

MetalEspaña 2020/2021

III Congreso de Conservación y Restauración del Patrimonio Metálico

Joaquín Barrio Martín
Milagros Buendía Ortuño (eds.)

SECYR >>>
Servicio de Conservación, Restauración y
Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico



MINISTERIO
DE CULTURA
Y DEPORTE

ARQVA

Museo Nacional
de Arqueología Subacuática



MUSEO
CASA DE LA MONEDA

UAM Universidad Autónoma
de Madrid

Anejos nº 6 | 2022

Departamento de Prehistoria y Arqueología
Facultad de Filosofía y Letras,
Vicerrectorado de Investigación
Universidad Autónoma de Madrid

**Cuadernos
de Prehistoria
y Arqueología**
de la Universidad Autónoma de Madrid

MetalEspaña 2020/2021

III Congreso de Conservación y Restauración del Patrimonio Metálico

Joaquín Barrio Martín
Milagros Buendía Ortuño
(eds.)



Universidad Autónoma
de Madrid

Departamento de Prehistoria y Arqueología
Facultad de Filosofía y Letras
Vicerrectorado de Investigación
Universidad Autónoma de Madrid

Índice

Presentación	15
SESIÓN I. CIENCIA Y TECNOLOGÍAS DE INVESTIGACIÓN DEL PATRIMONIO METÁLICO	
Electrochemical techniques for dating metallic heritage	21
Técnicas electroquímicas para la datación del patrimonio metálico	
ANTONIO DOMÉNECH-CARBÓ	
Caracterización, diagnóstico y conservación de los lingotes de cobre del Pecio Arapal (Sancti Petri, Cádiz)	29
Characterization, diagnosis and conservation of copper ingots from the Arapal Wreck (Sancti Petri, Cadiz)	
ROCÍO MORÓN, MARÍA LLÜISA MATAS, LUIS CARLOS ZAMBRANO, FELIPE CEREZO Y MANUEL BETHENCOURT	
Estrategias innovadoras para la conservación preventiva de los objetos metálicos en colecciones de museos	39
Innovative strategies for the preventive conservation of metallic objects in museum collections	
MARÍA TERESA MOLINA, BLANCA RAMÍREZ, IVÁN DÍAZ Y EMILIO CANO	
Estudio de la efectividad del ácido tánico sobre piezas de hierro arqueológico	47
Study of the effectiveness of tannic acid on archaeological iron pieces	
TANIA PÉREZ TORDERA, ANTONIO DOMÉNECH-CARBÓ Y MONTSERRAT LASTRAS PÉREZ	
Estudio radiográfico de los metales arqueológicos de Casas del Turuñuelo (Guareña, Badajoz)	55
Radiographic study of the archaeological metals of Casas del Turuñuelo (Guareña, Badajoz)	
INMACULADA DONATE, MIRIAM BUESO, ESTHER RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, SEBASTIÁN CELESTINO Y JOAQUÍN BARRIO	
Extrapolación de técnicas no habituales en la reproducción de elementos metálicos asociados al Patrimonio Documental	65
Extrapolation of unusual techniques in the reproduction of metallic elements associated with Documentary Heritage	
ÍÑIGO GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, JUAN BERMEJO-SOLER, ESTÍBALIZ LAMA OCHOA Y M ^a DOLORES RODRÍGUEZ LASO	

Aportación de la técnica FIB-FESEM-EDX al estudio del patrimonio en metal	71
Contribution of FIB-FESEM-EDX technique to the study of Metal Heritage	
CARLA ÁLVAREZ ROMERO, CAROLINA MAI CEROVAZ, MARÍA TERESA DOMÉNECH-CARBÓ, ANTONIO DOMÉNECH-CARBÓ, MILAGROS BUENDÍA ORTUÑO Y TRINIDAD PASÍES OVIEDO	
Nueva metodología para la eliminación de la corrosión en patrimonio metálico arqueológico: buffers, quelantes, geles y emulsiones	81
New methodology for the elimination of corrosion in archaeological metal heritage: buffers, chelators, gels and emulsions	
SILVIA MARÍN ORTEGA	
Medida directa de potenciales de circuito abierto como técnica no invasiva de evaluación del grado de corrosión de objetos arqueológicos	87
Direct measurement of open circuit potentials as a non-invasive technique for evaluating the degree of corrosion of archaeological objects	
MARÍA AMPARO PEIRÓ RONDA Y ANTONIO DOMÉNECH-CARBÓ	
Restauración virtual y recreación de uno de los jarros de bronce de la estancia del banquete (S-1) del yacimiento de Casas del Turuñuelo (Guareña, Badajoz), los medios digitales como continuidad de la restauración física	97
Virtual restoration and recreation of one of the bronze jugs from the banquet room (S-1) from the Casas del Turuñuelo site (Guareña, Badajoz), digital media as continuity of the physical restoration	
BÁRBARA MARTÍN GÓMEZ, ESTHER RODRÍGUEZ GONZÁLEZ Y SEBASTIÁN CELESTINO	
Estudio arqueológico y restauración de espuelas bajomedievales de Asturias	107
Archaeological study and restoration of late medieval spurs in Asturias	
SILVIA PÉREZ-DIEZ, BEATRIZ GARCÍA-ALONSO, LUIS J. FERNÁNDEZ-MENÉNDEZ, LARA LOBO, NEREA BORDEL, MAITE MAGUREGUI, NOELIA FERNÁNDEZ-CALDERÓN Y ALEJANDRO GARCÍA ÁLVAREZ-BUSTO	
Sesión II. MONEDAS Y PATRIMONIO NUMISMÁTICO: ESTUDIOS, PROYECTOS, RESTAURACIONES Y MUSEOS	
El Museo Casa de la Moneda. La colección de moneda islámica	117
The Museo Casa de la Moneda. The Islamic Coin Collection	
ALBERTO J. CANTO GARCÍA	
Composición y características de la acuñación de dos cecas hispanorromanas: análisis aplicados a las monedas de <i>Caesar Augusta</i> (Zaragoza) y <i>Emerita Augusta</i> (Mérida)	129
Composition and characteristics of the coinage of two Hispano-Roman mints: analysis applied to the coins of <i>Caesar Augusta</i> (Zaragoza) and <i>Emerita Augusta</i> (Merida)	
CRUCES BLÁZQUEZ CERRATO, MARTA GÓMEZ BARREIRO, JOSÉ MANUEL COMPAÑA PRIETO, JUAN GÓMEZ BARREIRO, CARMELO FERNÁNDEZ IBÁÑEZ, RUFO MARTÍN MATEO E INÉS PUENTE ORENCH	

<p>Patrimonio Industrial en el Museo de la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre de Madrid. Su conservación 139</p> <p>Industrial Heritage in the Museum of the Fábrica Nacional de Moneda y Timbre of Madrid. Its conservation</p> <p>SARA MARTÍN DE ANDRÉS Y BEATRIZ RUBIO VELASCO</p>	139
<p>La moneda en las <i>cetariae</i> de <i>Gadir-Gades</i> 149</p> <p>The coin in the <i>cetariae</i> of <i>Gadir-Gades</i></p> <p>ELENA MORENO PULIDO, ALICIA ARÉVALO GONZÁLEZ Y JOSÉ ÁNGEL EXPÓSITO ÁLVAREZ</p>	149
<p>Los criterios de intervención y el análisis científico en la restauración de un conjunto de monedas de plata emirales del yacimiento arqueológico La Ermita del Sacedal, en El Rebollar de El Boalo (Madrid) 159</p> <p>Intervention criteria and scientific analysis in conservation of a set of Emiral silver coins from the archaeological site La Ermita del Sacedal, el Rebollar de El Boalo (Madrid)</p> <p>ANA ISABEL PARDO NARANJO, MARÍA CRUZ MEDINA SÁNCHEZ Y MANUEL BLANCO DOMÍNGUEZ</p>	159
<p>El tesoro de monedas de plata de las taifas del siglo XI hallado en Jaén en 1914: proceso de restauración 167</p> <p>The treasure of silver coins from the taifa of the 11th century found in Jaen in 1914: restoration process</p> <p>ALBERTO J. CANTO GARCÍA, WIOLETA JABŁOŃSKA Y ANA ISABEL PARDO NARANJO</p>	167
<p>Tratamiento de conservación-estabilización aplicado al conjunto numismático recuperado de la Fragata <i>Nuestra Señora de las Mercedes</i> 177</p> <p>Conservation and stabilization treatment applied to numismatic set recovered from the frigate <i>Nuestra Señora de las Mercedes</i></p> <p>SOLEDAD DÍAZ MARTÍNEZ</p>	177
<p>Moneda y circulación monetaria en el ámbito minero del reborde meridional de la meseta sur. Un proyecto de investigación en marcha 185</p> <p>Currency and monetary circulation in the mining area of the southern edge of the southern plateau. An ongoing research project</p> <p>MAR ZARZALEJOS PRIETO Y ALICIA ARÉVALO GONZÁLEZ</p> <p>Con la colaboración de: JOAQUÍN BARRIO MARTÍN Y ANA ISABEL PARDO NARANJO</p>	185
<p>Intervención de urgencia de conjunto de monedas y vajilla de bronce de Pompeya. Una restauración de campaña junto al Vesubio 195</p> <p>Urgent intervention of a set of coins and bronze tableware from Pompeii. A campaign restoration next to Vesuvius</p> <p>BETLEM MARTÍNEZ PLA</p>	195
<p>Restauración y conservación de un conjunto de monedas (La Bienvenida) 205</p> <p>Restoration and conservation of a set of coins (La Bienvenida)</p> <p>FRANCISCO DEL PESO ROSADO</p>	205

SESIÓN III. PATRIMONIO METÁLICO ARQUEOLÓGICO

La experiencia de conservar metales: una labor de aprendizaje continuo The experience of preserving metals: a work of continuous learning MARÍA ANTONIA MORENO CIFUENTES	213
Conservación. Propuesta metodológica para un caso práctico en el Pórtico Oriental de Plaza de Armas en <i>Madīnat al-Zahrā</i> (Córdoba) Conservation. Methodological proposal for a practical case in the Portico Oriental of the Plaza de Armas in <i>Madīnat al-Zahrā</i> (Córdoba) INMACULADA C. MUÑOZ MATUTE Y ALEJANDRA DEL PINO CAMPOS	223
Arqueología y Restauración: un caso práctico en el Pórtico Oriental de la Plaza de Armas de <i>Madīnat al-Zahrā</i> (Córdoba) Archaeology and Restoration: A practical example of the Pórtico Oriental of the Plaza de Armas in <i>Madīnat al-Zahrā</i> (Córdoba) MARÍA MUÑOZ MORA, WIOLETA JABŁOŃSKA Y ALEJANDRO UGOLINI SÁNCHEZ-BARROSO	231
Ciudad de México: un entorno excepcional para la corrosión de metales arqueológicos. Estudio de caso Mexico City: an exceptional environment for archaeological metal corrosion. Case study ÁNGEL ERNESTO GARCÍA ABAJO, TERESITA LÓPEZ ORTEGA Y JOSÉ ANTONIO LÓPEZ PALACIOS	239
Conservación y estudio arqueológico de piezas ibéricas y vacceo-romanas de bronce y hierro procedentes de <i>Dessobriga</i> (Palencia) Conservation and archaeological study of Iberian and Vacceo-Roman bronze and iron pieces from <i>Dessobriga</i> (Palencia) ÁGUEDA SÁENZ-MARTÍNEZ, FRANCISCO DEL PESO-ROSADO, ESPERANZA MARTÍN-HERNÁNDEZ Y DAVID EXPÓSITO	249
Decoración incisa bajo siglos de corrosión metálica Incised decoration under centuries of metallic corrosion LUCÍA GUTIÉRREZ GONZÁLEZ	257
El conjunto de estatuillas de bronce de la Tumba n.º 14, Oxirrinco (El-Bahnasa), Egipto The set of bronze statuettes from Tomb no. 14, Oxirrinco (El-Bahnasa), Egypt BERNAT BURGAYA MARTÍNEZ	269
Estado de conservación y metodología de intervención de una selección de bronce del yacimiento Casas del Turuñuelo State of conservation and intervention methodology of a selection of bronzes from the archaeological site Casas del Turuñuelo MARÍA CRUZ MEDINA SÁNCHEZ, MARÍA MUÑOZ MORA Y JOAQUÍN BARRIO MARTÍN	279

Un ataque microbiológico en objetos de hierro de época ibérica: proyecto interdisciplinar de investigación, intervención y conservación preventiva	289
A microbiological attack on iron objects from the Iberian period: interdisciplinary research, intervention and preventive conservation project	
RAMÓN CANAL ROCA, TRINIDAD PASÍES OVIEDO, JAIME VIVES-FERRÁNDIZ SÁNCHEZ, M ^a TERESA DOMÉNECH-CARBÓ, ROSA M ^a MONTES ESTELLÉS, JOSÉ ANTONIO MADRID GARCÍA Y ANTONIO DOMÉNECH-CARBÓ	
Propuesta para la conservación de una amplia colección de objetos arqueológicos de hierro	299
Proposal for the conservation of a wide collection of iron archaeological objects	
LAURA GARCÍA BOULLOSA	
Sistema expositivo en la colección de metales del Museo Foro Romano. Molinete (Cartagena)	309
Exhibition system in the metal collection of the Roman Forum Museum. Molinete (Cartagena)	
IZASKUN MARTÍNEZ PERIS	
Trabajos de conservación-restauración de cuatro tuberías de plomo de la ciudad romana de <i>Baetulo</i> (Badalona). Un caso de estudio interdisciplinar	319
Conservation-restoration work on four lead pipes in the Roman city of Baetulo (Badalona). An interdisciplinary case study	
ANNA BERTRAL ARIAS, ESTHER GURRI COSTA Y SANTIAGO RIERA MORA	
Métodos de limpieza sobre metales arqueológicos procedentes de medios marinos: clavos de hierro originarios del Pecio de Urbieta (Gernika, Vizcaya)	329
Cleaning methods on archaeological metals from marine environments: iron nails from the Urbieta Wreck (Gernika, Vizcaya)	
SARA MASTRAL-MOLINOS, AINARA ZORNOZA-ÍNDART, LAURA GARCÍA Y GIORGIO STUDER	
SESIÓN IV. PATRIMONIO METÁLICO HISTÓRICO, ARTÍSTICO Y RELIGIOSO	
Acciones de Conservación de Patrimonio Militar de Artillería: de la intervención mínima a la intervención funcional	341
Actions for the Conservation of Artillery Military Heritage: from minimal intervention to functional intervention	
ANAHÍ MEYER RIERA Y JAIME FERREIRA REGALADO	
Construcción de decisiones para la producción y restauración de «El caballito»	351
Decision making for the production and restoration of “El caballito”	
JANNEN CONTRERAS VARGAS	

Estudio de la colección de objetos metálicos de la Villa Rica de la Veracruz (Veracruz) 361
 Study of the collection of metallic objects of the Villa Rica de la Veracruz (Veracruz)

ÁNGEL ERNESTO GARCÍA ABAJO, JANNEN CONTRERAS VARGAS,
 DANIELA LIRA PACHECO Y GABRIELA PEÑUELAS GUERRERO

Patologías y restauración del grupo escultórico de la fuente de las Tres Gracias de Málaga 371
 Pathologies and restoration of a sculpture group in the fountain Tres Gracias at Malaga

DANIEL MORALES-MARTÍN, FERNANDO AGUA, MANUEL GARCÍA-HERAS,
 RAFAEL RUIZ DE LA LINDE Y M^a ÁNGELES VILLEGAS

Intervención sobre una empuñadura de una espada ropera procedente del sitio histórico de Panamá Viejo (Panamá): estado de conservación, análisis y restauración 379
 Intervention in the hilt of a rapier sword at the historic site of Panamá Viejo (Panama): state of conservation, analysis and restoration

BÁRBARA MARTÍN GÓMEZ, CRISTINA CABELLO BRIONES, MANUEL BLANCO DOMÍNGUEZ,
 M^a CRUZ MEDINA SÁNCHEZ, INMACULADA DONATE CARRETERO, JOAQUÍN BARRIO MARTÍN
 Y MARCELINA GODOY VALENCIA

Os pratos em estanho do Rio Arade, estratégias de conservação 387
 Tin dishes from Rio Arade, conservation strategies
 ANDREIA ROMÃO

SESIÓN V. PATRIMONIO METÁLICO CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO, INDUSTRIAL Y URBANO

Documentación, conservación y restauración de una fuente escultórica de fundición: La diosa Fortuna de Daimiel (Ciudad Real) 395
 Documentation, conservation and restoration of a foundry sculptural fountain: The goddess Fortuna de Daimiel (Ciudad Real)

M^a ISABEL ANGULO BUJANDA, MANUEL M. BLANCO DOMÍNGUEZ Y MIGUEL TORRES MAS

Diagnóstico del estado de conservación de un conjunto de cepos de plomo de procedencia subacuática: uso de geles rígidos de agar-agar para su intervención 407
 Diagnosis of the conservation status of a set of lead traps from underwater origin: use of rigid agar-agar gels for their intervention

ELISA FERNÁNDEZ TUDELA, LUIS CARLOS ZAMBRANO VALDIVIA Y MANUEL BETHENCOURT

Estudio, caracterización y diagnóstico de una fuente de peltre de procedencia subacuática depositada en el Museo de Cádiz 417
 Study, characterization and diagnosis of a pewter dish of underwater provenance deposited in the Cadiz Museum

MANUEL JESÚS GRUESO JIMÉNEZ Y LUIS CARLOS ZAMBRANO VALDIVIA

<p>La conservación de las culebrinas de bronce recuperadas de la fragata <i>Nuestra Señora de las Mercedes</i></p> <p>The conservation of the bronze culverins recovered from the <i>Nuestra Señora de las Mercedes</i> frigate</p> <p>JUAN LUIS SIERRA MÉNDEZ</p>	427
<p>La Estación Central de Santiago de Chile. Arquitectura metálica y vanguardia decimonónica</p> <p>The Central Station of Santiago de Chile. Metallic architecture and nineteenth-century avant-garde</p> <p>MARÍA PAZ VALENZUELA BLOSSIN</p>	437
<p>Las jardineras tipo Monier en las Galerías Punta Begoña. Degradaciones y proceso de conservación</p> <p>The Monier-type planters in the Punta Begoña Galleries. Degradation and conservation process</p> <p>JUAN BERMEJO-SOLER, ÍÑIGO GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, ESTÍBALIZ LAMA OCHOA, NAGORE PRIETO-TABOADA Y M^a DOLORES RODRÍGUEZ LASO</p>	445
<p>Los inicios de la industria del hierro en Madrid en el siglo XIX: cerramientos de edificios reseñables</p> <p>The beginnings of the iron industry in Madrid in the 19th century: remarkable building enclosures</p> <p>SUSANA LÓPEZ GINESTAL Y SOLEDAD DÍAZ MARTÍNEZ</p>	453
<p>Restauración del Patrimonio Metálico Urbano: la escultura de la Flama Rotaria de la ciudad de Valencia</p> <p>Restoration of the Urban Metallic Heritage: the sculpture of the Rotary Flame of the city of Valencia</p> <p>PABLO GRIÑENA</p>	461
<p>Westfalia Manteigueira com Centrifugadora: desafios e soluções de conservação</p> <p>Westfalia Butter with Centrifuge: challenges and conservation solutions</p> <p>ANDREIA ROMÃO</p>	471

Composición y características de la acuñación de dos cecas hispanorromanas: análisis aplicados a las monedas de *Caesar Augusta* (Zaragoza) y *Emerita Augusta* (Mérida)

Composition and characteristics of the coinage of two Hispano-Roman mints: analysis applied to the coins of Caesar Augusta (Zaragoza) and Emerita Augusta (Merida)

CRUCES BLÁZQUEZ CERRATO

Universidad de Salamanca
crucesb@usal.es
<https://orcid.org/0000-0002-8296-7295>

JUAN GÓMEZ BARREIRO

Universidad de Salamanca
ugb@usal.es
<https://orcid.org/0000-0002-6003-5243>

INÉS PUENTE ORENCH

Institut Laue-Langevin. Grenoble (Francia)
puenteorench@ill.fr
<https://orcid.org/0000-0001-5491-1238>

MARTA GÓMEZ BARREIRO

Servicio de Patrimonio-Junta de Castilla y León
gombarma@jcy.es
<https://orcid.org/0000-0001-5048-7812>

CARMELO FERNÁNDEZ IBÁÑEZ

Museo de Palencia
feribaca@jcy.es
<https://orcid.org/0000-0002-8722-3885>

JOSÉ MANUEL COMPAÑA PRIETO

NUCLEUS-Universidad de Salamanca
jmcompaña@usal.es
<https://orcid.org/0000-0002-5031-3115>

RUFO MARTÍN MATEO

Centro de Conservación de Simancas-Junta de Castilla y León
marmatru@jcy.es

Resumen

Presentamos aquí una línea de investigación recientemente abordada y centrada en el análisis de ciertas acuñaciones vinculadas con el abastecimiento a las tropas romanas establecidas en Hispania. Entre nuestros objetivos principales está la revisión de las emisiones de *Caesar Augusta* y de *Augusta Emerita*, las dos cecas hispanorromanas que tuvieron mayor volumen de producción y una estrecha vinculación con el ejército romano. La revisión de sus acuñaciones ya había revelado previamente características formales diversas y ámbitos de circulación diferenciados. Entre nuestros objetivos principales está la comprobación mediante la Microscopía Electrónica de Barrido (SEM-EDS) y la Fluorescencia mediante Rayos X (XRF) de las diferencias existentes en la composición de las aleaciones metálicas y en la propia microestructura de las monedas. El tercer paso ha consistido en su análisis mediante Difracción neutrónica para observar la textura metalográfica. Paralelamente, tratamos de observar cuestiones relativas a la porosidad de las piezas y a su afección por efecto de la corrosión, que consideramos podrían ser de interés para los procesos de restauración y consolidación de los materiales metálicos.

Palabras clave: Hispania, moneda romana, funcionamiento de las cecas, aleaciones, texturas, análisis neutrónico, SEM-EDS, XRF

Abstract

We present here a line of research recently in progress and focused on the analysis of certain issues linked to the supply of Roman troops established in Hispania. Among our main objectives is the review of the mints of Caesar Augusta and Augusta Emerita, the two Hispanic-Roman mints that had the highest

production volume and had a close link with the Roman army. The review of their coinage had previously revealed diverse formal characteristics and differentiated areas of circulation. Among our main objectives is the verification by Scanning Electron Microscopy (SEM-EDS) and X-Ray Fluorescence (XRF) of the existing differences in the composition of the metal alloys and in the microstructure of the coins themselves. The third step has consisted in its analysis by neutron diffraction to observe their metallographic texture. At the same time, we tried to observe issues related to the porosity of the pieces and their effect of corrosion that we consider could be of interest for the processes of restoration and consolidation of metallic materials.

Key words: Hispania, Roman coinage, mint manufacturing, alloys, textures, neutron analysis, SEM-EDS, XRF

1. Introducción

Dentro del Proyecto *Paisaje y territorio militarizado en Hispania romana: movilidad y transferencia cultural (ss. II a. C. -IV d. C.)* (HAR2017-85929-P) una de las líneas de investigación se ha centrado en el análisis de acuñaciones vinculadas con el abastecimiento a las tropas establecidas en Hispania. Presentamos aquí esta sección del proyecto, sus objetivos principales y un breve avance de los resultados preliminares. Desde el primer momento fuimos conscientes de que la aproximación a este material numismático debía realizarse desde una óptica multidisciplinar. Por ello, tratamos de integrar a especialistas en diferentes campos de trabajo, de cara a que los análisis y sus valoraciones pudieran abordarse y contrastarse desde distintas perspectivas.

Entre nuestros objetivos principales está la revisión de las acuñaciones de *Caesar Augusta* y de *Augusta Emerita*, dos ciudades hispanorromanas que debieron compartir más características de las que en un primer momento pudiera intuirse. Ambas son las dos cecas hispanorromanas con mayor volumen de producción, pero, además, en el reciente análisis realizado por Gómez Barreiro (2017) para el taller caesaragustano, ha podido observarse que ese cálculo previo prácticamente se duplica. Por ello, resultaba más evidente la necesidad de encontrar justificación para estos destacados volúmenes de producción.

2. Perspectiva numismática

Para *Augusta Emerita*, capital de Lusitania, su fecha de fundación y su relación con el ejército romano, al que remite el propio nombre de la colonia, se han reconocido desde antiguo (DCPH: 121-122). Sin embargo, para *Caesar Augusta*, capital de *conventus*, su fecha fundacional ha sido muy discutida y su profunda vinculación con la *domus imperial* y con el ejército romano no se han reconocido adecuadamente hasta fechas recientes (Gómez Barreiro, 2017: 98 y ss.). Además, ambas colonias mantienen abundantes paralelismos: fueron fundaciones *ex novo*, hecho al que remiten reiteradamente sus monedas con la yunta fundacional (figura 1: 1-2); ambas mantuvieron una estrecha relación con Agripa; y las dos ciudades fueron bases para los soldados licenciados de las guerras cántabras¹. Ese origen militar se constata en las mismas monedas; en las de ambas colonias se refieren las legiones fundadoras y en diferentes series se utilizan tipos de clara raigambre militar (figura 1: 3, 4 y 6).

¹ Sobre los rasgos compartidos por ambas colonias, Cruces Blázquez Cerrato y Marta Gómez Barreiro están preparando una publicación que verá próximamente la luz. Ambas firmantes forman parte del Grupo de Investigación Reconocido de la Universidad de Salamanca *Hesperia. Estudios sobre la península ibérica en la Antigüedad*.

Otra notable característica de estas acuñaciones es su estrecha similitud con las de Roma. Ese interés por lo que podría definirse como *aemulatio Romae*, se observa bien en las emisiones caesaraugustanas, en las que, desde Augusto a Calígula y en progresivo avance, es evidente el interés por reproducir tipos metropolitanos (figura 1: 5-10); eso sí, con los correspondientes ajustes que permitieran identificarlas como acuñaciones provinciales (Gómez Barreiro, 2017: 117 y ss.). Esto no es algo generalizado en las emisiones hispanas en las que, aunque aparecen tipos de clara raigambre romana, su presencia es ocasional y menos continuada. *Caesar Augusta* busca directamente su repertorio en el contemporáneo de Roma y, en muchos casos, simplemente modifica las leyendas del reverso ajustándolas a las necesidades locales. La variedad de sus tipos, su calidad iconográfica y su amplia gama de valores destacan al compararlas con las demás emisiones tarraconenses que suelen repetir un mismo tipo, de calidad variable, y solo acuñan un repertorio de valores reducido a ases y semises.

Además, el reciente análisis de la producción y circulación de *Caesar Augusta*, ha revelado su destacado papel en relación con la organización del Noroeste peninsular. En trabajos previos ya habíamos comprobado que el análisis de la dispersión de las series monetarias de ambas colonias revelaba claramente que el principal destino de esas monedas fueron los campamentos de la zona septentrional hispana y también sus áreas de influencia (Blázquez y Gómez Barreiro, 2006: 241-256). Esto es especialmente evidente para las primeras emisiones, todas anteriores al cambio de Era, que parecen constituir el aporte inicial y principal para esta área no monetizada pero necesitada de numerario. Los bronces oficiales emeritenses a nombre de *P. Carisius Leg (atus) Aug(usti)* aparecen en los mismos ambientes campamentales y suelen acompañar a esas primeras series caesaraugustanas.

Al profundizar en la revisión de la manufactura de esas emisiones tempranas hemos podido observar el enorme esfuerzo productivo asumido por ambos talleres. Creemos que existen suficientes evidencias para considerar que muchas de esas acuñaciones debieron responder a una «producción de necesidad». Es decir, en esa etapa inicial lo realmente importante era la cantidad de moneda acuñada y no su calidad final, algo que puede deducirse de su observación (figura 1: 11-13). Por eso, las diferencias evidentes en la ejecución de los cospeles, aleaciones utilizadas, oscilaciones en sus pesos, pero también en los propios cuños y en su aplicación sobre los flanes, los retoques y otros detalles delatan su particular carácter.

Si se acepta la relevancia que hemos puesto de manifiesto para *Caesar Augusta*, los paralelismos y el estrecho vínculo de ambas colonias con la organización del ejército establecido en el Noroeste peninsular, resultaría posible reconocerla también como ceca para otras emisiones oficiales claramente vinculadas con el pago del ejército y para las que no tenemos un taller de producción identificado. Nos referimos ahora tanto a las series de plata de los años 19-17 a. C., como a los denarios augústeos acuñados a nombre de *C(a)yo L(ucio) Caesares*, y también a los tiberianas con la leyenda *Pontif(ex) Maxim(us)*². De hecho, para estas dos últimas acuñaciones, la evidente variedad formal ya ha llevado a proponer su origen en otras cecas diferentes a *Lugdunum*; su notable distribución peninsular y el hallazgo de una pareja de cuños también ha hecho pensar en talleres hispanos para su emisión (DCPH: 324-325).

Pero, además, nuestra propuesta de vincular estas acuñaciones con el taller caesaraugustano podría constituir una base sólida para relacionar también con esta ceca las posteriores emisiones de Claudio I que fueron denominadas «imitaciones del Taller Peninsular II» por Besombes y Barrandon (2000: 175-180).

² Son los denarios augústeos atribuidos a *Caesar Augusta* (RIC I², 26-49) y los augústeos (RIC I², 206-208 y 210) así como los tiberianos (RIC I², 26, 28 y 30) atribuidos a *Lugdunum* y/o a otras cecas auxiliares del taller galo.



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



3. Datos materiales sobre la producción monetaria

Las hipótesis planteadas a partir de la comparación de cecas y de paralelismos tipológicos necesitan de los correspondientes análisis de materiales para avanzar y resolver algunas de las cuestiones pendientes. La proporción de datos disponibles sobre las aleaciones utilizadas en las cecas hispanas es todavía muy reducida. Para *Caesar Augusta* solo un 3 % de las monedas cuenta con análisis y, además, esas analíticas no abarcan el total de sus series (Gómez Barreiro, 2017: 175-200). Para *Emerita* el porcentaje de series analizadas es todavía más reducido.

Además, la procedencia de los datos y el tipo de estudio desarrollado son heterogéneos. Raramente se precisan los sistemas de análisis, su calibración, el método de preparación de las muestras, etc. A pesar de ello, la información disponible ya marcaba tendencias muy señaladas en cuanto a las diferencias en la composición de las aleaciones utilizadas. Por ejemplo, para *Caesar Augusta*, los comportamientos son significativos en cada etapa de gobierno; en las series augústeas el uso del plomo es generalizado, mientras que en las tiberianas el plomo solo se ha constatado en una única emisión hasta desaparecer por completo en las acuñaciones de Calígula (Gómez Barreiro, 2017: 189 y ss.).

Por ello, para corroborar, pero también para complementar y matizar esa información, un objetivo fundamental en nuestro proyecto ha sido someter el material numismático a distintos análisis. Consideramos además que era importante realizar esas analíticas en diferentes estratos de la moneda, es decir, no limitarnos a muestreos superficiales sobre la pátina, sino acceder también al núcleo de las piezas. Para ello, hemos aprovechado piezas con muescas, fragmentadas y, en general, las que estaban en peor estado de conservación. También hemos tenido la posibilidad de adquirir monedas dedicadas específicamente para este fin.

Queremos aumentar cuantitativamente el corpus de análisis para poder conocer las aleaciones utilizadas en estas cecas y los correspondientes procesos productivos. Esto permitirá documentar mejor el funcionamiento de los talleres, la elaboración de las aleaciones, el proceso de acuñación y así contrastar el funcionamiento de estas cecas provinciales. Pero, además, este mayor conocimiento material también permitirá detectar coincidencias o discordancias con esas otras emisiones oficiales a las que antes nos hemos referido.

Durante la primera fase del proyecto se ha dedicado un gran esfuerzo a la gestión del material. Estamos trabajando sobre un conjunto de aproximadamente un centenar de monedas, todas cuidadosamente seleccionadas, aunque esperamos poder incrementar esa cantidad. Hemos tratado de buscar muestreos entre las series más ilustrativas formalmente de las diferencias.

Desde el inicio consideramos fundamental diseñar y aplicar un protocolo bien definido a las piezas que serían analizadas. Nos referimos a la necesidad de normalizar los procesos de selección de los materiales, su traslado, su pulido y consolidación, pero también de la documentación de todos esos pasos previos. Solo así resulta posible trabajar *a posteriori* con los datos para que el contraste de resultados sea metodológicamente aceptable y para poder valorar las diferencias observadas a partir de los diferentes estudios.

← **Figura 1.** Localización de ambas cecas y algunas de sus acuñaciones: 1. Reverso de as de Augusto de *Caesar Augusta* (DCPH: 72, n.º 3). 2. Reverso de as de Augusto de *Augusta Emerita* (DCPH: 124, n.º 19). 3. Semis de Augusto de *Caesar Augusta* (DCPH: 74, n.º 14). 4. Semis de Augusto de *Augusta Emerita* (DCPH: 73, n.º 9). 5. Sestercio de Tiberio de Roma (RIC I², 48). 6. Sestercio de Tiberio de *Caesar Augusta* (DCPH: 77, n.º 33). 7. As de Tiberio de Roma (RIC I², 43). 8. As de Tiberio de *Caesar Augusta* (DCPH: 78, n.º 46). 9. As de Tiberio de Roma (RIC I², 33). 10. As de Tiberio de *Caesar Augusta* (DCPH: 76, n.º 28). 11. Sestercio de Calígula de *Caesar Augusta* (DCPH: 80, n.º 54). 12. Semis de Tiberio de *Caesar Augusta* (DCPH: 77, n.º 37). 13. Dupondio de Tiberio de *Augusta Emerita* (DCPH: 125, n.º 30). (Imágenes tomadas de Gómez Barreiro, 2017 y DCPH)

Figure 1. Location of both mints and some of its coins: 1. Reverse of As of Augustus of *Caesar Augusta* (DCPH: 72, no. 3). 2. Reverse of As of Augustus of *Augusta Emerita* (DCPH: 124, no. 19). 3. Semis of Augustus of *Caesar Augusta* (DCPH: 74, no. 14). 4. Semis of Augustus of *Augusta Emerita* (DCPH: 73, no. 9). 5. Sestertius of Tiberius of Rome (RIC I², 48). 6. Sestertius of Tiberius of *Caesar Augusta* (DCPH: 77, no. 33). 7. As of Tiberius of Rome (RIC I², 43). 8. As of Tiberius by *Caesar Augusta* (DCPH: 78, no. 46). 9. As of Tiberius of Rome (RIC I², 33). 10. As of Tiberius by *Caesar Augusta* (DCPH: 76, no. 28). 11. Sestertius of Caligula by *Caesar Augusta* (DCPH: 80, no. 54). 12. Semis of Tiberius of *Caesar Augusta* (DCPH: 77, no. 37). 13. Dupondius of Tiberius of *Augusta Emerita* (DCPH: 125, no. 30). (Images taken from Gómez Barreiro, 2017 and DCPH)

4. Análisis realizados

Las técnicas analíticas aplicadas a las monedas son la Microscopía Electrónica de Barrido (SEM-EDS) y la Fluorescencia mediante Rayos X (XRF) para tratar de observar las diferencias existentes en la composición de las aleaciones metálicas utilizadas, pero también para comprobar si la propia microestructura de las piezas resulta reveladora de diferencias en el proceso productivo de las distintas series. El tercer paso ha consistido en el análisis de las monedas mediante Difracción neutrónica (ND) para observar su textura metalográfica.

La determinación de la composición elemental se ha llevado a cabo mediante Microfluorescencia de Rayos X. El Servicio de Difracción de Rayos X de la Universidad de Salamanca dispone de un espectrómetro de micro-fluorescencia, modelo Bruker M4 Tornado* que ha permitido obtener información sobre la presencia, cantidad y distribución de elementos químicos operando en un tiempo mínimo. Los espectros adquiridos se han procesado con un software específico (ESPRIT M4 v. 1.5.2.65) para obtener un análisis semicuantitativo.

En este sentido hemos observado la medida en que están presentes los distintos elementos, pero también la uniformidad de su distribución. Los *mappings* de dos ases de Claudio I (figura 2) revelan que en la aleación el Cu es el elemento mayoritario, con mayor porcentaje en el segundo as que en el primero; que la presencia del Zn en la primera moneda contrasta con su ausencia en la segunda; que la distribución del Pb es heterogénea y está concentrado en algunas zonas como producto de la corrosión y no elemento de la aleación metálica utilizada; que la presencia del Cl responde en la primera moneda a la corrosión generalizada que, sin embargo, aparece muy localizada en la segunda; y, finalmente, que Si, Al, K, Fe corresponden a restos de tierra y de otros minerales que se encuentran cementados con la pátina.

Además, hemos realizado un uso complementario de la Microscopía Electrónica de Barrido ya que ambas técnicas ofrecen diferentes capacidades analíticas. Por ejemplo, la resolución y la magnificación que permite el SEM-EDS es inalcanzable para los microscopios ópticos que se utilizan en el posicionamiento de la muestra en Microfluorescencia de Rayos X. El SEM-EDS permite obtener mejores imágenes que las logradas por cualquier otro medio de reproducción fotográfica.

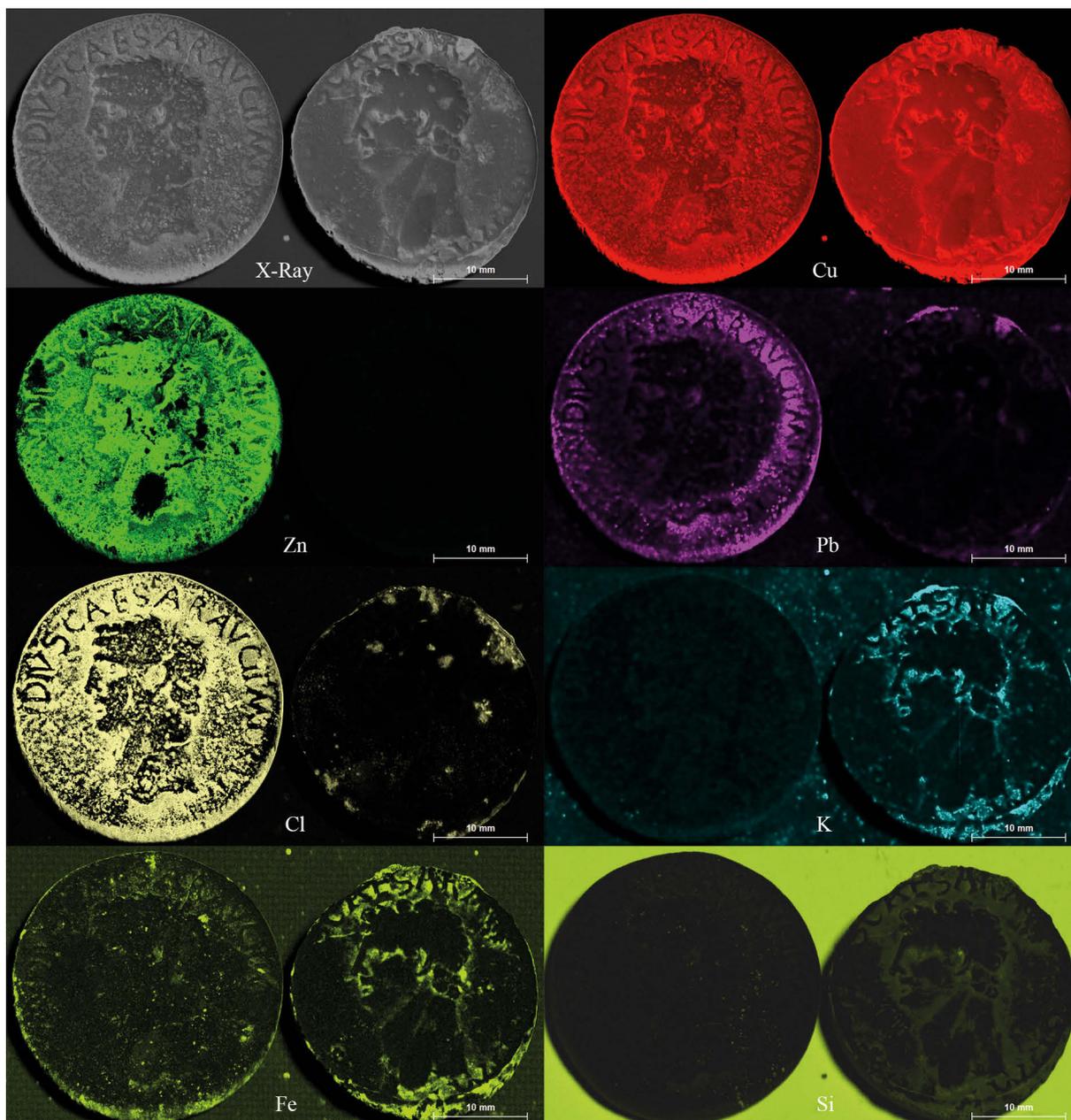
Sin embargo, la Difracción Neutrónica resulta particularmente adecuada para investigar las técnicas productivas de los materiales arqueológicos. A pesar de ello, su aplicación en el campo de la Numismática es muy poco frecuente³, ya que suele reducirse a los análisis en arqueometría experimental o bien para comprobar la autenticidad de las monedas. Su mayor ventaja es la elevada capacidad de penetración que permite alcanzar el núcleo de las monedas y no solo zonas externas que pueden haber sido alteradas por factores diversos. Además, no es necesario preparar las piezas, ni siquiera con un pulido mínimo⁴.

Los análisis ND se han realizado en el Laboratorio Europeo de Radiación Sincrotrón de Grenoble. En cuanto a su aportación a la Numismática, es cierto que el tiempo de adquisición de datos varía según los objetivos (1 h-2 h/moneda), pero de estos análisis se obtiene mayor y mejor información cuando se trabaja sobre un volumen amplio de material.

La Difracción Neutrónica permite identificar y cuantificar las fases cristalinas presentes. Las semejanzas y diferencias en la textura cristalográfica de las piezas fabricadas con un mismo metal o una misma aleación metálica pueden atribuirse al uso de diferentes técnicas de producción, porque todas dejan su correspondiente impronta en la textura y en la microestructura de la moneda. Este es uno de

³ Excepciones en este sentido son los proyectos de investigación sobre moneda de Magna Grecia (*cf.* Salvemini *et alii*, 2020) y sobre moneda griega imperial de bronce (Griesser *et alii*, 2016).

⁴ Los principales inconvenientes que presenta este tipo de análisis son que el acceso es muy limitado y, sobre todo, que los datos necesitan un procesamiento complejo solo alcanzable cuando se dispone de la suficiente experiencia.



Spectrum	Cu	Zn	Pb	Cl	K	Fe	Si	Ca	Al	Ti	Sr	Ag	Sn
Moneda_1	72,57	9,24	0,3388	16,43	0,03	0,23	0,86	0,00	0,28	0,0065	0,0002	0,0261	0,0000
Moneda_2	86,32	0,01	0,0649	1,46	0,21	0,31	9,10	1,35	1,10	0,0310	0,0220	0,0206	0,0052

Figura 2. Mappings y correspondiente Spectrum de dos ases de Claudio I resultado del análisis XRF realizado en el laboratorio de NUCLEUS-USAL

Figure 2. Mappings and corresponding Spectrum of two Aces of Claudio I, the result of the XRF analysis carried out in the NUCLEUS-USAL laboratory

los puntos fuertes, sobre todo, para tratar de observar la evolución de las técnicas productivas en las cecas, para comprobar en qué medida y momento se logra y/o se mantiene una estandarización del proceso productivo y también para detectar cuándo estamos ante falsificaciones.

Presentamos un caso de estudio (figura 3) para mostrar el potencial en la caracterización no destructiva de monedas. La pieza de *Caesar Augusta* corresponde al tipo de bronce con elevado contenido en Pb. De hecho, en este caso el porcentaje de pb obtenido tanto de la analítica ND como mediante XRF

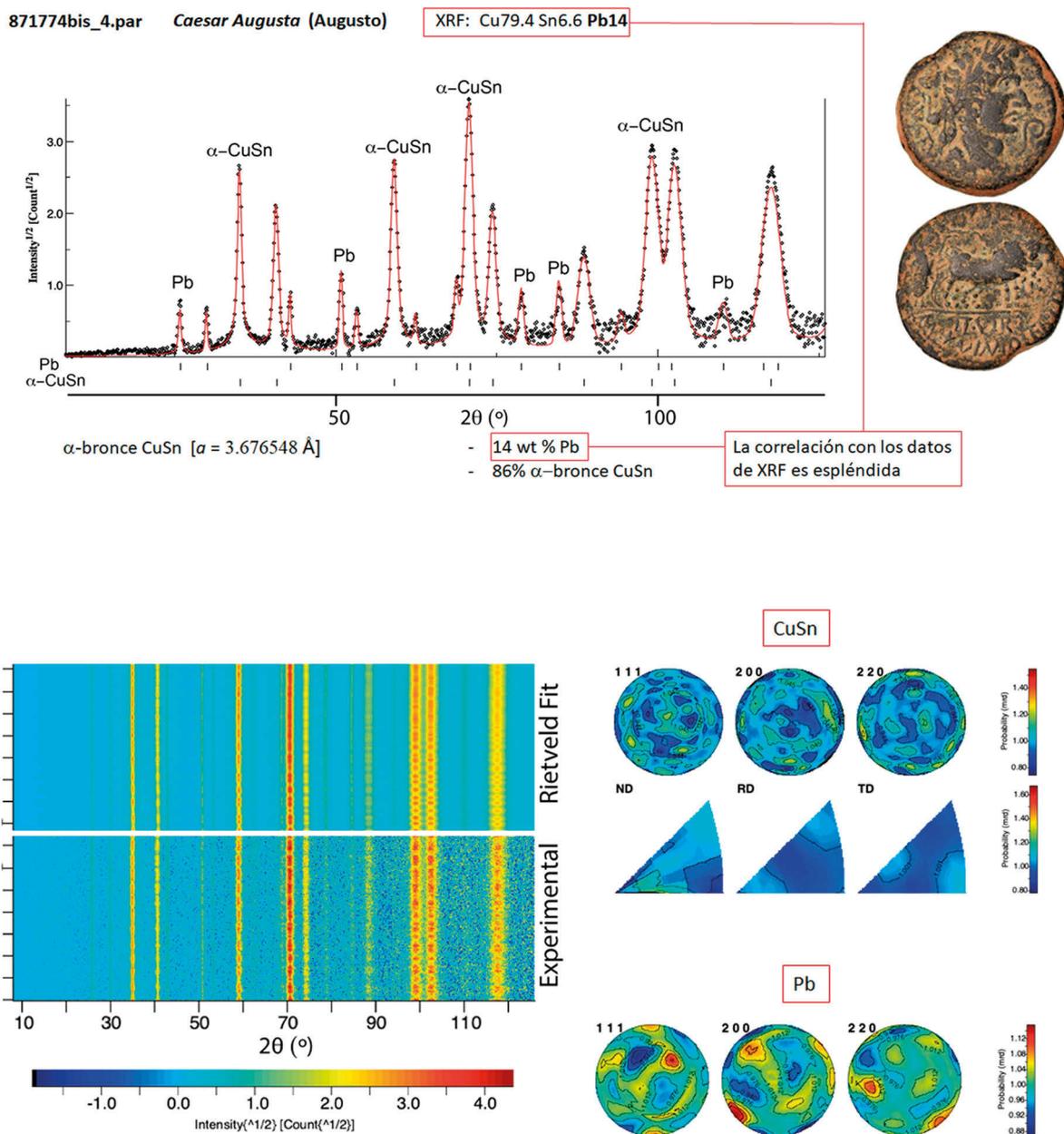


Figura 3. Resultado del análisis mediante difracción neutrónica (ND), realizado en el Institut Laue-Langevin de Grenoble, Francia, de un as de Augusto de *Caesar Augusta* (DCPH: 74, n.º 15). Los datos ofrecen información sobre la composición y sobre la textura de esta moneda

Figure 3. Result of the analysis by neutron diffraction (ND), carried out at the Institut Laue-Langevin in Grenoble, France, of an as of Augustus of *Caesar Augusta* (DCPH: 74, no. 15). The data provides information on the composition and texture of this coin

está estrechamente ajustado y esto precisamente refuerza la fiabilidad de la técnica. La textura de esta moneda es compleja y, aunque todavía tendremos que examinarla más detalladamente y comparar estos datos con los obtenidos por SEM, parece que estamos ante el resultado de una recristalización intensa y lenta, quizá debida a un tratamiento térmico particular en esta ceca. Respecto a posibles alteraciones, esta pieza carece de indicios claros. Aunque reconocemos que lo presentado aquí responde exclusivamente a resultados preliminares, consideramos que muestra de forma clara el potencial para identificar las variaciones locales o temporales en los procesos de producción de los talleres.

Otro aspecto fundamental que permite examinar la ND es la porosidad y la propia morfología de los poros constituye un importante indicador. Su geometría, su tamaño, la orientación, la ubicación, e incluso el tipo de conectividad entre ellos, están relacionados con el proceso de manufactura del objeto metálico. Los poros pueden resultar de la formación de burbujas de aire, pero también de la contracción de algún componente de la aleación, mientras el metal está todavía en estado líquido durante el proceso de solidificación.

Insistimos en estos detalles porque, desde el momento inicial, nos planteamos la necesidad de adquirir datos cuantitativos, pero también cualitativos, para así explorar las características de los procesos de producción, pero también los mecanismos que conducen a los procesos de corrosión. La corrosión es uno de los principales problemas ligado a los materiales metálicos. Creemos que la transmisión de los resultados de los análisis realizados podría contribuir en las labores de restauración y conservación del material metálico en general y del numismático en particular.

Bibliografía

- Besombes, P.A. y Barrandon, J.N. (2000): “Nouvelles propositions de classement des monnaies de «bronze» de Claude I^{er}”, *Revue Numismatique*, 6 (155): 161-188.
- Blázquez Cerrato, C. (1992): *La dispersión de las monedas de Augusta Emerita*. Cuadernos Emeritenses, 5. Mérida.
- Blázquez Cerrato, C. y Gómez Barreiro, M. (2006): “Circulación monetaria de las cecas de *Emerita* y *Caesaraugusta* en los campamentos romanos de la región septentrional de la península ibérica”. En A. Morillo (ed.): *Arqueología Militar Romana en Hispania II: producción y abastecimiento en el ámbito militar*. Universidad de León. León: 241-256.
- DCPH = García-Bellido y Blázquez Cerrato (2002).
- García-Bellido, M.P. y Blázquez Cerrato, C. (2002): *Diccionario de Cecas y Pueblos Hispánicos*. CSIC. Madrid. 2 vols.
- Gómez Barreiro, M. (2003): “El papel de la colonia *Caesaraugusta* en el contexto imperial augústeo: el testimonio histórico de la numismática”. *Archivo Español de Arqueología*, 76: 291-307.
- Gómez Barreiro, M. (2017): *La ceca de Caesaraugusta. Producción y circulación monetaria*. Anejos de AEspA, LXXXI. CSIC. Madrid.
- Griesser, M., Kockelmann, W., Hradil, K. y Traum, R. (2016): “New insights into the manufacturing technique and corrosion of high leaded antique bronze coins”. *Microchemical Journal*, 126: 181-193.
- RIC I² = Sutherland (1984).
- Salvemini, F., Sheedy, K., Olsen, S.R., Luzin, V. y Garbe, U. (2020): “Neutron Imaging for Numismatics”. En K.A. Sheedy y G. David (eds.): *Metallurgy in Numismatics 6. Mines, Metals and Money. Ancient World Studies in Science, Archaeology and History*. London: 247-259.
- Sutherland, C.H.V. (1984): *Roman Imperial Coinage. Vol. I: From 31 BC to AD 69*. London.



MetalEspaña 2020/2021

III Congreso de Conservación y Restauración del Patrimonio Metálico

Joaquín Barrio Martín
Milagros Buendía Ortuño (eds.)

El volumen 6 de la Serie Anejos a CuPAUAM recoge la publicación de las Actas del III Congreso de Conservación y Restauración del Patrimonio Metálico, *MetalEspaña 2020/2021*. Esta monografía es el resultado de las actividades científicas llevadas a cabo en los tres días de sesiones. En sus páginas se integran, de una manera muy equilibrada entre investigación e intervención, trabajos con unos contenidos multidisciplinares en su carácter analítico, deontológico y técnico. Con ello se demuestra que la combinación de Ciencia, Tecnología Aplicada y Conservación-Restauración es la mejor manera de abordar la recuperación y cuidado de los objetos que componen el Patrimonio Metálico.

Las Actas que se editan en esta monografía han sido posibles gracias a la implicación y al trabajo conjunto de las tres instituciones organizadoras de *MetalEspaña 2020/2021*: Universidad Autónoma de Madrid (SECYR), la Subdirección General de los Museos Estatales (Museo Nacional de Arqueología Subacuática ARQVA) y la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre (Museo Casa de la Moneda).

