

Identificación de mármoles blancos, grises y blancos y grises empleados en la decoración de la arquitectura de *Complutum* (Alcalá de Henares, Madrid)

Identification of white, grey and white and grey marbles used in the decoration of the architecture of Complutum (Alcalá de Henares, Madrid)

MARIE CLAIRE SAVIN
Institut Català d'Arqueologia Clàssica
msavin@icac.cat
<https://orcid.org/0000-0001-5382-1732>

ANNA GUTIÉRREZ GARCIA-M.
Institut Català d'Arqueologia Clàssica
agutierrez@icac.cat
<https://orcid.org/0000-0002-1947-4113>

VIRGINIA GARCÍA-ENTERO
UNED. Departamento de Prehistoria y Arqueología
vgarciaentero@geo.uned.es
<https://orcid.org/0000-0002-4871-2942>

PILAR LAPUENTE MERCADAL
Universidad de Zaragoza
Departamento de Ciencias de la Tierra
plapuent@unizar.es
<https://orcid.org/0000-0002-8321-2396>

Resumen

Presentamos los resultados de los análisis arqueométricos (petrografía, microscopía óptica (LPP, LPA), catódoluminiscencia (CL) y espectrometría de masas de relaciones isotópicas (IRMS) $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$) a muestras de mármol blanco y/o gris procedentes de la decoración arquitectónica de edificios de la ciudad romana de *Complutum* (Alcalá de Henares, Madrid). Los mármoles analizados, utilizados en la elaboración de placas de revestimiento y elementos moldurados, proceden de canteras hispanas, Anticlinal de Estremoz (Portugal) y provincia de Toledo, lo que permite confirmar el uso mayoritario de los *marmora* hispanos —también de las calizas de Espejón— en la decoración de las construcciones públicas y domésticas de esta ciudad del interior peninsular.

Palabras clave: mármol, Arqueometría, *Complutum*, decoración arquitectónica

Abstract

We present the results of archaeometric analyses (petrography, optical microscopy (LPP, LPA), cathodoluminescence (CL) and isotope ratio mass spectrometry (IRMS) $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$) on samples of white and/or grey marbles from the architectural decoration of buildings in the Roman city of Complutum (Alcalá de Henares, Madrid). The marbles analysed, used in the production of slabs and moulded elements, come from Hispanic quarries, the Anticline of Estremoz (Portugal) and the province of Toledo, which allows us to confirm the majority use of Hispanic marbles — also from the limestones of Espejón — in the decoration of public and domestic constructions of this city in the inland of the Iberian peninsula.

Key words: marble, archaeometry, Complutum, architectural decoration

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO / HOW TO CITE THIS ARTICLE

Savin, M.C., García-Entero, V., Gutiérrez Garcia-M. y Lapuente Mercadal, P. (2024): "Identificación de mármoles blancos, grises y blancos y grises empleados en la decoración de la arquitectura de *Complutum* (Alcalá de Henares, Madrid)". *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid*, 50(1): 203-221. <<https://doi.org/10.15366/cupauam2024.50.1.009>>.

1. Introducción

La ciudad romana de *Complutum* (Alcalá de Henares, Madrid) está localizada en el centro de la península ibérica. Como la investigación arqueológica ha demostrado, fue diseñada en época augustea aunque su desarrollo urbanístico se produjo a partir del periodo claudio y flavio. Su privilegiada ubicación en la confluencia de una tupida red de comunicaciones terrestres que conectaban el levante y el interior peninsular, además de dos de las capitales provinciales hispanas —*Emerita Augusta* y *Tarraco* a través de *Caesar Augusta*—, estuvo en la base de la prosperidad de la que gozó la urbe desde las primeras décadas del siglo I d. C. Las excavaciones arqueológicas desarrolladas desde la década de los 70 de siglo XX hasta la actualidad, han permitido conocer buena parte del trazado urbano de una ciudad de 50 hectáreas ubicada en una amplia llanura fluvial (Rascón y Sánchez, 2014; Rascón *et alii*, 2023). Conocemos alguno de sus edificios públicos ubicados en torno al espacio forense (basílica, termas del norte, termas del sur, mercado, templo) (Rascón, 1995; Rascón (ed.), 1998; Rascón y Sánchez, 2014, 2015, 2017) y una buena muestra de su arquitectura doméstica (Sánchez Montes, 2017) (figura 1). De gran envergadura parece ser la gran rehabilitación urbana producida en los siglos III y IV d. C. que afectó tanto a edificios y viario públicos como a la arquitectura doméstica que se dotó de renovados programas decorativos en los que los pavimentos musivos, la pintura mural y la decoración marmórea jugaron un papel muy destacado (Durán Cabello, 1998; Rascón y Sánchez, 2014, 2017).

En el marco del proyecto de investigación sobre las calizas y conglomerados de Espejón (Soria), hemos tenido la oportunidad de revisar el uso del material lapídeo empleado en la decoración arquitectónica de la ciudad de *Complutum*. Se trata de 2 170 piezas y fragmentos recuperados en distintos puntos de esta urbe en excavaciones realizadas desde los años 70 del siglo XX a los primeros años del XXI. Los materiales se hallan depositados en los almacenes del Taller Escuela de Arqueología (TEAR) del Ayuntamiento de Alcalá de Henares y en los almacenes del Museo Arqueológico Regional de la

Comunidad de Madrid. El material revisado procede, como se ha indicado, de diversas intervenciones acometidas en distintos puntos de la ciudad complutense desde los años 70 vinculados tanto con espacios públicos —espacio forense, basílica, cripto-pórtico, termas norte y termas sur, *macellum*, decumanos III y IV— como domésticos, urbanos —casa de los Grifos, casa del decumano III— y periurbanos —villas de *Hippolytus* y El Val—. En principio, y a falta de un estudio detallado de cada uno de sus contextos de procedencia, el material marmóreo revisado formaría parte del ambicioso programa de renovación urbanística acontecido en la ciudad a finales del siglo III e inicios del IV d. C. (Durán Cabello, 1998; Rascón y Sánchez, 2014, 2017).

A partir de una primera revisión macroscópica realizada a la totalidad de las piezas, identificamos el empleo predominante de mármoles blancos, grises y veteados en blanco y gris para los que propusimos, en una valoración preliminar, un origen hispano (Anticlinal de Estremoz) y pirenaico (Saint-Béat). Junto a estos materiales, destacamos la presencia de las calizas amarillas, moradas y bandeadas de Espejón (Soria). A estos materiales se sumaron, de forma apenas testimonial, otras rocas ornamentales como la caliza de Buixcarró, calizas blancas, grises y rosadas y pizarras, todos ellos materiales presumiblemente de origen local o regional. También de forma anecdótica están representados *marmora* del ámbito mediterráneo como el *giallo antico*, *africano*, *portasanta* y *alabastro cotognino* (García-Entero, 2020; 150-154) (figura 2).

Dado el destacado papel que jugaron los mármoles blancos y/o grises en los programas decorativos complutenses, nos pareció de especial interés poder identificar, a partir de sólidas bases analíticas, el origen de estas rocas que constituyen el 65,7 % de las piezas/fragmentos recuperados en las intervenciones arqueológicas llevadas a cabo en la ciudad.

2. Metodología y equipo instrumental

Para el estudio abordado hemos seguido el protocolo multi-método secuenciado ya propuesto por una de nosotras en trabajos previos (Lapuente y



Figura 1. Localización de la ciudad de *Complutum* en el entramado viario principal de *Hispania* y trama urbana de la ciudad romana con localización de las estructuras y edificios hallados (fuente: S. Rascón Marques y A.L. Sánchez Montes)

Figure 1. Location of the city of *Complutum* in the main road network of *Hispania* and urban layout of the Roman city with the location of the structures and buildings found (source: S. Rascón Marques and A.L. Sánchez Montes)

Álvarez, 2012; Lapuente, 2014 y 2019). A partir de una primera observación ocular de las piezas, establecimos los rasgos macroscópicos que permitieron proponer una primera clasificación de los materiales. Así, individualizamos 4 variedades de mármoles blancos y/o grises (figura 3) cuyas características macroscópicas exponemos a continuación.

Tipo 1: Mármol blanco homogéneo de grano medio y grueso y medio-fino, bien cristalizado y compacto. Presenta un tono anaranjado/rosado. Traslúcido. Este material ha sido identificado en la elaboración de placas de revestimiento y elementos moldurados (cornisas) (muestra CMP-1282).



Figura 2. Muestrario de los tipos de *marmor* identificados en la ciudad romana de *Complutum*. 1. *Alabastro egiziano* o *cotognino*. 2-3. *Giallo brecciato*; *giallo antico*. 4. *Marmor Luculleum/ africano*. 5. *Marmor Chium-portasanta*. 6-7. Buixcarró. 8-11. Calizas de Espejón. 12-14. Mármoles blancos y/o grises de el Anticlinal de Estremoz (fuente: V. García-Entero)

Figure 2. Sample of *marmor* types identified in the Roman city of *Complutum*. 1. *Alabaster egiziano* or *cotognino*. 2-3. *Giallo brecciato*; *giallo antico*. 4. *Marmor Luculleum/ africano*. 5. *Marmor Chium-portasanta*. 6-7. Buixcarró. 8-11. Limestones from Espejón. 12-14. White and/or grey marbles from the Anticlinal of Estremoz (source: V. García-Entero)

Tipo 2: Mármol blanco con veteados en gris. Se trata de un mármol que recuerda al tipo «*greco scritto*» porque algunas vetas son de escaso recorrido, casi puntuales. Es de grano medio, de traslúcido a opaco. Este material fue utilizado para la elaboración de placas de revestimiento, elementos moldurados y epigrafía (muestra CMP-1281).

Tipo 3: Mármol gris con vetas grises de grano medio-grueso. Opaco. Presenta cristales individuales más oscuros en una matriz de tono más claro. Este material se ha identificado en placas de revestimiento y cornisas (muestra CMP-1284).

Tipo 4: Mármol blanco veteadado en gris oscuro por su apariencia brechoide. De grano medio, es muy traslúcido. Identificado en placas de revestimiento (muestra CMP-1283).

Debemos hacer hincapié en el hecho de que la individualización de estos cuatro litotipos no excluye la presencia de otros materiales marmóreos que no hemos identificado macroscópicamente. Futuras

investigaciones podrán confirmar si, además de los mármoles ahora identificados, se emplearon otras variedades en los programas decorativos complutenses.

Durante el proceso de observación macroscópica, procedimos a la selección de ejemplares para la toma de muestras de los tipos identificados con el fin de someterlos a un protocolo de análisis (petrografía, microscopía óptica polarizada, catodoluminiscencia y de Espectrometría de Masas de Relaciones Isotópicas (IRMS) $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$) y la comparación de los resultados con las características de los mármoles blancos y/o grises de las principales canteras del ámbito mediterráneo en uso durante la Antigüedad, con el fin de poder determinar el origen de los mármoles blancos y/o grises identificados en *Complutum*. La muestra consistió en todos los casos en la extracción de una pequeña esquirla, valorando siempre previamente la presencia o ausencia de fracturas y respetando la integridad del trabajo escultórico en el caso de la muestra tomada a un fragmento moldurado (CMP-1282).



Figura 3. Variedades de mármoles blancos y/o grises presentes en *Complutum*. Varias escalas (fuente: V. García-Entero)

Figure 3. Varieties of white and/or grey marbles present in *Complutum*. Various scales (source: V. García-Entero)

Los análisis de petrografía, catodoluminiscencia (CL) y microscopía de luz polarizada (MOP) se han realizado en el Laboratorio de la Unidad de Estudios Arqueométricos del Instituto Catalán de Arqueología Clásica (UEA-ICAC). Los análisis de Espectrometría de Masas de Relaciones Isotópicas (IRMS) $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ se han llevado a cabo en el Laboratorio di Isotopi del Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria de Roma (CNR) por el doctor M. Brilli. Las láminas delgadas —sin cubrir para observar su CL— se han realizado en el Laboratorio de Preparación de Láminas Delgadas del Departamento de Geología de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB).

El equipo Instrumental empleado ha sido: lupa binocular ZEISS Stemi 2000-C, microscopio de luz polarizada NIKON Eclipse 50iPOL, a 30 \times , 60 \times y 150 \times , con un dispositivo acoplado CITL CL8200 Mk5-1 para el estudio de CL. Las fotografías petrográficas se han tomado con una cámara NIKON DS-Fi2 dotada con la aplicación NIKON NIS-Elements D. Los patrones de color, intensidad y distribución se registraron tomando

fotografías digitales utilizando una cámara digital automática NIKON CoolPix5400 acoplada al microscopio mediante un adaptador NIKON CoolPix MDC Lens. En el estudio isotópico se ha utilizado un espectrómetro de masas de relaciones isotópicas FINNIGAN Gasbench II.

Los análisis de CL fueron realizados con una energía de los electrones aplicada a las secciones delgadas de 15-20 kV y una corriente de haz a 250-300 μA . Esta metodología CL ha sido aplicada a mármoles clásicos e hispanos (Barbin *et alii*, 1989; Lapuente *et alii*, 2000, 2014).

Los resultados se han comparado con los obtenidos mediante la aplicación de una metodología analítica idéntica a las muestras de referencia de las litotecas de la UEA del ICAC, el Laboratorio para el Estudio de los Materiales Lapídeos de la Antigüedad (LEMLA) de la UAB y la colección del Área de Petrología y Geoquímica de la Universidad de Zaragoza, así como las publicaciones y bases de datos publicadas hasta la fecha para los mármoles clásicos, hispanos y pirenaicos (Barbin *et alii*, 1989, 1992;

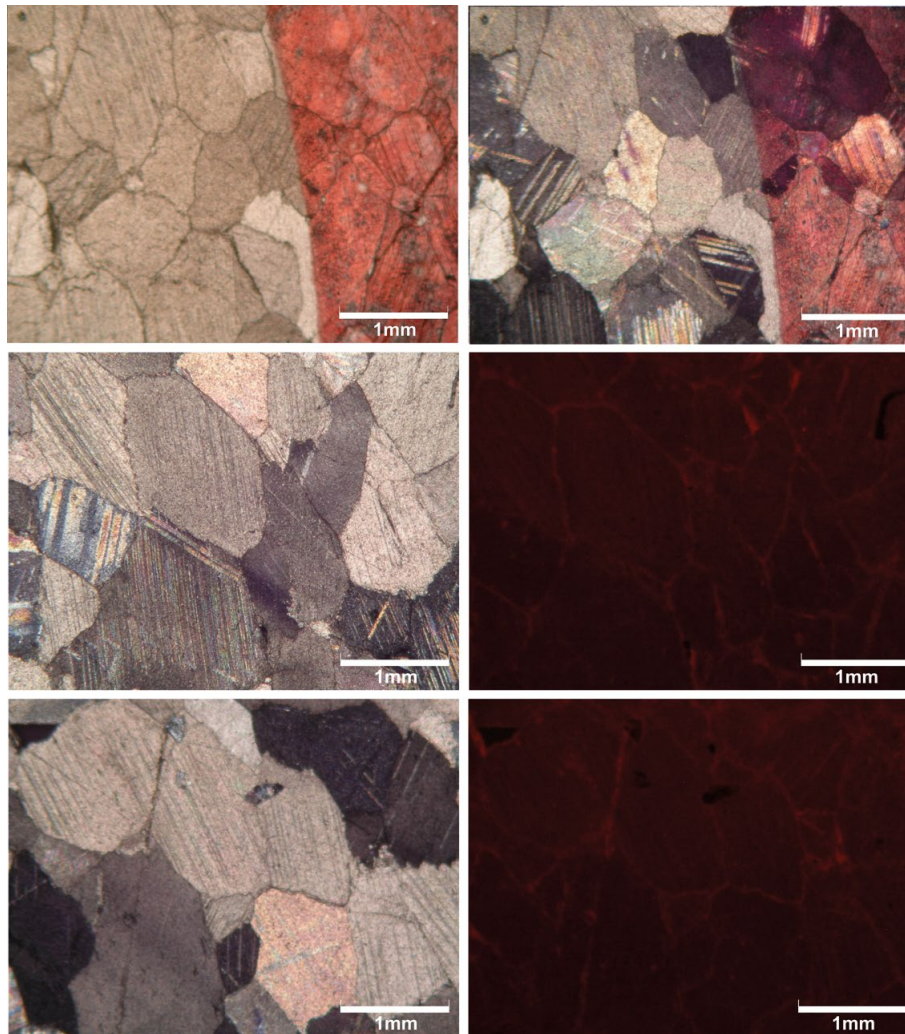


Figura 4. Fotomicrografías LPP, LPA y CL de la muestra CMP-1282. Fila superior: imágenes bajo el microscopio petrográfico. Luz Polarizada Plana (LPP) a izquierda y Luz Polarizada Analizada (LPA) o Cruzada (NC) a la derecha. Nótese que en la imagen LPP la mitad derecha está teñida suavemente de rojo por su composición calcítica, pero el lavado de la lámina ha sido realizado antes de haber reaccionado por completo con el rojo Alizarín S. Filas central e inferior: imágenes de LPA a la izquierda y de catodomicrofacies (CL) a la derecha de dos zonas diferentes de la lámina delgada (fuente: UEA-ICAC)

Figure 4. LPP, LPA and CL photomicrographs of sample CMP-1282. Top row: images under the petrographic microscope. Flat Polarised Light (LPP) on the left and Analysed Polarised Light (APL) or Cross Polarised Light (CL) on the right. Note that in the LPP image the right half is softly stained red because of its calcitic composition, but the washing of the slice has been done before it has fully reacted with Alizarin red S. Middle and bottom rows: LPA images on the left and cathodomicrofacies (CL) images on the right of two different areas of the thin slice (source: UEA-ICAC)

Lapuente, 1995, 2018; Lapuente y Blanc, 2002; Gorgoni *et alii*, 2002; Capedri *et alii*, 2004; Lapuente y Turi, 2005; Attanasio *et alii*, 2006, 2009, 2015; Álvarez *et alii*, 2009; Origlia *et alii*, 2011; Antonelli y Lazzarini, 2015; Brillì *et alii*, 2015, 2018; Gutiérrez García-M. *et alii*, 2016; Lapuente y Royo, 2016; Lapuente *et alii*, 2000, 2002, 2012, 2014, 2018, 2021; Royo *et alii*, 2018; Wielgosz-Rondolino *et alii*, 2020; Blanc *et alii*, 2020; Savin, 2021).

Muestra A-CMP-1282. N° Inventario: 5/1/22/08/DIV//8846. Tipo 1

Tipo: Mármol blanco homogéneo de grano medio a grueso, de tono rosado/anaranjado más acusado en la pátina superficial, traslúcido, con halo moderado (1-2 cm). No fétido.

Calidad y estado de conservación: Bien cristalizado, compacto. Presenta pátina de oxidación superficial.

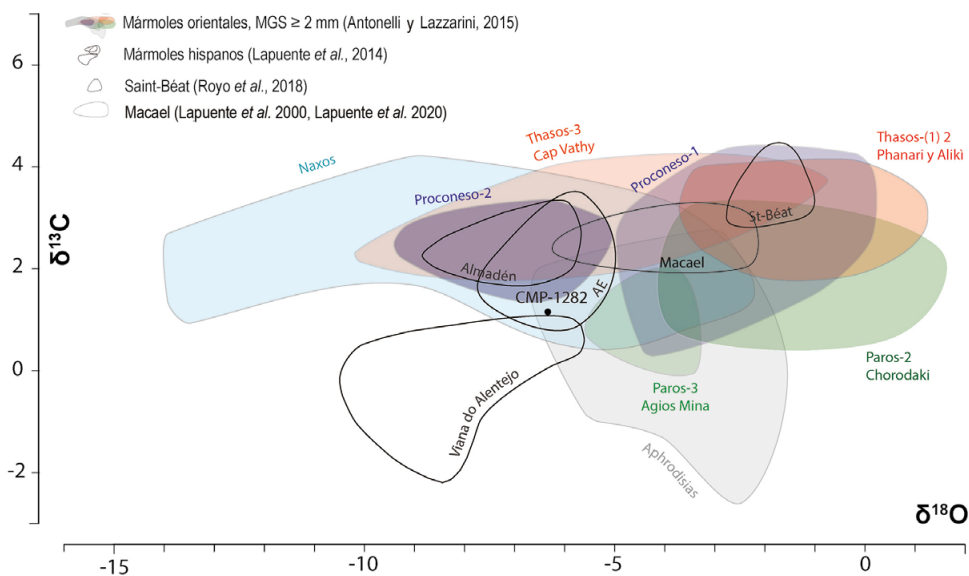


Figura 5. Proyección de los resultados isotópicos obtenidos para la muestra CMP-1282 en comparación con los campos isotópicos definidos para los mármoles clásicos de grano grueso (Antonelli y Lazzarini, 2015) y para los mármoles hispanos del Anticlinal de Estremoz, Viana do Alentejo, Almadén de la Plata y Macael (Lapiente *et alii*, 2000, 2014, 2020) (fuente: UEA-ICAC)

Figure 5. Projection of the isotopic results obtained for sample CMP-1282 in comparison with the isotopic fields defined for the coarse-grained classic marbles (Antonelli and Lazzarini, 2015) and for the Hispanic marbles of the Anticline of Estremoz, Viana do Alentejo, Almadén de la Plata and Macael (Lapiente *et al.*, 2000, 2014, 2020) (source: UEA-ICAC)

Descripción microscópica y CL (figura 4)

Tipo de mármol: calcítico. *Textura:* granoblástica ligeramente heteroblástica isótropa. En la microestructura destaca la presencia de una veta de microcristales dolomíticos. *Tamaño del grano:* medio-grueso, MGS 2 mm, MFS 500-900 μm . *GBS:* rectos, ocasionalmente saturados. *Signos de deformación:* maclas de tipo II y IV de Burkhard (1993). *Minerales accesorios:* cuarzo diseminado mayoritariamente monocristalino pero ocasionalmente policristalino, feldespato a veces maclados. *Respuesta en CL:* Roja oscura, débil, ligeramente heterogénea. *Irregularidades:* los límites de granos presentan una luminiscencia más intensa.

Estudio isotópico

Los resultados del análisis de isótopos estables se expresan en notación delta (δ) habitual $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ mediante la relación de esta proporción en la muestra, en tantos por mil (‰) respecto al estándar internacional V-PDB (*Vienna Pee Dee Belemnite*). Los valores isotópicos obtenidos son: $\delta^{13}\text{C}$: 0,86; $\delta^{18}\text{O}$: -5,93. Estos valores se proyectan en la figura 5 para los mármoles blancos de grano medio grueso.

Campo(s) isotópico(s) compatible(s): Anticlinal de Estremoz, Afrodisias, Paros-3, Agios Mina, Naxos y cerca de Viana do Alentejo.

Interpretación de los análisis

Los resultados analíticos y observaciones realizadas se han contrastado con los parámetros de identificación de los mármoles hispanos y pirenaicos, encontrando similitud petrográfica e isotópica con algunas variedades lusitanas de mármol blanco del Anticlinal de Estremoz, descartándose otros mármoles hispanos, especialmente por sus relaciones isotópicas. En concreto, la textura, los minerales accesorios y los parámetros de MGS y MFS y los valores isotópicos encajan con los descritos para los mármoles del distrito lusitano (Lapiente *et alii*, 2014). La caracterización de CL, el MGS y los accesorios ayudan a excluir los de Viana do Alentejo, Afrodisias, Paros-3, Agios Mina y Naxos (Lapiente *et alii*, 2014; Blanc *et alii*, 2020). En definitiva, el origen del mármol de esta moldura debe asignarse al Anticlinal de Estremoz, en concordancia con la hipótesis de partida según la observación macroscópica.

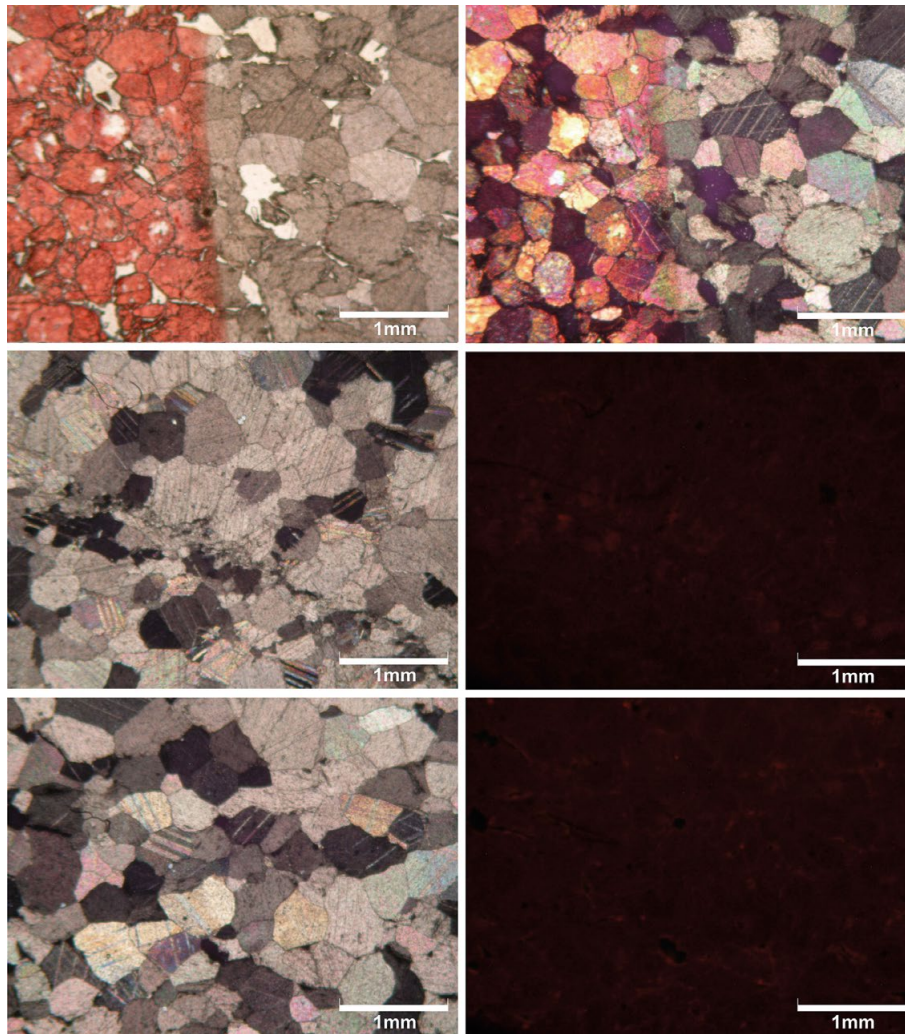


Figura 6. Fotomicrografías LPP, LPA y CL de la muestra CMP-1281. Fila superior: imágenes bajo el microscopio petrográfico. Luz Polarizada Plana (LPP) a izquierda y Luz Polarizada Analizada (LPA) o Cruzada (NC) a la derecha. Filas central e inferior: imágenes de LPA a la izquierda y de catodomicrofacies (CL) a la derecha de dos zonas diferentes de la lámina delgada. En la imagen central se observa el veteado de grano fino, muy probablemente de dolomita (fuente: UEA-ICAC)

Figure 6. LPP, LPA and CL photomicrographs of sample CMP-1281. Top row: images under the petrographic microscope. Flat Polarised Light (LPP) on the left and Analysed Polarised Light (APL) or Cross Polarised Light (CL) on the right. Middle and bottom rows: LPA images on the left and cathodomicrofacies (CL) images on the right of two different areas of the thin film. The central image shows the fine-grained veining, most probably dolomite (source: UEA-ICAC)

Muestra A-CMP-1281. n° Inventario: 5/1/
SUP/8918. Tipo 2

Tipo: mármol blanco con vetas y punteados grises irregulares, algunos de escaso recorrido. Aparentemente grano medio. Traslúcido con halo moderado (1-2 cm). No fétido. *Calidad y estado de conservación:* Compacto, bien cristalizado. Se encuentra algo fracturado.

Descripción microscópica y CL (figura 6)

Tipo de mármol: calcítico. *Textura:* granoblástica heteroblástica isótropa. En la microestructura destaca

la presencia de una veta de microcristales dolomíticos. *Tamaño del grano:* fino heterométrico, MGS 800 μm , MFS 300-500 μm . *GBS:* rectos, ocasionalmente curvados y saturados. *Signos de deformación:* se puede observar una ligera extinción ondulante de los carbonatos. Además, más del 50 % de los granos exhiben maclas tabulares gruesas de tipo II de Burkhard (1993). *Minerales accesorios:* Qm., Gr., DoLm., Qp. grafito y cuarzo diseminado. El cuarzo aparece en su mayoría monocristalino pero ocasionalmente policristalino con inclusiones fluidas claramente visibles.

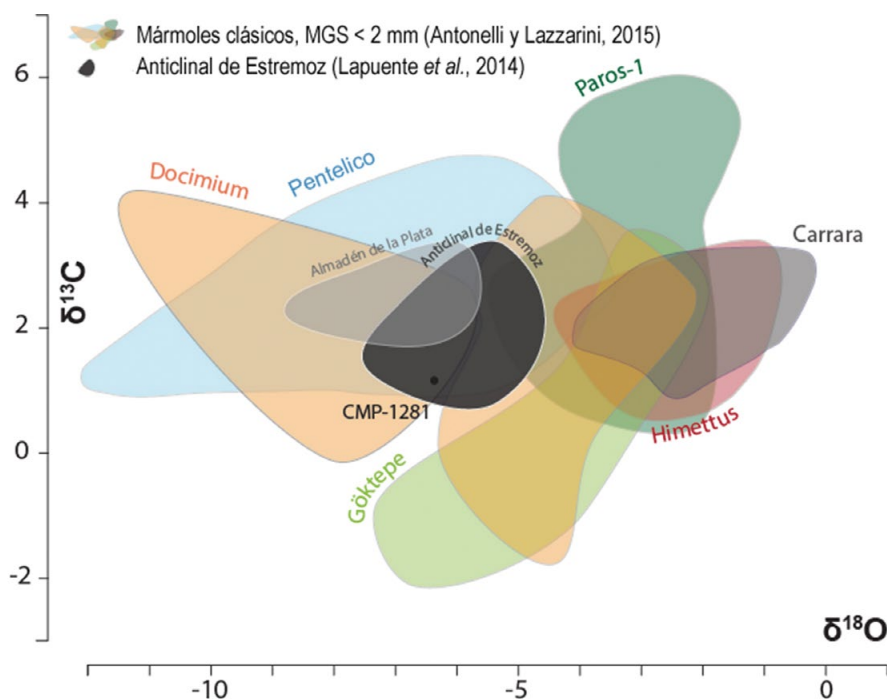


Figura 7. Proyección de los resultados isotópicos obtenidos para la muestra CMP-1281 en comparación con los campos isotópicos definidos para los mármoles clásicos de grano fino (Antonelli y Lazzarini, 2015) y para los mármoles hispanos del Anticlinal de Estremoz (Lapuente et alii, 2000, 2014, 2020) (fuente: UEA-ICAC)

Figure 7. Projection of the isotopic results obtained for sample CMP-1281 in comparison with the isotopic fields defined for the fine-grained classic marbles (Antonelli and Lazzarini, 2015) and for the Hispanic marbles of the Estremoz Anticline (Lapuente et al., 2000, 2014, 2020) (source: UEA-ICAC)

La dolomita aparece únicamente en una vetita en forma microcristalina. *Respuesta en CL:* Roja oscura, homogénea. *Irregularidades:* los agregados microcristalinos presentan un tono rojo más luminiscente.

Estudio isotópico

Los resultados del análisis de isótopos estables se expresan en notación delta (δ) habitual $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ mediante la relación de esta proporción en la muestra, en tantos por mil (‰) respecto al estándar internacional V-PDB (*Vienna Pee Dee Belemnite*). Los valores isotópicos obtenidos son: $\delta^{13}\text{C}$: 1,17; $\delta^{18}\text{O}$: -6,37. En la figura 7 sobre las relaciones isotópicas de los mármoles de grano fino, estos valores se proyectan dentro del campo isotópico del Anticlinal de Estremoz propuesto para sus mármoles blancos (Lapuente et alii, 2014) y coincide con la relación isotópica de los mármoles bandeados en blanco y gris del anticlinal de Estremoz (Lapuente et alii, 2018). Campo(s) isotópico(s) compatible(s): Anticlinal de Estremoz, *Docimium*, *Pentélico*.

Interpretación de los análisis

Los resultados analíticos y las observaciones realizadas se han contrastado con los parámetros de identificación de los mármoles hispanos y pirenaicos, encontrando similitud petrográfica e isotópica con algunas variedades lusitanas de mármol blanco con bandeados y veteados grises expuestos en Lapuente et alii, 2018. En concreto, los minerales accesorios y los parámetros de MGS y MFS encajan con los descritos para los mármoles del Anticlinal de Estremoz. La caracterización de CL ayuda a discriminarlos de los de Afyon y Pentélico (Lapuente y Royo, 2016). Igualmente es muy significativa la coincidencia de valores isotópicos con los correspondientes a los mármoles blancos/grises proyectados dentro del mismo campo isotópico dibujado para los mármoles blancos (Lapuente et alii, 2014, 2018).

En definitiva, el origen del mármol de esta placa, en función de la base de datos de la que se dispone, debe asignarse al Anticlinal de Estremoz, en concordancia con la hipótesis de partida según la observación macroscópica.

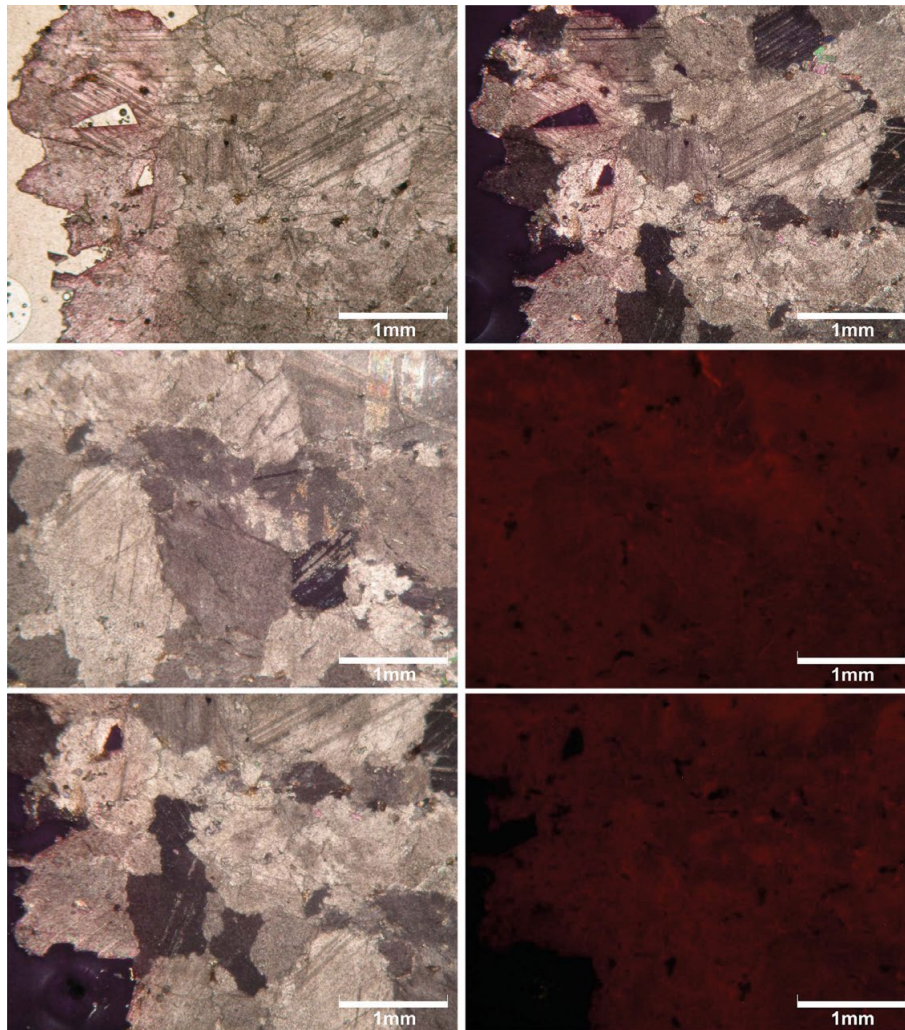


Figura 8. Fotomicrografías LPP, LPA y CL de la muestra CMP-1284. Fila superior: imágenes bajo el microscopio petrográfico. Luz Polarizada Plana (LPP) a izquierda y Luz Polarizada Analizada (LPA) o Cruzada (NC) a la derecha. Nótese que en la imagen de LPP la mitad izquierda no ha reaccionado con el Rojo Alizarina S, revelando que se trata de un mármol dolomítico. Filas central e inferior: imágenes de LPA a la izquierda y de catodomicrofacies (CL) a la derecha de dos zonas diferentes de la lámina delgada (fuente: UEA-ICAC)

Figure 8. LPP, LPA and CL photomicrographs of sample CMP-1284. Top row: images under the petrographic microscope. Flat Polarised Light (LPP) on the left and Analysed Polarised Light (APL) or Cross Polarised Light (CL) on the right. Note that in the LPP image the left half has not reacted with Alizarin Red S, revealing that it is a dolomitic marble. Middle and bottom rows: LPA images on the left and cathodomicrofacies (CL) images on the right of two different areas of the thin film (source: UEA-ICAC)

Muestra A-CMP-1284. nº Inventario: 5/1/96/CE/ Perfil C/8064. Tipo 3

Tipo: mármol blanco grisáceo con vetas grises, opaco, de grano medio en torno a 1-2 mm; translucidez muy débil con halo <0,5 mm. No fétido. Parece estar bien cristalizado pero contiene muchas impurezas. *Calidad y estado de conservación:* Recuerda al tipo Saint-Béat por presentar cristales individuales más oscuros en una matriz de tono más claro (aspecto de «granos de arroz»).

Descripción microscópica y CL: (figura 8)

Tipo de mármol: dolomítico. *Textura:* granoblástica ligeramente heteroblástica isótropa. *Tamaño del grano:* grueso, MGS 3,1 mm, MFS 1,5 mm. *GBS:* ondulado, ocasionalmente saturados. *Signos de deformación:* maclas de tipo II y IV de Burkhard (1993). *Minerales accesorios:* diseminados. flogopita grande y cuarzo monocristalino. *Respuesta en CL:* Rojo sangre, media, heterogénea. *Irregularidades:* minerales accesorios no luminiscentes.

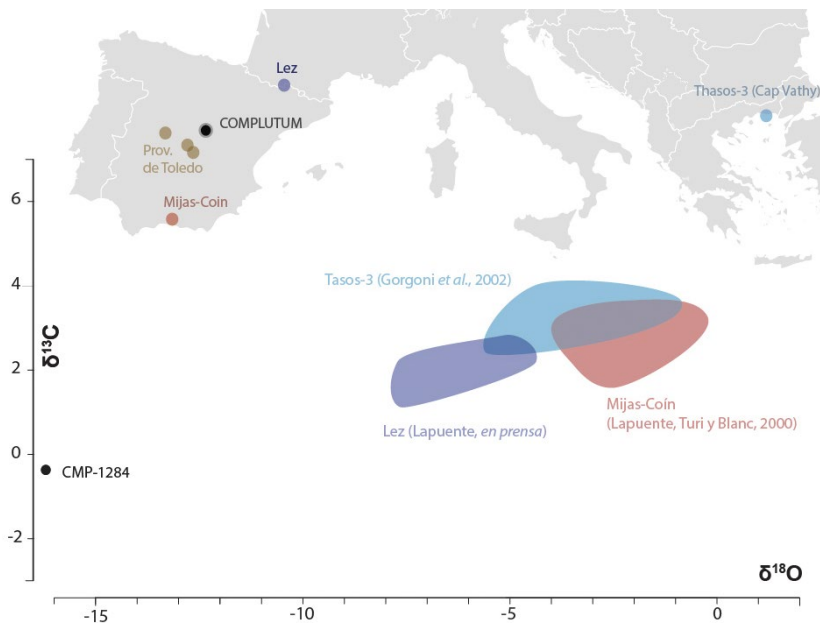


Figura 9. Diagrama isotópico representando los campos isotópicos para los mármoles dolomíticos de Tasos-3 Cap-Vathy (Gorgoni *et alii*, 2002), Mijas-Coín (Lapuente, Turi y Blanc, 2000) y Lez (Lapuente, 2022) (fuente: UEA-ICAC)

Figure 9. Isotopic diagram representing the isotopic fields for the dolomitic marbles of Tasos-3 Cap-Vathy (Gorgoni *et al.*, 2002), Mijas-Coín (Lapuente, Turi and Blanc, 2000) and Lez (Lapuente, 2022) (source: UEA-ICAC)

Estudio isotópico

Los resultados del análisis de isótopos estables se expresan en notación delta (δ) habitual $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ mediante la relación de esta proporción en la muestra, en tantos por mil (‰) respecto al estándar internacional V-PDB (*Vienna Pee Dee Belemnite*). Los valores isotópicos obtenidos son: $\delta^{13}\text{C}$: 0,33; $\delta^{18}\text{O}$: -16,14. Se proyectan estos parámetros en la figura 9 para los mármoles dolomíticos blancos y blanco grisáceos de grano fino-medio, incluidos los pirenaicos del Valle alto del Garona, según Lapuente (2022) Campo(s) isotópico(s) compatible(s): Ninguno de la base de datos analítica disponible. Canteras de la provincia de Toledo muy probables, como más adelante detallaremos.

Comentario adicional sobre los resultados isotópicos obtenidos

El valor de $\delta^{18}\text{O}$ vs PDB sorprende por su valor extremadamente negativo. Hasta la fecha únicamente los mármoles de Galicia muestran valores comparables, pero las variedades dolomíticas no tienen nada que ver al nivel macroscópico, petrográfico y CL por lo que se pueden excluir con total seguridad. Así,

estos resultados permiten excluir todos los mármoles pirenaicos y mediterráneos de nuestra base de datos y constituye un índice adicional que este mármol procede de las canteras de la provincia de Toledo. Los datos isotópicos obtenidos por H. Royo, A. de Mesa y M. Brillì para la cantera de Montesclaros, cerca de Talavera de la Reina¹ resultan coherentes con esta atribución, si bien al tratarse de datos no publicados no se incluyen ahora.

Trabajos geológicos, realizados a partir de dolomías y calizas no metamorfizadas, han demostrado que hay una correlación entre la edad de estas rocas y los valores de $\delta^{18}\text{O}$. Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ son más negativos cuando las rocas son más antiguas (Veizer y Hoefs, 1976; Attanasio, Brillì y Ogle, 2006). A esta tendencia hay que añadir que los procesos secundarios

¹ Estos datos fueron presentados en la sesión de poster de ASMOSIA XII celebrado en Split en mayo de 2015: Royo, H., De Mesa, A. y Brillì, M., "White en Grey Marbles in Roman and Late Antiquity Times in the Province of Toledo (Spain). Archaeometric Characterization". Abstracts Book, Split: 233-234. Los contenidos de esta presentación no fueron publicados en las Actas de dicho congreso.

implicados en la formación de los mármoles a partir de estos protolitos afectan generalmente hacia valores inferiores, sobre todo el $\delta^{18}\text{O}$ respecto a los del protolito inicial. Así pues, los mármoles de la provincia de Toledo se encuentran, como los de Galicia, entre los mármoles formados a partir de protolitos sedimentarios preordovicianos, los más antiguos de Europa.

Interpretación de los análisis

Los resultados analíticos y observaciones realizadas se han contrastado con los parámetros de identificación de los mármoles hispanos, pirenaicos, gallegos y clásicos, sin encontrar paralelos que puedan ayudar a su identificación. Sí cabe descartar la propuesta inicial que, a partir de la observación macroscópica, propuso los mármoles pirenaicos de Saint-Béat.

La publicación de los datos publicados sobre los mármoles dolomíticos de la provincia de Toledo, tanto en las memorias asociadas a los mapas geológicos de la 2nda serie MAGNA como en la tesis doctoral inédita de A. de Mesa (De Mesa, 2013) y en el artículo del Instituto Tecnológico y Geominero de España, permiten proponer que este mármol proviene de la provincia de Toledo.

Muestra A-CMP-1283. nº Inventario: 5/1/85/PS/NI/8037. Tipo 4

Tipo: mármol blanco vetado en gris oscuro tipo «*pavonazzetto*» por su apariencia brechada. Muy translúcido con halo superior a 2 mm y de grano medio a grueso. No fétido. Este tipo se parece al tipo 2, tipo «*greco scritto*».

Calidad y estado de conservación: Compacto, bien cristalizado. Presenta pátina de oxidación superficial con incrustaciones. Debe hacerse notar que la muestra no presenta los veteados grises.

Descripción microscópica y CL (figura 10)

Tipo de mármol: calcítico. *Textura:* granoblástica heteroblástica anisótropa. Anisotropía muy marcada por la orientación de los carbonatos (tanto de sus bordes como de sus redes cristalinas) así como de su distribución en bandas de granulometría muy distintas. *Tamaño del grano:* fino, MGS 1 mm, MFS 300-500 μm . *GBS:* rectos, ocasionalmente curvados y saturados. *Signos de deformación:* maclas

de tipo II, III y IV de Burkhard (1993). *Minerales accesorios:* diseminados. Dolomita microcristalina, grafitos, cuarzo, mayoritariamente monocristalinos pero también policristalinos y reabsorbidos. El cuarzo aparece en su mayoría monocristalino pero ocasionalmente policristalino con inclusiones fluidas claramente visibles. La dolomita aparece únicamente en una vetita en forma microcristalina. *Respuesta en CL:* Roja oscura, media heterogénea. *Irregularidades:* minerales accesorios, límites de granos, relictos.

Estudio isotópico

Los resultados del análisis de isótopos estables se expresan en notación delta (δ) habitual $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ mediante la relación de esta proporción en la muestra, en tantos por mil (‰) respecto al estándar internacional V-PDB (*Vienna Pee Dee Belemnite*). Los valores isotópicos obtenidos son: $\delta^{13}\text{C}$: 0,97; $\delta^{18}\text{O}$: -5,35‰. En la figura 11 sobre las relaciones isotópicas de los mármoles de grano fino, estos valores se proyectan dentro del campo isotópico del Anticlinal de Estremoz propuesto para sus mármoles blancos (Lapuente *et alii*, 2014) y coincide con la relación isotópica de los mármoles bandeados en blanco y gris del anticlinal de Estremoz (Lapuente *et alii*, 2018). Campo(s) isotópico(s) compatible(s): Anticlinal de Estremoz, *Docimium*, Pentélico.

Interpretación de los análisis

Los resultados analíticos y observaciones realizadas se han contrastado con los parámetros de identificación de los mármoles hispanos y pirenaicos, encontrando similitud petrográfica e isotópica con algunas variedades lusitanas de mármol blanco con bandeados y veteados grises expuestos en Lapuente *et alii*, 2018. Debe tenerse en cuenta que la parte analizada solo parece responder a la parte blanca, por lo que no se han observado accesorios. En concreto, su textura, su fábrica y los parámetros de MGS y MFS encajan con los descritos para los mármoles del Anticlinal de Estremoz. A su vez, la ausencia de mica en la muestra blanca ayuda a descartar el Pentélico como fuente de procedencia, ya que su textura, su MGS e incluso su CL podrían haber llevado a su confusión. Igualmente, la combinación de su textura y CL ayuda a descartar el mármol *Docimium* (Lapuente y Royo, 2016). Desde

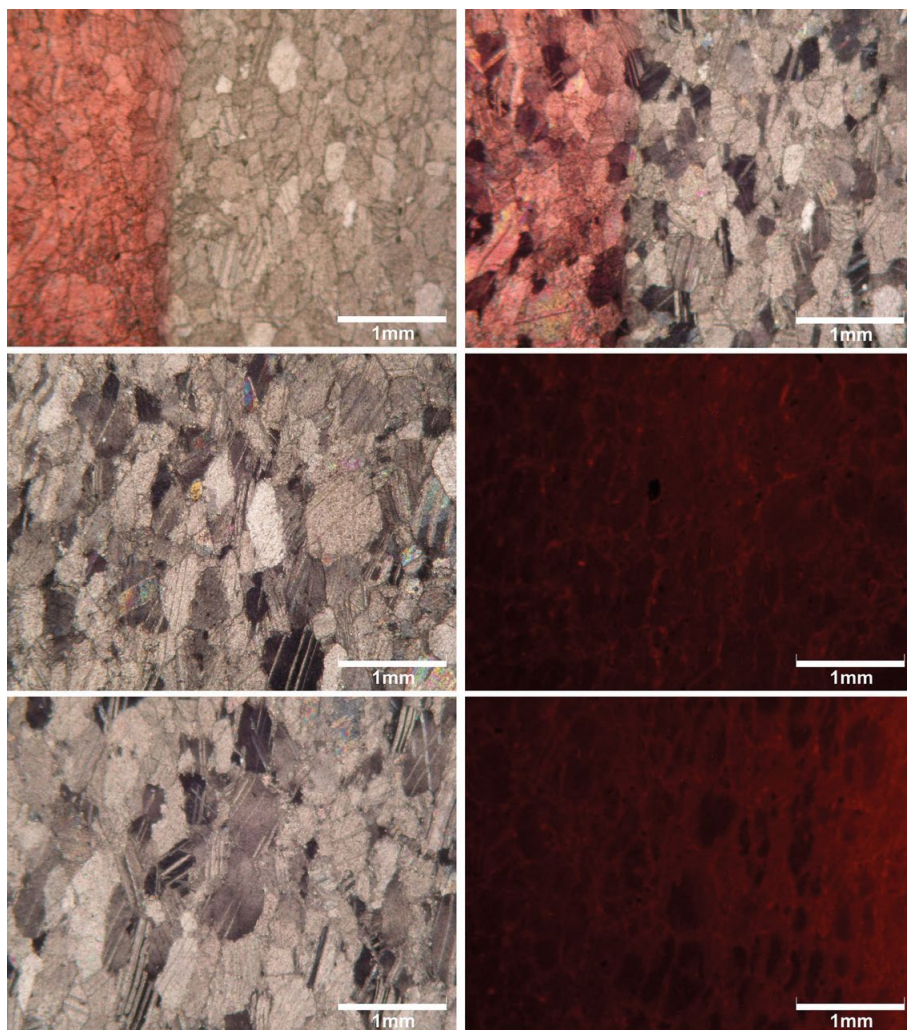


Figura 10. Fotomicrografías LPP, LPA y CL de la muestra CMP-1283. Fila superior: imágenes bajo el microscopio petrográfico. Luz Polarizada Plana (LPP) a izquierda y Luz Polarizada Analizada (LPA) o Cruzada (NC) a la derecha. Nótese que en la imagen de LPP la mitad izquierda está teñida suavemente en rojo por su composición calcítica, pero el lavado de la lámina ha sido realizado antes de haber reaccionado por completo con el Rojo Alizarina S. Filas central e inferior: imágenes de LPA a la izquierda y de catodomicrofacies (CL) a la derecha de dos zonas diferentes de la lámina delgada (fuente: UEA-ICAC)

Figure 10. LPP, LPA and CL photomicrographs of sample CMP-1283. Top row: images under the petrographic microscope. Flat Polarised Light (LPP) on the left and Analysed Polarised Light (APL) or Cross Polarised Light (CL) on the right. Note that in the LPP image the left half is softly stained in red due to its calcitic composition, but the washing of the slice has been done before it has fully reacted with Alizarin Red S. Middle and bottom rows: LPA images on the left and cathodoluminescence (CL) images on the right of two different areas of the thin slice (source: UEA-ICAC)

el punto de vista isotópico, y como se ha apuntado para la muestra CMP-1281, es muy significativa la coincidencia de sus valores con los correspondientes a los mármoles blancos/grises proyectados dentro del mismo campo isotópico dibujado para los mármoles blancos (Lapuente *et alii*, 2014, 2018).

En definitiva, el origen del mármol de esta placa, en función de la base de datos de la que se dispone, debe asignarse al Anticlinal de Estremoz, en

concordancia con la hipótesis inicial de asociación con el litotipo blanco/gris descrito como semejante al tipo «*greco scritto*».

2. Conclusiones

El estudio realizado permite aproximarnos al empleo de los mármoles blancos y/o grises en la decoración

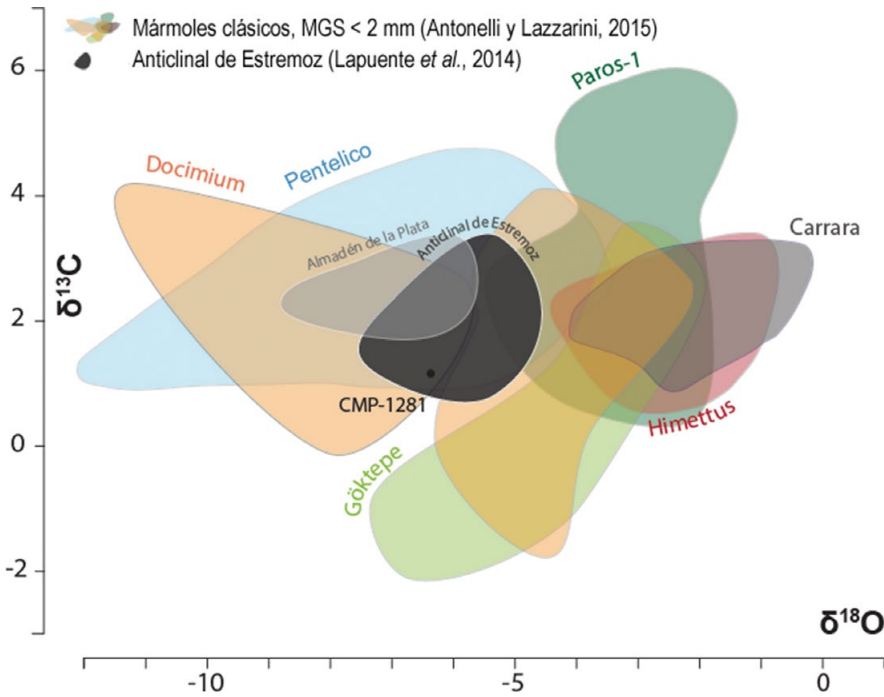


Figura 11. Proyección de los resultados isotópicos obtenidos para la muestra CMP-1283 en comparación con los campos isotópicos definidos para los mármoles clásicos de grano fino (Antonelli y Lazzarini, 2015) y para los mármoles hispanos del Anticlinal de Estremoz (Lapuente et alii, 2014) (fuente: UEA-ICAC)

Figure 11. Projection of the isotopic results obtained for sample CMP-1283 in comparison with the isotopic fields defined for the fine-grained classic marbles (Antonelli and Lazzarini, 2015) and for the Hispanic marbles of the Estremoz Anticline (Lapuente et al., 2014) (source: UEA-ICAC)

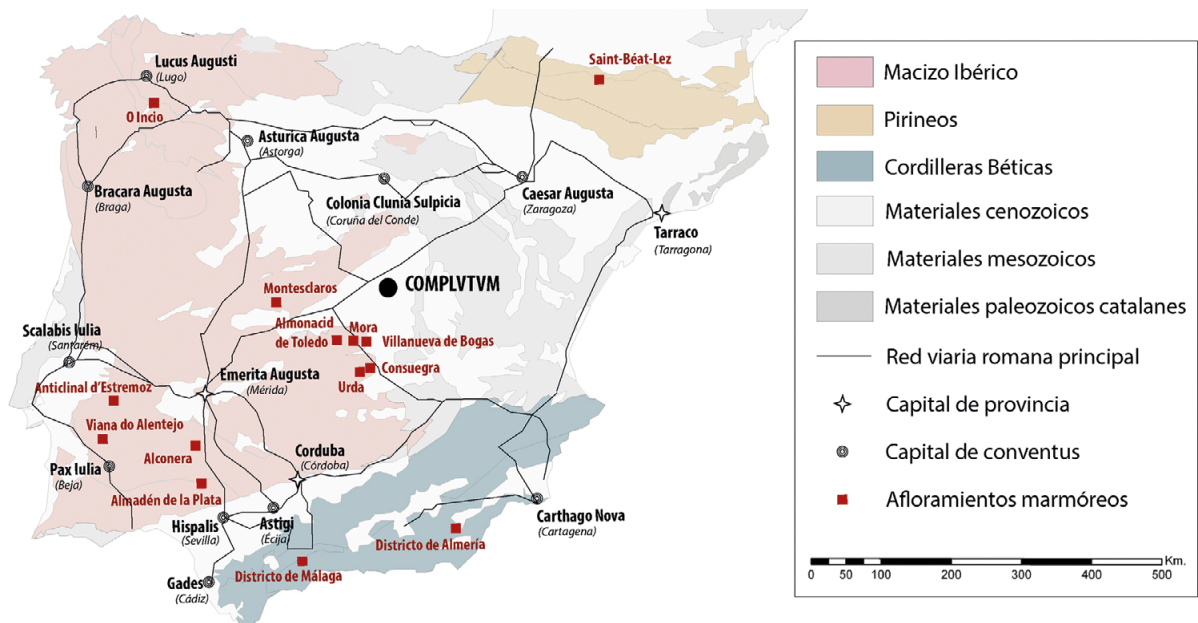


Figura 12. Localización de la ciudad de Complutum (Alcalá de Henares, Madrid) en el marco de la red viaria romana y de los afloramientos mármóreos potenciales (fuente: UEA-ICAC)

Figure 12. Location of the city of Complutum (Alcalá de Henares, Madrid) within the framework of the Roman road network and potential marble outcrops (source: UEA-ICAC)

de la arquitectura complutense sobre una sólida base analítica que ha permitido identificar la presencia de placas de revestimiento y elementos moldurados realizados en mármoles blancos y/o grises procedentes del Anticlinal de Estremoz (muestras CMP-1281, 1282 y 1283) (figura 2. 12-14) y placas de revestimiento para las que se utilizaron mármoles de la provincia de Toledo (CMP-1284), descartándose una identificación inicial realizada por observación macroscópica y que proponía un origen pirenaico (Saint-Béat) para este último tipo. El mármol blanco y gris del Anticlinal de Estremoz parece haber sido el empleado también como soporte epigráfico, si bien este término no tiene refrendo analítico al no proceder la muestra analizada de una inscripción sino de una placa de revestimiento cuyo mármol presenta las mismas características macroscópicas que soportes epigráficos (Tipo 2).

Los mármoles blancos y/o grises, de origen hispano como hemos demostrado, fueron el material mayoritariamente utilizado (65,7 % de las piezas y fragmentos revisados) en la decoración de los edificios públicos y domésticos documentados en la ciudad durante el gran programa de renovación urbanística que protagoniza la urbe en los siglos III y IV d. C. Los programas decorativos se realizaron, por tanto, a partir de una reducida gama cromática basada en el blanco y gris obtenido del mármol y el morado y amarillo que proporcionó el uso, también muy destacado (32,6 % de las piezas y fragmentos documentados) de las calizas de Espejón (Soria) (figura 2.8-11), material constatado en *crustae*, placas de revestimiento y elementos moldurados. A estos materiales se sumaron, de forma residual, otros *marmora* de ámbito hispano como la caliza de Buixcarró (figura 2. 6-7), calizas blancas, negras y rosadas y pizarras. También de forma muy residual llegaron a la ciudad *marmora* de ámbito mediterráneo como demuestra la presencia de pequeñas *crustae* parietales elaboradas en *giallo antico* (figura 2. 2-3), *portasanta* (figura 2.5), *africano* (figura 2.4) y alabastro *cotognino* (figura 2.1).

El estudio abordado sobre el *marmor* de *Complutum* parece confirmar que, a pesar de su estratégica situación en el centro peninsular y en el nudo de las comunicaciones terrestres que conectaban Levante con el interior de *Hispania*, la ciudad no estaba incluida en las redes de distribución de los materiales

lapídeos mediterráneos y recurrió al uso mayoritario de los recursos lapídeos ibéricos (figura 12). Esta circunstancia contrasta con el uso masivo de *marmora* mediterráneos en contextos tardorromanos del interior de la península como las *villae* de Carranque (Toledo) (García-Entero y Vidal, 2012; García-Entero *et alii*, 2021), Noheda (Cuenca) (Valero *et alii*, 2015; Valero y Valverde, 2021) o Las Pizarras (Coca, Segovia) (Pérez González *et alii*, 2012) por citar los conjuntos más destacados.

Agradecimientos

Este trabajo se inscribe en el proyecto de investigación “Arqueología e Historia de un paisaje de la piedra: la explotación del *marmor* de Espejón (Soria) y las formas de ocupación de su territorio desde la Antigüedad al siglo XX” (PGC2018-096854-B-I00) dirigido por V. García-Entero y en la línea “Canteras: estrategias, organización y técnicas de explotación” del proyecto (RYC-2017-22936) de A. Gutiérrez García-M. financiados por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades/AEI/FEDER, EU. El trabajo se inscribe en la producción científica de los Grupos de Investigación “Paisajes, arquitecturas y cultura material en la Iberia antigua. IBERIARQ-UNED” y “Arqueometría y Producciones Artísticas. ArPA” del Grupo 2017 SGR 00970 MIRMED-GIAC del ICAC. Queremos agradecer a S. Rascón Marques, jefe del Servicio de Arqueología del Ayuntamiento de Alcalá de Henares (Madrid) y a los conservadores del Museo Arqueológico Regional de la CAM, por las facilidades dadas para revisar el material lapídeo procedente de las excavaciones en *Complutum* custodiado en instalaciones del TEAR y en los almacenes del MAR respectivamente. Agradecemos a S. Rascón por facilitarnos y permitirnos la toma de muestras.

Bibliografía

Àlvarez, A., Domènech, A., Lapuente, P., Pitarch, A. y Royo, H. (2009): *Marbles and Stones of Hispania*. ICAC. Tarragona.

- Antonelli, F. y Lazzarini, L. (2015): "An updated petrographic and isotopic reference database for white marbles used in Antiquity". En L. Maritan, G. Barone, M. Benvenuti (eds.): *Archaeometry and Cultural Heritage: contributions of Geosciences*. Rendiconti Lincei, 26 (4): 399-413.
- Attanasio, D., Brillì, M. y Ogle, N. (2006): *The isotopic signature of classical marbles*. Rome.
- Attanasio, D., Bruno, M. y Yavuz, A.B. (2009): "Quarries in the region of Aphrodisias: the Black and White marbles of Göktepe (Muğla)". *Journal of Roman Archaeology*, 22: 312-348.
- Attanasio, D., Bruno, M., Prochaska, W. y Yavuz, A.B. (2015): "A Multi-Method Database of the Black and White Marbles of Göktepe (Aphrodisias), including isotopic, EPR, trace and petrographic data". *Archaeometry*, 57: 217-245.
- Barbin, V., Ramseyer, K., Decrouez, D. y Herb, D. (1989): "Marbres blancs: caractérisation par cathodoluminescence". *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 308, série II: 861-866.
- Barbin, V., Ramseyer, K., Decrouez D., Burns S.J., Chamay J. y Maier J.L. (1992): "Cathodoluminescence of white marbles: an overview". *Archaeometry*, 34: 175-183.
- Blanc, Ph., Lapuente, M.P. y Gutiérrez García-M, A. (2020): "A new database of the quantitative cathodoluminescence of the main quarry marbles used in antiquity". *Minerals*, 10: 381.
- Brillì, M., Giustini, F., Conte, A.M., Lapuente, P., Quarta, G., Royo, H., Scardozzi, G. y Belardi, G. (2015): "Petrography, geochemistry, and cathodoluminescence of ancient white marble from quarries in the southern Phrygia and northern Caria regions of Turkey: Considerations on provenance discrimination". *Journal of Archaeological Science, Reports*, 4: 124-142.
- Brillì M., Lapuente, P., Giustini, F. y Royo, H. (2018): "Petrography and mineralogy of the white marble and black stone of Göktepe (Muğla, Turkey) used in antiquity: New data for provenance determination". *Journal of Archaeological Science, Reports*, 19: 625-642. <<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.03.037>>.
- Burkhard, M. (1993): "Calcite twins, their geometry, appearance and significance as stress-strain markers and indicators of tectonic regime: A review". *Journal of Structural Geology*, 15: 351-368.
- Capedri, S., Venturelli, G. y Photiades, A. (2004): "Accessory minerals and $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ of marbles from the Mediterranean area". *Journal of Cultural Heritage*, 5: 27-47.
- De Mesa Gárate, A. (2013): *Los marmora de Toletum: estudio de los granitos y calizas del centro peninsular empleados en la ciudad romana y tardoantigua de Toledo*. Tesis inédita. Universitat Rovira i Virgili.
- Durán Cabello, R. (1998): "La arquitectura pública en *Complutum*: elementos decorativos y materiales constructivos". En S. Rascón Marqués (ed.): *Complutum. Roma en el interior de la Península Ibérica*. Alcalá de Henares: 94-105.
- EGEO (1992): Mapa geológico de España escala 1:50000, 2ª serie, Hoja 601 (15-24). Navalcán.
- EGEO (1992): Mapa geológico de España escala 1:50000, 2ª serie, Hoja 601 (15-24). Navalcán. Memoria asociada.
- EGEO (1992): Mapa geológico de España escala 1:50000, 2ª serie, Hoja 601 (15-24). Navalcán. Informe complementario de recursos naturales.
- ENADIMSA (1990): Mapa geológico de España escala 1:50000, 2ª serie, Hoja 657 (18-26). Sonseca.
- ENADIMSA (1990): Mapa geológico de España escala 1:50000, 2ª serie, Hoja 657 (18-26). Sonseca. Memoria asociada.
- ENADIMSA (1990): Mapa geológico de España escala 1:50000, 2ª serie, Hoja 657 (18-26). Sonseca. Informe complementario de recursos naturales.
- García-Entero, V. (2020): "Poniendo el *marmor Cluniensis* en el mapa de Hispania. El uso de la principal roca ornamental de color de procedencia Ibérica en el interior peninsular en época romana". En V. García-Entero, S. Vidal Álvarez, A., Gutiérrez García-M y Aranda González, R. (eds.): *Paisajes e Historias en torno a la piedra. La ocupación y explotación del territorio de la cantería y las estrategias de distribución, consumo y reutilización de los materiales lapídeos desde la Antigüedad*. Monografías Prehistoria y Arqueología UNED, 1. Madrid: 117-190. <<http://dx.doi.org/10.5944/monografias.prehistoria.arqueologia.2020>>.

- García-Entero, V. y Vidal Álvarez, S. (2012): "El uso del *marmor* en el yacimiento de Carranque (Toledo)". En V. García-Entero (ed.): *El marmor en Hispania. Explotación, uso y difusión en época romana*. UNED. Madrid: 135-153.
- García-Entero, V., Aranda González, R. y Vidal Álvarez, S. (2021): "The Late Roman Palatial Building (Late 4th–Early 5th centuries AD) of Carranque (Toledo, Spain) and the massive use of mediterranean — but not only — marmora". En V. Ruppinié (ed.): *Stone and Splendor. Interior decorations in the Late Antique Palaces and Villas*. Forschungen zu spätromischen Residenzen, 1: 195-203.
- Gorgoni, C., Lazzarini, L., Pallante, P. y Turi, B. (2002): "An updated and detailed mineropetrographic and C-O stable isotopic reference database for the main Mediterranean marbles used in antiquity". En J. Herrmann, N. Herz y R. Newman (eds.): *Interdisciplinary Studies on Ancient Stone, Proceedings of the V ASMOSIA Conference* (Boston, 1998). London: 110-131.
- Gutiérrez García-M., A., Royo Plumed, H., González Soutelo, S., Savin, M.C., Lapuente, P. y Chapoulie, R. (2016): "The marble of O Incio (Galicia, Spain): Quarries and first archaeometric characterisation of a material used since Roman times". *Archeosciences, revue d'archéométrie*, 40: 103-117.
- IGME (2000): Mapa geológico de España escala 1:50000, 2ª serie, Hoja 712 (19-28). Madrideojos.
- IGME (2000): Mapa geológico de España escala 1:50000, 2ª serie, Hoja 712 (19-28). Madrideojos. Memoria asociada.
- IGME (1990): Mapa geológico de España escala 1:50000, 2ª serie, Hoja 658 (19-26). Mora.
- IGME (1990): Mapa geológico de España escala 1:50000, 2ª serie, Hoja 658 (19-26). Mora. Memoria asociada.
- IGME (1990): Mapa geológico de España escala 1:50000, 2ª serie, Hoja 658 (19-26). Mora. Informe complementario de recursos naturales.
- Lapuente, P. (1995): "Mineralogical, petrographical and geochemical characterization of white marbles from Hispania". En Y. Maniatis, N. Herz y Y. Basiakos (eds.): *The study of marble and other stones used in antiquity: Asmosia III Athens, transactions of the 3. International Symposium of the Association for the Study of Marble and Other Stones Used in Antiquity*. London: 151-160.
- Lapuente, P. (2018): "Analíticas marmóreas: Actualización de las variedades escultóricas de Villa Adriana". En P. León y T. Nogales (eds.): *Villa Adriana. Escultura de los almacenes*. Hispania Antigua, Serie Arqueológica, 9. Roma: 401-416.
- Lapuente, P. (2019): "Arqueometría para la determinación del origen de materiales". *Espacios de Canteras Históricas*. Capítulo 2. Serie Recursos Minerales, 10: 19-26.
- Lapuente, P. (2022): "El Pirineo, una fuente principal de mármol en el occidente romano". En D. Gorostidi y A. Gutiérrez García-M. (eds.): *Tituli-Imagines-Marmora. Materia y prestigio en mármol. Homenaje a Isabel Rodá de Llanza*. Anejos de AEspA, XCV. CSIC. Madrid: 409-429.
- Lapuente, P. y Álvarez, A. (2012): "Métodos para la identificación de los mármoles". En V. García-Entero (ed.): *El marmor en Hispania: explotación, uso y difusión en época romana*. UNED. Madrid: 73-90.
- Lapuente, P., Álvarez, A. y Royo, H. (2014): "Métodos analíticos en el estudio del mármol estatuario. ¿Es local o importado?". En J.M. Álvarez, T. Nogales e I. Rodà (eds.): *Actas del XVIII Congreso Internacional de Arqueología Clásica*. Mérida (mayo 2013): 73-76.
- Lapuente, P. y Blanc, Ph. (2002): "Marbles from Hispania. Scientific approach based on cathodoluminescence". En J. Herrmann, N. Herz y R. Newman (eds.): *Interdisciplinary Studies on Ancient Stone, Proceedings of the V ASMOSIA Conference* (Boston, 1998). London: 143-151.
- Lapuente, M.P., Cuchí Oterino, J.A., Blanc Ph, y Brilli, M. (2021): "Louvie-Soubiron Marble: Heritage Stone in the French Pyrenean Ossau Valley. First Evidence of the Roman Trans-Pyrenean Use". *Geoheritage*, 13: 17.
- Lapuente, P., León, P., Nogales, T., Royo, H., Preite-Martínez, M. y Blanc, Ph. (2012): "White sculptural materials from Villa Adriana: study of provenance". En A. Gutiérrez García-M., P. Lapuente e I. Rodà (eds.): *Interdisciplinary Studies on Ancient Stone. Proceedings of the IX ASMOSIA Conference* (Tarragona 2009). ICAC. Tarragona: 364-375.

- Lapuente, P., Nogales, T., Royo, H. y Brilli, M. (2014): "White marble sculptures from the National Museum of Roman Art (Mérida, Spain): sources of local and imported marbles". *European Journal of Mineralogy*, 26: 333-354.
- Lapuente, P., Nogales, T., Royo, H., Brilli, M. y Savin, M.-C. (2018): "Grey and greyish banded marbles from the Estremoz Anticline in Lusitania". En D. Matetić Poljak, K. Marasović (eds.): *Interdisciplinary Studies on Ancient Stone. Proceedings of the XI ASMOSIA Conference* (Split 2015). Split: 367-375.
- Lapuente, P., Preite Martínez, M., Turi, B. y Blanc, Ph. (2002): "Characterization of dolomitic marbles from the Malaga province (Spain)". En J. Herrmann, N. Herz, R. Newman (eds.): *Interdisciplinary Studies on Ancient Stone, Proceedings of the V ASMOSIA Conference* (Boston, 1998). Boston: 152-162.
- Lapuente, P. y Royo, H. (2016): "Cathodoluminescence for the characterization of ancient marble. Problems and research perspective". En T. Ismaelli y G. Scardozzi (eds.): *Ancient Quarries and Building Sites in Asia Minor. Research on Hierapolis in Phrygia and Other Cities in South-Western Anatolia: Archaeology. Archaeometry. Conservation*. Bari: 541-548.
- Lapuente, P. y Turi, B. (1995): "Marbles from Portugal: petrographic and isotopic characterization". *Science and technology for cultural heritage. Journal of the Comitato nazionale per la scienza e la tecnologia dei beni culturali*, 4: 33-42.
- Lapuente, P., Turi, B. y Blanc, Ph. (2000): "Marbles from Roman Hispania: stable isotope and cathodoluminescence characterization". *Applied Geochemistry*, 15: 1469-1493.
- Larruga y Boneta, F. (1789): *Memorias políticas y económicas sobre los frutos, comercio y fábricas y Minas de España*. Madrid.
- López de Azcona, M., Fort González, R.F. y Mingarro Martín, F. (2002): "La conservación de los materiales pétreos en la Fuente de Cibeles, Madrid (España)". *Conservation of the stone in Cibeles Fountain, Madrid (Spain)*. *Materiales de Construcción*, 52: 65.
- Origlia, F., Gliozzo, F., Meccheri, M., Spangenberg, J.E., Memmi, I.T. y Papi, E. (2011): "Mineralogical, petrographic and geochemical characterisation of white and coloured Iberian marbles in the context of the provenancing of some artefacts from Thamusia (Kenitra, Morocco)". *European Journal of Mineralogy*, 23: 657-869.
- Pérez González, C., Reyes Hurtado, O., Rodà, I., Álvarez, A., Gutiérrez Garcia-M., A., Domènech, A. y Royo, H. (2012): "Use of *Marmora* in the ornamental program of Las Pizarras Roman site (ancient *Cauca*, Segovia, Spain)". En A. Gutiérrez Garcia-M., P. Lapuente e I. Rodà (eds.): *Interdisciplinary Studies on Ancient Stone Proceedings of the IX ASMOSIA Conference* (Tarragona, 2009). ICAC. Tarragona: 151-160.
- Rascón Marques, S. (1995): *La ciudad hispanorromana de Complutum*. Cuadernos del Juncal, 2. Alcalá de Henares.
- Rascón Marques, S. (ed.) (1998): *Complutum. Roma en el interior de la península ibérica*. Guadalajara.
- Rascón Marques, S. y Sánchez Montes, A.L. (2014): "Complutum: de la ciudad clásica a la destruida a través de 700 años de historia". En D. Vaquerizo, A.A. Garriguet y A. León (eds.): *Ciudad y territorio: transformaciones materiales e ideológicas entre la época clásica y el Altomedioevo*. Monografías de Arqueología Cordobesa, 20: 309-324.
- Rascón Marques, S. y Sánchez Montes, A.L. (2015): "Complutum: modelo urbanístico para una ciudad romana privilegiada en los siglos III-V". En L. Brassous y A. Quevedo (eds.): *Urbanisme civique en temps de crise. Les espaces publics d'Hispanie et d'Occident romain entre les II^e et IV^e s. CCV*, 149. Madrid: 199-220.
- Rascón Marques, S. y Sánchez Montes, A.L. (2017): "La ciudad romana de Complutum: nuevos datos, nuevas interpretaciones". *Zona arqueológica*, 20 (1). Ejemplar dedicado a: *Vides monumenta veterum: Madrid y su entorno en época romana*. Madrid: 127-143.
- Sánchez Montes, A.L. (2017): *La casa urbana privada en la ciudad romana de Complutum*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.

- Rascón Marques, S., Vallés Iriso, J., Sánchez Montes, A.L., Ortiz Nieto-Márquez, I. y Herranz Rodrigo, D. (2023): “Nueva información sobre el urbanismo de la ciudad romana de *Complutum* a partir de los últimos estudios geofísicos: las prospecciones de 2020 y 2021”. *Anas*, 36: 145-165.
- Savin, M.-C. (2021): *Exploitation et usage du marbre sur le territoire galicien de l'époque romaine à l'achèvement de la cathédrale de Saint-Jacques-de-Compostelle (I^{er}-XIII^e siècles p.C.)*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Zaragoza – Université Bordeaux Montaigne.
- Urbina, D., Sánchez, A., Lombardero, M. y Regueiro, M. (1997): “Mármoles romanos y canteras en Talavera de la Reina”. *Zephyrus*, 50: 73-287.
- Valero Tévar, M.Á. y Valverde Gascueña, N. (2021): “Datos preliminares sobre el aprovisionamiento y gestión del *marmor* en la *villa* romana de Noheda (Cuenca)”. *Oppidum. Cuadernos de Investigación*, 17: 191-212.
- Valero Tévar, M.Á., Gutiérrez Garcia-M., A. y Rodà, I. (2015): “First preliminary results on the *marmor* of the Late Roman *villa* of Noheda (Cuenca, Spain)”. En P. Pensabene y M. Gasparini (eds.): *Interdisciplinary Studies on Ancient Stone. ASMOSIA X*. Rome: 393-401.
- Veizer J. y Hoefs J. (1976): “The Nature of ¹⁸O/¹⁶O and ¹³C/¹²C secular trends in sedimentary carbonate rocks”. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 40: 1387-1395.
- Wielgosz-Rondolino, D., Antonelli, F., Bojanowski, M.J., Gładki, M., Göncüoğlu, M.C. y Lazzarini, L. (2020): “Improved methodology for identification of Göktepe white marble and the understanding of its use: A comparison with Carrara marble”. *Journal of Archaeological Science*, 113: 105059.

