

**DIAGNÓSTICO DEL DETERIORO DE EDIFICIOS
DEL PATRIMONIO HISTÓRICO-ARTÍSTICO DEL SURESTE
DE LA PROVINCIA DE HUESCA**

Cristina MARÍN CHAVES*

Natalia ANDALUZ MORILLO*

Josep GISBERT AGUILAR*

Alicia REMÓN COBETA*

RESUMEN.—El presente estudio se centra en una selección de varios monumentos de la provincia de Huesca: la colegiata de Alquézar, la catedral de Barbastro, el claustro de San Pedro el Viejo, el monasterio de Sigena, la catedral de Huesca y el castillo-abadía de Montearagón. En cada uno de ellos se han analizado las formas de alteración que presentan, así como el grado de deterioro actual. Los factores responsables del deterioro son litológicos, climáticos y arquitectónicos. Es necesario su estudio a través de informes previos a la hora de acometer restauraciones si no se quiere caer en actuaciones inadecuadas.

ABSTRACT.—A selection of some representative monuments from Huesca province is done (Alquezar collegiate, Barbastro and Huesca cathedrals, Montearagón castle, San Pedro el Viejo cloister and Sigena monastery) in order to describe their main alteration forms and the present deterioration degree. Three factors (climate, lithology and arquitectonic disorders) are the main causes found for deterioration in different ways. It is clearly recommended to make previous studies before any restoration, specially in Sigena monastery.

KEY WORDS.—Patrimony, deterioration, previous study, Huesca province, Spain.

* «EQUIPO CONTRAFUERTE». Departamento de Geología (Área de Petrología y Geoquímica). Universidad de Zaragoza. E-50009 ZARAGOZA.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se pretende avanzar en la comprensión de las causas y los procesos de alteración que tienen lugar en los monumentos de la zona. Con esta selección abarcamos lo más característico del patrimonio artístico en la parte sureste de la provincia de Huesca. Se ha realizado intentando conjugar los criterios de importancia histórica y artística del edificio, presencia de restauraciones de distintas épocas, diferentes posiciones ambientales y presencia en los monumentos de distintos tipos de materiales de construcción. Este estudio tiene como finalidad la de contribuir a la conservación del patrimonio histórico-artístico de nuestra comunidad.

SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y CLIMATOLÓGICA

Los monumentos objeto de estudio están situados en una región que abarca desde las estribaciones de la sierra de Guara hasta la comarca de Monegros, la Hoya de Huesca y el Somontano de Barbastro.

Climatológicamente se caracteriza por unas precipitaciones que van disminuyendo conforme lo hace la altitud, con un régimen de lluvias mediterráneo de matiz continental. En ella las puntas de sequía son muy profundas (GARCÍA-RUIZ *et al.*, 1988). En cuanto a las temperaturas, se caracteriza por descensos térmicos y temperaturas máximas bastante altas. Este factor, unido a la característica sequedad de la cubeta del Ebro, provoca evaporaciones potencialmente muy elevadas (RODRÍGUEZ VIDAL, 1986).

En cuanto a la litología, los monumentos se encuentran todos en materiales terciarios y cuaternarios; se puede distinguir dentro del terciario la formación «Calizas de Guara», del Eoceno medio, y las formaciones «Sariñena» y «Calizas de Sigena», miocenas. Los materiales cuaternarios son fundamentalmente aluvio-coluviones plio-cuaternarios y cuaternarios (SÁNCHEZ NAVARRO, 1988). Estructuralmente, la zona de estudio participa geológicamente de la cadena pirenaica y de la cuenca del Ebro.

COLEGIATA DE ALQUÉZAR

INTRODUCCIÓN

Está localizada en el casco urbano de la localidad. El sustrato geológico es la formación «Calizas de Guara», del Eoceno medio.

La primera mención del castillo de Alquézar como plaza aragonesa se fecha en 1067 (DURÁN GUDIOL, 1990), cuando fue conquistado por Sancho Ramírez. En 1083 comenzaron las obras de ampliación del mismo y en 1093 ya encontramos sala capitular, refectorio y dormitorio. En el año 1114 se procedió a la población de la villa. El castillo-colegiata de Alquézar no tiene unidad románica por haber perdurado su vida comunitaria, que provocó reformas y adiciones de los siglos XIV al XVI. Las referencias más señaladas las debemos a ARCO GARAY (1922) y a UBIETO (1949).

El edificio de la colegiata se construyó en el extremo oeste del recinto superior. El claustro tiene planta trapezoidal, con arcadas semicirculares apoyadas en dobles columnas, pero sólo el ala norte, adosada a la iglesia, es auténticamente románica. Las otras tres se añadieron en 1313 y en ellas se advierte un cierto goticismo a lo cisterciense. Hay pinturas murales y dos capillas, una gótica y otra con portada de arte mixto de gótico, plateresco y mudéjar.

TIPOS DE PIEDRA Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

La colegiata de Alquézar está edificada fundamentalmente con sillar y sillarejo de caliza, aunque también existen partes construidas o parcheadas con ladrillo, tapial y arenisca.

El único material descrito petrográficamente es la caliza. Su color varía entre 10YR8/2, 10R5/3 y 10R6/2. Se trata de bioesparitas y bioesparruditas (FOLK, 1959, 1962) (Grainstone a Packstone, según DUNHAM, 1962) con microfósiles. La mineralogía dominante es calcita, aunque a veces aparecen como accesorios granos de cuarzo.

ESTUDIO DE LAS ALTERACIONES

En el interior de la iglesia encontramos desplazaciones, aunque no representan más del 5% del total, asociadas a eflorescencias salinas, costras salinas, ampollas y burilado. Las eflorescencias salinas aparecen en la parte alta de C2N (Fig. 1), en el arco que sostiene la cúpula, por encima de los 5 m.

En el interior de la cárcel y en el piso superior, encontramos manchas de humedad en la pared que linda con el relleno de tierra del claustro, del que sin duda proceden, así como arenización y ampollas botroidales en la parte más

cercana a esta pared de los arcos de arenisca. Cuando llueve, hemos constatado la presencia de manchas de escorrentía de agua procedente del claustro.

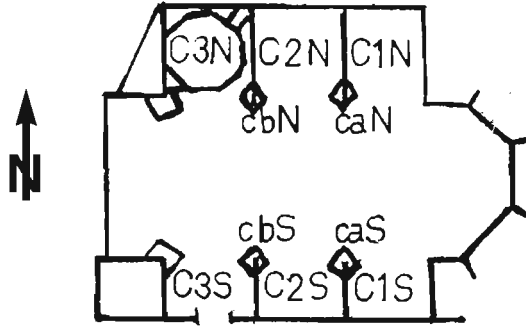


Fig. 1. Nomenclatura utilizada para denominar las distintas capillas y contrafuertes del interior de la iglesia de Alquézar: C1N, capilla 1 norte; C2N, capilla 2 norte; C3N, capilla 3 norte; C1S, capilla 1 sur; C2S, capilla 2 sur; C3S, capilla 3 sur; caN, contrafuerte a norte; cbN contrafuerte b norte; caS, contrafuerte a sur; cbS, contrafuerte b sur.

En la parte norte del crucero de la puerta encontramos colonización vegetal por líquenes marrón, negro, blanco y ocre, asociados a *microkarst*, mientras que en la parte sur se advierte una pátina anaranjada con microalveolado de 2 a 4 mm de diámetro y 1 a 2 mm de profundidad.

En el claustro hallamos colonización vegetal, que corresponde a líquenes negruzcos, asociada a *microkarst*, la cual afecta al 75% de la superficie del mismo.

En la fachada exterior norte la alteración más importante es la formación de costras sobre el sillar, especialmente en los bordes del mismo, a las que se asocian líquenes blanquecinos y negruzcos. En la este encontramos desplazamientos, fragmentación y pulverización en el lado norte de la puerta principal y, sobre todo, de la cárcel. Se trata de procesos con distintas intensidades, que producen redondeamiento de aristas y pérdida de material de hasta el 30% del sillar.

CONCLUSIONES

El estado de conservación de la colegiata es bastante bueno, aunque se halla ampliamente restaurada. Esta conservación puede ser debida, en gran parte, al tipo de material.

Los principales problemas aparecen como consecuencia de la humedad, que se infiltra por varios motivos:



Fig. 2. Esquema de la puerta de la cárcel (fachada este de la colegiata de Alquézar), donde se reseñan las distintas alteraciones ordenadas de mayor a menor grado. CV: colonización vegetal.

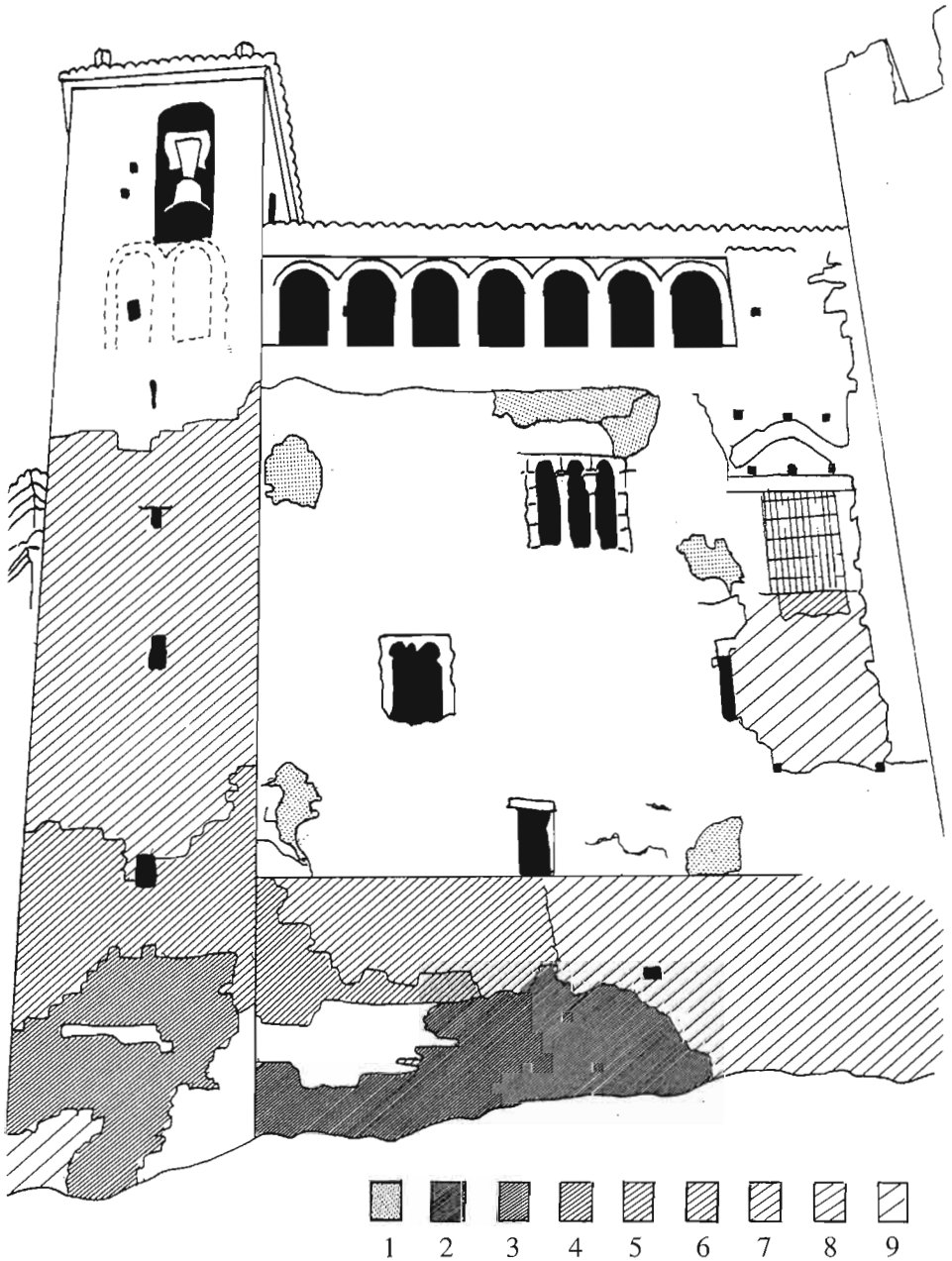


Fig. 3. Esquema de la distribución de las alteraciones en la fachada sur de la colegiata de Alquézar. 1, desplazación en el talud; 2-9, deterioro por humedad ordenado de mayor a menor grado de alteración.

— Desagüe ciego del claustro (ángulo sudeste de la fachada exterior) y filtraciones directas del claustro al muro de la cárcel.

— Filtración a partir de rellenos de tierra, coluviones y escombros (puerta de la cárcel).

— Regacho exterior de la fachada norte.

El gradiente topográfico y la falta de una buena impermeabilización explican estas filtraciones.

En el crucero de la puerta podemos observar que el plano de separación de las alteraciones tiene dirección 095° (o sea E-W), de lo cual puede deducirse que la insolación es el factor clave en la diferencia de alteración.

La elevada humedad del claustro, por sus condiciones de tamaño, forma y vegetación, es un factor importante para el desarrollo de las alteraciones descritas en él.

RECOMENDACIONES

Aunque la colegiata no presenta graves problemas, para solucionar los existentes sería conveniente proceder a un desescombrado controlado del interior de la cárcel y parte baja del claustro y a la impermeabilización del suelo del patio de este, así como del regacho externo que afecta a la capilla del Santo Cristo.

CATEDRAL DE BARBASTRO

INTRODUCCIÓN

La catedral de Barbastro se halla enclavada en pleno casco urbano de esta ciudad. El sustrato geológico es la formación «Sariñena», de edad miocena. Según PANO GRACIA (1988) y SÁNCHEZ RUBIO *et al.* (1981), la actual catedral fue erigida en el solar de un templo anterior. Se utilizó como material piedra picada procedente del derribo que todavía es hoy visible en las zonas bajas de los ábsides. En 1518 se rescindió el contrato y se firmó uno nuevo con maese Sariñena. En 1521 se pagaba a un picapedrero, Juan de Burdeos, por «quatro mil piedras [que] ha de cortar y traher para la obra de la seu de la dicha ciutat» (A.M.B., *in* PANO, 1988), pero no se menciona el nombre de las canteras o el lugar de donde se sacaba la piedra. En 1528 ya debía de estar al frente de las obras Juan de Segura, único maestro ligado normalmente a la construcción de la seo hasta 1533.

La catedral de Barbastro es una iglesia de tipo salón dentro de la división de *hallenkirchen* que se apoyan sobre pilares fasciculados (PANO, 1988). Sobresale por la armonía de sus proporciones, la tremenda unidad espacial y la racionalidad reinante. Sus elementos formales participan todavía de un lenguaje a mitad de camino entre lo gótico y lo renacentista. Las bóvedas de crucería estrellada y florones constituyen uno de los rasgos más característicos de su recinto interior, lo mismo que al exterior lo es su torre exenta, caso único dentro de nuestras *hallenkirchen*.

TIPOS DE PIEDRA Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Destacaremos dos tipos de areniscas y dos de ladrillos, además de calizas como rocas ornamentales:

— Arenisca ocre de color variable, según las diferentes partes en que esté colocada (2,5Y6/4, exterior, 10YR5/3, interior), de grano medio-fino (0,8-0,25 mm). Se trata de una litoarenita.

— Arenisca de color blanquecino (5YR7/2), utilizada en los sillares de restauración en la parte norte en las bases de las columnas.

— Dos tipos de ladrillo de color variable entre 2,5Y7/4 y 10R4/8, en el exterior, y 10 YR 7/2, en el interior.

ESTUDIO DE LAS ALTERACIONES

En el exterior del muro oeste se observa sobre la puerta principal una mancha de humedad con eflorescencias salinas. En la parte alta de la portada de arenisca encontramos un deterioro apreciable de desplazación en un 60%, arenización y ennegrecimiento vertical en los contrafuertes. En el interior existen eflorescencias salinas en baja proporción.

En el exterior del muro norte encontramos descamación, que afecta a un 70% del muro. Se asocia a niveles de descamación, desplazaciones, arenización, ampollas y rubefacción. La arenización afecta al 80% de la fachada y está asociada al resto de las alteraciones descritas. En ocasiones supone una pérdida de material de 10 cm de espesor con respecto a la superficie original. En el interior aparecen eflorescencias salinas, que afectan fundamentalmente a la argamasa, rubefacción en el 10% de los muros interiores y ampollas botroidales.

En el exterior de la fachada distinguimos tres niveles de alteración según la orientación:

1. Orientación E y NE. Son los muros menos deteriorados, con ampollas, costras y arenización en un grado medio de intensidad.

2. Muros con orientación NNW y NW. Presentan desplazación en relación con ampollas y costras ligeramente endurecidas hasta una altura de tres metros. En la NW las costras y ampollas están menos desarrolladas. A partir de los 3 m aparece arenización bastante intensa, rubefacción y alguna desplazación.

3. Muros SSE. Son los más deteriorados. Se presentan los mismos procesos pero con afección mucho mayor (a veces el grosor de medio sillar).

DISCUSIÓN

La presencia de alteraciones ligadas a los 3 m inferiores es constante en todo el edificio; están provocadas por ascensos capilares y por la topografía de la zona. La catedral se halla al pie de una pequeña ladera que se alza al norte del edificio, de manera que se crean flujos ascendentes de agua desde el sustrato siguiendo el modelo propuesto por TOTH (1963). A esto habría que añadir el hecho de que la parte norte es la zona de umbría, con lo cual la humedad se mantiene durante un periodo de tiempo mayor. Los movimientos del agua por el seno de una roca con alto contenido en carbonatos tienden a empobrecer el medio cementante, con lo que se debilita internamente la roca (ESBERT y MARCOS, 1983).

Los ciclos térmicos diarios o estacionales debilitan también la resistencia mecánica del material (ESBERT y MARCOS, 1983). Este efecto, aunque presente en todo el exterior, es más marcado en las partes altas y, probablemente, es el responsable de la mayoría de las desplazaciones.

Otra observación destacable es la de que los ángulos más resguardados en las zonas altas son los que presentan mayor alteración. Se trata de nuevo de un problema de retención de humedad por dificultad de secado tras la precipitación. Otra zona que presenta una alteración importante es la parte superior de la fachada oeste, debido también a que se trata de una zona sometida a un mayor impacto de la lluvia.

RECOMENDACIONES

1. Impermeabilización de todos los cimientos o impermeabilización del muro norte y esquinas noreste y noroeste. Por la peculiar situación topográfica

de la catedral, con esta impermeabilización local se protegen parcialmente los otros muros.

2. El arreglo de las cubiertas. La instalación en el tejado de un corredor voladizo hacia el exterior es una medida directa contra la humedad. Una ventilación adecuada y un diseño de ventanas y calefacción que favorezca la formación de corrientes de aire en las zonas húmedas es una medida indirecta de gran utilidad. Para actuar correctamente en este sentido, habría antes que elaborar unos mapas de humedad de las paredes.

CLAUSTRO DE SAN PEDRO EL VIEJO

INTRODUCCIÓN

La iglesia y el claustro de San Pedro el Viejo se hallan enclavados en el centro de la ciudad de Huesca, en la plaza de San Pedro, rodeada por edificaciones cercanas y pegadas a las paredes del monumento. Se encuentra sobre materiales cuaternarios indiferenciados. La primitiva iglesia de San Pedro el Viejo, de construcción mozárabe o quizá visigoda, tuvo la función de catedral durante la dominación musulmana. Tras la conquista de la ciudad de Huesca por el rey Pedro I fue donada por éste a un monasterio francés, que estableció allí un priorato benedictino. En 1117 la primitiva iglesia fue derribada y se construyó la que actualmente encontramos. Data de la primera mitad del siglo XII (1117-1158). El claustro se construyó a finales del siglo XII y es obra del maestro de San Juan de la Peña. A mediados del siglo XIII se levantó el cimborrio que cubre el crucero y, a finales del mismo siglo, la torre y la capilla de San Ponce, actual antesacristía. La sacristía es del siglo XVI, con reformas realizadas en el siglo siguiente. En 1975 se derribó el pórtico que cubría la entrada y se dejó exenta la torre. (NAVAL, 1978; BALAGUER, 1985; VALLÉS, 1985).

La portada es de estilo románico, aunque fue realizada en el siglo XIX. El claustro tiene estructura simple en forma de rectángulo, con cuatro crujías. En su derredor y sobre un banco corrido se levantan columnas pareadas que sostienen un capitel único para las dos columnas y en el que descansan los arcos de medio punto. Consta de 38 capiteles con un programa iconográfico completo.

TIPOS DE PIEDRA Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El claustro fue construido con sillares de piedra arenisca. Presenta varios tipos de areniscas de varios tonos (marrones claros, amarillos) y diferente tamaño de grano:

1. Arenisca de color 2,5Y5/3. Tamaño de grano, entre 0,25 y 0,5 mm (arena media).
2. Arenisca de color 2,5Y7/4. Tamaño de grano, entre 0,25 y 0,12 mm (arena fina) y 0,25 y 0,5 mm (arena media).
3. Arenisca de color 10YR5/4. Tamaño de grano, entre 0,25 y 0,12 mm (arena fina).

ESTUDIO DE LAS ALTERACIONES

El estudio se ha centrado en la caracterización alterológica del claustro de San Pedro el Viejo, pero hay que señalar como dato de gran interés la presencia, en la fachada orientada al W de la entrada a la iglesia, de una grieta que sigue activa por asentamientos diferenciales de los cimientos.

De manera generalizada, existe una pátina cromática de tonos marrones, cuyo color correspondería a 10YR3/3 y que cubre en mayor o menor medida los sillares del claustro. En las columnas se distribuye la pátina según su orientación: las que dan al patio tienen menos pátina, les siguen las laterales y por fin las de orientación hacia el corredor. Las zonas donde falta pátina es por que ha sufrido arenización o descamación la arenisca, arrastrando la pátina consigo. Esta pátina es de color negro en la mayoría de los capiteles.

En las zonas orientadas al corredor, al patio y al exterior, encontramos decoloraciones, con distribución vertical, sobre todo en los arcos. En las orientadas al patio las decoloraciones afectan, además de la zona superior, a los capiteles y fustes. Asociada a estas decoloraciones, se registra en mayor o menor grado arenización. En las zonas protegidas y de interiores se da, sobre todo, arenización y presencia de eflorescencias salinas. En las exteriores se advierte ennegrecimiento en las zonas altas con un desarrollo vertical y en relación con las zonas de decoloraciones. Por último, se pueden ver pequeñas grietas dispersas en el claustro, así como algunos sillares con manchas de rubefacción.

El proceso generalizado es el de la arenización, que produce en menor medida descamaciones tanto en la arenisca como en la pátina. También encontramos algunas desplazaciones y alvéolos.

DISCUSIÓN

En todo el claustro hallamos en general un buen estado de conservación, si bien una gran parte de la piedra es de restauración. No obstante, algunos de los

capiteles que muestran gran arenización y deterioro en general fueron construidos y colocados hace menos de un siglo.

Las decoloraciones blancas son zonas de lavado producidas por el agua de lluvia ácida, que provoca una acción más destructiva en la piedra; así se explica la arenización que encontramos asociada a estas zonas de lavado. La arenización también aparece en las zonas inferiores como consecuencia del aporte de agua desde el suelo. La zona donde se da el máximo de oscilación en cuanto al contenido de humedad es donde encontramos el mayor deterioro. En cuanto al resto de orientaciones al patio, al no sufrir la evaporación tan intensa, permanecen húmedas en mayor superficie y tiempo. En estas la banda de oscilación del nivel de agua se encontraría en la zona media de los fustes y por eso el máximo de deterioro se centra en estas zonas.

Cuestión aparte son las zonas interiores y resguardas, como las capillas. En éstas el grado de arenización es alarmante. La humedad es la causante de ello, pues provoca que el agua que ha entrado en la piedra no pueda evaporarse, con lo que la arenización progresa hacia el interior de la roca.

En las zonas de los fustes el agua contenida en la roca se evapora antes por el hecho de que pasa de circular por un volumen de roca con una superficie amplia a hacerlo por menor volumen de roca y una mayor superficie específica por la que evaporarse. Esta es una circunstancia que facilita el proceso de arenización en estas zonas.

En el banco es característica la colonización por líquenes y descamación. En esta zona la piedra está saturada en agua durante más tiempo. La descamación sería un proceso más relacionado con los ciclos climáticos de hielo y deshielo que se producen en el agua que hay en el interior de la piedra.

La existencia de macetas sobre el banco corrido acelera el proceso de deterioro. En las zonas donde se ubican éstas, presenta grandes descamaciones y el grado de humedad es mayor.

Las sales que encontramos en el claustro se encuentran en zonas interiores y protegidas. En estos lugares también es común que se dé un elevado grado de arenización, lo que se halla en relación directa también con la humedad de la roca y la cristalización de sales que rompen la estructura interna de la misma.

El ennegrecimiento que encontramos, sobre todo en la fachada exterior sur, posiblemente sea debido a la contaminación del aire que, con ayuda del agua de lluvia, se deposita en la piedra.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El principal agente causante del deterioro es el agua. La lluvia, acidificada por efectos de la contaminación atmosférica actual, provoca un deterioro de desarrollo vertical en las zonas superiores de todo el edificio. Sería conveniente evitar esta acción del agua con una canalización del agua de las cubiertas y de la cornisa hacia zonas exentas de piedra e impermeabilizando los contactos de los canales.

Para evitar la subida de agua por capilaridad sería necesaria la impermeabilización de los cimientos de una manera eficaz. En cuanto a las zonas interiores y resguardadas, donde existe un elevado grado de humedad en el ambiente, sería necesaria su ventilación. Por último, recomendamos se retiren las macetas que se disponen sobre el banco del claustro o se evite que el agua de riego entre en contacto con la piedra, ya que esta acelera el proceso de deterioro de estas zonas.

MONASTERIO DE SIGENA

INTRODUCCIÓN

Localizado a unos 56 km al SE de la capital, geológicamente se halla en los depósitos aluviales de la llanura de inundación del río Alcanadre.

Sigena tiene hondas vinculaciones con la historia aragonesa desde su nacimiento como reino, gozó de la protección y el apoyo de varios de nuestros monarcas más importantes. Su nacimiento varía, según los autores, entre el 1183 (DEL ARCO y PANO) y el 1188 (UBIETO) y se explica por su ubicación. Desde su nacimiento y construcción, alrededor de los años 1188-1208, a su decadencia hacia 1281-1300 y su destrucción definitiva en 1936 por incendio, Sigena atraviesa una serie de vicisitudes ligadas a la vida de la corte.

Las características artísticas del monumento están sobradamente tratadas en los estudios correspondientes; no obstante, diremos que este conjunto está hecho de sumas y añadidos, de reformas y periodos de ocaso en los que no tuvo el más mínimo mantenimiento. Si su planta estructural sufre en sus elementos principales alteraciones menores, no ocurre lo mismo con las dependencias de habitación y corte. La gran cantidad de personas que llegó a albergar supuso una carga muy fuerte en la estructura y la planta del conjunto y la introducción de materiales de muy diversa índole y, con ellos, algunos factores de deterioro.

TIPOS DE PIEDRA Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Encontramos arenisca con tres variedades, dependiendo de su antigüedad. Aproximadamente el 90% del monumento está construido con sillares de este material. La arenisca original es una sublitoarenita de color ocre (10YR6/4), la de la restauración antigua., una litoarenita de color 5Y5/4 y grano fino (0,25 mm de tamaño medio). Por último, la de la última restauración es una calciarenita de color ocre claro (10YR8/4) de grano fino (0,25 mm de media).

ESTUDIO DE ALTERACIONES

En el ala este del claustro domina la arenización, generalizada y bastante intensa, distribuida por toda la superficie y asociada al resto de las alteraciones: abrasión, descamación y desplazación, principalmente. La rubefacción afecta al tercio superior y parece ser consecuencia del incendio de 1936. Por último, se encuentran ampollas, eflorescencias salinas y grietas.

En el ala sur del claustro predomina la descamación, seguida de una intensa arenización distribuida de manera similar a la del ala este. También hay abundantes ampollas y desplazaciones, mientras que las eflorescencias salinas, la abrasión y la alveolización son, proporcionalmente, menos importantes. En el exterior, el proceso más generalizado es la tafonización. Aparecen en menor grado abrasión, desplazación y colonización vegetal.

Un problema muy grave observable en todos los muros externos del monasterio, incluidos los del claustro, es el efecto de la restauración, que se efectuó colocando losas para tapar los sillares deteriorados en lugar de sustituirlos. Esta medida no remedia el problema sino que, a juicio de estos autores, lo agrava, ya que los procesos de alteración siguen activos pero no a la vista, lo cual dificulta su cuantificación.

En el interior de la iglesia, en el ábside sur, la arenización vuelve a ser el principal problema de alteración. Es un proceso muy intenso asociado a descamación y ampollas.

En el muro norte del coro las eflorescencias salinas asociadas con descamación y arenización son las alteraciones más reseñables; la rubefacción es aquí un fenómeno reducido.

La arenización, acompañada de rubefacción, destacan en la sala capitular. Es patente sobre todo en los arcos diafragma y en los muros norte y este, donde

también se aprecian sales hasta una altura de 1,80 m. El refectorio, recientemente restaurado, comienza a presentar problemas de eflorescencias salinas y arenización.

DISCUSIÓN

El problema más grave que encontramos en el monasterio de Sigüenza es el de la humedad por capilaridad y las eflorescencias salinas. La procedencia del agua hay que buscarla en el sustrato. VARÓN (1773) señala que el monasterio fue construido sobre una laguna. Lo más probable es que se tratara de un humedal o «paúl». El problema de la capilaridad se agrava en zonas como el ala este del claustro, la sala capitular o el muro norte del coro, debido a la presencia de un regacho de agua que discurre paralelo al muro este del claustro. Si observamos las losas del exterior de la sala capitular, justo por encima del regacho, podemos deducir una relación clara entre las eflorescencias salinas, la descamación y la arenización.

Asimismo, se advierte otra relación forma-proceso de alteración en el deterioro en la columna NE del panteón real, donde la descamación y la arenización serían el resultado de la conjugación del efecto de la humedad ya comentado, por un lado, y de su orientación, por el otro. Las variaciones de temperatura producen una dilatación diferencial entre las zonas internas y externas de la roca y se traducen en la descamación. Este fenómeno, coadyuvado por la acción del viento, favorece la desagregación granular y, en última instancia, la pérdida de material.

Otro hecho patente es la mayor alteración del interior respecto al exterior. Los arcos del antiguo dormitorio de dueñas se conservan aceptablemente, a pesar de estar al descubierto. Contrariamente, la sala capitular recientemente techada se encuentra mucho más deteriorada por un proceso actual. Una posible causa de esta diferencia podría estar en la elevada humedad de los recintos cuando estos se encuentran cubiertos. Según ESBERT y MARCOS (1983), si el aire está saturado de humedad no hay evaporación, no existe circulación y el agua avanza hacia el interior de la piedra. Sin embargo, para explicar en detalle la causa última de este deterioro tan fuerte y rápido sería preciso un estudio detallado de las humedades relativas del aire de estos recintos y de la piedra para determinar exactamente el sentido de la circulación del agua.

Como ya hemos comentado en la parte descriptiva, antes de la guerra civil se realizó una restauración a base de sustitución de sillares y colocación de losas

recubriendo los sillares alterados. Sin embargo, el deterioro ha seguido activo por detrás de estas losas con el agravante de que, al no estar a la vista, no es posible cuantificar su magnitud, al margen de no poder determinar si se produce, a escala reducida, el mismo efecto de velocidad de alteración de partes cubiertas frente a partes aireadas que hemos comentado más arriba. No obstante, en uno de los puntos que hemos podido observar se ha detectado un hueco de unos 25 cm, hecho que nos confirma la gravedad del asunto. Además, estos sillares y losas se están degradando superficialmente siguiendo la misma tónica que se ve en Montearagón en cuanto a la relación entre el tamaño del grano y la alteración.

En la zona de contacto entre el ábside sur y central encontramos un efecto de desplazación que atribuimos a procesos de gelivación.

RECOMENDACIONES

Urge un estudio detallado que debería contemplar, al menos, la dinámica del nivel freático en el suelo, mapas de humedades de muros, arcos y contrafuertes y determinación de humedad ambiental en las distintas salas del edificio. Aun a falta de este estudio, nos atrevemos a recomendar el desvío —o perfecta impermeabilización del canal— del regato de agua en el ala este del claustro, el drenaje del perímetro monumental y la impermeabilización de cimientos.

CATEDRAL DE HUESCA

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Huesca se halla enclavada sobre un cerro testigo en la depresión de la Hoya de Huesca. Se encuentra sobre materiales cuaternarios indiferenciados. La catedral se sitúa en el centro histórico de la ciudad.

Bajo el reinado de Jaime I se comenzó la edificación de la actual catedral en una plaza contigua a la mezquita-catedral. De 1294 a 1308 se construyó la cabecera de cinco ábsides, parte de los muros del crucero, la capilla de las naves laterales y la llamada sacristía vieja. De 1327 a 1348 se erigieron las columnas de la nave central y el abovedado de las laterales. Se comenzó la construcción de la torre-campanario sobre la actual sala capitular (antigua capilla de San Juan Evangelista) y en 1369 se levantó la cuarta planta del campanario, pero no se culminó hasta 1422. En 1410 es cuando se construyó la crujía meridional de un

claustro gótico que no llegó a terminarse. Ya en 1497-1499 se trabajó en el levantamiento a mayor altura de los muros del crucero, cubriéndolos con bóveda estrelladas, y los del ábside mayor. De 1509 a 1511 se realizaron las bóvedas de la nave central (ARCO, 1924; NAVAL, 1978 y DURÁN, 1991). Entre los años 1969 y 1971 se restauró con desencalado el interior de la catedral, se bajó el suelo al actual nivel y se quitó el coro de su primitiva ubicación. Exteriormente, se cambió la mayoría de la piedra sillar, mientras que en el interior las piedras sustituidas fueron muy pocas.

La fachada principal, orientada al oeste, consta de dos partes, una inferior gótica y la superior renacentista. En la inferior encontramos la portada, en la que se distinguen 14 estatuas a tamaño natural que representan once apóstoles y san Juan Bautista, san Lorenzo y san Vicente. Encima de cada estatua encontramos guardapolvos muy bien trabajados. De estos parten siete arcos ojivos, entre los que se disponen las estatuas de piedra de dieciséis mártires, catorce vírgenes, diez ángeles y ocho profetas.

TIPOS DE PIEDRA Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

La catedral está construida casi por completo con sillares de arenisca. Así, distinguimos dos tipos de areniscas: una litoarenita de tonos marrones, cuyo color corresponde al 10R6/4 y su tamaño de grano se sitúa entre 0,50 y 0,35 mm (utilizada en la restauración) y otra más oscura, 10R5/8, y de un tamaño de grano entre 0,25 y 0,12 mm. (arenisca original). Comparativamente la porosidad que presenta esta última es mayor que la litoarenita empleada en la restauración, aunque composicionalmente son semejantes.

ESTUDIO DE LAS ALTERACIONES Y DISCUSIÓN

El estado en el que se encuentra la piedra de restauración es en general bueno, aunque se empiezan a apreciar en las zonas bajas del edificio alteraciones, arenización y descamación. Estas alteraciones denotan problemas de ascensos de agua por capilaridad desde el sustrato y son en extremo alarmantes si consideramos que los materiales son de una restauración de hace 20 años.

En la fachada principal (W) estas areniscas no presentan alteraciones evidentes, excepto alguna descamación en algún sillar, hasta los 65 cm de altura, en que se advierte arenización, descamación y colonización vegetal. En la fachada sur encontramos descamaciones, ennegrecimientos distribuidos en chorreras y

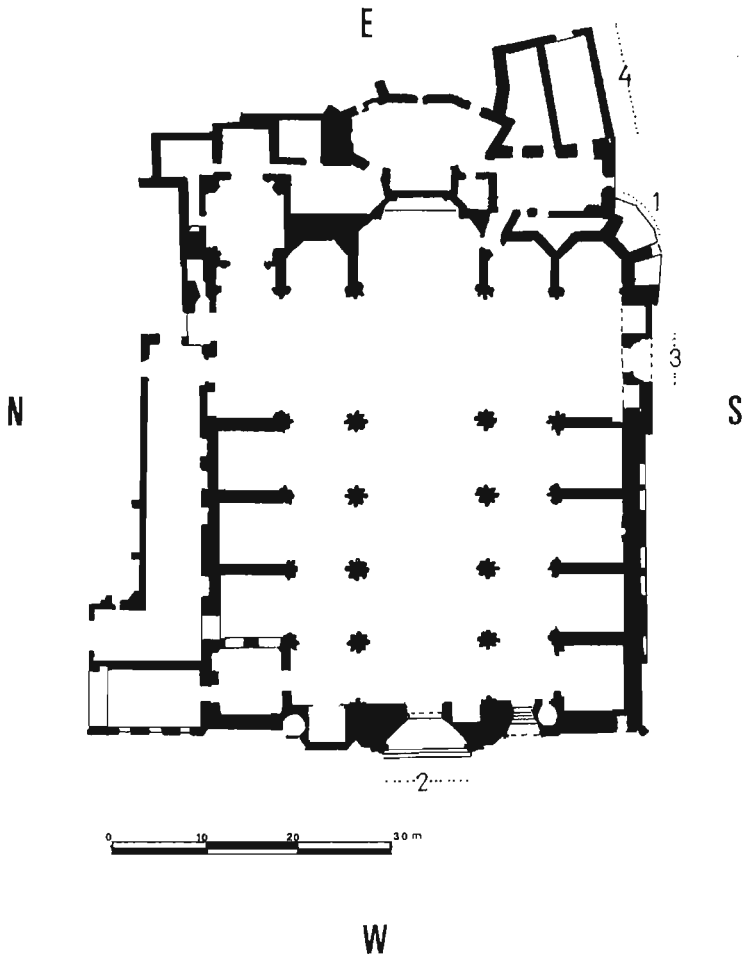


Fig. 4. Planta de la catedral de Huesca. Zona 1: zona de proliferación de líquenes. Zonas 2 y 3: portadas principal y meridional. Zona 4: fachada de la antigua sacristía conservada con materiales antiguos.

descamación asociada al ennegrecimiento. Aparecen estos ennegrecimientos en la zona de contacto de los contrafuertes con las paredes y alerones de la catedral, lo que parece producto de la contaminación y de la colonización vegetal.

En las paredes con orientación SE-E de esta fachada hay gran profusión de líquenes; facilita su presencia la ausencia del sol sobre estas paredes, por lo que se encuentran con un grado de humedad óptimo para el desarrollo de los líquenes.

La arenisca sin restaurar presenta un estado de conservación mucho peor. Posee el 80% de la superficie afectada por arenización (60%), descamación (15%) y alveolización (5%).

En la portada principal con orientación al W la arenisca presenta una pátina negra, irregularmente distribuida (20%). En un principio toda la portada estaría cubierta por esta pátina, eliminada posteriormente por arenización y descamación. Los alveolos se dan sobre todo en los 1,5 m inferiores y se encuentran siguiendo alineaciones de la propia arenisca. En la portada sur la pátina negra está más distribuida por toda la superficie que en la anterior; la arenisca se halla menos afectada por la arenización y por tanto en un mejor estado de conservación.

En la pared correspondiente a la antigua casa de la sacristía nos encontramos con un muro antiguo que ha evolucionado alterándose por descamación en la parte inferior, lo que ha dado sillares rebajados y con bordes redondeados. En la zona superior la alteración que se presenta es la alveolización. Los alveolos se desarrollan mayoritariamente siguiendo alineaciones estructurales de la piedra. Esta evolución parece lógica si seguimos un modelo cuyo agente principal de deterioro es el agua que sube por capilaridad desde el sustrato; los niveles inferiores permanecen durante más tiempo con el agua en el interior de la piedra, mientras que en la zona donde se producen los alveolos nos encontramos con la banda de fluctuación del nivel del agua según las variaciones climáticas. En épocas de calor se produce un máximo de evaporación del agua que provocaría el deterioro.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según el estudio que se ha realizado de una pared no restaurada de la catedral se ve que esta ha tenido problemas por el ascenso capilar de agua del suelo desde antiguo. Estos problemas no parece que hayan sido subsanados en la restauración realizada hace veinte años, ya que empezamos a encontrar sillares de restauración de las zonas bajas con problemas de arenización y descamación. Para evitar que se desarrollen más estas incipientes alteraciones sería necesaria una impermeabilización eficaz de los cimientos que evite el ascenso de agua por capilaridad.

CASTILLO DE MONTEARAGÓN

INTRODUCCIÓN

Se encuentra a unos 7 km al este de la ciudad de Huesca, en lo alto de un cerro y sometido por tanto al régimen de vientos, lluvias y contrastes de tempe-

ratura de la zona de una manera más agresiva que si se tratara de un lugar resguardado. La litología está constituida por materiales miocenos dispuestos en bancos de areniscas marrones que se intercalan con tramos más lutíticos.

El castillo-abadía de Montearagón fue construido (1086-1087) con fines militares. En 1089 se fundó una capilla real y ya en 1097 se instalaron en él los canónigos regulares agustinianos. La vida monástica duró hasta la desamortización de Mendizábal (1835). Poco después de la exclaustación, sufrió un incendio que lo redujo a ruinas. El castillo es de planta irregular y se adapta a la morfología de la loma en la que está ubicado. Dibuja un hexágono irregular con punta afilada hacia el este; su eje mayor es de dirección E-W (GUITART, 1976 y ESCO, 1987).

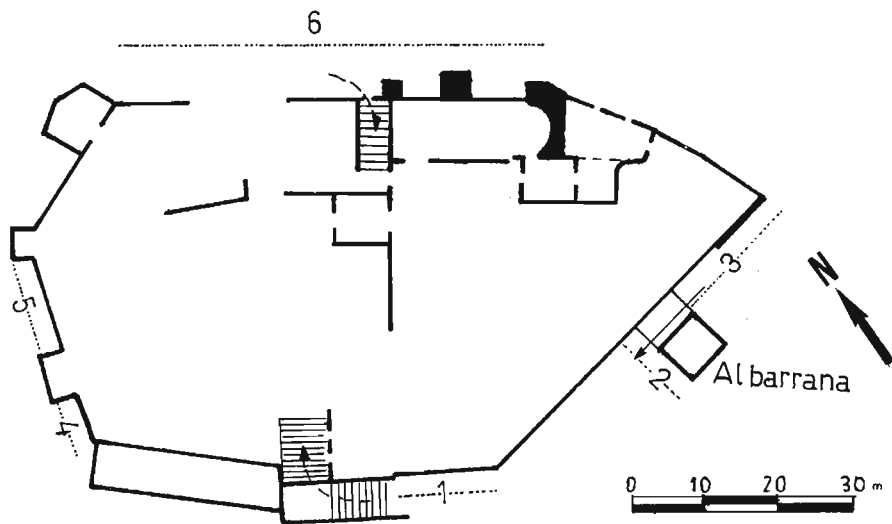


Fig. 5. Planta del castillo en su estado actual. La numeración corresponde a las diferentes fachadas estudiadas.

TIPOS DE PIEDRA Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El castillo está construido en su totalidad con piedra sillar de arenisca. Se han diferenciado dos tipos de areniscas, que se distribuyen aleatoriamente por todo el castillo:

1. Litoarenita con tamaño de grano entre 0,12 mm a 0,25 mm, con un color en corte fresco que oscila entre marrón (10YR5/8) y marrón amarillento (2,5Y5/6 ó 6/8) y, en superficie expuesta, marrón verdoso (5Y6/4).

2. Litoarenita de mayor tamaño de grano que la anterior (0,75-0,85 mm) con color superficial igual y, en corte, fresco verdoso (5Y7/3). Proporcionalmente, presenta mayor porosidad este tipo de litoarenita que el anterior. Entre estos dos tipos de areniscas existe una variabilidad con tamaños de grano intermedios; incluso pueden aparecer en un mismo sillar dos zonas diferenciadas con arenisca de diferente tamaño de grano.

ESTUDIO DE LAS ALTERACIONES

Encontramos de manera generalizada en el primer tipo de litoarenita un tipo de alteración: la alveolización. En el segundo tipo suelen predominar en ella los procesos de arenización y descamación. Las diferencias de alteraciones se destacan mucho más en las fachadas con orientación sur (mayor) y este (menor). Se aprecia de manera generalizada en todo el castillo (60%) la existencia de una pátina anaranjada que cubre la piedra.

El proceso de arenización se registra en todas las fachadas y se manifiesta como rebajamiento del sillar, desplazaciones, descamaciones o alveolos. También aparecen en todas las fachadas rubefacciones en mayor o menor medida.

Una forma de alteración que se da con frecuencia en estas fachadas de orientación N-NE es la desplazación y también la descamación. Otra alteración muy frecuente en todas las fachadas es la presencia de grietas y fracturas.

DISCUSIÓN

Como ya se ha visto, la construcción del castillo se efectuó con los mismos tipos de arenisca en todas las fachadas por lo que el factor de la variabilidad composicional no justifica por sí solo el diferente deterioro que se observa en las distintas orientaciones.

Las orientaciones SW y W presentan el mayor grado de deterioro por la presencia de alveolos. Las orientaciones NE se caracterizan por la masiva colonización de líquenes y hongos sin descamaciones ni desplazaciones y microalveolos. El grado de deterioro de estas fachadas es el menor.

Las orientaciones E y S se caracterizan porque en ellas se aprecia una diferenciación muy clara de las alteraciones según el tipo de arenisca presente. Las areniscas de grano fino sufren más deterioro que las de grano grueso; la forma de alteración de las primeras son los alveolos y, de las segundas, la arenización

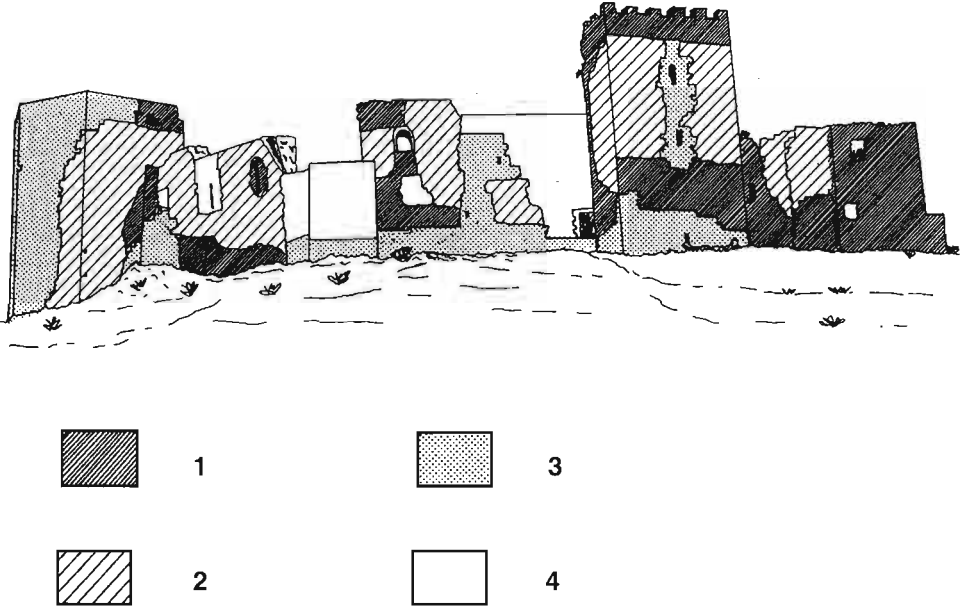


Fig. 6. Croquis de las fachadas de orientación W-NW. Se diferencian cuatro zonas. 1: arenisca antigua muy deteriorada. 2: arenisca poco deteriorada. 3: arenisca de la última restauración. 4: hormigón o cemento.

y la descamación. Según esto se puede decir que el tamaño de grano de la arenisca, junto con la orientación de la fachada, es un factor controlador del deterioro de la piedra.

El agente agresor que parece causar estas alteraciones es el agua, facilitado por la existencia de escombreras en contacto con las paredes.

Otro factor que influye en el deterioro de la piedra es la altura. Se ve que generalmente está más deteriorado el material más cercano al suelo. Esto podría ser debido a los efectos de capilaridad. Este mayor grado de deterioro se puede constatar en las zonas que fueron restauradas no hace mucho tiempo; la arenisca de restauración está empezando a alterarse (arenización) en los sillares más bajos, las dos o tres primeras hiladas desde el suelo.

Otra forma de alteración generalizada en el castillo es la presencia de una pátina anaranjada, que posiblemente sea de oxalatos de calcio. Se puede aventurar esta hipótesis por similitud con otros casos [LAZZARINI & SALVADORI (1989)

y DEL MONTE & SABBIONI (1987)] pero habría que corroborarla con análisis químicos. La presencia de esta pátina está asociada a un grado de conservación mucho mejor de la piedra.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El castillo está sufriendo una degradación importante en las fachadas S y W a causa de la humedad acumulada en los escombros y por ascensos de agua por capilaridad.

Sería importante desescombrar e impermeabilizar los muros S y W (los más dañados), con lo que se evitaría el progreso del deterioro —y derrumbamiento subsecuente—, mientras no se proceda a una restauración más completa del conjunto monumental.

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES GLOBALES

Las hemos dividido según los distintos factores que dan lugar a las alteraciones.

FACTOR CLIMÁTICO

Entre los monumentos estudiados, son el de Sigena, Alquézar y Montearagón aquellos que no presentan interferencias para su estudio en relación con la climatología. No obstante, Sigena, por el incendio sufrido y por la alteración debida a aguas freáticas, no es apto para sacar conclusiones climáticas. Alquézar nos proporciona un modelo válido para calizas. Montearagón suministra un modelo climático más generalizable, por estar construido con arenisca (el material más usado en los monumentos de la zona).

Conclusiones. El principal deterioro de origen climático en los monumentos estudiados es debido a ascensos capilares de agua en zonas de intensa evaporación y a acumulaciones de humedad. En segundo lugar estarían las oscilaciones térmicas y las heladas. En tercer lugar tendríamos la agresividad añadida del agua de lluvia por la contaminación, con efectos detectables en las aglomeraciones urbanas más importantes —Huesca y Barbastro.

Recomendaciones. Las recomendaciones respecto a problemas de aguas, ascensos capilares y humedades se ofrecen en el apartado «Factor arquitectónico».

En cuanto a las oscilaciones térmicas, hay dos vías de ataque al problema. Por un lado, medidas de dulcificación del entorno, con soluciones de tipo

«verde o ecológico» a través de árboles y plantas que reduzcan la oscilación térmica, así como la «siembra» de líquenes sobre la roca tras comprobar más detalladamente su efecto protector. En cualquier caso serían necesarios estudios específicos. La segunda medida hace referencia a los revestimientos de la piedra para impedir la entrada del agua en la roca y reducir los efectos de las heladas.

Hemos de recordar aquí que todos los monumentos estudiados tuvieron —en la época de su construcción y posteriormente— revestimientos de cal, argamasa o coloides naturales (leche, clara de huevos y grasa de animales), que permiten una muy buena protección de la piedra manteniéndola con su aspecto de «roca desnuda». No obstante, es necesario un estudio previo para poder recuperar de manera eficaz estos tratamientos.

FACTOR LITOLÓGICO

Básicamente hay dos tipos de rocas en los monumentos estudiados: la caliza de Alquézar y la arenisca de Huesca-Barbastro-Sigena. Como tercer tipo de material hay que incluir al ladrillo.

Conclusiones. La caliza de Alquézar se altera por disolución y por desagregación-pulverización, pero los dos procesos son moderados o reducidos; puede afirmarse que es el material de mayor calidad intrínseca.

La arenisca de Huesca-Barbastro-Sigena es el material más extendido. No hemos podido probar una relación clara entre la composición mineralógica de la arenisca y la facilidad de deterioro; contrariamente, sí hemos establecido una relación entre este parámetro y la granulometría de la roca. Este efecto no debe atribuirse al tamaño del grano en sí, sino al tamaño de la porosidad intergranular asociada a cada tamaño de grano y que aumenta proporcionalmente con el valor de este parámetro. Por tanto, las de grano más grueso se alteran menos que las de grano fino para una misma posición en el monumento.

Recomendaciones. En las restauraciones, siempre que sea posible, conviene elegir sillares de grano grueso; caso de no ser posible esta selección, se debe colocar los sillares de grano más grueso en las partes bajas de los muros y los de grano más fino en posiciones más elevadas.

Sería deseable un estudio de canteras en el que, además de controlar la granulometría promedio y el color de la roca aflorante, se estudiara la variación composicional para intentar establecer qué variedad es la más resistente a la

intemperie. Esto es especialmente interesante ya que el material —areniscas terciarias del valle del Ebro— presenta afloramientos extensísimos con características ornamentales muy parecidas, lo cual permite una selección en función de la composición más adecuada y resistente.

FACTOR ARQUITECTÓNICO

Los problemas pueden dividirse en:

a. Humedades en cimientos: Siempre son procedentes estudios detallados para preparar una impermeabilización total o parcial de cimientos. Maticemos en este sentido que Alquézar es el único monumento en el que este problema es relativamente poco importante, mientras que en Sigena urge una rápida actuación antes de que el deterioro del edificio sea irreversible.

b. Humedades provenientes de las cubiertas o el drenaje del edificio: Sería deseable que los tejados sobresalieran al menos unos 50 cm respecto a la vertical del muro del edificio. Esta recomendación no sólo evitaría deterioros por humedades sino también los de contaminación atmosférica. La evolución de la humedad de los muros en el interior del edificio debería controlarse a través de los mapas de humedades. Este control permitiría un adecuado diseño de ventilación-calefacción que, de una manera muy económica, contribuiría a una importante reducción de los procesos de deterioro en el interior de los monumentos.

c. Deterioros por agrietamientos debidos a asentamientos diferenciales: Aunque presente, este problema es minoritario y sin una importancia relevante.

d. Deterioros atribuibles a restauraciones inadecuadas: Nos parece notoriamente evidente que en ninguna de las restauraciones realizadas en los monumentos —tanto las actuales como en las de principios de siglo— se realizó un estudio de las causas de la degradación de la piedra. Prueba de ello son los importantes deterioros existentes en sillares instalados hace 20 años (catedral de Huesca) e incluso hace tan sólo un año (Sigena). También hay deterioros notables en las restauraciones de principios de siglo, aunque en este caso ya media un periodo de tiempo más dilatado. Más grave es el caso de Sigena, donde hay pruebas —especialmente en la sala capitular— de que el deterioro actual ha aumentado y puede estar inducido por las recientes restauraciones.

Así pues, recomendamos que se realicen estudios previos sobre las causas del deterioro, estudio que en Sigena urge se realice a corto plazo si queremos salvar esta joya de nuestro patrimonio.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDALUZ, N.; GISBERT, J. y MARÍN CHAVES, C. (1992). *Estudio previo del deterioro de los edificios histórico artísticos de la comarca de Caspe*. Informe Departamento de Geología de la Universidad de Zaragoza. 50 pp.
- ARCHIVO MUNICIPAL DE BARBASTRO (1521-1522). Legajo 178. *Actas del concejo*, f. 28 vº.
- ARCO GARAY, R. del (1915). El arte en el monasterio de Sigena. *Archivo de arte español*, pp. 101-120. Madrid.
- ARCO GARAY, R. del (1916). El castillo de Alquézar. *Linajes de Aragón*, VII, pp. 54-57. Zaragoza.
- ARCO GARAY, R. del (1922). *El castillo-abadía de Alquézar*. Madrid.
- ARCO GARAY, R. del (1924). *La Catedral de Huesca (monografía histórico-arqueológica)*. Ed. Vicente Campo. Huesca.
- BALAGUER, F. (1985). *Las capillas del claustro de San Pedro el Viejo*. Ed Institución Fernando el Católico. Zaragoza. Separata de la *Revista Seminario de Arqueología Aragonesa*, II.
- DEL MONTE, M. & SABBIONI, C. (1987). A study of the patina called scialbatura on imperian Roman marbles. *Studies in Conservation*, 32, pp 114-121.
- DUCHAUFOUR, P. H. (1970). *Manual de edafología*. Ed. Masson. Barcelona. 1975.
- DUNHAM, R. J. (1962). Classification of carbonate rocks according to deposicional texture. In W. E. Ham (ed.), Classification of carbonate rocks. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, 1, pp. 108-121.
- DURÁN GUDIOL, A. (1987). *El castillo-abadía de Montearagón en los siglos XII y XIII*. Colección temas aragoneses, n.º 59. Institución Fernando el Católico. Zaragoza. 214 pp.
- DURÁN GUDIOL, A. (1990). *La villa y la colegiata de Alquézar*. Instituto de Estudios Altoaragoneses. Huesca. 63 pp.
- DURÁN GUDIOL, A. (1991). *Guía de la Catedral de Huesca*. Obispado de Huesca. 47 pp.
- ESBERT, R. M. y MARCOS, R. M. (1983). *Las piedras de la catedral de Oviedo y su deterioración*. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Asturias. Oviedo. 147 pp.
- ESCO SAMPÉRIZ, C. (1987). *El monasterio de Montearagón en el siglo XIII; poder político y dominios eclesiásticos en el Alto Aragón*. Ayuntamiento de Huesca. 137 pp.
- FOLK, R. L. (1959). Practical petrographic classification of limestones. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.*, 43, pp. 1-38.
- FOLK, R. L. (1962). Spectral subdivision of limestones types. In W. E. Ham (ed), Classification of carbonate rocks. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, 1, pp. 62-84.
- GARCÍA-RUIZ, J. M.; PUIGDEFÁBREGAS, J. & CREUS, J. (1985). *Los recursos hídricos superficiales del alto Aragón*. Instituto de Estudios Altoaragoneses. Huesca. 224 pp.
- GUITART APARICIO, C. (1976). *Castillos de Aragón*, vol. I. Librería General. Zaragoza.

- LAZZARINI, L. & SALVADORI, O. (1989). A Reassessment of the formation of the patina called scialbatura. *Studies in consevation*, 34, pp. 20-26.
- MUNSELL (1990). *Soil color charts*. Edition revised. Munsell color. Macbeth division of Kollmorgen instruments corporation.
- NAVAL, A. y J. (1978). *Huesca. Siglo XVIII*. CAZAR.
- PANO GRACIA, J. L. (1988). Autores y cronología de la catedral de Barbastro (Huesca). *Artigrama*, 5, pp. 81-104. Zaragoza.
- PANO RUATA, M. de (1883). *El real monasterio de Sigena. Su historia y descripción*. Lérida.
- QUIRANTES, J. (1978). *Estudio sedimentológico del terciario continental de los Monegros*. Institución Fernando el Católico. Zaragoza. 207 pp.
- RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1986). *Geomorfología de las Sierras Exteriores oscenses y su piedemonte*. Instituto de Estudios Altoaragoneses. Huesca. 172 pp.
- SÁNCHEZ NAVARRO, J. A. (1988). Los recursos hídricos de las sierras de Guara y sus somontanos. Instituto de Estudios Altoaragoneses. Huesca. 336 pp.
- SÁNCHEZ NAVARRO, J. A.; MARTÍNEZ GIL, F. J.; SANROMÁN SALDAÑA, J. & DE MIGUEL CABEZA, J. L. (1988). Manifestaciones hidrológicas e hidroquímicas de flujos subterráneos procedentes de formaciones poco permeables del terciario en el somontano de Huesca. *Est. Geol.*, 44 (5-6), pp. 445-452.
- SÁNCHEZ RUBIO, A.; SALAS AUSENS, J. A.; BURILLO JIMÉNEZ, G. (1981). Gastos del concejo de Barbastro en la construcción y mantenimiento de edificios religiosos (1500-1550). *Seminario de arte aragonés*, 33, pp. 247-264. Zaragoza.
- SANCHO, C. y BENITO, G. (1990). Factors controlling tafoni weathering in the Ebro Basin (NE Spain). *Z. Geomorph N. F.*, 342, pp. 167-177. Berlín. Stuttgart.
- TOTH, J. (1963). A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. *Geophys. Research*, 68, pp. 4795-4811.
- UBIETO ARTETA, A. (1949). La construcción de la colegiata de Alquézar. *Pirineos*, 11-12, pp. 253-266. Jaca.
- UBIETO ARTETA, A. (1986). *El monasterio dúplice de Sigena*. Instituto de Estudios Altoaragoneses. Huesca. 32 pp.
- VALLÉS, J. (1985). *Así es... San Pedro el Viejo*. Ed. Guara. Zaragoza. 42 pp.
- VARÓN, M. A. (1773). *Historia del real monasterio de Sigena*. Pamplona.