

El empleo de las rocas y los minerales en la arquitectura románica de la provincia de Segovia

Andrés Díez Herrero

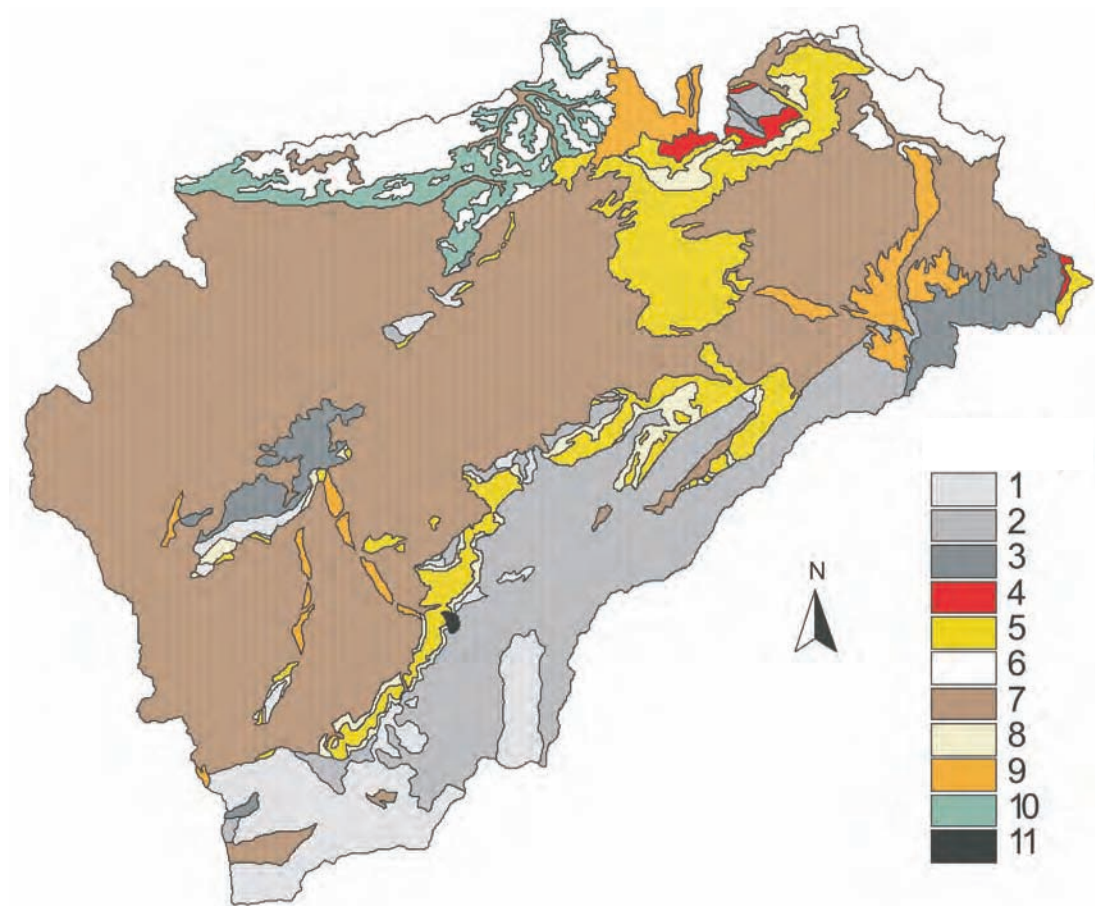
La arquitectura de estilo románico hizo empleo de diferentes tipos de materiales de origen natural, como la madera para las cubiertas, las puertas, los encofrados y las cimbras; o distintos pigmentos para las pinturas murales; y tabas (huesos del tarso) en los pavimentos. Sin embargo, entre estos recursos naturales, destaca el empleo de las rocas y minerales, tanto como material específicamente constructivo (sillería, sillarejo, mampostería, aglomerantes...), como ornamental (escultura, pintura...), o complementario (forja o vidrieras); y tanto como materiales en crudo, tan sólo tallados o labrados (piedra), como transformados cerámicos (ladrillo, teja...), derivados del yeso (alabastros y escayolas), cales o productos metalúrgicos (hierro, cobre y bronce). Además, estos materiales de origen pétreo y, por lo tanto, prácticamente semi-inertes, tienen escaso valor unitario, y son difíciles de transportar por su peso; por todo ello son, en ocasiones, los únicos que se han conservado de esos edificios hasta nuestros días, o los que han requerido un menor número de restauraciones o reposiciones, con lo que constituyen verdaderos testigos del edificio original, lo que añade valor histórico-testimonial a su estudio y análisis; aparte del interés aplicado con vistas a la adecuada sustitución o reposición de elementos pétreos en futuras intervenciones arquitectónicas en el edificio.

1. LAS ROCAS DE CANTERÍA: LA PIEDRA

En los edificios románicos de la provincia de Segovia pueden reconocerse más de una docena de tipos de rocas diferentes, apareciendo representados todos los grandes grupos, desde las ígneas plutónicas (granitoides) a las metamórficas (pizarras, mármoles y gneises); pero predominan en la mayor parte de los edificios las rocas sedimentarias y, en particular, aquéllas de composición carbonática (calizas, dolomías, areniscas calcáreas y calcarenitas).

1.1. Tipología y contexto geológico de las rocas empleadas

Los edificios románicos tienen rocas que abarcan casi todo el espectro de la historia geológica segoviana, con materiales formados desde el Proterozoico Superior hasta la actualidad, pero existen varios conjuntos litológicos de determinados intervalos de edades que concentran la mayor parte de los materiales pétreos utilizados; en orden de mayor a menor abundancia en los edificios románicos segovianos, serían:



Mapa de la distribución de los materiales constructivos empleados en la provincia de Segovia: 1, granitoides; 2, gneises; 3, pizarras y cuarcitas; 4, areniscas; 5, calizas y dolomías; 6, calizas y margas; 7, arenas y arcillas; 8, arenas silíceas y arcillas; 9, conglomerados, arenas y arcillas; 10, margas y yesos; y 11, Segovia capital. (Díez y Martín-Duque, 2006)

1.1.1. Rocas sedimentarias carbonáticas del Cretácico Superior: calizas, dolomías, areniscas calcáreas y calcarenitas

Las rocas sedimentarias carbonáticas o detrítico-carbonáticas proceden de los conjuntos de edad Cretácico Superior que afloran en una estrecha franja que orla el piedemonte de la sierra de Guadarrama desde Ituero y Lama hasta Sigüero, y de diversos macizos de la Tierra de Pedraza, Sepúlveda, La Serrezuela y Maderuelo; además de afloramientos aislados de pequeña dimensión en la comarca de Santa María de Nieva, Zarzuela del Pinar y Grado del Pico.

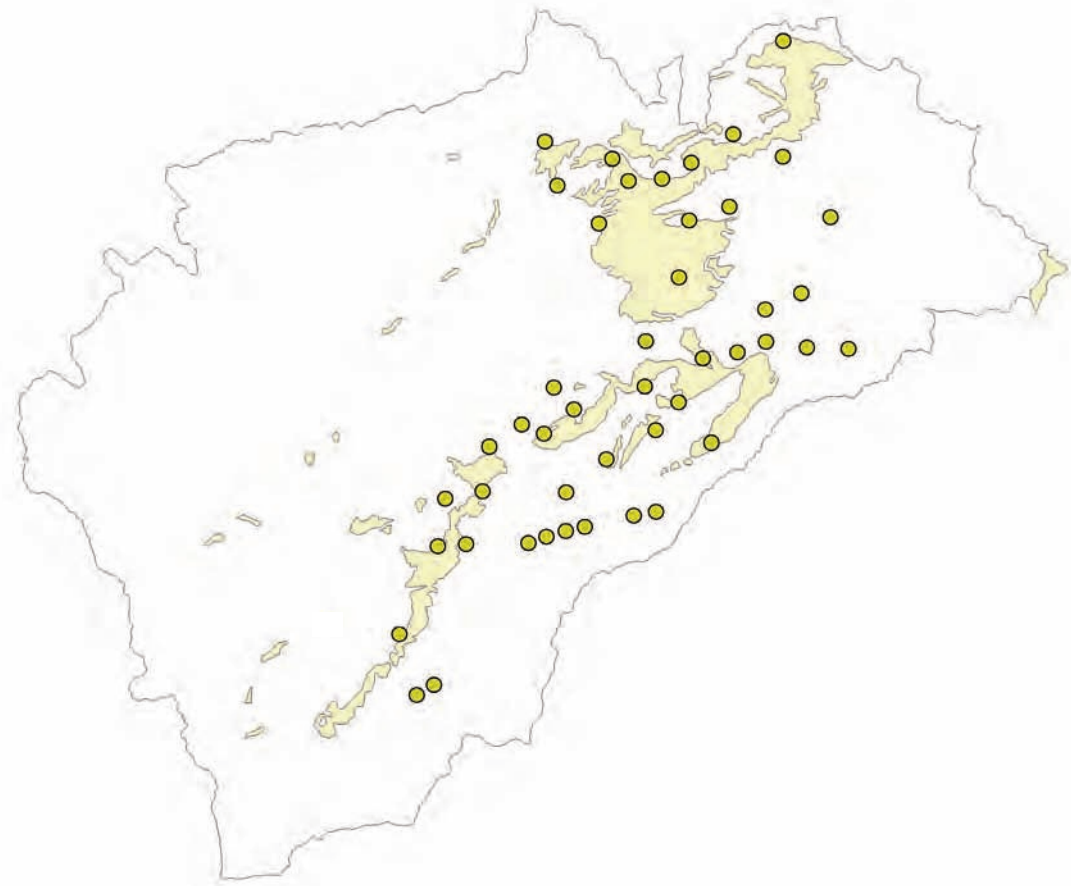
Dentro de este conjunto, estas rocas carbonáticas cretácicas se integrarían en el gran ciclo transgresivo-regresivo del Cretácico Superior (Turoniense Medio-Campaniense, 90,5-80 millones de años) del margen continental occidental de la Cuenca Ibérica (hoy, Cordillera Ibérica). En concreto, siguiendo la división establecida por Alonso (1981), son parte de las siguientes formaciones estratigráficas: Moral de Hornuez (C_s), Castrojimeno-Hontoria (C_s), Linares-Ituero (C_s), Montejo de la Vega (C_s) y Valle de Tabladillo (C_s); correspondientes a la sedimentación en una plataforma marina somera carbonatada y en zonas costeras con influencia mareal. De acuerdo con la reciente actualización llevada a cabo a partir de correlaciones con el resto de unidades cretácicas de la Cordillera Ibérica (Gil *et al.*, 2004), equivaldrían a las formaciones Caballar, Ituero y Lama, Montejo y Valle de Tabladillo; y a las formaciones Hortezielos, Hontoria del Pinar, Burgo de Osma y nuevamente Valle de Tabladillo, en el sector nororiental de la Provincia.

Sería interminable la relación de edificios románicos elaborados con piedras de este conjunto litológico, ya que cerca del 90 % de las construcciones presentan rocas de esta unidad, aunque sólo sea en los arcos y arquivoltas de las portadas, o en galerías porticadas, esquinas y ventanas. Merecen especial atención, por su carácter monolítico en el uso de este tipo de rocas, las iglesias de Duratón, Perorrubio, El Salvador (Sepúlveda), Virgen de la Peña (Sepúlveda), Navares de Ayuso, San Frutos (Carrascal del Río), San Juan (Orejana), Nuestra Señora de las Vegas (Requijada), San Miguel (Fuentidueña), Madrona, Sotosalbos, Caballar... y, en general, buena parte de los edificios románicos de las tierras de Sepúlveda y Pedraza. También en los castillos (Alcázar de Segovia y Pedraza) y recintos amurallados de Segovia y Sepúlveda.

Aunque no existe una correspondencia clara, normalmente, las areniscas calcáreas y calcarenitas proceden de la formaciones C_4 y C_5 (Ituero y Lama, Hortezielos y Hontoria del Pinar); las calizas y dolomías micríticas serían de la formación C_6 (Caballar, Montejo y Burgo de Osma); y las dolomías laminadas porosas provienen de la formación C_7 (Valle de Tabladillo). A su vez, dos tipos de rocas de estos conjuntos, cuyas características petrológicas se detallan en Vegas (1998), Olmedo (2004) y Olmedo *et al.* (2004), predominan en los edificios románicos:

- *Dolomías, dolomías arenosas y areniscas dolomíticas*, rocas mayoritariamente formadas por dolomita (carbonato de calcio y magnesio), y en menor medida por calcita (carbonato de calcio) y granos de cuarzo y feldespato; se encuentran tanto formando sillares, sillarejo y

Mapa de la distribución de los afloramientos de las rocas carbonáticas cretácicas en la provincia de Segovia (zona beige), y la situación de los municipios (centroides del término municipal) que tienen edificios románicos elaborados con dichas rocas. Puede observarse la casi perfecta correlación espacial entre ambos, salvo en los municipios del piedemonte serrano (Navafria, Sotosalbos, Basardilla...) y los edificios más distantes de los afloramientos, situados en Sequera de Fresno (más de 10 km) y Cerezo de Arriba (unos 9,5 km)



mampostería de muros, contrafuertes y torres, como arquivoltas y arcos de portadas y ventanas.

- *Dolomías laminadas*, rocas mayoritariamente formadas por dolomita, y en menor medida por calcita; se reservan para los elementos ornamentales más delicados, tales como las obras escultóricas del tímpano y arquivoltas, capiteles, canecillos, escudos, etc.



Detalle de un sillar de las calizas y dolomías de San Millán de Segovia, con elementos característicos como las geodas redisueltas y las bioturbaciones con óxidos de hierro



Geodas redisueltas formando macro-cavidades en los sillares de dolomías de la base de la torre de San Esteban de Segovia, a diferencia de los sillares de la parte superior, repuestos en la reconstrucción



Sillar de areniscas dolomíticas anaranjadas entre calizas y dolomías micríticas, resaltando por la diferente coloración y el patrón de alteración. Iglesia de San Millán de Segovia



Detalle de las calizas y dolomías de los sillares de la iglesia de La Trinidad (Segovia), donde se aprecian las bioturbaciones, y cómo controlan la alteración de la roca.

1.1.2. *Rocas ígneas plutónicas asociadas a la orogenia Varisca o Hercínica (Carbonífero Superior): granitoides*

Las rocas ígneas plutónicas proceden de cuerpos intrusivos, principalmente sin- y tardicinemáticos, relacionados con el orógeno Varisco (Carbonífero Superior, 290-300 millones de años). Existe una notable complejidad petrológica en estos granitoides, pero los tipos monzograníticos y granodioríticos afloran con profusión en la provincia de Segovia, principalmente en la sierra de Guadarrama y su piedemonte en el sector suroccidental, entre Villacastín y Segovia; y puntualmente en el macizo de Santa María (Armuña, Balisa...) y en Zarzuela del Pinar (Molino del Ladrón).

Se trata de rocas constituidas mayoritariamente por cuarzo, feldespatos (potásicos y calcosódicos) y micas (fundamentalmente biotita) en una proporción que permitiría clasificarlas, dentro del grupo de las rocas plutónicas, como granodioritas, con tipos próximos a monzogranitos; en ocasiones presentan zonas con dos micas (biotita + moscovita). Sus coloraciones predominantes son mesocráticas grisáceas oscuras o ligeramente azuladas.

Son rocas bastante homogéneas no deformadas, no presentando rasgos estructurales marcados, salvo tenues orientaciones de cristales de mica biotita formadas por el flujo durante la consolidación magmática, o algún acumulado subesférico. En ocasiones, llama la atención la presencia de xenolitos de dimensiones decimétricas y formas subelípticas, compuestos de restos de roca metamórfica encajante o tipos microdioríticos.

Con estas rocas están construidas en su integridad pequeñas edificaciones románicas, como la ermita de La Losa (El Espinar), pero están presentes en elementos arquitectónicos de muchas otras, como las torres de El Salvador, San Justo y Pastor (Segovia) y San Vicente (Zarzuela del Monte); y las bases y zócalos de las torres (San Millán de Segovia), los muros y ábsides (San Andrés de Segovia), y de las galerías porticadas (San Martín, San Esteban y San Lorenzo en Segovia, entre otras muchas). Puntualmente se emplean también para las basas y fustes de las columnas de las galerías porticadas (San Esteban en Segovia), las escaleras y escalinatas exteriores, y elementos para la conducción de agua (canales y gárgolas).



Sillares en la base de la torre de San Millán de Segovia, formados por granitoides, con diferentes texturas (equicristalina y porfídica), y presencia de xenolitos microdioríticos.



Detalle de un granitoide de tipo granodiorítico biotítico en las canteras del arroyo Ciguñuela en La Lastrilla.



Ermita de Nuestra Señora de la Losa (El Espinar), formada íntegramente por granitoides, sobre los cuales además se construyó, y de cuyas morfológicas (losas o lancharas) toma el nombre. Foto: José Francisco Martín Duque



Basamento o zócalo de la galería porticada en la iglesia de San Esteban en Segovia, formado por granitoides, al igual que las basas y los fustes de las columnas



Sillares de granitoides en la base de un muro de la iglesia de La Trinidad de Segovia, colocados para evitar el ascenso de humedad por capilaridad, que produce el deterioro de la roca en menor medida que en la parte izquierda (sin granitoides)



Mampostería de granitoides en los cuerpos inferiores de la torre de la iglesia de los santos Justo y Pastor (Segovia), pueden proceder de la excavación en la propia cimentación del edificio

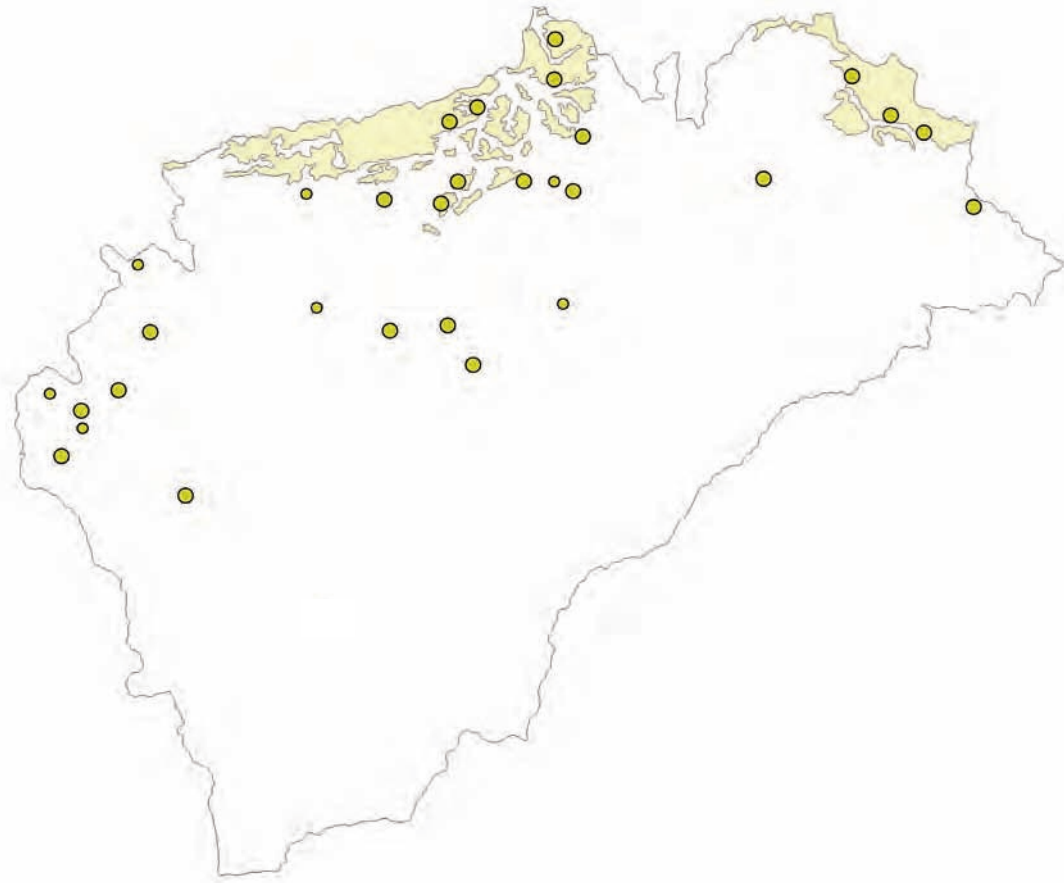
1.1.3. Rocas sedimentarias carbonáticas del Mioceno Superior: calizas y margocalizas

Corresponden a las denominadas genéricamente 'Calizas de los Páramos' (unidades inferior y superior de los páramos, y calizas de Montejo), que tienen un origen lacustre-palustre. Su edad es Mioceno Superior, entre 11 y 5 millones de años. Afloran preferentemente en el sector septentrional de la provincia, entre la tierra de Íscar y Maderuelo.

Son rocas formadas mayoritariamente por calcita, que presentan colores blancos o blanco-grisáceos, distintas texturas (García del Cura y Ordóñez, 1982) con aspectos a veces nodulares o brechoides, y que afloran en bancos y capas que rara vez superan el metro de espesor. Están mayoritariamente formadas a partir de fangos calcáreos con restos de algas charáceas y fragmentos de gasterópodos (muchos reconocibles por sus moldes a simple vista), que han sido cementados por calcita esparítica, cuyos cristales, al tapizar poros, frecuentemente constituyen estructuras en forma de microgeodas. Ha sido muy estudiada la procedente de la localidad madrileña de Colmenar de Oreja, que sirvió para la construcción de importantes edificios dieciochescos de Madrid (Menduiña y Fort, 2005).

Con estas rocas están contruidos numerosos edificios de la tierra de Cuéllar, como el palacio de Pedro I (o del rey Don Pedro) y las iglesias de San Andrés y San Pedro (Cuéllar), San Miguel (Sacramenia) y Fuentes de Cuéllar, entre otros. También se emplearon mucho combinadas con ladrillo en el sector occidental (tierras de Íscar y Arévalo), en las iglesias de

Mapa de la distribución de los afloramientos de las calizas y margas miocenas en la provincia de Segovia (zona beige), y la situación de los municipios (centroides del término municipal) que tienen edificios románicos elaborados con dichas rocas. Puede observarse la casi perfecta correlación espacial entre ambos, salvo en los municipios de la Tierra de Pinares (Cantalejo, Sauquillo de Cabezas, Melque de Cercos...), sin otra piedra próxima para construir, y que en todo caso no distan más de 17 km del afloramiento más próximo





Torre de la antigua iglesia de San Miguel de Cuéllar, formada en su integridad por 'calizas de los páramos'

Tolocirio, Montuenga, Montejo de Arévalo, San Nicolás y Santa María (ambas en Coca), Santiuste de San Juan Bautista, San Cristóbal de la Vega, etc.

1.1.4. Otras rocas de menor representación

Otras litologías representadas en menor medida, o tan sólo en situaciones puntuales, corresponden a los siguientes conjuntos geológicos:

- Rocas metamórficas silicatadas (pizarras, esquistos, filitas y cuarcitas) de edad Proterozoico Superior a Cámbrico, asimilables al Complejo Esquisto Grauváquico, en formaciones como los esquistos de Hoyuelos y las capas de Santa María. Se han empleado, por ejemplo, en la mampostería de las ermitas de San Isidro (Domingo García) y San Cebrián (Fuentepelayo), y en algunas lápidas de tumbas a caballo con el gótico (abadesa Juana de Cuéllar, en San Vicente el Real de Segovia).
- Rocas metamórficas silicatadas (pizarras y cuarcitas) de edad Ordovícico-Silúrico, agrupadas en las unidades: capas de Domingo García, capas de Voltoya, Alto Rey, Grupo Rodada, Santibáñez, Serracín, Cañamares y Alcolea; se han empleado en los mampuestos de las iglesias de N^a S^a de la Asunción (Becerril) y de San Pedro (Alquité).
- Rocas metamórficas silicatadas (gneises y migmatitas) de edad Cámbrico Superior, en general ortoderivadas. Se han empleado normalmente como material para mampostería

- y calicanto, como ocurre en la torre de San Andrés de Segovia, donde se combina con ladrillo, o en Santa María de la Sierra (Collado Hermoso), donde se combina con calizas y dolomías cretácicas.
- Rocas sedimentarias detríticas (areniscas y conglomerados) de edad Paleógeno-Neógeno, tanto de facies proximales y medias de abanicos aluviales, como de niveles interpretados como alteritas residuales (*gossan*), ambas en el piedemonte de la Sierra de Ayllón. Por ejemplo, los ábsides románicos de las iglesias de Francos (areniscas), Becerril (conglomerados ferruginosos) y San Martín (Martín Muñoz de Ayllón) están elaborados en estos materiales.
 - Rocas sedimentarias detríticas (areniscas) de edad Triásico en facies Buntsandstein, que afloran únicamente en La Serrezuela y en Grado del Pico. Se ha empleado, por ejemplo, en Honrubia de la Cuesta y Aldeanueva de la Serrezuela, y en un sillar aislado en la iglesia de San Pedro (Grado del Pico, ver foto).
 - Rocas sedimentarias carbonáticas (calizas y dolomías) de edad Jurásico correspondientes a las formaciones Imón, Cortes de Tajuña y Cuevas Labradas, que afloran puntualmente en Torreadrada y Honrubia de la Cuesta.
 - Rocas sedimentarias detríticas (conglomerados y gravas) de edad Pleistoceno (últimos dos millones de años), correspondientes a los depósitos aluviales en abanicos de piedemonte (rañas), terrazas y llanuras de inundación; afloran a lo largo de las vegas fluviales

Mapa de la distribución de los afloramientos de las rocas menos representadas en edificios románicos, dentro de la provincia de Segovia (gris claro, granitoides; gris medio, gneises; gris oscuro, pizarras y cuarcitas; rojo, areniscas), y la situación de los municipios (centroides del término municipal) que tienen edificios románicos elaborados con dichas rocas. Puede observarse la casi perfecta correlación espacial entre los afloramientos de granitoides y los edificios con ellos fabricados, y la cercanía de la iglesia de Grado del Pico a los afloramientos de areniscas triásicas, de donde procede uno de sus sillares (ver foto)



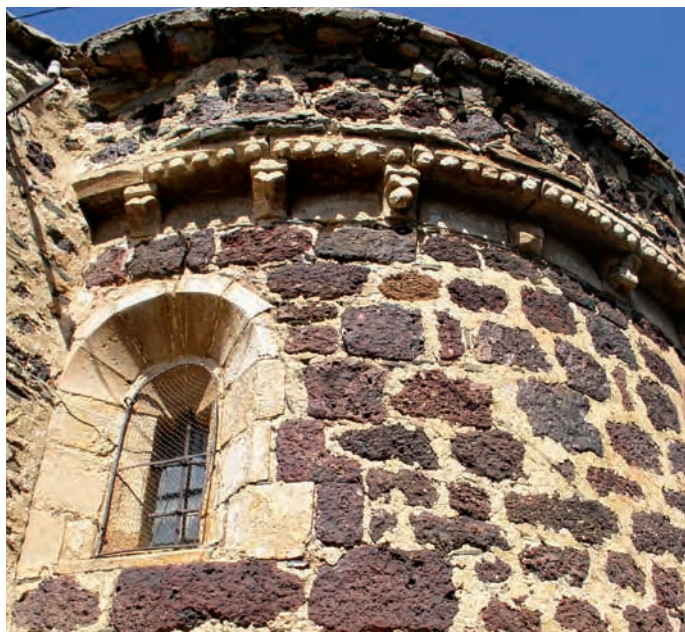
y en el piedemonte de la sierra de Ayllón; en ambos conjuntos, los cantos rodados pueden ser de cuarcitas, cuarzos, gneises y granitoides. Se emplearon en la arquitectura románica para la fabricación de muros de calicanto, y en la pavimentación con empedrados (borrillo o morrillo) de suelos; como por ejemplo, en el claustro del monasterio premonstratense de Santa María de los Huertos (Segovia) o en el suelo de la antigua clausura de San Vicente el Real (Segovia).



Bloques de rocas metamórficas (gneises y migmatitas) combinados con ladrillos formando un aparejo parecido al toledano, en el cuerpo inferior de la torre de San Andrés de Segovia



Iglesia de San Pedro (Alquité) sobre un afloramiento de cuarcitas, algunas de las cuales utiliza como materiales de construcción. Foto: E. M. Pérez (2006)



Ábside de la iglesia de Nuestra Señora de la Asunción (Becerril), constituido por sillares y sillarejo de brechas ferruginosas. Foto: E. M. Pérez (2006).



Sillar de areniscas triásicas (pardo-rojizo) en un muro de sillares de dolomías, formando parte de la iglesia de San Pedro (Grado del Pico). Foto: E. M. Pérez (2006)

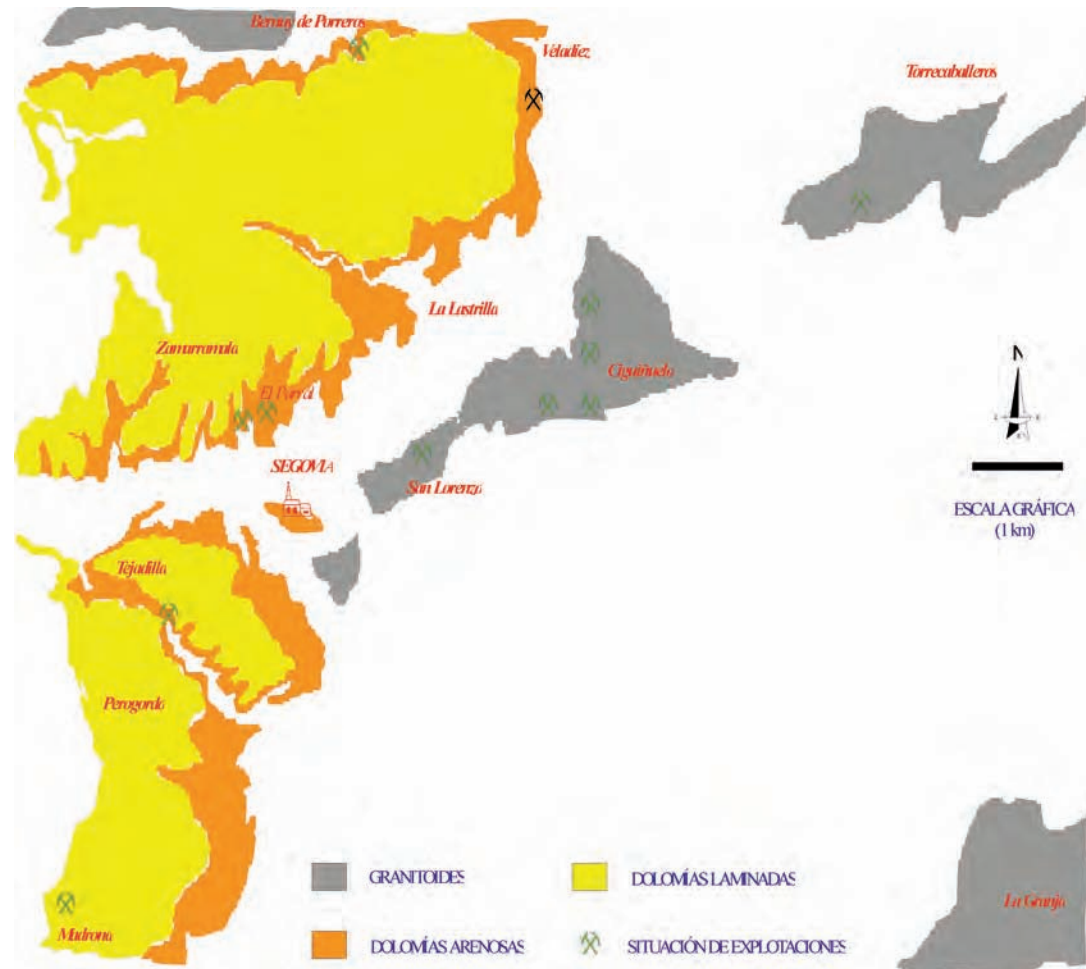
1.2. Procedencia de los materiales pétreos

No todos los afloramientos de roca de la Provincia fueron idóneos para la extracción de materiales destinados a la construcción de los edificios románicos de Segovia. En muchas ocasiones, el alto grado de alteración de la roca (arenización de granitoides, carstificación de calizas y dolomías, etc.), o la presencia de múltiples discontinuidades en la roca (diaclasas, planos de estratificación, laminaciones cruzadas, geodas, macroporos, xenolitos...), hicieron imposible el canterado en determinados sitios.

Otro factor limitante de la proliferación de canteras fue el escaso desarrollo de las técnicas de extracción durante la Edad Media, que hacían difícil abrir huecos de explotación en zonas llanas, y optaban para ello por laderas de cerros o valles fluviales. Es el caso del entorno de Segovia, donde la planicie del piedemonte y las lastras, concentró las canteras en las laderas de los valles (Eresma y Tejadilla, para las calizas y dolomías) y gargantas (Clamores en Valdevilla, para los gneises de la torre de San Andrés).

Por ello, los mejores lugares para su extracción se han mantenido a lo largo de la Historia, lo que nos permite aproximarnos a las posibles canteras o zonas de origen de las rocas empleadas en la arquitectura románica, buena prueba de ello son los documentos que corroboran que para transportar piedra a la Catedral de Segovia, se reabrieron y adecuaron caminos que ya debían existir anteriormente.

Mapa de la situación de los principales afloramientos de rocas empleadas como piedra en la construcción de edificios románicos en los alrededores de Segovia, con indicación de la ubicación de las explotaciones históricas documentadas (Díez y Vegas, 2000)





Canteras de areniscas dolomíticas del camino de Zamarramala (Segovia), empleadas en la construcción de la Catedral de Segovia

Canteras de granitoides en las márgenes del arroyo Ciguiñuela (La Lastrilla)



De este modo, y a pesar de que se conserva muy poca documentación sobre obras en el periodo del estilo románico, la preservación de algunos libros de fábrica de edificios góticos (Catedral de Segovia), nos permiten saber que tradicionalmente estos materiales se extraían de varios lugares en el entorno de Segovia (ver mapa): las rocas carbonáticas (calizas, dolomías y calcarenitas) proceden mayoritariamente de las canteras de Bernuy de Porreros, Zamarramala, Tejadilla, Madrona y El Parral; y las rocas ígneas (granitoides o *Piedra Cárdena*), provienen de las canteras del arroyo de Las Nieves (San Lorenzo) y Cigüñuela (La Lastrilla-Segovia).

El estudio detallado de estas antiguas canteras y las particularidades de las rocas en ellas extraídas, nos permite hacer una primera aproximación sobre la procedencia de algunos elementos de los edificios románicos de la ciudad de Segovia y su entorno. Así, buena parte de las calizas y dolomías micríticas con característicos huecos de disolución de geodas y restos de óxidos e hidróxidos de hierro en nódulos, proceden de El Parral y Bernuy de Porreros; mientras que las dolomías porosas de color blanco-marfil, que se emplean en motivos escultóricos, pueden proceder de las canteras de Madrona y Tejadilla (El Serón); y las calcarenitas y areniscas dolomíticas provienen de las canteras de la carretera de Zamarramala y de Tejadilla.

En otras zonas de la provincia ocurre algo semejante, si bien el sector nororiental (La Serrezuela y Tierra de Ayllón), donde existen múltiples afloramientos en las que las rocas aparecen con espesores importantes, hace más difícil la correlación entre las rocas del edificio y las canteras de procedencia. No obstante, se ha observado que varias explotaciones perduran en el tiempo, como es el caso de las canteras de granitoides de Zarzuela del Monte, La Losa, San Ildefonso, Ortigosa del Monte (*El Berrocal*), Otero de Herreros y Villacastín (*Piedra de Cardena*); las canteras de calizas, dolomías y calcarenitas de Sepúlveda (Aldehuelas, El Villar y Batán), Prádena, Casla, Arcones y Caballar; y las canteras de calizas blanquecinas de Cuéllar, Frumales, Olombrada y Campaspero.

Existen varios estudios de caracterización petrológica y de las alteraciones que sufren las rocas de los edificios románicos de Segovia, pero la mayor parte de ellos son demasiado específicos y no entran a analizar, si no es de forma genérica, la procedencia de las rocas o cuáles son las canteras de origen. Únicamente conviene destacar: los trabajos sobre las iglesias de San Quirce y San Clemente en Segovia (Martín-Gil *et al.*, 1989), la iglesia de la Veracruz (Ascaso *et al.*, 2005); y el estudio de Vegas (1998) que, centrado en los materiales carbonáticos cretácicos, hace una pormenorizada descripción de los principales tipos litológicos, las más renombradas canteras de procedencia y las tipologías de alteración. Se han realizado otros trabajos sobre edificios góticos, como el claustro de la iglesia de Santa María la Real de Nieva (Martín-Gil *et al.*, 1989; Fort y Rodríguez, 1996; Rodríguez y Fort, 1996) o el Monasterio de Santa Cruz la Real (Díez y Vegas, 2000; De los Ríos *et al.*, 2004), que también pueden ser tomados como referentes, al emplear semejantes fuentes de material.

1.3. Empleo de la piedra en los edificios románicos

El empleo de diferentes tipos de rocas en un edificio románico viene condicionado por varios factores, tales como: la disponibilidad de esa roca en el entorno geográfico más inmediato; la adecuación de la roca para ser usada como material constructivo; o la importancia y presupuesto del edificio, que puede o no conllevar y asumir largos traslados de materiales.

Así pues, se observa una buena correlación entre los materiales empleados y los disponibles en el entorno, como puede comprobarse en el empleo del granito en la ermita de La Losa (El Espinar), frente a la profusión de las calizas y dolomías en la Tierra de Pedraza y Sepúlveda. Un caso paradigmático es la arquitectura románica en la ciudad de Segovia, donde la presencia en el entorno de todo tipo de materiales (calizas, dolomías, granitoides, gneises, materiales cerámicos...), hace que se combinen en diferente proporción, creando una vistosa



Combinación de materiales pétreos en la iglesia de San Andrés de Segovia: granitoides, calizas, dolomías, gneises y ladrillos



Combinación de materiales pétreos en la iglesia de San Martín de Segovia: granitoides, calizas, dolomías y ladrillos

Sillares reutilizados de procedencia desconocida en la base de un muro contrafuerte de la iglesia de San Millán en Segovia



Combinación de materiales pétreos (mampostería y sillería de calizas y dolomías) con ladrillos del ábside, en la iglesia de Santiago de Sepúlveda



variedad cromática (p.e. San Andrés de Segovia; ver foto). La excepción que confirma esta regla son las iglesias de Cerezo de Arriba y Sequera de Fresno, constituidas fundamentalmente por calizas y dolomías, aunque el afloramiento de estas rocas más próximo se encuentra a una decena de kilómetros de distancia.

También se ha observado una buena correlación entre la ausencia de materiales con alta capacidad portante y el empleo de transformados cerámicos (ladrillo), como ocurre con la arquitectura de estilo mudéjar en la Tierra de Pinares segoviana donde, el sustrato areno-arcilloso impide la extracción de piedra de cantería. Por otra parte, en edificios singulares como la iglesia de San Millán de Segovia, la Torre de Hércules o El Salvador de Sepúlveda, se reconocen elementos pétreos 'más nobles', bien traídos desde lugares lejanos, o bien reutilizados de construcciones anteriores.

También existe una distribución de los diferentes tipos de roca para ser empleados en distintos elementos del edificio, optimizando y sacando máximo partido a sus propiedades petrofísicas. De esta forma, los granitoides (granitos, granodioritas, sienitas...) se emplean en los basamentos de muros y torres, así como en zócalos y rodapiés, por su mayor resistencia al desgaste por salpicadura y porque constituyen buenos aislantes del ascenso de humedad por capilaridad. Las calizas y dolomías micríticas, junto con las areniscas dolomíticas más homogéneas, forman los muros y contrafuertes por su mayor capacidad portante; las calizas tobáceas (travertínicas), dolomías porosas y alternancias areniscas-limolitas, se usan para las bóvedas y estructuras que requieren escaso peso y alta resistencia; las dolomías más porosas y las calcarenitas se emplean para los elementos labrados (canecillos, arquivoltas, grupos escultóricos, escudos...), por su escasa dureza (en torno a tres sobre diez en la escala de Mohs) que facilita la labra con instrumentos metálicos. Las pizarras y las tejas se prefieren, por su impermeabilidad y su baja densidad relativa, para los tejados.

Igualmente, el espesor de los bancos de roca (potencia de las capas o estratos) condiciona sobremanera el tamaño máximo de los sillares, sillarejos y mampuestos. Así, mientras que las calizas y dolomías cretácicas, y los granitoides permiten usar bloques de más de un metro cúbico, las calizas y margas miocenas apenas superan los 30 cm de espesor, lo que supone un mayor número de hiladas en los muros con sillares de menor tamaño y labra más irregular.



Empleo de dolomías blanquecinas en los materiales más escultóricos (arquivoltas, capiteles, fustes y basas) en una ventana del ábside de San Andrés (izquierda) y en la galería porticada de San Juan de los Caballeros (derecha) de Segovia

2. TRANSFORMADOS CERÁMICOS: LADRILLOS Y TEJAS

En aquellos lugares sin disponibilidad próxima de afloramientos de roca de cantería (piedra), o simplemente en los que la tradición constructiva local conducía a otro tipo de materiales, se empleó con profusión el ladrillo macizo como elemento constructivo.

Estos materiales transformados cerámicos, empleados exclusivamente o en combinación con la piedra en los muros, ábsides, arquerías y sobre todo en las torres románicas, han dado lugar a todo una tipología de estilo al que se ha dado el controvertido nombre de mudéjar, cuya existencia es aún motivo de discusión entre los especialistas.

Buena prueba de este condicionamiento litológico del material empleado por los alarifes mudéjares, es que en otros lugares donde sólo se dispone de roca de cantería (p.e. granito en Santiago de Compostela), elaboraron sus lacerías en este material (Pazo de Xelmírez), y no usaron los transformados cerámicos.

Lo cierto es que la arquitectura románica con empleo del ladrillo se extiende en la provincia de Segovia principalmente en el sector central y noroccidental, allí donde las amplias campiñas occidentales y la Tierra de Pinares no aportan otros materiales que arcillas, limos y arenas. Este es el caso de la ermita de la Virgen del Pinar (Cantalejo), y las iglesias de Samboal, Pinarejos, San Mamés (Campo de Cuéllar), Carbonero el Mayor, Nieva... entre otras muchas.

Las arcillas y arenas con las que se fabricaron los ladrillos y tejas de los edificios románicos proceden principalmente de varios conjuntos geológicos:

a) Arcillas, arenas arcósicas y margas del "Terciario"

Corresponden al sustrato de buena parte de las campiñas y llanos que se extienden por el sector occidental (Valverde del Majano-Labajos-Coca) y en noreste provincial (Campo de San Pedro). Son depósitos detríticos de facies medias-distales de abanicos aluviales que abarcan desde el Paleógeno al Mioceno Superior (65-5 M.a.).

Para su aprovechamiento en la producción cerámica son más aptos las mayores concentraciones de arcillas illíticas (barrereros), como ocurre en sectores que hasta nuestros días han servido para la extracción de barros; como por ejemplo, en Nava de la Asunción, Coca, Turégano, etc.

b) Arcillas y arenas silíceas del Cretácico Superior

Se trata de las formaciones detríticas del conjunto inferior de los materiales cretácicos anteriormente citados, con bancos de cuarzoarenitas (arenas silíceas) y arcillas illíticas (greda) con moderados contenidos de caolinita de origen fluvial-litoral. Corresponden con los miembros Carabias (C_i) y Segovia (C_i) de Alonso (1981); y a las formaciones Utrillas y Vegas de Matute de Gil *et al.* (2004).

Afloran sobre todo en la orla que bordea el piedemonte de la sierra de Guadarrama, desde Ituero y Lama hasta Siguero, y en otros muchos sectores de las tierras de Pedraza, Sepúlveda y Maderuelo. Históricamente se tiene constancia de explotaciones de estos materiales en diversas localidades: Vegas de Matute, Otero de Herreros, Hontoria, Segovia capital, Espirido, Tizneros, Valseca, Bernuy de Porreros, Armuña, Balisa, Torre Val de San Pedro, Collado Hermoso, Arcones, Prádena, Matabuena, Valleruela de Pedraza, Valleruela de Sepúlveda... Entre todas ellas destaca el municipio de Orejana y, en particular, la localidad de El Arenal, que desde la repoblación toma el nombre de la explotación de estos materiales; además, hay constancia documental de la construcción en la Edad Media de una valla perimetral en torno a la iglesia de San Juan, para evitar que la arena removida en las explotaciones de las laderas traseras, entrara en la iglesia.



Mapa de la distribución de los afloramientos de las rocas arcillosas dentro de la provincia de Segovia (área parda), y la situación de los municipios (centroides del término municipal) que tienen edificios románicos elaborados con transformados cerámicos a partir de estas arcillas. Puede observarse la perfecta correlación espacial entre los afloramientos y los edificios con ellos fabricados, salvo el caso de Sepúlveda (iglesia de Santiago). Los puntos más gruesos corresponden a edificios en los que el ladrillo es el material principal, y los menores, aquéllos en los que es secundario

También de esta unidad procedían buena parte de las arenas silíceas que durante siglos han servido para la fabricación del vidrio, y que tuvieron especial auge desde el siglo XVIII con la Real Fábrica de San Ildefonso. Sin embargo, con anterioridad, el cuarzo de las arenas pudo servir de materia prima en la fabricación de los cristales y vidrieras de los edificios románicos.

Otro uso de los materiales de esta unidad fue la elaboración de revocos y enlucidos, por su adecuada mezcla de arena y arcilla, idóneos para el bruñido de los muros interiores y exteriores, ya que el alto porcentaje de cuarzo (dureza siete sobre diez en la escala de Mohs) permite que actúe como auténtica lija de homogeneización.

c) Arcillas, limos y arenas del Pleistoceno y Holoceno

Estos materiales procedían de diferentes tipos de niveles arcillosos, que se encuentran tanto en las llanuras de inundación y terrazas de las vegas de los principales ríos (Eresma, Cega, Duratón...) y fondos de vaguadas, como en zonas encharcadas y pantanosas de la Tierra de Pinares (navas). Solían emplearse las arcillas más oscuras, por el mayor contenido en materia orgánica. Entre las localidades con tejas y ladrilleras en estos materiales está el pueblo de Melque de Cercos.



Explotación de arcillas en las unidades cretácicas de las inmediaciones de la ciudad de Segovia (Peladera, Hontoria)

Explotación tradicional de arenas silíceas y arcillas (greda), mediante el sistema de galerías con bóvedas de cañón, en las inmediaciones de Hontoria



La torre de la iglesia de Nuestra Señora de la Asunción de Pinarejos emplea los ladrillos incluso en la cubierta del tejado



A caballo entre este conjunto y el de las arcillas 'terciarias' se sitúan los yacimientos que explotan las rañas, conglomerados de matriz arcillosa situados en el piedemonte de las sierras de naturaleza cuarcítico-pizarrosa, como la sierra de Ayllón, La Serrezuela y Ojos Albos. En estos lugares se han explotado tradicionalmente las arcillas para la fabricación de ladrillos y tejas en Fresno de Cantespino, Dehesa de Abajo (Riaza), Sequera de Fresno...

3. YESOS Y DERIVADOS

En la provincia de Segovia, estos materiales se obtienen de tres conjuntos geológicos:

- Yesos alabastrinos del Cretácico Superior, en la formación Dolomías de Valle de Tabladillo (C₇).
- Yesos espejuelos del Mioceno Superior, en las denominadas Facies Cuesta. Se localizan en todo el sector septentrional de la provincia, donde fueron explotados hasta recientemente en Cuéllar o Frumales.
- Yesos alabastrinos del Paleógeno, que sólo afloran en las proximidades de Siguero, junto la ermita de la Virgen de la Varga.

Los transformados y derivados de este mineral (aljez o espejuelo), básicamente son el yeso de obra, la escayola y el alabastro, que han sido empleados para la argamasa de la mampostería, revocos, y algunos elementos escultóricos (capiteles y filigranas de reminiscencias islámicas).

Antiguas yeseras abandonadas en las inmediaciones de Cuéllar, aprovechando los materiales margo-yesíferos de las Facies Cuesta



4. CALES

Los transformados por calcinación de rocas carbonáticas (calizas, dolomías y areniscas calcáreas), o cales *sensu lato*, se han empleado en la arquitectura románica tanto como aglomerantes (morteros para el calicanto de los muros de mampostería), como para enfoscados, revocos y enlucidos. En éste último aspecto, destaca el empleo de cales para la fabricación de las capas de soporte de las pinturas murales románicas al fresco, tanto en las capas del *arriccio* (enfoscado) como del *intonaco* (enlucido), siendo su composición (hidróxido cálcico, $\text{Ca}(\text{OH})_2$) básica para la formación de la capa pictórica de carbonato cálcico (Grau, 2001).

La materia prima para la fabricación de la cal, las rocas carbonáticas (calizas y dolomías) afloran con profusión por la provincia. Sin embargo, si bien en origen estas rocas se transformaban a cal en cualquier lugar improvisado (véase la profusión de los topónimos vinculados en cualquier pueblo de la provincia), con el tiempo se ubicaron en lugares favorables, con bancos de calizas potentes y sin demasiada arena, a la vez que próximos a afloramientos de otras rocas que servían para fabricar el interior del horno (granitos, gneises...). Sirvan de ejemplo los res-

Caleras empleadas hasta el siglo XX en las inmediaciones del arroyo Matamujeres (Hontoria-Madrona).



tos de caleras, hoy reconocibles en (Soler *et al.*, 2003): Vegas de Matute, Ituero y Lama, Sebúlcór, Hontoria, Sepúlveda, Carbonero el Mayor, Cabezuela...

5. LOS MINERALES Y SU TRANSFORMACIÓN METALÚRGICA

En muchos edificios románicos se conservan elementos como rejas, cerraduras, grapas, barandillas, etc., elaborados en diferentes metales, entre los que destaca por su profusión el hierro. Poco se sabe sobre la procedencia de este mineral y sobre los lugares donde se transformaba metalúrgicamente durante la Edad Media en Segovia. Únicamente dos documentos de la época nos ofrecen algunas pistas al respecto:

- El primero es una carta de Alfonso VII al Concejo de Ayllón para que no contraríen al obispo de Segovia en Aldea de Herreros, ni en sus bienes ni en sus hombres. El manuscrito, fechado entre los años 1139 y 1157, se encuentra en el Archivo de la Catedral de Segovia (Códices, nº B-329). En esta carta, el Rey solicitaba al Concejo de Ayllón que deje de impedir la explotación de la "vena de hierro" a los moradores de Aldea de Herreros, nombre medieval que recibía la localidad de Riaza antes del siglo XIII, cuyo beneficio había sido donado por el Rey a la Catedral de Segovia y a su Obispo Pedro. De esta carta parece deducirse que en el piedemonte de la Sierra de Ayllón, entre Riaza y Ayllón, ya se explotaban los yacimientos de óxidos e hidróxidos de hierro (Madriguera, Villacorta, El Negredo...), labores que se han mantenido hasta el siglo XIX, con ferrerías próximas (Madriguera).
- El segundo, más indirecto, es el propio Fuero Breve o Latino de Sepúlveda, confirmado por Alfonso VI en el año 1076; es el primero que alude, no directamente a los yaci-

Elementos metálicos de hierro en una de las puertas de la iglesia de San Millán de Segovia



mientos metálicos, pero sí a "algo bajo tierra": *Qui auer inuenerit subtus terra, nichil det inde regi neque seniori* (Fuero de Sepúlveda, título 20). La indefinición del término *auer* es tal, que podría aplicarse también a las vetas minerales. El Fuero Extenso, confirmado en 1305, sí que hace referencias a filones de plata, hierro y de cualquier metal (títulos 1 y 2), así como de canteras y yeseras (títulos 167 y 168). Con ello, puede deducirse que en la Tierra de Sepúlveda había en esa época, y se explotaban, yacimientos de estos metales.

Otra posible fuente indirecta de documentación es la toponimia, que recoge infinidad de términos como herreros, herrerías, ferreros, etc., de los que es buen testimonio el despoblado de Ferreros en Otero de Herreros, indicando quizás la presencia de antiguas explotaciones o fundiciones de mineral de hierro. Igualmente, de esta localidad también podría proceder buena parte del cobre para la fabricación del bronce, ya que se tiene constancia de la explotación de este metal desde la época romana, la dominación islámica (de ahí el topónimo del paraje, Almadenes, "las minas"), y posible continuidad durante la Edad Media.

Muchos de estos minerales (óxidos, hidróxidos y carbonatos de hierro y cobre) son también la base de algunos de los pigmentos de las pinturas murales románicas al fresco o al temple. No todos los minerales pueden aplicarse al fresco por su escasa resistencia a la cal, con lo que muchos pigmentos caros o exóticos se realizarían después al temple. Además, algunos de ellos pueden cambiar de color con el transcurso del tiempo; como la azurita, que pasa de azul a verde o negro; o el cinabrio de rojo a negro (Grau, 2001). Por ello no es descartable que los almagres de los piedemontes de las sierras de Ayllón (Madriguera, El Negro, Villacorta...) y Guadarrama (San Rafael, Otero de Herreros, Revenga...), y las azuritas y malaquitas de Otero de Herreros o Revenga, se utilizaran en los pigmentos de las pinturas de San Justo, San Clemente, San Nicolás, la Torre de Hércules o San Millán (Segovia) o la Vera Cruz (Maderuelo), entre otras muchas; o que los grafitos y pizarras bituminosas de El Muyo o Becerril sirvieran para trazar los dibujos preparatorios.

6. AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer la aportación de información, revisión y lectura crítica del manuscrito inicial por parte de: Rafael Fort González, M^a Ángeles García del Cura y Elena M. Pérez Monserrat (Instituto de Geología Económica, CSIC-UCM), Ángela Alonso Millán (Universidad da Coruña), Javier Gil Gil (Universidad de Alcalá), Ismael Rodríguez (Universidad SEK), Juana Vegas Salamanca, Miguel Llorente Isidro y Manuel Regueiro López-Barros (Instituto Geológico y Minero de España). Asimismo, el ofrecimiento para participar en esta Obra por parte de la Fundación Santa María, y en particular la invitación personal formulada por Antonio Ruiz Hernando, quien ha sido incitador y copartícipe de este capítulo.

Bibliografía

- ALONSO, A., 1981. *El Cretácico de la provincia de Segovia (borde norte del Sistema Central)*. Tesis Doctoral. Seminarios de Estratigrafía, Serie monografías, 7, 1-271.
- ASCASO, C., GALVÁN, V., GARCÍA DEL CURA, M. A., CÁMARA, B., RÍOS, A. de los, 2005. "Romanesque Church of La Vera Cruz (Segovia). A diagnosis of its biodeterioration aimed at future conservation measures". *Proceedings of the 13th International Biodeterioration and Biodegradation Symposium, 4-5 sept. 2005*, Madrid (Spain).
- DÍEZ, A. y VEGAS, J., 2000. "Análisis y diagnóstico petrológico de la fachada de acceso a la iglesia de Santa Cruz la Real". Informe inédito para el proyecto *Análisis y diagnóstico de la fachada de acceso de la iglesia de Santa Cruz la Real*, Facultad de Estudios de Patrimonio Cultural de la UISEK, Segovia, 10 pp.+mapping litológico+ mapa.
- DÍEZ, A., MARTÍN DUQUE J.F., 2006. *Las raíces del Paisaje. Condicionantes geológicos del territorio de Segovia*. En: ABELLA, J.A. et al. (Coords.), Colección Hombre y Naturaleza, VII. Ed. Junta de Castilla y León, 464 pp.
- FORT, R., RODRÍGUEZ BLANCO, J., 1996. "Degradación de las rocas carbonáticas del Claustro de Santa María La Real de Nieva (Segovia)". *Geogaceta* (20-5), 1232-1235.
- GARCÍA DEL CURA, M.A., ORDÓÑEZ, S., 1982. "Texturas y estructuras en calizas continentales: un ejemplo de heterogeneidad textural: las rocas carbonáticas de la Cuenca del Duero". *Temas Geológicos y Mineros* VI, 227-252.
- GARCÍA DE LOS RÍOS, J.I., BÁEZ, J.M., 1994. *La Piedra en Castilla y León*. Junta de Castilla y León, Valladolid, primera edición, 323 pp.
- GARCÍA DE LOS RÍOS, J.I., BÁEZ, J.M., 2001. *La Piedra en Castilla y León*. Junta de Castilla y León, Salamanca, segunda edición, 345 pp.
- GARMA, D. de la, 1998. *Rutas del románico en la provincia de Segovia*. Castilla Ediciones, Valladolid, 215 pp.
- GIL, J., CARENAS, B., SEGURIA, M., GARCÍA HIDALGO, J. F. y GARCÍA, A., 2004. "Revisión y correlación de las unidades litoestratigráficas del Cretácico Superior en la región central y oriental de España". *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 17(3-4), 249-266.
- GRAU, L. A., 2001. *Pintura Románica en Castilla y León*. Consejería de Educación y Cultura, Junta de Castilla y León, segunda edición, Valladolid, 222 pp.
- HERBOSA, V., 1999. *El Románico en Segovia*. Ediciones Lancia, Madrid, 94 pp.
- MARTÍN-GIL, J., MARTÍN-GIL F. J., SAAVEDRA, J. A., 1989. "An analysis of the chemical and physical properties of deteriorated stones in historical monuments in Castile-Leon". En: N. S. BAER, C. SABBIONI, A. I. SORS (Eds.), *Science, Technology and European Cultural Heritage*, Comision of European Communities, Bologna.
- MENDUIÑA, J., FORT, R. (Dtors.), 2005. *Las piedras utilizadas en la construcción de los bienes de interés cultural de la Comunidad de Madrid anteriores al siglo XIX*. Instituto Geológico y Minero de España e Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM), Madrid, 131 pp. + anexos.
- OLMEDO, J., 2004. *Caracterización petrológica, mecánica y petrofísica de la Piedra 'Rosa Sepúlveda' (Cretácico superior de Segovia), utilizada como material de construcción*. Tesis Doctoral, Departamento de Petrología y Geoquímica, Facultad de Ciencias Geológicas Universidad Complutense, Madrid, 258 págs.
- OLMEDO, J., CALVO, J. P., GONZÁLEZ UBANELL, A., FERNÁNDEZ CANOVAS, M., 2004. "La Caliza Rosa Sepúlveda: yacimientos, características petrofísicas y utilización en construcción". *Geo-Temas* 6 (1), 279-282.
- PÉREZ, E. M., 2006. *El medio físico y su relación con la arquitectura popular*. En: BENITO, F. (coord.), Plan Especial de Protección de la Sierra de Ayllón, Junta de Castilla y León, informe inédito, 58 pp.
- RÍOS, A. de los, GALVÁN, V., ASCASO, C., 2004. "In situ microscopical diagnosis of biodeterioration proceses at the convent of Santa Cruz la Real, Segovia, Spain". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 54, 113-120.
- RODRÍGUEZ BLANCO, J., FORT, R., 1996. "Modificaciones cromáticas ante diferentes tratamientos de conservación del Claustro de Santa María la Real de Nieva (Segovia, España)". En: E. M. SEBASTIAN PARDO, I. VALVERDE, U. ZEZZA (Eds.), *Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación*, CEDEX-MOPTMA y Univ. de Granada, Granada, pp. 488-493.
- RUIZ, I., 1988. *El románico de villas y tierras de Segovia*. Colección La noche de los tiempos, Ediciones Encuentro, Madrid, 339 pp.
- SOLER, J., MARQUÉS, I., GARCÍA, J.I., 2003. *Patrimonio Industrial. Provincia de Segovia*. Junta de Castilla y León. Segovia. Edición en CD-ROM.
- VEGAS, J., 1998. *El cretácico en la provincia de Segovia. Caracterización y degradación de rocas ornamentales y de cantería*. Colección Becas de Investigación, Caja Segovia, Segovia. 54 pp.

