

Caracterización Arqueométrica de los Morteros del Castillo de Amaiur (Navarra)

/ GRACIELA PONCE-ANTÓN (1*), LUIS ÁNGEL ORTEGA (1), MARÍA CRUZ ZULUAGA (1), AINHOA ALONSO-OLAZABAL (1), JUANTXO AGIRRE MAULEON (2)

(1) Departamento de Mineralogía y Petrología. Fac. de Ciencia y Tecnología. UPV/EHU. Bº Sarriena s/n. 48940, Leioa, Vizcaya (España)

(2) Sociedad de Ciencias Aranzadi. Zorroaga Gaineko Kalea, 011. 20014, San Sebastián, Guipúzcoa (España)

INTRODUCCIÓN

Los morteros suponen uno de los materiales más empleados y comúnmente extendidos en la construcción de edificios históricos. Estos materiales pueden definirse como una mezcla de cal o yeso a modo de conglomerante y arenas, u otra variedad de aditivos orgánicos o inorgánicos, a modo de agregados.

Los materiales que se emplean en la elaboración de estos elementos de construcción se caracterizan por presentar una gran variabilidad en textura y composición. La realización de análisis petrográficos y mineralógicos permite observar y caracterizar las variaciones y la naturaleza de los elementos que componen el mortero arqueológico. La caracterización mineralógica del conglomerante permite, además, la identificación de minerales generados durante el proceso de manufactura del mortero y que confieren propiedades hidráulicas al mismo.

El estudio de los materiales constructivos es de gran interés en arqueología (Moropoulou et al., 1995; Vendrell-Sanz et al., 1996). En este trabajo se estudiarán diferentes morteros del Castillo de Amaiur (Navarra) con el objetivo de realizar una caracterización mineralógica que permita reproducir un material de similares características a la hora de formular nuevos morteros de restauración, así como definir diferentes tipologías de mortero en base a la similitud entre éstos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales estudiados corresponden a diferentes morteros arqueológicos pertenecientes a cuatro estructuras de cuatro periodos históricos distintos dentro del Castillo de Amaiur: primera

línea de muralla de castillo (ss. XIII-XIV), segunda línea de muralla y relleno entre ambas murallas (ss. XIV-XV), primer baluarte y aljibe (1512-1522) y segundo baluarte (1635).

Para determinar la naturaleza de los áridos y del conglomerante se ha realizado un estudio mineralógico y textural mediante lámina delgada y

análisis de difracción de rayos X (DRX).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio petrográfico de los morteros arqueológicos ha permitido observar que todos los morteros presentan una textura heterogénea matriz-soportada, con escasa tendencia grumosa y con un conglomerante de calcita de tamaño micrítico. La naturaleza de los áridos

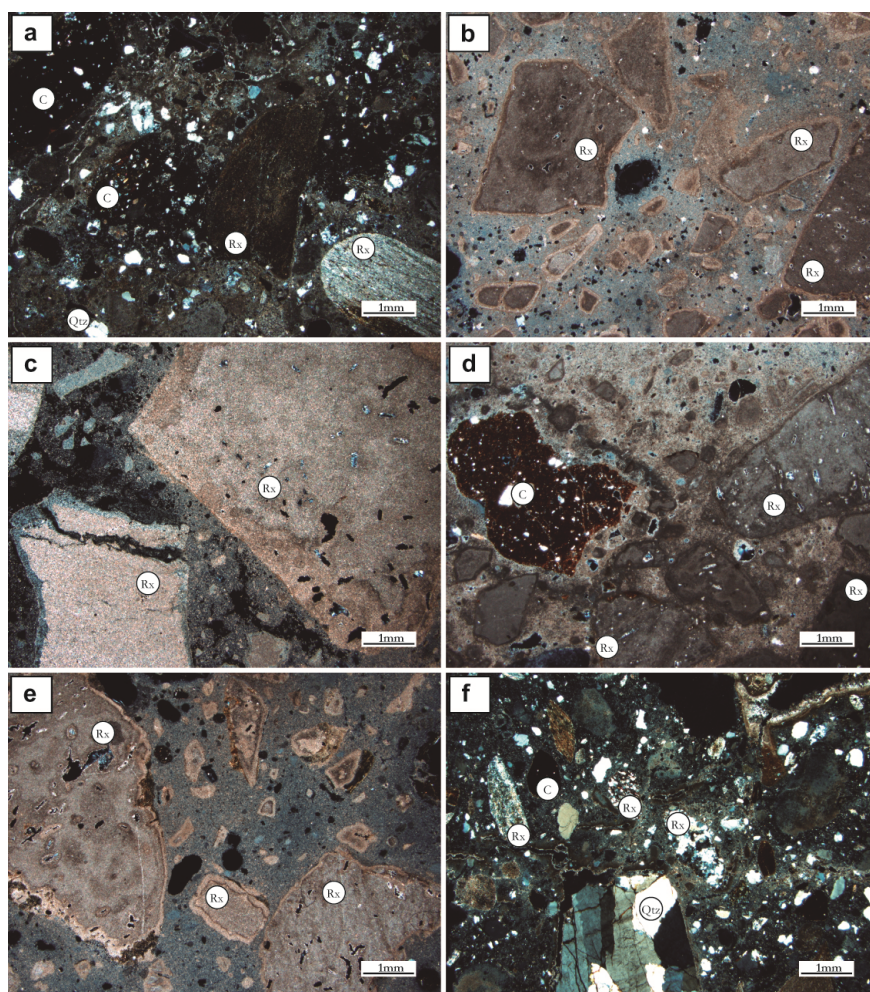


fig 1. Fotomicrografía de morteros arqueológicos. (a) Primera línea de muralla. (b) Segunda línea de muralla. (c) Relleno entre murallas. (d) Baluarte s. XVI. (e) Baluarte s. XVII. (f) Aljibe. C: fragmento de cerámica, Rx: fragmento de roca, Qtz: cuarzo.

palabras clave: Mortero arqueológico, Árido, Conglomerante, **key words:** Archaeological mortar, Aggregate, Binder, Hydrotalcite, Hidrotalcita.

resumen SEM 2017

* corresponding author: graciela.ponce@ehu.eus

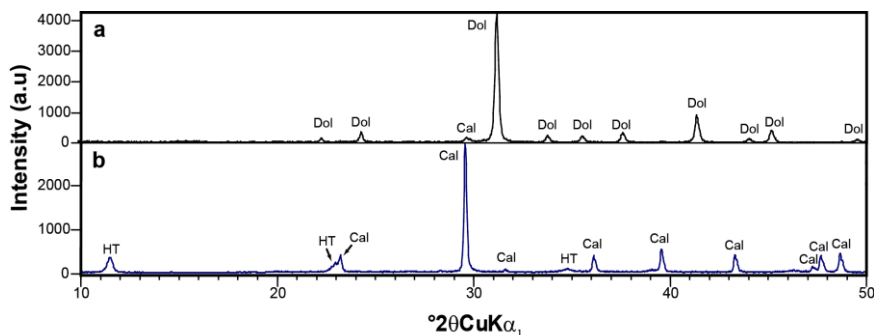


fig 2. Difractogramas de los diferentes componentes de una muestra representativa de mortero arqueológico. (a) Árido carbonatado. (b) Fracción < 2 µm de conglomerante. Dol: dolomita, Mg-Cal: calcita magnésiana, HT: hidrotalcita.

empleados en la elaboración de los distintos morteros varía dependiendo de la estructura estudiada. El mortero de la primera línea de muralla se caracteriza por ser arenoso, con granos monocristalinos y policristalinos de cuarzo de < 0.2 mm de diámetro, con fragmentos de cerámica, de filita y de arenisca fuertemente redondeados de < 2.5 mm de diámetro y esporádicos cristales de piroxeno, así como algunos fragmentos subangulosos de dolomía de > 2.5 mm de diámetro (Fig. 1a). El mortero de la segunda línea de muralla se caracteriza por presentar fragmentos de dolomía de < 2.5 mm de diámetro y escasa presencia de granos de cuarzo (Fig. 1b). El mortero de relleno entre ambas murallas se caracteriza por tener grandes fragmentos de dolomía fuertemente angulosos de > 5 cm de tamaño y ausencia de granos de cuarzo (Fig. 1c). Tanto el mortero del baluarte del s. XVI como el del s. XVII se caracterizan por tener a modo de áridos fragmentos de dolomía y fragmentos de cerámica subangulosos de < 2.5 mm de diámetro (Fig. 1d, 1e). El mortero del aljibe se caracteriza por ser arenoso, con granos de cuarzo policristalino de < 2.5 mm de diámetro y fragmentos de cerámica, de filita y de arenisca de < 0.5 mm de diámetro (Fig. 1f).

La naturaleza de los áridos empleados en la elaboración de los morteros permite distinguir dos grandes grupos: un primer grupo caracterizado por presentar áridos metamórficos y un segundo grupo caracterizado por presentar ausencia de áridos metamórficos. Dentro de los morteros con áridos metamórficos la primera línea de muralla se diferencia del aljibe por presentar áridos de menor tamaño. Entre los morteros sin áridos metamórficos, el mortero de relleno se diferencia del mortero de la segunda línea de muralla por presentar áridos de mayor tamaño, mientras que los morteros de los baluartes se diferencian

por presentar fragmentos de cerámica.

El empleo de áridos carbonatados en la elaboración de los morteros favorece la cohesión entre el conglomerante y el árido durante la carbonatación (Arizzi & Cultrone, 2013). Además, la angulosidad de los áridos mejora su adherencia con el conglomerante (Stefanidou & Papayianni, 2006). Los áridos dolomíticos de los morteros estudiados presentan coronas de reacción (Fig. 1a, 1b, 1c, 1d). La formación de estas coronas se debe al proceso de dedolomitización que han sufrido los áridos dolomíticos como resultado de la reacción portlandita-dolomita (Gali et al., 2001).

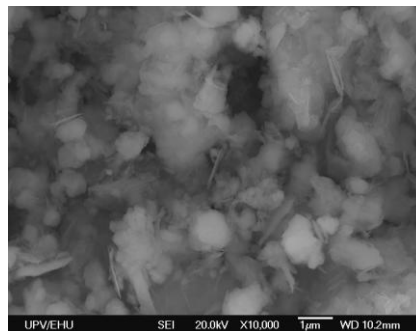


fig 3. Imagen de microscopio electrónico de barrido (MEB) de la fracción < 2 µm del conglomerante.

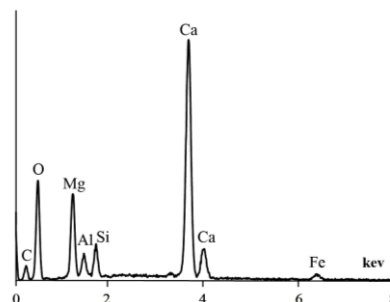


fig 4. Resultados de microanálisis por dispersión de rayos X (EDX) de los cristales hexagonales de la fracción < 2 µm del conglomerante.

Los resultados obtenidos por difracción de rayos X confirman que los agregados

carbonatados empleados para la elaboración del mortero corresponden a dolomías (Fig. 2a). En cambio, en la fracción granulométrica < 2 µm del conglomerante se ha identificado calcita y una fase mineral del grupo de la hidrotalcita (Fig. 2b). Las observaciones realizadas mediante microscopio electrónico de barrido (MEB) del conglomerante muestran cristales de hábito hexagonal característicos de este tipo de hidróxidos dobles laminares (HDLs) (Fig. 3). Los resultados obtenidos mediante microanálisis por dispersión de energía de rayos X (EDX) muestran presencia de Mg y Al en estos cristales, que permiten identificar la fase mineral como hidrotalcita (Fig. 4).

CONCLUSIONES

Se diferencian cinco tipos de mortero arqueológico dentro del Castillo de Amaur relacionados con las distintas estructuras definidas.

El empleo de áridos carbonatados angulosos y áridos cerámicos permite la mejora en la resistencia de los morteros de una época a otra.

La fase mineral identificada en el conglomerante como hidrotalcita estaría indicando una fuente de Mg que podría provenir del material empleado en la elaboración de la cal o de la dedolomitización de los áridos dolomíticos.

AGRADECIMIENTOS

GPA agradece al Gobierno Vasco la beca 2015-1-02-35 PhD de investigación.

REFERENCIAS

- Arizzi, A. & Cultrone, G. (2013): The influence of aggregate texture, morphology and grading on the carbonation of non-hydraulic (aerial) lime-based mortars. *Q. J. Eng. Geol. Hydroge.*, **46**, 507-520.
- Gali, S., Ayora, C., Alfonso, P., Tauler, E., Labrador, M. (2001): Kinetics of dolomite-portlandite reaction. Application to Portland cement concrete. *Cem. Concr. Res.*, **31**, 933-939.
- Moropoulou, A., Bakolas, A., Bisbikou, K. (1995): Characterization of ancient, Byzantine and later historic mortars by thermal and X-ray diffraction techniques. *Thermochim. Acta*, **269**, 779-795.
- Stefanidou, M. & Papayianni, I. (2006): The role of aggregates on the structure and properties of lime mortars. *Cem. Concr. Compos.*, **27**, 914-919.
- Vendrell-Sanz, M., Alarcón, S., Molera, J., García-Vallés M. (1996): Dating ancient lime mortars by geochemical and mineralogical analysis. *Archaeometry*, **38**, 143-149.