

Petrografía, procedencia y alterabilidad del material pétreo utilizado en la construcción del Monasterio de San Millán de la Cogolla, Yuso (s.XVI-XVII), La Rioja

Petrography, provenance and alterability of the stone material used for the construction of the St Millán de la Cogolla Monastery, Yuso (16th to 17th centuries), La Rioja

García-Garmilla, F. (*), Zalbide, M. (**), Rodríguez-Maribona, I. (***) y Cano, M. (**)

(*) Universidad del País Vasco. Facultad de Ciencias. Dpto. Mineralogía y Petrología, Ap. 644, 48080-Bilbao. E-mail: nppgagaf@lg.ehu.es
 (***) LABEIN, Cuesta de Olabeaga 16, 48013-Bilbao. E-mail: maria@labein.es

ABSTRACT

A catalogue of the stone material employed for the construction of the San Millán de la Cogolla Monastery (Yuso) has been undertaken. The characterization of the rocks has enabled us to explain the provenance of the most part of the stones from several quarries very close to the monastery. We have also compared the different degree of alteration of the stone material. Whereas the brecciated limestones from Jurassic age employed for the construction of all the main walls and columns of the monastery, have a very resistant behaviour to weathering, the Tertiary sandstones and coarse-crystalline evaporites (gypsum) were destined to archs, archivolts, cornices and ornamental pieces and appear largely affected by dissolution processes showing a high degree of decomposition, particularly in the northern and western façades of the building. The evaporitic material has been specially conflictive with respect to the restoration works carried out the last year on this historic monastery.

Key Words: *petrography, rock source quarries, catalogation, lias, Tertiary, restoration.*

Geogaceta, 28 (2000), 63-66
 ISSN: 0213683X

Introducción

El Monasterio de San Millán de la Cogolla (Yuso) constituye un magnífico ejemplo de arquitectura religiosa española renacentista y del Barroco clasicista (fig.1). Durante el proyecto de restauración promovido por el Gobierno de la Comunidad de La Rioja, se procedió a catalogar el material pétreo empleado en la construcción del Monasterio (García-Garmilla, 1999), así como, a través de datos petrológicos, cartográficos e históricos, localizar las posibles canteras de procedencia de los distintos tipos litológicos. Finalmente, diversas acciones de caracterización del material, inspección de la morfología interna de elementos constructivos y estudios sobre humedades fueron encaminadas a la restauración de fachadas e interiores del edificio.

Con los datos que amablemente nos han facilitado Arrue Ugarte y Martínez Ocio (com. pers.), se deduce que la secuencia de instalaciones y reposiciones de material constructivo ha sido larga y compleja a lo largo de la historia de este Monasterio. Así, la «piedra» proveniente de las canteras de Briones ha sido utilizada desde 1538 y la de San Asensio desde

1549 para destinos diversos, entre ellos las bóvedas de crucería, el claustro bajo y la pared divisoria entre sacristías. En ambos sectores se extrajeron areniscas continentales del Mioceno. De 1595/96 data la utilización de «piedra caliza» en paredes; medios pilares, puertas y ventanas, además de cimientos, altares y gradas de bajada a la iglesia. Es la piedra que configura los sólidos muros del Monasterio, que consiste en calizas y dolomías brechoideas de edad Rhetiense-Lias inferior. Excepcionalmente, alguna arquivolta externa de la fachada occidental fue elaborada en materiales yesíferos miocenos de escasa durabilidad.

Otros aderezos posteriores consistieron en la colocación en interiores de morteros de pasta cerámica cuyo calentamiento derivó en cristalizaciones de cuarzo y variedades fibrosas de la sílice, además de sales evaporíticas muy solubles, que han dado lugar a numerosos problemas de estabilidad y preservación.

Metodología

Para la búsqueda de las canteras de origen de los diferentes tipos litológicos,

se ha cotejado, el análisis y el reconocimiento de detalle de las cartografías geológicas de distintos sectores próximos al edificio. Para la elaboración de la tipología litológica del Monasterio se ha utilizado la microscopía petrográfica convencional sobre un total de 40 muestras: 18 de carbonatos del Jurásico (12 del edificio y 6 de canteras próximas), 12 de calcarenitas terciarias (10 del edificio y 2 de canteras próximas), 6 de areniscas miocenas, 2 de yesos terciarios y 2 de morteros antiguos.

Tipos litológicos empleados en la construcción del Monasterio

Hemos reconocido cuatro litologías principales en el conjunto de la edificación, además de dos tipos de morteros antiguos. a) calizas y dolomías (Rhetiense-Lias inferior)

Constituyen, con mucho, el material mayoritario en la construcción del Monasterio, ocupando el conjunto de los muros y las columnas. Consisten en dolomías microgranulares hipidio-xenomorfos con textura «equant» en las que se pueden encontrar abundantes fantasmas

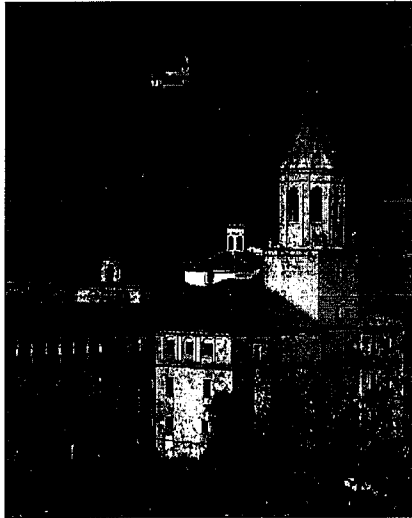


Fig.1.- Vista general del Monasterio de San Millán de Yuso. Al fondo, se ve el Monasterio de Suso (foto cortesía de Edileisa).

Fig 1.- General view of the San Millán de Yuso Monastery. The Monastery of Suso appears at the bottom (photo by courtesy of Edileisa).

(«ghosts») de oolitos (hasta casi un 70-85%) de 0.3-0.5 mm. de diámetro, en general, fuertemente recrystalizados y carentes de microestructuras internas («packstones») oolíticas dolomitizadas, fig.2a).

Hay también facies brechoides, en general escasamente dolomitizadas, con cantos angulosos que alcanzan tamaños centimétricos, cementados por calcita «equant» de textura «stubby» o «achaparrada» (fig.2b) y esparítica «blocky» (hasta un 20%). Estas facies albergan una alta porosidad (12-24%), aunque el grado de conexión entre poros es muy variable dada la desigual repartición del cemento. La matriz micrítica puede alcanzar en algunos puntos el 88% de la roca. Entre los aloquímicos destacan los ooides y los pellets fecales (pelmicritas brechificadas, fig.2c). Los procesos de disolución están representados por moldes de fenocristales dolomíticos de 2-3 mm. de tamaño (fig.2d), así como por poros móldicos que alojan relictos de texturas «chicken-wire» (en «palo de gallinero»).

El contenido fósil que se encuentra en las facies jurásicas es más bien escaso y poco representativo. Consiste en radiolarios, algunos foraminíferos mal preservados y fragmentos de algas cordáceas con sus característicos túbulos internos calcificados.

La comparación de estas facies con las descritas por Gabaldón *et al.* (1990), Boquera *et al.* (1978) y Ramírez Merino *et al.* (1990) permiten asignarles una edad Rhetiense-Sinemuriense.

b) calcarenitas del Paleógeno

Presentes en varias cornisas y algunos

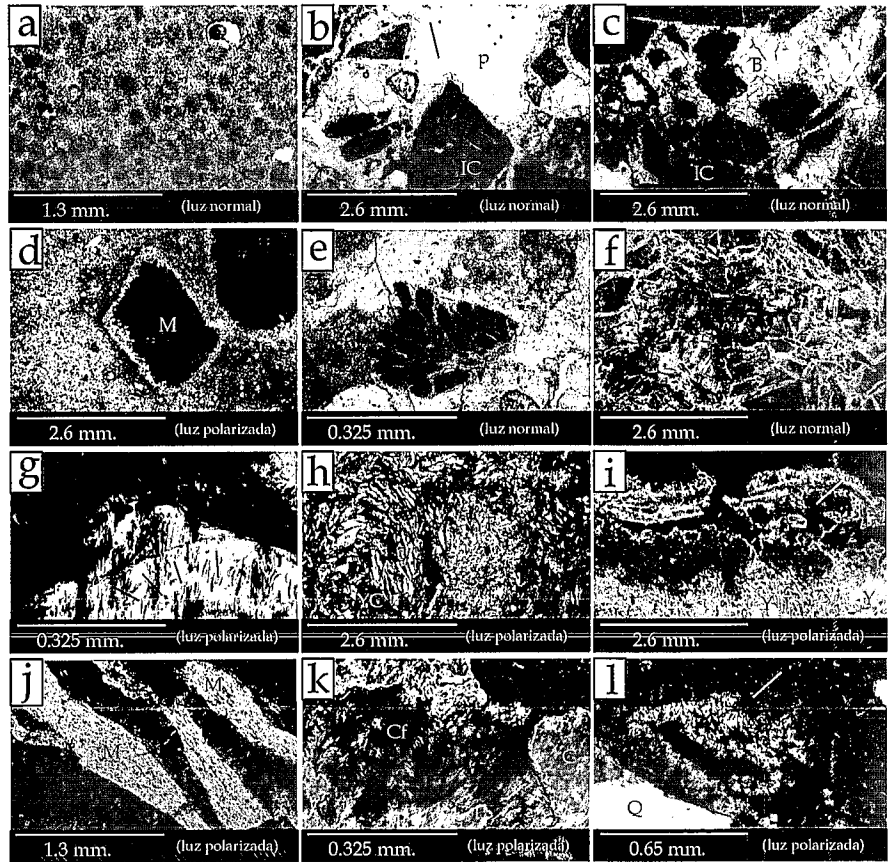


Fig.2.- Imágenes de microscopía óptica de los distintos materiales constructivos: Carbonatos jurásicos: a) facies oolítica fuertemente dolomitizada; b) brechas con intraclastos angulosos (IC) cementadas por calcita «stubby» (señalada con flechas). La roca muestra una porosidad (p) bien desarrollada; c) brechas con intraclastos pelmicríticos (IC) cementadas por calcita «blocky» (B); d) porosidad móldica (M) producida por disolución de un rombo de dolomita; Calcarenitas del Paleógeno: e) calcarenita con fragmentos de briozoos; Yesos miocenos: f) mosaico cristalino de yeso fibroso con las juntas abiertas entre los cristales debido a una intensa meteorización; g) crecimientos de yeso en continuidad óptica sobre los cristales originales; las flechas marcan el contacto entre ambas fases; h) yeso fibroso microcristalino (YF) y yeso en «sets» de cristales arracimados en texturas arqueadas (YC); Morteros: i) costras laminadas de carbonato de grano fino cuyo ligante es micrita. Hay algún grano aislado de cuarzo englobado (señalado con una flecha). Están fijadas a los yesos (Y); j) fragmentos micáceos policristalinos (M) rodeados por un ligante de pasta cerámica de sílice microcristalina; k) cristalizaciones de colemanita «blocky» (C) y fibrosa (Cf); l) recrystalizaciones de la matriz ligante a sílice microsferulítica (señalada con flechas). Se observan granos de cuarzo (Q).

Fig 2.- Transmitted-light microscopy images of the different constructive materials: Jurassic carbonates: a) strongly-dolomitized oolitic facies; b) breccias bearing angular intraclasts (IC) cemented by stubby calcite (arrowed). The rock exhibits a well-developed porosity (p); c) breccias bearing pelmicritic intraclasts (IC) cemented by blocky calcite (B); d) moldic porosity (M) produced by dissolution of a previous dolomite rhomb; Paleogene calcarenites: e) a calcarenite bearing bryozoan fragments; Miocene gypsum: f) a crystalline mosaic of fibrous gypsum showing the crystal boundaries opened owing to intense weathering; g) syntaxial gypsum in optical continuity upon the original crystals of gypsum; the arrows mark the contact line between both stages; h) microcrystalline fibrous gypsum (YF) and gypsum forming sets composed by clustered crystals picturing bow-like textures (YC); Mortars: i) fine-grained carbonate laminated crusts having micrite as linker. Some scarce quartz grains (arrowed) can also be observed. The mortar is fixed to gypsum (Y); j) polycrystalline micaceous fragments (M) surrounded by a linker consisting on a ceramic paste of microcrystalline silica; k) colemanite as blocky crystals (C) and fibrous needles (Cf); l) the linker matrix is recrystalized in places to microspherulitic silica (arrowed). Detrital quartz grains (Q) are also observed.

motivos ornamentales del exterior, están representadas por litarenitas y sublitarenitas arcóicas (Pettijohn *et al.*, 1987) ricas en cemento carbonatado (esparita) y matriz carbonatada (micrita). El contenido fósil es, en general, muy pobre, como

corresponde a las facies predominantemente continentales, si bien localmente pueden encontrarse finas intercalaciones de calcarenitas de ambientes marinos someros con foraminíferos, fragmentos de placas de equinodermos, fragmentos de

bivalvos (ostreidos), fragmentos de algas verdes y rojas, restos de colonias de briozoos (fig.2e) y *Microcodium*. La tabla 1 resume las características composicionales y texturales del material calcarenítico empleado en la construcción del Monasterio de San Millán de Yuso.

Las facies más próximas al Monasterio que coinciden con estas características han sido descritas por Portero *et al.* (1979), quienes atribuyeron al conjunto una edad de Maastrichtiense sup.-Thanetiense. La serie se compone de dolomías y calcarenitas con una importante influencia terrígena. Sin embargo, no sabemos con certeza si la unidad fue explotada de manera irregular a lo largo de varios asomos situados al norte de San Asensio, en trabajos de poca envergadura pensados para abastecimientos locales.

c) areniscas del Mioceno

Fueron utilizadas para la confección de cornisas exteriores e interiores, nervios de las naves laterales, paredes internas y losas del suelo. En general, son sublitarenitas y grauwacas líticas mal seleccionadas (Pettijohn *et al.*, 1987), con tamaños de grano comprendidos entre 0.3 y 1 mm y con una elevada proporción de fragmentos de rocas sedimentarias más antiguas, sobre todo, areniscas tanto calcáreas como silíceas. Ocasionalmente aparecen fragmentos de lutitas ricas en clorita, pellets de origen fecal y trazas de rizocreciones mal preservadas. La matriz tiene una composición mixta de carbonato de grano fino (micrita) y clorita. Facies de este tipo han sido descritas en el Mioceno continental de la región por Gabaldón *et al.* (1990), Olivé *et al.* (1990) y Ramírez Merino *et al.* (1990).

d) yesos del Mioceno

Muestran texturas integradas por yeso fibroso en cristales de 1-2 mm. de tamaño, con abundantes contactos suturados entre ellos. El mosaico cristalino se suele desmembrar en el caso de un fuerte grado de alteración (fig.2f). En cambio, en las texturas mejor conservadas, el grado de suturación entre cristales es elevado, destacando los crecimientos de yeso removilizado en continuidad óptica sobre los cristales originales (fig.2g). Los cristales se presentan normalmente elongados e incluyen pequeños «laths» de anhidrita. Hay también texturas de yeso fibroso microcristalino y yeso en «sets» de cristales arracimados con diferente orientación que dibujan texturas arqueadas (fig.2h). El yeso puede encontrarse igualmente removilizado a favor de fracturas de hasta 0.5 mm de anchura.

Las texturas observadas sugieren una roca formada por cristalización «in situ»

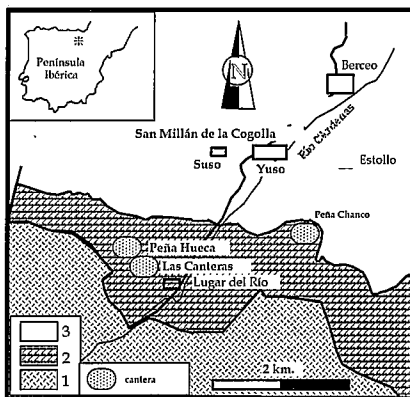


Fig.3.- Mapa de los alrededores del Monasterio de Yuso con la localización de las canteras de procedencia de las calizas y dolomías brechoides. 1: Paleozoico; 2: Triásico/Jurásico; 3: Oligoceno/Mioceno.

Fig.3.- Map of the Yuso monastery surroundings showing the location of the quarries from which the brecciated limestones and dolomites were obtained. 1: Palaeozoic; 2: Triassic/Jurassic; 3: Oligocene/Miocene.

inicialmente en ambientes evaporíticos. Desde el punto de vista constructivo, el material es muy inestable y fuertemente alterable, habiendo causado muchos problemas las piezas de la arquivolta superior de la puerta lateral de la fachada oeste del Monasterio. Yesos con estas características se encuentran asociados a areniscas poco cementadas en las formaciones del Mioceno medio comentadas en el apartado anterior. Dada la facilidad de labrado y la relativa similitud en muestra de mano del material yesífero con los materiales areniscosos comentados en los dos apartados anteriores, no es de extrañar que se incorporaran algunas piezas yesíferas a la edificación del Monasterio, con un resultado constructivo pésimo a largo plazo.

e) materiales sintéticos (morteros antiguos)

Sobre el material yesífero de la arquivolta referida al final del párrafo anterior, se han podido observar algunas costras laminadas de colores marrones cuyo espesor máximo es de 1.5 mm (fig. 2i). Se trata muy probablemente de un antiguo mortero de carbonato de grano fino cuyo ligante es micrita, que engloba algunos granos aislados de cuarzo. Su aspecto actual evidencia un grado de deterioro importante, con una costrificación externa en avanzado grado de descomposición.

Por otra parte, en uno de los basamentos interiores de la iglesia del Monasterio, se observó un material blanquecino muy deleznable. Al microscopio óptico, se ve que consiste en una pasta cerámica

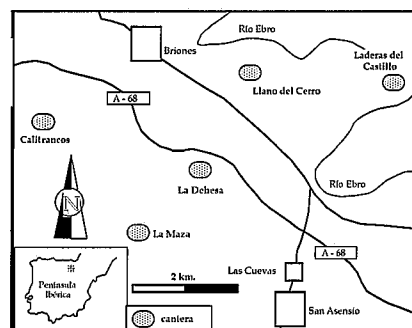


Fig.4.- Mapa de localización de los afloramientos de areniscas miocenas situados en las proximidades de San Asensio.

Fig.4.- Map showing the location of several exposures of Miocene sandstones at the surroundings of San Asensio town.

de grano muy fino constituída por sílice microcristalina entremezclada con minerales fibrosos (posiblemente minerales de la arcilla) en baja proporción y algo de carbonato disperso. «Flotando» en esta matriz, se encuentran granos de cuarzo monocristalino (algunos de ellos con terminaciones en caras y aristas bien formadas), fragmentos de areniscas muy ricas en cuarzo, fragmentos de subarcosas, fragmentos de limolitas micáceas, fragmentos micáceos policristalinos (fig.2j), y fenocristales muy birrefringentes de minerales afines a los boratos. Algunos de estos fenocristales muestran ramificaciones fibrosas hacia el borde, recordando los hábitos cristalinos típicos de la colemanita ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, fig.2k). La matriz silícea es de grano muy fino y muy homogénea, aunque en determinados puntos se constata la existencia de zonas alteradas con segregaciones de minerales opacos (probablemente óxidos de menas metálicas), muy cuarteadas y agrietadas. También esta matriz sufre en determinados puntos recristalizaciones radiales a sílice microesferulítica (fig.2l).

La textura de este mortero es del tipo «mud-support», con los granos rodeados por la matriz de pasta cerámica. Se aprecia un resquebrajamiento que se concentra en determinadas zonas matriciales, sobre todo en las más alteradas, lo que ha dificultado mucho la elaboración de la muestra de lámina delgada. El mortero tiene una porosidad que puede cifrarse en torno al 20%, sobre todo en forma de fracturas alargadas de distribución irregular. El efecto del calentamiento al que se sometió al mortero dió lugar a la precipitación de cemento sintaxial de cuarzo, recristalización de sílice a formas fibrosas esferulíticas y formación de boratos fibrosos periféricos a los grandes cristales.

Tabla 1. Composición y Textura de las Calcarenitas del Monasterio de San Millán de la Cogolla (Yuso)

Qmonocrist 45-58	Qpolocrist 1-3	Elag. 1-3	EdK 3-7	Er.metamórficos -	Er.chert 0.5-3	Er.volcánicas 0-2	Er.sedimentarios 4-32 (intraclastos)
Min. acc. 3-5	Fósiles 4-9	Matriz 4-38 (micrita)	Cemento 9-14 (calcita) 0-2 (dolomita)		Ø (mm) 0.12-0.31	Sorting (Powers) 0.40-0.44 (resultados en porcentajes)	Porosidad 7-13 (intergranular)

Degradación de la roca y acciones de restauración

El estado de conservación de las dolomías brechoides de los muros perimetrales no presenta alteraciones significativas, excepto algunas colonizaciones de plantas superiores. Por lo tanto, no fue necesario intervenir sobre este material, excepto la eliminación de la capa vegetal.

La caliza brechoide que constituye las columnas interiores de la iglesia está poco modificada. Sin embargo, las zonas de interfase entre este material y la camisa de hormigón presentan un mayor grado de alteración, por lo que se hizo precisa la reposición de material en las partes más afectadas.

En cuanto a las calcarenitas, areniscas carbonatadas y material yesífero, estas litologías se encuentran muy alteradas al ser materiales más susceptibles de meteorización, por lo que precisaron de un tratamiento superficial de consolidación e hidrofugación, siendo necesario, en casos puntuales, reponer las piezas dañadas.

Conclusiones: procedencia y caracterización del material constructivo

El reconocimiento de campo de las formaciones litológicas afines con los rasgos petrológicos estudiados, así como de las canteras de las que se sabe documentalmente que la explotación para la obtención de piedra de sillería data de cuatro a cinco siglos atrás, ha permitido determinar la procedencia de la mayor parte del material constructivo empleado en el Monasterio de San Millán de Yuso. La piedra de cantera correspondiente a las calizas y dolomías brechoides se extrajo principalmente de las zonas de «Peña Hueca» y «Las Canteras», ambas situadas en Lugar del Río, a 2 km. de San Millán, así como de Peña Chanco (fig.3). Las calcarenitas paleógenas se emplearon para sustituir a una parte de las de la zona de San Asensio; sin embargo, los únicos asomos calcareníticos relativamente cercanos al Monasterio hay que encontrarlos al

oeste del diapiro de Peñacerrada. No disponemos, por el momento, de evidencias que nos permitan precisar mejor el origen de este material. En cambio, con mayor certeza, las areniscas miocenas provienen en su mayor parte de diversos afloramientos de la zona de San Asensio: «Calitrancos», «La Dehesa», «La Maza», «Llano del Cerro» y «Laderas del Castillo» (fig.4). Sin embargo, es problemático situar en las canteras los puntos exactos de extracción de los materiales yesíferos, dado que afloran en forma de niveles muy concretos y su explotación debió ser muy minoritaria y ocasional, con lo cual no ha quedado constancia documental sobre su procedencia exacta ni rasgos de explotación en cantera visibles en la actualidad.

Cuatro tipos litológicos componen el material utilizado en la construcción del Monasterio de San Millán de la Cogolla (Yuso):

1) Calizas y dolomías brechoides del Rhetiense-Lias inferior.- muy fracturadas y heterogéneas litológica y texturalmente, sin embargo, su grado de cementación y recristalización las hace muy sólidas y resistentes.

2) Calcarenitas del Paleógeno.- fácilmente tallables para molduras, arquivoltas u otras piezas con motivos u ornamentaciones, son, sin embargo, muy poco resistentes a los procesos de meteorización, dado el elevado contenido en carbonato que presentan, tanto en sus cementos naturales como en sus partículas constituyentes. Además, tampoco mecánicamente parecen ofrecer garantías, por lo que la instalación de sillería de caliza jurásica sobre ellas se traduce en un efecto de presión que, a lo largo de los siglos, ha provocado su disgregación mecánica. Muchas de estas piezas calcareníticas debieron sustituir a otras originales de areniscas continentales del Mioceno.

3) Areniscas del Mioceno.- también resultan problemáticas por su bajo grado de consolidación. Ha dado mejor resultado su utilización en los interiores de la iglesia y losas del suelo.

4) Yesos del Mioceno.- se trata de rocas con textura cristalina gruesa, químicamente muy inestables debido a su composición exclusiva a base de yeso. Su alteración en superficie, cuando es muy fuerte, se traduce en la apertura de fisuras de 0.5 a 1 mm de anchura entre los cristales, con la instalación subsiguiente de óxidos metálicos en su interior.

Además, se ha constatado la existencia de morteros antiguos muy degradados, que se componen esencialmente de granos de cuarzo con un ligante de carbonato micrítico, o bien pastas cerámicas síliceas recalentadas que han dado lugar a recristalizaciones de sílice y boratos complejos del tipo de la colemanita.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Consejería de Patrimonio y Medio Ambiente del Gobierno de La Rioja. Agradecemos a Begoña Arrue Ugarte y M^a Jesús Martínez Ocio (Universidad de La Rioja) los datos que nos han facilitado en relación con la historia constructiva del Monasterio.

Referencias

- Boquera, J. et al. (1978): *Mapa Geológico de España 1:50.000: Hoja 240 (Ezcaray)*. I.T.G.E. Madrid, 51pp.
- Gabaldón, V. et al. (1990): *Mapa Geológico de España 1:50.000: Hoja 202 (Santo Domingo de la Calzada)*. I.T.G.E. Madrid, 34pp.
- García-Garmilla, F. (1999): *Estudio petrográfico del material de construcción del Monasterio de San Millán de la Cogolla (Yuso) y muestras tomadas en canteras próximas*. UPV/EHU-LABEIN (no publicado). Leioa, 144pp.
- Olivé, A. et al. (1990): *Mapa Geológico de España 1:50.000: Hoja 203 (Nájera)*. I.T.G.E. Madrid, 28pp.
- Pettijohn, F.J.; Potter, P.E. & Siever, R. (1987): *Sand and Sandstone*. Springer Verlag. New York, 553pp.
- Portero, J.M. et al. (1979): *Mapa Geológico de España 1:50.000: Hoja 170 (Haro)*. I.T.G.E. Madrid, 43pp.
- Ramírez Merino, J.I. et al. (1990): *Mapa Geológico de España 1:50.000: Hoja 241 (Anguiano)*. I.T.G.E. Madrid, 63pp.