

TEMA 2. OS MATERIAIS TERRESTRES (II): AS ROCHAS

INTRODUCCIÓN

En Xeoloxía entendemos por rocha calquera agregado sólido, consistente, natural, formado xeralmente por un conxunto de minerais unidos. Dicimos xeralmente porque pode conter cantidades variables de materia amorfa e outros compoñentes.

Para o estudo das rochas consideramos varios aspectos:

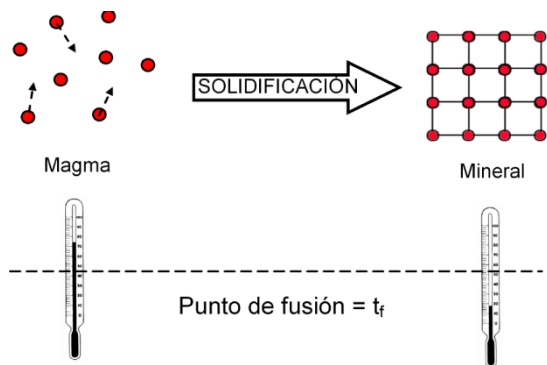
- Orixe: o seu proceso de formación.
- Composición mineralóxica: minerais que as constitúen e en que proporcións. Según esta proporción clasifícanse en minerais **esenciais** (constitúen a masa principal da rocha) e **acesorios** (están presentes en menor cantidade).
- Textura-estrutura. Ambos termos refírense ás relacións espaciais entre os distintos compoñentes das rochas. Aquí incluímos aspectos como a presenza e cantidades relativas de cristais e materia amorfa, tamaño e tipo dos cristais, forma de unión entre os compoñentes, orientación destes compoñentes, etc.

As rochas clasifícanse en tres grandes grupos segundo a súa orixe:

- **Rochas ígneas ou magmáticas**, que se orixinan a partir da solidificación de magmas.
- **Rochas metamórficas**, que se forman a partir de rochas preexistentes por un proceso en estado sólido chamado metamorfismo.
- **Rochas sedimentarias**, formadas pola litificación de sedimentos.

Os dous primeiros tipos teñen a súa orixe en profundidade polo que tamén se chaman rochas endóxenas, mentres que as sedimentarias se forman en superficie ou cerca de ela polo que tamén se chaman rochas exóxenas.

2.1- AS ROCHAS ÍGNEAS



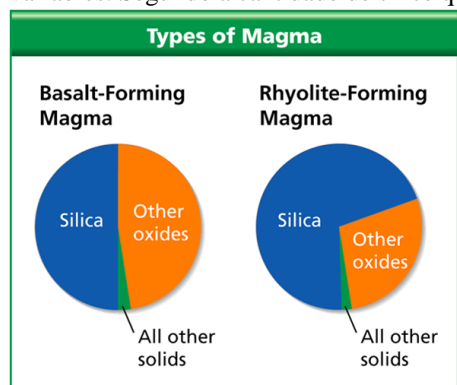
Como xa dixemos unha rocha ígnea se forma pola solidificación dun magma. Un magma está a elevada temperatura e nel predomina a fase fundida; ó baixar a temperatura se produce a solidificación dos distintos minerais que forman as rochas ígneas.

2.1.1-ORIXE E COMPOSICIÓN DOS MAGMAS

Un **magma** é unha masa rochosa fundida xunto con fragmentos sólidos e gases disoltos a temperatura elevada (600-1400°C). Polo tanto podemos distinguir tres fases no magma:

- **Fase sólida:** constituída por cristais de minerais de punto de fusión superior á temperatura do magma (olivino, piroxenos, etc.)
- **Fase líquida:** a máis importante, formada por unha masa silicatada fundida xunto con unha serie de ións.
- **Fase gaseosa (volátil):** gases disoltos no magma, fundamentalmente CO₂ e vapor de auga.

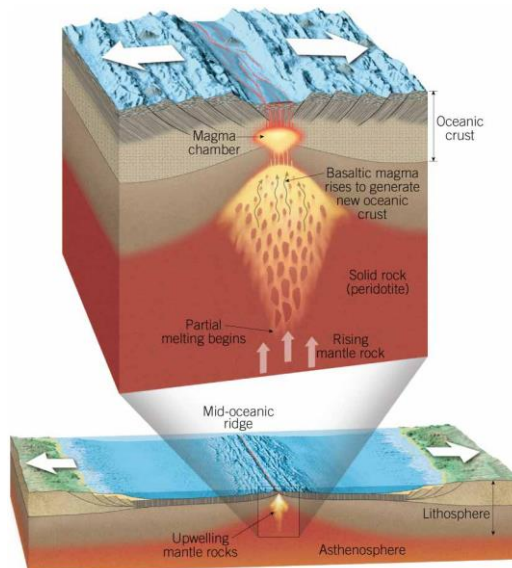
Dende o punto de vista químico un magma está composto principalmente por unha mestura de sílice e catións en proporcións variables. Segundo a cantidade de sílice que conteña existen tres tipos de magmas:



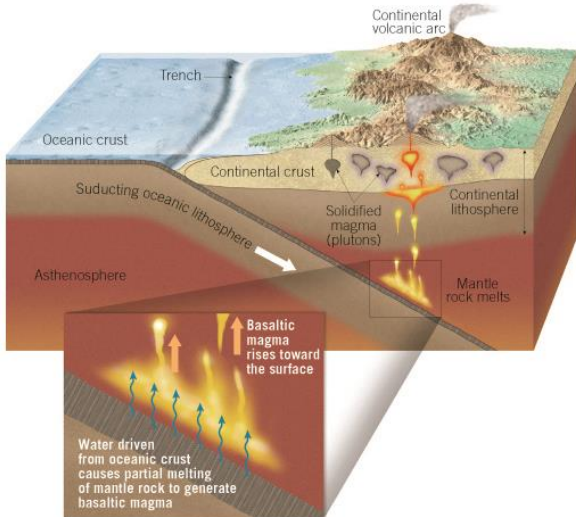
- **Magmas basálticos, básicos ou máficos**, de baixo contido en sílice, en torno ao 50 %. Adoitan ser fluidos.
- **Magmas riolíticos, ácidos ou félsicos**, de elevado contido en sílice, en torno ao 70 %. Adoitan ser moi viscosos.
- **Magmas andesíticos ou intermedios**, cun contido en sílice e viscosidade intermedia entre os anteriores.

A orixe dos magmas

A formación dun magma require temperaturas altas que so se acadan en profundidade. A maioría dos magmas teñen a súa orixe na **astenosfera**, parte do manto superior formada por un tipo de rocha chamada **peridotita** (constituída principalmente por olivinos e piroxenos). A temperatura da astenosfera é moi próxima ó punto de fusión da peridotita polo que ésta está parcialmente fundida (1-3%) o que fai que se comporte como un sólido plástico pero non é un magma. Para que se formen magmas téñense que dar certas condicións que fagan que a proporción de fundidos aumente e se separe da fracción sólida. Estas condicións poden ser un aumento da temperatura, diminución da presión ou aumento da fase volátil. As mencionadas condicións adoitan darse nos seguintes ambientes xeolóxicos relacionados ca tectónica de placas:



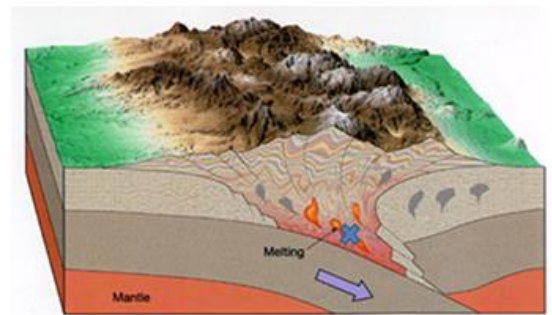
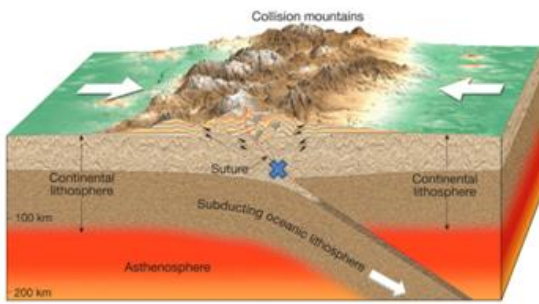
A. Bordes diverxentes, especialmente nas dorsais oceánicas. Xenéranse grandes cantidades de magmas basálticos por



descompresión: ó separarse as placas diminúe a presión da astenosfera o que fai que diminúa o punto de fusión dos materiais e fundan orixinando magmas.

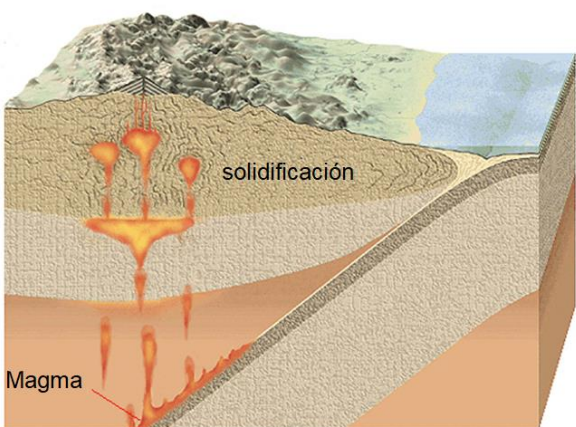
B. Zonas de subducción, tanto de tipo oceánico-oceánico como oceánico-continental. Aquí se produce unha entrada de auga que fai diminuír o punto de fusión xerándose magmas a unha profundidade de uns 100 km. Os magmas orixinados son principalmente de tipo andesítico e riolítico.

C. Zonas de colisión continental. Son bordes de placa nos que colisionan dous continentes, deformando e plegando os sedimentos que estaban entre eles. A consecuencia máis salientable é un forte **engrosamento da codia** o que fai que queden enterrados a grandes profundidades materiais da codia que acadan temperaturas suficientes para fundir e polo tanto orixinar magmas. Son sempre magmas de tipo riolítico. Observa na figura inferior o punto de referencia que ao rematar a colisión está a máis profundidade e polo tanto a maior temperatura (recorda o concepto de gradiente xeotérmico).



D. Puntos quentes, son zonas puntuais (anchura de centos de km) situadas na litosfera, normalmente no interior das placas, onde se xeneran magmas. A súa orixe son os **penachos térmicos** formados no fondo do manto e que xeneran unha masa de rocha quente e plástica. Esta masa é o que se chama penacho térmico e ascende dada a súa menor densidade ca rocha circundante (velocidade de varios dm ó ano) ata chegar á litosfera onde funde. Estes puntos quentes poden estar situados nos océanos (Hawaii) ou nos continentes (Yellowstone). Nos primeiros adoitan producirse magmas basálticos e nos segundos riolíticos.

2.1.2- EVOLUCIÓN E DIFERENCIACIÓN MAGMÁTICA. AS SERIES DE REACCIÓN DE BOWEN.

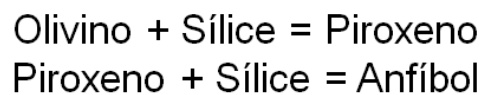


Como acabamos de ver os magmas se forman en profundidade por distintos mecanismos. Unha vez formado o magma éste é máis lixeiro que o sólido do que procede (ten máis volume e a mesma masa) o que fai que tenda a ascender cara a superficie. A medida que ascende a temperatura diminúe (recorda o concepto de gradiente xeotérmico) polo que o magma vai a solidificar e a orixinar a correspondente rocha ígnea (figura da esquerda).

O proceso polo que o magma líquido orixina unha rocha ígnea sólida é máis complexo do que inicialmente podería parecer, xa que durante o ascenso do magma e a medida que baixa a temperatura van acontecendo **reaccións químicas** que imos intentar ver de xeito simplificado.

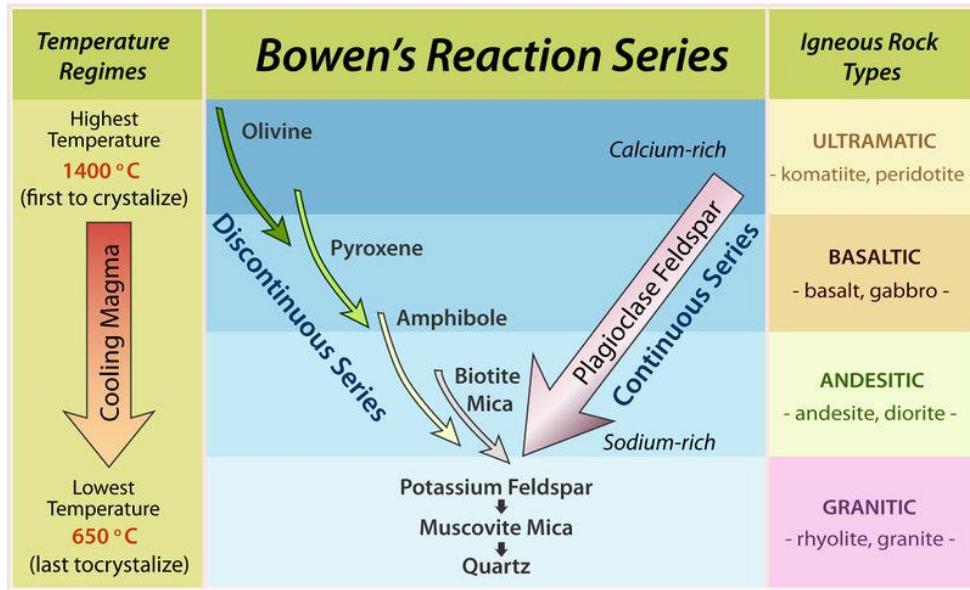
Cando empeza a baixar a temperatura cristalizan os minerais de punto de fusión máis alto, que son os olivinos. A medida que baixa a temperatura, e se existe sílice no magma, os olivinos reaccionan con

ela e dan lugar a os piroxenos. Se a temperatura segue a baixar e aínda queda sílice no magma non solidificado, os piroxenos reaccionan con ela e orixinan anfíboles. Cando nunhas reaccións químicas o produto dunha é o reactivo da seguinte se di que están encadeadas e a un conxunto de reaccións encadeadas se lle chama unha **serie de reacción** que se poden representar como no esquema da dereita.



Se segue quedando sílice no magma o proceso continúa ata rematar no cuarzo que como xa sabemos é sílice pura e é o silicato co punto de fusión máis alto.

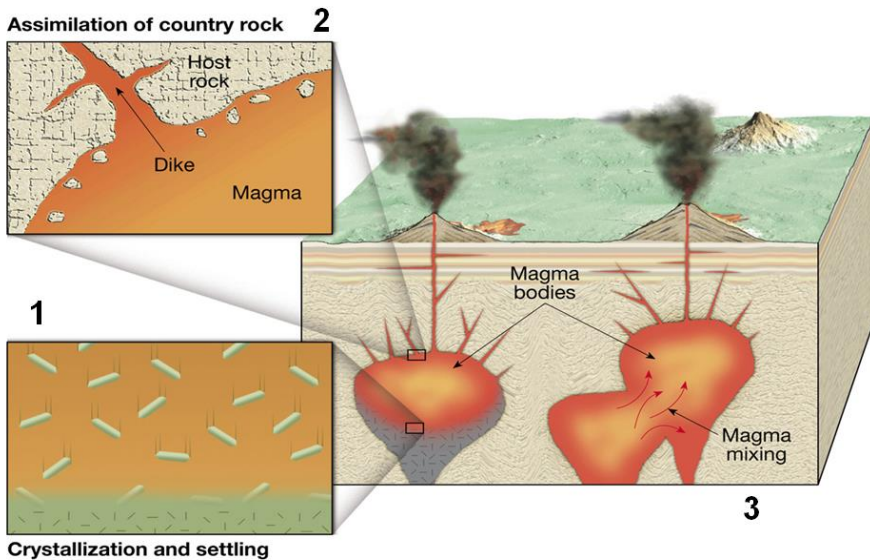
A serie de reacción descrita se chama **serie discontinua**, xa que cada término cambia notablemente a composición e estrutura cristalina.



Paralelamente a ela se da outra chamada **serie continua** que comenza ca cristalización das plaxioclasas cálcicas. A medida que baixa a temperatura se vai substituíndo o Ca polo Na ata chegar ás plaxioclasas sódicas que é o punto de coincidencia ca outra serie. Neste caso a composición varía gradualmente e a estrutura cristalina permanece xa que as plaxioclasas son isomorfos. Ámbalas dúas series se chaman as **series de reacción de Bowen** na honra do seu descubridor (Norman Bowen 1887-1956) e se representan no gráfico da figura da esquerda.

A diferenciación magmática

O termo diferenciación magmática se aplica aos cambios que experimenta un magma inicial, chamado **magma primario**, para dar lugar a outros de composición diferente chamados **magmas secundarios**. Na figura inferior tes resumidos os tres procesos básicos que poder orixinar estes cambios:



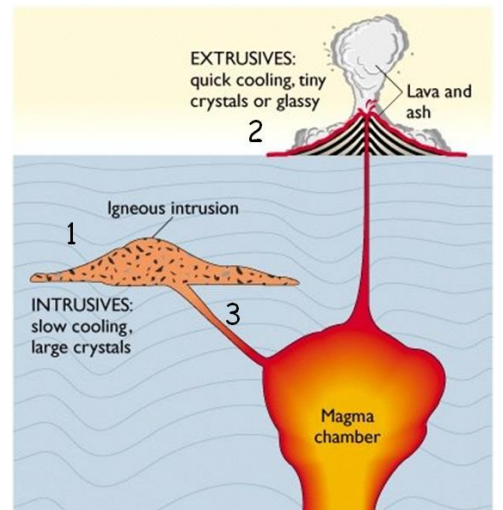
1- A medida que se forman os primeiros minerais estes, máis densos que o magma, se depositan no fondo. A fase líquida que queda é máis rica en sílice xa que os primeiros minerais que se forman son máis ricos en catións (diferenciación gravitatoria - cristalización fraccionada).
 2- Cando o magma ascende pode fundir

a rocha encaixante co cal varía a súa composición (asimilación)
 3- Dous magmas de composición diferente que se mesturan dando lugar a un novo tipo de magma de composición diferente (mestura).

2.1.3-A FORMACIÓN DAS ROCHAS ÍGNEAS.

As rochas ígneas se forman pola solidificación de magmas e segundo como aconteza esa solidificación temos tres tipos de rochas ígneas que tes representadas na figura adxunta:

1. **Rochas plutónicas** (ou intrusivas). Neste caso o magma queda retido en profundidade (a máis de 1 km baixo a superficie) nunha cavidade chamada **cámara magmática**. Nestas circunstancias o enfriamento é lento co que os



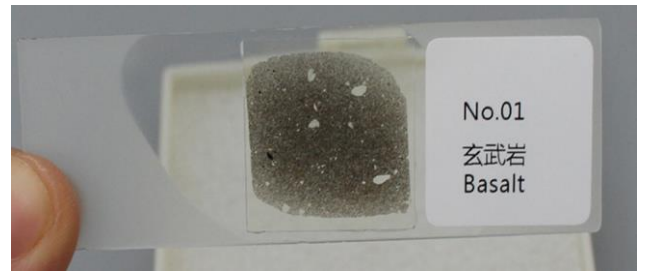
- átomos teñen tempo de ordearse e formar cristais de tamaño suficiente para poderen ser vistos (texturas graúdas).
- Rochas volcánicas** (extrusivas ou efusivas). Neste caso o magma sae ó exterior ou queda moi cerca da superficie (menos de 1 km.) co que o enfriamento é rápido e os átomos non teñen tempo de ordearse. O resultado é que se forma materia amorfa e cristais pequenos (microcristais) dando lugar ás chamadas texturas afaníticas (compoñentes non distinguibles a simple vista).
 - Rochas filonianas ou subvolcánicas**, cristalizan en fendas ou fisuras das rochas orixinando masas rochosas en forma de táboa chamadas filóns cunhas condicións especiais de cristalización.

2.1.4- TEXTURAS DAS ROCHAS ÍGNEAS

A textura dunha rocha se refire a aspectos xeométricos dos seus compoñentes, que xeralmente son minerais. No caso das rochas ígneas recolle aspectos como a presenza de materia amorfa fronte a cristais, tamaño e forma de estes, etc. A textura da rocha se pode observar a simple vista, pero moitas veces é necesario facer unha lámina fina e vela ó microscopio. A textura dunha rocha nos da moita información sobre as condicións nas que se orixinou.

AMPLIACIÓN: LÁMINAS FINAS DE ROCHAS E O MICROSCOPIO PETROGRÁFICO

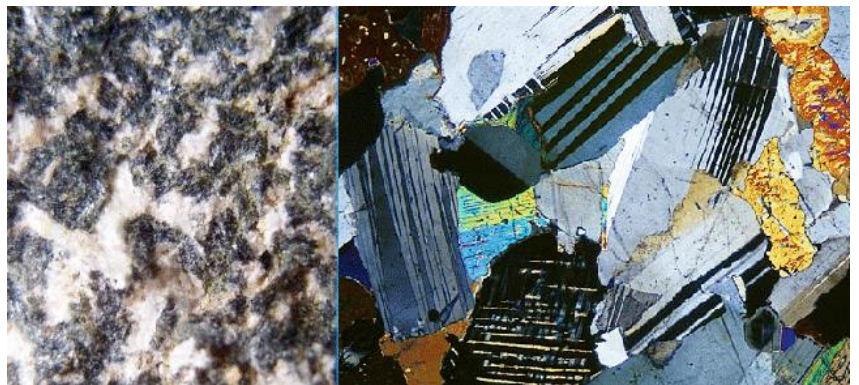
Para ver unha rocha ao microscopio hai que facer unha lámina moi fina e transparente, proceso bastante laborioso. Unha vez feita a preparación so observa nun microscopio petrográfico que ten algunhas diferencias co biolóxico. Unha delas é que utiliza luz polarizada co que a materia amorfa e os cristais do sistema cúbico se ven negros metras que os cristais aparecen en distintas cores o que axuda a súa identificación. Outra diferenza e que ten unha platina xiratoria e graduada que permite a medición de ángulos.



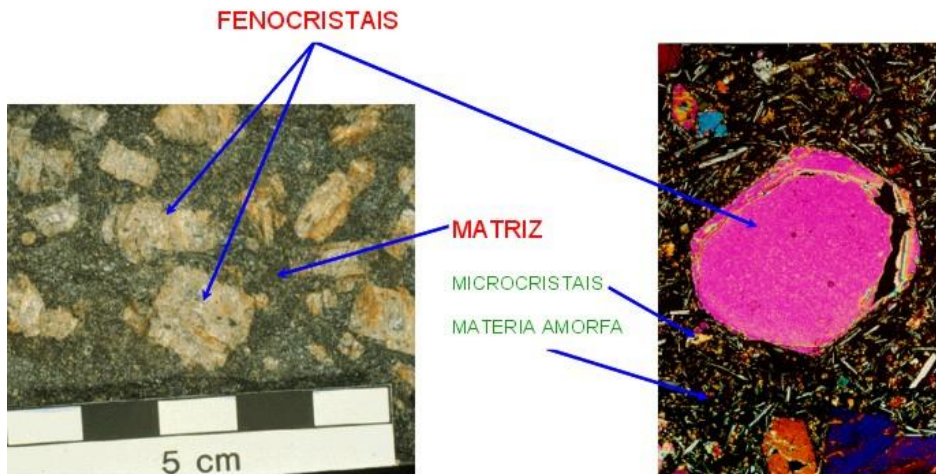
En xeral falamos de texturas **faneríticas** cando os compoñentes da rocha se poden ver a simple vista mentras cando non é así se di que son texturas **afaníticas**.

Vexamos as texturas máis importantes:

- Textura graúda**, os cristais son de tamaño suficiente para verse a simple vista e aparecen como grans na rocha, é polo tanto un tipo de textura fanerítica. É típica de rochas plutónicas xa que o enfriamento lento do magma permite a formación de cristais grandes. A simple vista se observan os distintos minerais como grans, mentras que ó microscopio os cristais aparecen como pezas dun crebacabezas que encaixan unhas nas outras. Na figura tes o exemplo do gabro.
- Textura microcristalina**, os cristais son microscópicos e se chaman microcristais. Típica de certas rochas volcánicas e filonianas onde o enfriamento de magma foi rápido. Sería un exemplo de textura afanítica.
- Textura porfídica**. É típica de certas rochas volcánicas e filonianas. Presenta cristais visibles, chamados fenocristais, situados nunha matriz que contén proporcións variables de materia amorfa e microcristais. Os compoñentes da matriz non se distinguen a simple vista (matriz afanítica). Esta textura indica a existencia de distintos periodos de enfriamento, primeiro un lento que sería o responsable da formación dos fenocristais e logo outros máis rápidos que orixinarían a matriz afanítica.



TEXTURA PORFÍDICA



- Textura vítrea**, formada case exclusivamente por materia amorfa. Tamén típica de rochas volcánicas como a obsidiana.

2.1.5- ESTRUCTURA DAS ROCHAS MAGMÁTICAS

No caso das rochas ígneas o término estrutura refírese á forma na que aparecen as masas de este tipo de rocha (xacementos). Pódense dividir en dúas categorías: plutóns e volcáns.

Plutóns ou corpos intrusivos

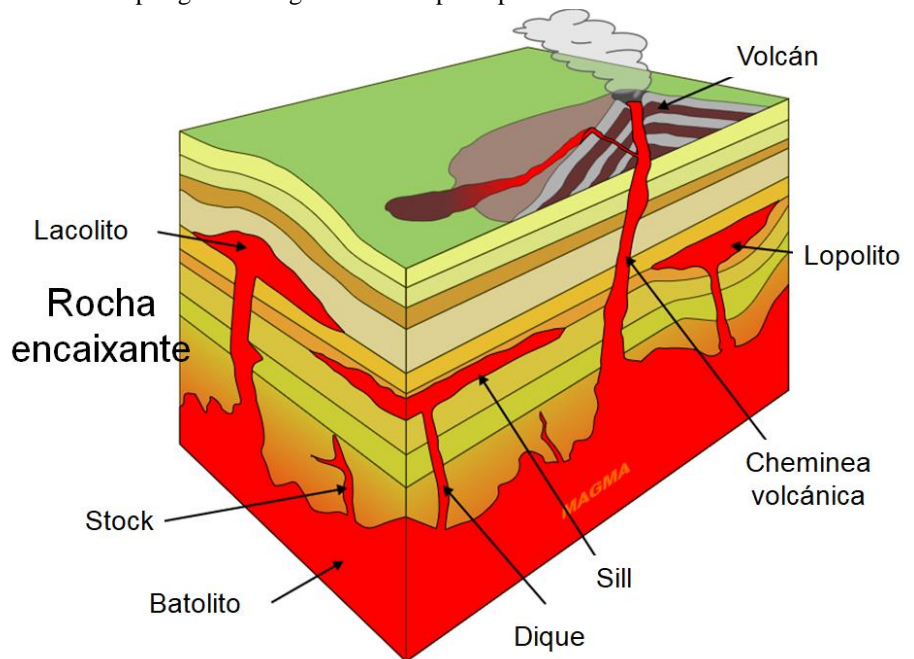
Son masas de rochas ígneas formadas a certa profundidade baixo a superficie. Estan limitadas pola rocha que había antes de chegar o magma que se chama **rocha encaixante**. Neste tipo de xacementos aparecen as rochas plutónicas, filonianas e algunhas volcánicas. Aínda que se forman baixo terra aparecen na superficie cando se erosiona a rocha encaixante. Clasifícanse en dous grandes grupos segundo a súa xeometría corte a rocha encaixante (discordantes) ou non (concordantes) como podes ver na figura inferior.

Plutóns discordantes

- **Batolitos**, son os máis grandes (máis de 100 Km² de superficie) e se corresponden coa antiga cámara magmática principal. Adoitan ter formas redondeadas e están formados por granitos e granodioritas principalmente.
- **Diques (filón-dique)**, masas tabulares que corresponden a recheos de antigas fracturas na rocha encaixante.

Plutóns concordantes

- **Sill (filón-capa)**, plutóns tabulares paralelos ós estratos da rocha encaixante, xeralmente horizontais ou subhorizontais. Pódense formar pola intrusión de magmas nos planos de estratificación ou por enterramento posterior de coadas de lava.
- **Lacolito**, forma de cúpula ou cogumelo que ó intruír deformou as rochas situadas enriba del.
- **Lopolito**, forma de cúpula invertida ou copa



Manifestacións volcánicas

Un volcán defínese como a saída do magma á superficie terrestre. Esta saída non se produce de xeito continuo senón en episodios máis ou menos espaciados entre si chamados erupcións. O magma acumúlase nunha cámara magmática a certa profundidade baixo o volcán, cando a presión deste magma é o suficientemente alta sae o exterior por uns conductos chamados chemineas. O relevo que se orixina a consecuencia da actividade volcánica chámase **aparello volcánico**.

Os produtos emitidos por un volcán poden ser:

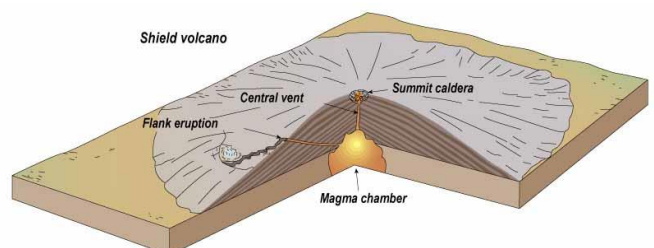
- **Gasosos**, os gases disoltos no magma que o diminuír a presión sepáranse del e se incorporan á atmosfera. En ocasións poden aparecer emisión gaseosas illadas chamadas fumarolas.
- **Líquidos**, coñecidos como lavas e que flúen dende o centro emisor cara a periferia formando coadas. A velocidade de fluencia e o tempo que tarden en solidificar depende da súa viscosidade.
- **Sólidos**, chamados piroclastos. Prodúcese cando o magma é fragmentado e lanzado ó exterior a causa da forte expansión dos gases que contén (a medida que ascende o magma a presión exterior diminúe e o gas se expande; situación similar a cando se abre unha botella de champán). Este magma solidifica rapidamente e cae no chan en estado sólido. Clasifícanse segundo o seu tamaño: os máis grandes (maiores de 64 mm) chámanse **bloques** se son angulosos ou **bombas** se son redondeadas, **lapilli** (entre 2 e 64 mm) e **cinzas** (menos de 2 mm). Teñen un aspecto esponxoso debido aos gases que quedan no interior (textura vacuolar).



Tipos de aparellos volcánicos

Os materiais emitidos polos volcáns se acumulan na zona de emisión formando relevos chamados aparellos volcánicos. O tipo de edificio volcánico depende da viscosidade do magma e do contido en gases. Os máis importantes son:

- Volcáns en escudo. Grandes aparellos volcánicos de moita extensión, pouca pendente e amplos cráteres producidos

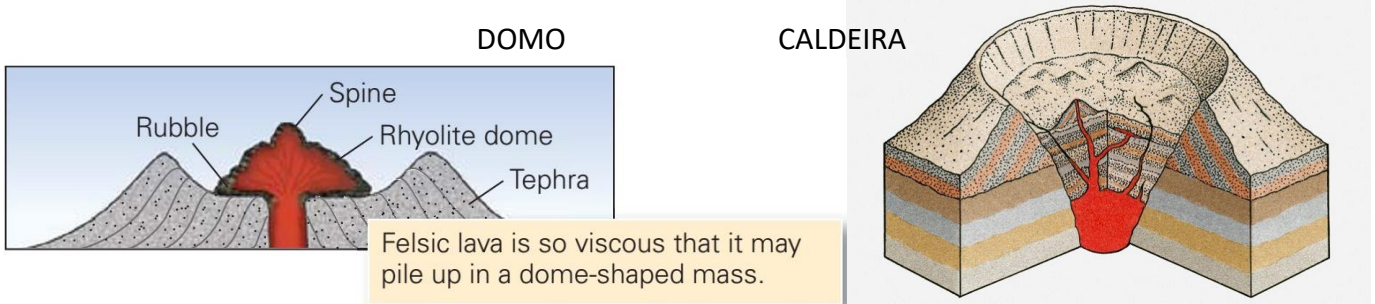




por lavas moi fluidas con poucos gases. Un exemplo son os volcáns de Hawai.

- Cono de piroclastos ou de escorias. Son acumulacións de piroclastos soltos e que normalmente acadan pouca altura (uns 300 m). Producidos por magmas ricos en gases.
- Estratovolcáns. Aparellos volcánicos de fortes pendentes e gran altura (poden superar os 3.000 m) producidos pola alternancia de capas de piroclastos e lavas solidificadas. Exemplos o Teide, monte Fuji.

- Domos. Producidos por magmas moi viscosos que saen practicamente en estado sólido formando un tapón no cráter. Se conteñen gases poden estoupar orixinando graves danos.
- Caldeiras. Son depresións no cumio dos volcáns causadas ao se afundir a parte superior destes, xeralmente cando se baleira a cámara magmática despois dunha erupción.



2.1.6 - CLASIFICACIÓN E DESCRICIÓN DAS ROCHAS ÍGNEAS MÁIS IMPORTANTES

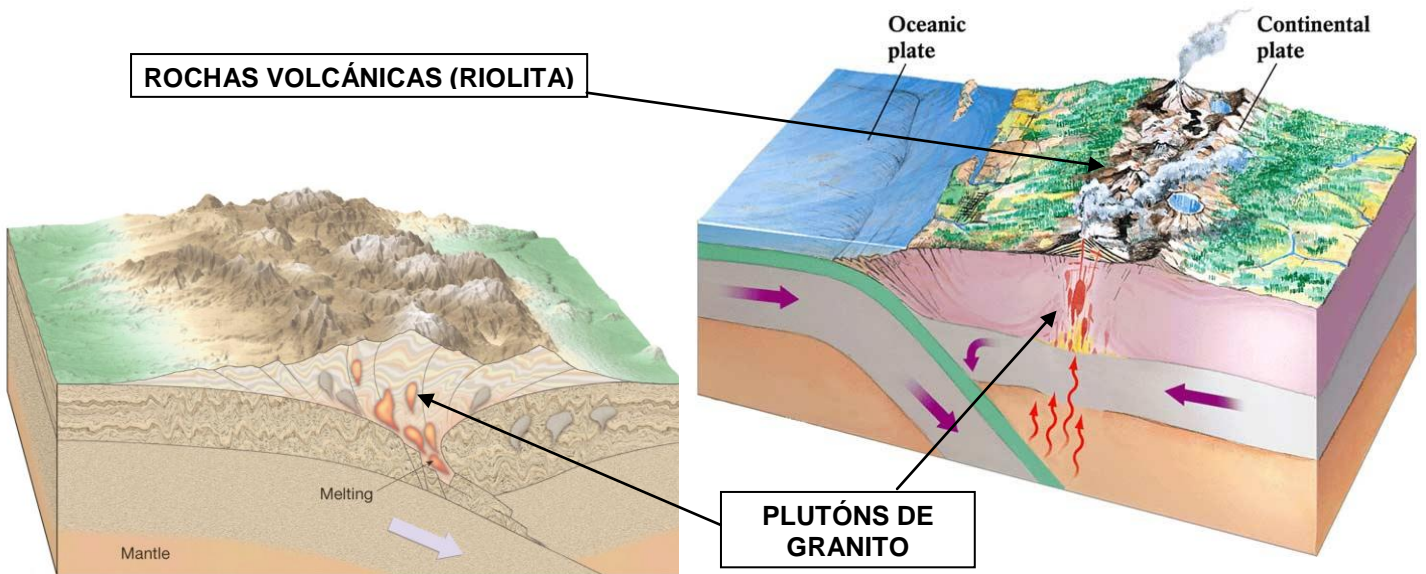
Como xa comentamos existen tres tipos de rochas ígneas segundo a súa orixe. Dentro de cada tipo as diferentes rochas clasifícanse segundo a súa composición mineralóxica.

As rochas ígneas agrúpanse en familias. Cada familia inclúe as rochas que teñen unha composición moi parecida e se nomea polas dúas rochas (unha plutónica e outra volcánica) máis características. Dúas rochas que teñen a mesma composición pero distinta textura se di que son equivalentes e significa que proceden do mesmo tipo de magma pero que as condicións de enfriamento foron diferentes.

Descríbense a continuación as máis importantes:

Familia granito-riolita

Son rochas de alto contido en sílice (félsica) e polo tanto de cor clara (recorda o concepto de minerais félsicos e máficos do tema anterior). O cuarzo e feldespatos son os minerais dominantes, podendo conter moscovita, biotita e outros minerais máficos (horblenda, etc.). O granito é unha rocha plutónica, polo tanto ten textura grauda sendo a rocha máis abundante na codia continental. Se orixina nos oróxenos tipo pericontinental e intracontinental. A súa equivalente volcánica é a riolita, que presenta a mesma composición pero ten unha textura porfídica.



As dúas se orixinan a partir dos mesmos magmas, no caso do granito os magmas solidifican no interior da codia formando plutóns, mentras que no da riolita ascenden ata a superficie ou cerca solidificando máis rápidamente (figura da páxina anterior). Dada a viscosidade deste tipo de magmas o ascenso é dificultoso polo que é máis frecuente o granito.

Familia da diorita-andesita

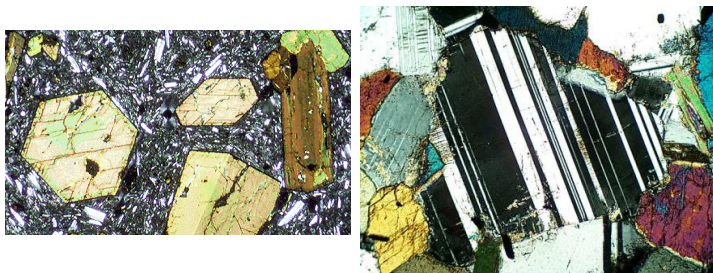
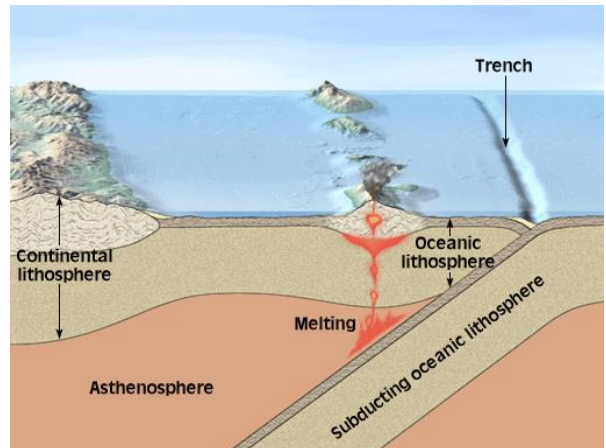
Estas dúas rochas teñen un contido intermedio en sílice e os seus minerais principais son plaxioclasas (recorda que son un tipo de feldespatos ricos en Ca e Na) e anfíboles. A diorita é unha rocha plutónica, polo tanto con textura graúda, e a andesita volcánica e presenta unha textura porfídica.

Estas rochas proceden de magmas orixinados nas zonas de subducción, tanto arco-illa como oróxenos pericontinentais. Neste caso é máis frecuente a andesita que aparece nos volcáns das zonas de subducción, mentres que a diorita forma plutóns.

EXERCICIO

A imaxe da dereita é un ambiente xeolóxico onde se orixinan as dúas rochas descritas anteriormente.

- a) De que ambiente xeolóxico se trata? Describe como se forman os magmas e sitúa no debuxo as zonas onde esperarías encontrar diorita e andesita.
- b) As figuras inferiores son de láminas finas destas rochas. Identifícaas indicando en que te baseas.

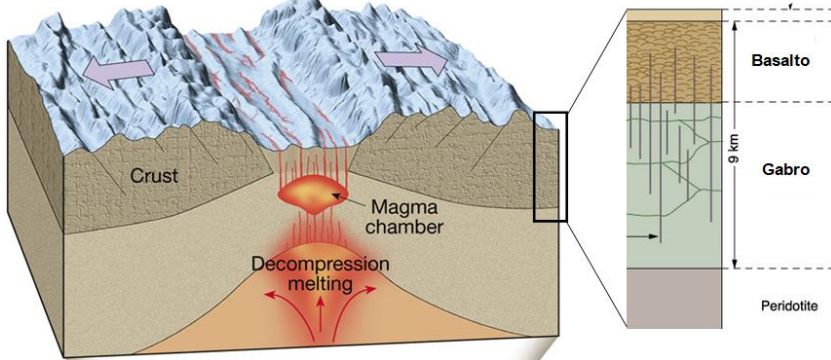


Familia Gabro-basalto

Son rochas con pouco contido en sílice (máficas ou básicas) e os seus minerais principais son os piroxenos e os feldespatos plaxioclasas.

O gabro é unha rocha plutónica e polo tanto ten textura graúda. Orixínase principalmente nas dorsais oceánicas aínda que se encontra por toda a codia oceánica.

O basalto é o equivalente volcánico do gabro e máis abundante ca él. Posúe textura porfídica ou microcristalina ca mesma composición co gabro. É a rocha volcánica máis abundante, localizándose na codia oceánica (tamén se forma nas dorsais) e en numerosos volcáns (arcos-illas, puntos quentes), sendo destacadas as mesetas basálticas (grandes extensións planas de basalto orixinadas probablemente por puntos quentes continentais).



Como podes ver na figura adxunta nas dorsais oceánicas se forman o basalto e o gabro. Ambas dúas rochas proceden do mesmo magma, so que no caso do basalto solidifica en superficie ou moi cerca (rocha volcánica) mentras que o gabro o fai debaixo e máis lentamente (rocha plutónica). Por esta razón a codia oceánica contén unha capa superior de basaltos e outra inferior de gabros.

Outras rochas ígneas

As rochas descritas ata agora son as máis importantes, aínda que hai outras:

Sienita

Rocha plutónica félsica que non contén cuarzo. Está formada principalmente por feldespatos e poden conter unha certa proporción de minerais máficos: anfíboles, biotita.

Peridotita

Rocha plutónica de moi pouco contido en sílice (ultramáfica). Esta formada case toda por piroxenos e olivino. Encóntrase no manto terrestre, aínda que aparece nalgunhas zonas da codia.

Obsidiana

Rocha volcánica de textura vítrea, é dicir, case toda ela é materia amorfa. Adoita ter cor escura a pesar de ter un elevado contido en sílice e presenta unha típica fractura concoidea.



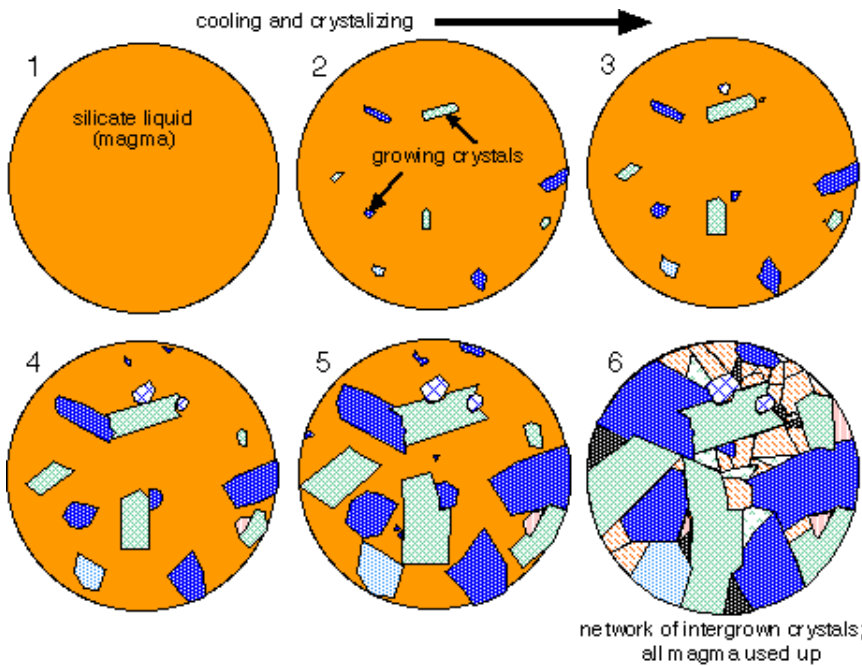
As rochas filonianas ou subvolcánicas

Son rochas formadas ó cristalizar o magma no interior de fendas da rocha encaixante e que polo tanto van a aparecer en filóns (sills ou diques) como o que podes ver nesta foto da praia de Bares. As máis importantes son:

- Pegmatita. De carácter félsico e xeralmente asociada a plutóns graníticos. Os minerais principais son o cuarzo e os feldespatos, aparecendo minerais accesorios importantes como turmalina, berilo ou biotita. Tamén poden conter outros minerais que se poden explotar industrialmente (ouro, wolframita, etc.). Os cristais que a forman son moi grandes (de máis de 2 cm).
- Pórfidos. Son un grupo de rochas filonianas de textura porfídica. A súa composición é moi variable. Para diferencialos se pon a continuación o nome de outra rocha que teña á mesma composición ca eles, así por exemplo temos: pórfidos graníticos, pórfidos andesíticos, etc.



EXERCICIOS



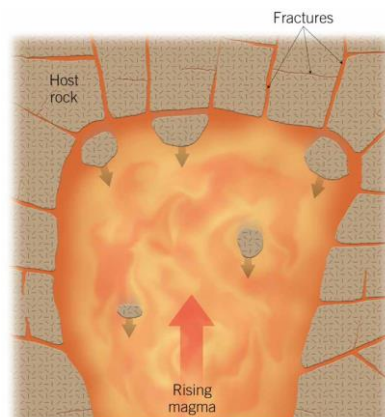
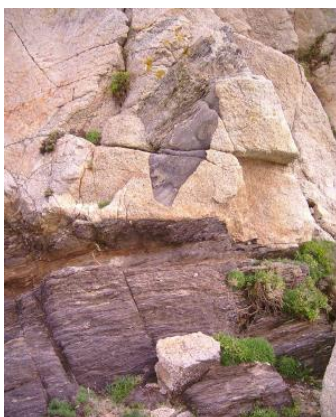
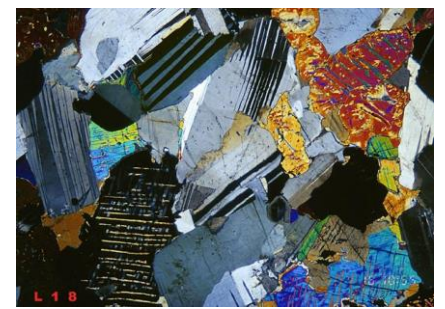
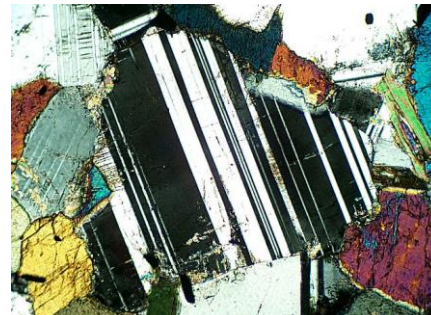
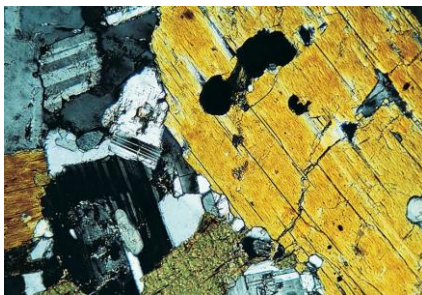
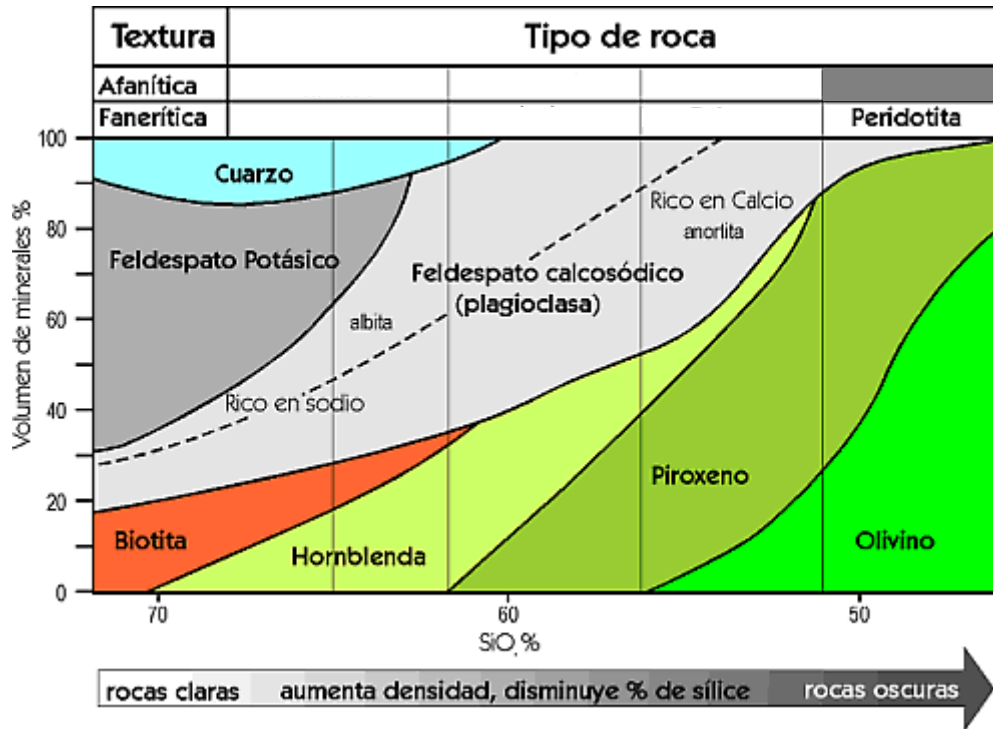
1. En que se diferencia a lava do magma? Por que os magmas ricos en gases xeneran máis piroclastos?
2. Nas dorsais oceánicas se orixinan grandes cantidades de magmas que dan lugar a dous tipos de rochas ígneas. a) Explica de cales se trata e como se forman. b) Por que se se orixinan nas dorsais as encontramos por todo o fondo do océano?
3. A seguinte serie de debuxos representa o proceso de solidificación dun magma ata que se forma unha certa rocha ígnea. Observa con atención e responde ás seguintes preguntas:
 - a) Describe o proceso. Que ten que acontecer para que solidifique un magma?
 - b) Que textura ten a rocha formada no debuxo 6 e en que condicións se ten que dar a solidificación do magma para que se forme? Cita un exemplo.
 - c) Que tería que acontecer para que se formara unha rocha con textura porfídica? Cita un exemplo.



4. A figura inferior é unha microfotografía dunha lámina fina dunha rocha na que os cristais que se observan son de biotita, cuarzo e sanidina (un polimorfo da ortosa).
 - a) Que diferencia existe entre cristais e materia amorfa?
 - b) Sinala os compoñentes texturais e identifica o tipo de textura que posúe.
 - c) Que é un polimorfo? De que tipo de rocha se trata e cal é a súa equivalente?
 - d) Cita un ambiente xeolóxico onde se orixinen as dúas, explica a que se deben as diferencias existentes entre elas e explica tamén como se forman os magmas nesas zonas.

5. O cadro da figura da páxina seguinte é unha clasificación simplificada das rochas ígneas. Obsreva con atención e realiza as seguintes actividades.

- a) Que son os feldespatos? Explica a diferencia entre feldespatos potásicos e plaxioclasas.
- b) Pon nomes ás 6 rochas que faltan nos recadros.
- c) A hornblenda é un anfíbol. Que son os anfíboles? Son minerais félsicos ou máficos? Xustifica a resposta.
- d) A peridotita dicimos que é unha rocha ultramáfica. Por que?
- e) Baseándote no cadro indica a composición mineralóxica, indicando porcentaxes, dunha diorita.
- f) As fotos inferiores son de tres rochas das situadas na táboa. Identifícaaas indicando en que te baseas.



6. Un enclave é unha rocha que está metida dentro doutra. Na fotografía tes un enclave de rocha metamórfica dentro dun granito. Ca axuda do debuxo explica como se orixina.

7. Nas dorsais oceánicas se forman magmas primarios basálticos por fusión parcial das peridotitas da astenosfera. Como é posible que se forman magmas basálticos a partir dunha rocha ultramáfica?

2.2- METAMORFISMO E ROCHAS METAMÓRFICAS

As rochas metamórficas se orxinan a partir de rochas preexistentes (rocha nai ou protolito) cando se ven sometidas a condicións ambientais (presión, temperatura, fases fluidas) distintas ás da súa formación. Acontecen entón unha serie de cambios que se coñecen como **metamorfismo**. Xeralmente os cambios nas concicións consisten nun aumento de presión e temperatura pero tamén se pode dar o caso contrario.

2.2.1- CONCEPTO E FACTORES DO METAMORFISMO

Concepto de metamorfismo

O metamorfismo podemoso definir como os cambios mineralóxicos que experimenta unha rocha preexistente cando se ve sometida a condicións (presión, temperatura e fases fluidas) distintas ás da súa formación.

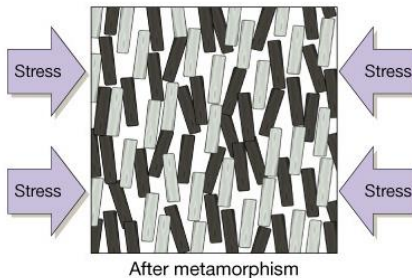
Cando unha rocha se forma nunhas condicións determinadas as súas características (tipo de minerais, textura) son as máis estables para esas condicións. O variaren tenderá a sufrir cambios para acadar características máis estables para as novas condicións. Estes **cambios son básicamente en estado sólido** (pode aparecer unha proporción de fluidos que non exceda o 10 %), quedando polo tanto excluídos fenómenos como a disolución ou a fusión. Por esta razón os cambios son moi lentos dada a escasa mobilidade dos átomos neste estado. O principal fenómeno que acontece no metamorfismo é a **recristalización**, que

engloba calquera cambio que acontece nos cristais preexistentes en estado sólido: tamaño, tipo de cristal, forma, etc.

En xeral os cambios que se dan no metamorfismo pódense clasificar en dous tipos:



Before metamorphism



After metamorphism



a) Cambios na textura da rocha (arranxamento dos minerais).

É o caso da orientación de minerais planares como resposta a presións dirixidas.

Un exemplo disto é a transformación dun granito nun ortogneis cando se ve sometido a fortes presións dirixidas. Neste caso as micas (minerais de hábito planar) se orientan e se separan en capas, dando lugar ó bandeado característico dos gneises (figura da esquerda).

b) Cambios no tipo de minerais, como resultado de reaccións químicas entre os minerais preexistentes que fan aparecer outros novos. Por exemplo:



En xeral a composición química da rocha nai non varía globalmente (proceso isoquímico) xa que simplemente reaccionan entre eles os minerais que a forman sen que existan entradas e/ou saídas do exterioro da rocha nai.

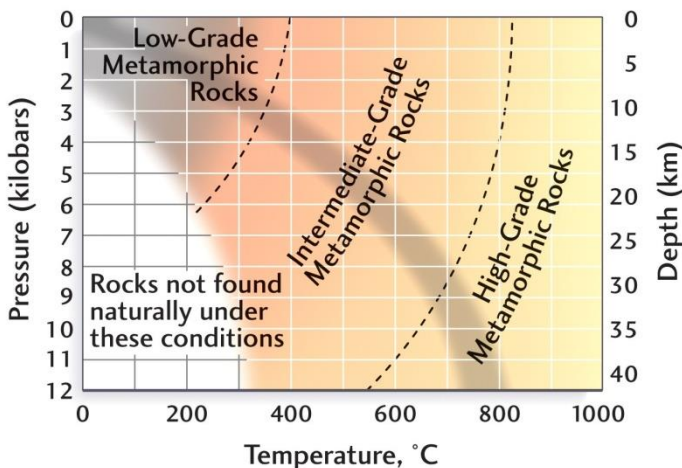
Dado que as reaccións son básicamente en estado sólido podes imaxinar que son moi lentas.

Ambos tipos de cambios adoitan a darse conxuntamente.

Límites do metamorfismo

Xeralmente considérase como límite inferior do metamorfismo os 200 °C e os 3 kbars de presión (1 bar é aproximadamente a presión atmosférica). A menor temperatura e presión estaríamos nas condicións da diáxénesis (rochas sedimentarias). Obviamente canto máis elevadas sexan a temperatura e a presión maiores serán os cambios metamórficos que se den na rocha nai. Á intensidade destes cambios llámase **grao metamórfico** e se distinguen tres: baixo, medio e alto. (figura da esquerda)

Se a presión e a temperatura seguen a aumentar a rocha funde parcialmente, aparecendo entón unhas rochas intermedias entre ígneas e metamórficas chamadas migmatitas, proceso que se coñece co nome de **anatexia**.



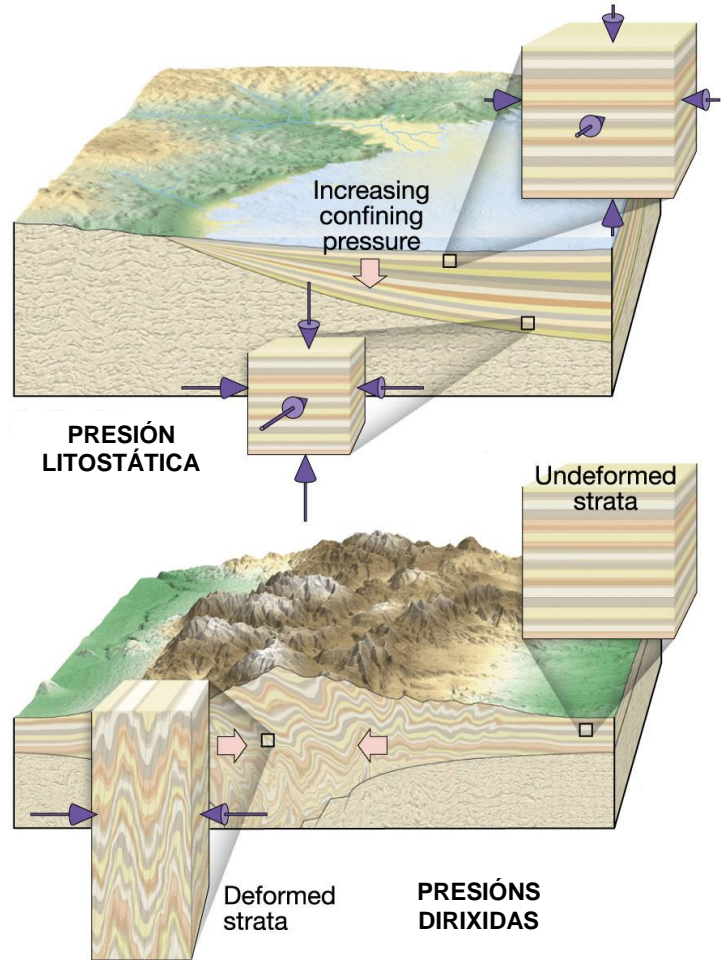
Factores do metamorfismo

Os factores que provocan os cambios metamórficos son tres: temperatura, presión e fase fluida.

- **Temperatura.** Un aumento da temperatura produce unha aceleración das reaccións químicas e polo tanto unha maior intensidade dos cambios metamórficos. Tamén causa un aumento no tamaño dos cristais como no caso xa descrito da caliza a mármore. A causa principal do aumento da temperatura é o gradiente xeotérmico (aumento da temperatura ca profundidade causado polo calor interno da Terra) que como promedio é de 30 ° C/Km. En xeral este aumento da temperatura vai acompañado dun aumento da presión, pero existen circunstancias nas que se pode producir o aumento de temperatura por outras causas como a presenza de magmas nas proximidades.
- **Presión.** Defínese como F/S e pódese dividir en dous tipos:
 - Presión litostática ou de confinamento, debida ó peso do material supraxacente. Aumenta gradualmente ca profundidade e ten a mesma intensidade en tódalas direccións (non dirixida). O principal efecto é o de facer as redes cristalinas máis compactas co conseguente aumento da densidade.
 - Presións dirixidas, debidas a esforzos tectónicos. É máis intensa nunha dirección e causa a deformación e orientación dos cristais.

Na figura da dereita tes esquematizadas estas dúas variantes.

- **Fase fluida.** Anque o metamorfismo é un proceso básicamente en estado sólido pode aparecer unha pequena cantidade de fluídos (ata o 10 %). Estes fluídos (gases e líquidos: auga e CO₂ principalmente) ocupan os espazos entre as partículas sólidas das rochas (fluido intergranular). A importancia destes fluídos é que poden reaccionar ca parte sólida da rocha e actúan como un vehículo de intercambio de átomos entre os compoñentes sólidos, facendo polo tanto as reaccións moito máis rápidas que se foran exclusivamente en estado sólido. En certas situacións pode aparecer unha proporción de fluídos máis alta o que orixina un tipo especial de metamorfismo chamado **metasomatismo**.



2.2.2- MINERAIS ÍNDICE DO METAMORFISMO. FACIES METAMÓRFICAS

O tipo de minerais que se forman debido ao metamorfismo depende das condicións de presión e temperatura que se dean durante o proceso. Aos minerais que se forman nuns intervalos de presión e temperatura relativamente estreitos se lle chaman **minerais índice do metamorfismo** xa que a súa presenza nunha rocha nos indica as condicións nas que ésta se formou. Na

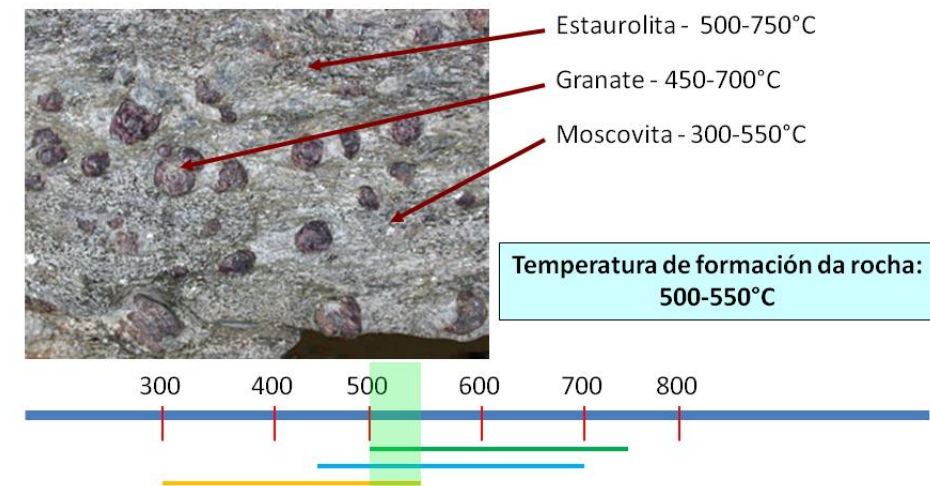


figura adxunta tes unha rocha que contén tres minerais deste tipo onde figura o intervalo de temperaturas ó que se forman cada un deles. Se os tres aparecen xuntos a rocha se tivo que formar nun intervalo de temperaturas onde se solapan os de cada mineral, neste caso entre 500 e 550 ° C. Do mesmo xeito podemos aplicalo á presión polo que a este tipo de minerais tamén se lles chama **xeotermómetros** e **xeobarómetros**.

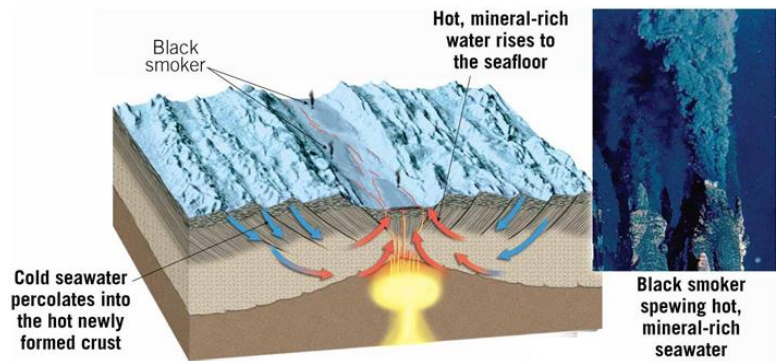
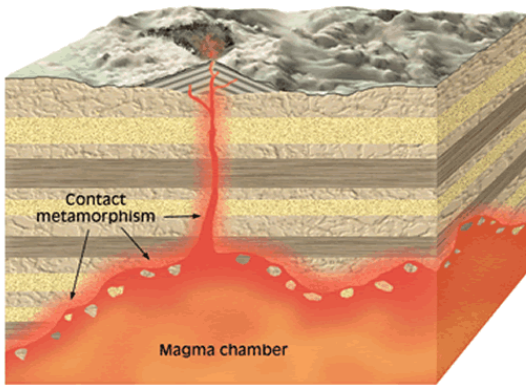
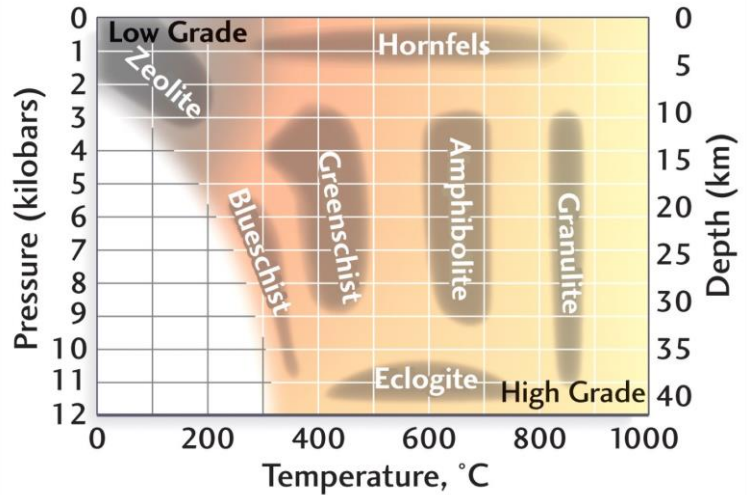
Relacionado con isto está o concepto de facies metamórfica. Unha **facies metamórfica** é un conxunto de minerais que aparecen xuntos e que nos indican unhas determinadas condicións ás que formou unha rocha. As facies metamórficas se nomean por

unha rocha típica que a presenta, normalmente de composición básica, e se representan nun diagrama de temperatura- presión como o da imaxe da dereita (hornfels se traduce por cornubianitas).

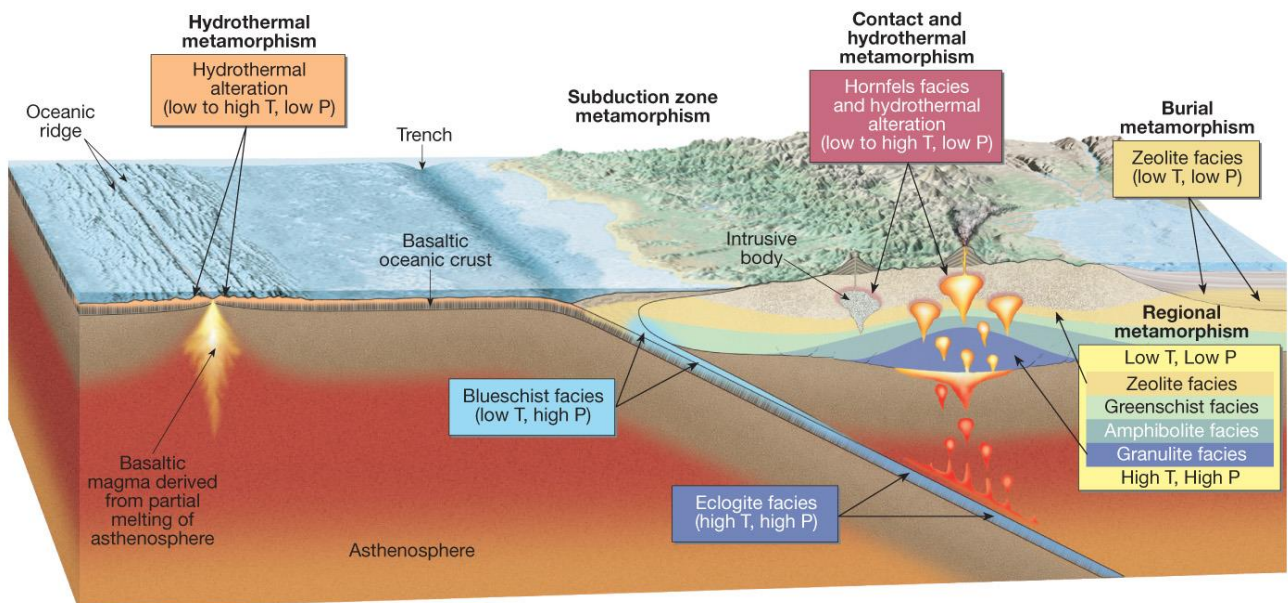
2.2.3- TIPOS DE METAMORFISMO

Segundo as condicións nas que se produza o metamorfismo distinguimos varios tipos. Vexamos dous exemplos:

- **Metamorfismo de contacto** (térmico). Orixínase nas proximidades dun magma, xeralmente nos bordes das cámaras magmáticas onde se esta a producir a súa solidificación. O factor predominante son as altas temperaturas producidas polo magma sendo a presión de tipo litostático e variable, dependendo da profundidade. Isto pode provocar importantes cambios na rocha encaixante o que orixina ó redor do magma unha zona de anchura variable (de varios cm a centos de metros ou km) chamada aureola de metamorfismo de contacto.
- **Metamorfismo hidrotermal**. O factor máis importante son as fases fluídas que como xa comentamos aceleran a velocidade das reaccións químicas no metamorfismo. Aadoita formarse tamén no borde dos plutóns cando fluídos a elevadas temperaturas saen do magma e se introducen nas fendas da rocha encaixante. Outra situación onde acontece é nas dorsais oceánicas onde a auga de mar penetra nas fendas que se forman ao separase as placas, esta auga se quenta, diminúe a densidade e ascende de novo. Isto provoca unha circulación de auga que orixina cambios importante nas rochas (imaxe inferior dereita). Nestes casos sí adoita producirse cambio químico na rocha nai xa que os fluídos aportan material novo.



- **Metamorfismo rexional ou dinamotérmico**. Afecta a grandes extensións e está relacionado cos procesos de formacións de montañas (oróxenos). É o máis importante de todos porque é aquí onde se forman a maioría das rochas metamórficas. A presión pode ser litostática (dibida á profundidade) ou dirixida (debida ó choque das placas). As altas temperaturas se deben xeralmente á formación de magmas. Dependendo do tipo de oróxeno existen zonas con distintas condicións de presión e temperatura e que polo tanto darán lugar a diferentes tipos de rochas. Na figura tes un esquema onde se relacionan os tipos de metamorfismo ca tectónica de placas e as facies metamórficas.



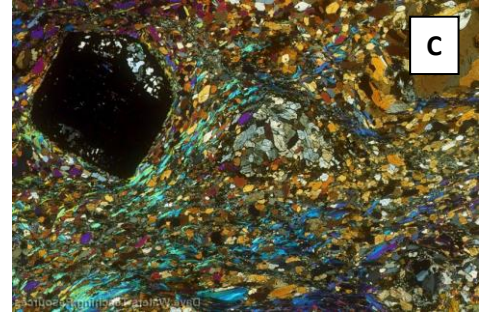
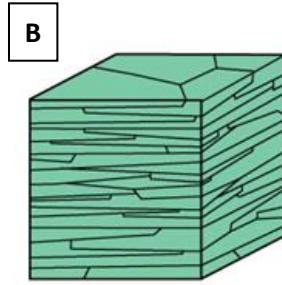
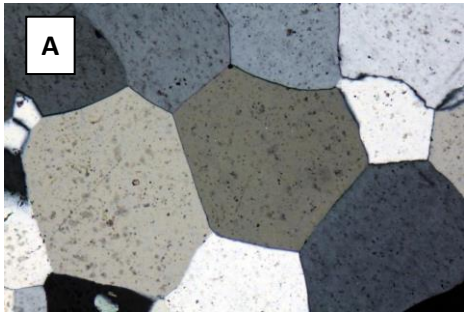
2.2.4-TEXTURA E ESTRUTURA DAS ROCHAS METAMÓRFICAS.

Como nos demais tipos de rochas estes términos refírense ás relacións xeométricas entre os compoñentes da rocha: tamaño dos cristais, orientación, etc. No caso das rochas metamórficas falamos de textura para referirnos a características que xeralmente sólo son apreciábeis ó microscopio, mentres que se son apreciábeis a simple vista se utiliza to término estrutura.

a) Texturas

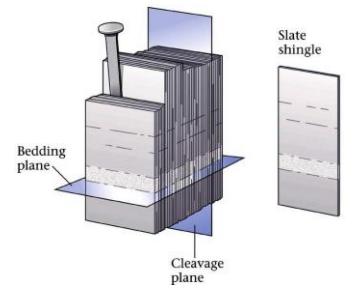
Vexamos tres exemplos de texturas. O sufixo -blástico se refire a **blasto** que é un cristal orixinado por recristalización que como sabemos é o principal proceso no metamorfismo.

- Granoblástica: se refire a cristais cas tres dimensións parecidas (minerais como o cuarzo, feldespatos, calcita) fortemente unidos de xeito semellante á textura graúda das rochas ígneas. A fotografía A é dunha cuarcita ao microscopio onde podes ver os grans de cuarzo sen ocos entre eles.
- Lepidoblástica: cando minerais planos (micas por exemplo) se dispoñen paralelamente (B)
- Porfidoblástica: cristais grandes nunha matriz. A foto C é dun xisto granatífero con este tipo de textura



b) Estruturas

- Xistosidade (esquistosidade) : chámase así á caracterísrtica de certas rochas a romperse segun planos definidos (non confundir ca exfoliación que é unha propiedade dos minerais). Tamén se pode chamar fisibilidade e xeralmente é debida a orientación paralela dos minerais planos (micas e arxilas) . A unión destes cristais é máis forte dentro dun plano que entre planos, o que fai que sexa máis fácil de romper por ahí. Canto máis pequeno sexa o tamaño dos cristais máis lisa será a superficie de fractura (caso das pizarras).
- Foliación: é a disposición dos minerais en capas paralelas, causada polas presións dirixidas. En moitas rochas a xistosidade é consecuencia da foliación, pero non hai confundir as dúas cousas, xa que outras rochas poden ter foliación e non xistosidade (a maioría dos gneises) e viceversa.
- Estrutura masiva (non foliada), cando non posúen ningunha das anteriores



Cuarzo e feldespatos:
Granoblástica



Micas:
lepidoblástica



Non se deben confundir os concepto de textura e estrutura. Imos ver o exemplo dun gneis que tes representado na figura inferior. Nos gneises presentan unha marcada foliación onde alternan capas de minerais félsicos (cuarzo-feldespáticos) de textura granoblástica e máficos (biotita) de textura lepidoblástica.

2.2.5- ROCHAS METAMÓRFICAS MÁIS IMPORTANTES

Non existe un acordo unánime na clasificación das rochas metamórficas. Xeralmetne adoidan clasificarse atendendo á súa composición, características estruturais e o tipo de metamorfismo que sufriron. Se se coñece a rocha de

procedencia (protolito) o nome da rocha metamórfica resultante pódese construír antepoñendo o prefixo meta- ó nome do protolito (metagabro, metabasalto, metasedimentos,etc.). Na nosa clasificación utilizaremos un criterio híbrido, baseado en primeiro lugar no tipo de metamorfismo.

Rochas do metamorfismo rexional

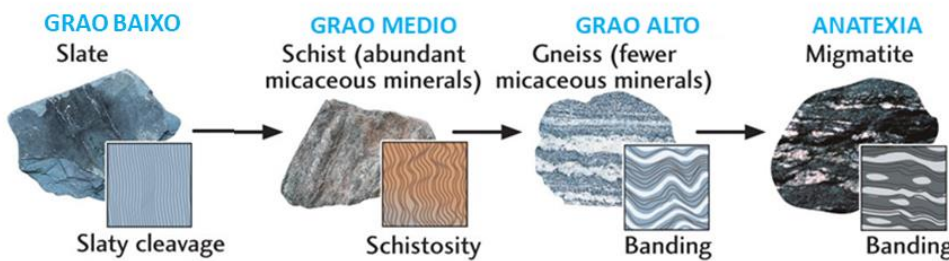
A maioría das rochas do metamorfismo rexional pertencen a chamada serie pelítica que son un conxunto de rochas producidas polo metamorfismo de grao crecente das lutitas (coloquialmente arxilas). As lutitas son as rochas sedimentarias máis abundantes e estan constiuidas principalmente por minerais arxilosos.

- **Lousas (pizarras).** Rochas de baixo grao metamórfico onde predominan os filosilicatos (arxilas e micas) orientadas paralelamente. A maioría das micas proceden da recristalización das arxilas da rocha nai. Presentan un tamaño de gran microscópico e unha marcada esquistosidade (pizarrosidade) o que fai que sexán facilmente fisibles en láminas moi finas e lisas. A súa cor depende dos minerais accesorios: negro (materia orgánica carbonosa), vermella (óxidos de ferro), verdes (clorita, un tipo de filosilicato). Dado o baixo grao metamórfico adoita conservar restos fósiles.

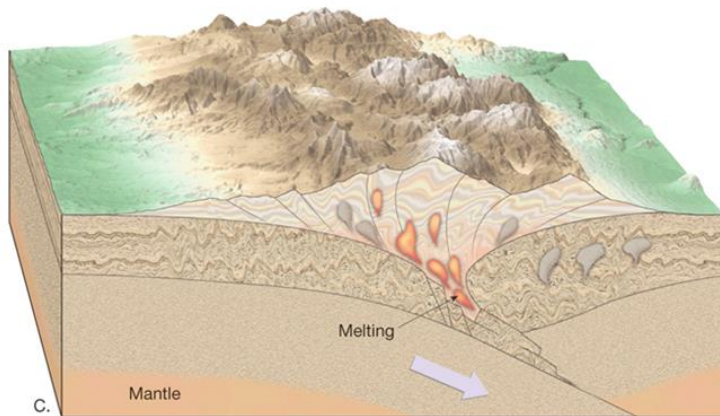
- **Xistos (esquistos).** Rochas de grao medio cun contido en filosilicatos de máis do 20 %, especialmente micas, pero con cantidades importantes de feldespatos e cuarzo (moitos deles formados a partir das arxilas da rocha nai). Teñen gran de tamaño medio a grosso o que fai que se poidan recoñecer minerais a simple vista. A esquistosidade é menos marcada ca no caso das pizarras dado que o tamaño dos minerais é maior, o que se nota en que a superficie de rotura non é tan lisa como no caso das pizarras.
- **Gneises.** Son rochas de alto grao de metamorfismo e presentan unha marcada foliación con separación de capas biotíticas escuras e outras máis claras (cuarzo-feldespáticas, que son os minerais dominantes), teñen polo tano a mesma composición mineralóxica ca o granito. O tamaño dos minerais adoita ser grande, presentando a veces grans de cuarzo e feldespato de tamaño centimétrico (gneises glandulares). A esquistosidade é moi baixa dado o elevado tamaño dos cristais e a forte unión entre eles. Os gneises poden proceder de rochas ígneas (ortogneises) ou sedimentarias (paragneises).

Outras rochas do metamorfismo rexional

- Migmatitas. Son rochas intermedias entre as ígneas e as metamórficas xa que se forman cando a rocha empeza a fundir.
- Anfibolitas, granulitas e ecloxitas. Son rochas metamórficas orixinadas a partir de de rochas máficas (basaltos, gabros)



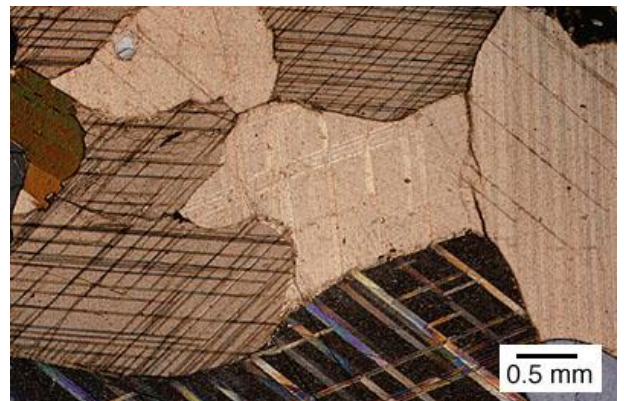
EXERCICIO
 Sitúa no esquema do oróxeno intracontinental as rochas da parte superior da figura. Identifica as rochas inferiores



Rochas que se clasifican según criterios composicionais

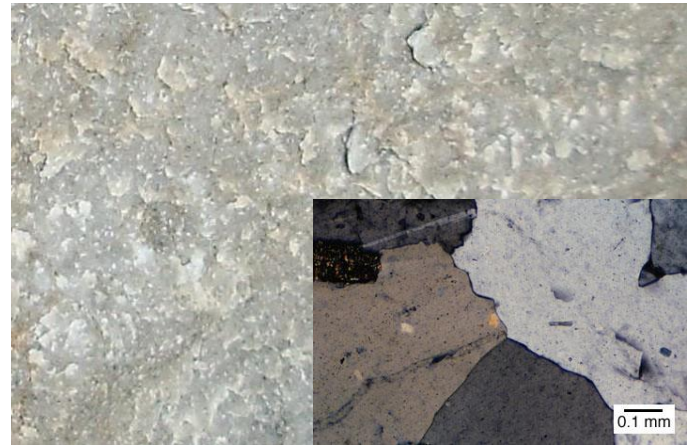
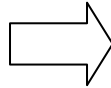
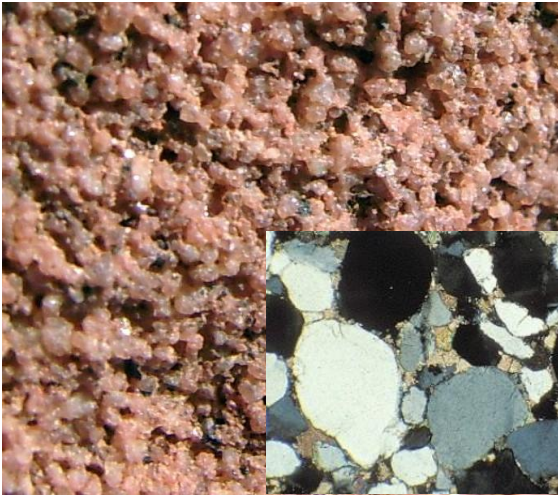
Poden orixinarse en varios tipos de metamorfismo pero en xeral posuen estruturas masivas o que indica a ausencia de presións dirixidas.

- **Mármares.** Formados principalmente por calcita. Os mármares proceden do metamorfismo das calizas (un tipo de cristais aumentan de tamaño (recristalización) e se enganchan fortemente uns cos outros (foto da dereita) dando lugar ó marmore. A rocha presenta estrutura masiva e adoita ter cor branca, aínda que a presenza de impurezas lle da diversas cores.
- **Cuarcita.** Se orixina a partir de areiscas ricas en cuarzo (cuarzoarenitas) que son rochas sedimentarias formadas por grans de cuarzo pegados. A causa do aumento da temperatura e a presión se produce unha recristalización dos grans redondeados de cuarzo en cristais fortemente unidos, similar ó caso anterior.
- **Serpentinita.** Se orixina a partir das peridotitas por metamorfismo hidrotermal e está formada principalmente por uns filosilicatos chamados serpentinas.

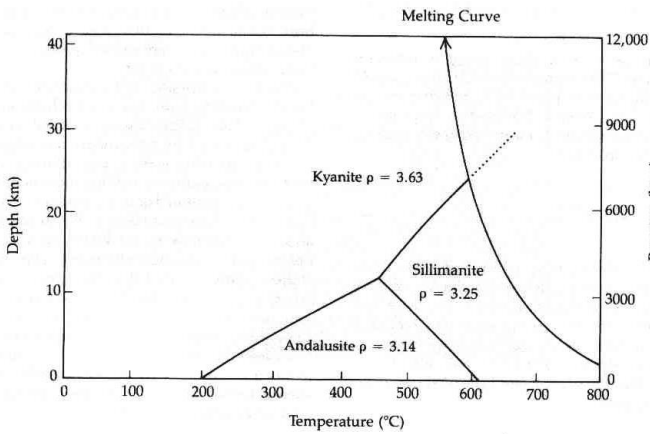


Na figura da páxina seguinte tes fotografías da areisca e da cuarcita, tanto en mostra de man como en lámina fina. Como podes ver na fotografía da esquerda (areisca) os grans de cuarzo son perfectamente identificables e entre eles se localiza a

matriz e o cemento que os unen. Ó producirse o metamorfismo a matriz e o cemento desapareceron ó incorporarse ós grans de cuarzo que aumentan de tamaño e se entrecruzan uns cos outros.



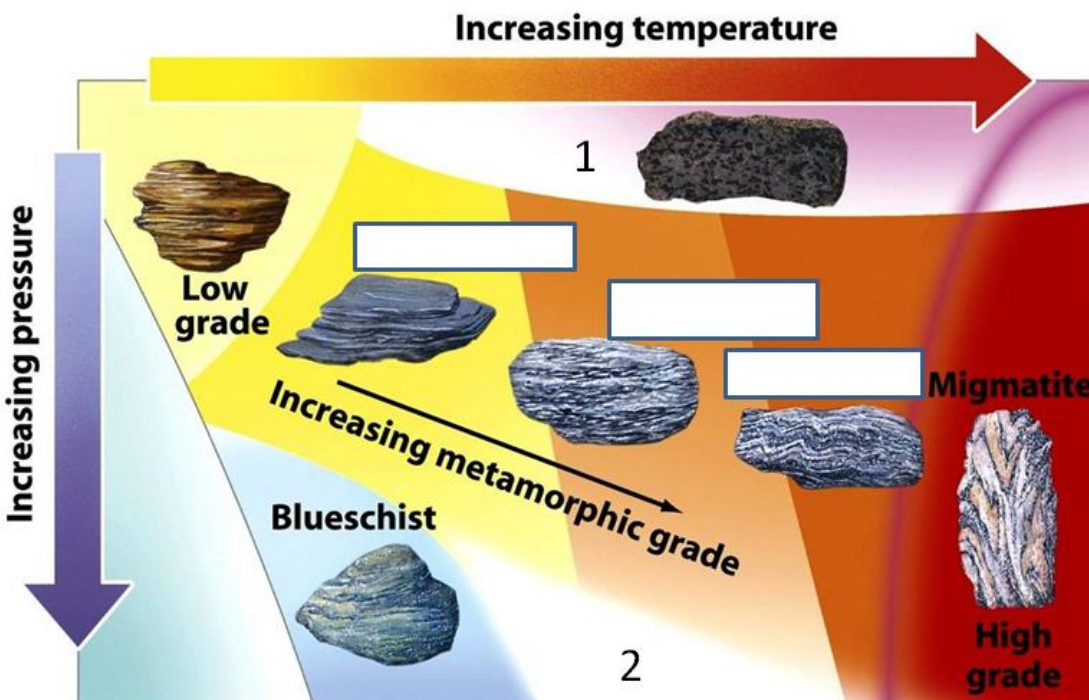
EXERCICIOS



1. A andalucita, a cianita e a sillimanita son tres polimorfos do Al_2SiO_5 . Na gráfica adxunta aparecen os intervalos de presión e temperatura para os que son estables cada un dos citados polimorfos (diagrama de fases). a) Que son minerais polimorfos? b) Para que valores de presión e temperatura poden coexistir os tres polimorfos? c) Que polimorfo será máis estable a 700°C e 6000 Bars de presión? d) A letra ρ indica a densidade relativa de cada mineral. Que relación existe entre este valor e a distancia entre os átomos constituintes de cada mineral? Ten algunha relación cas condicións de presión ás que cada mineral se orixina? e) Que polimorfo será máis frecuente no metamorfismo de contacto? f) Que relación existe entre a presión e a profundidade? Xustifica a tua resposta. f) Por que se di que estes minerais son minerais índice do metamorfismo (xeobarómetros e xeotermómetros)?

metamórficas responde ás seguintes cuestións:

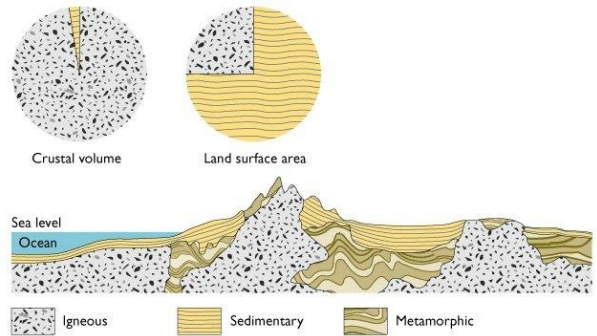
a) Pon nomes ás rochas dos recadros



b) Que tipo de metamorfismo se da na zona 1 e que condicións son as dominantes. Cita un ambiente onde aconteza.
 c) Como se forman as migmatitas?
 d) Que facies se corresponde ca zona 2 e que condicións predominan?

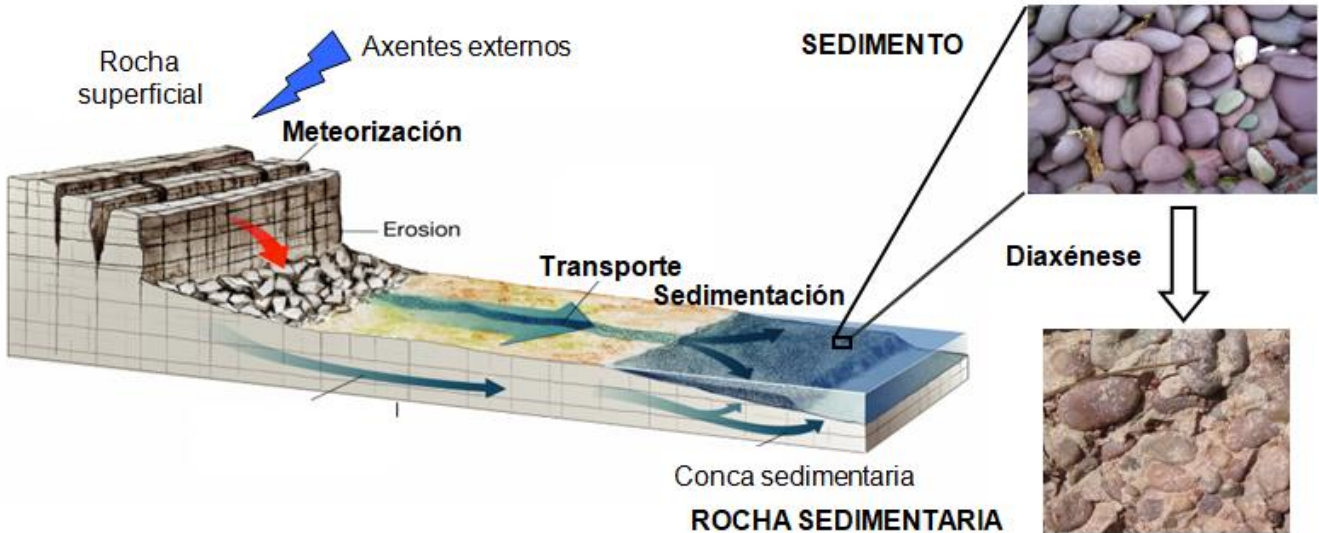
2.3- AS ROCHAS SEDIMENTARIAS.

As rochas sedimentarias orixínanse pola litificación de sedimentos proceso que acontece na superficie terrestre ou a pouca profundidade polo que estas rochas tamén se chaman rochas exóenas (constituen o 5 % do volume da codia terrestre pero afloran no 75 % da súa superficie.



2.3.1- A FORMACIÓN DAS ROCHAS SEDIMENTARIAS

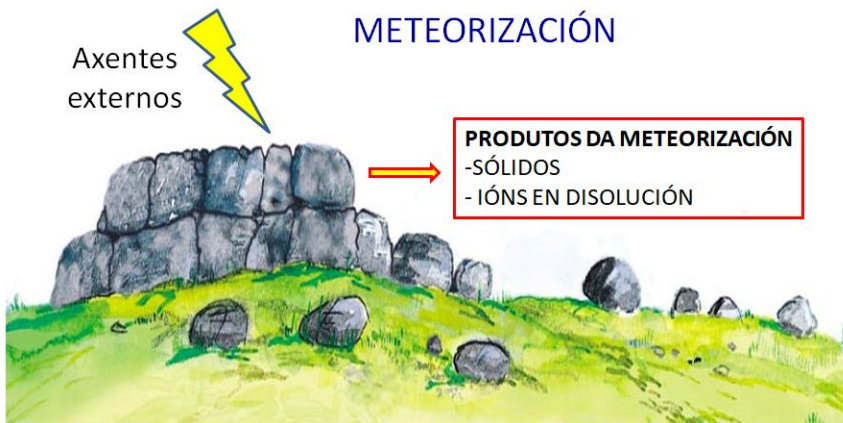
O proceso de formación das rochas sedimentarias precisa de catro etapas que tes representadas na figura inferior:



- **Meteorización**, que consiste na disgregación e alteración de rochas superficiais preexistentes. Non debes confundila ca **erosión** que é cando os produtos resultantes desta meteorización son eliminados do lugar onde se orixinaron.
- **Transporte** dos materiais resultado da meteorización por axentes de transporte (cursos de auga, xeo, vento, fenómenos de ladeira, etc.) .
- **Sedimentación**, que acontece cando o axente de transporte non ten a enerxía suficiente para continualo e deposita estes materiais nunha zona concreta. Estes materiais chámanse sedimentos e a zona onde son depositados **conca sedimentaria**.
- **Litificación ou diaxénese**, que é a transformación destes sedimentos nun material consistente que chamamos **rocha sedimentaria**.

a) Meteorización

Como queda dito a meteorización é a alteración e disgregación das rochas superficiais a causa dos axentes externos (auga, gases da atmosfera, seres vivos, cambios de temperatura, etc.) e non hai que confundir ca **erosión** que é cando os produtos resultado desta meteorización son eliminados do sitio onde se producen. O resultado da meteorización son materiais sólidos (formados por fragmentos das rochas preexistentes xunto con minerais novos orixinados no proceso) e ións en disolución. A meteorización adoita clasificarse en dúas grandes categorías: mecánica (física) e química. Na **meteorización mecánica** non se producen cambios na composición química da rocha senón simplemente unha fragmentación ou disgregación. No caso da **meteorización química** sí se produce un cambio na composición química da rocha a causa de reaccións químicas. A consecuencia disto aparecen novos minerais (principalmente minerais arxilosos e óxidos e hidróxidos) xunto con ións en disolución.



principalmente minerais arxilosos e óxidos e hidróxidos) xunto con ións en disolución. Xeralmente actúan as dúas á vez e a mecánica contribúe á eficacia da química ó aumentar a superficie sobre a que ésta actúa. Pódese considerar tamén un terceiro tipo que é a meteorización biolóxica debida ós seres vivos pero é unha combinación de efectos físicos e químicos. No tema adicado aos procesos externos profundizaremos sobre os diferentes tipos de meteorización.

b) Transporte do material. Influencia do axente no sedimento

Os produtos resultantes da meteorización poden ser desplazados do seu lugar de formación polos chamados **axentes de transporte**. O conxunto de materiais que transporta un axente determinado se lle chama **carga** e está constituída de dúas partes ou fraccións:

- **Fracción detrítica**, formada polos materiais que serán transportados en estado sólido: fragmentos rochosos e novos minerais orixinados por meteorización química. Clasifícanse polo seu tamaño: cantos, areas, limos e arxilas.
- **Fracción disolta**, ións orixinados por meteorización química e que serán transportados en disolución.

Durante o transporte o material sólido transportado vai sufrir modificacións que varían según o axente de transporte e a duración do mesmo. Estas modificacións son básicamente de dous tipos:

Abrasión, ou desgaste por rozamento, que afecta máis ás esquinas o que co tempo orixina un **redondeamento** dos anacos sólidos transportados.

Clasificación ou selección por tamaños. A medida que o axente de transporte perde enerxía se depositan os materiais sólidos máis grandes mentras que os finos son levados máis lonxe. Un sedimento ben clasificado significa que predomina un tipo de tamaño sobre os demais.



En relación con isto se define o concepto de **grao de madurez textural dun sedimento** que se refire a o grao de redondeamento e clasificación dun sedimento. Canto máis redondeado e clasificado estea un sedimento maior madurez textural presentará.

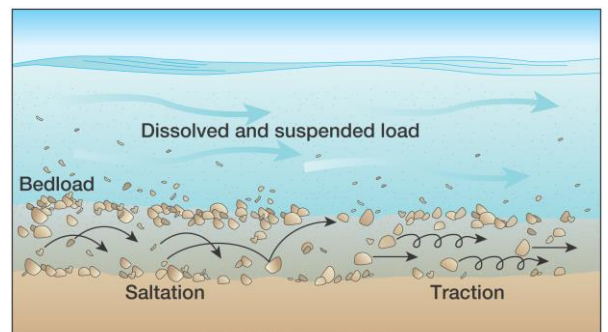
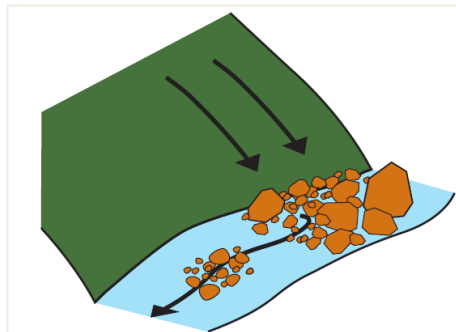
Se estudiamos detalladamente un sedimento podemos chegar a saber o axente que o transportou.

Vexamos dous exemplos:

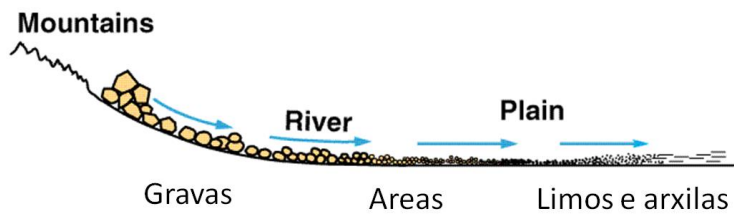
Transporte fluvial

É o principal axente de transporte e é efectuado por cursos de auga permanentes (ríos) que ó final acaban no océano. A súa capacidade depende do caudal (cantidade de auga e velocidade, sendo este último o factor principal). O transporte efectúase no interior de masas de auga de tres maneiras distintas (figura adxunta):

- **Carga de fondo:** material detrítico máis grosso (cantos, gravas e areas) que viaxa en contacto co cauce do río. O continuo rozamento contra este cauce causa meteorización por abrasión que unido ó continuo cambio de posición do material provoca o seu redondeamento.



- **Carga en suspensión**, do material detrítico máis fino (limos e arxilas) que dado o seu baixo peso permanecen no interior da masa de auga pero sen formar unha verdadeira disolución (enturbian a auga).
- **Carga en disolución**, distintos tipos de ións.



Como podes ver na adxunta a medida que o río se achega á desembocadura a súa pendente diminúe gradualmente, e polo tanto tamén o fai a súa capacidade de transporte. Isto fai que gradualmente se vaian depositando os materiais máis grandes e pesados. Tendo isto en conta os sedimentos fluviais van a estar redondeados e clasifiados dependendo do tempo que durou o transporte.

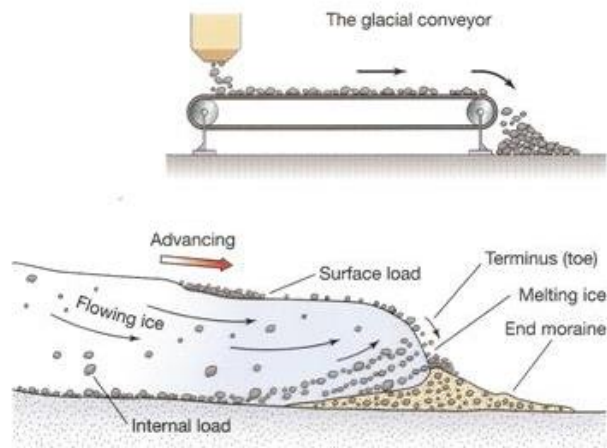
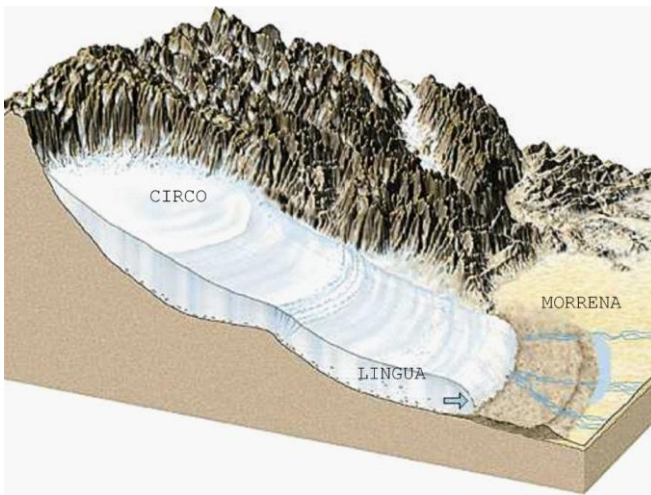
Transporte glaciár

Un glaciar é unha masa de xeo que se move pola acción da gravidade. Neste caso o transporte efectúase no interior das masas de xeo que se deslizan por un val e os materiais viaxan de dúas maneiras distintas:

- **Incluídos no interior da masa de xeo** ou na superficie. Neste caso non sufren meteorización durante o transporte.
- **Arrastrados contra o fondo ou paredes do val**, neste caso prodúcese unha forte abrasión dos materiais pero só nas caras que están en contacto con estas paredes. Isto orixina formas características como estrías, cantos facetados, picos de loro etc.

Estes materiais proceden dos arrancados polo propio xeo no seu avance ou os caídos no seu interior das ladeiras do val ou do circo.

O glaciari perde a súa capacidade de transporte cando funde o xeo, quedando entón depositados os materiais. Os sedimentos glaciares chámanse tills e as formas que adoptan as acumulacións de tills chámanse morrenas. Estes sedimentos adoitan ser angulosos e mal clasificados.

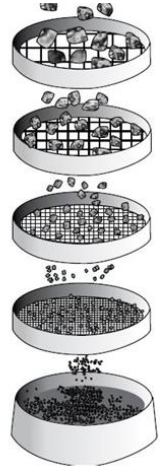


AMPLIACIÓN: A GRANULOMETRÍA

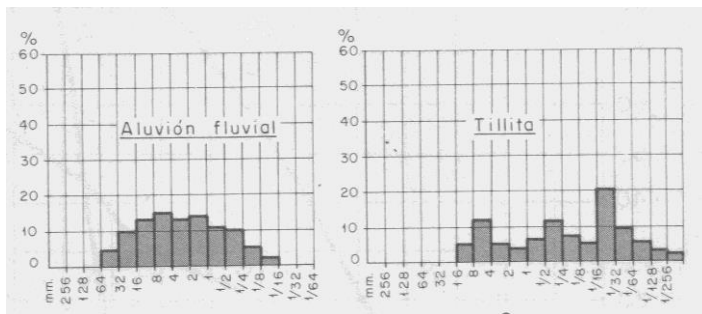


Unha granulometría é a separación por tamaños dos compoñentes dun sedimento. Esta separación física se realiza mediante uns tamices ou peneiras con tamaños de malla concretos (figura da esquerda).

Estas peneiras se dispoñen nunha columna (figura d dereita) o que permite separar as distintas fraccións do sedimento.



Unha vez separadas as fraccións se pesan e de determina a porcentaxe en masa de cada unha con respecto ao total do sedimento.



Con estes datos se poden facer distintas análises estatísticas como por exemplo histogramas de frecuencias.

Na imaxe tes dous histogramas correspondentes a un sedimento fluvial (esquerda) e a outro glaciari.

c) Sedimentación ou deposición

A sedimentación é a deposición dos materiais carrexados polo axente de transporte. O material así depositado chámase **sedimento**, que é un conxunto de partículas e material precipitado que inclúe tamén restos de organismos. É un material solto e moi pouco cohesionado no que se poden distinguir dous compoñentes según o xeito no que se produciu o transporte e a sedimentación: **fracción detrítica** e **fracción precipitada**, que acostumbra a coexistir nos mesmos sedimentos.

- **Fracción detrítica**, constituída por fragmentos de outras rochas e materiais que foron transportados en estado sólido. Depositáanse cando a enerxía do axente de transporte diminúe e non é capaz de continuar o seu carrexamento. Clasifícanse según o seu tamaño: cantos (maiores de 2 mm), areas (entre 1/16 e 2 mm), limos (entre 1/256 e 1/16 mm) e arxilas (menores de 1/256 mm).
- **Fracción precipitada**, orixinada pola precipitación dos materiais que foron transportados en disolución, polo tanto exclusiva do medio acuático. A precipitación orixínase debido a cambios nas condicións no medio: evaporación da auga, variacións de temperatura, reaccións químicas, variacións de pH, etc. Aquí tamén se poden incluír as precipitacións

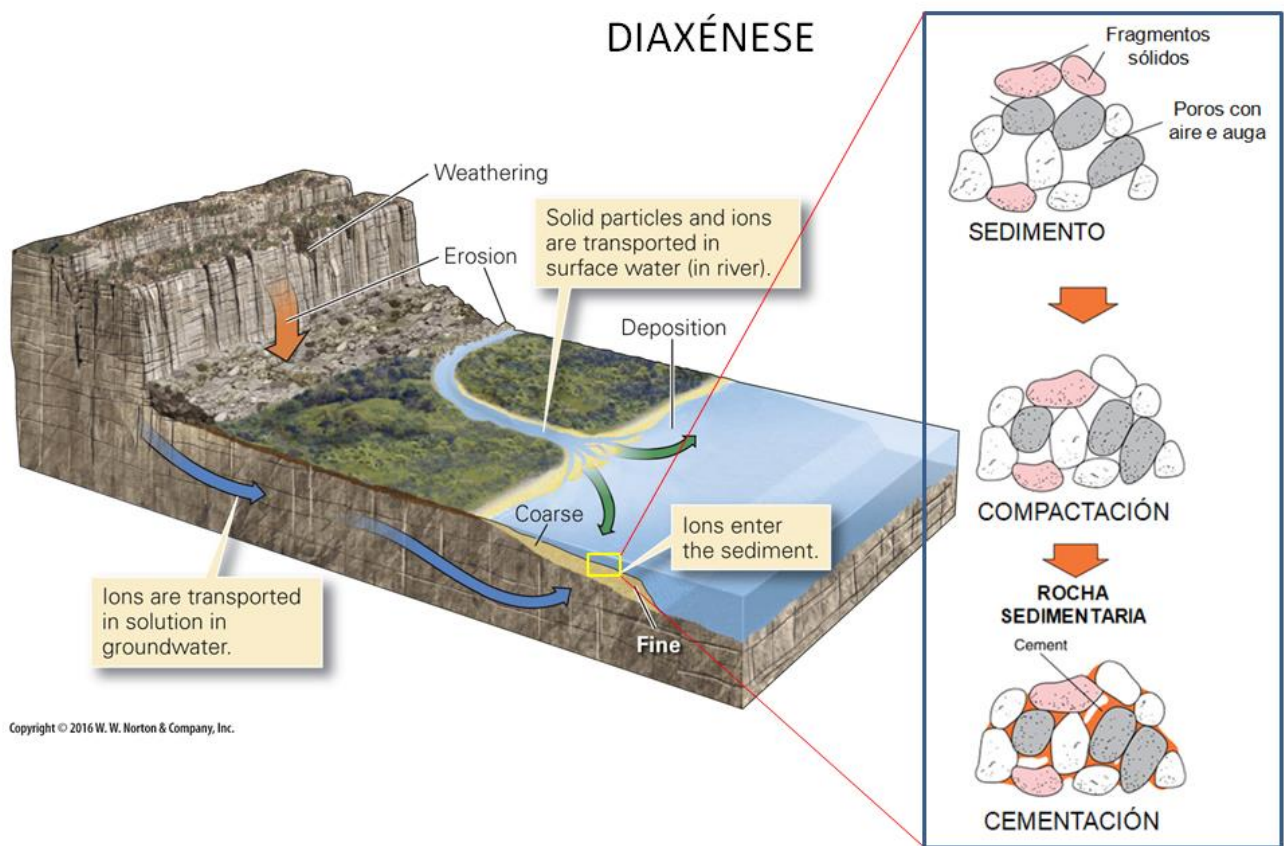


causadas pola acción de seres vivos (bioquímica) que poden ter moita importancia: carbonatos (cunchas dos moluscos e outros organismos), sílice (frústulas de diatomeas ou espículas de esponxas), óxidos de ferro (acción bacteriana), etc. Os sedimentos acumúlanse nas chamadas **concas de sedimentación** en capas inicialmente horizontais chamadas **estratos**.

d) Litificación ou diaxénese

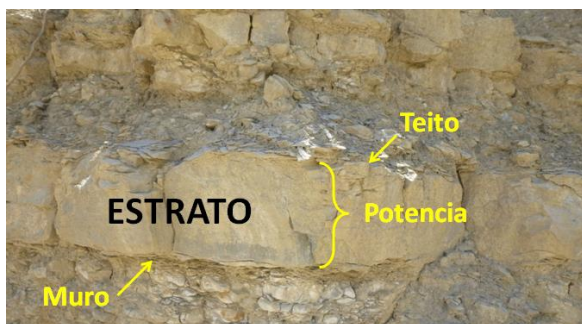
A diaxénese ou litificación é a transformación dun sedimento (material solto e pouco cohesionado) nunha rocha sedimentaria (material consistente con forte unión entre as partículas que o forman). Un sedimento recién depositado está formado por partículas sólidas (detríticas ou precipitadas) que deixan unha serie de ocos no seu interior (poros) que están recheos de auga ou aire. O volume inicial dos poros pode oscilar entre 20 % e o 40 %, aínda que pode acadar o 90 % (sedimentos moi arxilosos). A diaxénese inclúe dúas etapas principais que tes esquematizadas na figura inferior:

- **Compactación**, causada pola presión exercida polos materiais supraxacentes. Consiste na diminución do volume dos poros coa expulsión do seu contido de auga ou aire.
- **Cementación**, prodúcese pola precipitación de material disolto nos poros que quedan. Como consecuencia o material detrítico queda atrapado no precipitado polo que éste actúa como un pegamento unindo unhas partículas ás outras. Os principais tipos de cemento son a sílice, o CaCO₃ e os óxidos de ferro. Cementación e compactación son os dous procesos básicos da diaxénese e como resultado deles obtemos un material consistente que podemos considerar rocha sedimentaria (figura inferior).



Copyright © 2016 W. W. Norton & Company, Inc.

2.3.2- - ESTRUTURAS SEDIMENTARIAS: A ESTRATIFICACIÓN



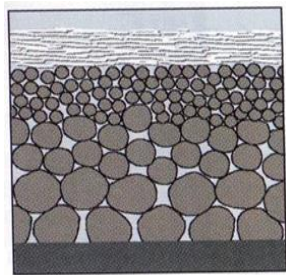
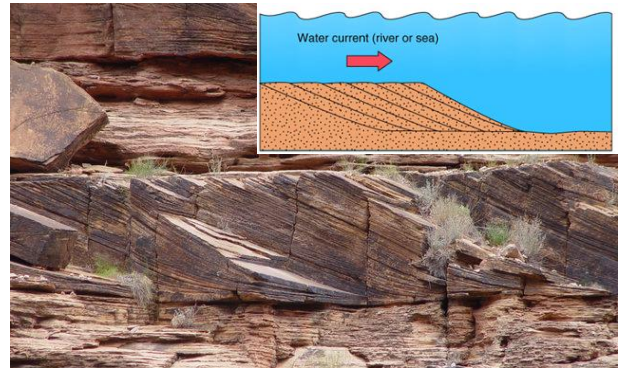
No caso das rochas sedimentarias a estrutura é a forma na que dispoñen os sedimentos. A principal estrutura sedimentaria é a **estratificación**, é dicir a disposición das rochas sedimentarias en capas ou estratos que corresponden á deposición dos sedimentos que lle deron orixe. Inicialmente estes estratos son horizontais pero poden sufrir deformacións posteriores.

O límite superior dun estrato chámase **teito** e o inferior **muro**. Os estratos están separados uns dos outros polos **planos de estratificación**. O grosor dun estrato denomínase **potencia** (figura adxunta).

Nos estratos poden aparecer **estruturas secundarias** que nos ofrecen moita información sobre o medio onde se produciu a sedimentación e que as podemos clasificar en superficiais e internas.

a) Estructuras sedimentarias internas

- **Estratificación cruzada.** Neste caso aprécianse láminas dentro dun estrato pero están inclinadas con respecto ós planos de estratificación principal (figura da dereita). Son típicas de areas e danse en medios onde a sedimentación se produciu por unha corrente, tanto de aire (dunas) como de auga (rios, deltas, etc.).

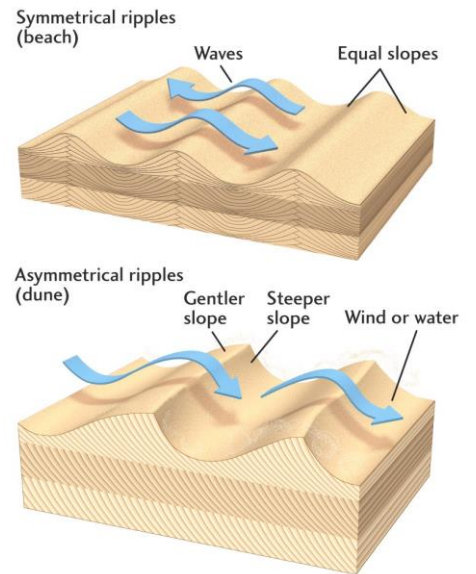


Graded bed

- **Estratificación gradada.** Acontece cando nun estrato o tamaño das partículas varía gradualmente de muro a feito, xeralmente vai diminuindo (granoclasificación positiva). Acontece cando un sedimento heteroxéneo se deposita nunha zona tranquila co que as partículas máis grandes chegan antes ao fondo, por exemplo nas correntes de turbidez.

b) Estructuras sedimentarias superficiais

- **Rizaduras (ripple marks).** Son pequenas ondulacións (tamaño centimétrico) orixinadas polo vento ou movementos de auga sobre sedimentos areosos ou lamacentos (figura da dereita). Poden ser asimétricas (ripples de corrente) causadas por unha corrente unidireccional (vento, rios) ou simétricas (ripples de oscilación) provocadas por un movemento oscilatorio (oleaxe e resaca xeralmente).

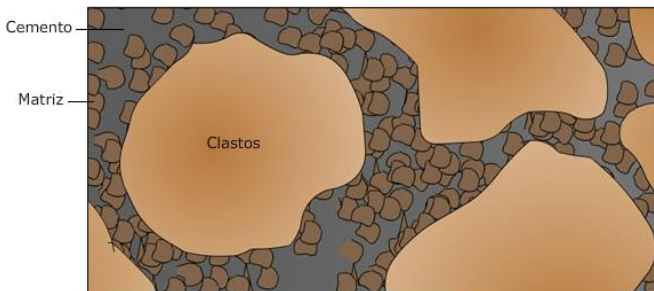


2.3.3- CLASIFICACIÓN DAS ROCHAS SEDIMENTARIAS

Inicialmente as rochas sedimentarias clasifícanse segundo a natureza do sedimento que lles deu orixe en tres grandes grupos: detríticas, de precipitación e orgánicas.

a) Rochas sedimentarias detríticas

Tamén cahamadas clásticas. Estan formadas maioritariamente por fragmentos sólidos de outras rochas que foron litificados. Os fragmentos máis grandes chámanse **clastos** que estan rodeados por fragmentos máis finos que actúan como material de recheo chamado **matriz**. Todo este conxunto está unido polo **cemento**. No caso de rochas de gran fino os clastos e a matriz non se diferencian.



A este tipo de textura chámase **textura clástica**. As rochas detríticas clasifícanse según o tamaño dos clastos:

Conglomerados ou ruditas. Clastos maiores de 2 mm (cantos). Se os clastos son redondeados as rochas chámanse pudingas e se son angulosos brechas. As brechas de orixe glaciar son as tillitas.

Areiscas ou samitas. Clastos de tamaño areas (2 - 1/16 mm). As máis abundosas son as ortocuarzitas ou cuarzoarenitas que conteñen máis do 90 % de cuarzo e frecuentemente éste

aparece moi ben rodado. Indicanos un transporte moi prolongado, pois o cuarzo é moi resistente á meteorización química e tódolos demais minerais xa foron meteorizados.

Lutitas. Os clastos son menores de 1/16 mm (tamaño limos e arxilas). Son as rochas sedimentarias máis abundantes e os seus compoñentes principais son os minerais arxilosos formados por meteorización química dos silicatos, ademais de óxidos de ferro, grans de cuarzo etc. Son materiais plásticos e poden acumular

EXERCICIO

Traduce os textos e pon nome á rocha correspondente no cadro da dereita.
Identifica a rocha da foto inferior



Detrital Sedimentary Rocks			
Clastic Texture (particle size)		Sediment Name	Rock Name
Coarse (over 2 mm)		Gravel (Rounded particles)	
		Gravel (Angular particles)	
Medium (1/16 to 2 mm)		Sand	
Fine (1/16 to 1/256 mm)		Mud	
		Mud	
Very fine (less than 1/256 mm)		Mud	

grandes cantidades de auga. Unha vez hidratadas son totalmente impermeables.

Margas. Son lutitas que conteñen CaCO_3 .

b) Rochas sedimentarias de precipitación

Orixínanse a partir de sedimentos nos que predomina a fracción precipitada, polo que poden presentar unha textura formada por cristais engarzados uns nos outros (parecidos ós das rochas plutónicas). A precipitación pode ser causada por cambios químicos no medio ou pola actividade de organismos e neste último caso se chaman **organóxenas**. Clasifícanse según a súa natureza química, se ben pódense dar situacións intermedias:

Rochas carbonatadas. Son as máis abundantes deste tipo. Máis do 50 % do seu volume son carbonatos, principalmente calcita. As máis importantes son as calizas (calcarías en galego).

Nas calizas a maioría dos carbonatos son CaCO_3 , principalmente en forma de calcita e producen efervescencia en frío co HCl. Na imaxe inferior tes un típico ambiente xeolóxico onde se forman as calizas e que se chama **plataforma carbonatada**. Como podes ver trátase dunha zona costeira da plataforma continental onde viven grande cantidade de organismos que son os responsables da precipitación do CaCO_3 , para a fabricación de cunchas, esqueletes, etc. Cando morren os restos se acumulan no fondo da plataforma e acaban transformándose en rochas calizas que en xeral se chaman **calizas bioxénicas ou organóxenas**. Algunhas teñen nomes particulares: encrinitas (restos de crinoideos), coquinas ou lumaquelas (restos de cunchas de moluscos pouco cementadas), etc..

Outras calizas están orixinadas por procesos químicos sen intervención de organismos como os travertinos, e as estalactitas ou estalacmitas.

As dolomías son rochas carbonatadas nas que predomina o mineral dolomita que é un carbonato de Ca e Mg e normalmente se forman a partir das calizas en mares cálidos con augas ricas en Mg.

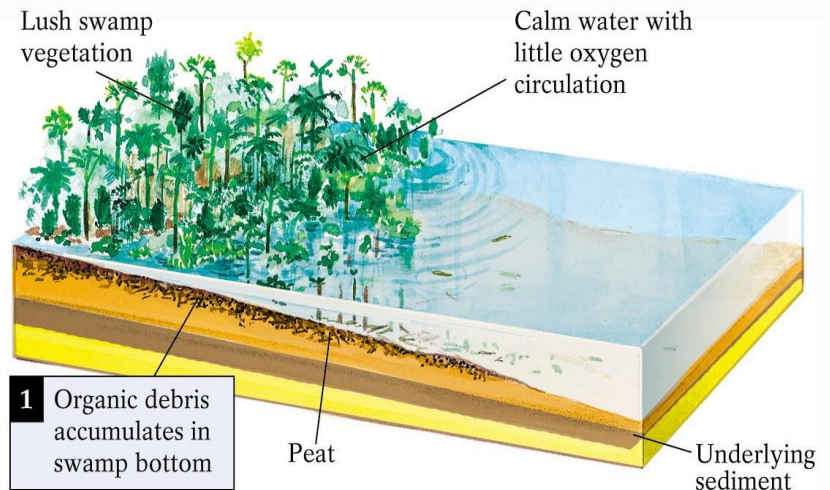
Rochas evaporíticas. Orixínanse pola evaporación da auga do mar en zonas onde a evaporación supera ós aportes (precipitación, aportes de ríos, etc), polo tanto en climas cálidos e secos. Nesta situación prodúcese unha precipitación dos minerais que contén e según van precipitando vanse acumulando no fondo da conca de sedimentación uns enriba de outros. As máis importantes son o xeso e a halita (fíxate que neste caso o mineral e a rocha se chaman da mesma maneira).

c) Rocas orgánicas (organóxenas?). Combustibles fósiles: o carbón e o petróleo.

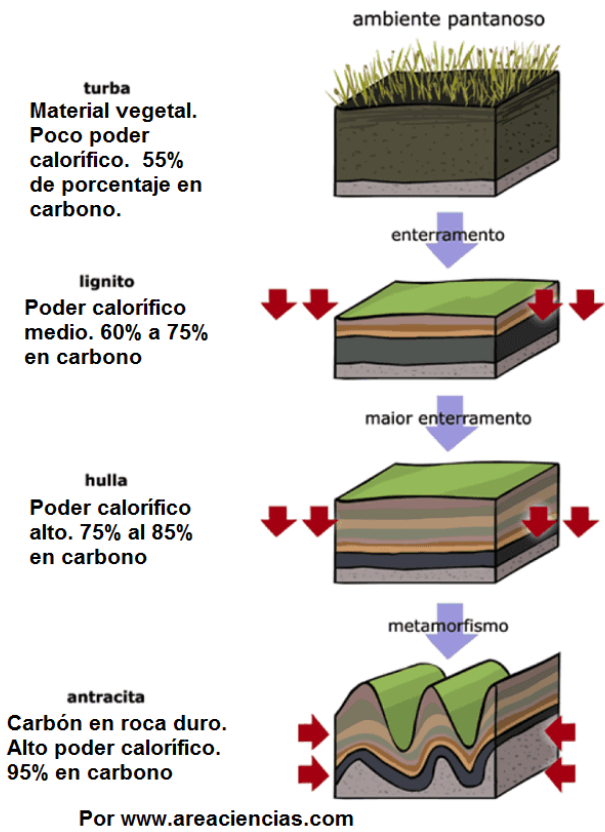
Son materiais que se orixinan a partir de restos de seres vivos e se utilizan como fonte de enerxía, aínda que tamén como materia prima para a industria química. Son considerados rochas sedimentarias organóxenas xa que o seu proceso de formación é similar ó de éstas, a pesar de que os seus constituintes principais son compostos orgánicos.

O carbón

Orixínase como consecuencia da acumulación e transformación de restos vexetais pola acción de bacterias anaerobias (que viven en ausencia de osíxeno). Nestas condicións os restos vexetais (celulosa principalmente) non se descompoñen a CO_2 e H_2O senón que se transforman en compostos orgánicos sólidos ricos en carbono xunto con outras substancias en menores proporcións (metano e CO_2). Para que isto aconteza tense que producir unha acumulación importante de materia vexetal en zonas pantanosas onde a falta de osíxeno no solo favoreza estes procesos (vexetación palustre). Esta situación pode darse en dous tipos de concas: **concas límnicas** (lagos) ou **concas parálicas** (zonas continentais costeiras de pouca profundidade). En ambos casos o proceso de formación é moi similar e pódese resumir nas seguintes etapas:



- Desenvolvemento dunha vexetación palustre nunha zona pantanosa (fentos no paleozoico ou coníferas no mesozoico).
- Inundación da conca, como consecuencia dun afundimento (subsidencia) ou dun ascenso do nivel do mar) o que provoca a morte da masa vexetal e o inicio da súa descomposición anaeróbica.
- Nova sedimentación enriba do anterior o que conleva un aumento da presión e da temperatura do material vexetal en descomposición. Isto produce unha compactación deste material (o espesor dos estratos carbonosos pode reducirse ata o 10 % da súa potencia inicial) e a eliminación de compostos volátiles orixinados no proceso de descomposición (metano, auga, CO_2) co conseguinte enriquecemento en carbono.
- Se o proceso continua pódese formar un novo bosque palustre e repetirse o proceso novamente orixinándose cada vez un novo filón ou capa de carbón.



Existen catro tipos de carbón que se diferencian no seu contido en carbono, que a súa vez é o resultado do tempo que estiveron sometidos ó proceso de compactación: TURBA, LIGNITO, HULLA, ANTRACITA (figura da esquerda).

Petroleo e gas natural

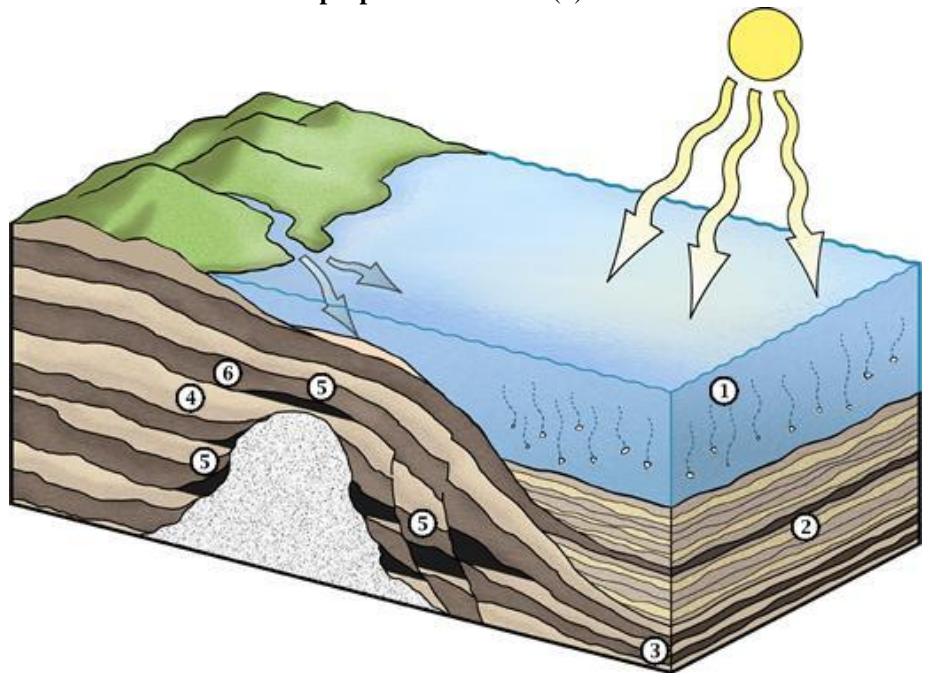
Ambos teñen un proceso de formación moi parecido e frecuentemente aparecen nos mesmos xacementos. Están constituídos por unha mezcla de hidrocarburos sólidos, líquidos e gasosos; predominando éstos últimos no gas natural.

O petroleo e o gas natural constiuen a principal fonte de enerxía utilizada pola especie humana ademáis de ser materia prima para a fabricación de numerosos produtos (plásticos, etc.).

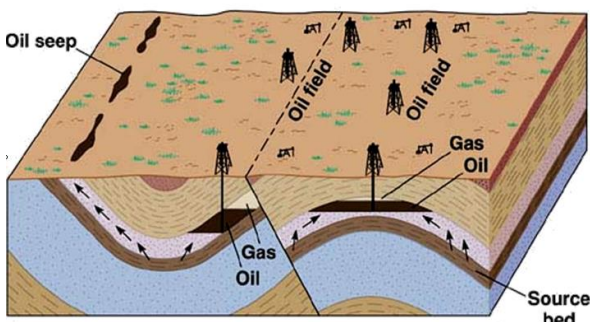
Ó igual que o carbón, a orixe do petroleo e gas natural está na descomposición de organismos en condicións anaeróbicas, pero a materia prima é o **plancton mariño**, polo tanto a súa orixe son sempre conchas mariñas.

- O proceso se inicia cunha mortandade masiva de plancton e un enterramento rápido para evitar a descomposición aerobia (nº1 na figura adxunta)
- Nestas condicións incíase a descomposición anaerobia dos restos do planton que aparece mesturado cos sedimentos que o enterran (limos e arxilas principalmente). O resultado é a formación dun material no que predominan os hidrocarburos sólidos (betúns e asfaltos) cahamado **sapropel** ou **keróxeno**. (2)

- A medida que se van acumulando materiais enriba aumenta a presión e a temperatura do material anterior o que produce unha serie de cambios químicos coñecidos como **maduración** que consiste na transformación dos hidrocarburos sólidos en líquidos (entre 50 e 100°C) e gasosos (máis de 100°C). (3)
- O petroleo e gas así orixinado abandonan a rocha onde se orixinaron (rocha nai) dada a elevada presión a que están sometidos e migran polos poros das rochas ata situarse en zonas onde se acumulan ou incluso saen ó exterior (petroleo significa aceite de rocha pois orixinariamente manaba de xeito parecido a como o fai a auga nas fontes). Se o proceso de maduración é incompleto e quedan na rocha nai restos de hidrocarburos sólidos orixínanse as pizaras bituminosas ou areas asfálticas das que se pode obter petroleo por extracción con auga quente a presión e posterior hidroxenación.



- As zonas onde se acumula o petroleo e o gas natural son as chamadas **trampas petrolíferas** (5), que son estruturas xeolóxicas capaces de aloxar grandes cantidades de estes materiais. Existen varios tipos de trampas pero todas elas constan dunha rocha tapa impermeable (arxilas, cuarcitas,...) que evita que o petroleo e gas continuen a súa migración (6), e de unha rocha almacén permeable (do tipo das areiscas, ou rochas moi fracturadas) onde se acumula o petroleo nos poros que conteñen (4). Nestas estruturas os materiais dispóñense segundo a súa densidade: na zona inferior a auga salgada, logo o petroleo e na superficie o gas natural.

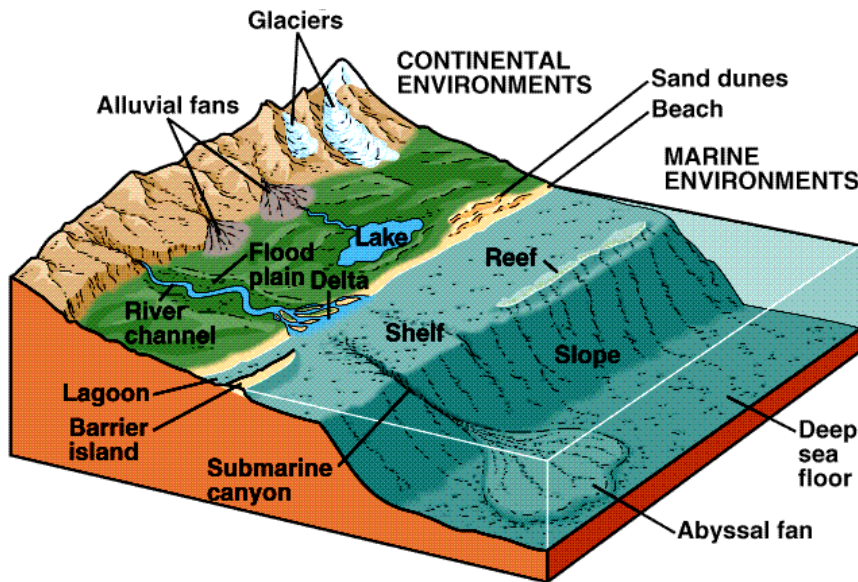


EXERCICIO

O debuxo representa unha zona costeira onde desembocan uns ríos. Nela están situadas tres zonas onde predominan tres tipos distintos de sedimentos: areosos, limo-arxilosos (barro) e carbonatados.

- Xustifica esta distribución dos sedimentos.
- Indica un tipo de rocha á que darían lugar cada un destes sedimentos
- Como se chama o proceso polo que un sedimento se transforma nunha rocha sedimentaria. Explicao.

2.3.4- AMBIENTES SEDIMENTARIOS



Un ambiente sedimentario é unha zona onde se produce sedimentación e polo tanto onde se orixinan rochas sedimentarias. Estudando as características dos sedimentos ou das correspondentes rochas sedimentarias (facies sedimentaria) os xeólogos son quen de determinar o ambiente onde se orixinaron. Na imaxe inferior tes un esquema cos principais ambientes sedimentarios que se clasifican en continentais, mariños e de transición. Vexamos algúns dos máis característicos.

a) Ambientes continentais

Destacan os glaciares e fluviaes dos que xa falamos. Os medios lacustres son tamén importantes xa que neles desembocan ríos que levan grandes cantidades de sedimentos. En climas moi cálidos os lagos poden chegar a secar orixinando

evaporitas.

b) Ambientes de transición

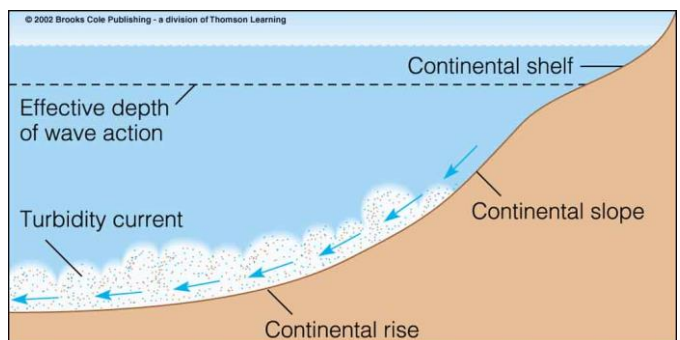
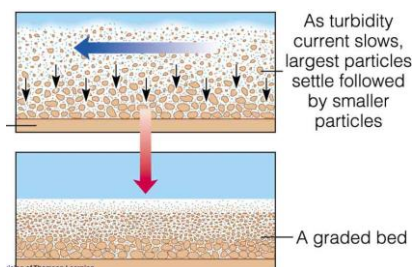
Son os que están situados entre os continentes e o océano como as desembocaduras do ríos (esteiros e deltas), praias etc.

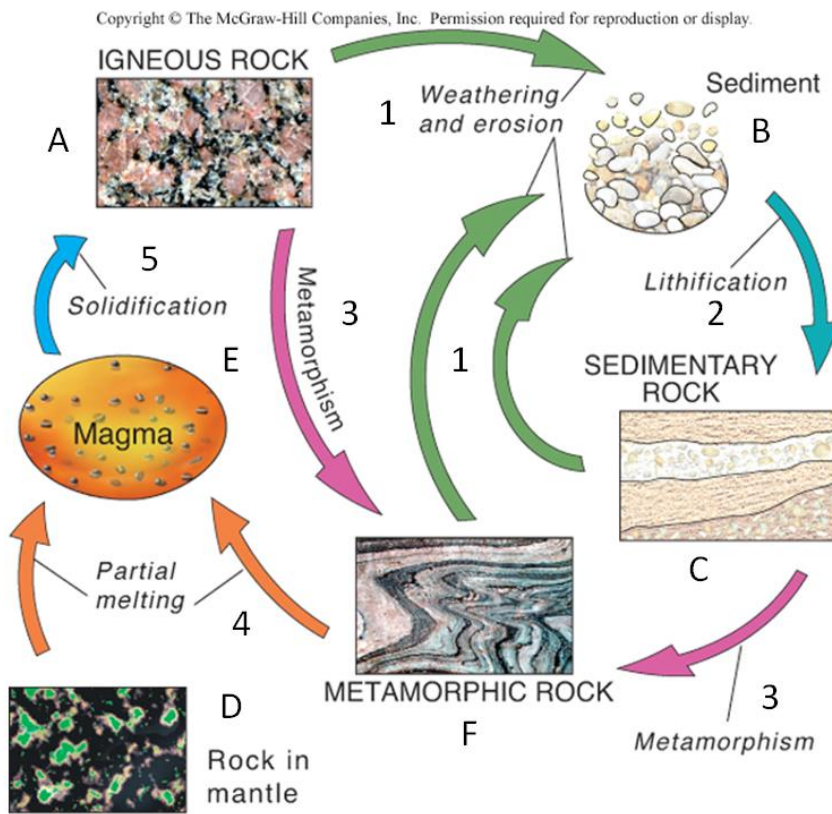
c) Ambientes mariños

Destacan as plataformas continentais que son as principais receptoras de sedimentos. Na parte máis próxima á costa predomina sedimentos detríticos mentras a medida que nos adentramos no océano predominan os de precipitación. En mares cálidos se desenvollen arrecifes que orixinan grandes masas de rochas carbonatadas.

AMPLIACIÓN: TURBIDITAS E CANÓNS SUBMARIÑOS

En xeral as chairas abisais reciben poucas cantidades de sedimentos sendo uns dos máis importantes os arrastrados polas **correntes de turbidez**. Estas correntes se orixinan cando materiais situados no borde da plataforma continental son remexidos (pequenos terremotos, etc.) e fan que aumente a densidade da auga co que se deslizan a grande velocidade polo talude continental. Ao chegar ao fondo estes sedimentos se depositan formando unha especie de abanos aluviais submariños ca típica sedimentación gradada que ao litificarse orixinan unhas rochas chamadas **turbiditas**. Os canóns submariños se forman no talude como resultado da erosión destas correntes.



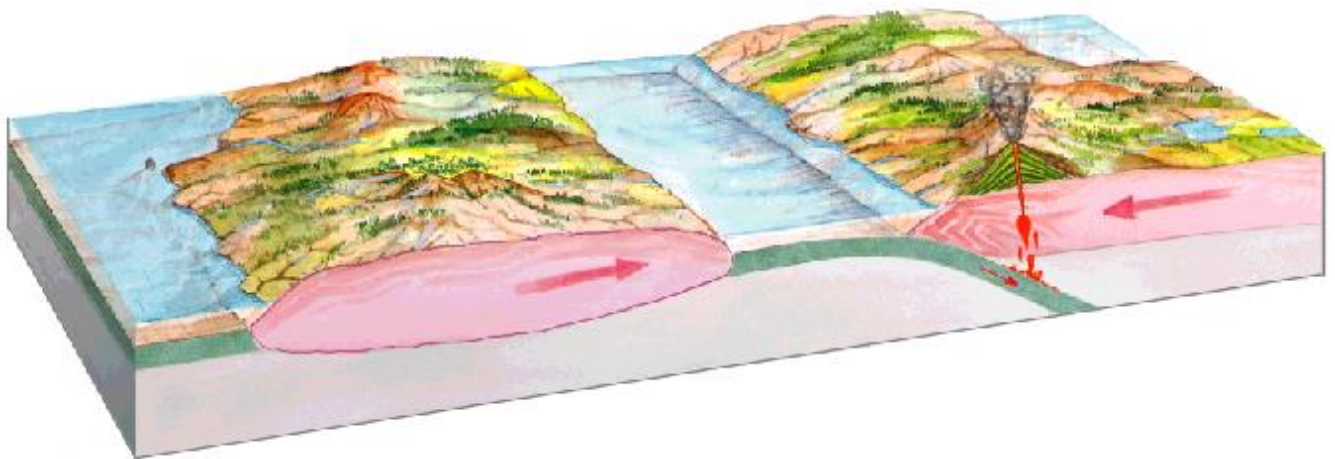


2.4-O CICLO DAS ROCHAS.

De todo o estudiado ata o de agora poderás deducir que as rochas se están a transformar unhas nas outras de xeito continuo nun proceso cíclico. A este proceso cíclico se lle chama **ciclo das rochas** e o tes resumido na figura da esquerda.

EXERCICIO

Define os procesos sinalados con números e os materiais sinalados con letras na figura do ciclo das rochas. Sitúa eses procesos e materiais no esquema inferior.



EXERCICIOS

1. O sílex e a geiserita son dúas rochas sedimentarias ca mesma composición química: SiO₂. A primeira se forma en ambientes sedimentarios mariños a partir de paredes celulares (frústulas) de diatomeas ou espículas de esponxas, mentras que a segunda se forma en ambientes continentais cando a auga quente emitida polos geiseres arrefría (foto da dereita).

- a) Que tipo de substancia é o SiO₂
- b) Fai unha clasificación das rochas sedimentarias e indica a que tipo pertencen as citadas

2. Explica as diferencias e similitudes entre: CO₃Ca-calcita- caliza.

3. Cita algúns indicios de que rochas sedimentarias situadas no cima do Himalaia se orixinaron no fondo do mar. Como poideron chegar ata alí?

4. Define o concepto de metamorfismo. Que cambios se producen no metamorfismo da caliza a mármore? E no de areisca cuarcífera a cuarcita?

5. Un granito e un paragneis teñen a mesma composición mineralóxica. a) Cal é a orixe dos minerais en cada caso? b) Como distinguirías estas dúas rochas “de visu”?

6. Corrixe os erros que aparecen na seguinte frase:





“Os magmas xenéranse en profundidade e ascenden cara a codia terrestre xa que son máis densos que o material sólido circundante. Se saen á superficie orixinan fenómenos plutónicos e se solidifican en profundidade forman volváns”.

7. A fotografía corresponde a un afloramento de pizarras do mesozoico.

- Que tipo de rocha é a pizarra e como se orixina?
- Que estrutura observas na fotografía?
- Se contestache correctamente ás pregunta anterior apreciarás unha aparente contradición. Explicaa.

8. Copia as seguintes frases no caderno de exame, completando cada unha coa palabra que falta:

- Os sedimentos transfórmanse en rochas sedimentarias mediante a _____.
- Os magmas ácidos ou félsicos teñen unha porcentaxe _____ de sílice.
- A madurez _____ dun sedimento refírese ao grao de redondeamento e á uniformidade do tamaño
- que presentan os clastos.
- Un _____ é un corpo intrusivo tabular formado polo recheo das fracturas que atravesan as rochas
- encaixantes.
- No metamorfismo de contacto o factor físico máis importante é a _____.
- Nunha erupción volcánica poden desprenderse tres tipos de produtos: gases, lava e _____.
- equivalente volcánico do _____ e o basalto
- metamorfismo no que se producen cambios químicos denomínase _____.
- Os magmas ácidos ou félsicos teñen unha porcentaxe _____ de sílice.
- SiO_2 é a fórmula do mineral _____.
- Cando os minerais dunha rocha metamórfica peresentan unha orientación planar se di que teñen _____.

9. Define os seguintes termos:

Aureola de contacto - Metasomatismo - Facies metamórfica - Batolito - Lava

10. Responde as seguintes cuestións relacionadas cos procesos externos:

- Compara as formas de transporte e as características dos sedimentos que se orixinan no medio fluvial e no medio glacial.
- Define diaxénese e os procesos dos que consta

11. Emparella (na folla de exame) cada número da primeira lista cunha letra da segunda (unha letra pode corresponder a máis dun número) (1 punto):

1) Entre 45 %-55 % de sílice. 2) Máis do 65 % de sílice. 3) Orixina basaltos. 4) Orixina gabros. 5) Orixina granitos. 6) Orixina riolitas. 7) É moi viscoso. 8) É moi fluído. 9) Alcanza facilmente a superficie terrestre. 10) Xeralmente solidifica no interior da codia terrestre.

A) Magma básico. B) Magma ácido

12. Emparella (na folla de exame) cada número da primeira lista cunha letra da segunda (unha letra pode corresponder a máis dun número):

1) Lignito. 2) Pegmatita. 3) Brecha. 4) Caliza. 5) Marga. 6) Gneis. 7) Gabro. 8) Cuarzita. 9) Basalto. 10) Andesita.

A) Rochas ígneas ou magmáticas. B) Rochas sedimentarias. C) Rochas metamórficas.

13. Emparella (na folla de exame) cada número da primeira lista cunha letra da segunda (unha letra pode corresponder a máis dun número)

1-Batolito. 2-Ecloxita. 3-Dique. 4-Estratificación cruzada. 5-Lapilli. 6-Sill. 7-Lavas almofadadas. 8-Rizaduras. 9-Lousa. 10-Duna.

A-Grao metamórfico baixo. B-Inrusión concordante. C-Estrutura sedimentaria. D-Piroclasto. E-Intrusión discordante. F-Erupción submarina. G-Grao metamórfico alto

14. As fotografías inferiores corresponden a unha areisca vermella (ortocuarcita), unha a escala de afloramento, outra a outra en mostra de man vista cunha lupa de peto e a terceira dunha lámina fina ó microscopio de polarización.

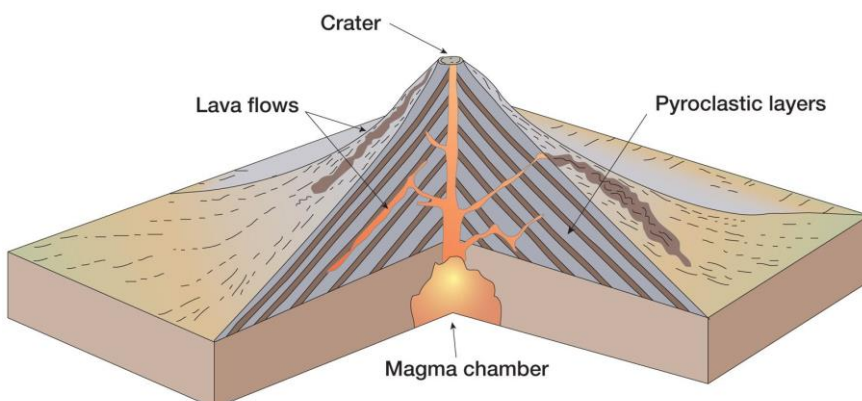
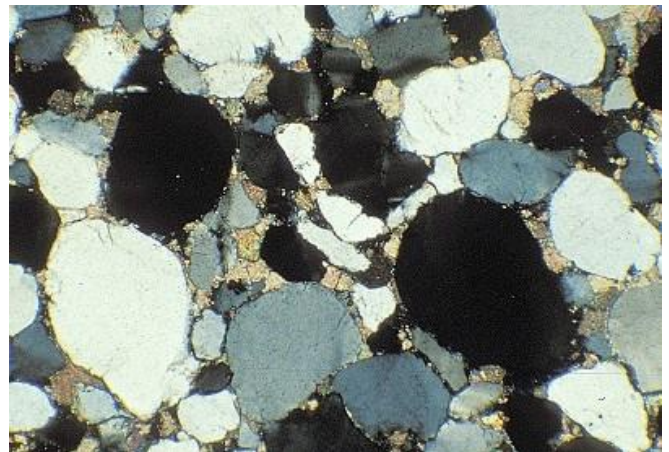
a) Que é un afloramento? E unha mostra de man?

b) Que tipo de rocha é unha ortocuarcita e cal é o mineral predominante?

c) Que forma teñen os grans de cuarzo? A que se debe?

d) Que estrutura observas na foto? Suxire dous ambientes sedimentarios nos cales se puido formar esta rocha.

e) Asociados ós estratos desta rocha aparecen outros que conteñen a que aparece fotografía redonda. En cal dos medios que acabas de citar pensas que é máis probable que se tivera orixinado?



15. Que tipo de aparello volcánico é o representado na figura da esquerda? Suxire razoadamente un tipo de rocha que poderíamos atopar nel.