

Materiales utilizados en el patrimonio arquitectónico: la arenisca roja de la catedral de Astorga (León)

R. Jiménez Martínez, E. Álvarez Areces, J. Mendiña y J.A. Martín Rubí

Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Ríos Rosas 23, 28023 Madrid, España.
r.jimenez@igme.es; e.alvarez@igme.es; j.mendiña@igme.es; ja.martin@igme.es

RESUMEN

En este trabajo se determina la procedencia de la arenisca roja empleada en la construcción de la catedral de Astorga. Esta roca presenta como carácter distintivo una serie de minerales de origen hidrotermal rellenando fracturas, entre los que destacan unos cristales de anatasa que por su hábito, color y transparencia, constituyen una rareza mineralógica única en la región. La presencia de fracturas con este polimorfo de TiO_2 en una cantera de arenisca situada al sur de la población de Astorga, nos permite confirmar la procedencia de esta roca que ha aportado materiales para una de las torres de la catedral de Astorga.

Palabras clave: anatasa, arenisca roja, localización de canteras, patrimonio arquitectónico, piedra natural

Building-stone used in architectural heritage: red sandstone of Astorga cathedral (León)

ABSTRACT

The unequivocal origin of the red sandstone used for Astorga cathedral was studied in this paper. This red sandstone presents distinctive hydrothermal minerals filling fractures, the most conspicuous are anatase crystals with characteristic habit, colour and transparency, quite rare in the region. The identification of fractures filled with this TiO_2 polymorph in an abandoned sandstone quarry south of Astorga allowed us to confirm the origin of the rock used for one of the towers of Astorga cathedral.

Key words: anatase, architectural heritage, natural building stone, quarries location, red sandstone

Introducción

Dentro del proyecto del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), "*Caracterización tecnológica de las piedras de construcción empleadas en patrimonio cultural del Camino de Santiago*", se está realizando un estudio de los monumentos más importantes localizados en los alrededores de esta vía de peregrinación, poniendo especial énfasis en los materiales utilizados y por tanto en la localización de las labores que han suministrado las rocas empleadas en la construcción de este patrimonio. Esto es debido a que la normativa de ensayos requiere gran cantidad de muestra para la realización de ensayos, por lo que la caracterización tecnológica se suele llevar a cabo sobre muestras extraídas en cantera.

En nuestro paso por la comarca de La Maragatería en León, nos llamó la atención la utilización de las rocas del entorno más inmediato en el patrimonio arquitectónico, sobre todo en lo que se refiere a fábricas de mampostería. Así, las rocas que aparecen con mayor profusión son las siguientes:

- Cuarcitas de la Serie de los Cabos, pizarras de Luarca y pizarras de la Fm. Agüeira (Cámbrico-Ordovícico). Las pizarras también son utilizadas en cubiertas.

Sin embargo, en fábricas de sillería, se utilizan tanto rocas de afloramientos próximos (areniscas grises y verdosas de la Serie de Los Cabos y calizas de Vegadeo), como rocas procedentes de zonas más alejadas (Piedra de Boñar) y otras cuyas canteras se desconocía hasta ese momento (areniscas rojas).

Se hizo por tanto necesario localizar estas canteras para poder llevar a cabo el muestreo suficiente que nos permitiera caracterizar petrofísicamente estas areniscas que como veremos aparecen en algún edificio de gran relevancia como es la catedral de Astorga.

Antecedentes históricos de la Catedral de Astorga

El empleo de la arenisca roja como elemento de construcción en el patrimonio arquitectónico queda reflejado en la catedral de Santa María de Astorga.

El edificio, situado en el núcleo histórico de la ciudad y muy próximo a otras construcciones singulares como la muralla, el Palacio Episcopal de Gaudí, el Hospital de las Cinco Llagas, la iglesia de Santa Marta y la Capilla de San Esteban, constituye junto con éstos un importante y destacado conjunto monumental.

Comenzada a construir en el año 1471, la actual catedral surge como ampliación y reconstrucción de una iglesia románica anterior datada en el s. XI (Viñayo, 1999). Su fachada evidencia una mezcla de elementos góticos, platerescos y barrocos, siendo destacable el empleo de diversos materiales pétreos como son la arenisca roja en la Torre Nueva, también denominada Torre de las Campanas (Figura 1), las areniscas ordovícicas en la Torre Vieja, fachadas oriental, occidental y ábside, y la piedra de Boñar (Dolomía del Cretácico) en el cuerpo central de la fachada principal, que destaca por su imponente labrado, constituyendo uno de los elementos más singulares y representativos de este edificio.



Figura 1. Torre Nueva o de las Campanas de la catedral de Astorga
Figure 1. New Tower or Bells Tower of Astorga's cathedral

El templo no presenta planta de cruz latina como es habitual y se estructura mediante tres altas naves cubiertas por bóveda de crucería y triple cabecera, con capillas de estilo gótico (s. XV) y renacentistas (s. XVI) en sus naves laterales, siendo la nave principal de mayor anchura.

Juan de Hontañón comenzó la fábrica ojival, en las naves y el ábside y las obras se prolongan en sucesivas etapas hasta el siglo XVIII, siendo el interior de la catedral principalmente de estilo gótico-tardío (de Hita, *et al.*, 1993). En cuanto a su alzado, presenta dos niveles: el de los arcos formeros agudos y en la parte superior un amplio claristorio con grandes ventanales también de perfil ojival. La fachada principal, de estilo barroco, consta de dos torres con un cuerpo central unido a las mismas por arbotantes decorados con volutas o balaustradas muy similares a los de la catedral de León. En el cuerpo central destaca el retablo pétreo con escenas neotestamentarias y un gran rosetón con temas vegetales sobre el que se dispone el escudo de la monarquía. La Torre Vieja se construye entre los siglos XV y XVII y la Torre Nueva, situada a oriente, es de estilo barroco y se levanta entre los siglos XVII y XVIII.

Materiales

Para la caracterización de la arenisca procedente de la catedral y aprovechando que desde el Obispado de Astorga se estaban realizando algunas intervenciones en la Torre de las Campanas, fue posible la toma de 3 muestras a distinta altura. Estas muestras fueron recogidas de sillares alterados y de zonas poco visibles sin acceso desde el exterior. Consisten en pequeñas costras superficiales en una de las cuales se apreciaba una fractura rellena de minerales claros.

En lo que se refiere a la toma de muestras en la cantera, que a la postre resultaría ser el lugar de extracción de esta arenisca, se recogieron 7 bloques de distinto tamaño ya que, al ser esta roca uno de los litotectos seleccionados en el proyecto de caracterización tecnológica de rocas utilizadas en el patrimonio arquitectónico, fue necesario obtener las probetas requeridas según la normativa para realizar una caracterización geoquímica y una batería completa de ensayos petrofísicos.

Metodología

La caracterización petrológica, tanto de las muestras del monumento como las de la cantera, incluye los siguientes estudios y análisis:

- Caracterización petrográfica: se han considerado los caracteres que se relacionan a continuación:
- Caracterización macroscópica: observaciones de visu de los caracteres macroscópicos.
- Caracterización microscópica: realizadas con una lupa binocular marca Olympus modelo SZX9 y con microscopio marca Olympus modelo BX51, ambos con cámara fotográfica incorporada.

En el caso de las muestras procedentes del monumento, se determinaron las especies minerales que rellenan las fracturas mediante difracción de rayos X (DRX) en un equipo XPERT PRO de Panalytical, perteneciente a los laboratorios del IGME. El análisis se ha realizado mediante el método del polvo cristalino, con tubo de cobre, monocromador de grafito, rendija automática y detector X'Celerator. Se ha utilizado el software High-Score de Panalytical.

El resto de los análisis y ensayos realizados sobre las muestras procedentes de la cantera, no son necesarios para la consecución de los objetivos propuestos en este trabajo, por lo que no se incluyen los resultados.

Resultados y discusión

Caracterización petrológica de la arenisca de la catedral

Desde el punto de vista macroscópico, las muestras estudiadas corresponden a areniscas de grano fino de aspecto masivo, que tienen coloración variable con tonalidades rosáceas o rojizas, aunque su examen en detalle pone de manifiesto la presencia de una fina laminación sedimentaria paralela difícilmente perceptible. Estas areniscas presentan algunas fisuras con relleno arcilloso blanquecino en el que se encuentran dispersos cristales idiomorfos de minerales opacos de tamaños milimétricos; el grosor de estas fisuras oscila por lo general entre 1 y 10 mm.

El estudio microscópico pone de manifiesto que se trata de meta-areniscas arcósicas de grano fino cuyos sedimentos originarios derivan posiblemente en buena parte de la erosión de rocas volcanoclásticas de grano fino y de composición riolítica.

La mineralogía principal de estas areniscas consta de cuarzo y feldespato potásico, con escasas proporciones de plagioclasa albitica. Como minerales accesorios se encuentran biotita, anatasa, circón, apatito, opacos y posiblemente algo de titanita. Entre los minerales secundarios se encuentran principalmente clorita, sericita, óxidos de hierro y opacos.

La textura es blasto-samítica de grano fino (0.1 mm), no apreciándose deformaciones significativas de los componentes minerales.

El mineral más abundante es el feldespato potásico, que se encuentra como cristales subidiomorfos o fragmentos angulosos o subredondeados, con una distribución de tamaños bastante homogénea. Se trata de microclina que puede estar zonada y puede presentar maclas en enrejado variablemente definidas.

El cuarzo se encuentra principalmente como cristales alotriomorfos o algo subidiomorfos en las zonas más recristalizadas; con frecuencia tienen hábitos poiquilíticos y constituyen una base que empasta al resto de los minerales. Estos cristales de cuarzo son ricos en inclusiones muy finas de minerales opacos y que pueden en algunos casos evidenciar zonados de crecimiento. En menor proporción aparecen clastos de cuarzo angulosos o redondeados que pueden presentar recrecimientos.

También se encuentran agregados policristalinos de filosilicatos secundarios (clorita y sericita) y minerales opacos de grano muy fino, entre los que se identifican restos de biotita parcialmente alterados. Estos agregados de filosilicatos proceden en parte de la alteración de biotita, aunque aparecen algunos agregados cloríticos que proceden de la alteración de minerales ferromagnesianos no identificables.

Entre los minerales accesorios es de destacar la presencia de anatasa, que puede formar cristales idiomorfos o alotriomorfos que con frecuencia tienen hábitos poiquilíticos, englobando a otros minerales. Los cristales de mayor tamaño suelen encontrarse en las zonas en las que el cuarzo está más recristalizado.

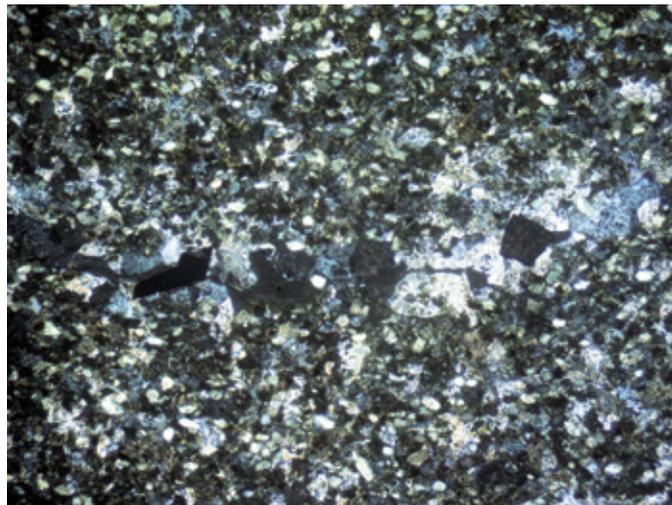
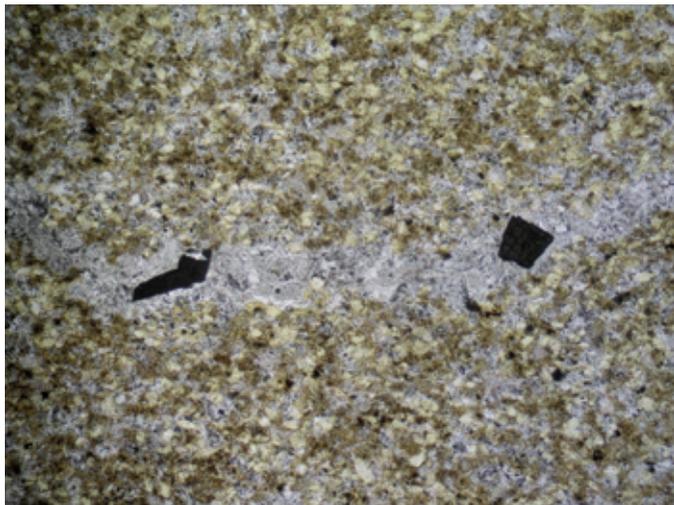
El circón es también un mineral accesorio relativamente frecuente y aparece como cristales idiomorfos, fragmentados o redondeados por la erosión.

Las relaciones texturales y las características de los minerales de estas rocas parecen indicar que han sufrido recristalizaciones y transformaciones que podrían estar relacionados con procesos metamórficos-hidrotermales asociados a alguna intrusión no aflorante.

En cuanto al relleno de las fracturas, se observa que están constituidas de cuarzo, en forma de cristales prismáticos algo corroídos y feldespatos muy alterados a caolín (Figuras 2 y 3).

Los minerales oscuros son cristales idiomorfos de anatasa, formando bipirámides cuadrangulares con los vértices normalmente truncados por pinacoides, cristales tabulares y prismas. Presenta tonalidades verde pistacho y una transparencia que va de translúcido a transparente (Figura 4).

La determinación de los minerales del relleno en las muestras del monumento, se ha realizado mediante DRX, confirmándose las observaciones petrográficas realizadas (Figura 5).



Figuras 2 y 3. Microfotografías con nícoles paralelos y cruzados mostrando las fracturas rellenas de minerales claros y cristales idiomórficos de anatasa. Encuadre de cada una de las fotos, 1 cm

Figures 2 and 3. Plain and polarized light microphotographs showing fractures filled with clear minerals and idiomorphic anatase crystals. Field of view, 1 cm

Comparación de las anatasas con las de otras procedencias

La anatasa es uno de los polimorfos del TiO_2 , que cristaliza en el sistema tetragonal, formando normalmente pseudoctaedros o bipirámides tetragonales, cristales tabulares y de forma muy esporádica, prismas.

Los colores más comunes que presenta son pardos, rojizos, amarillentos y azules, llegando a tonos muy oscuros cercanos al negro y suele presentar una estriación perpendicular al eje óptico del cristal. El brillo es adamantino o metálico y pueden ser desde translúcidas hasta opacas.

Aparecen en grietas de tipo alpino, en gneises o pizarras, asociadas paragenéticamente con adularia, cuarzo y otros polimorfos del TiO_2 . También es frecuente en placeres o aluviones ya que es un mineral infusible y muy resistente a la erosión.

Sin embargo las anatasas encontradas en la catedral, muestran unos rasgos que no responden a los caracteres generales descritos para la especie. Así, ni el color en tonos verde pistacho, ni la transparencia (de translúcido a transparente), son los comunes señalados en la bibliografía consultada (Chaumeton, 1989; Dud'a y Rejl, 1989; del Valle González y González Cesteros, 1989; Mollfulleda, 1996; Grijalbo, 1997; Medenbach y Sussieck, 2005), ni en muestras procedentes de otros yacimientos. Además, el que aparezca en fracturas en arenisca, es otra característica que no ha sido observada en otras zonas.

Se ha realizado un estudio de las 29 muestras de

anatasa que integran la colección del Museo Geominero, del IGME, con el fin de poder comparar con las que aparecen en la catedral de Astorga. Son muestras procedentes en su mayor parte de la geografía española (León, Lérida, Orense, Córdoba, Lugo, Zamora, Asturias, Ciudad Real, Salamanca, Madrid y Cáceres), estando representado el resto del continente europeo con ejemplares de Suiza, Francia



Figura 4. Cristal de 2 mm de anatasa procedente de la roca utilizada en la construcción de la catedral de Astorga

Figure 4. Anatase crystal, 2 mm long, from the rock used in the construction of Astorga's cathedral

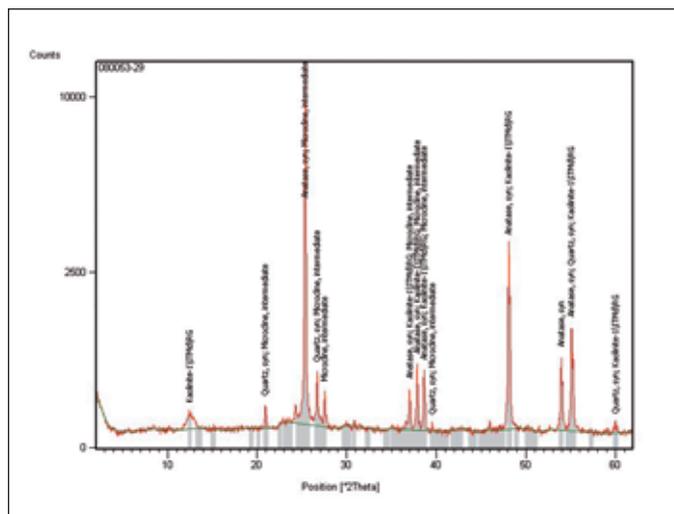


Figura 5. Difractograma de los minerales del relleno de las fracturas
 Figure 5. Diffractogram of minerals filling fractures

y Noruega; África, con ejemplares de Camerún y América con muestras de Brasil y Ecuador.

La observación de estas anatasas pone de manifiesto los siguientes caracteres:

Color: 8 oscuras en tonos pardos; 5 de tonos miel; 7 verdosas, dos de las cuales, las de tonos pistacho, proceden de León; 5 azuladas y 4 rojizas.

Transparencia: 19 muestras opacas y 10 translúcidas, de las cuales presentan mayor transparencia las dos procedentes de León y una de Suiza en color miel.

Brillo: 19 muestras de metálico o semimetálico y 10 con brillo adamantino.

Asociaciones minerales: la mayor parte son granos monominerales procedentes de aluviones (15 muestras), mientras que el resto se presentan tanto en cuarzo como en rocas metamórficas, de las cuales, tan sólo las procedentes de León están en fracturas en arenisca roja.

Sólo las dos muestras procedentes de León presentan los caracteres descritos para las anatasas encontradas en la catedral de Astorga.

Localización de la cantera de arenisca utilizada en la construcción de la Torre Nueva de la catedral

En la actualidad se han desarrollado metodologías encaminadas a la localización de las canteras de donde se extrajeron las rocas utilizadas en el patrimonio, que cubren de forma sistemática numerosos

caracteres a tener en cuenta relacionadas con los monumentos, los recursos geológicos, e incluso la consulta de documentos históricos (Jiménez Martínez, 2008).

En la Figura 6 se recogen los criterios metodológicos adoptados de forma general para la localización de estas canteras (Fort, 1996).

No obstante, en algunas ocasiones se presenta algún carácter distintivo que resulta definitivo a la hora de identificar las rocas utilizadas. Este es el caso observado en los sillares de arenisca de la catedral de Astorga, concretamente en su "Torre Nueva" o de las Campanas, ya que las anatasas presentes en las fracturas de estos sillares, muestran unos caracteres morfológicos singulares, por lo que su presencia en la arenisca supone un rasgo distintivo que tendrá que aparecer en las canteras de procedencia de esta roca de construcción.

Según los archivos del Museo Geominero, las únicas muestras de anatasa con estos caracteres fueron recogidas en el municipio leonés de Santiago Millas, situado a escasos 9 km al suroeste de Astorga, pero cuyo término municipal dista tan sólo 2 km de la capital maragata.

La cantera histórica más importante localizada en esta zona es la conocida como "Cantera del Moro" (Figura 7), donde se explotó un nivel decamétrico de arenisca roja dentro de la Serie de Los Cabos.



Figura 6. Síntesis metodológica de localización de áreas de procedencia del material pétreo utilizado en el Patrimonio Histórico Artístico (Fort, 1996)
 Figure 6. Methodology used in the location of source area for building stone used in Historical Heritage (Fort, 1996)



Figura 7. Cantera del Moro. Remarcada en el horizonte la catedral de Astorga

Figure 7. Moro quarry. Astorga's cathedral can be seen above the horizon

Es una explotación de planta elíptica que permanece abandonada y cubierta por una tupida vegetación de zarzas, matorral y pastos. Se dispone en un banco con capas de S₀ 188/90 – 194/70 y dos familias de fracturas, que indistintamente presentan un relleno hidrotermal como el descrito para los sillares de la catedral de Astorga.

Este sellado tiene un espesor entre 1 mm y 1 cm y alberga abundantes cristales de anatasa.

El estudio petrológico llevado a cabo sobre las muestras de arenisca procedentes de la cantera, pone de manifiesto que presenta los mismos caracteres texturales macro y microscópicos, idéntica composición mineral y las mismas fracturas que fueron descritas en las muestras procedentes del monumento, albergando numerosos cristales de anatasa.

Los caracteres presentes en estas anatasas (Figura 8), también responden exactamente a los ya descritos para las muestras de la catedral y constituyen una curiosidad mineralógica que nos permite identificar la procedencia de la arenisca donde se alojan.

Conclusiones

El estudio de los materiales utilizados en la “Torre Nueva” de la catedral de Astorga, revela la presencia de unas fracturas en la arenisca selladas con una serie de minerales de origen hidrotermal, donde aparecen unos cristales de anatasa con caracteres singulares.

La comparación de estas anatasas con las inventariadas en el Museo Geominero y con las que aparecen en la bibliografía de referencia, nos permite afirmar que se trata de una curiosidad mineralógica tanto a nivel nacional como internacional.

La presencia de dos muestras con caracteres muy similares en el Museo, nos ha llevado a la localización de la cantera de donde proceden estos minerales, la “Cantera del Moro”, situada a escasos 4 km al sur de Astorga, dentro del término municipal de Santiago Millas.

La comparación de las muestras procedentes del monumento con las de la cantera, pone de manifiesto que se trata del mismo tipo de arenisca, con idéntico relleno de fracturas, en el que las anatasas presentan los mismos caracteres morfológicos.

Por tanto, podemos afirmar que la arenisca de la Torre de las Campanas de la catedral de Astorga, procede de la Cantera del Moro.

La localización de esta cantera permite la restauración o sustitución de elementos deteriorados de la catedral con piedras originales, en los casos en que sea necesario.

Agradecimientos

A la Diócesis de Astorga, por los permisos concedidos para el estudio de los monumentos del área de trabajo de nuestro proyecto.

A Félix Bellido, por la revisión de la petrografía y a Enrique Díaz, por ayudar con la revisión y traducción del texto.

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto del

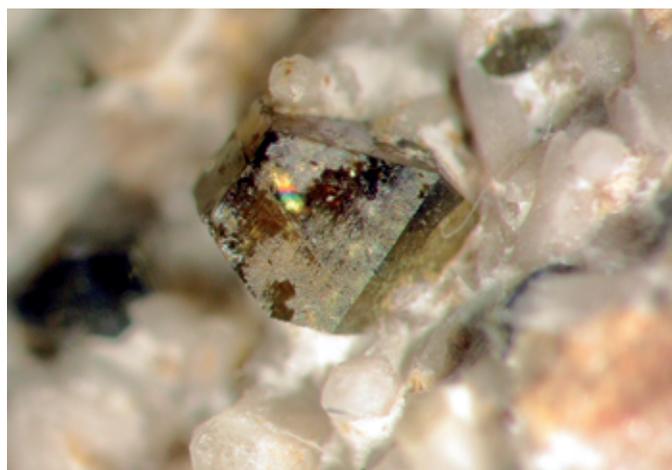


Figura 8. Cristal de 2 mm de anatasa procedente de la Cantera del Moro

Figure 8. Anatase crystal, 2 mm long, from Moro quarry

Instituto Geológico y Minero de España
"Caracterización Tecnológica de las piedras de construcción empleadas en el Patrimonio Cultural del Camino de Santiago".

Referencias

- Chaumeton, H. 1989. *Guía de los minerales*. Editorial Omega, Barcelona, p 102.
- De Hita, C., Valdeón, J., Serra, R., Ramos, A., Medina, I., Hernández, A. y Domingo, A. 1993. *El Camino de Santiago. Guía Completa*. Editorial Anaya, 226 pp.
- Del Valle González, A. y González Cesteros, V. 1989. *Guía de minerales de España. Parte II*. Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Universidad de Valladolid, 10-11.
- Dud'a, R. y Rejl, L. 1989. *La gran enciclopedia de los minerales*. Editorial Susaeta, 286-287.
- Fort, R. 1996. Localización de antiguas canteras utilizadas en el patrimonio monumental. *Degradación y conservación del Patrimonio Arquitectónico*. (Ed. F. Mingarro). Editorial Complutense, 311-316.
- Grijalbo 1997. *Guía de minerales y rocas*. Editorial Grijalbo, p 80.
- Jiménez Martínez, R. 2008. *Rocas ígneas y metamórficas utilizadas en el patrimonio arquitectónico en la comarca del Bierzo (León)*. Trabajo de investigación para el Diploma de Estudios Avanzados. Departamento de Petrología y Geoquímica. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. Tutor: Rafael Fort González, 194 pp.
- Medenbach, O. y Sussieck, C. 2005. *Minerales*. Editorial Blume, S.A. Barcelona, p 116.
- Mollfulleda, J. 1996. *Minerales. Descripción y clasificación*. Ediciones Omega, S.A., Barcelona, 227-229.
- Viñayo, A. 1999. *Guía de Peregrino. El Camino de Santiago*. Editorial Edilesa, 287 pp.

Recibido: noviembre 2008

Revisado: febrero 2009

Aceptado: julio 2009

Publicado: julio 2009

