

UNIDADE 4: METAMORFISMO E TECTÓNICA

1. **Introdución**
2. **Metamorfismo e rochas metamórficas**
 - 2.1. **Factores implicados no metamorfismo**
 - 2.2. **Tipos de metamorfismo**
3. **Textura das rochas metamórficas**
4. **Clasificación das rochas metamórficas**

1. INTRODUCCIÓN.

Como xa sabemos, os **procesos xeolóxicos internos** están causados pola calor do interior terrestre, ben directamente ou a través do movemento e das interaccións das placas litosféricas. Segundo a forma en que se ven afectadas as rochas, estes poden ser de tres tipos:

- ◆ **Magmatismo.** Consiste na fusión das rochas producindo un fundido, o magma, que contén cristais en suspensión e gases disoltos.
- ◆ **Metamorfismo.** É o proceso que orixina cambios mineralóxicos, texturais e estruturais nas rochas que están expostas a elevadas presións e temperaturas, sen chegar a fundilas.
- ◆ **Esforzos tectónicos.** As rochas sometidas a esforzos de compresión ou distensión experimentan deformacións como as dobras e fallas.

O magmatismo, o metamorfismo e os esforzos tectónicos están estreitamente ligados á dinámica dos penachos térmicos, que ascenden desde a superficie do núcleo ata a base da litosfera, e ás interaccións que se producen nos bordos das placas litosféricas. As zonas de subdución, as dorsais oceánicas e as fallas transformantes son zonas onde se pode producir actividade tectónica, magmatismo e metamorfismo.

2. METAMORFISMO E ROCHAS METAMÓRFICAS.



O **metamorfismo** é o conxunto de transformacións que sofre unha rocha cando se ve sometida a un aumento de presión e/ou temperatura, sen que se produza a fusión dos minerais que a compoñen. Esas transformacións afectan tanto á mineraloxía como á textura da rocha orixinal, e suceden en estado sólido.

As rochas que así se orixinan reciben o nome de **rochas metamórficas** e puideron formarse a partir de rochas sedimentarias, magmáticas ou mesmo doutras metamórficas.

Fig. 1. Transformación dun granito (rocha plutónica) nun gneis debido ó metamorfismo, que implica cambios minerais e texturais, con cambio na orientación dos minerais).

2.1. FACTORES IMPLICADOS NO METAMORFISMO

Nos procesos metamórficos interveñen basicamente a presión e a temperatura, pero tamén inflúen outros factores como a presenza de fluídos nas rochas.

- **Temperatura**

Unha rocha pode estar exposta a un incremento importante de temperatura nas seguintes situacións:

Desprazamento a zonas profundas. Por exemplo, nun proceso de subdución, xa que a temperatura aumenta coa profundidade, segundo o gradiente xeotérmico.

A proximidade dunha masa magmática. Neste caso, canto máis preto estea a rocha do magma, maior será a temperatura. Se esta supera o punto de fusión dalgún compoñente da rocha, o proceso xa non se considera metamorfismo, se non **anatexia** (fusión parcial das rochas).

- **Presión**

Dentro da litosfera as rochas están sometidas á **presión de confinamento**, é dicir, aquela presión exercida por toda a masa rochosa que as rodea, en tódalas direccións. Esa presión pode producir cambios nos minerais, que poden recrystalizar formando outros con estrutura máis compacta. Pero ademais poden existir **presións dirixidas**, que son aquelas que actúan nunha dirección concreta e que están provocadas polos movementos de placas.

A presión, dirixida ou de confinamento, é a responsable de que os minerais das rochas metamórficas aparezan en moitos casos orientados, xa que medran nunha dirección perpendicular á do esforzo, ou se xiran ata acadar esa dirección.

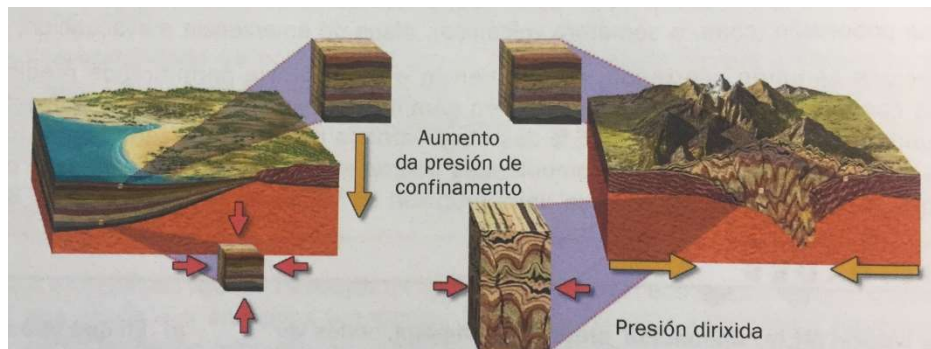


Fig. 2. Presión de confinamento (esquerda) e presión dirixida (dereita).

- **A presenza de fluídos**

Nos poros das rochas poden existir fluídos de diversa orixe (deshidratación dalgúns minerais ou de orixe magmática), que favorecen as reaccións químicas que poden dar lugar ó cambio de mineraloxía ou textura, xa que supoñen o movemento de ións.

2.2. TIPOS DE METAMORFISMO.

O metamorfismo pode clasificarse segundo varios criterios, como a súa intensidade ou o lugar ou a causa que os provoca.

Segundo a intensidade crecente da transformación metamórfica, pódese falar de metamorfismo de grao baixo, medio ou alto.

En relación ó lugar ou á causa do metamorfismo se diferencian varios tipos:

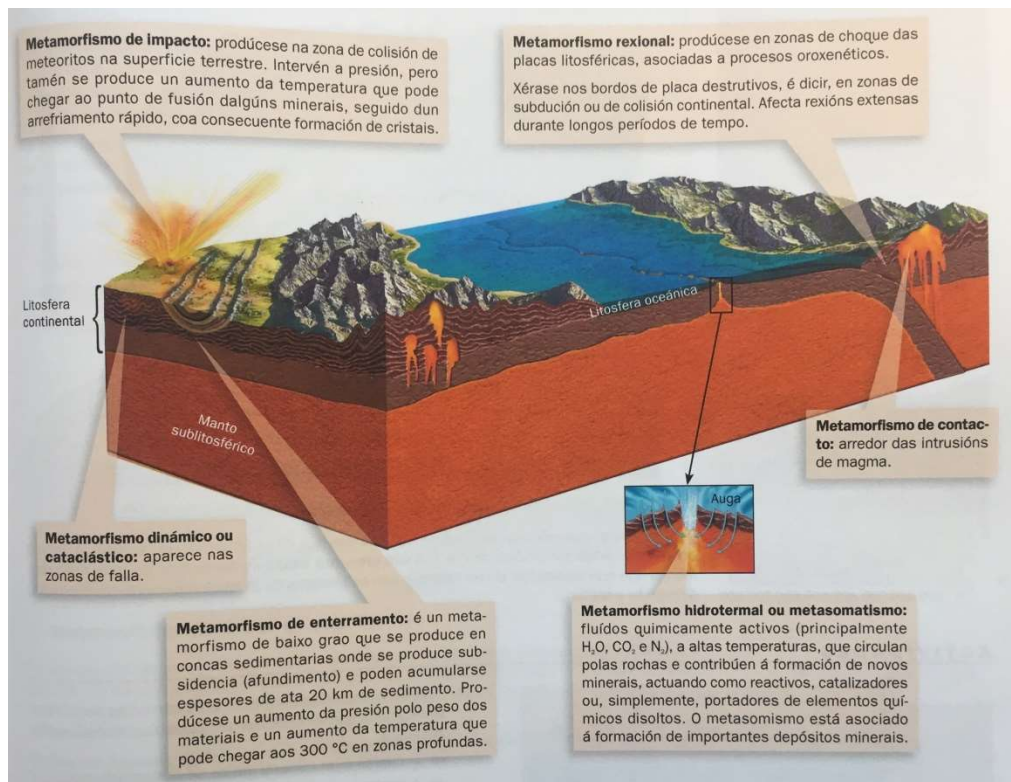
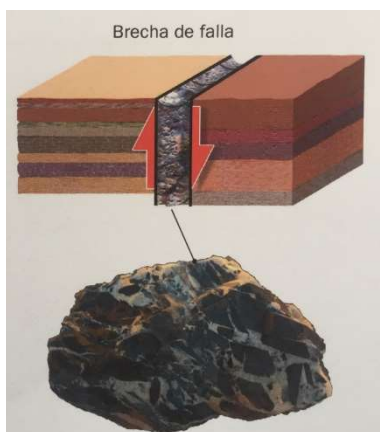


Fig. 3. Tipos de metamorfismo e contexto xeotectónico de cada un deles.

◆ **Metamorfismo de impacto:** prodúcese na zona de colisión de meteoritos coa superficie terrestre. Está provocado por tanto por un incremento de presión moi alto e instantáneo, así como por un ascenso repentino da temperatura, que pode chegar a fundir algúns minerais, seguido dun arrefriamento rápido.

◆ **Metamorfismo de enterramento:** é un metamorfismo de baixo grao producido en conchas sedimentarias onde se acumulan grandes potencias de sedimentos (debido á subsidencia). Prodúcese un aumento de presión debido ó peso dos materiais e un aumento de temperatura relacionado co gradiente xeotérmico que pode chegar ós 300°C.



◆ **Metamorfismo dinámico ou cataclástico.** Prodúcese como consecuencia dun incremento da presión, sen que a temperatura alcance valores importantes. Adoita xerarse en zonas pouco profundas sometidas a presións dirixidas. Fórmanse **brechas de falla**.

Fig. 4. En zonas de falla o rozamento entre os dous bloques produce a ruptura ou cataclase das rochas, debido ás elevadas presións dirixidas (metamorfismo

dinámico).

◆ **Metamorfismo hidrotermal ou metasomatismo:** producido pola circulación a través das rochas de fluídos quimicamente activos e a altas temperaturas, o cal provoca a formación de novos minerais ou á transformación de outros xa existentes. É propio de zonas volcánicas.

◆ **Metamorfismo de contacto ou térmico.** Prodúcese como consecuencia dun incremento da temperatura, sen que a presión alcance valores importantes. O aumento da temperatura está provocado por unha intrusión ígnea, ou emprazamento dunha masa magmática nunha zona. A rocha encaixante, que se atopa na zona de contacto coa masa magmática, cambia polo incremento de temperatura. Este metamorfismo límitase a esta zona de contacto e constitúe o que se denomina **auréola metamórfica**. A intensidade das transformacións redúcese ao distanciarse da intrusión.

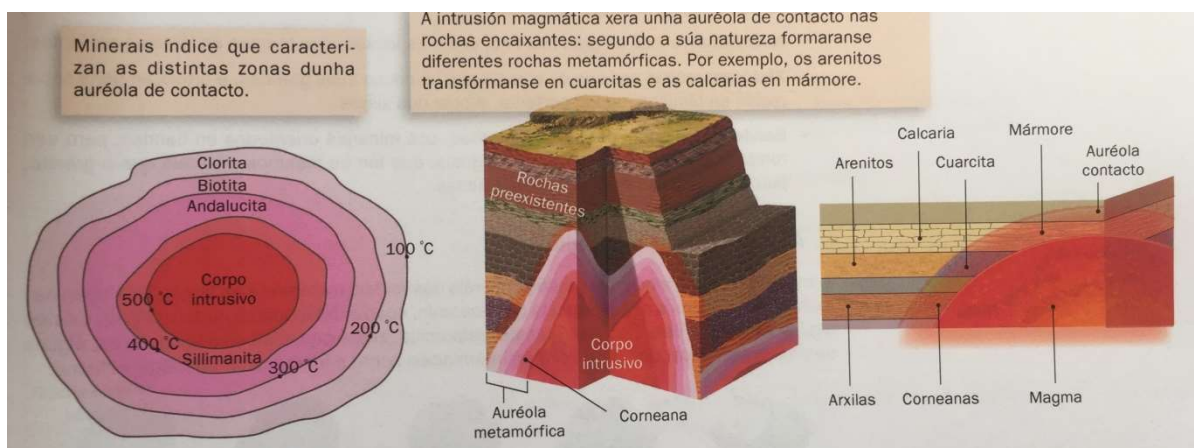


Fig. 5. O metamorfismo de contacto está provocado pola presenza dunha masa magmática a alta temperatura. A súa intensidade dependerá do tamaño da intrusión, da composición do magma e da proximidade das rochas a esa masa magmática.

◆ **Metamorfismo rexional ou termodinámico.** Prodúcese como consecuencia dun incremento simultáneo de presión e temperatura. É o metamorfismo máis frecuente e afecta a amplas zonas da codia continental, xa que está ligado aos procesos oroxénicos que se producen **nos bordos de placas converxentes**. As rochas sofren deformacións cuxa intensidade presenta diferentes graos dependendo dos valores de presión e temperatura acadados. Segundo estes valores establécese unha gradación: de grao baixo, **de grao medio** e de grao alto.

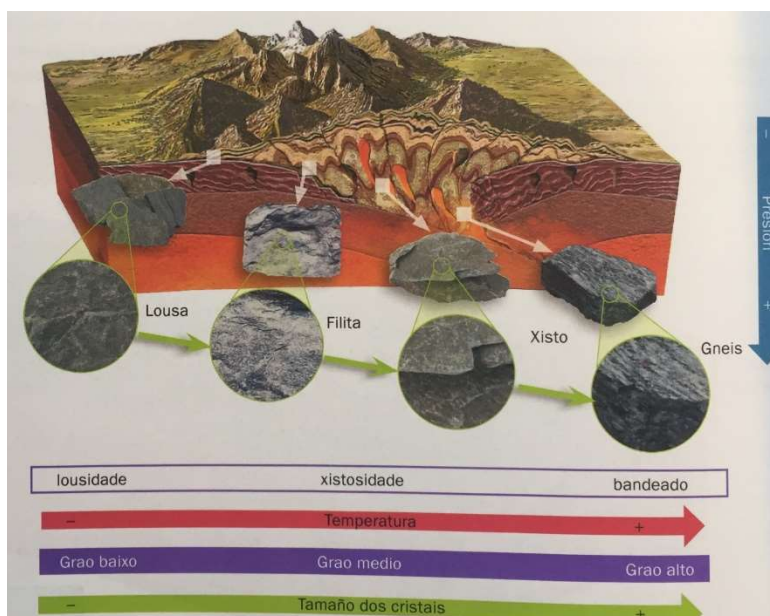


Fig. 6. As condicións de presión e temperatura varían dunhas zonas a outra dun oróxeno de colisión. Deste xeito, se forman diferentes rochas, que ordenadas segundo a intensidade de metamorfismo son: lousas, filitas, xistos e gneises.

Nos procesos metamórficos denomínase **minerais índice** a aqueles minerais que só se forman e permanecen estables en determinadas condicións de presión e temperatura. Deste xeito, a súa presenza indica as condicións concretas nas que se formou a rocha na que se atopan.

3. TEXTURA DAS ROCHAS METAMÓRFICAS.

A textura dunha rocha depende dos minerais que a compoñen e dos procesos polos que se formou. Os cambios ocorridos durante o metamorfismo modifican a textura das rochas, ben porque se formen novos minerais ou porque recrystalizan algúns que xa existían.

Máis frecuentemente, os cambios texturais débense á intervención de presións dirixidas que reorientan os cristais prismáticos ou laminares, dispoñéndoo segundo planos perpendiculares á dirección dos esforzos. Denomínase **foliación** á disposición en láminas que caracteriza moitas rochas metamórficas.

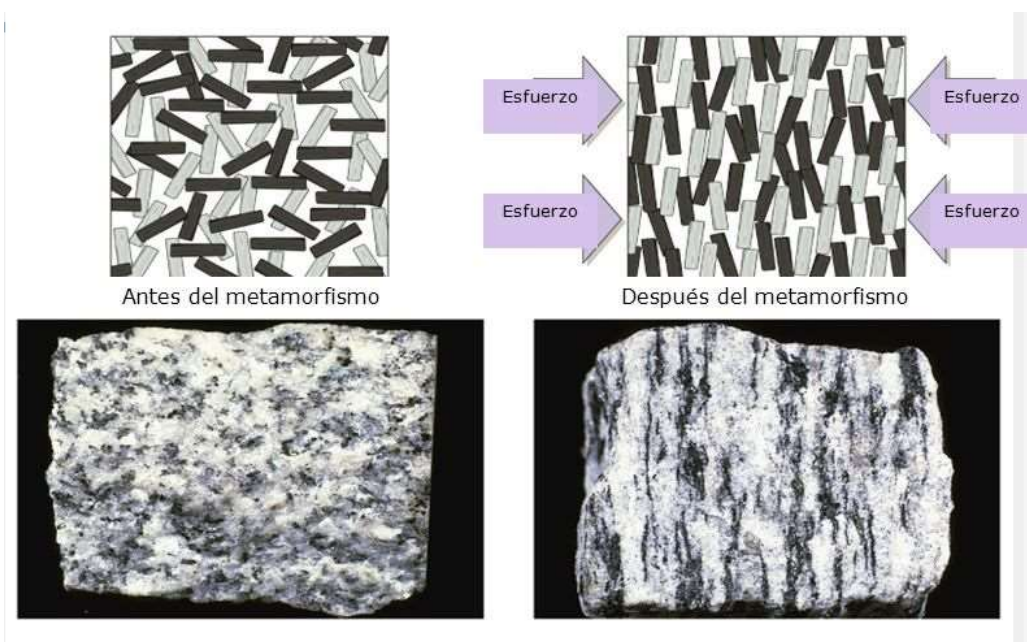


Fig. 7. Reorientación de cristais debido ás presións dirixidas nun proceso de metamorfismo. Un granito (esquerda) pode transformarse nun gneis (dereita). Prodúcese un cambio de textura: dunha inicial sen orientación a outra foliada.

As texturas básicas das rochas metamórficas establécense en función do tamaño, a forma e, moi especialmente, da orientación preferencial que poidan presentar os cristais. Así, distínguense **texturas con foliación** e **sen foliación**.

- ◆ As **texturas con foliación** son aquelas nas que as rochas presentan unha disposición en láminas. Segundo o tipo de foliación e o tamaño dos cristais, diferéncianse tres texturas básicas:
 - **Louseña.** A rocha presenta unha laminación plana con cristais moi pequenos, non diferenciábles a simple vista.
 - **Xistosa.** A foliación é máis ondulada ca na louseña e os cristais pódense recoñecer a simple vista.
 - **Gneísica (bandeada).** Presenta cristais grandes que se distribúen en bandas alternativas de micas e cuarzo ou feldespatos.

FOLIACIÓN



FOLIACIÓN PIZARROSA



FOLIACIÓN ESQUISTOSA



FOLIACIÓN GNEÍSICA

Fig. 8. Diferentes texturas foliadas.

- ◆ As **texturas sen foliación** están presentes nas rochas que non conteñen minerais laminares ou alongados e, polo tanto, non presentan disposición en láminas. A textura non foliada máis frecuente é a **granoblástica**, caracterizada porque os **cristais son equidimensionais** e forman un mosaico de grans.

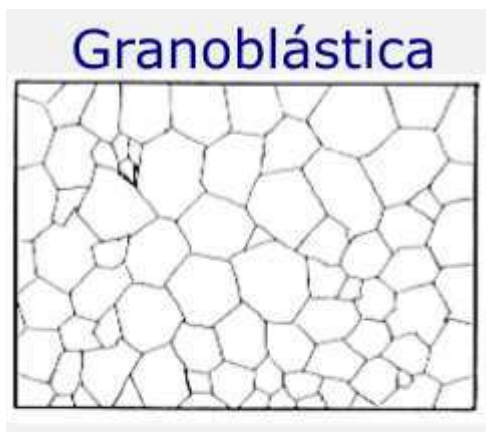


Fig. 9. Textura granoblástica é característica de rochas coma as cuarcitas (dereita) ou o mármore.

4. CLASIFICACIÓN DAS ROCHAS METAMÓRFICAS.

As rochas metamórficas poden clasificarse atendendo ao tipo de metamorfismo que as orixinou. Non obstante, posto que a maioría delas se formou por procesos de metamorfismo rexional o habitual é clasificalas en función da súa textura. Así, diferéncianse dous grandes grupos de rochas metamórficas:

◆ Rochas con foliación:

- ❖ **Lousa.** É unha rocha de gran moi fino de cor xeralmente opaca, azul escura ou negra. Foliación en láminas finas e paralelas que son facilmente separables.
- ❖ **Xisto.** É unha rocha de gran medio ou groso observable a simple vista. Foliación ondulada e irregular.
- ❖ **Gneis.** Rocha de gran groso e os minerais preséntanse en bandas claras (cuarzo e feldespato) e escuras (micas e anfíbolos). Non se divide en láminas coa facilidade das rochas anteriores.



Fig. 9. De esquerda a dereita: lousa, xisto e gneis..

◆ **Rochas sen foliación:**

- ❖ **Mármore.** Cor variable e aspecto semellante á cuarcita. Con textura granoblástica, reacciona co HCl.
- ❖ **Cuarcita.** Cor variable, a miúdo rubia. Con textura granoblástica, non reacciona co HCl.



Fig. 10. Dúas mostras de mármore: unha sen pulir (esquerda) e outra pulida (dereita), tal e como se comercializa para construción.

Ademais, as rochas metamórficas tamén se clasifican en función da rocha da que proveñen (**protólito**). Así, diferéncianse:

- As rochas da **serie sedimentaria** que proceden da transformación dunha **arxila**. As rochas que compoñen esta serie, ordenadas dende un grao de metamorfismo baixo ata un alto, son: lousas, xistos e gneises,
- As rochas da **serie ígnea básica**. Fórmanse a partir do metamorfismo rexional de grao medio-alto e alto de rochas ígneas básicas, como basaltos ou gabros. Entre elas están anfibolitas, ecloxitas e granulitas.
- As rochas da **serie sedimentaria areosa**. Fórmanse a partir da transformación de areíscas ricas en cuarzo, en metamorfismo de contacto ou rexional. As rochas resultantes son as cuarcitas.
- As **rochas da serie carbonatada**. Fórmanse a partir do metamorfismo de contacto ou rexional de calcarias e dolomías. As rochas resultantes son os mármore.