

# 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 |
| <b>SESIÓN I. CIENCIA Y TECNOLOGÍAS DE INVESTIGACIÓN DEL PATRIMONIO METÁLICO</b>  |    |
| 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 <sup>a</sup> 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   |     |
| <b>Sesión II. MONEDAS Y PATRIMONIO NUMISMÁTICO: ESTUDIOS, PROYECTOS, RESTAURACIONES Y MUSEOS</b>   |     |
| 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 11<sup>th</sup> 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 .....<br>The experience of preserving metals: a work of continuous learning<br>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) .....<br>Conservation. Methodological proposal for a practical case in the Portico Oriental of the Plaza de Armas in <i>Madīnat al-Zahrā</i> (Córdoba)<br>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) .....<br>Archaeology and Restoration: A practical example of the Pórtico Oriental of the Plaza de Armas in <i>Madīnat al-Zahrā</i> (Córdoba)<br>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 .....<br>Mexico City: an exceptional environment for archaeological metal corrosion. Case study<br>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) .....<br>Conservation and archaeological study of Iberian and Vacceo-Roman bronze and iron pieces from <i>Dessobriga</i> (Palencia)<br>ÁGUEDA SÁENZ-MARTÍNEZ, FRANCISCO DEL PESO-ROSADO, ESPERANZA MARTÍN-HERNÁNDEZ Y DAVID EXPÓSITO | 249 |
| Decoración incisa bajo siglos de corrosión metálica .....<br>Incised decoration under centuries of metallic corrosion<br>LUCÍA GUTIÉRREZ GONZÁLEZ   | 257 |
| El conjunto de estatuillas de bronce de la Tumba n.º 14, Oxirrinco (El-Bahnasa), Egipto .....<br>The set of bronze statuettes from Tomb no. 14, Oxirrinco (El-Bahnasa), Egypt<br>BERNAT BURGAYA MARTÍNEZ  | 269 |
| Estado de conservación y metodología de intervención de una selección de bronce del yacimiento Casas del Turuñuelo .....<br>State of conservation and intervention methodology of a selection of bronzes from the archaeological site Casas del Turuñuelo<br>MARÍA CRUZ MEDINA SÁNCHEZ, MARÍA MUÑOZ MORA Y JOAQUÍN BARRIO MARTÍN  | 279 |

|   |     |
|---|-----|
| Un ataque microbiológico en objetos de hierro de época ibérica:<br>proyecto interdisciplinar de investigación, intervención y<br>conservación preventiva .....  | 289 |
| A microbiological attack on iron objects from the Iberian<br>period: interdisciplinary research, intervention and<br>preventive conservation project  |     |
| RAMÓN CANAL ROCA, TRINIDAD PASÍES OVIEDO, JAIME VIVES-FERRÁNDIZ SÁNCHEZ,<br>M <sup>a</sup> TERESA DOMÉNECH-CARBÓ, ROSA M <sup>a</sup> MONTES ESTELLÉS,<br>JOSÉ ANTONIO MADRID GARCÍA Y ANTONIO DOMÉNECH-CARBÓ |     |
| Propuesta para la conservación de una amplia colección de<br>objetos arqueológicos de hierro .....  | 299 |
| Proposal for the conservation of a wide collection of iron<br>archaeological objects  |     |
| LAURA GARCÍA BOULLOSA   |     |
| Sistema expositivo en la colección de metales del Museo<br>Foro Romano. Molinete (Cartagena) .....  | 309 |
| Exhibition system in the metal collection of the Roman<br>Forum Museum. Molinete (Cartagena)  |     |
| IZASKUN MARTÍNEZ PERIS  |     |
| Trabajos de conservación-restauración de cuatro tuberías de<br>plomo de la ciudad romana de <i>Baetulo</i> (Badalona). Un caso<br>de estudio interdisciplinar .....   | 319 |
| Conservation-restoration work on four lead pipes in the<br>Roman city of Baetulo (Badalona). An interdisciplinary case<br>study   |     |
| ANNA BERTRAL ARIAS, ESTHER GURRI COSTA Y SANTIAGO RIERA MORA  |     |
| Métodos de limpieza sobre metales arqueológicos procedentes<br>de medios marinos: clavos de hierro originarios del Pecio de<br>Urbieta (Gernika, Vizcaya) .....   | 329 |
| Cleaning methods on archaeological metals from marine<br>environments: iron nails from the Urbieta Wreck (Gernika,<br>Vizcaya)  |     |
| SARA MASTRAL-MOLINOS, AINARA ZORNOZA-ÍNDART, LAURA GARCÍA Y GIORGIO STUDER  |     |
| <b>SESIÓN IV. PATRIMONIO METÁLICO HISTÓRICO, ARTÍSTICO Y RELIGIOSO</b>  |     |
| Acciones de Conservación de Patrimonio Militar de Artillería:<br>de la intervención mínima a la intervención funcional .....  | 341 |
| Actions for the Conservation of Artillery Military Heritage:<br>from minimal intervention to functional intervention  |     |
| ANAHÍ MEYER RIERA Y JAIME FERREIRA REGALADO   |     |
| Construcción de decisiones para la producción y restauración<br>de «El caballito» .....   | 351 |
| Decision making for the production and restoration of<br>“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<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> 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><b>La conservación de las culebrinas de bronce recuperadas de la fragata <i>Nuestra Señora de las Mercedes</i></b> .....</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><b>La Estación Central de Santiago de Chile. Arquitectura metálica y vanguardia decimonónica</b> .....</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><b>Las jardineras tipo Monier en las Galerías Punta Begoña. Degradaciones y proceso de conservación</b> .....</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<sup>a</sup> DOLORES RODRÍGUEZ LASO</p> | 445 |
| <p><b>Los inicios de la industria del hierro en Madrid en el siglo XIX: cerramientos de edificios reseñables</b> .....</p> <p>The beginnings of the iron industry in Madrid in the 19<sup>th</sup> century: remarkable building enclosures</p> <p>SUSANA LÓPEZ GINESTAL Y SOLEDAD DÍAZ MARTÍNEZ</p>   | 453 |
| <p><b>Restauración del Patrimonio Metálico Urbano: la escultura de la Flama Rotaria de la ciudad de Valencia</b> .....</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><b>Westfalia Manteigueira com Centrifugadora: desafios e soluções de conservação</b> .....</p> <p>Westfalia Butter with Centrifuge: challenges and conservation solutions</p> <p>ANDREIA ROMÃO</p>   | 471 |

# Intervención de urgencia de conjunto de monedas y vajilla de bronce de Pompeya. Una restauración de campaña junto al Vesubio

## Urgent intervention of a set of coins and bronze tableware from Pompeii. A campaign restoration next to Vesuvius

**BETLEM MARTÍNEZ PLA**

Técnica Superior de Conservación y Restauración de Metales  
Proyecto Casa de Ariadna (Pompeya)  
betlemmartinez@gmail.com

### Resumen

El objetivo de este trabajo es mostrar el planteamiento de un laboratorio de campaña, próximo a la excavación, en el que se trata de conservar los bronce en las mejores condiciones posibles, condicionadas por una evidente limitación de tiempo y medios para la realización de tratamientos. Se plantea una manera de adaptar la metodología que aplicamos en las labores de conservación y restauración, a las circunstancias específicas y el contexto actual de este proyecto.

El tipo de deterioro de los objetos encontrados, en relación con el contexto arqueológico, viene determinado por algunas particularidades del momento del enterramiento: altas temperaturas, derrumbes, presiones, pH de las cenizas y baja humedad relativa.

Durante la intervención, el primer propósito ha sido la estabilización de los bronce y la mejora tanto de la lectura de los detalles decorativos y estructurales, como de las condiciones de almacenamiento. En el caso de las monedas, se priorizó la eliminación de concreciones, consolidación y limpieza para su conservación, así como la recuperación de los relieves que ha permitido su identificación.

**Palabras clave:** bronce, metales, conservación, restauración, romano, Pompeya

### Abstract

The objective of this paper is to show our proposal of a field laboratory, close to the excavation, with the aim of preserving the bronzes in the best possible conditions. The treatments are conditioned by an evident limitation of time and means for realising. It is proposed a way to adapt the methodology regularly applied in conservation and restoration work, to the specific circumstances and current context of this project.

The type of deterioration of the bronze artifacts, in relation to the archaeological context, stems from some peculiarities of the moment of burial: high temperatures, collapses, pressures, ash pH and low relative humidity.

During the intervention, the first aim was to stabilize the bronzes and improve both the reading of the decorative and structural details, as well as the storage conditions. In the case of coins, priority was given to the elimination of concretions, consolidation and cleaning for their conservation. Furthermore, the recovery of the reliefs have allowed their identification.

**Key words:** bronze, metals, conservation, restoration, Roman, Pompeii

## 1. Introducción

La ingente cantidad de objetos metálicos almacenados en las instalaciones del Parco Archeologico di Pompei, resulta inabarcable para cualquier equipo de conservación-restauración. Por este motivo, en 2015 se implantó la normativa que consideraba indispensable que los proyectos internacionales con excavación arqueológica incluyeran la intervención conservativa de los metales encontrados, antes de realizar su depósito definitivo. Por otra parte, no permitía el traslado de las piezas fuera de Italia para su tratamiento y mantenía un estricto control diario de acceso a los materiales encontrados. En esta misma fecha, se planteó por primera vez la intervención de restauración de los metales encontrados, dentro del proyecto arqueológico de Casa Ariadna de Pompeya (figura 1). Este proyecto se inició en 2004 y está actualmente codirigido por la Sección de Arqueología Municipal (SIAM) del Ayuntamiento de Valencia y el Institut Valencià de Conservació, Restauració i Investigació (IVCR+I).

Para el montaje del laboratorio portátil, se nos facilitó una sala diáfana de las dependencias del Parco Archeologico, sita en la Casa del Baco, junto al foro (figura 1). La realización de pruebas analíticas *in situ* y el equipamiento instrumental se limitó a equipos portátiles como pHmetros, conductímetro, baños de ultrasonidos y micromotor. Las analíticas elementales se realizaron posteriormente sobre muestras tomadas durante la campaña, como comprobación de las conclusiones iniciales.

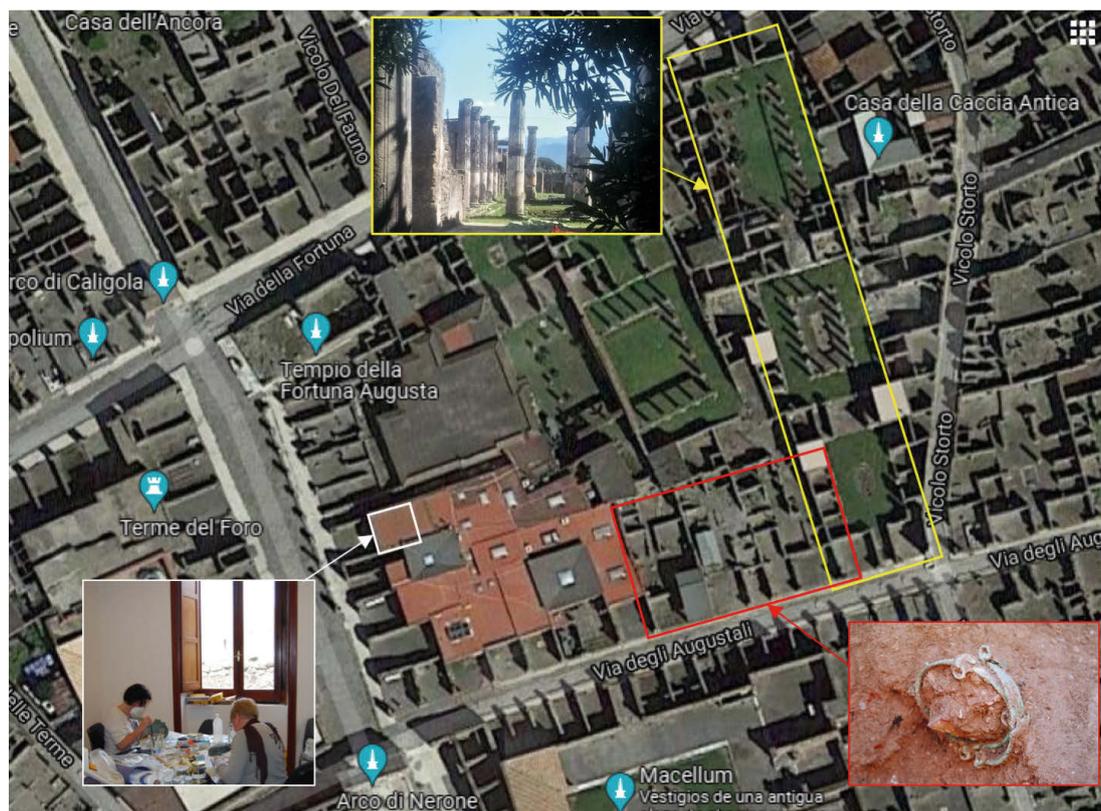
Las primeras intervenciones, sobre los objetos metálicos, fueron llevadas a cabo por dos técnicas en conservación y restauración durante una semana en la campaña de 2015. En ella se intervino el conjunto de elementos relacionados con la balanza mayor; los platos de balanza (figura 2), la sujeción central y el *gancio* con las cabezas de pantera. Por otro lado, se intervinieron una docena de monedas. En la segunda fase, hubo una conservadora restauradora durante una semana de la campaña de 2018. En esta ocasión, se trataron una lucerna de bronce, dos medidores de líquidos o copas de distinto tamaño, una lucerna y el conjunto de elementos de la balanza pequeña que contenía una pieza de hueso tallado en su interior (figura 3). También se finalizó la intervención sobre el *gancio* de cabezas de pantera cuyo tratamiento de limpieza había sido iniciado en la primera fase y se revisó el comportamiento del resto de piezas intervenidas entonces. En cuanto a las monedas, se llegaron a restaurar una veintena más.

## 2. Metodología de trabajo

La metodología habitual en un centro de conservación-restauración empieza por el estudio de los materiales y del estado de conservación que determina unas pautas técnicas en los procedimientos y tratamientos posteriores (Barrio Martín, 2007; Doménech-Carbó, 2009). En este caso, partimos del conocimiento del contexto arqueológico de enterramiento, de la observación del estado de las piezas y de los referentes de experiencias anteriores. La fase de analítica elemental se trasladó al último paso de la intervención, como comprobación final de las hipótesis iniciales y para corroborar la adecuación de los tratamientos aplicados.

### 2.1. Contexto arqueológico y condiciones de enterramiento

El conjunto intervenido ha sido interpretado como parte de la vajilla de trabajo de un comercio dedicado a la elaboración y venta de perfumes, aceites perfumados de la Campania y materias primas a granel. Forman parte de los hallazgos relacionados con el proyecto Casa Ariadna o *Casa dei Capitelli Colorati*, situada a escasos 100 metros del foro. Los objetos se excavaron en la zona de la puerta Sur de la *domus*, en el lado norte de la Via Degli Augustali, frente al *macellum*. Esta zona está considerada un



**Figura 1.** Localización de la Casa de Ariadna, en amarillo; la zona de producción y venta de perfumes, en rojo y el laboratorio de campaña, en blanco

**Figure 1.** Location of the Casa de Ariadna, in yellow; the perfume district, in red and the field laboratory, in white

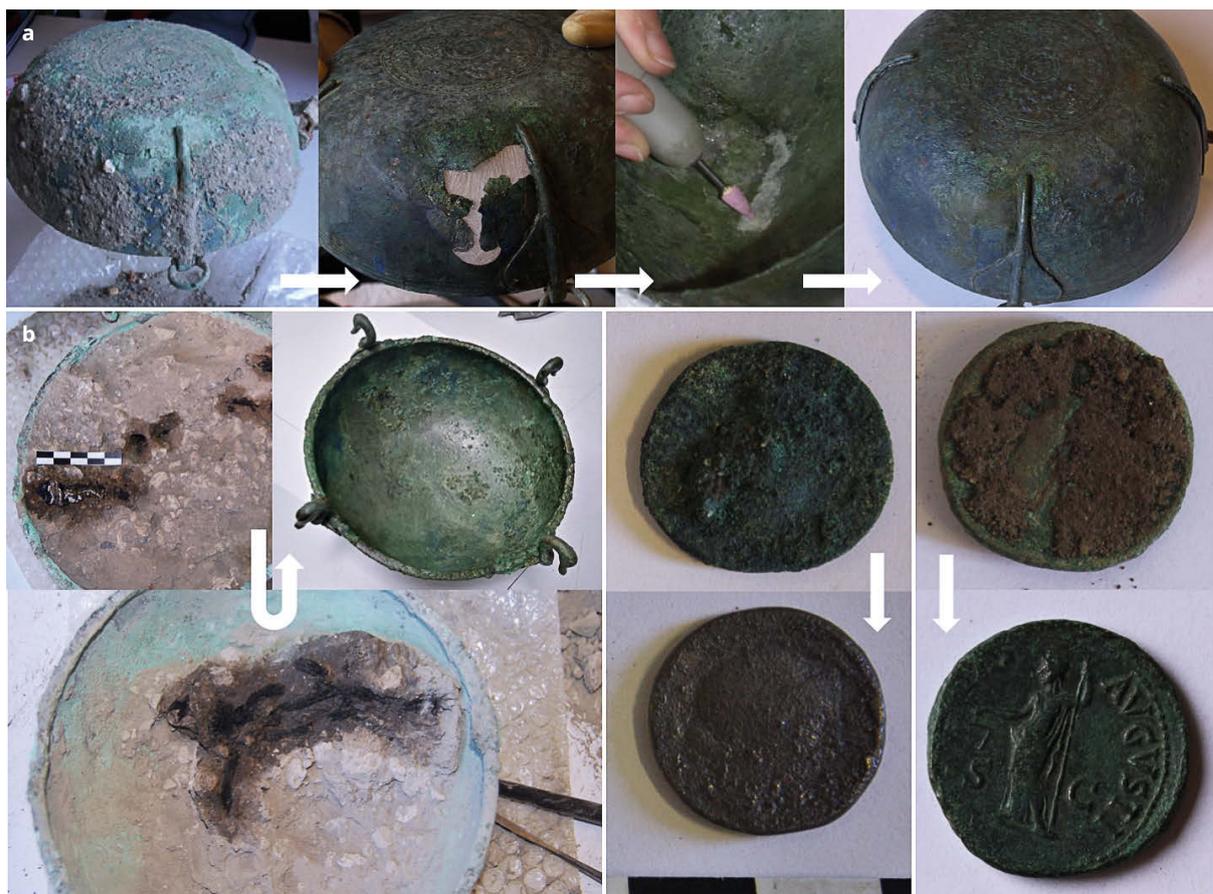
pequeño centro perfumero formado por, al menos, tres tabernas colindantes (figura 1), cuyos inicios se remontan al periodo samnita, en el siglo II a. C. (Erice, 2020).

El techo de madera de la taberna 26, en la que se encontraron la vajilla y las monedas, se hundió junto a los enlucidos de las paredes que cayeron sobre el *lapilli*, cenizas y piroclastos depositados tras la erupción. Entre los distintos causantes de deterioro provocados por del momento del enterramiento, resultaron determinantes estos derrumbes y las altas temperaturas mantenidas durante horas o incluso días (Brun, 2020).

Utilizamos un pHmetro y conductímetro portátil, modelo HI 98129 de Hanna Instruments, para estudiar los parámetros del *lapilli* contenido en las piezas. Las mediciones indicaron que se trataba de un compuesto básico (pH 9,65), con baja concentración de sales (inferior a 50  $\mu\text{s/cm}$ ).

## 2.2. Las piezas

Las piezas se encontraban en diferentes estadios de conservación en función de las distintas aleaciones originales y grosores de las paredes metálicas, pero compartían las características relacionadas con el tipo de enterramiento descrito arriba. En todas ellas se encontraron deformaciones en forma de burbujas de aire y otras anomalías provocadas por las altas temperaturas mantenidas a su alrededor. Todas ellas llegaron con una pátina de cuprita superficial de tonalidades marrones y rojizas, que se entremezcló con zonas de silicatos y carbonatos de cobre principalmente verdosos en forma de malaquita y, en menor proporción, algunas zonas más azuladas por la presencia de azurita (Selwyn *et alii*, 1996; Scott, 2002; Álvarez Romero, 2015).



**Figura 2.** Algunas de las piezas de bronce antes y después de su intervención. a. Detalle del proceso de reconstrucción de uno de los platos y b. Cuerda carbonizada hallada entre el contenido de otro plato, ambos pertenecientes a la balanza mayor

**Figure 2.** Some of the bronze artefacts before and after their conservation and restoration process. a. Detail of the reconstruction process of one of the plates and b. charred rope found among the contents of another plate, both belonging to the larger weighing scale

Tras una lenta estabilización de las temperaturas después del traumático proceso de enterramiento, los parámetros relacionados con el *lapilli* favorecieron la estabilidad de los metales, a diferencia de aquellos que estuvieron en contacto con la tierra del sedimento, de mayor concentración salina y acidez. La evolución de los metales en contacto con el suelo fue, por lo tanto, probablemente distinta, con mayor incidencia de focos de cloruros y avance del proceso de mineralización.

Estos procesos se encontraron principalmente donde había habido mayor afectación por cloruros, sobre todo en el interior de las burbujas que contenían el mineral pulverizado y que se mostraron en forma de compuestos clorados de tonalidades verdes pastel, grises y amarillentos, efecto conocido como *la enfermedad del bronce* (MacLeod, 1987; Scott, 2002).

Bajo los restos de sedimento, aparecieron pequeños objetos que permanecían ocultos entre el contenido de cada recipiente. Se reconocieron entonces los restos de las cuerdas de fibras vegetales carbonizadas, la figura zoomorfa tallada en hueso y los restos anaranjados y parte de la mecha hallados en la lucerna. Se tomó muestra de todos ellos y se llevaron a analizar para su identificación.

Las monedas llegaron con distintos grados de corrosión. Los rasgos más característicos fueron la aparición de ligeras deformaciones, productos de corrosión acumulados en superficie (cuprita y malaquita principalmente) y, en algunos casos, azurita y focos de cloruros localizados. Estos derivados de los metales junto con algunas concreciones terrosas cubrían la superficie, aunque, en la mayoría de los



**Figura 3.** Alguna de las piezas de bronce antes y después de su intervención. Detalle de la limpieza con micromotor sobre las cabezas de pantera

**Figure 3.** Some of the bronze artefacts before and after their conservation and restoration process. Detail of the micromotor cleaning on the panther heads

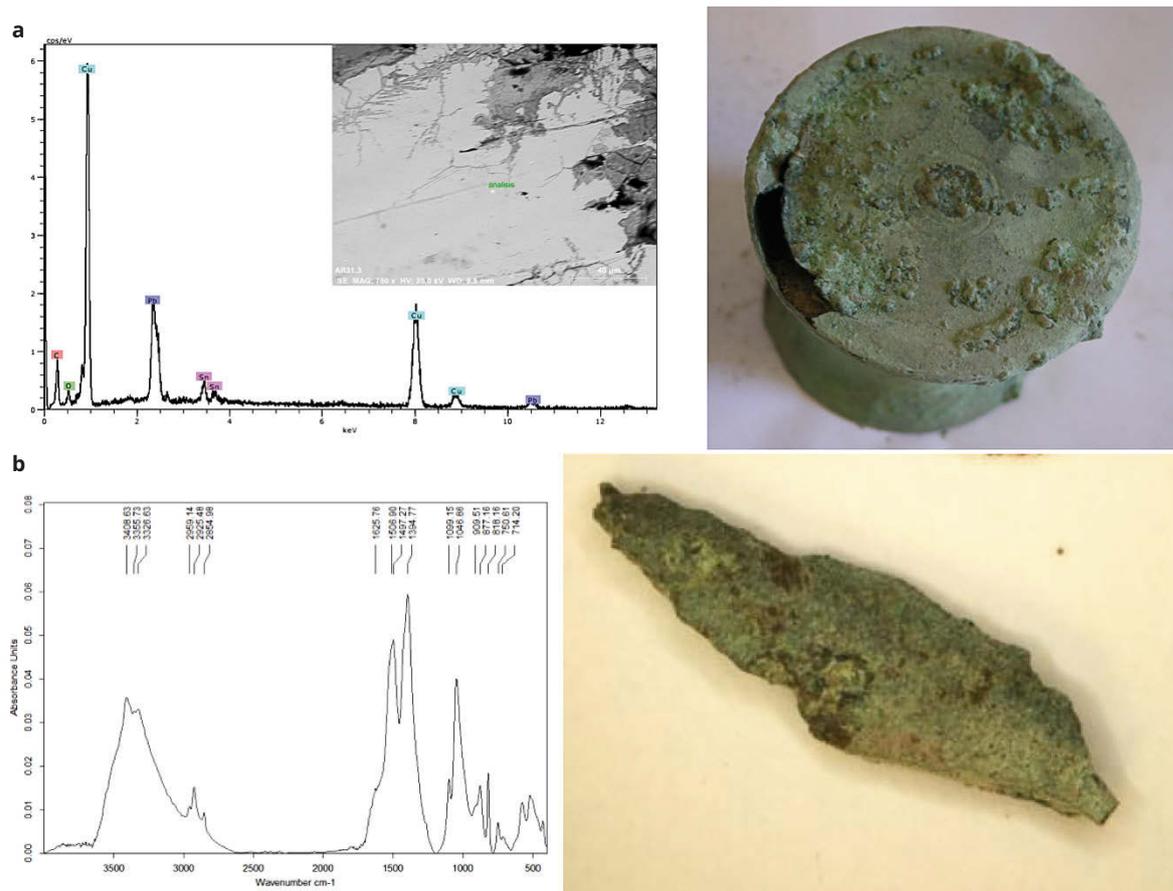
casos, no llegaron a afectar gravemente al relieve original, de manera que las monedas recuperaron las formas y relieves que permitieron su identificación tras la limpieza (figura 2).

### 2.3. Toma de muestras

Los datos descritos arriba, fueron interpretados en campaña y comprobados posteriormente en laboratorio. Se tomaron muestras de pequeñas lascas disgregadas con intención de identificar la composición elemental de las distintas aleaciones, los productos de corrosión encontrados y la naturaleza de los elementos asociados encontrados (figura 4).

### 2.4. Proceso de intervención de los metales

El principio básico de mínima intervención necesaria para garantizar la integridad y estabilidad de las piezas, rigió el planteamiento de trabajo, junto a la necesidad de recurrir siempre a tratamientos verificados en pruebas anteriores. En esta ocasión especialmente, con el tiempo limitado, se recurrió a las opciones más seguras y trabajadas anteriormente, las menos arriesgadas y más eficientes. Se buscó, por otra parte, aquellas opciones con mejores posibilidades de revertir los procesos y garantizar la legibilidad de los nuevos materiales, en caso de necesidad de algún refuerzo estructural o reintegración.



**Figura 4.** a. Imagen SEM en modalidad de electrones retrodispersados (*inset*) y microanálisis EDX de un área del núcleo metálico del medidor, que muestra la presencia de cobre, estaño y plomo en su aleación. b. Espectro FTIR de la concreción verde de esa misma pieza a base de malaquita. Imágenes realizadas y cedidas por el IVCR+I

**Figure 4.** a. SEM image in backscattered electron mode (*inset*) and EDX microanalysis of an area of the metal core of the meter; copper, tin and lead are the main elements of its alloy. b. The FTIR spectrum of the green concretion of that meter is based on malachite

Los tratamientos físico-químicos utilizados para la eliminación tanto de concreciones terrosas y calcáreas como de productos de corrosión de los bronce, se basaron en la acción disolvente de combinaciones de etanol y agua desionizada o bien en la acción quelante del etilendiamina-tetraacetato (EDTA) en agua desionizada al 5 %. Estos compuestos reblandecieron los productos terrosos y carbonatos, que se retiraron posteriormente con medios mecánicos como brochas, cepillos de cerdas suaves y, puntualmente, con baños de ultrasonidos (Álvarez Romero, 2015).

Bajo los aumentos del optivisor y con utensilios mecánicos, se eliminaron los restos de concreciones más tenaces. Debajo de estas se encontraron los focos de cloruros que se observaron y localizaron por las burbujas formadas en la superficie del metal. Estas deformaciones contenían los compuestos de bronce en forma de cloruros pulverulentos de tonalidades verdosas, grises y amarillas, altamente higroscópicos, cuyo avance convenía frenar al máximo.

Los productos de corrosión de mayor dureza se eliminaron con cepillos de fibras de aluminio en el micromotor a bajas revoluciones para controlar la incidencia sobre la superficie de los objetos (figura 3). Para la tierra más suelta y limpieza de detalles se alternaron los cepillos de distintas durezas con los bastoncillos de bambú con algodón, interdientales y bisturís. Se eliminaron así concreciones, adherencias y parte de los productos de corrosión, sin llegar a retirar la pátina propia del metal original, generalmente la cuprita.

Tras los últimos baños en agua destilada para eliminación de restos, sustituimos el secado en estufa propio del laboratorio por un baño en acetona y posterior oreo. Este baño varió entre un par de horas para algunas monedas y 24 horas para objetos mayores de lámina de bronce gruesas.

## 2.5. Inhibición de la corrosión

Para ralentizar el proceso de corrosión del metal, se utilizó uno de los inhibidores de mayor efectividad, benzotriazol disuelto al 3 % en etanol (Loeper-Attia y Robbiola, 1999; Mamas *et alii*, 2005; Álvarez Romero, 2015; Cano, 2013). La opción de añadir un 1 % de AMT a la mezcla anterior, se descartó por falta de tiempo, ante la posibilidad de la aparición de depósitos amarillentos que hubieran requerido retoques y una mayor atención a cada objeto.

Las dos balanzas, la sujeción central, el *gancio* con cabezas de pantera, los medidores y la lucerna fueron sumergidos en un rango de 6 a 24 horas, en función del grosor de sus respectivas láminas de bronce y de su afectación por procesos de corrosión. Las monedas, por otra parte, fueron impregnadas a pincel o bien sumergidas durante unos treinta minutos en este mismo compuesto.

## 2.6. Protección ambiental

Finalmente, se aplicó una doble protección (Mourey, 1997) para aislar el metal de la humedad y otros agentes ambientales nocivos y evitar así, o al menos ralentizar, los procesos de degradación descritos anteriormente. Para la primera capa se aplicó resina Paraloid B-44 por impregnación al 5 % y, una vez seca, una segunda capa a base de cera microcristalina Reswax, al 1 %, aplicada a pincel. Se trata de unificar el acabado de los objetos con protecciones finales similares para no perder la imagen de conjunto.

## 2.7. Reconstrucción

Los elementos que se encontraron separados del objeto al que pertenecen fueron adheridos con una masilla de dos componentes sensiblemente reversible con etanol (Balsite). Esta masilla funcionó como adhesivo, al mismo tiempo que rellenó los posibles huecos y permitió su coloración con pigmentos naturales por lo que se empleó en la pequeña reconstrucción del plato menor de la balanza mayor (figura 2a).

## 2.8. Embalaje

El embalaje es, tras el control de los parámetros de temperatura y humedad de las estancias en las que se almacenan los objetos, el elemento fundamental para la conservación preventiva y, a diferencia de estos últimos, el único sobre el que podemos decidir en ocasiones como esta. Las piezas se depositaron en contenedores de plástico rígido, cerrados con tapa, con planchas de espuma de polietileno no reticulado en su interior, en las que se acopló cada una de las piezas. El negativo de la forma de cada objeto se vació en esta espuma sintética para que encajara perfectamente y evitar así desplazamientos dentro del recipiente y golpes durante su manipulación.

## 2.9. Analíticas de comprobación

El estudio de las muestras tomadas en campaña se realizó en los laboratorios del Institut Valencià de Conservació, Restauració i Investigació (IVCR+I), como codirectores del proyecto. Para el estudio de la composición elemental se utilizó el microscopio óptico Nikon, modelo ECLIPSE 80i con cámara



**Figura 5.** Cabeza de ánade del plato de la balanza mayor tras la intervención  
**Figure 5.** Duck head of the larger weighing scale after the intervention

Nikon DS-Fi1, provisto de luz reflejada y polarizada, y el microscopio electrónico de barrido (SEM), modelo Hitachi S-3400N, acoplado con un sistema de microanálisis por dispersión de energías de rayos X (EDX), modelo Bruker-Quantax X Flash. La caracterización mineralógica de los productos de corrosión se efectuó con un espectrómetro de infrarrojos mediante transformada de Fourier (FTIR) Bruker-Tensor 27, utilizando un dispositivo de ATR de cristal de diamante acoplado a la bancada del espectrómetro.

En el medidor de mayor tamaño, se detectó una aleación de cobre con un contenido en estaño del 10 % (figura 4a). El plomo está presente como trazas, en forma de pequeños glóbulos dispersos en la aleación. A nivel superficial hay estratos relacionados con productos de corrosión característicos de una aleación de cobre. El análisis FTIR detectó abundante presencia de malaquita en forma mineral, (figura 4b).

La muestra de pátina verdosa de la lucerna se analizó mediante SEM-EDX. Las observaciones y los microanálisis detectaron cristalizaciones de sales de cobre, depósitos de compuestos a base de silicio, aluminio y calcio y la presencia de compuestos ricos en plomo. Los elementos químicos a base de cobre, estaño y plomo pueden proceder de la aleación metálica de la pieza (bronce ternario).

El análisis con SEM-EDX de una pequeña lasca tomada de la talla de hueso encontrada dentro de la balanza menor, detectó efectivamente los elementos químicos del calcio, fósforo y flúor, que son afines a compuestos mineralógicos del hueso tales como el fosfato de calcio y la fluorapatita.

### 3. Conclusiones

Se ha mostrado aquí una opción válida para la organización de un laboratorio de restauración de campaña, con instrumental básico manual, microtorno, pHmetro/conductímetro de bolsillo, cubeta de ultrasonidos, utensilios de mano, productos habituales de laboratorio y los EPI necesarios para la seguridad de los trabajos.

Los mayores condicionantes son el tiempo de disponibilidad de las piezas y la falta de analíticas previas que confirmen la naturaleza de los metales y de los productos de corrosión. Por otro lado, contamos con datos exhaustivos del momento y características del hallazgo, a partir de las aportaciones directas de los arqueólogos.

Para optimizar la eficiencia y eficacia del tiempo de trabajo en campaña, es conveniente optar por tratamientos contrastados y experimentados en distintas intervenciones anteriores y evitar tratamientos con efectos secundarios imprevisibles o con excesivas atenciones secundarias.

Las analíticas posteriores sirvieron para confirmar los componentes de las aleaciones, el diagnóstico y la adecuación de los tratamientos empleados: Cloruros y carbonatos de cobre aparecen como principales productos de corrosión (FTIR y SEM/EDX en superficie). En cuanto a la composición elemental, se identificó el tipo de bronce de cada muestra mediante SEM/EDX en sección transversal o en superficie. Los bronce ternarios a distintas proporciones (Cu/Sn/Pb) resultaron ser el modelo de aleación más habitual de la vajilla restaurada.

Finalmente, como no puede ser de otra manera, es necesario recordar que cualquier intervención para la conservación de metales arqueológicos, requiere un control de los parámetros de humedad relativa y temperatura del lugar de almacenaje, así como de un mantenimiento y control periódico para garantizar el buen estado de los objetos a largo plazo.

### Agradecimientos

Quiero agradecer a la Sección de Arqueología Municipal (SIAM) del Ayuntamiento de Valencia, al Institut Valencià de Conservació, Restauració i Investigació (IVCR+I) y al Parco Archeologico di Pompei, tanto la puesta a punto del proyecto de arqueología, restauración e investigación de Casa de Ariadna, como la realización de las analíticas posteriores y su confianza en mi trabajo como profesional independiente.

## Bibliografía

- Álvarez Romero, C. (2015): “La conservación de objetos metálicos”. *Arché*, 10: 229-232.
- Barrio Martín, J., Chamón, J., Arroyo, M., Pardo A.I. y Catalán, E. (2007): “La conservación y restauración de los metales arqueológicos: propuesta metodológica y arqueometría”. En S. Rovira, M. García-Heras, M. Gener e I. Montero: *VII Congreso Ibérico de Arqueometría*. CSIC. Madrid: 577-592.
- Brun, J.P, Bustamante, M., Chapelin, G. y Ribera, A. (2020): “El hallazgo de una vajilla de bronce excepcional en el barrio de los perfumeros. Via ‘Degli Augustali’ 26”. En A. Ribera i Lacomba: *Investigaciones pluridisciplinarias en la Casa de Ariadna de Pompeya. Restauración e investigación arqueológica*. Ed. Gráficas Papallona. Valencia: 57-66.
- Cano, E. y Lafuente, D. (2013): “Corrosion inhibitors for the preservation of metallic heritage artefacts”. *Corrosion and Conservation of Cultural heritage Metallic Artefacts*, 65: 570-594.
- Doménech-Carbó, A., Doménech-Carbó, M.T. y Costa, V. (2009): “Electrochemical Methods in Archaeometry, Conservation and Restoration”. F. Scholz: *Monographs in electrochemistry Series*. Springer. Berlin-Heidelberg. Caps 4 y 5.
- Erice Lacabe, R. (2020): “Los pequeños bronce de la tienda/cupona de perfumes (VII 4,26)”. En A. Ribera i Lacomba: *Investigaciones pluridisciplinarias en la Casa de Ariadna de Pompeya. Restauración e investigación arqueológica*. Ed. Gráficas Papallona. Valencia: 67-77.
- Loeper-Attia, M.A. y Robbiola, L. (1998): “Étude de la déchloruration de dépôts de CuCl formés sur du cuivre en absence et en présence de benzotriazole (BTA)”. En Mourey, W. y Robbiola, L. (eds.): *Metal 98*. James & James Science Publ. London: 215-222.
- MacLeod, I.D. (1987): “Stabilization of corroded copper alloys: a study of corrosion and desalination mechanisms”. En K. Grimstad (ed.): *ICOM Committee for Conservation, 8<sup>th</sup> Triennial Meeting, Sydney, Australia, 6-11 September 1987*. The Getty Conservation Institute. Los Angeles: 1079-1085.
- Mamas, S., Kryak, T., Kabasakaloglu, M. y Koc, A. (2005): “The effect of benzotriazole on brass corrosion”. *Materials and Chemistry and Physics*, 93: 41-47.
- Mourey, W. (1997): “Synthèse des essais sur les revêtements de protection des métaux (1986-1995)”, *Metal 95. Proceedings of the international conference on metals conservation*. James & James Ltd. London: 225-228.
- Scott, D. A. (2002): “Copper and bronze in Art: Corrosion, colorants, conservation”. Getty Publications. The Getty Conservation Institute. Los Angeles: 352-361.
- Selwyn L.S., Binnie N.E., Poitras J., Laver M.E. y Downham D.A. (1996): “Outdoor bronze statues: Analysis of metal and Surface samples”. *Studies in Conservation*, 41: 205-228.



## 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).