



Ruta GEOdidáctica por monumentos de la ciudad de Granada

INTRODUCCIÓN

La ruta GEOdidáctica por la ciudad de Granada consiste en reconocer los materiales de construcción y ornamentación usados en el exterior de varios monumentos históricos, así como las patologías de alteración que presentan debido a su ubicación y el paso del tiempo. En concreto los monumentos seleccionados son: el Hospital Real, Puerta Elvira, y algunas edificaciones situadas en el granadino Barrio de la Duquesa, como son la Iglesia de San Juan de Dios, el Hospital de San Juan de Dios, la Iglesia del Perpetuo Socorro y la Iglesia del Monasterio de San Jerónimo, cuya situación se muestra en la figura 1.



Figura 1. Situación de los monumentos estudiados en la ruta GEOdidáctica por la ciudad de Granada.

Tipos de rocas empleadas en la construcción y decoración de monumentos granadinos

Campus Fuentenueva
Avenida Fuentenueva s/n
18071 Granada
Tfno. 958 24 33 79
Fax. 958 24 33 70
decacien@ugr.es

Facultad de Ciencias

Vicedecanato de Actividades Científicas, Culturales y de Prácticas Externas





Las principales rocas empleadas en la construcción y ornamentación de los edificios monumentales de Granada son rocas sedimentarias y rocas metamórficas.

Las *rocas sedimentarias* se forman por acumulación de sedimentos que, sometidos a procesos físicos y químicos (diagénesis), dan lugar a materiales más o menos consolidados de cierta consistencia. Se caracterizan por dos rasgos esenciales: pueden presentar una *estructura estratificada* o estar *formadas por fósiles* o simplemente contener algunos. Estas rocas pueden clasificarse por su génesis en:

- *Rocas detríticas*, formadas por acumulación de derrubios procedentes de la erosión y depositados por gravedad. Es decir, se forman a partir de los productos sólidos de la meteorización. El principal criterio para denominar las rocas sedimentarias es el tamaño de sus clastos, entre ellas puede mencionarse los conglomerados, las areniscas y las lutitas (rocas arcillosas).
- *Rocas sedimentarias químicas* o *rocas de precipitación química*, formadas por depósito de sustancias previamente disueltas, por ej., masas de sales acumuladas por sobresaturación de agua de mar, llamadas evaporitas como el yeso y la sal común (cloruro de sodio). También pueden ser rocas neoformadas por procesos metabólicos; en este último caso se llaman *rocas bioquímicas*. Es decir, muchos animales y plantas que viven en el agua extraen materia mineral disuelta para formar caparzones y otras partes duras. Una vez muertos los organismos, sus esqueletos se acumulan por millones en el fondo de un lago o un océano como sedimento bioquímico. Como ejemplos de rocas sedimentarias químicas podemos citar: la caliza y el travertino.

La caliza micrítica, la caliza fosilífera y el travertino (figura 2), todas compuestas principalmente por CaCO_3 , han sido muy empleadas en la construcción de monumentos en Granada, y por tanto, están presentes en los edificios que vamos a visitar.



Figura 2. Rocas sedimentarias químicas usadas en monumentos granadinos.



Las *rocas metamórficas* se forman a partir de otras rocas (ígneas, sedimentarias o metamórficas) mediante un proceso llamado metamorfismo, que implica que estas rocas están sometidas a altas presiones y temperaturas, pudiendo adquirir texturas particulares y cristalizar nuevos minerales (neoformados). Según el tipo de textura estas rocas pueden ser: foliadas y no foliadas (figura 3):

- Textura foliada: la pizarra (se rompe en láminas), el esquisto (se rompe con facilidad) y el gneis (formado por minerales claros y oscuros).
- Textura no foliada: el mármol (aspecto cristalino; se forman por metamorfismo de calizas y dolomías), la cuarcita (suele ser blanca, formándose a partir de areniscas), y la serpentinita verde, formada a partir de rocas máficas es decir, volcánicas con contenido en sílice <



50% .

Figura 3. Rocas metamórficas empleadas como material de decoración en monumentos granadinos.

CARACTERÍSTICAS DE ROCAS y MATERIALES PÉTREOS USADOS EN LOS MONUMENTOS GRANADINOS

Travertino de Alfacar (Granada)

Roca sedimentaria exclusivamente de construcción, de tonos ocre dorados, usada en los muros y partes bajas de los edificios históricos (pero en ocasiones también en las partes altas). Los travertinos se forman cuando existe agua subterránea cargada de carbonato cálcico. Al salir esta agua a la superficie en fuentes, manantiales o ríos, se desgasifica el CO₂ precipitando calcita sobre restos de plantas (musgos, tallos o cualquier otro vegetal que sirven de apoyo). Cuando el apoyo vegetal muere y desaparece, deja vacío el



sitio que antes ocupaba y queda sobre la roca el negativo de ese vegetal, que es el responsable del aspecto cavernoso del travertino. El travertino es una roca muy porosa con cavidades irregulares que pueden llegar a ser de gran tamaño (coqueras). Desde el punto de vista del sistema poroso, se caracterizan por no presentar microporos. Esta particularidad del sistema poroso hace que se comporten bien frente a la acción del agua, impidiendo su ascenso capilar, y en caso de que el sillar esté mojado, su rápido secado. Es notable además su buena resistencia mecánica y fuerte resistencia a la abrasión.

Biocalcarenita o calcarenita bioclástica de Santa Pudía (Escúzar, Granada).

Es la roca sedimentaria más empleada en la construcción y decoración de los monumentos granadinos. El mismo término biocalcarenita indica su naturaleza; se trata de una roca formada por bioclastos (fósiles), su composición es calcárea (CaCO_3) y posee un tamaño de grano similar a la arena (entre 20 μm y 2 mm). Es de color blanco, amarillento a pardo claro, formada por fragmentos carbonatados de las partes duras de organismos marinos y clastos de rocas silicatadas (granos de cuarzo) en una matriz carbonatada muy escasa. Esta escasez de cemento es responsable de que esta calcarenita sea un material débil desde el punto de vista mecánico y bastante poroso y permeable. Por un lado estas características facilitan su fácil extracción de cantera y labrado, pero por otro hacen que no resista los procesos de meteorización una vez puesto en obra. Esta calcarenita es muy porosa (10-30 % en muestras frescas de cantera) y posee un sistema poroso muy heterogéneo que conlleva que también lo sean sus propiedades hídricas. La calcarenita de Santa Pudía se ha empleado principalmente para elaborar elementos ornamentales de fachadas en ventanas, cornisamento y balaustradas, pero también como sillares de construcción.

La caliza de Sierra Elvira (Atarfe, Granada)

Es una roca sedimentaria de color grisáceo surcada por algunas bandas blancas de calcita. Sus características petrográficas y físico-mecánicas le confieren una alta calidad técnica y durabilidad notables para su uso como piedra de ornamental, por lo que ha sido muy empleada en el patrimonio arquitectónico en toda España y sobre todo en Granada. También ha sido y es usada como material de construcción y en solería por su mínima porosidad abierta (<1.6%), sus excelentes propiedades hídricas y su elevada resistencia mecánica. El único defecto que puede penalizar la calidad de esta caliza es la existencia de estilolitos, que son discontinuidades de color marrón, amarillo o verde que dibujan juntas irregulares y que suelen ser vías preferenciales para la migración del agua.

El mármol blanco de Macael (Almería)

Es una roca metamórfica formada a partir de calizas que han sufrido elevada temperatura y presión. Tras el metamorfismo la roca mantiene la misma mineralogía, compuesta por calcita, pero los minerales sufren un proceso de recristalización y las texturas biológicas preexistentes se borran. Solo los planos originales de sedimentación pueden preservarse parcialmente en forma de bandeado. El mármol blanco, debido a su color, porosidad muy baja (< 1%) y tamaño de cristal muy pequeño (0,1-3 mm), lo convierten en un material muy compacto y duradero, idóneo como material ornamental, usado ampliamente en el patrimonio arquitectónico español y muy demandado actualmente. El mármol es una roca anisótropa, es decir, que las propiedades físico-mecánicas no son iguales en todas las direcciones del material. Por ej.



frente a un cambio brusco de temperatura (como es habitual en Granada), el mármol se expande según un eje vertical y se contrae en dos direcciones perpendiculares, originando escamas y pérdida de material.

La serpentinita verde del Barranco de San Juan (Granada)

Aunque por su génesis la serpentinita no se corresponde con un mármol, en la industria de la piedra ornamental se las conoce como *mármol verde*. Es una roca de color verde oscuro con manchas negras de magnetita (Fe_3O_4) y recorrida por pequeños filones blancos de carbonato cálcico. Procede de la alteración de rocas máficas (rocas ígneas con contenido en sílice menor del 45%). Su origen complejo hace que posea una composición, textura, color y comportamiento hídrico y mecánico diverso que influye en su uso como roca ornamental. No obstante, sus características estéticas hacen que sea muy empleada como roca decorativa. Se trata de una roca de baja porosidad ($< 1,5\%$), bajo coeficiente de absorción hídrica, y muy lenta desorción de agua, que hace que permanezca mucho tiempo mojada, lo que favorece su degradación a la intemperie.

El Tapial

Además de las rocas mencionadas, debe mencionarse como material pétreo el tapial, por su utilización generalizada en la construcción de la Alhambra y murallas defensivas de la ciudad de Granada. Un ejemplo de ello es la Puerta de Elvira. No se trata de una roca propiamente dicha. Actualmente se le llama tapial a casi toda construcción de tierra, identificando el término con la arquitectura tradicional y popular. El tapial no es un material de construcción, sino una forma de edificar que consiste en levantar muros introduciendo una masa más o menos plástica en un encofrado formado por dos tablas paralelas unidas entre sí por agujas (o mechinales), y que posteriormente es apisonada. La masa plástica está generalmente compuesta por tierra, mezcla de arena y una cantidad variable de árido grueso. En el caso concreto de Granada, el material terrígeno utilizado procede de los sedimentos de la formación geológica denominada *Formación Alhambra*. La función de aglutinante es ejercida por la fracción arcillosa, pero muy frecuentemente la masa se estabiliza con cal. En función del contenido en cal se puede distinguir la tapia real y el tapial calicostrado. La cal es menos abundante en ese segundo tipo, pero su tipo de construcción permite ciertas ventajas:

- 1) se forma un revoco externo íntimamente ligado al resto del muro en forma dentada. El proceso constructivo consiste en introducir la cal sobre las caras internas del encofrado. Al apisonar la tierra, la cal se distribuye principalmente en el borde, revistiéndolo. Este revestimiento es más duradero que un simple revoco, ya que este último tiende a despegarse en la zona de contacto;
- 2) evita gran parte de los procesos de erosión a los que podría estar sometida la tierra, pero no es más difícil de realizar que otros tipos de tapias;
- 3) permite abaratar el coste de producción de un muro respecto a la tapia real sin una excesiva pérdida de resistencia.



CUESTIONES SOBRE LAS ROCAS USADAS EN LOS MONUMENTOS y OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MISMOS

1- Hospital Real: *fachada principal*



1. ¿De qué naturaleza son las rocas que aparecen en esta fachada?
2. Anota los nombres de los tipos de rocas que reconozcas
3. ¿Existe alguna conexión entre el tipo de roca y su uso en el edificio?
4. Estos materiales geológicos ¿proceden de Granada o de otras zonas?



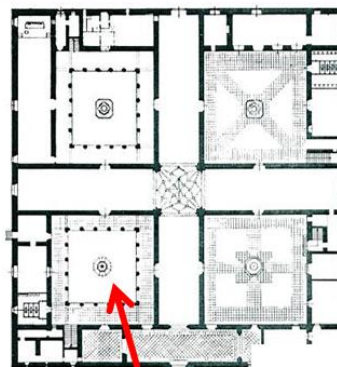
1-Hospital Real: *fachada principal*

1. ¿Dónde suele acumularse la suciedad en la fachada?
2. ¿Cómo calificarías el estado de conservación de la portada principal?



1-Hospital Real: *patios*

1. ¿Qué tipo de material ha sido utilizado en las columnas de este patio?
2. ¿Qué tipo de deterioro se aprecia y por qué se ha desarrollado?





2- Iglesia San Juan de Dios: *fachada principal*



Señala en la fotografía los tipos de rocas que reconozcas. ¿Hay alguna nueva?

3- Hospital de San Juan de Dios: *fachada principal*

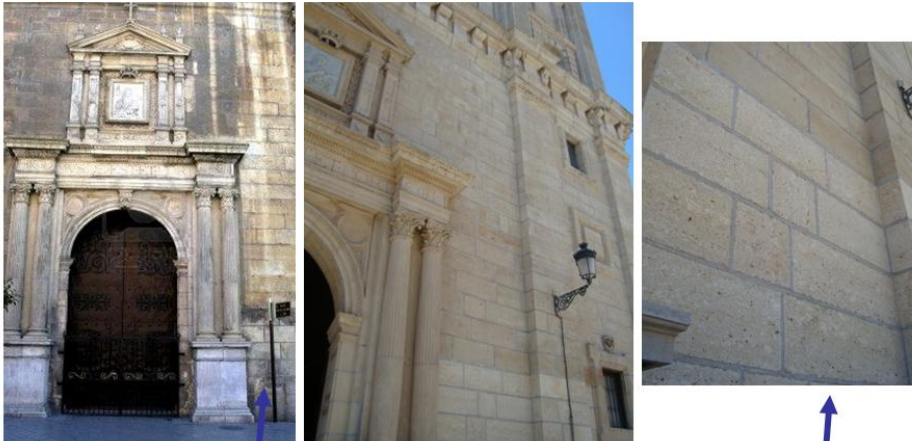


¿Con qué tipo de roca están construidas las columnas de esta fachada?

¿Tiene alguna característica textural que favorezca su deterioro?



4- Iglesia del Perpetuo Socorro: *fachada principal*



El deterioro de los sillares de la zona baja de la fachada es intenso.
¿Cómo se ha realizado su restauración?
¿Qué tipo de roca se ha empleado?
¿Existe algún indicio que indique cómo ha sido el proceso de restauración?

5- Monasterio de San Jerónimo: *ábside de la iglesia*



La iglesia de San Jerónimo está construida en varios cuerpos.
¿Existe alguna peculiaridad en la construcción de la zona baja de sus muros respecto a los otros monumentos visitados?



6- Puerta de Elvira



1. Nombra los materiales de construcción de este monumento.
2. ¿En qué se diferencian de los ya visitados?
3. ¿A qué se debe el deterioro observado en la imagen?