

LAS RUTAS GEOMONUMENTALES COMO EXPERIENCIA EDUCATIVA PARA LA DIFUSIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO Y ARQUITECTÓNICO DE LA SIERRA DE AYLLÓN, SEGOVIA

Geomonumental Routes as an educational experience for the popularization and preservation of the geological and architectural heritage of the Sierra de Ayllón, Segovia

Elena M. Pérez-Monserrat⁽¹⁾, Félix Benito⁽²⁾, Rafael Fort⁽¹⁾, Mónica Álvarez de Buergo⁽¹⁾, M^aJosé Varas⁽³⁾

⁽¹⁾ Instituto de Geología Económica (Consejo Superior de Investigaciones Científicas-Universidad Complutense de Madrid)

C/ José Antonio Novais 2, Madrid 28040. empmon@geo.ucm.es, rafort@geo.ucm.es, alvarezm@geo.ucm.es

⁽²⁾ Universidad Europea de Madrid. C/ Tajo s/n, Villaviciosa de Odón, Madrid 28670. felix.benito@uem.es

⁽³⁾ Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. mjvaras@geo.ucm.es

Las Rutas Geomonumentales suponen una interesante actividad didáctica para la difusión del patrimonio arquitectónico, de las ciencias geológicas y de la investigación científica aplicada a la conservación del mismo. Estas rutas enseñan el lenguaje de los materiales geológicos, necesario conocer para el aprecio y conservación del patrimonio geológico y arquitectónico. Desde las instituciones oportunas deben buscarse las vías educativas para la transmisión de la información, y las Rutas Geomonumentales representan una de estas vías.

Hasta la fecha, esta metodología de enseñanza y difusión de las ciencias geológicas, propuesta por el grupo de *Petrología aplicada a la conservación del patrimonio arquitectónico* del Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM), ha sido realizada en la Comunidad de Madrid. Desde el año 2000 aproximadamente, el citado grupo participa activamente en la divulgación de la metodología propuesta, suponiendo el presente artículo la continuación de dicha labor. Además de mostrarse los principales aspectos de las Rutas Geomonumentales, en este trabajo se propone por primera vez una Ruta Geomonumental realizada fuera de Madrid, concretamente en la arquitectura tradicional de la Sierra de Ayllón (Segovia). Es precisamente en este tipo de rutas donde mejor queda reflejada la incidencia de la geodiversidad en la configuración de los pueblos, la sinergia entre el patrimonio geológico y el arquitectónico así como la necesidad de la adecuada gestión para su uso y disfrute.

Palabras clave: divulgación, enseñanza, geología, geodiversidad, arquitectura tradicional

The Geomonumental Routes suppose an attractive teaching experience for the popularization of the built heritage, the geological sciences and the scientific research linked to its conservation. These routes show the geological materials language, necessary to be known for the value and preservation of the built and geological heritage. From the suitable organisms, educational methods for the information transfer should be searched for, and the Geomonumental Routes represent one of these methods

Up to now, this teaching and popularization methodology, proposed by the group of *Applied petrology for the built heritage conservation* of Institute of Economic Geology (CSIC-UCM) has been carried out in the region of Madrid. Since the year 2000, the group is intensive involved with the dissemination of this method, entailing the present paper a new step forward this task. Besides the major aspects related to the Geomonumental Routes philosophy, in this work is proposed for the first time this methodology carried out outside of the region of Madrid, precisely in the traditional architecture of the Sierra de Ayllón (Segovia). Just in these kind of itineraries is where the geodiversity influence in the settlements shaped could be best shown, the synergy between geological and built heritage as well as the need of a suitable management for its use and benefit.

Keywords: dissemination, teaching, geology, geodiversity, traditional architecture

1. EDUCAR Y ENSEÑAR PARA LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO

España cuenta con un extensísimo patrimonio cultural y con una situación que le permite dedicar parte de sus recursos económicos a la puesta en valor y preservación del mismo. Considerando el privilegio que supone poder educar a la población y crear en ella una sensibilidad hacia la cultura heredada, tenemos el deber de conocerla, difundirla y apostar por su preservación. Educar en el aprecio y respeto al patrimonio cultural es responsabilidad de todos y supone la mejor garantía para su conservación y transmisión a las generaciones futuras. En nuestra mano está, con nuestra formación y posibilidades, educar y enseñar para conservar el legado cultural recibido (Fig. 1).



Fig. 1. Filosofía de las Rutas Geomonumentales.

2. RECORRIDOS GEOLÓGICOS URBANOS CON FINES DIDÁCTICOS

2.1. Antecedentes a nivel nacional

En España, se puede afirmar que la confección de itinerarios geológicos urbanos con fines educativos y cierto carácter científico-técnico, es una línea de investigación relativamente reciente. En el I, II y IV Simposio Nacional sobre la enseñanza de la Geología en España celebrados en 1982, 1983 y 1986 respectivamente, se mostraron itinerarios geológicos urbanos como herramienta para la enseñanza de la geología y aproximación de las ciencias geológicas a la sociedad (Bach, 1976; Anguita *et al.*, 1983; San Miguel, 1983; Bach *et al.*, 1986). En el I Congreso Español de Geología, celebrado en Segovia, se presentó un trabajo en el que se contemplaba el potencial didáctico que presentaban los materiales geológicos utilizados en la construcción de las ciudades (García-Ruiz, 1984). La universidad de Zaragoza, en colaboración con el Ayuntamiento, también ha promovido iniciativas para el conocimiento por parte de la ciudadanía de los materiales geológicos utilizados en la construcción de la ciudad (Carrillo & Gisbert, 1993). En el IV Congreso de Geología de España de 1996, se organizaron una serie de itinerarios geológicos desde Alcalá de Henares, que contemplaron una ruta por la ciudad incluyendo algunos de sus edificios más emblemáticos, con datos históricos y arquitectónicos de los mismos, intervenciones llevadas a cabo, tipos de materiales de construcción, su estado de conservación y su procedencia (Fort *et al.*, 1996).

La página web www.puertollanovirtual.com/articulos/fotogeologia ofrece un recorrido geológico por el Paseo de San Gregorio en Puertollano, Ciudad Real (España) que muestra las rocas utilizadas en diversos edificios del paseo y atiende a los procesos geológicos formadores de las mismas (García, 2002). Una de las primeras páginas encontradas en la web sobre la realización de recorridos en los que se muestren los materiales geológicos utilizados en el patrimonio arquitectónico, está realizada en el Madrid de los Austrias y se denomina Ruta Geológica Urbana (Soto & Morcillo, 2003).

2.2. Las Rutas Geomonumentales

Las Rutas Geomonumentales suponen una atractiva experiencia para abordar la difusión del patrimonio arquitectónico con una clara intencionalidad didáctica, permitiendo conocer de cerca los materiales geológicos que lo configuran. Junto a datos generales sobre el inmueble o inmuebles incluidos en cada ruta, los aspectos a tratar son la historia constructiva e intervenciones realizadas, los materiales geológicos utilizados en la construcción, la procedencia y/o fabricación de los mismos así como su estado de conservación y causas de deterioro. Estas rutas son un gran viaje desde el entorno hacia el interior del monumento, que comienza en el ambiente que le rodea, continua en la superficie de sus paramentos y entra en sus materiales de construcción, para que la ciencia enseñe qué les ocurre con el paso del tiempo (Pérez-Monserrat *et al.*, 2006 y 2007; Alvarez de Buergo *et al.*, 2007).



Fig. 2. Influencia del entorno geológico en la ubicación y desarrollo de Becerril, Segovia.

El prefijo Geo- indica el fuerte condicionante geológico existente en la localización de asentamientos urbanos y en su desarrollo (Fig. 2). Por un lado, la geomorfología, la hidrogeología, la existencia de recursos minerales y de suelos fértiles, el potencial riesgo sísmico y/o volcánico o la estabilidad del terreno, han sido factores que han influido tanto en la elección de zonas para ubicar las poblaciones como en la ordenación del territorio. Por otro lado, el prefijo Geo- establece la relación de los monumentos con la geología, en tanto que los hombres han extraído los recursos geológicos necesarios para levantar sus construcciones.

El papel fundamental de los materiales geológicos en el legado arquitectónico les configura como un importante valor patrimonial en sí, cuyo conocimiento supone una manera más de conservar y difundir el patrimonio geológico y arquitectónico. Son muchos los aspectos geológicos que condicionan la configuración y estado actual del patrimonio arquitectónico, como la morfología del paisaje, afloramiento de las formaciones geológicas, las técnicas de explotación y extracción de materiales geológicos en las canteras, o el comportamiento físico-químico de los mismos. Estos aspectos son ampliamente tratados en ramas de la geología como la geomorfología, recursos minerales, petrografía, petrofísica o geología ambiental, y las Rutas Geomonumentales dan a conocer estas disciplinas.

Existen tres tipologías principales de Rutas Geomonumentales (Fig. 3), aquellas efectuadas en conjuntos monumentales o centros históricos, en un edificio o monumento en particular, y las rutas temáticas, es decir, rutas que incluyen diversos inmuebles agrupados bajo un aspecto común, como una tipología arquitectónica, unos materiales de construcción utilizados, una determinada época constructiva o un arquitecto en concreto.



Fig. 3. Principales tipos de Rutas Geomonumentales.

2.3. Divulgación de las Rutas Geomonumentales

En las convocatorias de la Semana de la Ciencia organizadas por la Comunidad de Madrid, se realizan itinerarios de carácter científico-divulgativo, siendo aquí donde comenzaron a desarrollarse las Rutas Geomonumentales como tal, cuyo principal fin es la divulgación de los estudios técnico-científicos realizadas por el grupo de *Petrología aplicada a la conservación del patrimonio* del Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM).

La creciente sensibilidad por parte de las instituciones públicas hacia la conservación del patrimonio arquitectónico, ha facilitado la difusión de las Rutas Geomonumentales mediante su articulación en la página web de la Comunidad de Madrid, (www.madrid.org/cienciaysociedad/patrimonio/rutas/geomonumentales), impulsada también a través del programa MATERNAD, “Durabilidad y conservación de materiales tradicionales naturales del patrimonio arquitectónico”, www.maternas.es (Fig. 4). Las Rutas Geomonumentales confeccionadas hasta la fecha por el citado grupo son el Palacio del Infante Don Luis de Borbón en Boadilla del Monte, el Conjunto Monumental de Loeches, el Conjunto Monumental de Nuevo Baztán, la Piedra de construcción tradicional en los Monumentos de Madrid, las Canteras Históricas de la Comunidad de Madrid, el Panteón de Hombres Ilustres de Madrid y la Muralla de Talamanca del Jarama (Fig. 5).

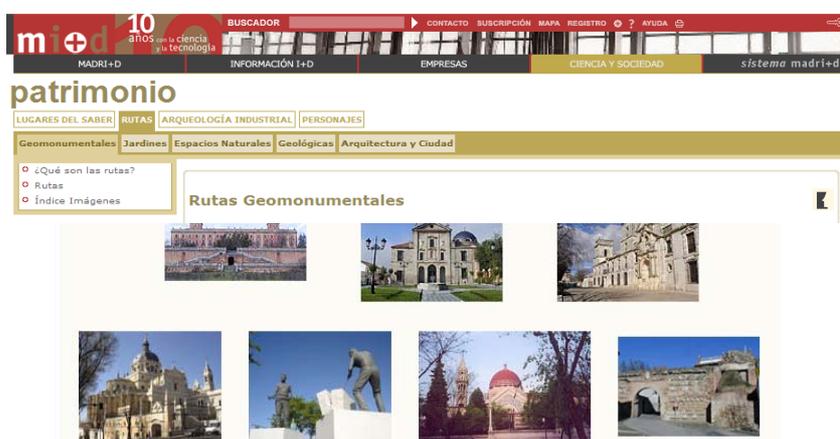


Fig. 5. Rutas Geomonumentales en la web de la Comunidad de Madrid.

Si bien las diferentes Rutas Geomonumentales creadas hasta la fecha se localizan en la Comunidad de Madrid, el grupo de *Petrología aplicada a la conservación del patrimonio* del IGE participa activamente en su divulgación a otras Comunidades Autónomas españolas y a otros países, para que las instituciones correspondientes impulsen su realización. Dicha divulgación consiste en la publicación de la metodología propuesta en revistas especializadas (Pérez-Monserrat *et al.*, 2008), congresos nacionales (Fort *et al.*, 2007; Pérez-Monserrat *et al.*, 2007; Vázquez *et al.*, 2008) e internacionales (Pérez-Monserrat *et al.*, 2006a, 2006b; Alvarez de Buergo *et al.*, 2007; Alvarez de Buergo *et al.*, 2008), en la participación en proyectos internacionales¹ o en la realización de actividades relacionadas con la difusión de las ciencias geológicas para la conservación del patrimonio arquitectónico (Fig. 6).



Fig. 6. Ruta Geomonumental, Día Internacional de la Tierra.

¹ “Comparación metodológica para la conservación y puesta en valor de Rutas Geomonumentales: puentes históricos en piedra de Madrid y calcarenita del Salento”, a través del programa MATERNAS y de un proyecto de cooperación bilateral con el Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali, Consiglio Nazionale delle Ricerche (IBAM-CNR).

3. LAS RUTAS GEOMONUMENTALES EN LA ARQUITECTURA TRADICIONAL

Las Rutas Geomonumentales apuestan por la difusión de patrimonios menos conocidos pero de valor inestimable, como la arquitectura tradicional, cuya recuperación es cada vez más necesaria ante su pérdida alarmante por el desprestigio progresivo del que ha sido testigo. Tal vez aquí la denominación Geomonumental no resulte muy adecuada, sin embargo, es donde mejor queda plasmada la filosofía que este tipo de rutas pretende transmitir.

Por un lado, la geodiversidad y el patrimonio geológico adquieren un interés excepcional, pues el medio rural permite atender *in situ* a la influencia del entorno geológico en la configuración de los asentamientos así como a las formaciones geológicas, recurso local esencial para la construcción de los mismos y elemento de unión entre sus tipos arquitectónicos (Pérez-Monserrat & Benito, 2006; Díaz, 2007). Permiten además la interpretación directa de la geología, aspecto con una importante connotación didáctica relacionado con el término de *Geoturismo*, promovido por el geólogo Thomas A. Hose desde 1997, y la reciente creación de las denominadas *Georutas* (Carcavilla, 2007).

Por otro lado, la arquitectura tradicional es resultado de toda una cultura patrimonial, arraigada a la tierra y con un fuerte sentimiento de pertenencia a la misma. Desde el principio está concebida con valor patrimonial, como herencia para las generaciones venideras, de ahí la necesidad de su conocimiento y preservación. Se trata de una arquitectura lógica que se adapta al entorno natural de la forma más sencilla posible y con los recursos geológicos más cercanos. Por tanto, una Ruta Geomonumental realizada en la arquitectura tradicional supone su potenciación y revalorización, en tanto que al defender sus construcciones y el medio natural en el que se encuentra posibilita su aprecio y conservación.

4. PATRIMONIO GEOLÓGICO Y ARQUITECTURA TRADICIONAL EN LA SIERRA DE AYLLÓN, SEGOVIA

4.1. Geodiversidad en la Sierra de Ayllón: los materiales geológicos

Entre las provincias de Guadalajara y Segovia se extiende el macizo de Ayllón, flanqueado en su vertiente Sur por la cuenca del Tajo y en su vertiente Norte por la cuenca del Duero, donde se localiza la comarca de la Sierra de Ayllón. Los principales factores geológicos que han condicionado la ubicación y evolución de sus pueblos han sido la climatología, los recursos geológicos, principalmente la minería de metálicos, y la geomorfología. La Ruta Geomonumental propuesta se centra en los materiales geológicos utilizados en la arquitectura tradicional de Alquité, Martín Muñoz de Ayllón, Villacorta, Madriguera, Serracín, Becerril y El Muyo.

En función de los materiales geológicos (Fig. 7), en la comarca se diferencian, por un lado, los elevados relieves del macizo meridional de Ayllón, constituido fundamentalmente por rocas metamórficas paleozoicas, correspondientes esquistos, pizarras de color gris oscuro del Ordovícico Superior y alternancia de pizarras negras ampelíticas con cuarcitas del Silúrico. Por otro lado, los rebajados relieves calcáreos orientales cercanos a Grado de Pico, correspondientes a rocas y materiales sedimentarios mesozoicos. Si bien en la comarca el Mesozoico queda escasamente representado, se distinguen las calizas y dolomías tableadas del Cretácico Superior, y las areniscas y arcillas rojizas del Triásico. Finalmente, la cuenca terciaria del Duero, con conglomerados de cantos metamórficos y calcáreos, arenas y arcillas rojas depositados del Mioceno en el borde, y con arcillas y arenas del Plioceno hacia el interior de la cuenca. Sobre los sedimentos miocenos, se depositan entre el Terciario y el Cuaternario conglomerados de cantos metamórficos con matriz arenosa-arcillosa rojiza, que constituyen los niveles de raña.

En ocasiones aparece un conglomerado ferruginoso constituido por cantos metamórficos, aglutinados por una matriz arcillosa de intenso color rojo, cuya formación se relaciona con la alteración de las pizarras en un clima subtropical durante el Terciario y posterior formación de costras ferralíticas sobre las mismas. La riqueza cromática natural de la comarca se debe a la variabilidad de los materiales geológicos que la constituyen. Así, los pueblos levantados en su práctica totalidad con pizarras se denominan *pueblos negros* (Becerril, Serracín y El Muyo), aquellos que emplean la cuarcita como material de construcción principal se conocen como *pueblos amarillos* (Alquité y Martín Muñoz de Ayllón) y los caracterizados por la utilización de conglomerados y revocos rojizos se incluyen en los *pueblos rojos* (Villacorta y Madriguera).

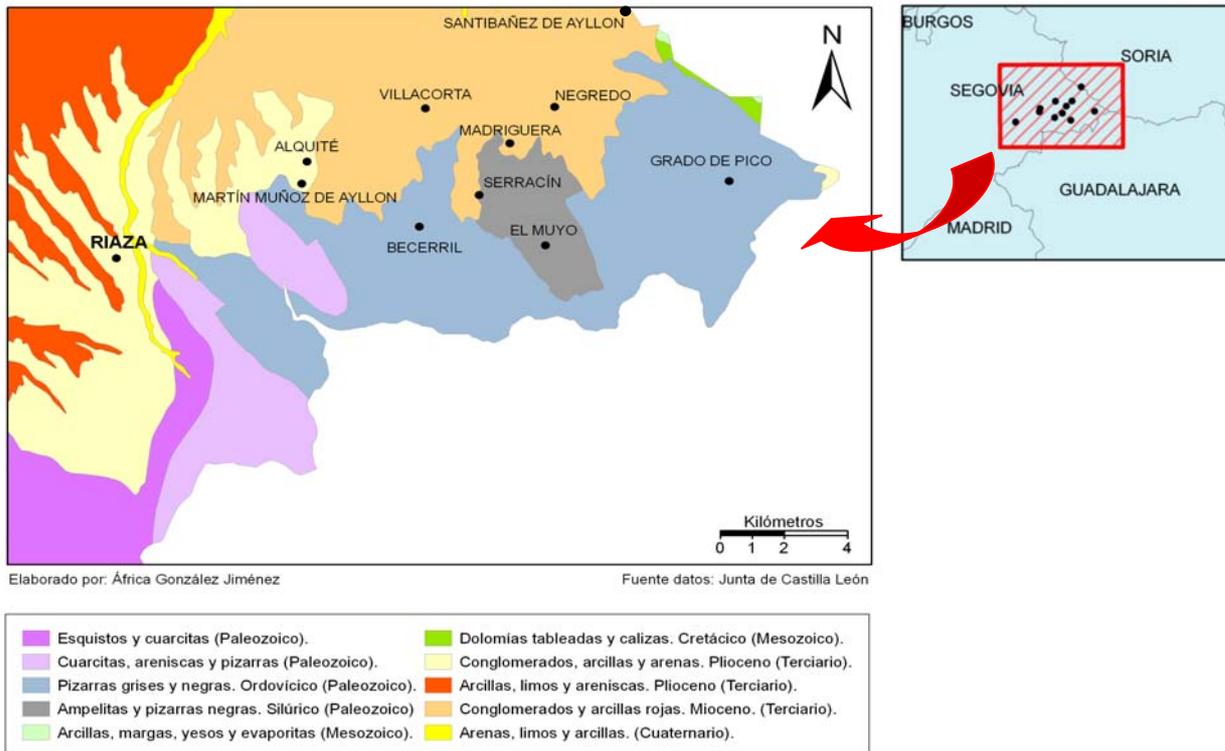


Fig. 7. Localización y mapa litológico simplificado de la comarca de la Sierra de Ayllón considerada en la Ruta Geomonumental propuesta.

4.2. Los materiales geológicos en la arquitectura tradicional

En la comarca, la piedra es el material geológico de construcción por excelencia, combinada con revocos y adobes, cuyas materias primas necesarias para su fabricación tienen igualmente una procedencia geológica. Las características texturales de los materiales geológicos les confieren determinadas propiedades, desempeñando cada tipo de material funciones específicas.

La **pizarra** es una roca metamórfica constituida principalmente por filosilicatos, sobre todo minerales del grupo de las arcillas. Como las arcillas son también minerales impermeables, la pizarra resulta ser un material muy impermeabilizante. Su facilidad para separarse en capas convierte a la pizarra en un material ideal para las cubiertas. La estratificación que presenta permite obtener lajas de mayor o menor espesor, que dependerá, entre otros factores, de su contenido en materia orgánica y arcillas, de la intensidad de metamorfismo alcanzada o de la densidad de diaclasado. Las pizarras ampelíticas del Silúrico no son muy apropiadas para las cubiertas, principalmente por su baja dureza debido a su importante contenido en materia orgánica, y por su relativa capacidad para oxidarse debido a la elevada cantidad de sulfuros que presentan.

La **caliza** de la comarca presenta una dureza tal que la configura como buen material tanto para elementos estructurales como decorativos. Su relativa facilidad de labra posibilita su dimensionado en formas muy diversas, como sillares, pilares, dovelas y todo tipo de ornamentos. Ni la pizarra ni la cuarcita resultan materiales apropiados para sillería, la pizarra por tratarse de una piedra quebradiza y la cuarcita porque su elevada dureza dificulta considerablemente su dimensionado. En las iglesias de casi todos los pueblos incluidos en la Ruta Geomonumental propuesta se emplean sillares de caliza en las zonas que requieren mayor estabilidad y resistencia.

El **conglomerado ferruginoso** existente en la comarca responde a una roca sedimentaria con una matriz arcillosa que presenta intensas tonalidades rojizas. Antiguamente, su dimensionado se efectuaba con herramientas manuales de corte mientras que dicha matriz retenía la humedad. Un vez que la matriz ha secado completamente, este conglomerado adquiere gran consistencia, siendo destinado también para zonas que requieren estabilidad y resistencia, aunque igualmente se emplea en mampostería.

La **cuarcita** es una roca metamórfica de elevadísima dureza debido a su composición y textura. Está constituida en su práctica totalidad por cuarzo, mineral muy estable y resistente, y su textura no foliada le confiere gran compacidad y consistencia. Es una roca muy impermeable, por lo que resulta buen material para los zócalos y como refuerzo de esquinas. Debido a su extrema dureza, se utiliza prácticamente tal y como se extrae al arar las tierras. Los variados tamaños y morfologías subredondeadas que presentan los cantos de cuarcita, resulta muy apropiado para su empleo en mamposterías.

Las **arenas y arcillas** son utilizadas para fabricar los revocos, los adobes, las tejas y el relleno de los muros. Las tierras se utilizan en las techumbres debido a su elevada capacidad de aislamiento y de absorción de agua, colocándose sobre las vigas de madera y bajo las tejas. Los revocos principalmente proporcionan aislamiento térmico y decoración a las fachadas. En la arquitectura tradicional de la comarca, es característica la colocación horizontal de piezas cerámicas alabeadas sobre el armazón de madera de las chimeneas, otorgando a sus chimeneas de un aspecto muy particular. También puede observarse la colocación de las tejas al modo segoviano, esto es, con morfologías cilíndricas y biseladas de modo que encajen y no se necesite la cobija.

4.2.1. Pueblos negros: *Becerril, Serracín y El Muyo*

Estas poblaciones asientan sobre terrenos pizarrosos paleozoicos, resultando muy interesante atender cómo los afloramientos de pizarras (Fig. 2) sirven como cimentación para sus construcciones (Fig. 8). Se emplean fragmentos y lajas de pizarras ordovícicas de diversos espesores, destinándose las de menor espesor a esquinas y jambas de vanos. A pesar de la dificultad que supone construir zonas redondeadas con la pizarra, puede apreciarse su colocación para levantar los muros circulares de los hornos. Cantos de cuarcitas silúricas y de cuarzo se utilizan en la parte inferior de los muros, bien actuando como cimentación, bien como elemento de transición entre el afloramiento rocoso y el resto del muro (Fig. 8).



Fig. 8. Muro con zócalo de cuarcita del Silúrico asentado en las pizarras ordovícicas.

En los muros también se emplean cantos de cuarzo, que destacan entre las pizarras negras por su intenso color blanco y ausencia de oxidación. En menor cantidad se utiliza el conglomerado ferruginoso terciario, sobre todo enmarcando algunos vanos. En las zonas de esquina, lajas de pizarra se intercalan entre grandes piezas de dicho conglomerado, y también se observan cantoneras construidas totalmente con sillares de este material (Fig. 9).



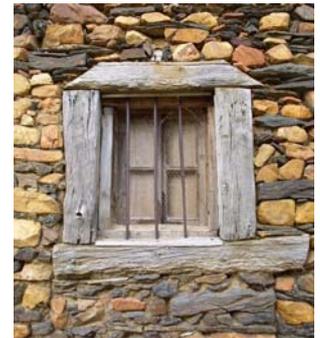
La pizarra del Ordovícico constituye igualmente la piedra utilizada en la totalidad de los tejados, las piezas ubicadas en la primera línea de cubierta encajan al presentar una morfología en puzzle, y lajas de tamaños muy variables contrapeadas son rematadas en la línea de cubierta por una hilera de tejas en cobija. Una particularidad a destacar es la existencia de los empedrados originales, en parte conservados por el grado de abandono que presentan dichos pueblos. En el Muyo incluso se conserva la canalización original que atravesaba la calzada principal.

Fig. 9. Utilización de pizarra del Ordovícico y del conglomerado ferruginoso terciario.

4.2.2. Pueblos amarillos : Alquité y Martín Muñoz de Ayllón

La tonalidad amarillenta que caracteriza estos pueblos es debida sobre todo a la oxidación superficial que experimentan los cantos de cuarcita del Silúrico con el paso del tiempo y a la coloración ocre de los morteros de relleno de los muros.

La mampostería de los muros está constituida principalmente por cantos de naturaleza cuarcítica y pizarras (Figs. 10 y 11). En los zócalos, los cantos cuarcíticos son de gran tamaño y actúa como soporte de los muros, disminuyendo conforme asciende la construcción. Se identifican dos espesores bien diferenciados de lajas de pizarra ordovícica, estrechas para conseguir la horizontalidad de las mamposterías (Fig. 10), y lajas de mayor espesor que proporcionan consistencia en las zonas de confluencia de planos (Fig. 11). Los tejados se cubren con tejas colocadas a la manera segoviana y la construcción de los mismos arranca con tres o cuatro hiladas constituidas por grandes y estrechas lajas de pizarra, con morfologías diversas cortadas a mano y contrapeadas en la parte inferior.



Figs. 10 y 11.

Mamposterías de cuarcita y pizarra paleozoicas.

4.2.3. Pueblos rojos: Villacorta y Madriguera



El color rojo que presenta su arquitectura tradicional responde a la utilización del conglomerado ferruginoso terciario y de revocos con diferentes tonalidades rojizas. En estos pueblos la piedra no adquiere un papel tan protagonista como en los pueblos amarillos y pueblos negros, puesto que muchos muros se encuentran revocados (Fig. 12).

El conglomerado ferruginoso es utilizado en los zócalos, dinteles y jambas de vanos (Fig. 12). Está dimensionado en forma de paralelepípedos de tamaños diversos, escuadrado únicamente por el lado que configura el hueco y presentando las otras tres caras de la pieza una morfología irregular. También se observan piezas dimensionadas en cantoneras o zonas de confluencia de planos, y mamposterías levantadas con dicho conglomerado del Terciario parcialmente revocadas.

Fig. 12. Fachada de mampostería revocada y conglomerado rojizo del Terciario en recercados de vanos.

4.3. Estado de conservación e intervenciones efectuadas

Los materiales geológicos de construcción suelen presentar buen estado de conservación, debido principalmente a que desempeñan una función constructiva muy adecuada dadas su textura y composición, y a su resistencia al clima de la comarca. Las principales formas de deterioro observables corresponden con la proliferación de microorganismos y/o plantas inferiores y con la pérdida parcial de los revocos.

Existen abundantes acopios de materiales de construcción, cantos cuarcíticos en los campos de cultivo y las pizarras o tejas se almacenan en la entrada de las casas. La morfología de las lajas de pizarra y de las piezas cerámicas permite su fácil almacenamiento, necesario porque se trata de piezas que con mayor frecuencia deben ser sustituidas.

Sin embargo, numerosas construcciones presentan un alarmante estado de ruina (Fig. 13), debido sobre todo al paso del tiempo, a su abandono o a la imposibilidad de los propietarios para acometer las intervenciones necesarias. Los templos religiosos son las construcciones que mejor estado de conservación presentan, tanto porque suelen responder con construcciones bien efectuadas y para las que se destinan los mejores materiales, como porque suelen ser las primeras, y a veces las únicas, construcciones en restaurarse.



Fig. 13. Estado de ruina que muestran numerosas construcciones de los *pueblos negros*.



Fig. 14. Restauración empleando materiales locales y su colocación tradicional.



Fig. 15. Construcción reciente con materiales y con técnica de construcción actual.

Se observan abundantes rehabilitaciones y/o reconstrucciones, siendo Madriguera la población donde mayormente se ha restaurado la arquitectura tradicional. Algunas restauraciones recientes han apostado por la conservación del estilo original de la comarca, utilizando el material local o reutilizando material pétreo procedente de construcciones derruidas (Fig. 14). En otras construcciones, sin embargo, aunque el material utilizado corresponde igualmente con el local, la técnica de colocación indica claramente que se trata de obras de reciente construcción (Fig. 15).

Se han realizado intervenciones para la disposición de la infraestructura necesaria de abastecimiento de los servicios básicos a los pueblos de la comarca, como las instalaciones de electricidad, pavimentación de las calles o canalizaciones. El principal problema con el que se encuentra la gente de la comarca para la protección de su arquitectura tradicional es la falta de medios económicos para acometer las obras de conservación y/o restauración necesarias, además de la inexistencia de mano de obra conocedora del material local y de su técnica de colocación.

AGRADECIMIENTOS

El programa MATERNAS financiado por la Comunidad de Madrid (0505/MAT/0094), el proyecto bilateral CSIC-MEC y CNR (2006IT0021) y el programa TCP de CONSOLIDER-INGENIO 2007, financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (CSD2007-0058), han hecho posible el desarrollo de las Rutas Geomonumentales. También agradecemos a la Comunidad de Madrid el apoyo brindado para la potenciación de la divulgación científica mediante las Rutas Geomonumentales. Igualmente, agradecer a África González Jiménez la realización del mapa litológico simplificado a partir de la información digital proporcionada por la Junta de Castilla y León.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez de Buergo, M., Perez-Monserrat, E.M. y Fort, R. (2007). Geomonumental Routes: a useful tool for popularising the built heritage. En: Heritage Protection. Construction aspects. J. Radic, V. Rajcic, R. Zarnic (eds.). European Construction Technology Platform, S.K. Kourkoulis, Springer-Verlag, Dordrecht, 623-630.
- Alvarez de Buergo, M., Masini, N., Perez-Monserrat, E.M., Calia, A., Varas, M.J., Quarta, G., Fort, R., Giannotta, M.T., Vazquez-Calvo, M.C., Danese, M. y Sileo, M. (2008). Geomonumental Routes: the granitic bridges over the Guadarrama river (Madrid, Spain) and the calcarenitic coastal towers from the Salento (Italy). En: Congress Book of the 11th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Torun, Poland. En prensa.
- Anguita, F., San Miguel, M. y Sánchez, J.R. (1982). Un itinerario geológico urbano en las inmediaciones del museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. En: II Simposio Nacional sobre la enseñanza de la Geología, Gijón, 165-175.
- Bach, J., Obrador, A. y Brusi, D. (1976). Geología Urbana: proposta d'un itinerari per la ciutat de Vic". En: I Simposi Sobre l'Ensenyament de les Ciències Naturals. 15 pp.
- Bach, J., Brusi, D. y Obrador, A. (1986). Pautas para la realización de itinerarios urbanos. En: IV Simposio Nacional sobre la enseñanza de la Geología, Vitoria-Gasteiz, 263-273.
- Carcavilla, L. (2007). Interpretación de la Geología: las Georutas del Parque Natural del Alto Tajo. *Tierra y Tecnología* 29, 61-67.
- Carrillo, L. y Gisbert, J. (1993): ¿Pero hay rocas en la calle?. Ayuntamiento de Zaragoza.
- Díez Herrero, A. (2007). El empleo de las rocas y los minerales en la arquitectura románica de la provincia de Segovia. En: J.A. Ruiz Hernando y J.M. Rodríguez Montañés (Coords.), Segovia, volumen I, 203-225. En: M.A. García Guinea y J.M. Pérez González *Enciclopedia del Románico en Castilla y León*, Fundación Santa María La Real - Centro de Estudios del Románico, Aguilar de Campoo (Palencia), 1990 pp.
- Fort, R., Mingarro, F., López de Azcona, M.C. y Álvarez de Buergo, M. (1996). Restauraciones y rehabilitaciones en monumentos emblemáticos de Alcalá de Henares. En: IV Congreso Geológico de España. M. Segura, I. Bustamente y T. Bardaji (eds.). Itinerarios Geológicos desde Alcalá de Henares. Servicio de Publicaciones de Alcalá de Henares, 81-98.
- Fort, R., Pérez-Monserrat, E.M., Varas, M.J. y Alvarez de Buergo, M. (2007). Ruta Geomonumental: la piedra tradicional utilizada en la construcción del patrimonio arquitectónico de Madrid. En: IV Congreso Comunicación Social de la Ciencia. Cultura Científica y Cultura Democrática. CSIC, Madrid. Soporte digital.
- García, A. (2002). Foto-geología urbana en el Paseo de San Gregorio de Puertollano. <http://www.puertollanovirtual.com/articulos/>

- García-Ruiz, J.L. (1986). La ciudad como recurso didáctico. En: I Congreso Español de Geología, Segovia. Tomo IV, 505-525.
- Menduiña, J., Fort, R. (Coords.) (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, Madrid, 131 pp.
- Pérez-Monserrat, E.M. y Benito, F. (2006). Plan especial de protección de la Sierra de Ayllón, Segovia: El medio físico y su relación con la arquitectura popular. En prensa.
- Pérez-Monserrat, E.M., Varas, M.J., Gomez-Heras, M., Alvarez de Buergo, M. y Fort, R. (2006a). Geomonumental Routes: an useful tool for the popularization of Architectural Heritage. En: Heritage, Weathering and Conservation Conference HWC, Madrid, 139.
- Pérez-Monserrat, E.M., Varas, M.J., Gomez-Heras, M., Alvarez de Buergo, M. y Fort, R. (2006b). Rutas Geomonumentales: una herramienta para la difusión del patrimonio arquitectónico. En: VIII Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación, La Dimensión Social del Patrimonio, Salta, Argentina. Volumen 1, 215-226.
- Pérez-Monserrat, E.M., Fort, R., Alvarez de Buergo, M. y Varas, M.J. (2007). Rutas Geomonumentales: estrategia de difusión científica para la conservación del patrimonio arquitectónico. En: IV Congreso Comunicación Social de la Ciencia. Cultura Científica y Cultura Democrática. CSIC, Madrid. Soporte digital.
- Pérez-Monserrat, E.M., Fort, R., Alvarez de Buergo, M. y Varas, M.J. (2008). Rutas Geomonumentales: la geología para la enseñanza y difusión del patrimonio arquitectónico. *Tierra y Tecnología*. En prensa.
- Soto, P.J. y Morcillo, J.G. (2003). Ruta geológica urbana por el Madrid de los Austrias. <http://www.ucm.es/info/diciex/programas/rutageologica/index.html>
- C. Vázquez-Calvo, C., Pérez-Monserrat, E.M., Varas, M.J., Álvarez de Buergo, M. y Fort, R. (2008). La geología en la conservación del patrimonio arquitectónico: otra forma de difundir el patrimonio geológico. En: VII Congreso Nacional de Geología, Las Palmas de Gran Canaria. En prensa.