

IAPH
educa



Patrimonio de piedra

guía didáctica

Colabora:



Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico
CONSEJERÍA DE CULTURA



Material didáctico financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología - Ministerio de Economía y Competitividad

Edita: INSTITUTO ANDALUZ DEL PATRIMONIO HISTÓRICO

Dirección: Román Fernández-Baca Casares

Coordinación: Carlos Alonso Villalobos y M^a Luisa Loza Azuaga

Equipo técnico: Jesús Espinosa Gaitán, Auxiliadora Gómez Morón, Victor Menguiano Chaparro, Lourdes Martín García.

Colaboradores: Rocío Ortiz Calderón, Pilar Ortiz Calderón, José María Martín Ramírez (Universidad Pablo de Olavides, Sevilla).

Textos: Mili Jiménez Melero

Diseño y Maquetación: Mili Jiménez Melero y Francisco Salado Fernández

Fotos: Fondo gráfico del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, autores y colaboradores.

Gráficos: flaticon.com

Los contenidos de esta publicación están sujetos a Licencia Creative Commons



Este documento está disponible gratuitamente, en formato pdf, en la sección didáctica del portal web del IAPH <http://www.iaph.es/web/canales/didactica> con el fin de facilitar su acceso a la comunidad educativa.

Síguenos en:

 [facebook.com/patrimoniolAPH](https://www.facebook.com/patrimoniolAPH)

Contacto:

culturacientifica.iaph@juntadeandalucia.es

Patrimonio de piedra

guía didáctica



Índice

PATRIMONIO DE PIEDRA

guía didáctica

| | |
|----------------------------------|-----------|
| 1. PRESENTACIÓN | 5 |
| ¿por qué este proyecto? | 6 |
| ¿a quién va dirigido? | 7 |
| ¿cuál es la metodología? | 8 |
| 2. GUÍA DIDÁCTICA | 9 |
| ¿quién soy? | 10 |
| ¿cómo me formé? | 12 |
| ¿por qué me deterioro? | 15 |
| ¿cómo me deterioro? | 20 |
| ¿en qué lo notas? | 21 |
| ¿cómo me estudian? | 23 |
| 3. ACTIVIDADES DIDÁCTICAS | 26 |
| Actividad 1 | 27 |
| Actividad 2 | 30 |
| Actividad 3 | 32 |
| Criterios de evaluación | 34 |



1. PRESENTACIÓN

1. PRESENTACIÓN

El material didáctico Patrimonio en piedra ha sido diseñado por el Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico (IAPH) al objeto de acercar a la comunidad educativa el problema de la conservación de los materiales pétreos en los edificios y monumentos históricos, así como las disciplinas científicas relacionadas con su estudio. Nace del proyecto **Elaboración de materiales didácticos: Las ciencias del patrimonio cultural**, una iniciativa financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación, a través de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, y el Programa de Cultura Científica y de la Innovación 2015.

¿POR QUÉ ESTE PROYECTO?

La ejecución de este proyecto surge del deseo del IAPH por generar recursos educativos que sirvan a los docentes para enseñar el patrimonio histórico en sus diferentes tipologías y las disciplinas científicas que se encargan de su estudio y conservación. Para ello, se ha diseñado el material didáctico "**Patrimonio en piedra**" con el que se pretende alcanzar los siguientes

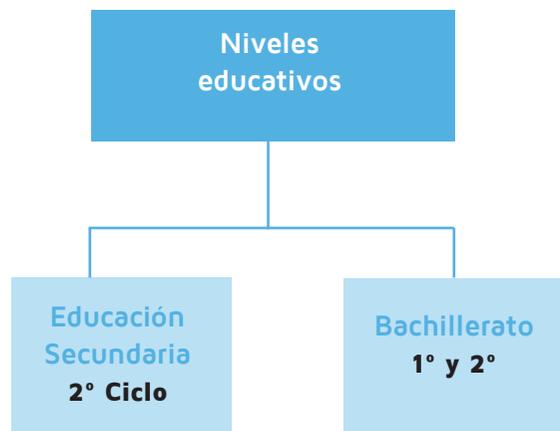
OBJETIVOS

- **Mostrar** la metodología de estudio de los factores, indicadores y procesos de alteración de los materiales pétreos en los edificios y monumentos de nuestro Patrimonio.
- **Despertar** el interés por la investigación científica y sus salidas profesionales.
- **Fomentar** una actitud de respeto y preservación por el patrimonio cultural.

¿A QUIÉN VÁ DIRIGIDO?

NIVELES EDUCATIVOS

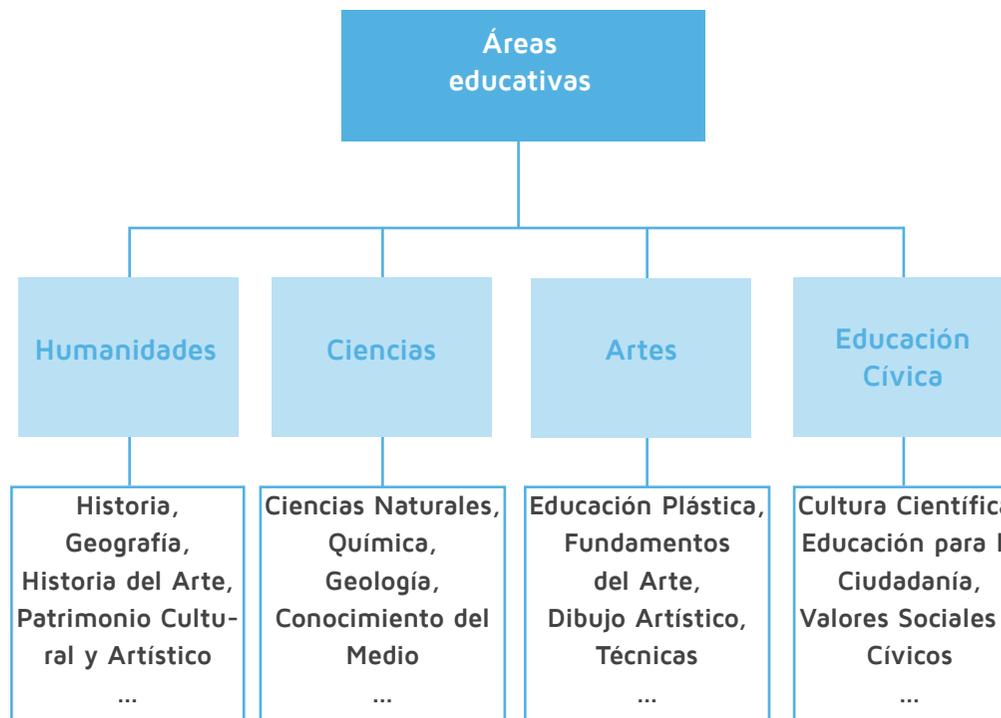
Los destinatarios principales son los estudiantes de **2º ciclo de Educación Secundaria y Bachillerato**.



Igualmente recomendamos su uso como material didáctico en el marco de actividades o proyectos de autoaprendizaje en materia de patrimonio cultural, ya que conocer y valorar el Patrimonio es un objetivo imprescindible en la formación de todos/as.

ÁREAS

Si bien los diseños curriculares difieren entre comunidades autónomas, se pueden establecer una serie de áreas comunes a todas ellas en las que utilizar este material didáctico de manera transversal:





¿CUÁL ES LA METODOLOGÍA?

Este material didáctico ha sido diseñado para que el docente trabaje en el aula la problemática del deterioro que sufre el patrimonio de piedra siguiendo un **método de trabajo activo**, a través del cual los/as alumnos/as participarán y reflexionarán sobre la necesidad de proteger y cuidar este patrimonio.

Para ello, este material didáctico se ha estructurado en:

1. **Guía didáctica**, en la que se introduce al docente los contenidos a trabajar en el aula sobre los procesos, agentes y causas del deterioro del patrimonio elaborado en piedra.
1. **Actividades didácticas**, se propone al docente un total de tres actividades para que, a través de **la experimentación y la investigación**, los alumnos y alumnas comprendan los contenidos y descubran la importancia de actuar en el mantenimiento y conservación del patrimonio de piedra.



2. GUÍA DIDÁCTICA

2. GUÍA DIDÁCTICA

Desde la Prehistoria la piedra ha sido uno de los materiales más utilizados para la construcción de murallas, edificios, acueductos, esculturas, templos, etc.

Sin embargo, aunque la piedra parece que sea un material eterno capaz de resistir peso, lluvia, sol, viento y batallas durante siglos, su vida también es limitada... ahora viene la pregunta trascendental ¿tienen vida las piedras?

La respuesta depende de lo que entendamos por "vida". Si la entendemos en su sentido más estricto, las piedras no respiran, ni se alimentan, ni se reproducen. Por lo que habría que responder que no. Pero si la entendemos como vida útil, al igual que los demás materiales **la piedra también se deteriora con el tiempo**. Pierde su color, su forma, su aspecto, y lo peor, pierden la cualidad por la que la piedra ha sido tan valorada a lo largo de la historia: la consistencia y firmeza que le proporciona a los edificios.

¿QUIÉN SOY? LA PIEDRA

En esta guía se darán a conocer cuáles son **las causas y procesos** que intervienen en la degradación de la piedra, y cuáles son **los indicadores de alteración** que hacen saltar las alarmas para saber cuándo es necesario intervenir sobre un elemento patrimonial en piedra y poder así garantizar su conservación.

No todo patrimonio realizado en piedra se degrada de igual forma. Depende del tipo de roca o minerales que se haya utilizado en su construcción. Pero ¿qué diferencia hay entre piedra, roca y minerales?

Para empezar: tengamos claro los conceptos

Una **roca** es un material muy duro y sólido formado por uno o más **minerales**. Podemos decir que los minerales son los "ingredientes" de la roca. Si lo comparamos con una galleta, la galleta sería la roca, y la harina, el azúcar y la manteca serían los minerales. Por lo tanto, roca y mineral no son lo mismo. Pero ¿y la piedra? ¿se diferencia de la roca o de los minerales?

No, no hay diferencia. Digamos que los geólogos, que son los grandes expertos en este tema, no utilizarían nunca el término piedra, sino rocas o minerales. Pero el resto llamamos **piedra** a cualquier material de origen natural caracterizado por ser muy duro y sólido, ya sea roca o mineral. Una vez que tenemos claro los conceptos, conozcamos más a las rocas, o lo que es lo mismo, a las piedras.

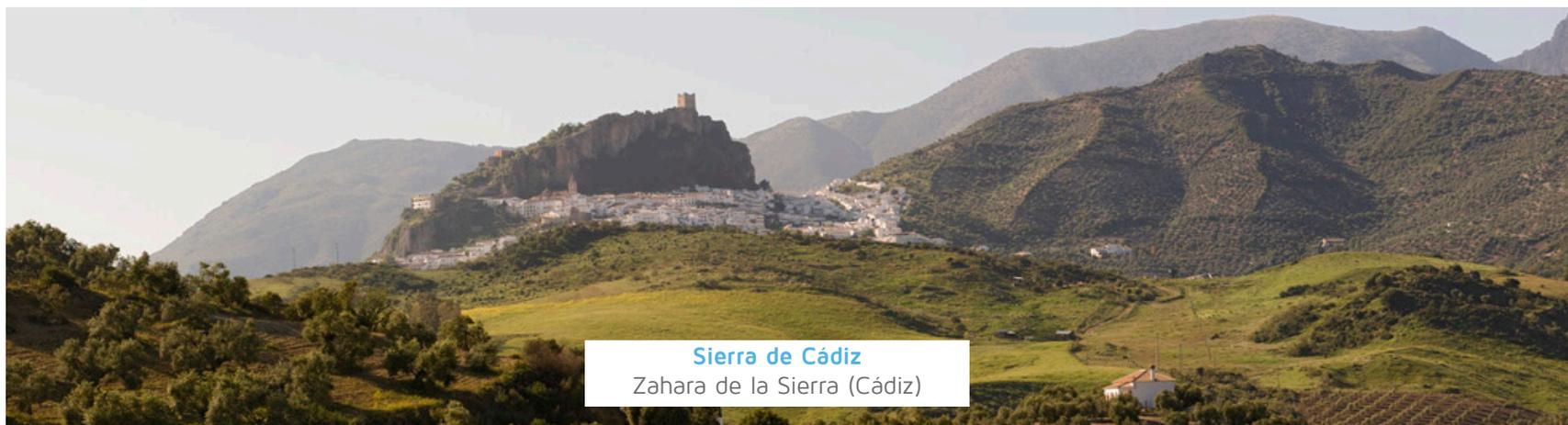
Una larga historia

Si os dijera que gran parte de la Península Ibérica era parte del fondo marino hace 50 millones de años ¿lo creeríais? ¿Y que hace tan sólo 20.000 años el nivel del mar estuvo 120 metros por debajo del actual?

Estas subidas y bajadas del mar, generadas a consecuencia de la alternancia entre periodos fríos (glaciaciares) y cálidos (interglaciarios) y los efectos de elevación de capas de la tierra (plegamiento alpino) a consecuencia del movimiento de las placas tectónicas, provocaron que la Península Ibérica tenga una **historia geológica** fascinante. Si la vida de una persona de 90 años nos parece larga, comparándola con la de nuestras piedras ¡es tremendamente corta!

¿Cuántas cosas puedes llegar a ver en un año? Pues imagínate todo lo que ha podido ver Sierra Morena en 600 millones de años. Ha visto pasar delfines y ballenas por lo que hoy es Córdoba. Ha visto nacer el Guadalquivir y el Mar Mediterráneo. Ha visto cómo, hace unos 6 millones de años, el Mediterráneo se convertía en un inmenso desierto, y un millón de años después volvía a llenarse de agua gracias a la inundación más grande de la Historia de la Tierra. Cada año ve como África se acerca 2 cm a Andalucía. No os extrañéis, pero la cordillera del Atlas y Sierra Morena terminarán dándose la mano ¡Aún les queda mucho por vivir!

Pero no vayas a creer que les espera una vida intensa y divertida. Todo lo contrario. **La formación de la piedra es un proceso lento.** Algunas pueden crecer aproximadamente ¡1 milímetro cada millón de años!... (las uñas de tus dedos crecen a ese ritmo cada semana). Otras, son algo más rápidas, y dependiendo de cómo se hayan formado, tendrán un color, una textura y una estructura diferente. Conozcamos los diferentes tipos de piedras y su uso en el patrimonio.



Sierra de Cádiz
Zahara de la Sierra (Cádiz)

¿CÓMO ME FORMÉ?

TIPOS DE ROCA

Para clasificarlas los geólogos han tenido en cuenta muchos factores, casi todos relacionados con su composición física o química: los minerales que la forman, su textura, dureza, color, permeabilidad, etc. Al final decidieron clasificarlas atendiendo a su proceso de formación, estableciendo tres grandes grupos:

1. Rocas sedimentarias

¿Cómo se forman?

El viento, la lluvia o el hielo tienen la capacidad de arrastrar la tierra y con ella sales, minerales y restos de animales (conchas, dientes, etc.) que se van sedimentando capa tras capa en los valles y zonas bajas. Tras un largo periodo de tiempo, estas capas, conocidas como estratos, se van endureciendo hasta convertirse en una roca sedimentaria.

Propiedades

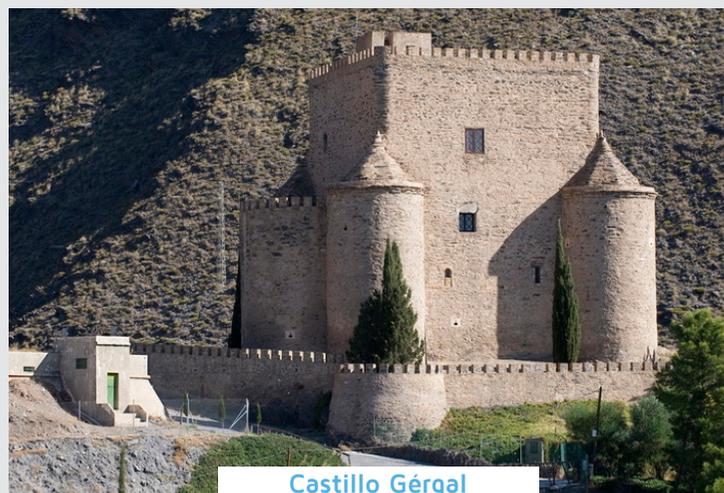
Suelen ser rocas muy porosas. Esto permite, por un lado, que no sean muy pesadas, y por otro, que sean blandas, ya que el agua fluye fácilmente en su interior. A este grupo pertenecen las areniscas, calcarenitas y las calizas.

Uso preferencial en el patrimonio

Al ser rocas blandas son fáciles de trabajar, y al no ser muy pesadas son fáciles de transportar. Estas dos cualidades, unidas a que están presentes en un 75% de la corteza terrestre, las ha convertido históricamente en las rocas preferidas para construir. Murallas, puentes, acueductos, castillos, iglesias y catedrales se han levantado con sillares fabricados en este tipo de roca.



Murallas del Cerro de San Cristóbal
Almería



Castillo Gérgal
Almería

2. Rocas ígneas

¿Cómo se forman?

Se originan cuando se enfría y solidifica la lava o magma que sale de los volcanes. Comúnmente las conocemos como rocas volcánicas.

Propiedades

Al contrario que las rocas sedimentarias, las rocas ígneas son poco porosas. Esto permite que sean rocas duras y pesadas, y que resistan mejor el desgaste y la erosión. Además, al ser tan compacta, su superficie puede ser pulida para que brille.

Destaca el granito, por ser la más común. Otras rocas ígneas son el basalto, el gabro y la diorita, entre otras.

Uso preferencial en el patrimonio

En estas rocas se han valorado más sus posibilidades de ornamentación por dos motivos: por una parte, porque al ser tan duras y pesadas no facilitan el trabajo para su uso en la construcción, y por otra parte, por la belleza que presentan cuando se pulen.

Las veremos embelleciendo las zonas nobles de los edificios (fachadas, pórticos, etc.), monumentos, columnas, etc.

No obstante, en aquellas zonas en las que no abundan otro tipo de rocas, se han utilizado también para levantar muros y otras construcciones.



Mulva
Villanueva del Río y Minas (Sevilla)

3. Rocas metamórficas

¿Cómo se forman?

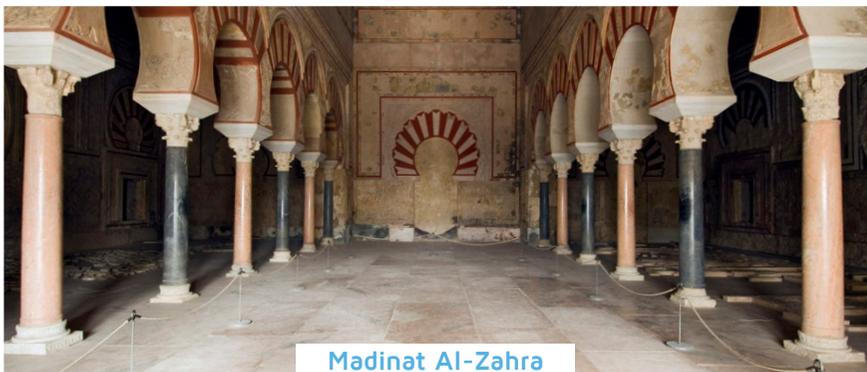
Cualquier roca cuando se somete a intensas presiones y a temperaturas muy altas sufre cambios en su composición, estructura, color, textura, etc. lo que produce que se transforme en un nuevo tipo de roca llamada metamórfica. Son, pues, rocas que ya existían y que han sufrido una metamorfosis, como su nombre indica.

Propiedades

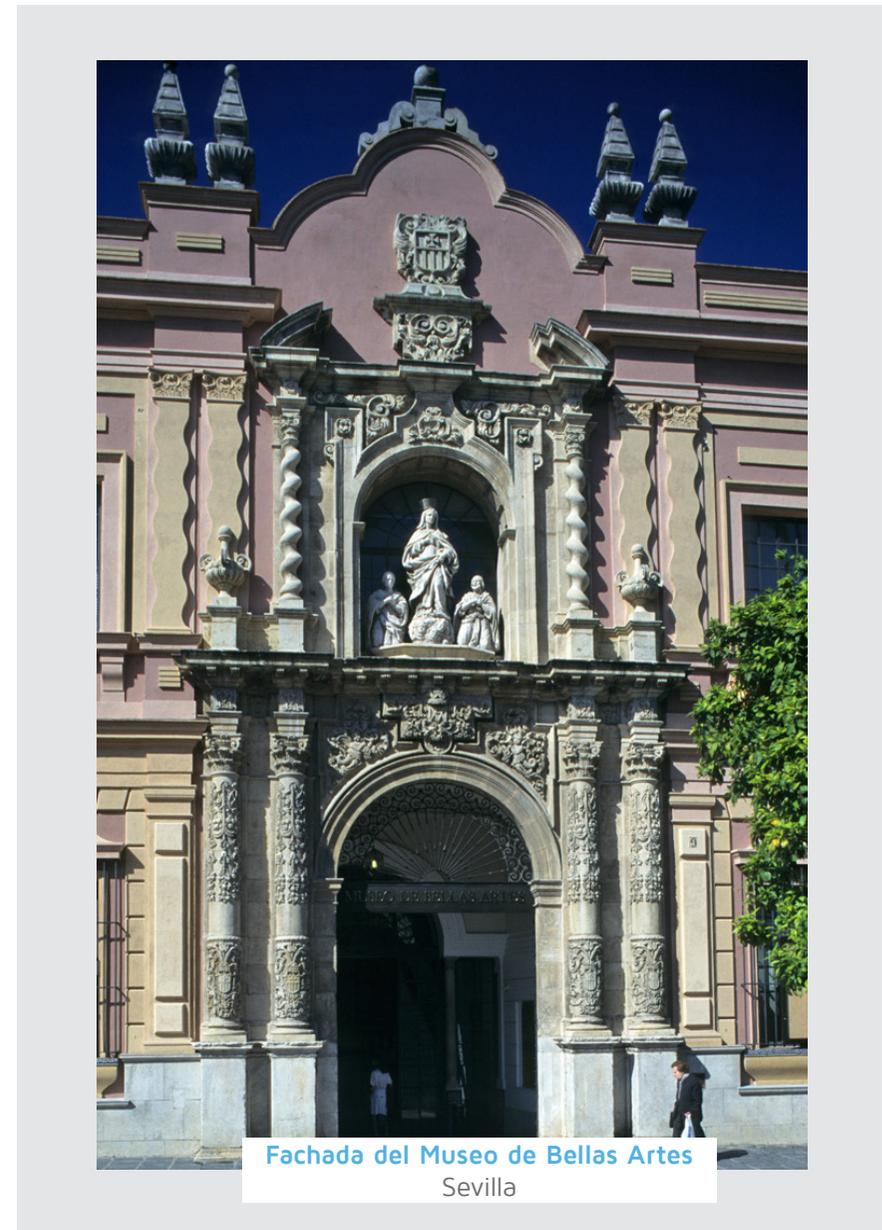
Al igual que las ígneas, este tipo de rocas son poco porosas, por lo tanto, duras, pesadas y aptas para el pulido. Las más conocidas son las cuarcitas, las pizarras y los mármoles.

Uso preferencial en el patrimonio

Preferentemente su uso se ha limitado también a la ornamentación más que a la construcción: fachadas, monumentos, zócalos, pedestales, columnas, capiteles, etc. Los grandes protagonistas en la construcción del Patrimonio han sido los mármoles por la belleza de los colores que adquieren una vez pulimentados.



Madinat Al-Zahra
Córdoba



Fachada del Museo de Bellas Artes
Sevilla



Castillo de Torre Estrella
Medina Sidonia (Cádiz)

¿POR QUÉ ME DETERIORO? FACTORES DE ALTERACIÓN

Después de conocer la antigüedad geológica de las rocas y los distintos tipos de piedra que ha generado, es fácil comprender por qué a lo largo de la Historia han sido tan demandadas para la construcción. Un ejemplo es el apreciado jaspe rojo de las canteras de Huelva, que lo mismo sirvió para construir parte de la Catedral de Sevilla que para decorar retablos de la Iglesia del Escorial en Madrid. Pero no éramos conscientes de que la consistencia de una piedra se ve mermada desde el momento que se extrae de la cantera y se lleva a un lugar distinto al que se generó.

Esto es precisamente lo que les está ocurriendo a muchos de los materiales pétreos con los que en su día se construyeron los edificios y monumentos de nuestro pueblo o ciudad: se están **deteriorando** porque, en muchos casos, el ambiente en el que se levanta no es el adecuado para su conservación.

Pero, ¿qué es lo que le hace daño? Son muchos los agentes que causan la degradación de la piedra. Son los llamados **factores de alteración**. A grandes rasgos, se podrían clasificar en dos grandes grupos:

1. **Factores intrínsecos:** cuando se produce por un motivo inherente a la propia piedra.
2. **Factores extrínsecos:** cuando la causa es ajena a la piedra.

Veamos uno a uno cuáles son los agentes más frecuentes, aunque no siempre intervienen solos. Como dice un refrán popular "la unión hace la fuerza", y parece que se lo han tomado al pie de la letra.

1. Factores intrínsecos

Composición geológica

Dependiendo de cómo se haya formado la piedra (sedimentaria, ígnea o metamórfica) ésta adquirirá unas propiedades en sus minerales, textura y estructura que inducirán a que se desgaste con mayor o menor facilidad. Por ejemplo, la roca sedimentaria, blanda y porosa, será más susceptible al deterioro que la ígnea, mucho más dura y compacta.

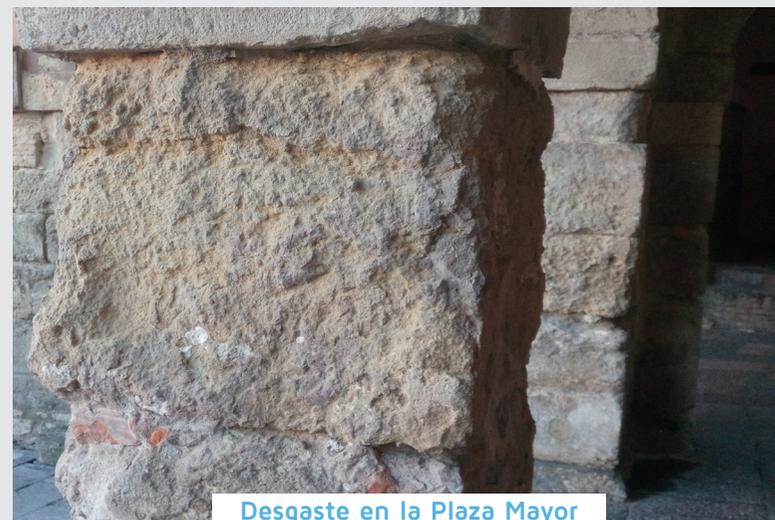
2. Factores extrínsecos

Agua

Cuando llueve, el agua penetra por las grietas de las rocas... el agua siempre encuentra su camino. Una vez que se instala dentro, se convierte en uno de los medios de alteración más destructivos porque ayuda a otros agentes a que el deterioro se despliegue. El agua no es bienvenida en la piedra, como ahora veremos.

Viento

El viento por sí mismo no puede desgastar las rocas, pero cuando lleva partículas como tierra, arena o polvo, éstas chocan con la piedra y producen un desgaste continuo. La erosión será mayor cuanto más fuerte sea el viento y más partículas transporte.



Desgaste en la Plaza Mayor

León



Eflorescencia en la Cartuja

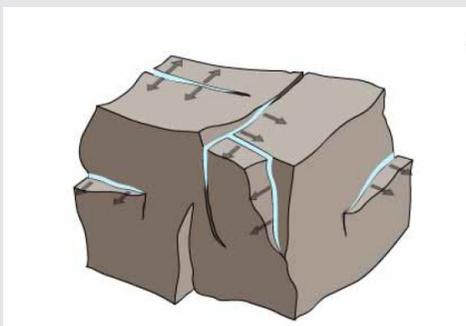
Jerez de la Frontera (Cádiz)

Temperatura

Los cambios de temperatura afectan enormemente al deterioro de la piedra, sobre todo si entra en acción con el agua. Un ejemplo: el aumento de la temperatura es la responsable de que el agua se evapore dentro de la piedra y que, en consecuencia, las sales solidifiquen y cristalicen. Otro ejemplo: con el frío, el agua que penetró por las grietas se congela. Al congelarse, el agua aumenta de volumen, a consecuencia de lo cual presiona agrietando o partiendo en pedazos la roca. Un ejemplo más: el calor favorece el desarrollo de microorganismos (agentes biológicos) en la piedra de la misma manera que crecen en los alimentos, con el inconveniente de que no podemos meter el Palacio de Carlos V en el frigorífico.

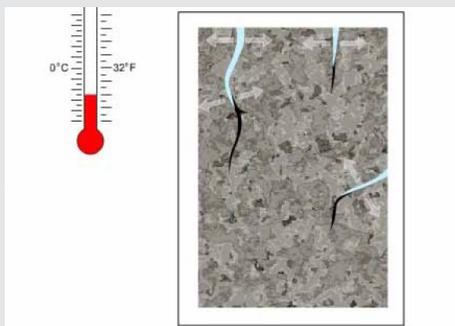
Cristalización de sales

Este es uno de los agentes que necesitan del agua para se produzca la alteración. Las sales que se encuentran en la tierra del subsuelo o en otros materiales que están en contacto con la piedra, como ladrillos, morteros, etc., se propagan en estado líquido por todos los poros de la piedra gracias al agua que actúa como vehículo de transporte. Estas sales, cuando el agua se evapora, terminan cristalizando en el interior de la roca, aumentando hasta cuatro veces su volumen y provocando fisuras y otros daños en el material pétreo. Cuando las sales cristalizadas salen al exterior de la piedra en forma de polvillo blanco se le llama eflorescencia.



Piedra afectada por el agua, temperatura y sales

El agua entra por las fisuras, se congela, aumenta de volumen y fractura la piedra. Lo mismo ocurre con las sales.



Sección transversal de la piedra afectada

El agua rompe la piedra en su interior al aumentar de volumen por los cambios de temperatura y/o sales.



Indicadores visuales de la piedra afectada

Signos en la superficie de la piedra de las alteraciones provocadas por el agua, la temperatura y/o las sales.

Agentes biológicos

Al igual que una plaga de termitas puede acabar con la madera, en la piedra se instalan microorganismos, como los líquenes, que acaban devorándola poco a poco al absorber parte de los minerales que la conforman. Otro factor de alteración producido por seres vivos son los excrementos de las aves. ¡Quién haya visto un edificio histórico o un monumento que no tenga excremento de paloma, que levante la mano! Lo preocupante no es que ensucien las fachadas, sino que producen un ácido capaz de corroer materiales duros como la piedra. Por no hablar de las plantas que crecen entre las juntas y las grietas, a veces increíblemente destructivas.



Plantas en Huerta de Las Tatas
Tarifa (Cádiz)



Microorganismos en Iglesia Santa Mª de la Asunción
Arcos de la Frontera (Cádiz)

Problemas estructurales

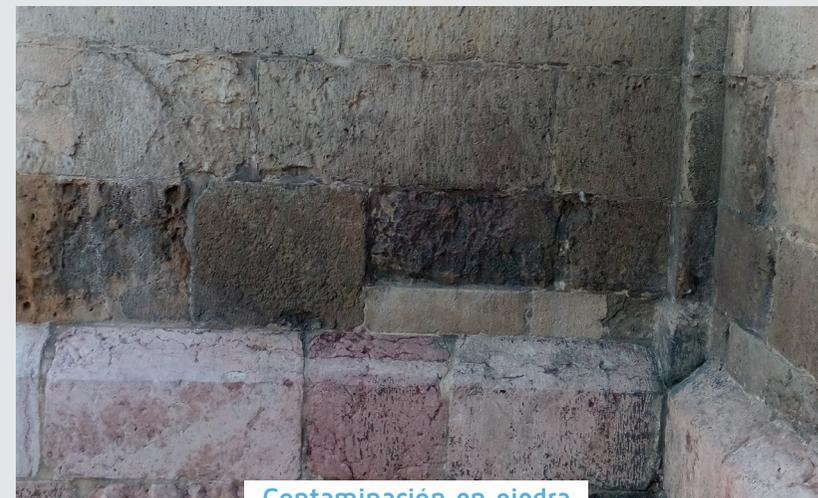
Otros agentes que debilitan la piedra son los que afectan directamente a la estructura del edificio. Por ejemplo, una sobrecarga de la estructura, un mal uso de los materiales, las vibraciones de los coches o del metro cuando pasan cerca, un terremoto, un deslizamiento de tierra, un ataque bélico, etc. Estos factores de tipo estructural implican generalmente rupturas, fisuras y fragmentaciones y, en los casos más graves, la total o parcial destrucción del edificio. Es decir, estamos ante el factor de alteración más destructivo que existe para el Patrimonio.

Contaminación

¿Tenéis en mente esa especie de costra negra típica de las piedras? Si nos acercáramos a verla, es como una especie de ampolla que se pega a la pared y que termina levantándose, llevándose consigo a parte de la piedra. ¿Qué cuál es el organismo que la produce? Pues ni un hongo, ni una bacteria, ni una planta. La producimos nosotros, los seres humanos. Esa costra es yeso generado por la contaminación medioambiental que estamos produciendo en las últimas décadas, especialmente en las grandes ciudades, justo donde se encuentra la mayor parte de nuestro Patrimonio. No nos hacemos idea de cuánto dióxido de carbono (CO₂) despiden nuestros coches a diario, y del daño que generamos.



Destrucción en la Fortaleza Villavieja
Béjar (Almería)



Contaminación en piedra
León

Así se forma la lluvia ácida

Una de las principales consecuencias de la contaminación atmosférica es la llamada **lluvia ácida**.

Los combustibles fósiles contiene azufre (S) y nitrógeno (N). Su combustión genera óxidos de azufre y nitrógeno que pasan a la atmósfera. Al entrar en contacto con el agua (lluvia o humedad), dan lugar a pequeñas cantidades de ácido sulfúrico y ácido nítrico, responsables de la acidez de la lluvia.



Los materiales pétreos calcáreos (calizas, mármoles, areniscas, calcáreas, etc.) son especialmente sensibles. La lluvia ácida ataca al carbonato cálcico, transformándolo en yeso y costra muy soluble que se desprende fácilmente.

Figura adaptada de:
<https://sites.google.com/site/airecuidalo77>

¿CÓMO ME DETERIORO? PROCESOS DE ALTERACIÓN

Ya conocemos a los agentes más comunes encargados de alterar a la piedra. Pero ¿cómo lo hacen? Los procesos por los que estos agentes actúan se pueden agrupar, fundamentalmente, en dos tipos:

1. Procesos Físicos: Una fuerza externa produce presión en la piedra y genera el deterioro.

Ejemplo: la sal cristalizada sería la fuerza externa que al aumentar de volumen presiona la piedra y genera la rotura del material.

2. Procesos Químicos: Un agente químico externo altera la composición de la piedra y ésta reacciona deteriorándose.

Ejemplo: Plantas, como los líquenes, descomponen las piedras al extraer nutrientes solubles de entre sus minerales originales.

Estos procesos se combinan en muchas ocasiones, y entonces tendríamos que hablar de **proceso físico-químico**.

Ejemplo: La costra negra ataca la piedra produciendo yeso (proceso químico de alteración). Esta costra con el tiempo termina despegándose y fracturando la piedra (proceso físico de alteración).



Pared parcialmente desprendida por efecto de las sales
Proceso Físico



Pared alterada por microorganismo que se nutren de ella
Proceso Químico

¿EN QUÉ LO NOTAS? INDICADORES DE ALTERACIÓN

Los indicadores de alteración son los daños o lesiones que vemos en la piedra cuando ha intervenido algún factor de degradación. El proceso de deterioro de la piedra es tan lento que en su estado inicial es difícil distinguir qué ha cambiado en la piedra respecto a cuando estaba en la cantera. Cuando esta alteración avanza y llega a su estado más extremo, es decir a casi su práctica destrucción, le llamamos ruina.

Los indicadores de alteración se clasifican, al igual que los factores, en dos grandes grupos:

1. Modificaciones superficiales

Se trata de alteraciones que afectan fundamentalmente al aspecto exterior de la piedra, sin producir daños importantes en el interior de la piedra. En función de si las modificaciones que se producen en la superficie implica o no pérdida de materia pétreo, éstas se agrupan en:

- **Sin formación de huecos:** se incluyen las variaciones de color en la piedra, las manchas, las pátinas, las costras negras, las concreciones (depósito de materiales orgánicos y/o inorgánicos en la superficie de la piedra), la colonización biológica y la eflorescencia de sales (los polvillos blancos resultantes de la cristalización y precipitación de las sales a la superficie).

- **Con formación de huecos:** los indicadores visuales de alteración más comunes son la erosión, las estrías, los rasguños, la alveolización (red de huecos conectados entre sí, similar a los túneles que dejan las abejas en las colmenas) y la excavación o cavernización (huecos individuales, no conectados entre sí).

2. De tipo mecánico

Son alteraciones que afectan a más materia pétreo, más allá de la superficie. Las señales visuales son fisuras, fracturas o hinchamiento, entre otros.

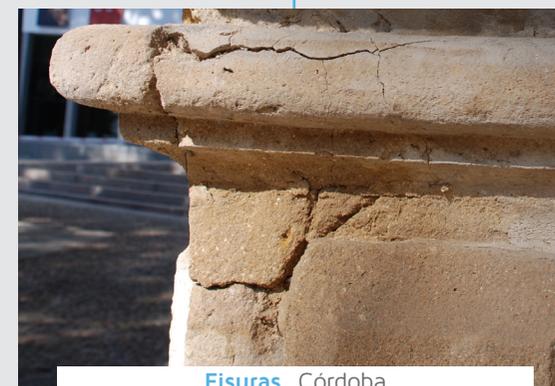
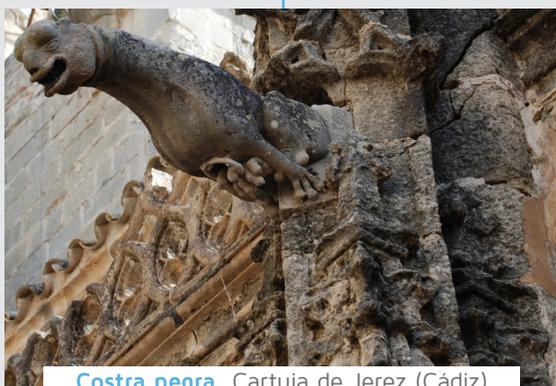
INDICADORES DE ALTERACIÓN

Modificaciones superficiales

De tipo mecánico

Sin formación de huecos

Con formación de huecos



¿CÓMO ME ESTUDIAN? MÉTODO DE TRABAJO

Después de conocer las numerosas alteraciones que puede llegar a sufrir la piedra y, en consecuencia, el deterioro que estas alteraciones pueden provocar en nuestro Patrimonio, nadie pondrá en duda la necesidad de estudiarlas y abordarlas.

La degradación en algunos casos es tan alarmante que las Instituciones encargadas de su tutela, como el Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, han decidido actuar. Lo primero que han hecho es definir cuál va a ser el **proceso de trabajo**:

- 1. Estudiar** las **propiedades naturales de la piedra**. Este estudio permitirá conocer la piedra en profundidad, los minerales que la componen, sus propiedades físicas y químicas, y su susceptibilidad al deterioro.
- 2. Analizar** los **factores** y los **indicadores de alteración**. Es necesario conocer cuál es el estado de conservación y cuáles son las causas y los síntomas que han producido el deterioro para, una vez conocido, poder intervenir adecuadamente.
- 3. Elegir y aplicar** el **método de conservación** más adecuado. Hay muchos métodos como la limpieza, la consolidación o la protección, y hay que seleccionar aquel que sea más viable y más efectivo, teniendo siempre en cuenta los resultados que se hayan obtenido en las dos fases anteriores.

Para realizar estos estudios es necesario formar un **equipo de trabajo** compuesto por especialistas: geólogos/as para que examinen la piedra, químicos/as y biólogos/as para que analicen los factores de alteración, historiadores/as, restauradores/as y arquitectos para estudiar y preservar el Patrimonio, etc.



Trabajo de campo



Trabajo de laboratorio

Ya estamos todos/as. Ahora toca trabajar tanto en **campo** como en **laboratorio**.

Trabajo de campo

Una vez que los/as especialistas están ante el monumento o edificio, tienen que **observar a fondo** todas aquellas características de la piedra que les ayude a conocer tanto sus propiedades naturales como su alteración: color, estructura, composición mineralógica, posible presencia de microorganismos, posible existencia de costra negra, grado de deterioro, etc. Cuando los minerales tienen un tamaño adecuado podemos distinguir sus características a simple vista. Para apreciarlas mejor pueden ayudarse de una lupa binocular.

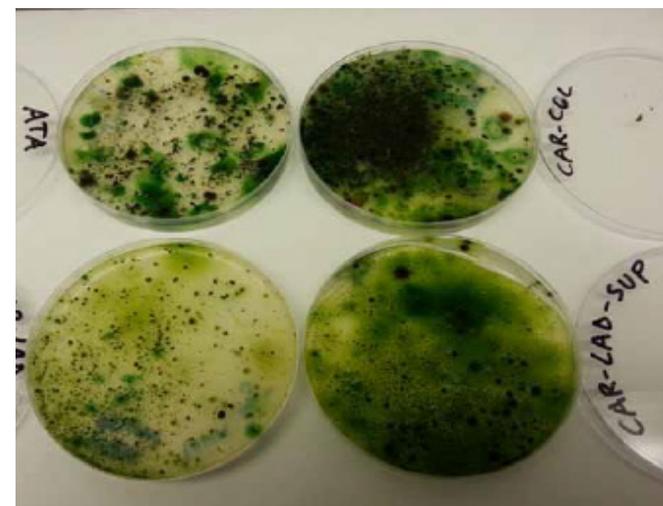
La información que obtienen del examen visual la **anotan** con todo detalle para no tener que volver otra vez al sitio. Fundamental incluir un dibujo y/o foto que refleje claramente la alteración que presenta.

Como con la simple vista hay datos que se les escapan, toman con mucho cuidado una mínima **muestra de la piedra deteriorada** para poder analizarla con herramientas adecuadas en el laboratorio. Esta debe ser lo más representativa posible de la alteración, y sólo se coge si no pone en peligro la integridad o la estética del edificio o monumento.

También tratan de coger una **muestra de material no dañado** para poder compararlo en el laboratorio y saber el grado que ha alcanzado la alteración. Si no es posible recuperar ningún fragmento inalterado, entonces realizan una investigación casi detectivesca hasta conseguir localizar cuál fue la cantera original de donde se extrajo el material pétreo, y van allí a por la pequeña e intacta muestra.



Extracción de muestra biológica



Muestra en laboratorio

Trabajo de laboratorio

La toma de muestra es el arranque imprescindible para iniciar los análisis en el laboratorio. Las técnicas analíticas más habituales para identificar los agentes y mecanismos de alteración que están actuando sobre la piedra son:

>La Difracción de Rayos X

Consigue obtener un diagrama con los minerales de los que se compone el material pétreo.

>La Microscopía óptica

Al aumentar la imagen podemos apreciar hasta los minerales más minúsculos que conforman la piedra, totalmente imperceptibles por el ojo humano. Los microscopios ópticos que se utilizan para estudiar minerales son especiales y se denominan petrográficos.

>La Microscopía electrónica de barrido

Cuenta con mayor resolución que la microscopía óptica. Agrupa un conjunto de técnicas que permiten la caracterización morfológica, estructural y de composición de muestras sólidas mediante imágenes con diferente grado de resolución.

La conservación

Una vez que se han analizado en el laboratorio las alteraciones y se ha descubierto qué agente es el causante del deterioro y cómo lo está llevando a cabo, los expertos en Patrimonio se preparan para **elegir el método de conservación más adecuado**: limpieza superficial, aplicación de productos, protección, etc.

Por desgracia, no existe en el mercado un producto perfecto que sirva para todo tipo de piedra y para cualquier tipo de alteración. Los especialistas tienen que valorar cuál es el mejor en función de cada caso. Lo que sí existe es un **tratamiento perfecto**: aquel que no modifica la apariencia externa de la piedra, que es efectivo durante un largo periodo de tiempo, que no es tóxico y que es reversible, es decir, que en caso de querer retornar la piedra a su estado original, puede eliminarse con facilidad.



Tratamiento biocida

Una vez aplicado el método de conservación adecuado, se habrá **controlado la degradación** y se habrá alargado la vida de la piedra y, con ella, la del edificio o monumento. Entonces entre todos, geólogos, químicos, biólogos, historiadores y restauradores, y arquitectos podrán decir: *"Misión cumplida, hemos salvado nuestro Patrimonio"*.



3. ACTIVIDADES DIDÁCTICAS



Actividad 1. Ensayos de alteración acelerada

Los ensayos de alterabilidad o envejecimiento artificial acelerado se utilizan para evaluar en el laboratorio, de forma rápida y sencilla, cómo reaccionan los materiales pétreos a la acción de diversos agentes de alteración.

Con esta actividad proponemos efectuar dos ensayos combinando los factores que más intervienen en el deterioro de la piedra: el agua, los cambios de temperatura y las sales.

OBJETIVOS

- Reconocer las alteraciones que se producen en la piedra por efecto de la humedad, los cambios de temperatura y la presencia de sales a través de ensayos acelerados en el laboratorio.
- Comprender las técnicas empleadas para ensayos acelerados en laboratorio.

MATERIALES

- Fragmentos de materiales pétreos que los alumnos/as tendrán que buscar en su entorno, por ejemplo, diez fragmentos de piedra caliza y diez fragmentos de mármol. A cada una de estas muestras las llamaremos **probetas**. Un tamaño orientativo de los fragmentos de piedra puede ser de 10x5x5 cm, aunque puede

variar. Lo que sí es importante es que tenga al menos alguno de sus cantos rectos.

- Estufa-horno.
- Congelador.
- Balanza.
- Lupa o microscopio.
- Un rotulador indeleble.
- Agua destilada.
- Sal (cloruro sódico)
- Un recipiente o bandeja con profundidad suficiente para que las muestras puedan permanecer sumergidas durante parte de los ensayos.

ORGANIZACIÓN

La clase se dividirá en dos grupos. Cada uno de ellos será responsable de la realización de uno de los ensayos. A la finalización de los mismos, cada grupo presentará sus resultados al resto del clase.

Presentadas las conclusiones parciales, la clase entera debatirá sobre las causas y efectos de las alteraciones de la piedra en monumentos históricos.

METODOLOGÍA

Repartidos en subgrupos de trabajo según lo indicado, a cada muestras o probetas de daremos un número que dibujaremos sobre la misma con rotulador indeleble según se ve en las imágenes.



Probetas enumeradas

El primer dígito representará el tipo de material (por ejemplo, el 1 los mármoles) y el segundo, que será correlativo, al número de la muestra en ese mismo material (1, 2, ...,9). Así, siguiendo ese ejemplo, el 1.9 corresponderá a la muestra 9 del grupo 1, el de los mármoles.

Igualmente marcaremos con rotulador los cantos rectos de la muestra, lo cual nos ayudará a observar posibles alteraciones en esas zonas durante el experimento.

Antes de empezar se meterán las probetas en una estufa de secado a 105°C. Después se dejarán enfriar y se pesarán. De este modo se obtendrá el peso en seco de los fragmentos antes de iniciar el ensayo

La práctica contempla dos tipos de ensayos, cuya realización podrá encargarse una a cada uno de los dos grupos de trabajo en los que hemos dividido a la clase. Las prácticas son:

>Ensayo 1. Ensayo acelerado de temperatura y agua

Cinco fragmentos de cada clase de piedra se someterá a **Shock Térmico** (muestra a la que llamaremos H.1 marcándolo con rotulador indeleble sobre la misma). Para ello introduciremos las muestras en un congelador por debajo de 0°C durante 48 horas, dejándolas secar a continuación en la estufa a 105 °C. El proceso se repetirá 20 veces (20 ciclos).

>Ensayo 2. Ensayo acelerado de temperatura, agua y cristalización de sales

Los otros cinco fragmentos de cada clase de piedra se someterá a ciclos de **cristalización de sales por capilaridad en solución de cloruro sódico (NaCl) al 10%** (que llamaremos CS.1, marcándolo con rotulador indeleble sobre la misma).

El ensayo consiste básicamente en la repetición de 20 ciclos, en cada uno de los cuales las muestras son mantenidas durante 48 horas en una solución salina con NaCl al 10% a temperatura ambiente, dejándolas secar a continuación en estufa a 105°C con el fin de que cristalice la sal en su interior. El proceso se repetirá 20 veces (20 ciclos).

RESULTADOS

Concluidos los ensayos, cada grupo anotará el peso de las probetas y calculará el porcentaje de peso que cada una ha perdido respecto al que tenía al inicio del ensayo:

$$\% \text{Pérdida de peso} = (\text{peso final} - \text{peso inicial de la probeta}) \times 100 / \text{peso inicial de la probeta}$$

También indicará, con ayuda de una lupa o microscopio, si se observa alguna fisura o grieta en los materiales pétreos. La falta de pintura de rotulador en los cantos indicará que se ha producido daño en la muestra. Es fundamental que se hagan fotos a las probetas a lo largo del proceso, ya que servirán para ilustrar los cambios que se han producido en las probetas antes y después del ensayo. Para finalizar, tendrán que describir en una tabla las alteraciones sufridas.

Finalmente, cada uno de los grupos de trabajo presentarán al resto los resultados obtenidos y la clase al completo debatirá sobre:

- ¿cuáles han podido ser los factores y procesos que los han generado?
- ¿qué material ha sufrido mayores alteraciones?
- ¿cuál ha sido el ensayo más agresivo para el material pétreo?
- ¿a qué es debido?



Probeta al inicio del ensayo



Probeta al finalizar el ensayo



Ensayo con varias muestras de fragmentos de piedra



Actividad 2. De los vótores a los grafitis

Los **vótores** son inscripciones rojas o negras que se pintaron en los muros de los edificios de algunas universidades españolas para homenajear cuando un estudiante obtenía el título de doctor. No es producto del vandalismo sino que forma parte de nuestra historia, por lo que sí se deben conservar.

Los **grafitis**, en cambio, son inscripciones realizadas sobre edificios o mobiliario urbano con diferentes tipos de pinturas. Al igual que los vótores, a través de estas pintadas se persigue expresar ideas. Pero, en ocasiones, se realizan sobre monumentos y edificios que son patrimonio histórico y que merecen nuestro respeto porque son parte de la historia de una ciudad.

OBJETIVO

- Comprender que la eliminación de los grafitis, producto del vandalismo, no es tarea fácil.

MATERIALES

- Muestras de distintos tipos de materiales pétreos y de construcción que los alumnos buscarán en su entorno (fragmentos de mármol, de piedra caliza, de ladrillos, etc.)
- Pinturas (rotulador, spray, pintura líquida, etc).
- Disolventes, alcohol, acetona, jabón y/o líquidos antigrasas.

ORGANIZACIÓN

La clase se dividirá en 4 grupos. Cada uno de ellos deberá realizar las dos actividades debiendo elaborar un informe final de su actividad que presentarán al resto de los/as compañeros/as del grupo.

METODOLOGÍA

La actividad a realizar consta de dos partes prácticas:

>Práctica 1. Pintando piedras

Pintarán las muestras recogidas con los tipos de pinturas que se emplean habitualmente para hacer los grafitis (por ejemplo, spray, rotuladores o aerosoles). Una vez secas, tendrán que intentar limpiarlas con diferentes productos (alcohol, disolvente, acetona, jabón, etc.) para que comprueben la dificultad que tiene eliminar los grafitis.

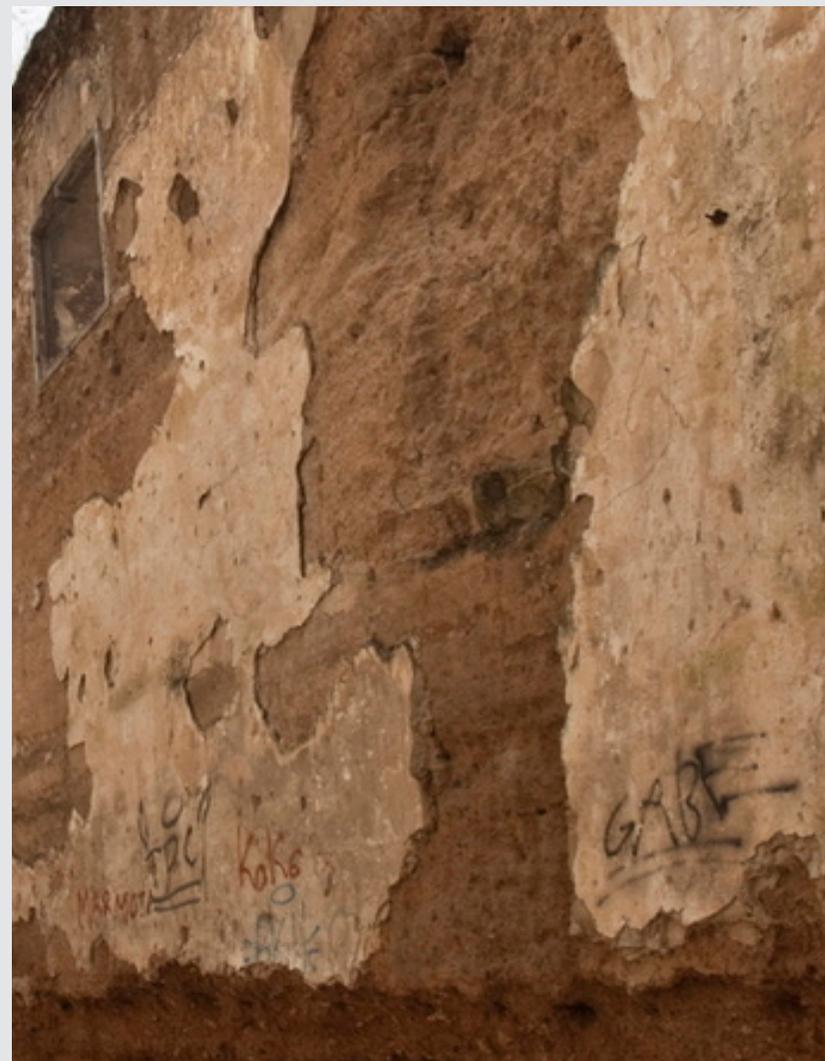
>Práctica 2. Fotografiando grafitis

Cada subgrupo realizará un pequeño recorrido por una zona del pueblo o ciudad, tomando fotos de los diferentes grafitis que encuentren (escaparates, autobuses, señales de tráfico, edificios, monumentos, etc.). Esta documentación gráfica la plasmarán en un pequeño trabajo de clase en el que cada grupo deberá reflexionar y escribir cuáles creen que fueron los motivos que llevaron al actor de las pinturas a realizarla, y qué daño económico (son las instituciones públicas las encargadas de su limpieza), social e histórico-artístico están causando.



SÍ Vitores

Iglesia del Sagrado (Sevilla)



NO Grafitis.

Muro de la Misericordia (Córdoba)



Actividad 3. Mi patrimonio ¿está afectado?

Con esta actividad proponemos que los/as estudiantes realicen un pequeño trabajo de investigación en su entorno más cercano sobre el patrimonio de piedra deteriorado.

OBJETIVOS

- Reconocer y comprender el deterioro de la piedra en los monumentos del entorno del alumno
- Fomentar la sensibilización con su patrimonio.

MATERIALES

- Cámara fotográfica o de móvil.

ORGANIZACIÓN

La clase se dividirá en 4 grupos. Cada uno de ellos recorrerá, a ser posible, una zona diferente del entorno del centro para realizar la actividad, debiendo elaborar un informe final de su actividad que presentarán al resto de los/as compañeros/as de la clase.

METODOLOGÍA

La primera fase de la actividad consistirá en un **trabajo de campo**. Tendrán que salir a buscar los monumentos y edificios históricos del entorno del centro educativo que estén realizados en piedra (iglesias, castillos, murallas, esculturas, fuentes ornamentales, etc.) y tendrán que analizar si sufren algunas de las alteraciones vistas en esta guía didáctica.

Para cada alteración que detecten, tendrán que hacerle una **foto** (con una cámara o con el móvil mismo).

Ya en el aula tendrán que rellenar una **ficha** por cada monumento (proponemos un modelo de **FICHA DE TRABAJO**) en la que indicarán, además del nombre del monumento, los indicadores visuales de alteración que les ha llevado a detectarla, y una pequeña descripción de lo que ven incluyendo las posibles causas.

Para finalizar, y a modo de **reflexión**, tendrán también que indicar una posible solución al problema para que no vuelva a producirse. Es lo que se conoce como medidas o conservación preventiva.



¡Ánimo!

Dad a conocer vuestras reflexiones en la revista del colegio o en otros medios que estén a vuestro alcance.

FICHA DE TRABAJO

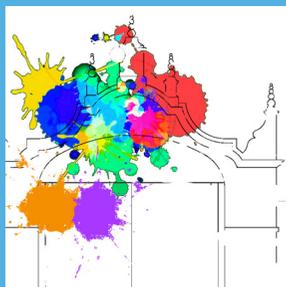
Monumento:

| Foto de la alteración | Indicador de alteración | Factor de alteración |
|-----------------------|--|---|
| | <input type="checkbox"/> Cambio de color, costra, pátina <input type="checkbox"/> Concreciones <input type="checkbox"/> Colonización biológica <input type="checkbox"/> Eflorescencia de sales <input type="checkbox"/> Erosión <input type="checkbox"/> Estrías, rasguños, cavernización <input type="checkbox"/> Fracturas, hinchamiento | <input type="checkbox"/> Agua <input type="checkbox"/> Temperatura <input type="checkbox"/> Cristalización de sales <input type="checkbox"/> Viento <input type="checkbox"/> Contaminación <input type="checkbox"/> Problemas estructurales <input type="checkbox"/> Agentes biológicos |
| Descripción: | | Medidas preventivas: |
| | | |

Criterios de evaluación

Con la realización de estas actividades se podrán evaluar los siguientes resultados de aprendizaje del alumno/a, estableciendo una **escala de valoración del 1 al 5**, siendo 1 la puntuación más baja y 5 la más alta:

| Puntuación | Indicador de evaluación |
|------------|--|
| | Demuestra total comprensión del problema del deterioro del patrimonio realizado en material pétreo. |
| | Identifica perfectamente los factores de alteración del material pétreo. |
| | Identifica perfectamente los indicadores de alteración del material pétreo. |
| | Identifica perfectamente los procesos de alteración del material pétreo. |
| | Comprende el método de trabajo que hay que seguir para analizar el deterioro del patrimonio en piedra. |
| | Está muy sensibilizado/a con el cuidado y protección del patrimonio cultural. |
| | Demuestra interés en participar en actividades complementarias que implique el trabajo en equipo. |
| | Es capaz de tomar decisiones durante el trabajo en equipo. |
| | Demuestra interés en actividades prácticas en laboratorio. |



IAPH
educa