeira

SEDIMENTACIÓN

A sedimentación é o depósito dos materiais erosionados e transportados, chamados sedimentos, debido á diminución da enerxía do axente de transporte ou debido a cambios na súa solubilidade.

Aínda que os sedimentos se depositan en calquera zona do terreo na que o axente de transporte perde enerxía, acumúlanse sobre todo nas grandes cuncas de sedimentación, tal e como xa se estudiou no tema anterior.

4.4. Factores que inflúen no modelado do relevo

O modelado do relevo depende dunha serie de factores (o clima, o tipo de rochas do terreo e o relevo preexistente) que condicionan o tipo de axentes xeolóxicos presentes en cada zona e a forma na que estes actúan.

Así, segundo os factores predominantes, diferéncianse tres tipos de relevo: climáticos, litolóxicos e estruturais.

RELEVOS CLIMÁTICOS

O clima é o factor que máis inflúe no modelado do relevo, pois condiciona a existencia duns ou doutros axentes do modelado. A influencia do clima determina que haxa modelados zonais diferentes:

- Zonas glaciares e periglaciares. Nelas predominan a meteorización mecánica por criofracción, os glaciares e a gravidade. As formas do relevo son os circos e vales en U, as rochas enlamadas, as morenas, os campos de tillitas e os pedregais.

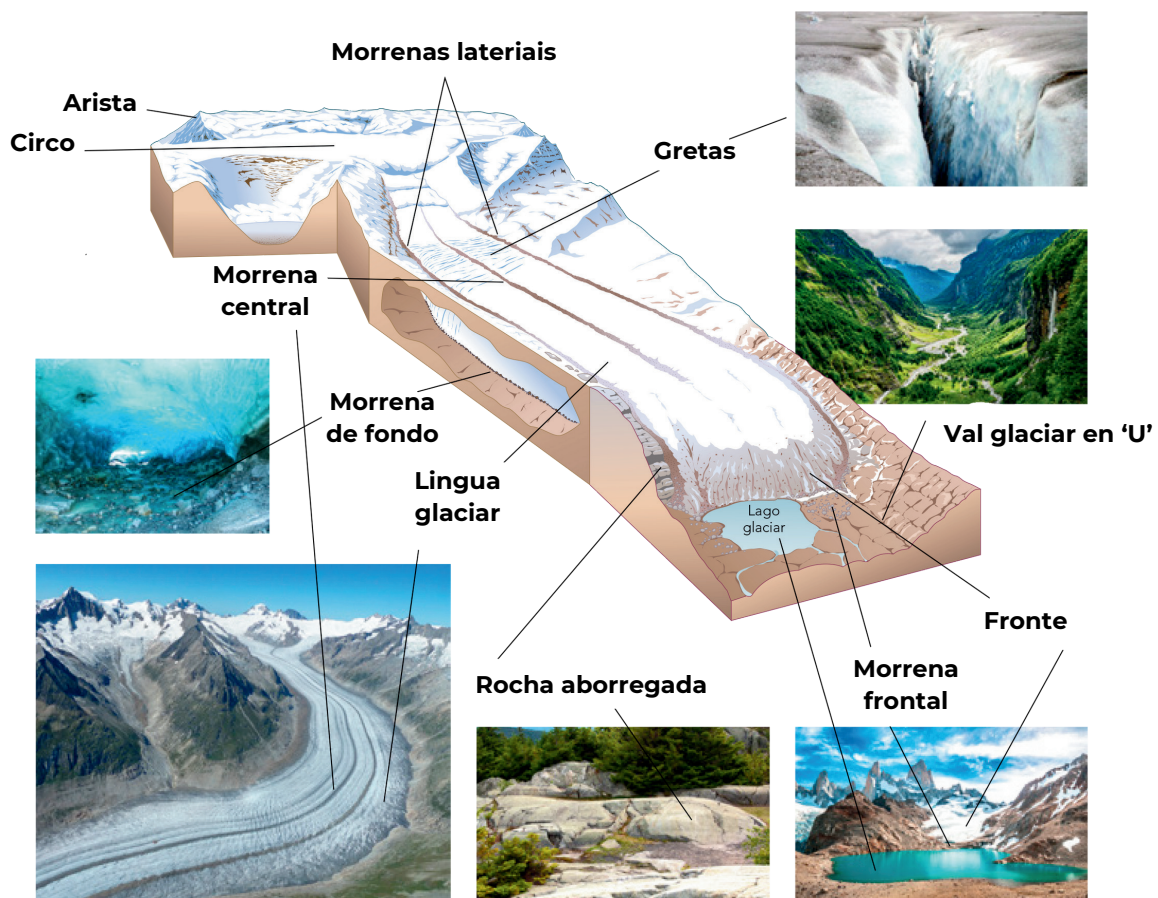


Figura 15. Formas do modelado producidas polos glaciares en rexións climáticas frías

- Zonas temperadas e húmidas. Predominan a meteorización química, a formación de solos, e a acción das augas continentais, coas formas típicas do modelado fluvial.

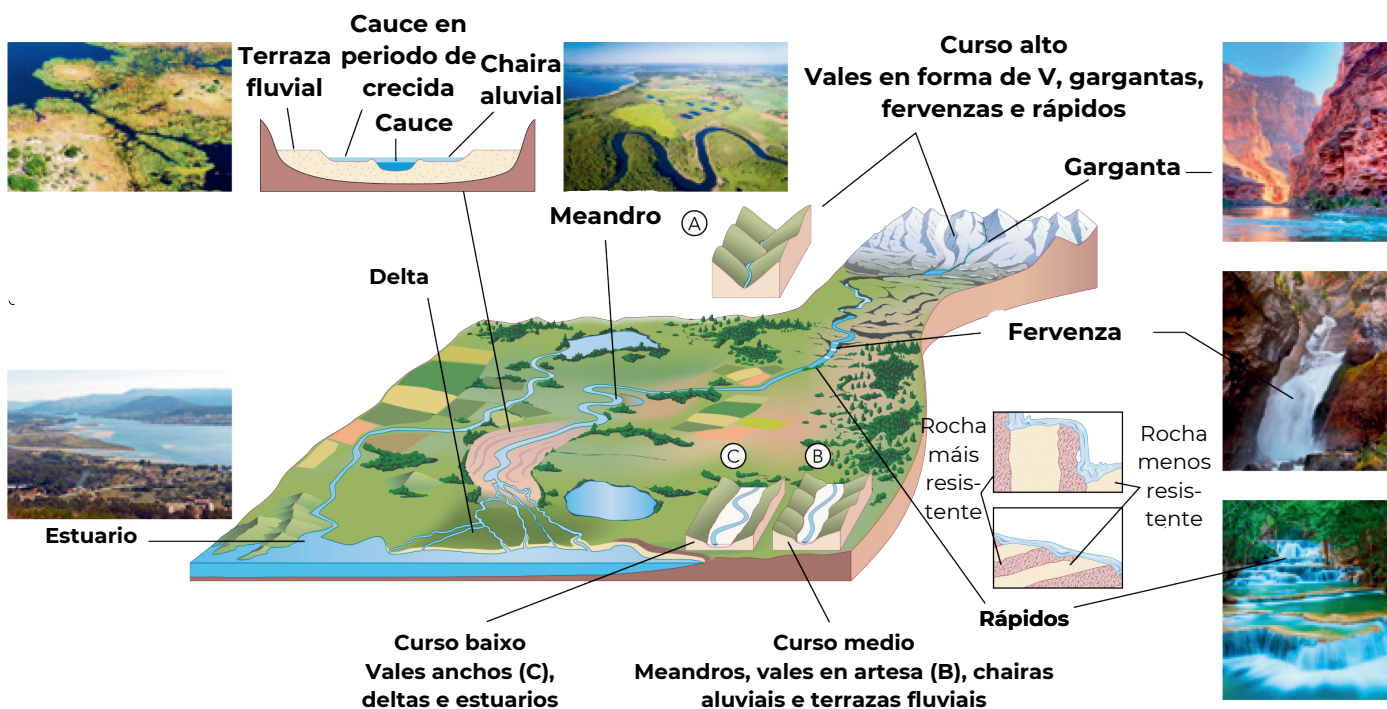


Figura 16. Formas do modelado fluvial en rexións climáticas temperadas e húmidas

- Zonas desérticas e subdesérticas. Pola escaseza de auga predominan a termoclastia, a acción do vento e da gravidade. As formas do relevo son desertos rochosos e pedregosos, con rochas funxiformes e moi cuarteadas, e os desertos areentos con dunas.

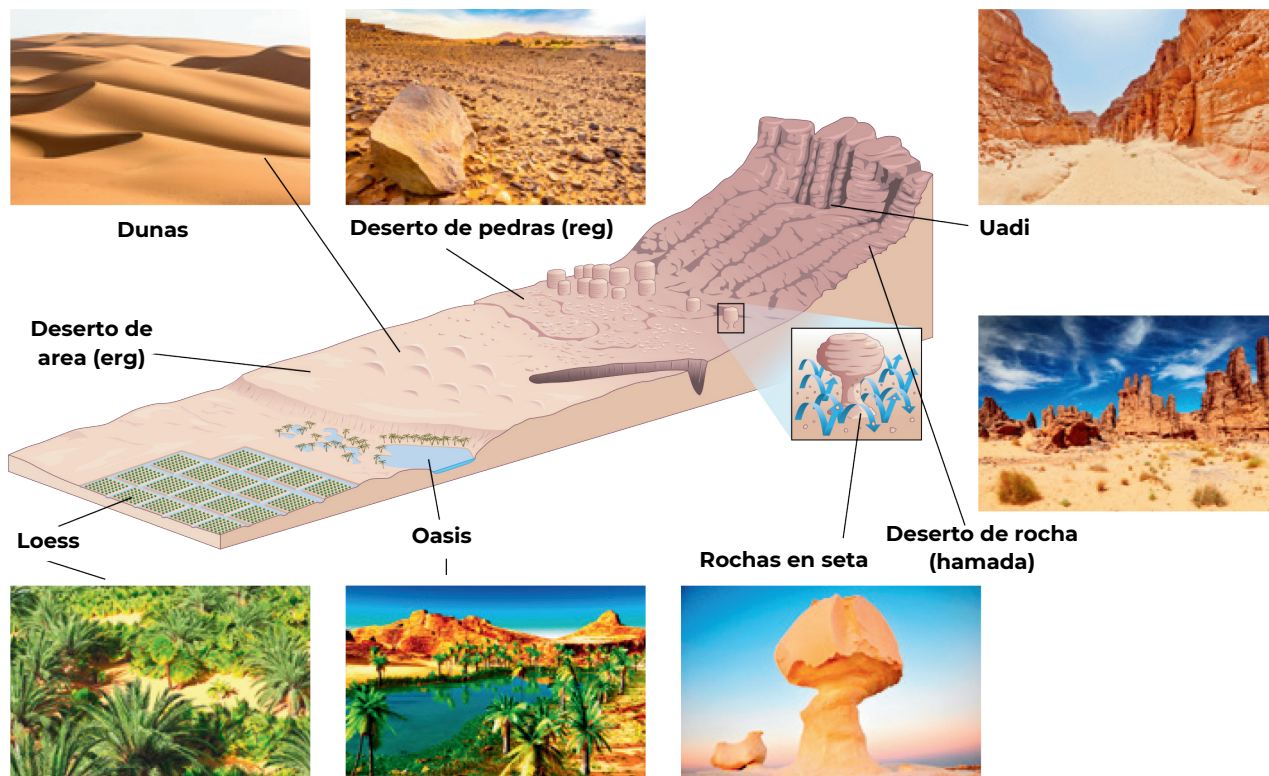


Figura 17. Formas do modelado desértico en rexións climáticas áridas

- Zonas tropicais e ecuatoriais. A humidade e as altas temperaturas fan que aquí sexa moi intensa a meteorización química, que xera rochas redondeadas tipo pan de azucre ou profundos canóns con promontorios elevados de rochas máis duras. Tamén son típicos os solos lateríticos, moi ricos en humus e en minerais moi alterados. A abundancia de vexetación e doutros seres contribúe a este tipo de modelado.

RELEVOS LITOLÓXICOS

O tipo de rocha que compón un relevo pode condicionar a acción dos procesos exógenos en boa medida, pois a súa textura e a súa composición química aféctanlle á súa resistencia á erosión e á forma en que se modelan.

- As arxilas, impermeables e pouco compactas, favorecen a escorrentía superficial. En climas temperados con cuberta vexetal producen relevos suaves, con formas do modelado fluvial. Nos climas áridos son moi vulnerables ás augas salvaxes e orixinan badlands.

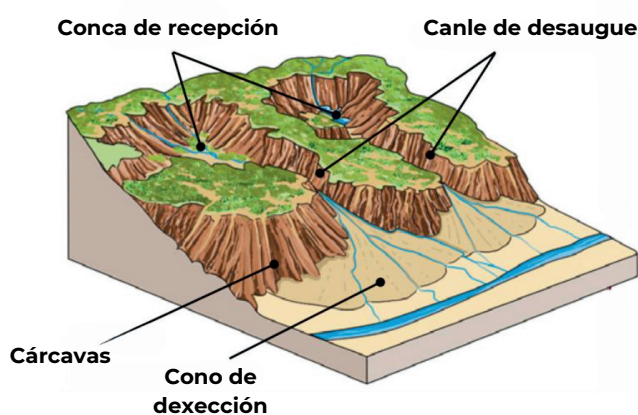


Figura 18. *Formas do modelado da auga en terreos arxilosos*

- As calcarías disólvense por carbonatación e dan lugar ás formas erosivas da paisaxe cárstica que xa se mencionaron. Por outra parte, eses carbonatos poden precipitar no interior de cavernas dando lugar a depósitos verticais (estalactitas e estalagmitas).

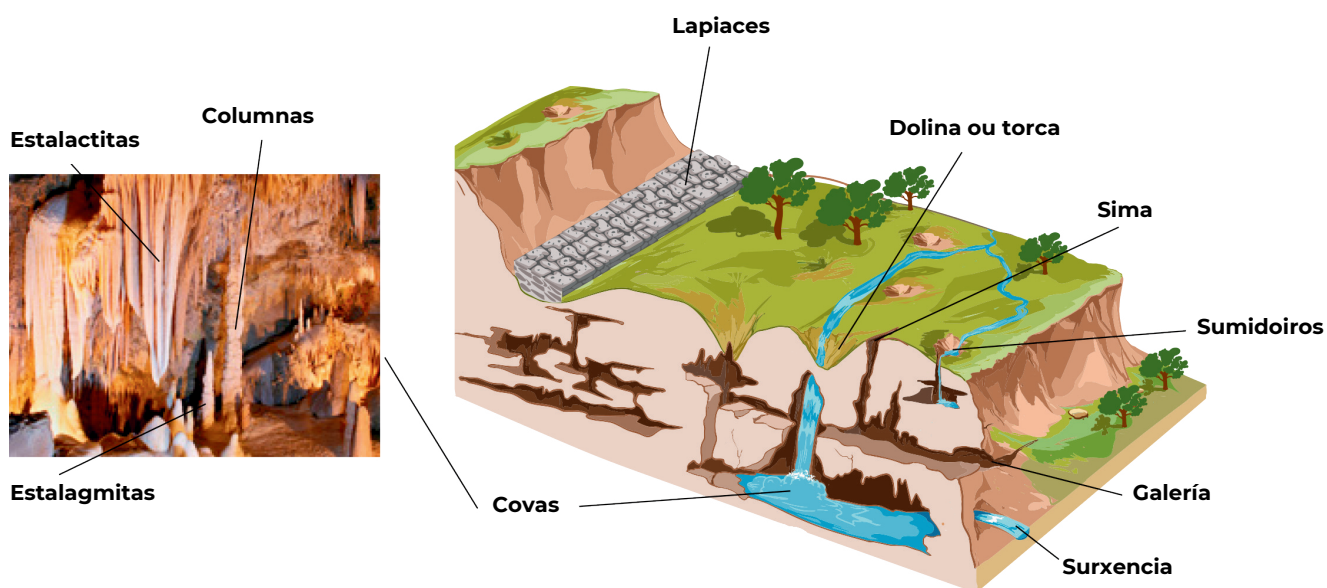


Figura 19. *Formas do modelado cársticos en rexións onde abundan as rochas calcarias*

- Os granitos, malia ser moi resistentes, teñen gretas (diáclases) polas que se infiltra a auga e causa unha hidrólise que favorece que se fragmenten nos bloques coas arestas redondeadas típicas dos pedregais e dos rochedos. Estes procesos forman berrocais e pedras cabaleiras típicas deste tipo de paisaxes.

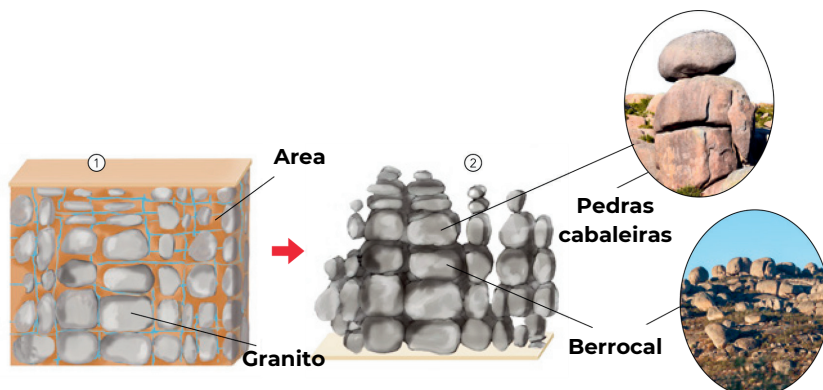


Figura 20. A auga penetra nas diáclases e provoca arenización (1). O lavado da área e do caolín orixina pedras cabaleiras e berrocais (2)

RELEVOS ESTRUTURAIS

A disposición das rochas é un factor que inflúe no modelado en combinación coa diferente resistencia das rochas á erosión. Danse varias situacións:

- En zonas con estratos horizontais, a acción das augas continentais forma relevos en bancadas, nos que os estratos duros producen paredes verticais, mentres que os brandos producen pendentes suaves. Se un só estrato duro protexe outros brandos fórmanse as chamadas mesas ou moas.
- Se os estratos están inclinados ou verticais debido aos pregamentos, as capas de rochas duras sobresaen formando costas e cristas, respectivamente.
- Nas zonas que sufriron fallas, a erosión sempre actúa con maior intensidade nas zonas máis expostas ou débiles, como as liñas de fractura, acentuando os desniveis dos bloques da falla e creando relevos con bloques levantados (horst) e bloques afundidos (graven).

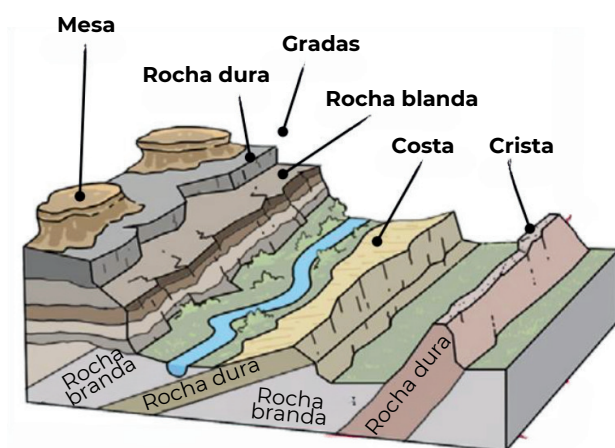


Figura 21. Exemplos de formas de relevos estruturais

5. Os riscos xeolóxicos

Un risco xeolóxico é calquera condición, proceso ou evento xeolóxico que pode danar as persoas, os bens materiais ou o medio.

5.1. Riscos asociados a procesos endóxenos

RISCO VOLCÁNICO

- Riscos directos: son os producidos pola propia erupción, tanto polas explosións coma pola emisión dos produtos volcánicos:
 - Gases tóxicos, que asfixían ou causan chuvias ácidas
 - Cinzas que escurecen o ceo e sepultan amplas zonas
 - Piroclastos grosos que impactan ao caer
 - Fluxos de piroclastos finos (nubes ardentes) que arrasan e destrúen todo ao seu paso
 - Coadas de lava que abrasan e cobren o terreo.
- Riscos asociados: débense a efectos indirectos da actividade volcánica. Por exemplo:
 - Lahares ou coadas de barro, que se forman ao fundirse moi rápido grandes cantidades de neve ou xeo sobre o cono volcánico e precipitarse aba abaixo arrastrando materiais soltos
 - Colapsos por gravidade de parte do edificio volcánico
 - Tsunamis debidos a erupcións submarinas ou ao afundimento do edificio volcánico
 - Arrefriamento do clima pola permanencia de cinzas volcánicas na atmosfera.

RISCO SÍSMICO

- Riscos directos: son consecuencia das sacudidas sísmicas.
 - Vibracións do terreo, que provocan: a rotura de edificios, presas, pontes ou estradas
 - Licuefacción de sedimentos non consolidados e saturados de auga que se converten nun fluído móbil incapaz de soportar edificios ou outras estruturas
 - Inestabilidade das abas.
- Riscos asociados:
 - Incendios por roturas de conducións de gas ou liñas eléctricas
 - Desvío de canles de ríos
 - Desaparición de acuíferos
 - Inundacións por rotura de presas ou canalizacións
 - Grandes ondas como tsunamis ou seiches, orixinadas por sismos subacuáticos.

RISCO DEBIDO A DIAPIROS

Os diapiros son grandes masas de rochas salinas profundas, moi plásticas, que poden deformarse e ascender cara á superficie cando actúan sobre elas as forzas tectónicas. En ocasións chegan a aflorar sobre o terreo, outras veces só producen domos, avultamentos e deformacións na superficie. O risco que supoñen débese ao desequilibrio que poden sufrir as infraestruturas ou os edificios construídos sobre elas.

5.2. Riscos asociados a procesos exógenos

RISCO DEBIDO A MOVEMENTOS DE ABA

Os desprendementos, desprazamentos ou fluxos de materiais a favor das pendentes son perigosos cando ao pé das abas hai asentamentos ou infraestruturas humanas que poden resultar danadas polos impactos ou mesmo sepultadas se a cantidade de material mobilizado é grande.

RISCO DEBIDO A AFUNDIMENTOS DO TERREO

Os procesos cársticos de disolución de rochas e formación de covas no subsolo poden ocasionar o afundimento de grandes extensións de terreo. Isto supón importantes riscos cando hai presenza humana na rexión. Os afundimentos poden facer que se derruben edificios ou poden «tragar zonas habitadas». Estes afundimentos poden ser:

- Subsidencias. Son lentos e progresivos, como o asentamento do solo ao ir desecándose un acuífero.
- Colapsos. Son moi bruscos, como o derrubamento do «teito» dunha caverna por disolución das calcarias.

RISCO DEBIDO A SOLOS EXPANSIVOS

Os solos expansivos son terreos arxilosos ou de xeso que aumentan o seu volume ao absorber auga e que se retraen e agretan ao desecarse. Ocasionan risco cando sobre eles hai edificacións, xa que causan a súa inestabilidade, a rotura de canos e deformacións dos pavimentos.

RISCO DEBIDO A INUNDACIÓNS

As inundacións prodúcense polo desbordamento de ríos, pola caída de abundantes precipitacións sobre terreos impermeables ou por masas de auga mariña que penetran nos terreos costeiros.

As inundacións supoñen un risco pola ocupación humana das chairas de inundación ou das costas. Producen perdas humanas e de bens (son as catástrofes que producen maior número de vítimas).

As causas das inundacións poden ser climáticas (chuvias torrenciais, desxeos rápidos por ondas de calor, mareas debidas a furacáns...), xeolóxicas (obstrución de canles fluviais, desxeo por erupcións volcánicas, maremotos...) e antrópicas (actuacións humanas que producen cambios nas canles, rotura de pantanos, modificacións da permeabilidade do terreo por deforestación, etc.).

5.3. Factores de risco

Un risco vén determinado por unha serie de factores que poden facelo máis ou menos elevado. Convén coñecer e analizar estes factores para prever os posibles eventos catastróficos ou para facerlles fronte aos danos causados por eles. Estes factores son:

- Exposición: ten relación co número de persoas que viven nunha zona ou coa cantidade de bens que hai nela e que pode resultar afectada polo posible evento catastrófico. Canto maior sexa a exposición, maior será o risco, e non existirá risco nunha zona deshabitada e sen valor.
- Perigosidade: ten que ver co proceso xeolóxico responsable do posible evento catastrófico: tanto coa probabilidade de que ocorra (que se pode coñecer estudando se a posición xeográfica da zona é propensa a sufrir ese tipo de proceso ou sabendo o período de retorno do evento, é dicir, a frecuencia con que se repite) coma coa magnitude ou coa violencia do evento. Canto maior perigosidade, maior risco.

- Vulnerabilidade: é a porcentaxe de vítimas ou de perda de bens que potencialmente provocaría un evento catastrófico. Diminúe se na zona hai unha correcta planificación para previr ou facerlle fronte ao evento. Canto máis alta é, maior é o risco.

Tendo en conta estes factores, elabóranse os chamados mapas de risco, que son unha representación cartográfica onde aparecen delimitadas as zonas cunha cantidade de risco para un evento determinado.

5.4. Planificación dos riscos

A planificación de riscos ten como finalidade elaborar medidas para facerlles fronte aos devanditos riscos. Estas medidas poden ser de predición ou de prevención e corrección.

MEDIDAS DE PREDICIÓN

Serven para intentar saber cando e onde sucederá un evento xeolóxico perigoso.

- Predición espacial: consiste na elaboración de mapas de perigosidade nos que se sitúan os eventos ocorridos no pasado para determinar zonas de alta incidencia.
- Predición temporal a longo prazo: faise mediante estudos estatísticos para calcular o período de retorno dos eventos. Para facela a máis curto prazo, é necesario instalar redes de vixilancia para detectar os chamados precursores, como a elevación do terreo, os aumentos de temperatura ou as emanacións de gas previas a erupcións e terremotos ou a vixilancia meteorolóxica para previr inundacións.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN E CORRECCIÓN

Son actuacións encamiñadas a conseguir que tanto a poboación coma os edificios e as infraestruturas estean ben preparados para resistir os eventos catastróficos máis frecuentes na zona ou mesmo para evitar que sucedan algúns deses eventos.

Estas medidas poden ser de dous tipos:

- Estruturais. Afectan á construción dos edificios e ás infraestruturas. Por exemplo:
 - En zonas con alta perigosidade sísmica, a aplicación de normas de construción sismorresistentes (edificios que oscilan coas ondas sísmicas pero non colapsan ou sen elementos soltos que se desprendan), amplas zonas de evacuación, etc.
 - En zonas volcánicas, a instalación de diques que desvíen as coadas de lava, ou de refuxios fronte aos fluxos piroclásticos ou os lahares.
 - En zonas inundables, a canalización, limpeza ou desvío das canles que pasan por poboacións ou a construción de presas para regular o caudal.
 - En abas con risco de desprendemento ou desprazamento, a estabilización mediante reforestación ou mediante drenaxes ou muros de contención.
 - En zonas propensas a afundimentos, a consolidación do terreo e o recheo de cavidades, ou a regulación dos aquíferos e da actividade mineira.
 - En zonas de solos expansivos, modificar as características do terreo engadindo materiais como o cal.
- Non-estruturais: Afectan á ordenación do territorio e á preparación da poboación para facerlles fronte aos posibles eventos catastróficos.

- A ordenación adecuada do territorio implica unha correcta distribución dos asentamentos e das infraestruturas perigosas (centrais nucleares, grandes presas, viadutos, etcétera), en zonas pouco expostas a riscos. Tamén implica a asignación de vías de evacuación rápida e a instalación e o mantemento de sistemas de alarma e información eficaces.
- A preparación da poboación faise a dous niveis: por unha parte educando e informando para que todo o mundo saiba que facer en caso de que suceda un evento catastrófico; por outro lado, establecendo protocolos de protección civil con persoal especializado capaz de actuar de xeito rápido para protexer ou evacuar a poboación.