

Estudio arqueométrico de morteros de las *Cetariae* XI y XII de Baelo Claudia, Tarifa (Cádiz)

Eduardo Molina-Piernas (1*), Salvador Domínguez-Bella (1), Javier Martínez-López (1), Darío Bernal Casasola (2), Ángel Sánchez-Bellón (1)

(1) Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Cádiz, 11519, Puerto Real (España)

(2) Departamento de Historia, Geografía y Filosofía. Universidad de Cádiz, 11003, Cádiz (España)

* corresponding author: eduardo.molina@uca.es

Palabras Clave: Arqueometría, Mortero de cal, Piletas, Garum. **Key Words:** Archaeometry, Lime Mortar, Vats, Garum.

INTRODUCCIÓN

En el Conjunto Arqueológico de Baelo Claudia (Tarifa, Cádiz) se estima que existieron unas 37 fábricas de salazones en la Antigüedad (VV.AA., 2020). Durante las campañas de excavación realizadas entre 2014 y 2019 se encontraron 20 piletas en dos Complejos Industriales (“CP”), las *Cetariae* XI y XII, ambas ligadas a establecimientos salazoneros y de transformación de productos marinos. El proyecto de recuperación del garum que desarrollamos, ha incluido una primera etapa de experimentación en laboratorio y una segunda, con la construcción de piletas experimentales *in situ*, en condiciones y con materiales muy similares a los utilizados en época romana. Dentro de este proceso, es de especial interés poder determinar las principales características texturales y composicionales de los morteros romanos originales en este tipo de construcciones de uso industrial para la fabricación de salazones y garum, producto de lujo en época romana, al objeto de poder reproducir lo más fielmente posible dichos morteros. Por ello, este trabajo presenta el estudio arqueométrico de varios ejemplares de morteros de cal que revisten las piletas de distintos complejos industriales para la producción de salsas piscícolas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los morteros se caracterizan por ser opus signinum, con granos de cuarzo y fragmentos cerámicos como árido, de tamaño entre 0,1 y 3 cm. Mediante perforación se extrajeron 6 y 8 muestras de las paredes de distintas piletas de las *cetariae* XI y XII, respectivamente. Todas las muestras se analizaron mediante (1) lupa digital (LD), (2) microscopía óptica polarizada (MOP), (3) catodoluminiscencia (CL), (4) microscopía electrónica de barrido con microanálisis EDX (SEM), (5) difracción de rayos X (DRX) y (6) fluorescencia de rayos X (FRX).

RESULTADOS

En muestra de mano se han distinguido diferentes formas de alteración como fracturación, alteración, presencia de films biológicos y/o costras pardo-negruczas (LD, Fig. 1). Algunas muestras han presentado pérdida de cohesión; aunque los materiales constructivos *in situ* presentaban en general un buen estado de conservación, manteniendo su integridad original. La petrografía (MOP, Fig. 1) muestra una buena adherencia entre ligante y los distintos áridos utilizados. El rango de tamaño de los fragmentos cerámicos varía desde decenas de micrómetros hasta casi el centímetro y se han diferenciado, *grosso modo*, 3 tipos de cerámicas: 1) cerámica rojiza, con una cantidad variable de foraminíferos, 2) cerámica rojiza oscura sin microfósiles y 3) cerámica amarillenta de pasta muy fina y sin apenas desgrasante. Los granos de cuarzo presentan morfologías subredondeadas y algunos de estos se encuentran altamente fracturados. El tamaño de los poros y su cantidad varía de una muestra a otra. Se han podido identificar costras con óxidos, marcando en ocasiones etapas sucesivas de formación. La matriz es bastante homogénea, sin ninguna estratificación (en rojo, CL, Fig. 1), corroborado por el mapeo de calcio (en rojo, SEM, Fig. 1) mientras que los granos de árido se han destacado en colores azules y verdes en dichas fotografías. Adicionalmente, la CL ha permitido distinguir dos familias de cuarzo, unos en color azul brillante y otros en gris oscuro. La mineralogía y la composición química (Tabla 1) muestran la calcita como fase predominante, con un contenido en cuarzo similar en C-XII. Los valores de Al₂O₃, MgO, K₂O se correlacionan principalmente con la plagioclasa y piroxeno presentes en las cerámicas, incluso con algún filossilicato. El K₂O también se relacionaría con la silvina. La detección de SO₃ y SrO indicaría la presencia de celestina. Por último, Fe₂O₃ y MnO se correlacionan con las pátinas de óxidos pardo-negruczas observadas en las muestras de mano.

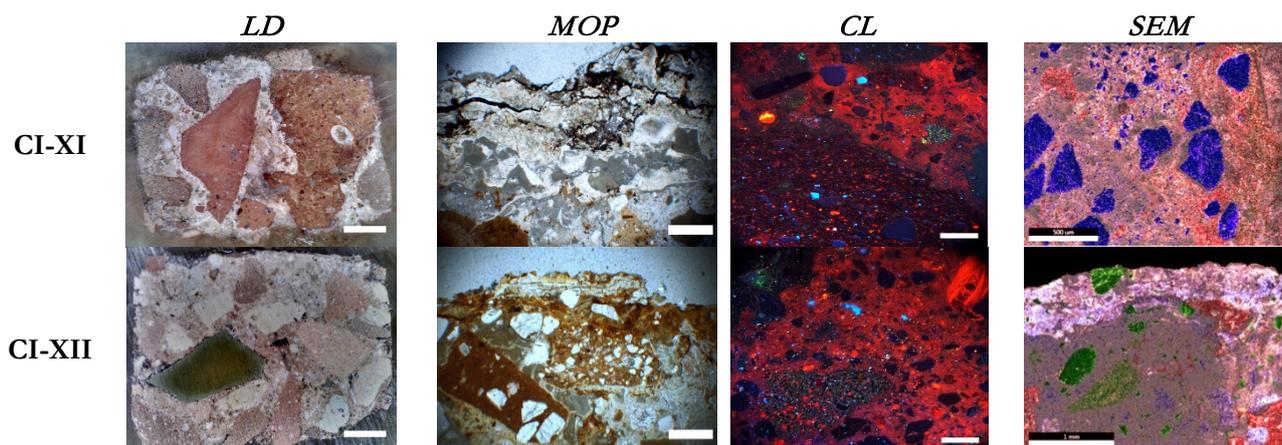


Fig 1. Macro y microfotografías de lupa digital (LD), microscopía óptica (MOP), con catodoluminiscencia (CL) y electrónica de barrido (SEM) de dos muestras ejemplo de cada cetaria. Las barras de escala representan 500 μm , excepto en LD que son 2 mm y SEM-C-XII que es 1 mm.

| DRX | Cal | Qz | Pl | Px | Hl+Syl | Ox. Fe | Ox. Mn | Rt | Arg | Crs |
|--------|-------|------------------|--------------------------------|------|------------------|--------------------------------|--------|------------------|-----------------|------|
| CI-XI | xxx | xx-xxx | tr | tr | tr-x | tr | tr | tr | tr | tr |
| CI-XII | xxx | xx-xxx | x-xx | x-xx | tr | tr | — | tr | tr-x | — |
| FRX | CaO | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | MgO | K ₂ O | Fe ₂ O ₃ | MnO | TiO ₂ | SO ₃ | SrO |
| CI-XI | 56,37 | 28,25 | 5,47 | 2,11 | 0,71 | 5,07 | 0,74 | 0,48 | 0,59 | 0,13 |
| CI-XII | 45,64 | 44,26 | 4,01 | 0,69 | 0,67 | 3,80 | 0,16 | 0,34 | 0,28 | 0,09 |

Tabla 1. Mineralogía (DRX) y composición química (FRX) promedio. Leyenda: Cal = calcita; Qz = cuarzo; Pl = plagioclasa s.l.; Px = piroxeno s.l.; Hl+Syl = halita y silvina; Ox. Fe = óxidos de hierro s.l.; Ox. Mn = óxidos de manganeso s.l.; Rt = rutilo; Arg = aragonito; Crs = cristobalita; “xxx” = fase mineral principal; “xx” = abundante; “x” = escaso; “tr” = en trazas; “—” = no presente.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estado de conservación es bastante bueno y los procesos de deterioro que afectan a los morteros son variables en función del tiempo en el que han estado expuestos a la intemperie desde su abandono. Se destaca la presencia de algunas fisuras y, sobre todo, costras con material orgánico y pátinas de óxidos. Los resultados mineralógicos y químicos han puesto de manifiesto que no existe apenas diferencia en cuanto a los materiales empleados para la fabricación de los morteros de un conjunto y otro. La presencia de sales solubles se debe a la cercanía del medio costero, mientras que los óxidos, especialmente los de manganeso, a procesos edafogénicos durante el enterramiento de estas estructuras. La técnica CL ha permitido identificar al menos dos fuentes distintas para los granos de cuarzo y que la ausencia de heterogeneidades en los morteros indicaría que estos no tuvieron que ser reparados. Sin duda, la adición de los fragmentos cerámicos fue para incrementar su impermeabilidad ligadas a su funcionalidad para la elaboración de salsas piscícolas. Por último, esta información arqueométrica permitirá continuar mejorando la reproducción de morteros para llevar a cabo nuevos proyectos de arqueología experimental relacionados con la elaboración y recuperación del garum y otras salsas de origen romano.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado por el Proyecto CEIJ-004 del plan propio de la Fundación CEI MAR “proyectos de investigación para jóvenes investigadores CEIMAR 2021”, Fondo Social Europeo (D1113102E3) y la Junta de Andalucía, y los grupos de investigación RNM-373 y HUM-440 de la Junta de Andalucía.

REFERENCIAS

Bernal-Casasola, D., Expósito Álvarez, D.J.A., Díaz Rodríguez, J.J., Palacios Macías V. (2020): Baelo Claudia y los secretos del Garum: atunes, ballenas, ostras, sardinas y otros recursos marinos en la cadena operativa haliútica romana. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz, Cádiz, 256 p.