

ALTERACIÓN, DURABILIDAD Y CONSERVACIÓN DE MATERIALES ROCOSOS

Tema 1. CONCEPTOS GENERALES

1.2. Alteración y meteorización de rocas



ALTERACIÓN Y METEORIZACIÓN

- Alteración [Alteration]: cambio de características / estado
- Degradación = Deterioro [Decay]: alteración perjudicial
- Meteorización [Weathering]: alteración por intemperie
 - Erosión [Erosion]: : movilización / pérdida de materia
- Alterabilidad: susceptibilidad a la alteración
 - Durabilidad [Durability]: resistencia a la alteración
- Alterología: estudio de la alteración

ALTERACIÓN Y METEORIZACIÓN

ALTERACIÓN

Modificación de las características de los materiales, de su composición o de sus propiedades, normalmente por exposición al ambiente. Es consecuencia de la interacción material-ambiente.

Cambio en el estado, sea beneficioso o no, y sea intencional o no. Estado: estado físico de un bien en un momento determinado (*Conservación del patrimonio cultural, UNE-EN 15898:2011*).

- * Término más general, genérico, aplicado a distintos materiales y objetos a diferentes escalas.
- * Normalmente tiene lugar a corto plazo, en el pasado reciente, para un tiempo histórico (por ejemplo afecta a los materiales en obras de construcción).
- * Con frecuencia se considera ambiente superficial meteórico o atmosférico, aunque también se habla de “alteración hidrotermal” o de otros tipos de alteración. La alteración de los materiales con frecuencia está relacionada con actuaciones humanas (obras de ingeniería) desarrolladas en ambiente superficial meteórico.
- * En principio, en su aceptación esencial, no supone una degradación de los materiales.

DETERIORO = DEGRADACIÓN

Alteración de los materiales perjudicial respecto a su conservación, es decir respecto al mantenimiento de sus características, propiedades, calidad y valor en el tiempo.

Deterioro: Cambio progresivo del estado que reduce el interés patrimonial o la estabilidad (*Conservación del patrimonio cultural, UNE-EN 15898:2011*).

ALTERACIÓN Y METEORIZACIÓN

METEORIZACIÓN

Alteración natural de los materiales rocosos por agentes atmosféricos, que conlleva procesos físicos de disgregación y químicos de descomposición.

Desintegración y descomposición de rocas y minerales en la superficie terrestre como resultado de procesos físicos, químicos y biológicos.

Alteración debida a una exposición al ambiente exterior (*Conservación del patrimonio cultural, UNE-EN 15898:2011*).

- * Término más específico, aplicado normalmente a las rocas en la naturaleza, a escala de campo, a macizos rocosos o masas rocosas.
- * Normalmente tiene lugar a largo plazo, en periodos de tiempo geológico.
- * Siempre en ambiente natural, superficial meteórico, por agentes atmosféricos.
- * Supone una degradación de las rocas: pérdida de compacidad y de coherencia.

EROSIÓN

Acción: Movilización y primer transporte de material. Incluye distintos procesos: físicos, químicos o biológico que conducen a la pérdida de material. Afecta sobre todo al material previamente meteorizado (poco coherente).

Efecto: Pérdida de material, desgaste la superficie de un material por fricción continua o violenta, debida a un agente externo, mayoritariamente de tipo atmosférico.

- * A gran escala, actuando sobre macizos rocosos, da lugar a las distintas formas del relieve terrestre.
- * A pequeña escala, cuando actúa sobre rocas (roca matriz), genera distintas formas de alteración.

ALTERACIÓN Y METEORIZACIÓN

ALTERABILIDAD (= METEORABILIDAD)

Susceptibilidad o tendencia de un material a alterarse,

- * Generalmente se considera a corto plazo: futuro próximo, tiempo histórico.
- * Alterabilidad se aplica sobre todo a los materiales.
- * Meteorabilidad es un término menos utilizado y más propio de los macizos rocosos.

DURABILIDAD (concepto inverso al de alterabilidad)

Resistencia de un material a alterarse. Capacidad de mantener en el tiempo de sus características.

Capacidad para resistir los efectos de desgaste en situaciones de funcionamiento (*Conservación del patrimonio cultural, UNE-EN 15898:2011*).

- * Igualmente se considera a corto plazo: futuro próximo, tiempo histórico.
- * Se aplica esencialmente a los materiales.

ALTEROLOGÍA

Estudio de los fenómenos de alteración de los materiales, que incluye sus efectos: lesiones o formas de alteración presentadas, así como sus causas: los factores o agentes alteración que intervienen (tanto los propios del material, como los debidos al ambiente) y los procesos o mecanismos que tienen lugar.

ALTERACIÓN Y METEORIZACIÓN

Denominación de los daños: términos generales

Español	Inglés	Francés	Italiano
Alteración	Alteration	Altération	Alterazione
Alteración diferencial	Differential alteration	Altération différentielle	Degradazione differenziale
Meteorización	Weathering	Altération météorique	Meteorizzazione
Meteorización diferencial	Differential weathering	Altération météorique différentielle	Meteorizzazione differenziale
Deterioro = Degradación	Degradation	Dégradation	Degradazione
Deterioro	Decay = Deterioration	Dégradation	Deterioramento
Biodeterioro = Bioalteración	Biodeterioration	Biodégradation	Biodegradazione
Desintegración = Alteración física	Physical alteration	Désintégration	Disintegrazione
Descomposición = Alteración química	Decomposition = Chemical alteration	Décomposition	Decomposizione
Daño = Lesión	Damage	Damage	Danno = Lesione
Indicador de deterioro	Decay indicator	Indicateur de dégradation	Indicatore di deterioramento
Forma de alteración	Deterioration pattern	Figures d'altération	Forma d'alterazione
Producto de alteración	Alteration product	Produit d'altération	Prodotto d'alterazione

Basada en ICOMOS-ISCS, Illustrated glossary on stone deterioration patterns, Paris, 2008-2011



ESCALAS DE ESTUDIO

MEGA ⇒ MESO:

Meteorización de macizos rocosos

⇒ Meteorización de masas rocosas, formaciones

Alteración de conjuntos contruidos, sitios monumentales

⇒ Alteración de una construcción, edificio

MACRO ⇒ MICRO:

Alteración de la roca matriz, bloques, muestras de mano

⇒ Alteración de sus componentes petrográficos

Alteración de los materiales rocosos, sillares, losetas

⇒ Alteración de sus componentes petrográficos

Meteorización de macizos rocosos

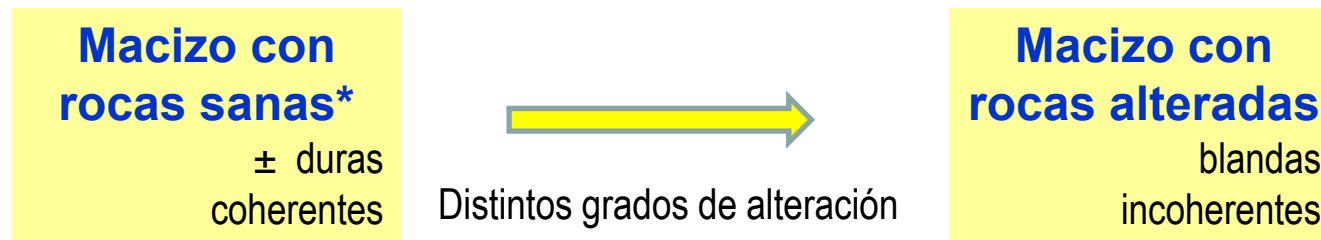
materiales “in situ”, en el terreno

Proceso desarrollado a largo plazo sobre el conjunto de rocas cuando están “in situ”, en el terreno, formando parte de macizos rocosos.

En las obras de ingeniería, en construcciones (cimentaciones, taludes, túneles, presas...), lo que importa es el comportamiento del macizo rocoso, del cual la roca matriz sólo es una parte.

Macizo rocoso: conjunto de roca matriz y discontinuidades

- Roca matriz: material rocoso sin discontinuidades o bloque de roca entre discontinuidades
- Discontinuidades: planos en un macizo rocoso con resistencia a la tracción nula o muy baja



- Roca dura, coherente → en su comportamiento importan más las discontinuidades
- Roca blanda, alterada → en su comportamiento importa más la roca matriz

***Roca sana = Roca fresca = Roca intacta**

Meteorización de macizos rocosos

- El término **roca intacta** denomina la roca original o de partida en un macizo rocoso (previa a cualquier intervención). De acuerdo con la relación entre los procesos de meteorización y los de erosión y transporte del material, la roca original puede estar sana o encontrarse más o menos alterada.
- Los **materiales meteorizados** están en el tránsito roca a suelo y entre ellos se incluyen las rocas blandas o débiles, aunque no todas las rocas blandas son productos de meteorización. En general, las rocas blandas pueden tener dos orígenes:
 - **Falta de litificación**. Es el caso de rocas sedimentarias que no han alcanzado el grado de consolidación necesario y, por tanto, nunca han sido rocas resistentes, como las margas, lutitas, o ciertas calizas y areniscas.
 - **Alteración de rocas inicialmente duras y resistentes**. La alteración puede estar ligada a distintas causas: a) meteorización: resultado de distintos procesos físicos y químicos; b) deformación tectónica: resultado de procesos de cizalla, los cuales llevan asociados una fracturación natural. La alteración también puede deberse a una fracturación mecánica artificial, por ejemplo en terrenos afectados por obras (voladuras, rellenos...).

Meteorización de macizos rocosos

- Clasificación del grado de meteorización de un macizo rocoso (ISRM,1981; UNE-ENV 1997-3)**

Clase	Término	Descripción
I	Fresco	No aparecen signos visibles de meteorización, tal vez ligera decoloración en las grandes superficies de discontinuidad.
II	Ligeramente meteorizado	Todo el conjunto rocoso está decolorado por meteorización. La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad.
III	Moderadamente meteorizado	Menos de la mitad del macizo aparece descompuesto o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece de forma continua o como núcleos aislados.
IV	Altamente meteorizado	Más de la mitad del macizo aparece descompuesto o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece de forma discontinua o como núcleos aislados.
V	Completamente meteorizado	Todo el macizo aparece descompuesto o transformado en suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso.
VI	Suelo residual	Todo el material rocoso se ha transformado en suelo. Se ha destruido la estructura del macizo rocoso y la fábrica del material. Existe cambio de volumen pero el suelo no se ha transportado significativamente.

- Grado de meteorización de la matriz rocosa (ISRM, BS 5930:1981)**

Término	Descripción
FRESCA	No se observan signos de meteorización en la matriz rocosa.
DECOLORADA	Se observan cambios en el color original de la roca debidos a meteorización. Indicar el grado de cambio y si dicho cambio se limita a uno o varios minerales.
DESINTEGRADA*	Roca meteorizada a suelo, conservándose la fábrica original. Los granos minerales están sin alterar, pero la roca es friable.
DESCOMPUESTA*	Roca meteorizada a suelo, conservándose la fábrica original. Algunos o todos los granos minerales están descompuestos.

*Admiten grados: ligeramente (<10%), moderadamente (<35%), altamente (<75%), extremadamente (>75%)



Meteorización de macizos rocosos

Material alterado, términos utilizados en Geomorfología (G), Edafología (E) e Ingeniería Geológica (IG):

- **Alterita (G):** Formación superficial formada por procesos de meteorización (generalmente químicos). Puede presentar diversos grados de transformación y de removilización. Puede ser autóctona, alóctona o residual (ésta cuando sólo conserva los componentes más resistentes).
- **Saprolito (G, IG):** Alterita autóctona compuesta por material original transformado. Suelo residual “in situ” que conserva la estructura de la roca pero con la consistencia de un suelo.
- **Regolito (G):** Alterita afectada por otros procesos: adafización, removilización y sedimentación. Puede ser autóctono, para-autóctono o alóctono.
- **Suelo (G, E):** Formación superficial formada por procesos de meteorización que se presenta organizada en profundidad en horizontes. Producto de meteorización transformado y estructurado.
- **Suelo (IG):** Agregado natural de partículas minerales granulares y cohesivas, separables por medios mecánicos de baja energía o por agitación mecánica. Material fácil de disgregar. Material no homogéneo resultado de los procesos de alteración desarrollados sobre las rocas. Su significado es más amplio: incluye todos los tipos de suelos: edáficos (estructurados), residuales (“in situ”) y sedimentarios (transportados).

Alteración de materiales rocosos

materiales utilizados en construcción

Proceso desarrollado normalmente a más corto plazo sobre las propias rocas, cuando se utilizan como materiales en obras de ingeniería o de arquitectura (rellenos, áridos, roca ornamental, piedra natural...).

También se aplica a las rocas in situ durante o poco después de realizar obras en su entorno, cuando presentan problemas de degradación a corto plazo, consecuencia de su exposición a la intemperie.

Roca (G): *agregado* natural de **minerales** abundante en la corteza terrestre.

Roca (IG): *agregado* natural de partículas **minerales**, con fuerte unión cohesiva permanente.

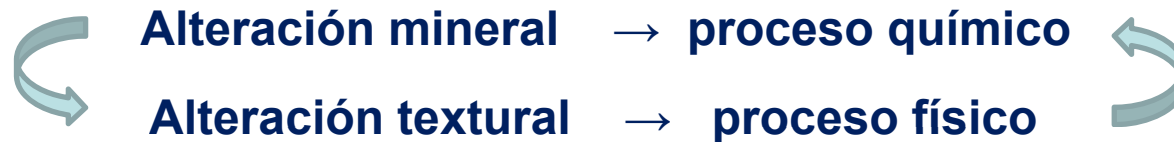
Se caracteriza por sus **minerales** (composición) y su modo de **agregación** (textura)



Grado de alteración $\Leftrightarrow$ Comportamiento

El *grado de alteración* tiene gran influencia en las propiedades de las rocas (porosidad, absorción de agua, permeabilidad, resistencia, deformabilidad...) y por tanto en su calidad como materiales.

Alteración de materiales rocosos



La alteración de las rocas puede ser consecuencia de la alteración química de sus componentes minerales o de la modificación de sus características texturales. Normalmente ambos hechos están ligados.

- **La alteración mineral** es un proceso químico que implica reacciones de equilibrio en medios fluidos, debido a que la materia tiende a estar en equilibrio químico, y éste depende de la presión y temperatura del ambiente en el que se encuentran. Como resultado se forman nuevos minerales: los feldespatos pasan a arcillas, los anfíboles se alteran a arcillas y limonita, los olivinos a hematites...
- **La alteración textural** es esencialmente un proceso físico relacionado con la fracturación y el incremento de la porosidad. Afecta sobre todo al sistema poroso de la roca, con la creación y el crecimiento de espacios vacíos, donde se incluyen poros y fisuras.

Alteración de materiales rocosos

- **Proceso natural:** cambio de las roca con el ambiente
- **Origen:** ambiente de formación $\neq$ ambiente actual de exposición

La alteración de las rocas puede verse como la adaptación de los materiales al cambio de ambiente. Por tanto, para abordar su estudio interesa conocer:

- *Las características de las rocas:* resultado de su génesis. Las rocas endógenas se forman elevada presión y temperatura, cristalizan o recrystalizan, dando lugar a materiales coherentes y compactos. Las rocas sedimentarias se forman a más baja presión y temperatura, durante la diagénesis compactan o cementan, en general son materiales más blandos y porosos.
- *El ambiente al que está expuestas las rocas:* donde se producen interacciones entre atmósfera, hidrosfera, biosfera y litosfera. En concreto las condiciones físicas y químicas del ambiente, determinadas por presión, temperatura y fluidos presentes (O_2 , H_2O , CO_2 , SO_2 ...).

Al aumentar el desequilibrio entre el ambiente de formación y el ambiente actual de exposición aumenta la alterabilidad de las rocas. No obstante, pueden mantenerse durante más o menos tiempo en estado metaestable, sin manifestar alteración.

⇒ **Estudio complejo:** múltiples variables

ANÁLISIS DE LA ALTERACIÓN

El análisis de la alteración de los materiales pétreos distingue entre las “causas” que originan el deterioro y los “efectos” presentados en las rocas.

El objetivo del análisis es establecer la relación causa-efecto:

⇒ **DIAGNÓSTICO DE LESIONES**

Causas: Diferenciar los “factores o agentes” que pueden intervenir y los “procesos o mecanismos” desarrollados

- ▶ **Factores internos, agentes externos, factores de obra**
→ responden a *porqué* se alteran las rocas
- ▶ **Procesos físicos, químicos y biológicos**
→ responden a *cómo* se alteran las rocas

-- Las causas no se observan, son resultado de elaboración teórica ⇒ **deducir**

Efectos: Son el resultado de los procesos y se conocen como “lesiones o daños”

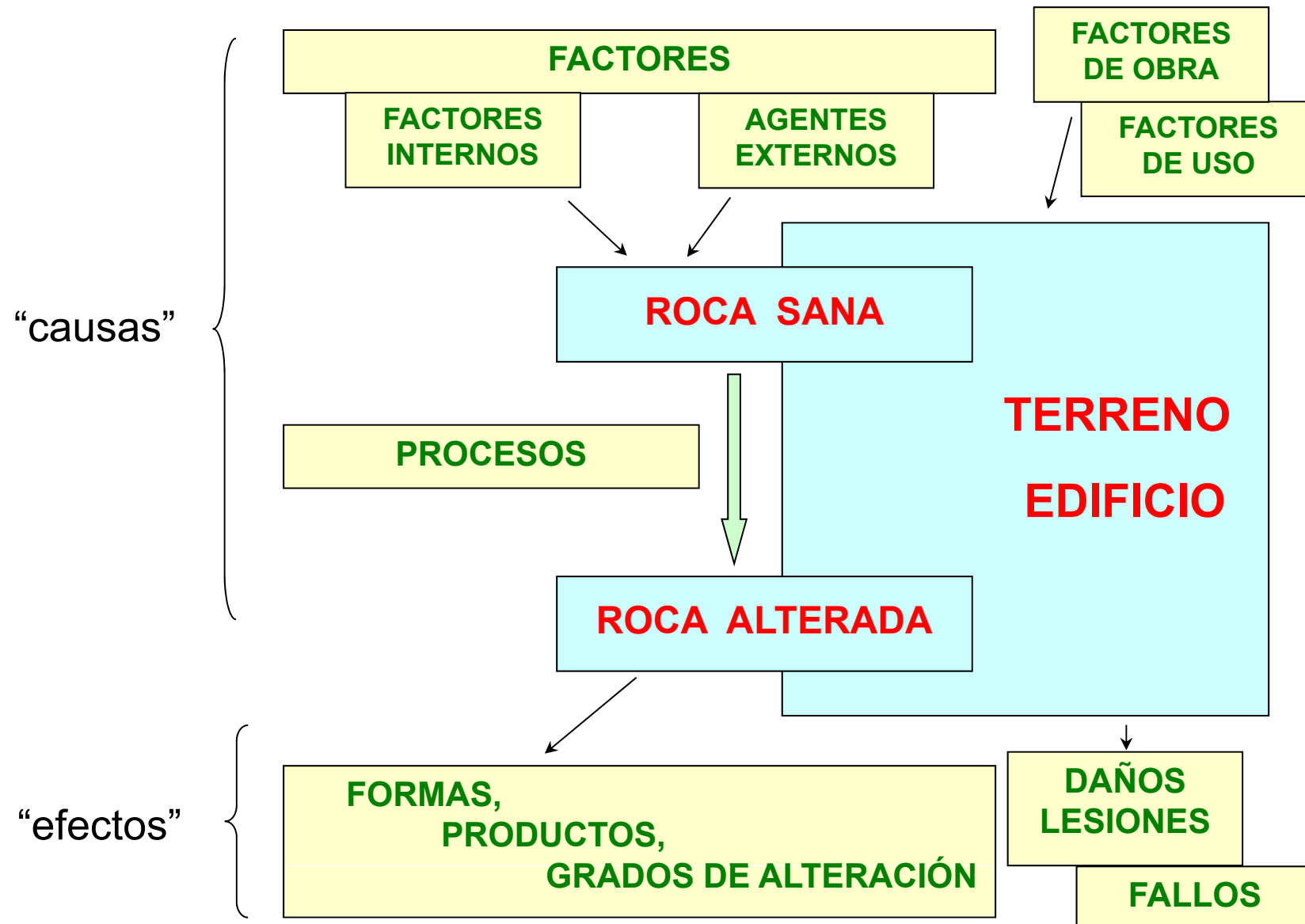
- ▶ **Formas, productos y grados de alteración**

-- Los efectos podemos verlos directamente y examinarlos ⇒ **observar, analizar**

▶ Alonso F.J. et al. (2006). *Análisis del deterioro de los materiales pétreos de edificación*. ReCoPaR (rev. electrónica) 3, 23-32.



ANÁLISIS DE LA ALTERACIÓN



ANÁLISIS DE LA ALTERACIÓN

FACTORES INTERNOS

- ⇒ *relativos a la naturaleza de los materiales*
- ⇒ *insuficiencias por baja calidad, defectos*
- ⇒ *pasivos frente a los agentes externos*

▪ PETROGRAFÍA

- Composición
- Textura / Espacios vacíos

▪ PROPIEDADES

- Químicas
- Físicas

ANÁLISIS DE LA ALTERACIÓN

FACTORES EXTERNOS

- ⇒ *relativos a las actuaciones del ambiente*
- ⇒ *agresiones, uso abusivo o inadecuado*
- ⇒ *activos frente a los factores internos*

■ CLIMA / MICROCLIMA

- precipitación: lluvia, nieve...
- humedad relativa
- temperatura: insolación
- presión: viento...

⇒ sufren cambios

⇒ importan las variaciones

■ CONTAMINACIÓN

- aire: gases, partículas, COV...
- lluvia ácida, aerosoles salinos
- suelo: sales solubles...

⇒ se acumulan

⇒ importa la concentración

■ COLONIZACIÓN BIOLÓGICA



INTERÉS DE SU ESTUDIO

Aspectos positivos:

- Proceso esencial en la dinámica terrestre: los procesos externos, junto con los internos, hacen de la Tierra un planeta vivo y dinámico.
 - Erosión > Meteorización → Modelado terrestre: formas del paisaje
 - Meteorización > Erosión → Formación de suelos: vegetación, agricultura

Aspectos negativos:

- Afecta a la duración de las construcciones: las rocas cuando se utilizan en obras de ingeniería o de arquitectura se exponen a un nuevo ambiente.
 - A los macizos rocosos: cimentaciones, asentamientos, deslizamientos...
 - A los materiales pétreos: rocas ornamentales, cerámicos, morteros...

⇒ **PROCESO NATURAL, LENTO, CONTINUO E IRREVERSIBLE**