

Localización y caracterización de las canteras históricas asociadas con el patrimonio arquitectónico de la provincia de Badajoz (Extremadura, España)

JORGE FERNÁNDEZ SUÁREZ

Grupo de Geología Económica de los Recursos Minerales, (CN IGME-CSIC)

j.fernandez@igme.es

JOSÉ BELTRÁN FORTES

Departamento de Prehistoria y Arqueología, (Universidad de Sevilla)

jbeltran@us.es

ENRIQUE ÁLVAREZ ARECES

Grupo de Geología Económica de los Recursos Minerales, (CN IGME-CSIC)

e.alvarez@igme.es

JOSÉ MANUEL BALTUILLE MARTÍN

Grupo de Geología Económica de los Recursos Minerales, (CN IGME-CSIC)

jm.baltuille@igme.es

RESUMEN

Este estudio pone de manifiesto la existencia de un gran número de canteras históricas que han surtido de piedra para la construcción del patrimonio arquitectónico en el territorio de la actual provincia de Badajoz (Extremadura, España), desde época prehistórica a época moderna. Además, se propone la puesta en valor de las mismas como fuente de información científica, histórica, arquitectónica y arqueológica, pues son yacimientos totalmente desconocidos en muchos casos.

PALABRAS CLAVE: *Extremadura, Badajoz, patrimonio arquitectónico, canteras históricas, piedra natural.*

ABSTRACT

This study reveals the existence of a large number of historical quarries that have provided stone for the construction of this cultural heritage in the territory of the current province of Badajoz (Extremadura, Spain), from pre-historic times to modern times. In addition, it is proposed to value them as a source of scientific, historical, architectural and archaeological information, since they are totally unknown deposits in many cases.

KEYWORDS: *Extremadura, Badajoz, Monumental Heritage, Historic Quarries, Natural Stone.*

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los siglos las diferentes civilizaciones han querido plasmar su poder o sus creencias mediante construcciones que perduraran a través del tiempo con un elemento común a todas ellas, la utilización de la piedra. No es algo que se haya realizado al azar, pues en la mayoría de los casos la utilización de este material garantizaba su conservación gracias a las propiedades de durabilidad de las rocas. Uno de los elementos asociado inexorablemente a la construcción de monumentos son las canteras históricas, pues toda edificación necesita de este tipo de espacios para su planificación y desarrollo constructivos.

El interés de la sociedad por estos espacios es importante, una vez se ha puesto de manifiesto que están íntimamente ligados al desarrollo, no solo de los monumentos para los que fueron destinados, sino también para el propio progreso como civilización. En las últimas décadas el atractivo por estos espacios históricos ha crecido, como evidencian varios proyectos surgidos con el objetivo de conocerlas y, en muchos casos, conservarlas y ponerlas en valor.

Algunas de estas canteras son muy conocidas pues llevan siglos explotándose, tal es el caso de las canteras de Alconera, en cuyo desarrollo embrionario tuvo vital importancia el período romano, si bien parte de los frentes conservados de las explotaciones antiguas fueron destruidos con el avance la explotación durante la segunda mitad del siglo xx. Por otro lado, existe un gran número de explotaciones desconocidas, algunas únicamente utilizadas durante un corto periodo de tiempo o cuyo material era destinado exclusivamente a la construcción de una sola edificación. Son estas explotaciones a las que en los últimos años diferentes proyectos han sacado del olvido, convirtiéndose en espacios conservados o arqueológicos que dan luz a una de las actividades poco conocidas de la antigüedad.

2. OBJETO DE ESTUDIO

La localización y estudio de las canteras históricas tiene una gran importancia desde un punto de vista histórico y cultural, ya que aporta información sobre las vías de comunicación, la tecnología disponible en la explotación, así como la evolución histórico-geográfica de las poblaciones, entre otras más variadas. Otro aspecto importante es su interés científico de conservación, ya que el material en la cantera es el punto de partida de los procesos de alteración que sufren estos materiales con el paso del tiempo, permitiendo establecer su durabilidad. En los tiempos actuales, las canteras históricas suponen también un aliciente de cara a su utilización turística, complementando rutas monumentales.

Con todo esto, los objetivos generales de este proyecto para la provincia de Badajoz se pueden establecer en los siguientes:

- Identificación de las rocas, en su caso el litotecto, con las que están contruidos elementos destacados del Patrimonio Arquitectónico/Arqueológico.
- Localización y georreferenciación de las canteras históricas de donde fueron extraídas las rocas para aquellas construcciones.
- Caracterización de las rocas empleadas en los monumentos arquitectónicos seleccionados.
- Realización de un estudio de orden arqueológico, tecnológico y económico desde una perspectiva histórica.
- Colaboración con la Base de Datos Nacional de Canteras Históricas (BDINCHaPA), creada en el marco del Instituto Geológico y Minero de España (IGME-CSIC).
- Promoción del establecimiento de figuras de protección: elaboración de planos con los recintos de las canteras históricas o áreas de extracción, para su conservación, uso turístico o educativo.

La localización de estas canteras tiene un amplio abanico de dimensiones históricas desde las que plantear su estudio (*fig. 1*). Este es un punto muy importante a tener en cuenta y nos da una idea de la importancia que tiene la formación de equipos multidisciplinares para el conocimiento de la totalidad de los aspectos que existen en el estudio de una cantera histórica.

Desde el punto de vista geológico nos ayuda a comprender la importancia que los antiguos canteros daban a unas determinadas rocas y el porqué de la utilización de unas u otras debido a factores relacionados con la canterabilidad o la durabilidad, en relación con las características de explotación y transporte.

Otro aspecto importante —como se dijo— es su interés científico en el marco de la conservación, ya que el análisis del material en la cantera es el punto de partida para comprender los procesos de alteración que sufren estos materiales con el paso del tiempo, permitiendo establecer su durabilidad. Así, el conocimiento de estos procesos facilitará los estudios necesarios a realizar para poder abordar los trabajos de conservación y restauración del patrimonio arquitectónico y evaluar la idoneidad de productos conservativos sobre material inalterado. Como han demostrado varios proyectos de investigación en las últimas décadas (Alonso *et al.*, 2006) el conocimiento y caracterización de las rocas que se mantienen en canteras históricas permite la anticipación de los estudios científicos en los procesos de deterioro de los materiales que conforman los monumentos.

El estudio de las diferentes épocas de funcionamiento de estas zonas abre la puerta al conocimiento diacrónico de las distintas técnicas de extracción de materiales. Por ejemplo, la comparación del tamaño y morfología de las cuñas para la extracción de los sillares podría ser seña diferenciadora de los distintos periodos extractivos, como se dirá más adelante. De igual manera las excavaciones arqueológicas, la localización de herramientas de trabajo y el análisis de las huellas sobre los frentes de extracción pueden determinar las tecnologías utilizadas.

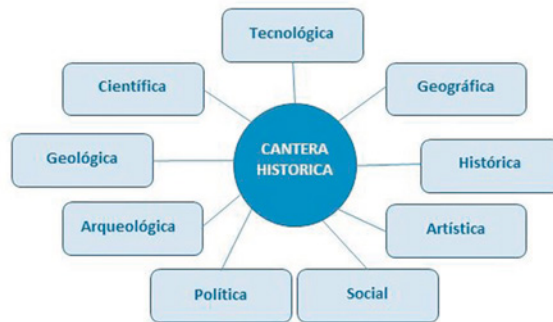


Fig. 1. Algunas de las variables identificadas en el estudio de las canteras históricas.

El emplazamiento de las canteras de donde eran extraídos los materiales proporciona gran información sobre las vías de comunicación y transporte/comercio en las distintas épocas. Esta vertiente geográfica permite establecer criterios acerca de los motivos de elección de una piedra frente a otra no solo basadas en la cercanía de las explotaciones, sino es las condiciones para el transporte, así como también en la posibilidad de existencia de poblados y de talleres asociados a la explotación y trabajo de piezas (en bruto, semielaboradas o elaboradas) en lugares próximos a las canteras.

Los aspectos históricos y artísticos se relacionan a través de los diferentes gustos y necesidades de los períodos históricos, donde los avances técnicos y los cambios en los criterios arquitectónicos varían la forma de utilizar la piedra. La reducción del tamaño en el uso de sillares entre, por ejemplo, las épocas romana y medieval en España está ligada con aspectos artísticos y técnicos que fueron variando con el paso de los siglos.

Las relaciones políticas juegan una gran importancia en la extracción y comercialización de piedra natural. En época romana, a partir del principado de Augusto, se desarrolló un significativo comercio de rocas ornamentales a lo largo de las áreas circunmediterráneas, según por ejemplo demuestra el análisis de los mármoles identificados en diferentes yacimientos arqueológicos hispanos (Rodà de Llanza, 2012). Otro aspecto a tener en cuenta viene determinado por el tiempo invertido en la construcción de las edificaciones. Esto es destacable en la construcción de los emplazamientos defensivos, necesariamente rápida en época de inestabilidades bélicas, con lo que la utilización de la piedra más inmediata jugaba un papel fundamental, mientras que, en épocas de mayor calma, las fábricas eran de mayor calidad y podrían también, desde el punto de vista del labrado y de las rocas ornamentales, ser importadas desde mayor distancia.

Los estudios arqueológicos en canteras históricas de la Península Ibérica son todavía escasos, pero en ocasiones las excavaciones de estas zonas permiten conocer un gran número de aspectos relacionados con los asentamientos de poblaciones establecidas para el beneficio de la cantera (Beltrán Fortes *et al.*, 2010). La identificación de las zonas de extracción puede llegar a poner de manifiesto poblados u otros asentamientos de menor entidad (*villae* en el caso romano) que eran desconocidos con anterioridad, lo que enlazaría con los aspectos sociales de las diferentes épocas de explotación.

Tal y como se expone en la *figura 1*, este estudio se aborda más estrictamente desde la variable geológica, con aportaciones referidas a aspectos tecnológicos y del estudio diacrónico de las canteras en el marco de la actual provincia de Badajoz y en relación con edificios históricos en los que se han empleado las piedras identificadas. Por ello, supone un importante acercamiento a considerar en futuros estudios centrados en la arqueología, las relaciones políticas o los aspectos socioeconómicos, así como histórico-artísticos. El enfoque de este estudio hace confluir diferentes disciplinas como son la geología, la arquitectura, la historia, la arqueología y otras, estableciendo sobre el territorio áreas históricas de extracción, que además de su interés geológico, permitirán definir centros de producción de piedra constructiva especializada, medios y vías de comunicación históricas, así como en etapas posteriores, la organización y jerarquización del proceso de trabajo, las formas de intercambio y el comercio de la piedra.

Con base en este planteamiento de objetivos, en este proyecto de investigación no se ha llevado a cabo un estudio histórico, arqueológico o artístico de los monumentos presentados, sino solo del empleo en ellos de determinados materiales pétreos. El encuadre del edificio o monumento en un determinado periodo histórico, como la reutilización de los materiales, han sido factores

considerados, pero el objetivo en esta ocasión es la localización y caracterización de las canteras históricas asociadas con una selección del patrimonio arquitectónico-arqueológico de la provincia de Badajoz.

Teniendo en cuenta las aplicaciones que este estudio puede aportar a las futuras restauraciones de los monumentos que componen el patrimonio arquitectónico de Badajoz, ya sea para restitución de elementos o la realización de ensayos destructivos comparativos, se ha tenido en cuenta la segmentación en varios niveles. El objetivo principal es la identificación y localización de las canteras históricas, sin embargo, en caso de no poder llegar hasta este nivel principal, se intenta identificar el litotecto (macizo o formación geológica) del que procede la roca. Un nivel más generalista aporta información acerca del posible origen geográfico, intentando aportar información, tanto a nivel local como regional, acerca del origen de los materiales, ya sea por comparativas de rocas, como por descarte en la existencia de las mismas en una dirección. Las propuestas de estos dos niveles inferiores al de la localización de las canteras históricas originales, permitirá en el futuro el descubrimiento de nuevas zonas extractivas, ampliando el número de espacios de cantera.

3. METODOLOGÍA

Situar el emplazamiento de las antiguas canteras asociadas con el patrimonio arquitectónico de Badajoz plantea *a priori* una gran variedad de problemas. A la hora de identificar estas zonas puede darse el caso de que en ocasiones se trate de explotaciones muy superficiales y que presenten un volumen de explotación pequeño, utilizadas únicamente para la construcción de una obra en concreto. Por otro lado, en los últimos años el crecimiento urbanístico de las poblaciones actuales ha hecho desaparecer algunas de estas áreas de explotación, principalmente debido al desconocimiento previo de la existencia de las mismas.

Este proyecto desarrolla y pone en práctica una metodología sistemática (*fig. 2*) para la localización de las áreas históricas de extracción, así como para la caracterización de las mismas y de las rocas que constituyen el patrimonio arquitectónico (Fernández Suárez *et al.*, 2020). La investigación en materia de cantería histórica y su relación con el patrimonio arquitectónico alzado con piedra natural se sustenta en tres líneas de actuación: la revisión de los fondos documentales, que generalmente se refieren únicamente a la construcción de los elementos del patrimonio arquitectónico; las observaciones *in situ* de la fábrica de los diferentes monumentos; y, por último, la exploración de campo hasta la localización de antiguas labores de cantería.

Para localizar las canteras o áreas extractivas es necesario utilizar una metodología basada en el conocimiento de las características geológicas, las características petrológicas de los materiales, mediante análisis arqueométricos en su caso, así como los determinantes histórico y arqueológico-artístico de los edificios o monumentos que sirven de referencia.

3.1. Desarrollo de un estudio multidisciplinar

Se puede definir ese estudio multidisciplinar como un conjunto de enfoques desde disciplinas diversas, que se llevan a cabo en conjunto durante un tiempo determinado, para resolver un problema complejo. En la localización de canteras es importante y deseable contar con un amplio equipo de personas que dominen distintas disciplinas, entre los que destacan la Geología, la Historia, la Arqueología, la Historia del Arte o la Arqueometría, entre otras. La colaboración entre los profesionales de los ámbitos histórico-arqueológico y artístico con el geológico ha dado en los últimos años resultados interesantes en la localización de canteras históricas asociadas al patrimonio arquitectónico en España (cfr., por ejemplo, Álvarez Areces *et al.*, 2016 y 2017; Utrero Agudo *et al.*, 2016; Utrero Agudo y Álvarez Areces, 2021).

3.2. Revisión de fuentes documentales

Uno de los primeros pasos para determinar las áreas de procedencia es conocer el motivo que dio lugar a la construcción del monumento en ese lugar, los factores geopolíticos, los materiales utilizados y el uso al que estaba destinado. Hay diferencias entre la construcción de un elemento defensivo en tiempos de guerra, cuya construcción debe hacerse de manera rápida, o la edificación de una iglesia, cuyo fin es la ornamentación y ostentación, resaltando de manera importante el labrado de muchas de sus partes, lo que conlleva un uso más prolongado en la explotación. Situaciones de crisis económicas o disminución del interés por la obra pueden obligar a seleccionar nuevas canteras, buscando materiales más baratos y más fáciles de labrar. Como ejemplo, se puede citar la Iglesia parroquial de la Granada, en Llerena, cuya construcción se inició utilizando mármol de Alconera, pero que, posteriormente, tras la reducción de presupuesto, fue sustituido por areniscas procedentes de áreas más cercanas.

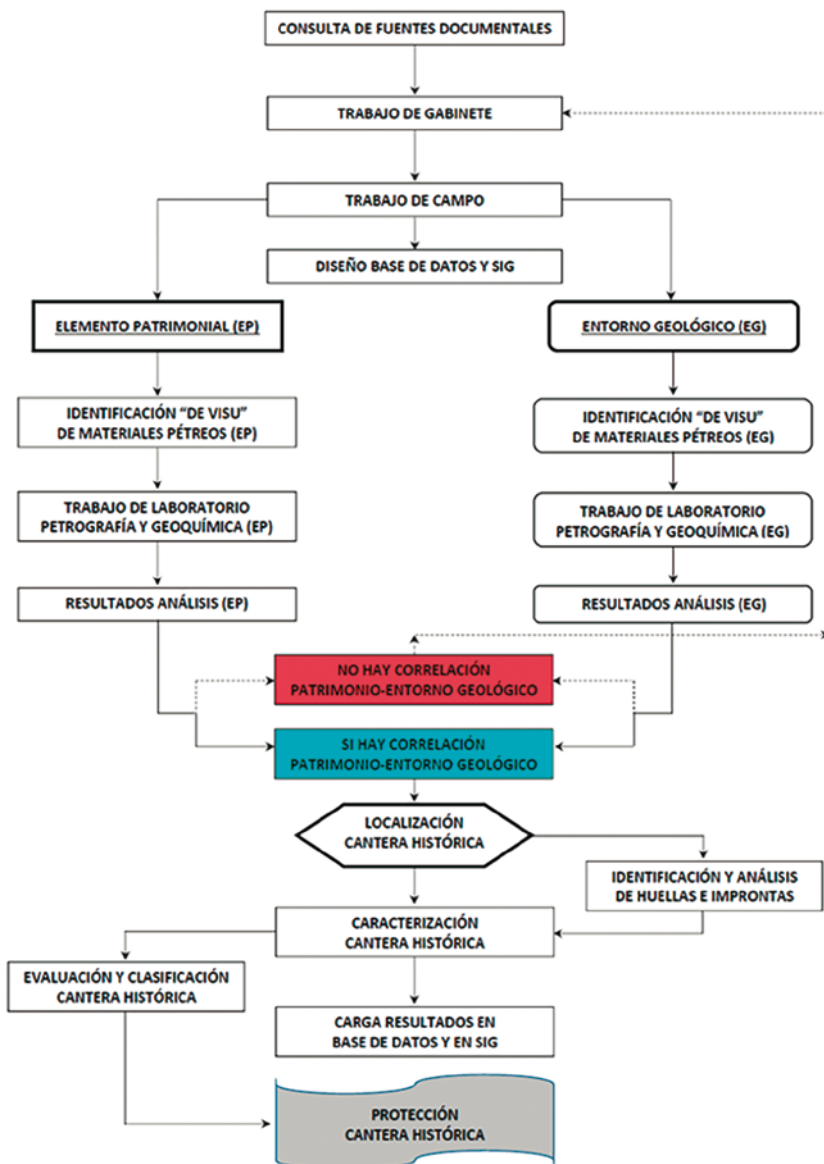


Fig. 2. Diagrama de flujo metodológico desarrollado y aplicado en este proyecto para el estudio y localización de canteras históricas.

Un factor histórico no documentado se centra en la utilización de las rocas de construcción para la edificación de monumentos de la antigüedad que estaba restringida a sus territorios más cercanos, especialmente en lo que respecta a la fábrica principal, no a los elementos decorativos, aunque este factor tiene sus excepciones. En época romana las vías de comunicación, muy desarrolladas mediante la construcción sistemática de calzadas romanas, pero, sobre todo, el uso de cursos fluviales navegables y, especialmente, las vías marítimas permitían el traslado de materiales a mayor distancia que en la Edad Media, mientras que, en esta época, al igual que en la Tardoantigüedad, la reutilización de materiales era muy frecuente. Ello es fruto de la reducción del sistema de extracción de materiales nuevos, que había tenido un especial auge en época imperial romana, en todo el marco del Mediterráneo. Otra circunstancia a tener en cuenta en época romana son las rocas ornamentales, denominadas como *marmora*, que eran transportadas a grandes distancias, pues en este caso al tener motivaciones decorativas e ideológicas su aprecio era mayor. Esto produjo un aumento del comercio de materiales marmóreos y una distribución en *Hispania* de una gran cantidad de materiales procedentes de diversos puntos del Mediterráneo. Por el contrario, entre los materiales constructivos (*lapides*) se produce una regionalización de las explotaciones, aunque asimismo en ocasiones servían para elementos decorativos y no simplemente constructivos.

Hay que tener en cuenta también las vías de comunicación y de transporte existentes en los tiempos en que la obra se ejecutó. En la gran mayoría de los casos el transporte era realizado por medios terrestres, con la carga de los sillares u otros elementos en carros de tracción animal desde la cantera, situada en el entorno más inmediato, hasta una distancia de unos 20 km o en diferentes jornadas. Al margen del transporte marítimo del comercio de mármol anteriormente expuesto, se documenta el transporte desde canteras hasta ciudades cercanas para su utilización en fábricas de sillería. El descubrimiento por parte del Instituto Catalán de Arqueología Clásica (López Vilar, 2017) de lo que podría ser un puerto industrial asociado a la cantera romana de El Mèdol, abre la posibilidad de que al menos parte del material pétreo para la construcción de la ciudad romana de *Tarraco* fuese llevado por barco, especialmente entre el siglo II a. C. y el siglo II d.C. También se ha planteado el uso del transporte fluvial, concretamente en la provincia de Badajoz en sectores de los ríos Ardila y Guadiana. Si bien algunos autores (Rodà de Llanza, 2012) señalan la imposibilidad de navegación del río *Ana* (Guadiana) hasta el mar, otros investigadores plantean la posibilidad de que el transporte de piedra sí pudiera realizarse de las canteras más cercanas a la capital provincial *Augusta Emerita* utilizando esta vía fluvial (Pizzo, 2011).

3.3. Caracterización petrológica de los materiales

Un paso determinante es la caracterización de los materiales pétreos utilizados en la construcción de edificios/monumentos. La caracterización de los materiales se realiza tanto *in situ*, basados en un análisis macroscópico, como en el laboratorio. Los ensayos y análisis a realizar variarán en función de los tipos de materiales utilizados. A nivel general los estudios a llevar a cabo son:

Petrográficos: caracterización textural y estructural.

Mineralógicos.

Identificación del contenido paleontológico.

Caracterización geoquímica: elementos mayores, traza y tierras raras.

Caracterización petrofísica: densidad aparente y real, porosidad, tamaño y distribución de poros, comportamiento hídrico, mecánico, cromatismo y ensayos de alterabilidad; así como la determinación de la velocidad de ultrasonido, que aporta buenos resultados y se trata de un ensayo no destructivo.

Todos estos estudios tienen que ir encaminados a obtener un conocimiento profundo de los materiales. En este trabajo se han realizado análisis en 233 muestras pétreas.

3.4. Muestreo en los elementos del Patrimonio Arquitectónico-Arqueológico

La campaña de muestreos debe ir enfocada, por un lado, a los análisis y ensayos que se van a realizar a los materiales de los edificios/monumentos seleccionados. Esta es una fase muy complicada, pues la toma de muestras significa, en algunos casos, agresiones al patrimonio que deben estar planificadas y justificadas. Por regla general, las muestras serán tomadas en zonas en las que no afecten al valor patrimonial de la obra, procurando hacerlo en caras interiores de los sillares y en zonas con menor valor estético o ya alteradas. La cantidad de muestra tomada debe ajustarse a los análisis y ensayos que serán necesarios para la caracterización de los materiales, evitando siempre que sea posible la alteración del material pétreo. Estas prácticas son reguladas por la norma europea UNE-EN 16085 (2014): «Metodología para la toma de muestras de materiales del patrimonio cultural». En ella se especifica número, cantidad de muestra, manipulación, almacenamiento y la necesidad de un plan de muestreo conforme a la investigación que se está desarrollando.

3.5. Análisis de la documentación geológica

El objetivo es localizar las formaciones geológicas de características similares a las de los materiales pétreos identificados en el monumento. Esta localización inicial ha de realizarse de forma progresiva, considerando como zonas más probables las más próximas al monumento, especialmente en las épocas más antiguas, siempre dependiendo de la historia del mismo.

En esta fase cobra una gran importancia los trabajos cartográficos del IGME <<http://www.igme.es/actividadesIGME/lineas/cartoGeo.htm>>, con su información geocientífica, especialmente con dos de sus grandes proyectos: el Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (2.ª serie) y el GEODE de Cartografía geológica digital continua a escala 1:50.000.

Además, el IGME dispone de una amplia infraestructura como Servicio Geológico, con información consultable en otros varios proyectos, entre los que destacan el Mapa de Rocas Industriales a escala 1:200.000 y la Base de datos de Rocas y Minerales Industriales (BDMIN).

3.6. Selección de afloramientos

Localizadas, a nivel cartográfico, las formaciones que pueden tener similares características a las utilizadas en las construcciones históricas, se seleccionan los afloramientos a base de una serie de criterios:

Características geográficas: La cercanía de los afloramientos, al igual que la cercanía de las formaciones, en especial en edificaciones antiguas, debido al alto coste de transporte y tecnologías disponibles para el mismo.

Características topográficas: Especialmente en las canteras más antiguas, el factor topográfico juega un papel muy importante, por la dificultad de movimiento de los materiales debido a la tecnología disponible. En este apartado se pueden aplicar métodos derivados de SIG.

Reconocimiento de fotografía aérea. Hoy día se dispone de una actualizada fotografía aérea cada vez con una mayor resolución que permite la identificación de labores.

3.7. Reconocimiento de afloramientos

Localizadas las formaciones y seleccionados los afloramientos de interés, se procede al reconocimiento de campo. En esta fase es necesario llevar a cabo una metodología clásica de estudio de los materiales, con la cartografía geológica específica y la toma de muestras, así como la aplicación más moderna en

georreferenciación de las marcas de explotación. Este es uno de los pasos más importantes en la localización de las canteras, pues supone el reconocimiento de muchas zonas hasta localizar las áreas de extracción y el reconocimiento de las marcas. Supone, además un importante gasto en tiempo y en dinero, lo que debe de tenerse muy en cuenta a la hora de embarcarse en un proyecto de localización de canteras.

3.8. Cartografía geológica de detalle

La cartografía geológica de detalle es de gran importancia para la localización de canteras, pues permite la diferenciación de formaciones o facies.

En mármoles, permite la delimitación de los distintos tipos de materiales en función de las coloraciones. Como ejemplo, se puede citar el mármol de Alconera, donde aparecen varias coloraciones que han sido utilizadas en diferentes monumentos, diferenciando las zonas de extracción. La variedad roja se sitúa al sur del yacimiento, la gris y blanca en la zona central y norte, mientras que la variedad verde aparece en la zona oeste.

En granitos permite la diferenciación de facies dentro de un mismo macizo granítico. Un ejemplo puede ser el cerro de Burguillos del Cerro, donde la cartografía en detalle permite la diferenciación de hasta tres facies de granitos y la delimitación de sus extensiones, que fueron utilizados en la construcción del castillo.

En las rocas sedimentarias hay que tener en cuenta que pueden presentar variaciones composicionales y texturales tanto en forma lateral como vertical.

3.9. Identificación y georreferenciación de signos de explotación

La variedad de signos que pueden aparecer en una cantera o área de explotación es bastante amplia. La dificultad de su identificación radica en que actualmente solo vemos los restos de la extracción, lo que es conocido como marcas en negativo (Pizzo, 2010).

Es muy importante la georreferenciación de los signos de explotación localizados, pues nos permiten definir las áreas de explotación en aquellas zonas donde la dispersión de las mismas es amplia. Para ello es de gran ayuda la utilización de la aplicación INGEOTAB, que permite en una sola aplicación, con las tecnologías más avanzadas, la toma de datos y posicionamiento.

3.10. Muestreo de cantera

La toma de muestras en cantera es más sencilla, pues se puede realizar sin muchos problemas, aunque respetando las marcas históricas, que han de ser conservadas. Este proceso permite la adquisición de muestras pétreas para la comparación de los materiales con los utilizados en los edificios/monumentos, y permite la obtención de material de mayores dimensiones para ensayos encaminados a determinar la resistencia de los materiales, y otros enfocados a determinar la degradación de los materiales.

3.11. Correlación monumento-cantera

Con todos los datos obtenidos en el edificio/monumento y en las canteras, es necesario llevar a cabo un estudio de correlación y ajuste de los resultados. La representación gráfica binaria o triangular de parámetros petrofísicos o geoquímicos permite la diferenciación de las distintas formaciones y con ello definir la afinidad con los materiales del monumento. También la procedencia de los materiales puede ser determinada por datos aislados como puede ser la composición de minerales o fósiles característicos, como el caso de los arqueociatos de Alconera, en este caso en la propia provincia de Badajoz (*fig. 3*).



Fig. 3. La presencia de elementos paleontológicos en las rocas permite conocer la procedencia de las mismas. En este caso la presencia de un arqueociato característico de Alconera, importante centro de explotación en época romana, que siguió siendo utilizado posteriormente.

Uno de los problemas de correlación de resultados más importantes entre el monumento y la cantera es que las características mineralógicas, geoquímicas y petrofísicas de los materiales del primero han sido modificadas debido a la alteración en el tiempo. No obstante, conociendo el comportamiento de los

materiales durante el proceso de alteración, se puede llevar a cabo una interpretación de la evolución de los materiales y con ello diagnosticar la procedencia.

La localización de canteras de productos manufacturados es más complicada, puesto que en las fases de fabricación de los materiales constructivos se borran muchos de sus caracteres originarios, siendo necesario recurrir a metodologías determinativas muy precisas de parámetros geoquímicos y mineralógicos de las fases minerales neoformadas y de las originarias del material.

3.12. Elaboración de archivos y documentación

Es importante la elaboración de documentación destinada a los archivos públicos cuando se lleve a cabo la toma de muestras en los elementos del patrimonio cultural y de las áreas de extracción. Las técnicas de documentación deben incluir, dependiendo de las circunstancias, muestras, láminas delgadas, fotografías, dibujos a escala, testimonios, modelos tridimensionales, resultados de los ensayos no destructivos, bibliografía y recopilación documental.

La dificultad de tomar muestras en monumentos y el gasto de volver a tomarlas en las canteras originales, hace necesario la creación de un archivo nacional de muestras. Este archivo permitiría a la comunidad científica disponer de los datos obtenidos en las campañas de toma de muestras en monumentos y canteras, así como acceder a la base de datos de la litoteca.

3.13. Base de datos y Sistema de Información Geográfica (SIG)

La información obtenida en la investigación del patrimonio, así como en otros inventarios y documentos, debe ser accesible a todas aquellas personas interesadas en él. Para ello el IGME dispone de la Base de Datos Construrock-BDINCHAPA (Base de datos del Inventario Nacional de Canteras Históricas relacionadas con el Patrimonio Arquitectónico). La base de datos es una base de datos georreferenciada de rocas ornamentales y de construcción y su aplicación al Patrimonio Histórico-Monumental y la Obra Nueva, tanto en el ámbito nacional como en el internacional.

La información obtenida por el IGME en el estudio de las Ciencias de la Tierra es consultada mediante el acceso a la cartografía geológica y temática, las bases de datos y la documentación, y se realiza a través de un catálogo de datos, de las aplicaciones específicas para su consulta, de un visor cartográfico genérico y de los servicios de mapas disponibles.

4. RESULTADOS

En concreto, en este proyecto, con todos los datos e información de partida, se ha estudiado un total de 292 monumentos en la provincia de Badajoz, de los que se referencian en este trabajo 211 elementos constructivos (*fig. 4*). El resto del patrimonio ha sido descartado por diversos motivos, como la falta de utilización de piedra en su construcción, no acceso al mismo o imposibilidad de observación de la piedra, entre otros. Esta cifra total de edificaciones estudiadas podrá ser incrementada en el futuro, ya que una de las características más importantes de la Base de Datos del Inventario Nacional de Canteras Históricas Asociadas al Patrimonio Arquitectónico (BDINCHaPA), donde se vuelca la información de este proyecto, es que no se cierra, sino que permite la actualización continua de la información a medida que se localicen nuevas canteras o se estudien nuevos monumentos.

La variedad de edificaciones existentes ha permitido establecer cinco tipologías, sin tener en cuenta el amplio rango temporal de construcción o su inclusión dentro de figuras de protección como BIC o PNAD, que son: edificaciones defensivas, edificaciones religiosas, construcciones civiles, obra pública y otros. La «arquitectura defensiva» agrupa las subtipologías del PNAD, incluyendo los palacios e iglesias con elementos defensivos. Constituyen la mayoría de los elementos incluidos dentro de este estudio, con un total de 127, lo que supone más del 60 % del total (*fig. 5*). Dentro de este conjunto predominan los castillos medievales, aunque también hay ejemplos de asentamientos fortificados prerromanos y romanos, torreones o murallas, tanto con baluartes como sin ellos. La «arquitectura religiosa» está compuesta por iglesias, catedrales, monasterios, conventos y ermitas u otros similares. Este conjunto implica un total de 47 edificaciones, lo que supone más de un 22 % del total de inmuebles estudiados (*fig. 5*). En este grupo se incluyen las iglesias fortificadas, un total de 16 en la provincia de Badajoz.

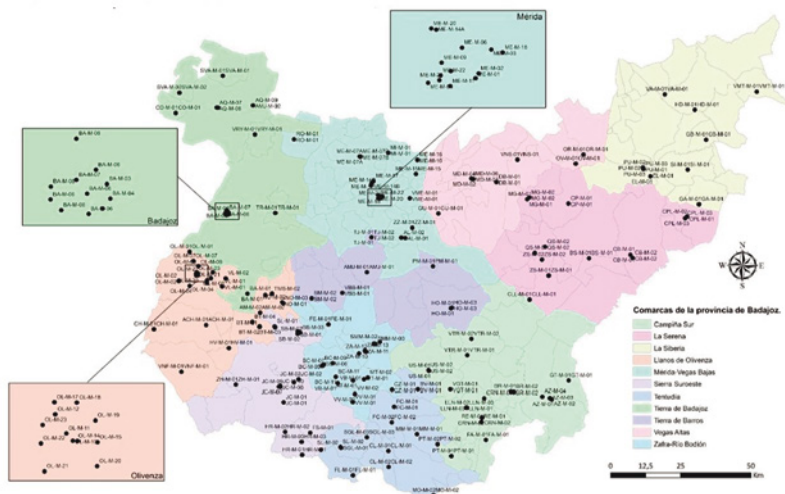


Fig. 4. Distribución espacial de los 211 elementos constructivos incluidos dentro de este trabajo.

Dentro de la tipología «arquitectura civil» se engloban los palacios, casas particulares y casas consistoriales, siempre que no incluyan elementos defensivos. Dentro de este grupo se enmarcan las construcciones romanas de carácter civil (teatros, anfiteatros, circos, termas o villas). En total suponen un 5% del total, con 10 elementos estudiados (fig. 5). En el conjunto de «obras públicas» son los puentes y embalses los que predominan, aunque también se han estudiado plazas, acueductos o pozos de nieve. El conjunto suma 23 construcciones, las cuales constituyen un 11%, aproximadamente, del total de elementos estudiados (fig. 5). Finalmente, «otros» es un grupo que incorporara a todos los elementos patrimoniales que no se ajustan a ninguno de los grupos anteriores, con 4 elementos y un 2% (fig. 5). Es dentro de este grupo donde se incluyen, por ejemplo, los dólmenes prehistóricos (Toriuuelo, Lácara o Magacela).

Este proyecto ha inventariado un total de 359 espacios de cantería histórica (fig. 6), caracterizando en la medida de lo posible petrográficamente el material pétreo empleado. Partiendo inicialmente de poco más de una veintena (26 que se tenga constancia) de canteras históricas conocidas, principalmente al norte de Mérida, Alconera y la zona del anticlinal de Estremoz, este trabajo supone un aumento muy considerable del conocimiento de esta parte de la historia de la construcción en esta región. Es la zona de los alrededores de Mérida la que aporta el mayor número de espacios de cantera identificados con importantes

estudios históricos y petrográficos previos (Pizzo, 2010, 2011; Pizzo y Cordero, 2014; Pizzo *et al.*, 2018; Mota, 2015).

En algunas ocasiones se ha constatado el conocimiento local de estas áreas a partir de la consulta y entrevista a personas de avanzada edad, doctos en la geografía del terreno de su municipio, que son conscientes de las improntas y vestigios en las rocas, pero sin reparar en la importancia de las mismas o en su relación con las construcciones para las que, en muchos de los casos, fueron abiertas. Ejemplos de estos hechos se han referenciado en la zona de Salvatierra de los Barros o Higuera de Vargas, hecho que facilita la localización de los espacios de cantera de una forma mucho más ágil a partir del conocimiento del territorio de la población que vive en él.

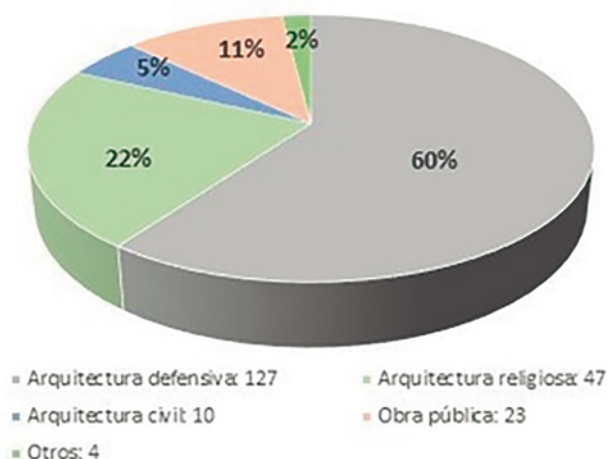


Fig. 5. Distribución porcentual y numérica de los elementos que conforman las diferentes tipologías.

Hay que añadir también la identificación sobre el campo de un gran número de áreas extractivas que aprovechan, en forma de mampuesto, o como mucho de sillarejo, las rocas sobre las que asienta la construcción y que, en algunas ocasiones, no se ha referenciado como zonas individualizadas.

Además de este notable incremento de espacios de cantera reconocidos geográficamente, se establece la relación territorial entre el patrimonio arquitectónico y las canteras históricas asociadas a su construcción, basada en criterios objetivos de cercanía, características principales de las rocas y posibilidades

reales de transporte en estas épocas, especialmente en lo que se refiere a la utilización de los materiales de construcción, no los ornamentales.

Para la realización de este trabajo, y debido a la gran amplitud territorial, al número de monumentos incluidos y a la gran variedad de rocas utilizadas en los mismos, se ha optado por estudios de petrografía sobre muestras recogidas tanto en monumentos como en canteras. Esto plantea el enorme problema de la obtención de muestras, en especial en las zonas con protección (zonas de cantera incluidas dentro de yacimientos arqueológicos) o de la totalidad de monumentos, que no pueden ser dañados. Es por ello que para este trabajo únicamente se disponga de materiales desprendidos de forma natural, estando en muchos casos en un avanzado estado de alteración que dificulta la identificación de las rocas. No obstante, el estudio petrográfico realizado con microscopio sí permite, a este nivel de estudio, un reconocimiento del origen de las mismas. Esta es la razón principal por la que no se dispone de muestras de la totalidad del patrimonio arquitectónico.

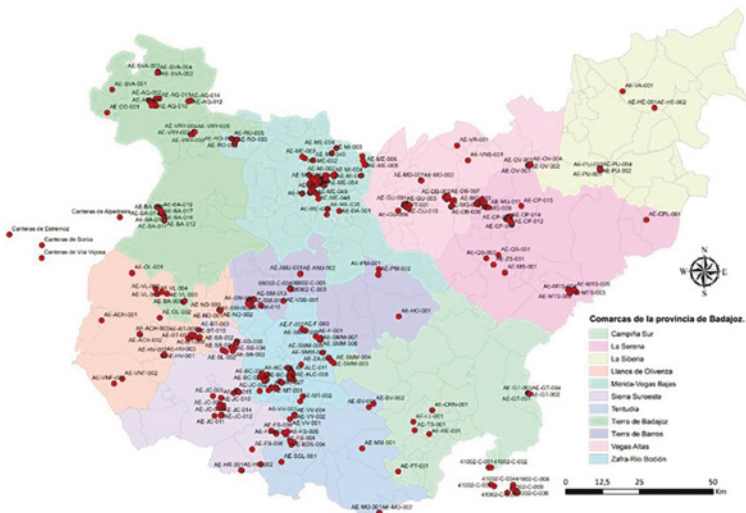


Fig. 6. Distribución geográfica de las canteras históricas identificadas en este trabajo.

La revisión bibliográfica, el reconocimiento de las rocas en los trabajos de campo y el estudio de las muestras obtenidas han permitido establecer una asociación entre el patrimonio construido seleccionado en la provincia de Badajoz y el origen del material pétreo utilizado. En ocasiones esta relación se establece con el hueco original, generalmente en poblaciones de pequeño tamaño, donde

el monumento es la única construcción levantada con sillería, y los yacimientos se encuentran en las cercanías. Si no es posible establecer la relación directa, se propone el macizo o yacimiento del que procede y las canteras históricas/artesanales identificadas dentro del mismo. El establecimiento de esta asociación plantea 842 relaciones entre los monumentos y las canteras identificadas como fuentes de abastecimiento de los mismos.

En general la roca más utilizada para la construcción del patrimonio arquitectónico de la provincia de Badajoz ha sido el granito (*tabla 1 y fig. 7*), en sus diferentes facies, y más si tenemos en cuenta la utilización de este término con base en su nombre comercial actual, que incluye gneises o gabros. Las rocas graníticas aparecen en dos bandas de alineamiento que, de norte a sur, son las alineaciones de Alburquerque-Mérida-La Serena y Olivenza-Zafra-Monesterio (López Jimeno, 1995), donde se acumulan las principales labores de extractivas para la obtención de sillería.

Dentro de la banda norte se encuentra el yacimiento del Macizo de Quintana de la Serena, uno de los principales núcleos españoles de producción actual, que en el pasado también fue fuente de obtención de materiales para la construcción de los monumentos, pero con un radio de exportación pequeño o mediano. Esto es debido a que en la antigüedad las necesidades de obtención de bloques de cierto tamaño eran menores, lo que hacía viables las explotaciones en macizos que, en la actualidad, y debido a parámetros de fracturación, no son industrialmente viables. Es buen ejemplo el Macizo de Mérida que en la antigüedad se estableció como una de las zonas con mayor explotación de granitos para la fabricación de sillares y otros elementos, pero que en la actualidad está totalmente desprovisto de minería para la obtención de piedra natural debido a la falta de espaciado de la red de fracturación de la roca que impide la obtención de bloques comerciales, según los parámetros actuales. Otros ejemplos en esta banda norte son el Macizo de Magacela o la mayor parte de la parte noroccidental del Batolito de los Pedroches, en la zona de Guareña y Don Benito, importantes fuentes de explotación de materiales en la antigüedad.

En la Alineación Olivenza-Zafra-Monesterio ante la mayor diversidad de manifestaciones graníticas, debido a la gran abundancia de cuerpos intrusivos de diferente composición, el resultado ha sido el abandono de muchas de las manifestaciones graníticas, pero la supervivencia actual de algunos macizos con gran importancia en la antigüedad. Los macizos de Burguillos del Cerro, Valencia del Ventoso o La Tablada, de gran importancia, por lo menos, desde el periodo romano, siguen siendo explotados gracias a las buenas condiciones de la roca. Otros cuerpos, que antiguamente habían suministrado grandes volúmenes

de roca para la construcción de importantes ciudades, han sido abandonados, como ocurre en el Macizo de La Bazana o el de Almendral.

Este hecho influye en la conservación de las señales de explotación antiguas por la importante superposición de labores, ya que poca atención se prestaba a la conservación de estas señales. El paso de los siglos y la posterior implantación de una moderna producción de piedra natural, ha borrado gran parte de la antigua industria extractiva. De manera general, sin tener en cuenta estos factores externos a la naturaleza de las rocas, las señales de explotación se conservan mejor en las rocas ígneas y metamórficas que en las sedimentarias, influyendo enormemente las técnicas mineras aplicadas para la obtención de los materiales.

Tabla 1. Número de espacios de cantera individualizados en función de la litología obtenida.

Litología	Número de espacios de cantera individualizados
Arenisca	13
Basalto	1
Caliza	52
Cuarcita	24
Diorita	1
Filita	1
Gabro	8
Gneis	7
Granito	213
Mármol	22
Pizarra	10
Pizarra/cuarcita	7
Pizarra/cuarzo	3
Riolita	1

Las canteras históricas sobre los macizos graníticos, en sus diferentes facies, han sido las más inventariadas en este trabajo, pues influye tanto las características de dureza de la roca, como las técnicas utilizadas y el tamaño de los bloques obtenido. Se ha establecido la existencia de 213 áreas de explotación para esta sustancia, lo que supone más del 58 % de total y da idea de la importancia que esta roca tuvo en la antigüedad.

En menor medida se han utilizado las calizas, principalmente explotadas para la obtención de cal que, a pesar de ser utilizadas en la construcción del patrimonio, tenían otros destinos en la agricultura o los frecuentes encalados de las edificaciones. Son importantes las industrias caleras en los municipios de Magacela, Mérida (Sierra de La Carija) o Alconera. En algunas ocasiones, las menos frecuentes si tenemos en cuenta los elementos identificados, estas rocas eran utilizadas para la obtención de bloques de construcción (cantera «La Calera», 06059-C-001; Granja de Torrehermosa). Se han inventariado 52 áreas extractivas en este material, lo que supone algo más del 14% del total de áreas extractivas y canteras históricas.

Las áreas extractivas establecidas sobre las cuarcitas representan zonas oportunistas de obtención de mampostería, relacionadas con la naturaleza de afloramiento de las formaciones. La cuarcita armoricana ordovícica forma importantes resaltes en el territorio, que son aprovechados para el emplazamiento de bastiones defensivos o de vigilancia del terreno, como los castillos de la Sierra del Castellar, en Zafra, el de Luna en Alburquerque o el de la localidad de Capilla. Estas zonas, muy inaccesibles en la mayoría de los casos para el transporte de materiales, obligan al aprovechamiento de los materiales más inmediatos en forma de mampostería. Las marcas suelen ser escasas o inexistentes, debido a las técnicas mineras utilizadas basadas en el hincado de barras aprovechando los planos de estratificación o fracturación, que dejan señales poco claras de formas triangulares y, sobre todo, escalonamientos por el banqueo descendente. A pesar de haber diferenciado hasta 24 áreas extractivas en este trabajo (el 6,6%), en la memoria son citadas un número mayor de ellas como el Castillo de la Culebra en Alange o el Castillo de Lares, en Esparragosa de Lares.

En cuanto a número, las áreas extractivas para la obtención de mármol, con 22 áreas extractivas, es la tercera sustancia más explotada, lo que representa el 6%. Sin embargo, de estas 22 canteras, el 73% (16 áreas) son diferenciaciones de zonas en Alconera, centro de explotación de gran importancia desde época romana, con base en la concentración de labores o diferenciaciones texturales. Otras tres representan las zonas portuguesas de Estremoz, Borba y Vila Viçosa, que abastecieron de material ornamental algunas de las construcciones más importantes del Badajoz romano y de roca de construcción de los territorios que algún día pertenecieron al Reino de Portugal, como las iglesias de Santa María del Castillo y Santa María Magdalena, y la puerta del Calvario, todas ellas en la localidad de Olivenza. Hay que señalar la presencia de una importante zona que debe ser tenida en cuenta para futuros estudios, pues es una cantera que ya estaba en funcionamiento desde época romana. Se trata de la cantera de La Pedrera del

Manco, en el término municipal de Burguillos de Cerro, donde se extrajo un mármol de color blanco utilizado para fabricación de elementos ornamentales. Otras dos zonas, en Barcarrota (El Palo) y Nogales (Gimón) son pequeñas canteras para el aprovechamiento de estos materiales en obras de menor entidad.

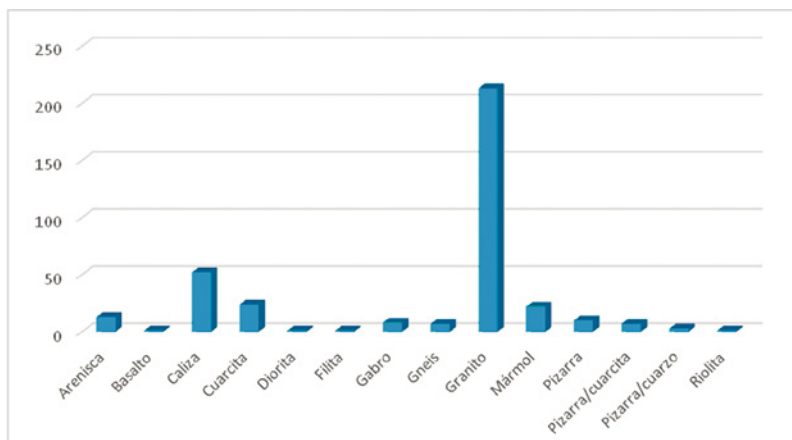


Fig. 7. Número de espacios de cantera individualizados en función de la litología obtenida.

Otras litologías como las areniscas fueron objeto de labra de sillares, siendo necesaria la combinación de factores de competencia del material, capas de espesor adecuado y ausencia de macizos graníticos en las cercanías. La zona más importante para la obtención de estos materiales se encuentra en el sureste de la provincia de Badajoz y el norte de la de Sevilla, donde las formaciones cámbricas y carboníferas fueron objeto de explotación. Destacan como áreas extractivas las areniscas minadas en los términos municipales de Alanís y San Nicolás del Puerto, con gran influencia en el territorio pacense, y los posibles yacimientos de Fuente del Arco, Malcocinado y Trasierra, que no han podido ser constatados en las campañas de campo de este estudio. Se ha constatado la explotación de esta sustancia, en relación con el patrimonio, en 13 áreas extractivas, lo que supone poco más del 3,5%.

El resto de los materiales explotados, que suponen menos del 2% individualmente, son igualmente oportunistas, más bien por escasez de materiales en las cercanías y por la imposibilidad de importación de materiales, ya sea por la falta de medios o por la necesidad de rápida construcción de los elementos patrimoniales. La práctica totalidad de las explotaciones de pizarras (10 áreas) son fuente de aprovisionamiento de materiales de relleno o mampostería, con la excepción de los grandes ortostatos del *tholos* de la Barca, en Valdecaballeros,

aprovechando los afloramientos cercanos. En este caso hay que señalar la importancia de los yacimientos de pizarras de Villar del Rey, pues ninguna área de aprovechamiento de lo que parecen ser importantes fuentes de obtención de material de construcción en la antigüedad han sido incluidas dentro de este trabajo por la falta de relación entre las canteras y los monumentos, algo que se deja para futuros estudios más específicos.

Solamente se ha constatado el aprovechamiento de los gneises en dos localidades muy cercanas entre ellas, Aceuchal y Almendralejo. En los de Aceuchal (cantera «La Postrera») se labraron sillares para la construcción de la iglesia de la localidad, mientras que estos materiales también resultan oportunistas en el Valle del Harnina de Almendralejo, pues la fracturación y la época de explotación, hace inviable su uso más allá de la mampostería.

Las dioritas, de las que solo se tiene constancia una sola cantera, cobran gran importancia en Mérida, pues fueron utilizadas en la construcción de varias calzadas observables en la actualidad. La antropización sufrida en la zona de emplazamiento de esta área extractiva ha hecho desaparecer las labores, teniendo únicamente constancia de su existencia a través de otros autores (Pizzo, 2010; Mota, 2015).

Otro de los aspectos a destacar sobre las explotaciones históricas es la cercanía o lejanía de las poblaciones que utilizaron sus materiales. En general, y en relación con la construcción de los monumentos, no para ornamentación, las explotaciones se encuentran en las cercanías. El punto de extracción suele situarse no sobrepasando los 10km de radio. Esta distancia está también condicionada por el periodo histórico de explotación y construcción de los monumentos. En la provincia de Badajoz la explotación de materiales en épocas prerromanas se sitúa en las inmediaciones, como puede observarse en Castrejón del Capote, Cancho Roano o los dólmenes de Lácara y Magacela. Durante el periodo romano esta distancia aumenta considerablemente con traslados de materiales a largas distancias, como las rocas utilizadas en *Nertobriga* procedentes de los macizos de Valencia del Ventoso o La Tablada, o los elementos utilizados en Alange trasladados desde el norte de Mérida. Si bien la falta de elementos constructivos estudiados de época visigoda no permite hacer una valoración del tránsito de materiales, no parece que el traslado de materiales de labra haya sido una prioridad en época musulmana, a la vista de los elementos constructivos incluidos en este estudio, aunque muchos de los cuales fueron reformados durante la llamada Reconquista. Es a partir de esta época cuando nuevamente se observa un mayor traslado de materiales, algo que sigue produciéndose en siglos posteriores.

El establecimiento de las 842 relaciones entre los monumentos y las canteras identificadas como fuentes de abastecimiento de los mismos tiene implicaciones a la hora de establecer las distancias de obtención y traslado de los materiales. De la información derivada se desprende que la mayor parte de los materiales proceden de un radio que no supera los 5 km de distancia (*fig. 8*).

En el entorno más inmediato de los monumentos se han establecido un total de 215 espacios de cantera, lo que supone un 26% de la totalidad de las identificadas. Desde esta cercanía, fijada hasta el medio kilómetro y hasta los 5 km de distancia, se establecen 294 canteras y áreas de extracción históricas, que aportan el 35% del conjunto, el mayor de todos los obtenidos por el momento. Hasta una distancia de entre 5 y 10 km se emplazan un total de 156 áreas, con un porcentaje del 19%. En conjunto, según este estudio, el 60% de las canteras se establecen a menos de 5 km del monumento, porcentaje que aumenta hasta un 79% si se amplía el radio de obtención, algo compatible con las dificultades y el incremento de costes del transporte del material para el levantamiento de la fábrica principal.

Las mayores distancias, a partir de los 50 km principalmente, reflejan el transporte de los materiales destinados a la ornamentación, enfocados a la exportación de mármoles desde la zona del Antiforme de Estremoz y Alconera, que abastecieron a grandes urbes romanas y a construcciones cristianas.

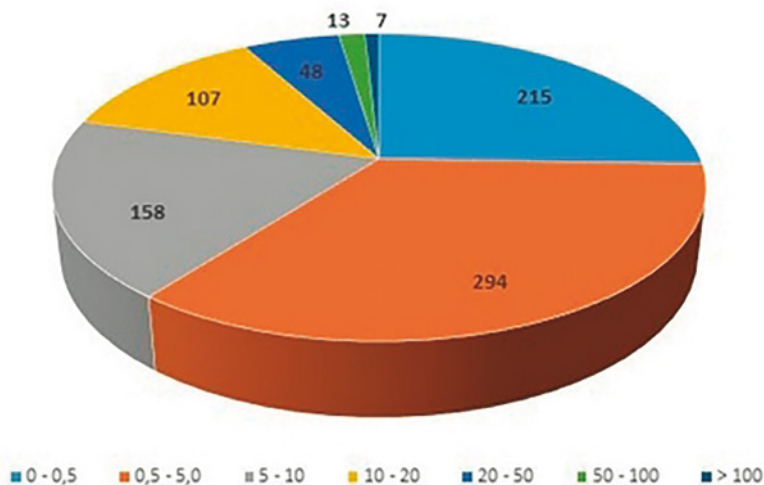


Fig. 8. Gráfico con el número de relaciones de canteras inventariadas en función de la distancia al monumento.

El gráfico de la *figura 9* refleja la tendencia ascendente hasta los 5 km, para luego descender de manera constante a medida que la distancia aumenta, y constata que esta juega un papel muy importante a la hora de la búsqueda de materiales de construcción.

Las menores distancias cantera-monumento, a nivel general, ocurren con la utilización de mampostería, especialmente en las construcciones defensivas en parajes aislados. La sillería utilizada en la fábrica de las edificaciones, preferentemente de granito con excepción de la zona suroriental de Badajoz, tiene un rango de exportación más alto, especialmente en época romana, como en la ciudad romana de *Nertobriga Concordia Iulia* (Fregenal de la Sierra).

Pero el entorno más inmediato de obtención de materiales implica también grandes riesgos en la conservación de las áreas y canteras históricas. Con el paso de los siglos estas áreas han desaparecido o, en el mejor de los casos, han sido alteradas de su condición original por construcciones y obras de infraestructura asociadas al desarrollo urbanístico. El gran número de áreas extractivas en un radio de menos de 5 km de los monumentos, que, la mayoría, suelen estar en núcleos de población, pone en peligro la subsistencia de estos espacios. A esto hay que añadir que las zonas de larga tradición minera en roca ornamental o de construcción, han seguido extrayéndola, a lo largo de los siglos, de manera más o menos continuada. A finales del siglo xx y principios del xxi el aumento de la obtención de los materiales implicó, en muchos casos, la superposición de canteras industriales sobre yacimientos antiguos, con la consecuente pérdida de elementos identificativos de las canteras históricas. Esto es un problema, no para deducir el origen de los materiales, sino para asociar las áreas extractivas históricas con un periodo temporal concreto.

También conocidas como improntas de mortajas, las marcas de cuñas (*fig. 10*) son el resultado de la utilización de cuñas o plumas, herramientas muy básicas que se han utilizado a lo largo de la historia para dividir los grandes bloques de piedra. Se encuentran alineadas a distancias regulares y sirven, posteriormente, para la realización de rozas mediante su unión o directamente, para partir la roca insertando cuñas de mayor tamaño.



Fig. 9. Gráfico que representa la relación existente entre la distancia y el número de canteras que abastecen a los monumentos.

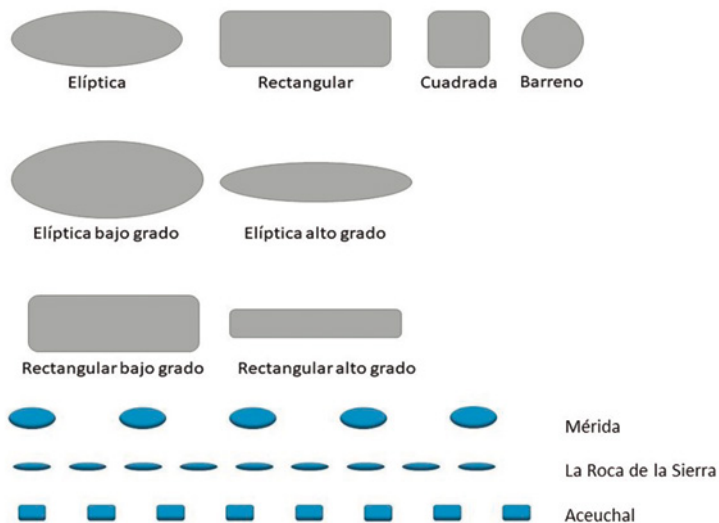


Fig. 10. Morfologías que presentan las cuñas identificadas en las áreas extractivas de Badajoz y relación entre el eje mayor y menor.

Se identifican morfologías elípticas, rectangulares y cuadradas (*fig. 10*), siendo las más frecuentes las primeras y las más antiguas; las restantes parecen corresponder a épocas más recientes, seguramente a partir del siglo XVIII, cuyo despegue parece ser a finales del XIX con la utilización de medios neumáticos. Caso aparte es el de los *barrenos*, cuya utilización parece surgir a partir del siglo XVIII, aunque se utiliza muy profusamente en el siglo XX.

Otro aspecto a destacar es la relación entre los ejes mayor y menor de las cuñas de morfología elíptica y rectangular. En una primera diferenciación se pueden establecer dos clases en función de la relación entre la longitud y la anchura de las cuñas:

— Bajo grado: Cuando la diferencia entre los ejes es $\leq 1/3$.

— Alto grado: Cuando la diferencia entre los ejes es $\geq 1/3$. Generalmente en este tipo de morfologías suele ser $\geq 1/4$.

A esto hay que añadir el espaciado entre cuñas, que igualmente varía en función, no solo del tamaño de las mismas, sino también de la época de extracción.

A pesar de que las técnicas de trabajo en la cantería artesanal apenas varían con el paso de los siglos, el estudio de la morfología de las cuñas utilizadas podría aportar información acerca de la época de extracción de los materiales. Esta variedad de marcas y el rango temporal en que domina cada una de ellas son un aspecto poco conocido y estudiado de las canteras históricas que merece un trabajo en profundidad.

Es por ello que una nueva rama del estudio, la *cuneología* o «estudio de las cuñas», basada en el estudio comparativo de morfologías y técnicas mineras, puede tener importancia en las dataciones de canteras y en el establecimiento de periodos de trabajo, acompañado de otras metodologías aún por validar como el estudio de crecimiento de líquenes en frentes de explotación (liquenometría) o la determinación de propiedades mecánicas en los frentes en relación al tiempo de exposición, que podrían ofrecer resultados para su datación.

Tras el estudio de la gran cantidad de áreas extractivas de este trabajo, y centrándonos en la litología más abundante para la fabricación de sillares, se tiene constancia de una serie de canteras concretas bien datadas, que servirán como punto de partida a los estudios comparativos.

1. Neolítico final. Sin más monumentos en la zona de la cantera «Dehesa Mirallón» (Mérida) y asumiendo las técnicas mineras utilizadas señales de incisiones de cuñas para la separación de bloques. Podrían servir estas marcas como

punto de partida. Son de gran tamaño, superando los 15 cm, con profundidades difícilmente estimables por situarse en bancos ya explotados (solo aparece la mitad de la incisión), y separaciones de la misma longitud.

2. Canteras romanas de Mérida: Las marcas de cuñas de época romana son muy abundantes al norte de Mérida. Presentan una morfología elíptica de bajo grado. La longitud del eje mayor supera los 10 cm, hasta valores de unos 15 cm. Presentan una gran profundidad (*fig. 11.a*).

3. Siglo XIV. Canteras de «Piedrabuena». El aislamiento sufrido por el Castillo de Piedrabuena, en San Vicente de Alcántara, hace de las áreas extractivas una buena fuente de información sobre las marcas de cantera en este periodo, ya que únicamente fueron abiertas para abastecer esta construcción. En este periodo presentan una morfología elíptica de bajo grado, pero con tamaños pequeños, que no superan los 10 cm de longitud y poco más de 5 cm de anchura.

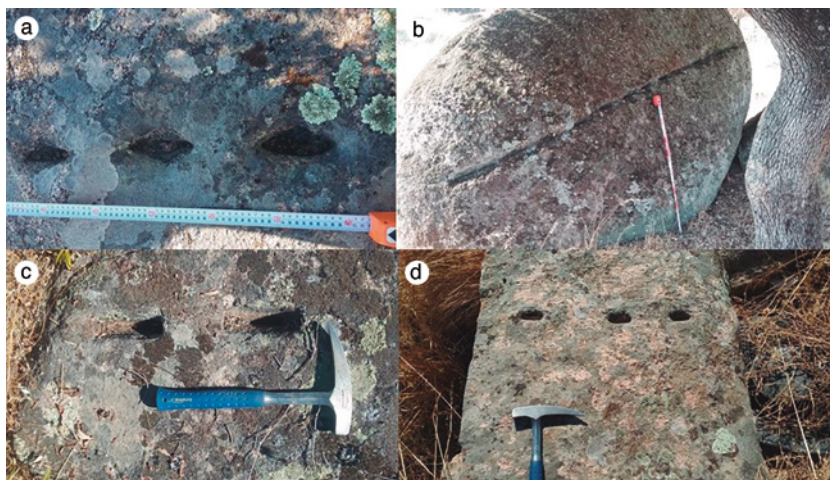


Fig. 11. Morfología de algunas de las cuñas identificadas que pueden ser relacionadas con alguna época temporal. *a.* Cuñas elípticas de bajo grado, de época romana, de las canteras situadas el norte de Mérida. *b.* Alineación de cuñas elípticas de alto grado, realizadas en torno al siglo XVI en el término de La Roca de la Sierra. *c.* Cuñas rectangulares de bajo grado, en Valverde de Leganés, atribuidas al siglo XVIII. *d.* Cuñas cuadradas o rectangulares de muy bajo grado, en la localidad de Aceuchal, realizadas en torno a la mitad del siglo XVIII.

4. Siglo XVI. Canteras de La Roca de la Sierra. Estas canteras fueron explotadas para la obtención de sillares con un único destino, la construcción de la iglesia de la localidad. Es por ello que, a pesar de trabajos posteriores en la zona del paraje de «El Suministro», la zona de la Dehesa Boyal presenta buenos

ejemplos atribuidos a esta época temporal, con morfologías elípticas de alto grado con espaciados pequeños (*fig. 11.b*).

5. Siglo XVIII. Canteras de Valverde de Leganés. Únicamente explotadas para la obtención de material para la iglesia, las marcas de cuñas son de tamaño pequeño, en torno a los 8 cm, con una morfología rectangular de bajo grado, y un espaciado pequeño, variable entre los 6 y los 8 cm (*fig. 11.c*).

6. Siglo XVIII. Canteras de Aceuchal. En las áreas extractivas al norte de Aceuchal, en general, la tendencia observada pasa por marcas de cuñas de tamaño pequeño, en torno a los 8 cm. Presentan una morfología rectangular de bajo grado, y un espaciado amplio, variable entre los 16 y los 20 cm (*fig. 11.d*).

Estas observaciones parecen establecer que las cuñas de época romana son de grandes dimensiones y morfología elíptica (*fig. 12.a*), disminuyendo su tamaño en época medieval (*fig. 12.b*), mientras que, posteriormente, vuelven a aumentar y cambiar su morfología a la rectangular.



Fig. 12. *a*. Marcas de cuñas en la cantera «El Entalle» (06070-C-007).
b. Marcas de cuñas en la cantera «Alto de la Torre» (06070-C-011).

Con estos datos de partida, fijando la explotación en una época temporal, se puede hacer un estudio comparativo con algunas de las zonas de extracción cuyo periodo de actividad no es tan claro o para tesis de épocas de uso. Un estudio comparativo se puede establecer con algunas de áreas extractivas estudiadas en Jerez de los Caballeros. Así, algunas de las canteras de este sector han sido atribuidas a explotaciones utilizadas en época romana, como así atestiguan algunos de los elementos labrados localizados en la zona. Sin perjuicio de posibles superposiciones, aparecen marcas de cuñas de gran tamaño, de más de 15 cm con morfología elíptica de bajo grado y gran profundidad, similares a las observables en Mérida.

La zona del «Alto de la Torre» (Jerez de los Caballeros) ha sido propuesta como área de obtención de materiales constructivos para abastecer la importante obra cristiana de la localidad, construida entre los siglos xv y xviii, época esta última a la que pertenecen las torres. Las marcas de cuñas que se identifican tienen una morfología y tamaño, cuadradas y de unos 8 cm de longitud, similares a las que aparecen en las Canteras de Valverde de Leganés y Aceuchal, atribuidas a este periodo temporal.

Es, por tanto, que esta rama, todavía en periodo de desarrollo y que funciona a nivel de la provincia de Badajoz, puede ser desarrollada como una técnica de investigación que sirva para establecer el periodo temporal de las áreas de extracción y las canteras históricas que abastecieron de material constructivo a los monumentos.

5. CONCLUSIONES

El reconocimiento de las áreas de extracción de canteras históricas permite, en primer lugar, una más adecuada protección de ese especial elemento del patrimonio natural/cultural. Así, su desconocimiento puede provocar su desaparición, especialmente en las zonas cercanas a núcleos de población, por el crecimiento de las localidades, al no estar incluidas dentro de los planes de ordenación urbana y no contar con ninguna figura legal de protección. En la provincia de Badajoz se ha reconocido el caso de Aceuchal, donde parte de las antiguas canteras de explotación histórica de ortogneises ha desaparecido por la construcción de un parque, un hecho asimismo identificado en otras poblaciones como Burguillos del Cerro, Don Benito o La Roca de la Sierra.

Además, se obtienen claros resultados en el ámbito de la restauración patrimonial en los elementos del patrimonio arquitectónico-arqueológico, ya que el conocimiento de la procedencia original o, en todo caso, de las características litológicas de la piedra de construcción, permite la utilización de la piedra natural original o similar en sustituciones y restituciones, lo que genera menos impacto visual y mayor compatibilidad entre los materiales. Por otro lado, desde el punto de vista de los análisis de patologías y comportamiento de los materiales de construcción del patrimonio arquitectónico, la identificación de los materiales pétreos originales también es importante, ya que permite obtener en las canteras de origen muestras de roca de características análogas a las del monumento, evitando, de esta manera, la necesidad de toma de muestras en el mismo, un proceso que conlleva siempre la destrucción parcial del elemento, por mínima que esta sea. También las muestras de rocas alteradas de forma natural en las canteras históricas pueden ser de utilidad para realizar con ellas los

ensayos necesarios, especialmente aquellos de naturaleza destructiva, como los ensayos de envejecimiento acelerado, y, con ello, evaluar su estado de deterioro y estimar la evolución en la vida útil del material (Fort, 2006).

Desde el punto de vista histórico-arqueológico el estudio de las canteras supone una importante fuente de información que permite establecer las relaciones comerciales y de transporte de los productos pétreos entre ellas y las poblaciones en que se utilizan, pudiéndose establecer rutas comerciales (figs. 8 y 9), vías de comunicación o definir centros de producción de rocas de construcción y ornamentales a nivel local o regional.

En el caso que nos ocupa, en la actual provincia de Badajoz, la gran mayoría de las zonas de explotación relacionadas con el patrimonio no son conocidas, por lo que no han sido estudiadas desde un punto de vista arqueológico. Fueron zonas muy frecuentadas en su explotación, algunas incluso en periodos temporales amplios, como ocurre en las áreas de extracción situadas al norte de Mérida o Burguillos del Cerro, beneficiadas desde época romana. Y no solo las propias canteras o huecos de extracción tienen interés arqueológico, pues en muchos casos, especialmente en las zonas más alejadas de los núcleos de población, pudieron existir asentamientos de los operarios que pueden aportar información acerca de las costumbres, modos de vida y técnicas de trabajo de las zonas rurales. En este sentido es destacable la cantera de Bodonal de la Sierra, pues su lejanía con poblaciones conocidas de época romana (*Nertobriga* o *Curiga*, por ejemplo) implica el posible asentamiento de población en su entorno, pero del que no hay constancia.

Finalmente, desde el punto de vista del turismo cultural, en los últimos años algunas canteras históricas han sido incorporadas al catálogo de actividades de ocio de las poblaciones, y no solo grandes explotaciones como El Médol (Tarragona) o Cartagena, sino también en pequeñas localidades como en San Ciprián (Lugo) (Fernández Suárez *et al.*, 2016). La localización de estas canteras puede suponer la ampliación de la oferta de lugares visitables con importancia histórica asociados a rutas previamente establecidas y compatibles con la observación de espacios, como —para nuestro caso— la Alcazaba de Badajoz, cuyas canteras se encuentran en las cercanías de la población, o las canteras romanas de *Augusta Emerita* (Mérida).

Durante la realización de este trabajo se ha estudiado un total de 211 monumentos (de 292 originales), tanto de la arquitectura militar, la civil como de la religiosa, a lo largo de todo el territorio de Badajoz, donde se ha procedido, en la medida de lo posible, a la identificación y caracterización de la gran mayoría

de los elementos pétreos utilizados para su construcción. Se han localizado y caracterizado, por el momento, 359 áreas de explotación históricas asociadas al patrimonio arquitectónico construido de la provincia de Badajoz, lo que pone a esta provincia actual a la cabeza de las regiones con un conocimiento más detallado del panorama de su cantería histórica, no sólo a nivel nacional sino, probablemente, también a nivel internacional.

A partir de este proyecto se pone de manifiesto la existencia y las características de los signos de explotación localizados en esas canteras históricas, por lo que se ha procedido a señalar áreas de extracción que podrían permitir su conservación. En este sentido sería primordial una figura de protección que admitiera su conservación a la vez que permitiera el trabajo de estudio y extracción puntual de material para restauraciones. Se dispone para la consulta de profesionales de varias disciplinas y el público en general, la parte correspondiente a la provincia de Badajoz de la Base de Datos del INCHaPA, en la que se detalla toda la información sobre el elemento construido, las áreas de explotación históricas, y la caracterización petrográfica y geoquímica de las muestras seleccionadas, con un total de 233, por el momento. Por otra parte, se ha desarrollado un Sistema de Información Geográfica para la gestión y tratamiento de toda la información generada en el proyecto INCHaPA Badajoz, que permitirá la rápida identificación visual de los recintos históricos de explotación sobre varios formatos de capas base.

Aprovechando el creciente interés turístico de la zona, su Patrimonio Monumental y la cercanía de las áreas de extracción a estos, queda como una futura línea de trabajo su puesta en valor mediante la creación de rutas didácticas en las que se integre el patrimonio construido, la geología y las actividades histórico-extractivas, con el fin de acercar a la ciudadanía las relaciones existentes entre patrimonio construido y su entorno, no sólo en grandes poblaciones como Mérida o Badajoz, sino también en otras más pequeñas, optimizando el patrimonio natural/cultural como recurso de desarrollo socioeconómico.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se enmarca dentro del proyecto de investigación del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Inventario Nacional de Canteras Históricas asociadas al Patrimonio Arquitectónico (INCHaPA).

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, Francisco Javier; ESBERT, Rosa María; ORDAZ, Javier y VÁZQUEZ, Patricia: «Análisis del deterioro en los materiales pétreos de edificación», *RECOPAR. Revista electrónica*, 3. 2006. pp. 23-32.
- ÁLVAREZ ARECES, Enrique; UTRERO AGUDO, María de los Ángeles; FERNÁNDEZ SUÁREZ, Jorge y BALTUILLE MARTÍN, José Manuel: «Canteras en el Alto-medievo, materiales pétreos para la construcción de la Iglesia de San Pedro de La Mata (Sonseca, Toledo)», *Geo-Temas*, 16 (2). 2016. pp. 363-366.
- ÁLVAREZ ARECES, Enrique y BALTUILLE MARTÍN, José Manuel: «Materiales pétreos y canteras para la construcción de las iglesias de san Miguel de Escalada (León) y San Cebrián de Mazote (Valladolid)», *Arqueología y Territorio Medieval*, 24. 2017. pp. 115-150.
- BELTRÁN FORTES, José; LÓPEZ ALDANA, Pedro y LÓPEZ, José Manuel: «La cantera romana de “Los Covachos” (Almadén de la Plata, Sevilla). El uso del láser-escáner con un objetivo arqueológico», *Virtual Archaeology Review*, 1(2). 2010. pp. 73-76.
- FORT GONZÁLEZ, Rafael: «Utilización de la piedra natural en restauración», en García del Cura, María de los Ángeles y Cañaveras, Juan Carlos (eds.), *Utilización de rocas y minerales industriales*, Seminarios de la Sociedad Española de Mineralogía, 2. Madrid: Sociedad Española de Mineralogía. 2006. pp. 155-182.
- FERNÁNDEZ SUÁREZ, Jorge; ÁLVAREZ ARECES, Enrique; BALTUILLE MARTÍN, José Manuel y MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, Javier: «Identificación, estudio preliminar y puesta en valor de las canteras históricas de San Ciprián (Lugo)», *Boletín Geológico y Minero*, 128 (2). 2017. pp. 485-498.
- FERNÁNDEZ SUÁREZ, Jorge; ÁLVAREZ ARECES, Enrique; BALTUILLE MARTÍN, José Manuel y MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, Javier: “The INCHaPA project: methodology for the study of historic quarries associated with the architectural heritage”, en Álvarez García, Rodrigo y Ordoñez Alonso, Almudena (eds.), *Recursos minerales y medioambiente: una herencia que gestionar y un futuro que construir. Libro jubilar del profesor Jorge Loredó*. Oviedo: Universidad de Oviedo, Servicio de Publicaciones. 2020. pp. 141-151.
- JIMÉNEZ MARTÍNEZ, Ramón; ÁLVAREZ ARECES, Enrique; MENDUIÑA, Juan y MARTÍN RUBÍ, Juan Antonio: «Materiales utilizados en el patrimonio arquitectónico: la arenisca roja de la Catedral de Astorga (León)», *Boletín Geológico y Minero*, 120 (1). 2009. pp. 45-52.

- MOTA LÓPEZ, María Isabel: *Caracterización y procedencia de los materiales geológicos utilizados en el teatro y anfiteatro de la ciudad de Mérida en época romana*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 2015.
- LÓPEZ JIMENO, Carlos: *Manual de rocas ornamentales: prospección, explotación, elaboración y colocación*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. 1995.
- LÓPEZ VILAR, Jordi: «La cantera de El Mèdol (Tarragona). Técnicas, organización y propuesta de evolución de la extracción del material lapídeo», en Gutiérrez García-Moreno, Anna y Rouillard, Pierre (eds.), *Lapidum natura restat. Canteras antiguas de la península ibérica en su contexto (cronología, técnicas y organización de la explotación)*. Tarragona-Madrid: ICAC-Casa de Velázquez. 2018. pp. 67-79.
- PIZZO, Antonio: «El aprovisionamiento de los materiales constructivos en la arquitectura de Augusta Emerita: las canteras de granito», en Camporeale, Stefano; Dessales, Hélène y Pizzo, Antonio (eds.), *Arqueología de la construcción II. Los procesos constructivos en el mundo romano: Italia y provincias orientales*, Anejos de Archivo Español de Arqueología LVII. Madrid: CSIC. Instituto de Arqueología de Mérida. 2010. pp. 571-588.
- PIZZO, Antonio: «Las canteras de granito de Augusta Emerita: localización y sistemas de explotación», en Álvarez Martínez, José María y Mateos Cruz, Pedro (coords.), *Actas del Congreso Internacional 1910-2010: El yacimiento emeritense*. Mérida: Ayuntamiento de Mérida. 2011. pp. 365-390.
- PIZZO, Antonio y CORDERO RUIZ, Tomás: «El paisaje de las canteras emeritenses. Poblamiento y áreas de producción», en Bonetto, Jacopo; Camporeale, Stefano y Pizzo, Antonio (eds.), *Arqueología de la construcción IV: Las canteras en el mundo antiguo: sistemas de explotación y procesos productivos*, Anejos de Archivo Español de Arqueología LXIX. Mérida: CSIC. Instituto de Arqueología de Mérida. 2014. pp. 329-340.
- PIZZO, Antonio; MOTA, María Isabel; FORT, Rafael y ÁLVAREZ DE BUERGO, Mónica: «Las canteras de Augusta Emerita. Identificación de los materiales y primeros datos sobre la relación con los edificios de espectáculo: el teatro romano», en Gutiérrez García-Moreno, Anna y Rouillard, Pierre (eds.), *Lapidum natura restat. Canteras antiguas de la península ibérica en su contexto (cronología, técnicas y organización de la explotación)*. Tarragona-Madrid: ICAC-Casa de Velázquez. 2018. pp. 149-161.

RODÀ DE LLANZA, Isabel: «El comercio de los mármoles en Hispania», *Historia Antiqua*, 21. 2012. pp. 85-91.

UTRERO AGUDO, María de los Ángeles; ÁLVAREZ ARECES, Enrique; BALTUILLE MARTÍN, José Manuel; MARTÍN TALAVERANO, Rafael; MORENO MARTÍN, Francisco Javier; MURILLO FRAGERO, José Ignacio; RIELO RICÓN, Marta y VILLA DEL CASTILLO, Alejandro: «San Pedro de la Mata (Sonseca, Toledo). Construir y decorar una Iglesia altomedieval en piedra», *Archivo Español de Arqueología*, 89. 2016. pp. 45-69.

UTRERO AGUDO, María de los Ángeles y ÁLVAREZ ARECES, Enrique: «La iglesia altomedieval de Las Mesas de Villaverde (Málaga), o la intención de construir sobre un macizo rocoso», *SPAL—Revista de Prehistoria y Arqueología*, 30.2. 2021. pp. 269-307.

