

Aplicación de SEM/EDX al Estudio de Restauración de una Cruz de Plata del Siglo XVII

/ AUXILIADORA GÓMEZ (1), PILAR ORTIZ (2*), ROCÍO ORTIZ (2), J. MARÍA MARTÍN (2), INÉS VALLESPÍN (1)

(1) Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico. Avenida de los Descubrimientos S/N, 41092, Sevilla.

(2) Dpto. de Sistemas Físicos, Químicos y Naturales. Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad Pablo Olavide de Sevilla, Carretera de Utrera Km1, 41013, Sevilla (España)

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta el análisis de varias piezas de la cruz procesional de la imagen de Jesús Nazareno de Cabra (CÓRDOBA), mediante SEM/EDX con el fin de establecer la composición de las piezas originales y de intervención, así como el posible comportamiento de las mismas durante el proceso de restauración.

MATERIALES Y METODOLOGÍA

La Cruz Procesional del Nazareno de Cabra es uno de los principales ejemplos de la orfebrería cordobesa de la segunda mitad del s. XVII (Fig. 1) (Sanz Serrano et al., 1976). De autor anónimo, se compone de más de dos centenares de piezas de plata repujadas, fijadas con clavos a un soporte de madera. Se distinguen dos tipologías de láminas de plata: las que cubren los frentes son rectangulares,



fig 1. Imagen de la Cruz Procesional del Nazareno de Cabra, Córdoba (segunda mitad s. XVII) con repujado de plata, objeto de este estudio.

decoradas con hojas de acanto y enfrentadas sobre un fondo mateado, y los embellecedores que cubren los cantos de la cruz, decorados mediante la repetición de semicírculos.

Esta cruz había sido desmontada, alargándose el brazo largo en el extremo inferior con torpes imitaciones de las planchas repujadas, cuya composición en plata parecía diferir de la original. Además durante esa intervención se alteró el orden de montaje de la obra, acabando con su simetría y la continuidad de las líneas (Fernández Vallespín et al., 2004).

Para el análisis de las piezas, se han tomado 5 muestras en función de la inspección visual (Tabla 1) (Rodríguez Segovia et al., 2007). Esta toma de muestra se ha realizado siguiendo las recomendaciones de la comisión técnica CNR-ICR NORMAL 3/80.

El análisis químico elemental y morfométrico, sobre secciones cortadas transversalmente y sobre la superficie expuesta a la intemperie, se ha llevado a cabo mediante un microscopio electrónico de barrido (SEM) JEOL JSM-5400, dotado de analizadores de energía dispersiva, modelo INCA X-sight.

Para el análisis químico de las

Código	Localización
M1	Brazo izquierdo, anverso de la Cruz de Cabra
M2	Piezas rectangulares del anverso de la Cruz de Cabra
M3	Tiras embellecedoras perímetro vegetal
M4	Plata empleada en reintegraciones de la cruz
M5	Fragmento embellecedor vegetal
M6	Patrón de plata pura

Tabla 1. Muestras tomadas en la cruz.

aleaciones se ha realizado la integración de los datos de áreas en torno a 80 µm de diagonal, utilizando como patrón plata pura (≈99% P/P, muestra 6).

Las muestras, por su carácter metálico, no han requerido ser cubiertas con oro o grafito para su visualización en SEM y su posterior microanálisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las piezas analizadas presentan plata como elemento mayoritario con contenidos que varían entre 92-97% P/P, presentando contenidos variables de cobre (3-5% P/P) y de forma esporádica silicio.

En la Fig. 2, se recogen los resultados del análisis cuantitativo elemental, en tanto por uno en peso, de las áreas muestreadas.

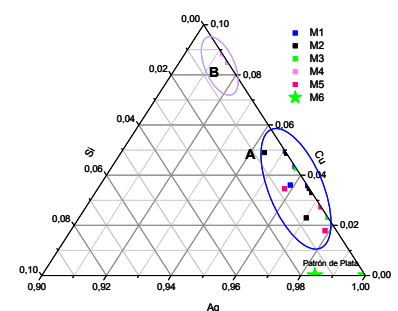


fig 2. Diagrama Triangular del contenido en Plata, Cobre y Silicio de las muestras analizadas (tanto por uno en peso).

De acuerdo al diagrama triangular, se diferencian dos grupos de muestras. El grupo A, formado por las muestras M1, M2, M3 y M5, que aparecen agrupadas en la Fig. 2, corresponden a piezas originales y de posibles restauraciones previas con contenidos en plata medios muy elevados, superiores al 95% P/P, por lo que se puede clasificar todas estas muestras como plata con título 958.

Estas muestras presentan granos con varias fases de aleación (Fig. 3). Esta estructura bifásica con zonas enriquecidas en cobre y otras en plata, se produce durante el proceso de solidificación, apareciendo en primer lugar las fases ricas en plata, de título más alto, y por último, conforme se enfría la aleación, las fases con mayor proporción en cobre (Scott, D, 1991).

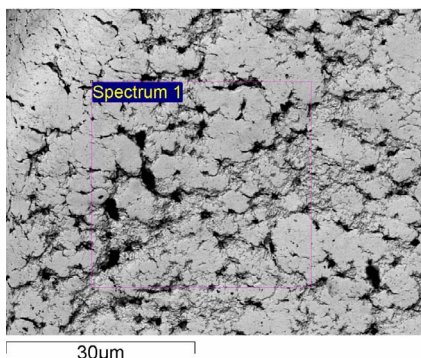


fig 3. Imagen BSE del área 2 de la muestra M1 de plata original

El análisis superficial de la muestra M3 (Fig. 4) presenta zonas con productos de corrosión de cobre, donde el análisis de EDX puede registrar un 18% P/P en Cu. Esta corrosión selectiva del cobre de la aleación también se observa al estudiar la sección transversal.

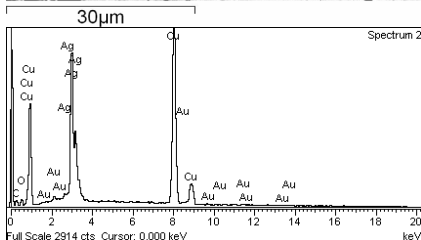
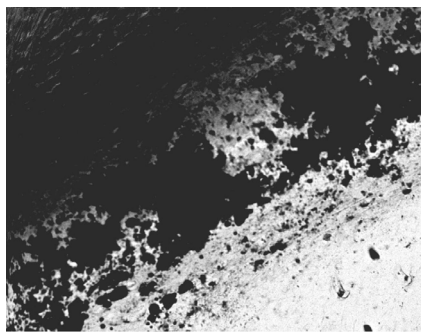


fig 4. Imagen BSE y espectro EDX de una zona alterada de la muestra M3.

El material empleado en la última restauración es de menor ley, con títulos de plata de 925, que corresponde a las muestras M4 (Grupo B), con contenidos en torno al 92% P/P de plata y de cobre del 8%. Estas muestras son más homogéneas y corresponden a un

material monofásico de plata α (Fig. 5), conseguido mediante un tratamiento térmico, controlando la velocidad de enfriamiento después de un recocido. Este proceso provoca que un sistema bifásico, con una estructura heterogénea con dos fases, una rica en plata y otra rica en cobre, se transforme en una estructura homogénea, constituida por un solo tipo de fase (Loyen, 1989).

Este cambio estructural repercute en las propiedades mecánicas, dando lugar a un material más resistente y óptimo para la restauración.

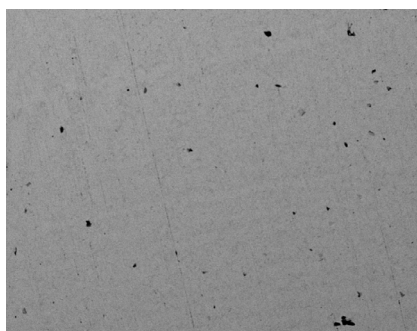


fig 5. Imagen BSE del área 2 de la muestra M4 de plata de reposición.

El silicio que se detecta en el análisis de las muestras M1, M2 y M4, corresponde a granos de cuarzo incluido en la matriz de la aleación.

El análisis de la película superficial adherida en algunas zonas de la muestra de M5, ha revelado la existencia de aluminosilicatos, probablemente procedentes de abrasivos empleados sobre la pieza.

CONCLUSIONES

La aleación original de las piezas de la cruz procesional del Nazareno de Cabra tiene un título plata de 958. Su estructura es bifásica, con granos de mayor contenido en plata y otros enriquecidos en cobre. Estas fases se forman durante del proceso de solidificación de la aleación cuando se van formando granos con distinta composición conforme avanza el enfriamiento de la masa metálica.

Se ha detectado corrosión selectiva del elemento del cobre en las áreas superficiales de las láminas.

La plata empleada en la última restauración es de título 925 y estructura monofásica, lo que le

confiere un buen comportamiento mecánico.

REFERENCIAS

Rodríguez Segovia, C. Gómez Villa, J. L. Gómez Morón, A. (2007): *Arte y símbolo para el poder: intervención en la Cruz Alzada Procesional de Osuna*. PH Bol. Inst. And. Patrim. Hist. **61**, 24-51.

CNR-ICR. (1980). *Materiali lapidei: Campionamento*. Normal 3/80, 1-6.

Fernández Vallespín, I, Marmolejo Hernández, F, Gómez Villa. J.L. (2004): *Primeras conclusiones de restauración científica en metales nobles*, PH Bol. Inst. And. Patrim. Hist. **49**, 80-89.

Sanz Serrano, M. J. (1976): *La orfebrería Sevillana del Barroco*. Diputación de Sevilla. 2 vols. 453+356 p. ISBN: 84-500-1830-7.

Scott, D. (1991): *Metallography and microstructure of ancient and historic metals*. The Getty Conservation Institute, Marina del Rey, California, 185 p.

Loyen, F. (1989): *Manual de platería*. Hermann Blume, Madrid, 191 p.