

## LA CALIZA DE ESPEJÓN (SORIA, ESPAÑA). CARACTERIZACIÓN ARQUEOMÉTRICA\*

## THE ESPEJÓN LIMESTONE (SORIA, SPAIN). ARCHAEOMETRIC CHARACTERIZATION.

**Virginia García-Entero\*\***

Departamento de Prehistoria y Arqueología UNED (Madrid).

**Anna Gutiérrez García-M.\*\*\***

Institut de Recherche sur les Archéomatériaux (IRAMAT)- Centre de Recherches Physiques Appliquées à l'Archéologie (CRP2A), UMR 5060 CNRS - Université de Bordeaux-Montaigne.

**Hernando Royo Plumed**

Unitat d'Estudis Arqueomètrics. Institut Català d'Arqueologia Clàssica (Tarragona)

**Sergio Vidal Álvarez\*\*\*\***

Departamento de Antigüedades Medievales. Museo Arqueológico Nacional (Madrid).

### RESUMEN

Presentamos los primeros resultados de la caracterización arqueométrica realizada a cuatro variedades litológicas de caliza de Espejón (Soria) utilizadas en época romana. Se han llevado a cabo análisis petrográficos de microscopía óptica de luz polarizada (MO), catodoluminiscencia (CL), espectrometría de energía dispersiva de rayos X (EDX) y espectrometría de masas de relaciones isotópicas estables de carbono y oxígeno ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{18}\text{O}$ ) (IRMS) a muestras recogidas en cantera. Los resultados constituyen la base de referencia de estas calizas, imprescindible para llevar a cabo las comparaciones con materiales arqueológicos con el fin de determinar los usos y difusión de estas calizas en la *Hispania* romana.

**Palabras Clave:** Calizas Espejón, caracterización arqueométrica, catodoluminiscencia (CL), microscopía óptica de luz polarizada (MO), espectrometría de energía dispersiva de rayos X (EDX) y espectrometría de masas de relaciones isotópicas estables de carbono y oxígeno ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{18}\text{O}$ ) (IRMS).

### ABSTRACT

This paper presents the first results of the archaeometric characterization of four lithological varieties of Espejón limestone, outcropping on the province of Soria and used in Roman times. Petrographic analysis (optical transmitted light microscopy –OM–), cathodoluminescence (CL), spectrometry energy dispersive X-ray (EDX) and mass spectrometry of stable isotope ratios of carbon and oxygen ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{18}\text{O}$ ) (IRMS) have been carried out on samples collected from quarries. The results form the basis of the reference core of these limestones, which will be subsequently used for future comparisons with archaeological items in order to determine the use and distribution of these limestones in Roman Hispania.

**Key words:** Espejón limestone, archaeometric characterization, petrography (optical transmitted light microscopy -OM-), cathodoluminescence -CL, spectrometry energy dispersive X-ray (EDX) and mass spectrometry of stable isotope ratios of carbon and oxygen ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{18}\text{O}$ ) (IRMS).

\* Este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación I+D+i "Marmora Hispaniae: Explotación, uso y difusión de la caliza de Espejón en época romana y tardoantigua" (HAR2013-4497P) dirigido por V. García-Entero. El trabajo ha sido realizado en colaboración con el proyecto de investigación *Lapides et marmora Hispaniae: exploitation, usages et distribution des ressources lithiques de Espagne romaine* del LabEx Sciences Archéologiques de Bordeaux (programa financiado por la ANR - n°ANR-10-LABX-52) dirigido por A. Gutiérrez García-M.

\*\* vgarciaentero@geo.uned.es

\*\*\* anna.gutierrez@u-bordeaux-montaigne.fr

\*\*\*\* sergio.vidal@mecd.es

## 1. INTRODUCCIÓN. LAS CALIZAS DE ESPEJÓN EN LA HISPANIA ROMANA: USOS Y DIFUSIÓN.

Presentamos los primeros resultados del proyecto de investigación *Marmora Hispaniae. Explotación, uso y difusión de la caliza de Espejón (Soria) en la Hispania romana y tardoantigua* que pretende profundizar en el conocimiento de la explotación, usos y difusión de las calizas de Espejón (Soria) en época romana en la Península Ibérica partiendo de la información arqueológica. Atendiendo a la utilización de la caliza de Espejón con fines ornamentales en tiempos históricos, conocemos bien su empleo desde el siglo XVI en el programa decorativo de edificios como el Monasterio de El Escorial y, muy especialmente, de algunos erigidos a partir del siglo XVIII por la dinastía borbónica (Palacio Real de Madrid, Reales Sitios, etc.) y que, junto al mobiliario que acompañó estos espacios (chimeneas, consolas, etc.), contribuyeron al prestigio de la nueva monarquía. Es en este contexto en el que se inicia una explotación sistemática de las canteras de caliza de Espejón y San Jerónimo de Espeja que será masivamente empleada en la decoración interior de edificios construidos durante los siglos XVIII-XIX al amparo de la monarquía (Tárraga Baldó, 1999, 2002 y 2009; Frías, 2005). Muy inferior es, sin embargo, el conocimiento que hoy tenemos sobre la explotación, usos y difusión de las calizas de Espejón en época romana en Hispania<sup>1</sup>. Su presencia en varios edificios de la ciudad de *Clunia* (Peñalba de Castro, Burgos) (Palol, 1994; Gutiérrez Behemerid, 2003 y 2004), hizo que durante algún tiempo este material lapídeo apareciera exclusivamente vinculado con el programa monumental de esta ciudad distante apenas una decena de kilómetros del área de extracción,

siendo considerado un *marmor* local de poco recorrido más allá de la capital del *conventus Cluniensis* (Cisneros, 1988 y 1997; Pérez Olmedo, 1996). Las variedades cromáticas de esta caliza, en las que el amarillo es muy abundante, han llevado a algunos autores a considerarla como un material de sustitución de *marmora* importados como el *giallo antico* (Cisneros, 1997 y 2012). No obstante, excavaciones llevadas a cabo en los últimos años y la revisión de materiales lapídeos exhumados en intervenciones antiguas, han supuesto un importante revulsivo en relación con el conocimiento del empleo de la caliza de Espejón en *Hispania* que permite afirmar que este material lapídeo parece constituirse como la roca ornamental más importante del interior peninsular en época romana. Su localización en la pavimentación de la fase augustea del foro de *Segobriga* (Cebrián, 2004 y 2012) permite no sólo conocer que el inicio de la explotación de esta caliza se produjo en época de Augusto, sino descartar ya en épocas tan tempranas su utilización como un *marmor* vinculado exclusivamente con el programa ornamental de *Clunia*. Esta realidad se ve confirmada por la presencia del *marmor* de Espejón en la Basílica de *Complutum* (Alcalá de Henares, Madrid) (Durán, 1998) y en diferentes edificios de *Asturica Augusta* (Astorga, León) (Sevillano & Vidal, 2002; Cisneros *et alii*, 2011). También en ámbito urbano, se ha identificado muy recientemente su presencia en *Legio* (León), en un *labrum* quizás vinculado con una de las termas públicas de la ciudad (Morillo & Salido, 2010) y, ya en el siglo V d.C., en una repavimentación del teatro de *Caesaraugusta* (Cisneros, 2012). Esta caliza formó también parte de los programas decorativos de ámbito privado, tanto urbano (*Asturica Augusta*, *Uxama*, *Clunia*), como rural, como demuestra el masivo uso de *marmor* de Espejón en el edificio palacial tardo romano de Carranque (Toledo) (García-Entero & Vidal, 2007 y 2012) y en las *villae* de La Olmeda (Palencia), Los Villares (Quintana del Marco, León) y Cuevas de Soria (Dehesa de Soria,

1 Apenas existen trabajos dedicados al uso de estas calizas en época romana. Cabe destacar un estudio preliminar de M. Salán (2012) y un trabajo reciente centrado en el uso de calizas de Espejón en epigrafía (Rodríguez & Salido, 2014). Los primeros resultados de nuestra investigación han sido presentados en el XI congreso ASMOSIA celebrado en Split en mayo de 2015 (García-Entero, Gutiérrez García-M. & Vidal Álvarez, 2015 e.p.).

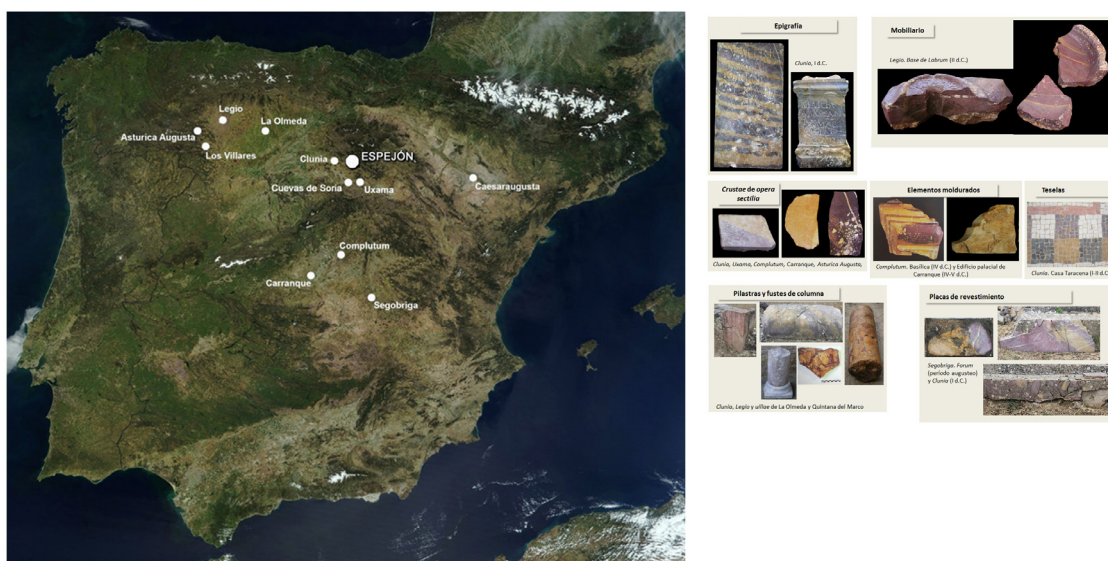


Figura 1- Mapa de la Península Ibérica con localización de los sitios arqueológicos en los que se ha identificado el uso de caliza de Espejón. Dcha.: Ejemplos atestiguados de los usos de las calizas de Espejón en época romana.

Soria) por citar tan sólo alguno de los casos a los que hemos tenido acceso<sup>2</sup>. Utilizadas, por tanto, desde época augustea hasta época tardorromana (siglos IV-V d.C.) en todo el interior peninsular, las calizas de Espejón sirvieron para la elaboración de soportes epigráficos, placas de revestimientos parietal y pavimental, *crustae de opera sectilia*, fustes de pilastra y columna, mobiliario y teselas (García-Entero *et alii*, 2015 e.p.) (Fig. 1).

## 2. LA CARACTERIZACIÓN ARQUEOMÉTRICA DE LAS CALIZAS DE ESPEJÓN<sup>3</sup>

Desde el punto de vista geológico, se trata de calizas cretácicas de gran variabilidad cuyos afloramientos son visibles en los actuales términos municipales de Espejón, Espeja de San

Marcelino y Cantalucia (Soria) donde hemos centrado nuestro muestreo<sup>4</sup>. Hasta el momento hemos identificado siete variedades (Tipos 1 a 7) sobre las que hemos comenzado un protocolo analítico multimétodo consistente en análisis petrográficos de microscopía óptica de luz polarizada (MO), catodoluminiscencia (CL), espectrometría dispersiva de rayos X (EDX) y espectrometría de masas de relaciones isotópicas estables de carbono y oxígeno ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{18}\text{O}$ ) (IRMS)<sup>5</sup>. Se trata de caracterizar arqueométricamente las variedades identificadas en origen como paso previo imprescindible para su posterior identificación entre los materiales arqueológicos objeto de estudio<sup>6</sup>.

<sup>4</sup> Véase Álvarez *et alii*, 2009: 54-59.

<sup>5</sup> Queremos indicar que hasta el momento este protocolo analítico se ha llevado a cabo sobre los tipos 1, 4, 5 y 7 cuyos resultados son objeto de esta publicación, quedando pendientes de realizar los análisis a los tipos 2, 3 y 6. Los análisis de EDX y IRMS se realizaron en Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria del CNR (Roma).

<sup>6</sup> Especialmente significativa nos parece la caracterización arqueométrica del tipo 5, que presenta gran parecido macroscópico con la breccia policroma dei Caetani (de procedencia desconocida) y la brecha da Arrábida (Setúbal, Portugal) profusamente utilizadas en la decoración de edificios históricos.

<sup>2</sup> Queremos hacer hincapié en la ausencia de caliza de Espejón entre los materiales lapídeos empleados en la decoración de los distintos espacios de la villa de Nohe-da (Cuenca) como hemos tenido ocasión de comprobar tras la revisión de la totalidad del *marmor* localizado hasta 2015, a pesar de que algunos autores así lo han indicado (Rodríguez & Salido, 2014: 639).

<sup>3</sup> Los análisis de las muestras tomadas han sido realizados en la Unitat d'Estudis Arqueomètrics del Institut Català d'Arqueologia Clàssica (Tarragona).

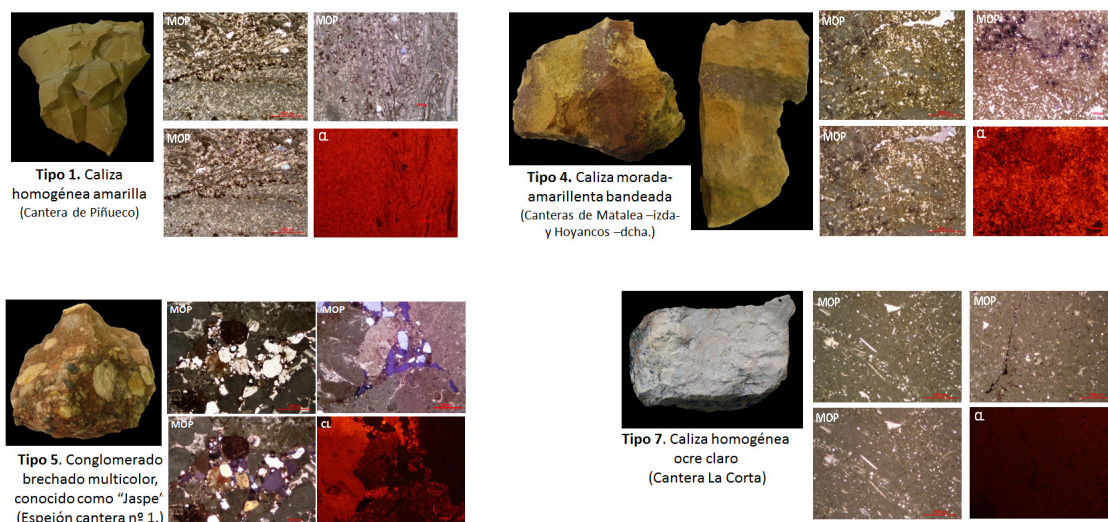


Figura 2- Muestras y Microfotografías de Microscopía óptica de luz polarizada y catodoluminiscencia

**Tipo 1.** Caliza homogénea amarilla (Muestra ESP7076. Cantera de Piñueco) (Fig. 2).

MO: Caliza micrítica bandeada. Bandas pelmicríticas (Folk, 1959 y 1962) de tonalidades ocre y amarillentas (micropackstone) y bandas biopeloides de tonos marrones (grainstone, según Dunham, 1962). Las bandas de tonos claros son homogéneas con componentes aloquímicos de tamaño de grano muy fino, o micropeloides que destacan sobre la matriz micrítica por su mayor contenido en óxidos de hierro. Contiene además microfósiles de difícil identificación por su escaso tamaño pero llegan a identificarse por su forma de pequeñas conchas bivalvas y muy escasos microforaminíferos, ambos con envuelta de micrita y rellenos de microesparita. Estos componentes de bioclastos destacan sobre el barro micrítico que se presenta parcialmente recrystalizado a microesparita. Se presentan óxidos de hierro concentrados en algunas zonas de forma irregular. En las bandas de tonos marrones predominan los bioclastos sobre otros componentes aloquímicos (peloides e intraclastos algunos con

microfósiles incluidos). Estos componentes esqueléticos tienen formas alargadas y se encuentran orientados subparalelamente entre sí, propiciando una laminación muy marcada visible incluso a escala visual. Entre ellos se diferencian fragmentos algales y de foraminíferos tipo orbitolínidos, característicos por su morfología en forma de disco-planar. Los bioclastos se encuentran casi totalmente micritizados y con una envuelta externa de óxidos de hierro. Los peloides y escasos intraclastos muestran también el mismo tipo de envuelta. El cemento de estas zonas laminadas es de calcita tamaño esparita. La fracción detrítica está compuesta por cuarzo monocristalino, especialmente en las bandas donde predominan los fragmentos fósiles. Sus características de contornos angulosos indican su carácter mecánico con escaso transporte y tamaños semejantes a los bioclastos con una marcada selección. El conjunto se encuentra atravesado por microgrietas irregulares subperpendiculares al sedimento. Estas grietas se presentan rellenas por esparita de mayor desarrollo que el cemento, que ha precipitado además sellando la porosidad de distribución irregular. En

ambos tipos de porosidad se concentran óxidos de hierro en las paredes.

CL: Se observan diferentes intensidades de luminiscencia en rojo oscuro a rojo anaranjado en función del contenido ferruginoso. La esparita intraparticular presenta una luminiscencia naranja extremadamente intensa.

**Tipo 4.** Caliza morada-amarillenta bandeada (Muestras ESP7077 y ESP7078. Canteras de Matalea y Hoyancos). (Fig. 2)

MO: Caliza granulosa bandeada bicolor, con zonas amarillentas y zonas rojizo-violáceas. Según la clasificación de Folk (1959 y 1962) se trata de una pelesparita, y según Dunham (1962) se trata de un grainstone. La diferencia de color se debe a la distinta concentración de óxidos de hierro que envuelven a los componentes aloquímicos de la roca y a la presencia de minerales opacos accesorios. Los componentes aloquímicos están integrados por peloides micríticos muy homogéneos de tamaño en torno a las 100 micras, con secciones circulares o ligeramente elípticas. Presenta en un porcentaje minoritario restos esqueléticos de fósiles de pequeñas dimensiones (fragmentos de conchas de difícil identificación). No se observa porosidad abierta. La porosidad (tanto interpartícula como secundaria) está rellena de cemento calcítico esparítico. La porosidad original del sedimento se ha visto reducida también por compactación que se observa por los contactos largos entre los granos. CL: Su respuesta luminiscente es muy similar a la del tipo 1.

**Tipo 5.** Conglomerado brechado multicolor, "Jaspe" (Muestra ESP7079. Espejón cantera nº 1). (Fig. 2)

MO: Brecha-conglomerado polimítico de cantos centimétricos de coloración variada (multicolor) en tonos claros ocre, amarillos y grises, junto a otros más oscuros rojizos, marrones y grises, envueltos en una escasa matriz rojiza. Ocasionalmente la compactación del sedimento ha conducido a una ligera interpenetración

de los clastos, con contactos largos. La roca puede clasificarse como conglomerado grano sostenido (Boggs, 1992), por la muy limitada cantidad de matriz micrítica entre sus clastos, de bordes mayormente subredondeados. Éstos tienen una naturaleza carbonatada de distinta litología con una cantidad variada de óxidos de hierro. Desde el punto de vista de la clasificación, contiene una amplia variedad de fragmentos líticos entre los que destacan, según las clasificaciones de Folk (1959, 1962) y Dunham (1962), respectivamente, las siguientes: micrita o mudstone, micrita fosilífera (biomicrita) o mudstone con <10 % de bioclastos, ooesparita o grainstone oolítico, intraesparita o grainstone de intraclastos, micrita con peloides o wackestone. Contiene terrígenos de cuarzo monocristalino de bordes subredondeados y subangulosos. El esqueleto está trabado por un cemento esparítico. El conjunto ha sufrido una compactación importante, observándose bajo el microscopio, los efectos de procesos de disolución por presión, con los consiguientes contactos suturados a muy suturados entre los granos. CL: Su luminiscencia es altamente heterogénea, en función de los distintos componentes de la roca. La matriz ferruginosa presenta una luminiscencia naranja de alta intensidad, mientras que la de los distintos fragmentos de rocas carbonatadas tiene una intensidad muy variable y coloración desde rojo oscuro a anaranjado en función de su contenido en hierro. No se observa respuesta luminiscente (o muy débil) en el cuarzo y la turmalina

**Tipo 7.** Caliza homogénea ocre claro (Muestra ESP7081. Cantera La Corta). (Fig. 2)

MO: Caliza homogénea micrítica de tono ocre claro. Se trata de una biomicrita (Folk, 1959 y 1962) o wackestone (Dunham, 1962). El contenido de aloquímicos es moderadamente bajo, pero >10%. Contiene, entre los bioclastos de mayor tamaño, especialmente fragmentos esqueléticos de algas, gasterópodos, conchas de bivalvos,

algunas muy finas o filamentosas y posibles placas de equinodermos, junto con microforaminíferos variados, microespinas circulares de equinoideos. Son muy escasos los intraclastos carbonatados. La matriz micrítica con óxidos de hierro dispersos, es dominante,

pero de forma parcheada contiene res cristalizaciones de microesparita. La fracción de cuarzos terrígenos es poco significativa, en cantidad y tamaño. No muestra porosidad abierta y son características las superficies estilolíticas donde se acumulan óxidos de hierro.

Tabla 1- Análisis químico puntual de los componentes carbonatados y los minerales accesorios distinguidos microscópicamente en cada una de las muestras consideradas para cada tipo de roca definido visualmente. Cal: calcita, Ox (Fe): óxido de hierro, Qtz: cuarzo, Tur: turmalina. []: mineral enmascarado por otros adyacentes mayoritarios (calcita)

| TIPO 1 (ESP-7076)                    | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO | MgO | CaO   | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O |
|--------------------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-------|-------------------|------------------|
| 1 Cal (matriz micrítica)             | 0,0              |                  | 0,0                            |                                |     | 0,0 | 100,0 |                   |                  |
| 2 Cal (orbitolínido)                 | 0,0              |                  |                                |                                |     |     | 100,0 |                   |                  |
| 3 [Ox(Fe)]                           | 10,0             |                  | 4,3                            | 11,8                           |     | 3,6 | 70,3  |                   |                  |
| 4 Qtz                                | 100,0            |                  |                                |                                |     |     | 0,0   |                   |                  |
| 5 Tur                                | 43,2             | 0,4              | 19,9                           | 2,5                            |     | 7,8 | 24,2  | 2,1               |                  |
| TIPO 4 (ESP-7078)                    | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO | MgO | CaO   | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O |
| 1 Cal (matriz micrítica)             | 0,0              |                  | 0,0                            | 0,0                            |     | 0,0 | 100,0 |                   |                  |
| 2 Cal (micropeloide)                 | 0,0              |                  | 0,0                            | 0,0                            |     | 0,0 | 100,0 | 0,0               |                  |
| 3 Cal + Ox(Fe)<br>(micropeloide ox.) | 4,2              |                  | 1,5                            | 5,4                            |     |     | 89,0  |                   |                  |
| 4 Cal + Ox(Fe)<br>(micropeloide ox.) | 5,5              |                  |                                | 3,7                            |     |     | 90,9  |                   |                  |
| TIPO 4 (ESP-7077)                    | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO | MgO | CaO   | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O |
| 1 Cal (micropeloide)                 | 0,0              |                  |                                |                                |     |     | 100,0 |                   |                  |
| 2 Cal(micropeloide ox.)              | 0,0              |                  | 0,0                            | 0,0                            |     | 0,0 | 100,0 |                   |                  |
| 3 Cal (cemento esparítico)           | 0,0              |                  |                                |                                |     |     | 100,0 |                   |                  |
| 4 Cal (cemento esparítico)           | 0,0              |                  |                                |                                |     | 0,0 | 100,0 |                   |                  |
| TIPO 5 (ESP-7079)                    | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO | MgO | CaO   | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O |
| 1 Cal (matriz micrítica)             | 0,0              |                  |                                |                                |     |     | 100,0 |                   |                  |
| 2 Cal (matriz micrítica)             | 0,0              |                  | 0,0                            |                                |     |     | 100,0 |                   |                  |
| 3 Cal (matriz micrítica ox.)         | 0,0              |                  |                                | 0,0                            |     |     | 100,0 |                   |                  |
| 4 Cal (ooide)                        | 0,0              |                  |                                |                                |     |     | 100,0 |                   |                  |
| 5 Cal (cemento esparítico)           | 0,0              |                  |                                |                                |     |     | 100,0 |                   |                  |
| 6 Qtz                                | 100,0            |                  |                                |                                |     |     | 0,0   |                   |                  |
| 7 Qtz                                | 100,0            |                  |                                |                                |     |     | 0,0   |                   |                  |
| 8 Qtz                                | 100,0            |                  |                                |                                |     |     | 0,0   |                   |                  |
| 9 Tur                                | 51,9             | 0,6              | 21,3                           | 3,2                            |     | 7,7 | 13,2  | 2,1               |                  |
| TIPO 7 (ESP-7081)                    | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO | MgO | CaO   | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O |
| 1 Cal (matriz micrítica)             | 0,0              |                  | 0,0                            |                                |     | 0,0 | 100,0 |                   |                  |
| 2 Cal (matriz micrítica)             | 0,0              |                  | 0,0                            |                                |     |     | 100,0 |                   |                  |
| 3 Cal (relleno micrítico)            | 0,0              |                  |                                |                                |     |     | 100,0 |                   |                  |
| 4 Cal (bivalvo)                      | 0,0              |                  |                                |                                |     |     | 100,0 |                   |                  |

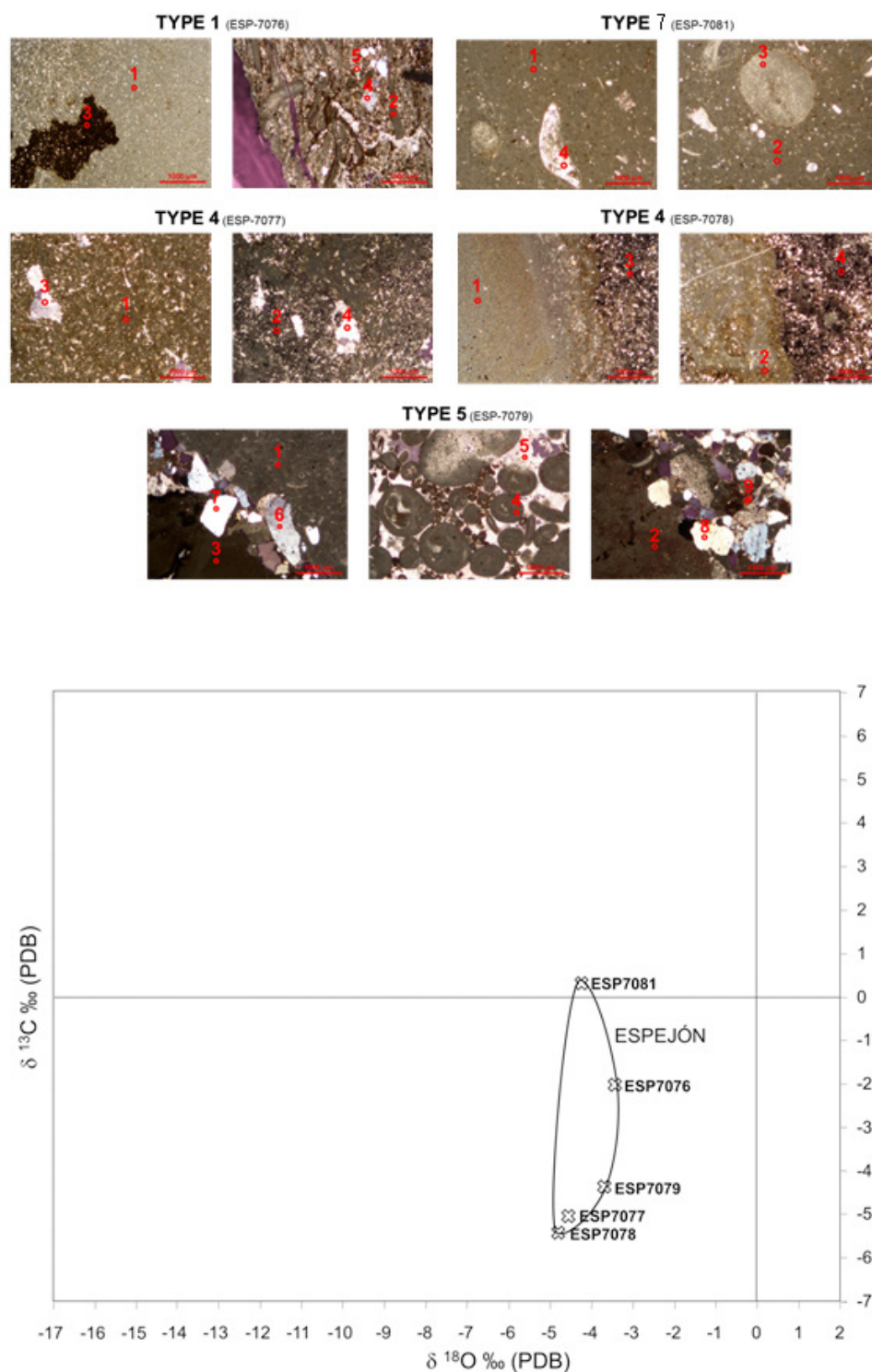


Figura 3- Arriba: Microfotografías de los componentes analizados con la situación exacta el punto medido, en cada uno de los litotipos. La numeración de los análisis se referencia en la tabla 1. Abajo: Gráfico de dispersión con los valores isotópicos  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{18}\text{O}$  (en ‰, PDB) de las muestras correspondientes a las fracciones micríticas amarillentas y clastos equivalentes en los tipos brechados. Propuesta inicial de campo de distribución general para los tipos de piedra de Espejón.

### Análisis de EDX<sup>7</sup>. (Fig. 3 y Tabla 1).

La composición calcítica de los Tipos 1, 4 (muestras ESP7077 y 7078), 5 y 7 ha sido corroborada con el análisis químico puntual de EDX. Son calizas con un bajo contenido de componentes no-carbonatados, generalmente inferior al 10%, sin superar el 30% incluso en el tipo 5, de mayor carácter detrítico (framework-supported conglomerate). Los minerales accesorios ratificados analíticamente se limitan a cuarzo y turmalina. El cuarzo es mineral accesorio común en este tipo de rocas. En cambio, la turmalina es menos común resultando más discriminante, aunque su presencia es en porcentajes muy minoritarios, siendo ratificada en los tipos 1 y 5 (Tabla 1). El aspecto del componente analizado con la situación exacta de punto analizado se muestra en la figura 3.

### Análisis de IRMS<sup>8</sup> (Fig. 3)

El rango de valores isotópicos obtenidos es relativamente amplio, especialmente en el caso de los valores de  $\delta^{13}\text{C}$ ,

preferentemente negativos. Sus relaciones isotópicas varían de -5,39 a 0,32 ‰ (PDB) para  $\delta^{13}\text{C}$  y de -4,81 a -3,44 ‰ (PDB) para  $\delta^{18}\text{O}$ . La capacidad discriminante de este método en esta litología está disminuida por falta de estudios isotópicos de referencia en otras piedras similares utilizadas en la Antigüedad. En efecto, su importancia radica en su futuro función de valores de referencia para futuras identificaciones de objetos u elementos arqueológicos elaborados en esta caliza.

### CONCLUSIONES

Hemos presentado los resultados de la caracterización arqueométrica realizada a cuatro variedades de caliza de Espejón (Soria) utilizadas en época romana, trabajo que constituye el inicio de un protocolo analítico que pretendemos extender al resto de variedades identificadas. Se trata de un protocolo analítico multimétodo en el que se ha abordado el análisis petrográfico de microscopía óptica de luz polarizada (MO), catodoluminiscencia (CL), espectrometría de energía dispersiva de rayos X (EDX) y espectrometría de masas de relaciones isotópicas estables de carbono y oxígeno ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{18}\text{O}$ ) (IRMS) a muestras recogidas en cantera. Estas referencias analíticas constituirán la base de referencia para las calizas de Espejón sobre las que se llevarán a cabo las comparaciones con materiales arqueológicos de época romana.

### BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, A., Domènech, A., Lapuente, P., Pitarch, À & Royo, H. 2009. *Marbles and stones of Hispania. Exhibition Catalogue*. Tarragona.
- Bogg, S. 1992. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Macmillan Publishing Co.
- Capedri, S., Venturelli, G. & 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.
- Cebrián, R. 2004. «El revestimiento marmóreo del Foro y los elementos arquitectónicos». En Ramallo, S., *La decoración arquitectónica en las ciudades romanas de Occidente*. Murcia, 244-249.
- Cebrián, R. 2012. «Mármoles coloreados de producción hispana utilizados en la decoración arquitectónica de edificios públicos en Segobriga (Saelices, Cuenca)». En Carrasco Serrano, G. (coord.), *La ciudad*

7 Se ha realizado un análisis EDX mediante un dispositivo de emisión de electrones con un detector EDX acoplado a un microscopio de luz polarizada (PLM) para corroborar indirectamente el tipo de carbonato en los diferentes componentes carbonatados de la roca y la naturaleza de los minerales accesorios presentes (Capedri *et alii*, 2004). Como estándar de referencia se utiliza una lámina de germanio (Ge) por la fiabilidad de su espectro. Las medidas se realizan excitando la muestra con un haz de electrones generado por un dispositivo de emisor de energía a 200  $\mu\text{A}$  de intensidad de corriente eléctrica y 18 kV de potencial eléctrico, en puntos de 50  $\mu\text{m}$  de diámetro. El dispositivo utilizado para el análisis EDX es un CITL CL8200 Mk5-1 con un detector de rayo X Amptek Axis SDD perteneciente a la Unitat d'Estudis Arqueomètrics del Institut Català d'Arqueologia Clàssica ICAC (Tarragona).

8 El estudio de las relaciones isotópicas estables de carbono y oxígeno ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{18}\text{O}$ ) se ha realizado mediante un espectrómetro de masas de relaciones isotópicas (IRMS) de acuerdo con el procedimiento habitual (McCrea, 1950, Craig, 1957), expresando los resultados en ‰ relativo al estándar de referencia internacional PDB. Ambas relaciones son las más comunes en los estudios de rocas carbonatadas. En esta propuesta inicial de un campo de distribución isotópico C-O se han utilizado conjuntamente todos los tipos de roca definidos. Las muestras medidas han sido tomadas de la fracción micrítica de tonalidad amarillenta o de los clastos equivalentes en los tipos brechados o conglomerados. IRMS FINNIGAN Gass Bench II perteneciente al Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria IGAG-CNR (Roma, Italia).

- romana en Castilla-La Mancha, Cuenca, 371-396.
- Cisneros, M. 1988. *Mármoles hispanos: su empleo en la España romana*. Zaragoza.
- Cisneros, M. 1997. «Mármoles de importación y mármoles de sustitución: su utilización en algunas ciudades hispanas». *Veleia*. 14, 195-203.
- Cisneros, M. 2012. «El uso del marmor en el valle del Ebro». En García-Entero, V. (ed.), *El marmor en Hispania. Explotación, uso y difusión en época romana*. Madrid, 115-134.
- Cisneros, M., Gisbert, J. & Somovilla, I. A., 2011. «El uso del mármol en la arquitectura de *Asturica Augusta*», *Anuario de Arqueología Cordobesa*. 21-22, 93-126.
- Craig H. 1975. "Isotopic standards of carbon and oxygen and correlations factors for mass-spectrometric analysis of carbon dioxide". *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 12, 133-149.
- Dunham, R. J. 1962. "Classification of carbonate rocks according to depositional texture". En Ham, W. E. *Classification of carbonate rocks*. American Association of Petroleum Geologists Memoir. 1, 108-121.
- Durán, R. 1998. «La arquitectura pública en Complutum. Elementos decorativos y materiales constructivos». En Rascón, S., *Complutum. Roma en el interior de la Península Ibérica*. Alcalá de Henares. 94-105.
- Folk, R. L. 1959. "Practical classification of limestones". *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*. 43, 1-38.
- Folk, R. L. 1962. "Spectral subdivision of limestone types". En Ham, W. E., *Classification of carbonate rocks*. American Association of Petroleum Geologists Memoir. 1. 62-84.
- Frías, J. V. 2005. «Las canteras de Espejón». *Revista de Soria*. 50, 51-62.
- García-Entero, V. & Vidal, S. 2007. *Marmora from the Roman Site of Carranque (Toledo, Spain)*. *Marmora*. 3, 9-25.
- García-Entero, V. & Vidal, S. 2012. «El uso del marmor en el yacimiento de Carranque (Toledo)». En García-Entero, V. (ed.), *El marmor en Hispania. Explotación, uso y difusión en época romana*. Madrid, 135-153.
- García-Entero, V., Gutiérrez García-M. A. & Vidal Álvarez, S. 2015 e.p. «Espejón Limestone (Soria, Spain): Quarrying, Archaeometric characterization and uses in Hispania». *XI ASMOSIA International Conference (Split, mayo 2015)*.
- Gutiérrez Behemerid, M<sup>a</sup> A. 2003. *La decoración arquitectónica en la Colonia Clunia Sulpicia*, *Studia Archeologica*. 92. Valladolid.
- Gutiérrez Behemerid, M<sup>a</sup> A. 2004. «Los programas arquitectónicos de época imperial en el *Conventus Cluniensis*». En Ramallo, S., *La decoración arquitectónica en las ciudades romanas de Occidente*. Murcia, 275-292.
- McCrea, J. M. 1950. "On the isotopic chemistry of carbonates and a paleotemperature scale". *Journal of Chemical Physics*. 18, 849-857.
- Morillo, A. & Salido, J. 2010. «*Labrum* romano procedente de las termas del campamento de la Legio VII Gemina de León». *Zephyrus*. LXV, 167-178.
- Palol, P. 1994. *Clunia. Historia de la ciudad y guía de las excavaciones*. Burgos.
- Pérez Olmedo, E. 1996. *Revestimientos de Opus Sectile en la península Ibérica*. *Studia Archaeologica*. 84. Valladolid.
- Rodríguez Ceballos, M. & Salido Domínguez, J. 2014. «Marmora para las elites de Clunia. El empleo del Espejón como soporte epigráfico y nuevas evidencias de su uso ornamental». En Caballos, A. & Melchor, E. (eds.), *De Roma a las provincias: las elites como instrumento de proyección de Roma*. Sevilla, 633-668.
- Salán, M. 2012. "Espejón marmor and its use in Roman Hispania". En Gutiérrez García-M., A., Lapuente, P. y Rodà, I. (eds.), *Proceedings of the IX ASMOSIA Conference (2009)*. Tarragona, 146-150.
- Sevillano, Á. & Vidal, J. 2002. *Ubs magnífica. Una aproximación a la Arqueología de Asturica Augusta (Astorga, León)*. Museo Romano. León.
- Tárraga Baldó, M<sup>a</sup> L. 1999. «Las canteras históricas de Espejón al servicio de la ornamentación del Palacio Real de Madrid». *Litos. La Revista de la piedra natural*. 41, 38-52.
- Tárraga Baldó, M<sup>a</sup> L. 2002. «Criterios en la elección de materiales para la ornamentación escultórica del Palacio Real de Madrid». *ROC Maquina*. 71, 42-49.
- Tárraga Baldó, M<sup>a</sup> L. 2009. «Mármoles y rocas ornamentales en la decoración del Palacio Real de Madrid». *AEArte*. LXXXII-328, 367-391.