

# 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 ..... 213 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) ..... 223 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) ..... 231 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 ..... 239 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) ..... 249 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 ..... 257 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 ..... 269 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 ..... 279 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 <sup>a</sup> TERESA DOMÉNECH-CARBÓ, ROSA M <sup>a</sup> 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<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

# Estado de conservación y metodología de intervención de una selección de bronzes 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

Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico (SECYR)  
Universidad Autónoma de Madrid  
Facultad de Filosofía y Letras  
Avenida Tomás y Valiente 1, módulo X, planta baja. 28049 Madrid  
maricruz.medina@uam.es  
<https://orcid.org/0000-0003-0339-8264>

### MARÍA MUÑOZ MORA

Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico (SECYR)  
Universidad Autónoma de Madrid  
Facultad de Filosofía y Letras  
Avenida Tomás y Valiente 1, módulo X, planta baja. 28049 Madrid  
mariamunozmora@outlook.es  
<https://orcid.org/>

### JOAQUÍN BARRIO MARTÍN

Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico (SECYR)  
Universidad Autónoma de Madrid  
Facultad de Filosofía y Letras  
Avenida Tomás y Valiente 1, módulo X, planta baja. 28049 Madrid  
joaquin.barrio@uam.es  
<https://orcid.org/0000-0001-5776-0949>

## Resumen

En este trabajo presentamos la restauración de un conjunto de bronzes singulares hallados en el yacimiento tartésico de Casas del Turuñuelo, en Guareña (Badajoz). Las piezas seleccionadas son un timiaterio, una parrilla, un colador y una balanza con varios platillos, excavados en el vestíbulo y la estancia del banquete conocida como S-1. Se han escogido por la heterogeneidad de su estado de conservación; mientras unas piezas mantienen su núcleo metálico, protegido con densas capas de cuprita y tenorita estables, otras han perdido el núcleo por completo a causa de una corrosión severa, que lo ha transformado en cloruro de cobre pulverulento e inestable. Estos objetos nos llegan en un estado deleznable y complejo que obliga a adaptar los protocolos de restauración y las técnicas de limpieza a su fragilidad, ya sean mecánicas manuales, abrasivas o láser. El resultado final ha sido la recuperación de la pátina más estable en los bronzes que aún la conservaban, su estabilización de cara a la conservación futura y la restitución de su identidad.

**Palabras clave:** Arqueología, bronce, cloruro de cobre, restauración, estabilidad, LQS láser

## Abstract

The aim of this work is presenting the conservation of a set of unique bronzes found at the Tartessian archaeological site of Casas del Turuñuelo, in Guareña (Badajoz). The selected pieces are a thymiaterion, a grill, a wine strainer and a weighing scale with several plates, excavated in the lobby and banquet room known as S-1. They have been chosen due to the heterogeneity of their state of conservation; While some pieces maintain their metallic core, protected with dense layers of stable cuprite and tenorite, others have completely lost it due to the severe corrosion, which has transformed the core into powdery and unstable copper chloride. These objects come to us in a delicate and complex state that requires us to adapt the conservation protocols and cleaning techniques to their fragility, be they manual, abrasive or laser techniques. The result has been the recovery of the most stable patina in the bronzes that still conserved it, its stabilization for their future conservation and the restitution of its identity.

**Key words:** Archaeology, bronze, copper chloride, conservation, stability, LQS-laser

## 1. Introducción

El mayor reto de la restauración de bronce arqueológicos es alcanzar la estabilidad de las piezas para su conservación futura, una labor sumamente complicada cuando los objetos presentan una corrosión activa de cloruros de cobre (Scott, 2002) (Selwyn, 2004: 60). Ante esta situación, una de las primeras cuestiones que debemos plantear es si el objeto conserva aún núcleo metálico o no, o lo que es lo mismo, en qué porcentaje ha afectado la corrosión a la integridad de la pieza. Si presenta pequeños y escasos focos de cloruros, existen diferentes opciones de tratamiento de conservación que, realizados a tiempo, evitan que la estabilidad de la pieza corra peligro. Esto no implica necesariamente que sean piezas fáciles o rápidas de restaurar, sino que la gravedad aún no es alta y su intervención tiene muchas posibilidades de éxito, siempre y cuando se respeten las condiciones de conservación preventiva. En cambio, cuando el núcleo metálico se ha corroído por completo, ya no queda metal que pueda seguir transformándose, y se entiende que ha llegado a una estabilidad química (Organ, 1977: 129), pero físicamente muy inestable, ya que la principal característica de estos antiguos bronce es su fragilidad. El metal habrá dejado paso a una sucesión de capas finas de óxido de cobre tipo cuprita y tenorita, entremezclados con capas de cloruro de cobre, a modo de hojaldre (figura 1); una estructura poco consistente que, posiblemente, ya venga fragmentada del yacimiento porque no habrá aguantado la presión y el peso de la tierra alrededor y, si no, se quebrará ante la mínima presión que se ejerza durante la restauración. Aquí el principal problema será decidir qué productos se deben retirar, hasta dónde llegar con la limpieza y qué técnica emplear, para evitar poner en riesgo la integridad de las piezas.

Para este estudio se han seleccionado cuatro objetos o conjuntos de objetos de bronce del yacimiento tartésico Casas del Turuñuelo ubicado en Guareña (Badajoz), cuyo proyecto dirigen los investigadores Sebastián Celestino y Esther Rodríguez del Instituto de Arqueología de Mérida (CSIC) desde el año 2014. Se trata de un edificio destruido intencionadamente en el siglo V a. C., provocando varios focos de incendio, sacrificios de animales, abandono de los utensilios de cerámica, metal, vidrio o marfil, y colmatándose posteriormente (Construyendo Tarteso, 2021). Gracias a los restos materiales hallados en las distintas estancias, esta destrucción se ha asociado a la celebración de un simposio o banquete. En concreto, las piezas escogidas se hallaron durante la segunda campaña de excavación en el contexto del vestíbulo y estancia del banquete (S-1), y se entiende que fueron empleadas en el mismo (Rodríguez González y Celestino Pérez, 2017; 2019). Las piezas son un timiaterio (SECYR 669), una parrilla (SECYR 685), un colador probablemente para vino (SECYR 688) y una balanza con varios platillos (SECYR 689, 690, 692).

Se trata de objetos excepcionales por la calidad de su factura, que revela una industria de los metales muy desarrollada en época tartésica, en la que se empleaba una aleación de bronce ternario<sup>1</sup>. Sobresalen también los detalles de fabricación y la decoración en el caso del timiaterio. Asimismo, algunos objetos como la parrilla son únicos en la arqueología peninsular, pues hasta la fecha no se ha hallado otro ejemplar de bronce para esta tipología y esta época tan antigua (Rodríguez González y Celestino Pérez, 2019: 196).

## 2. El estado de conservación

A pesar de la excelente ejecución de estos objetos y el gran desarrollo tecnológico que se ha constatado en estos ejemplos, el delicado y complejo estado de conservación de las piezas halladas en Casas del Turuñuelo es el resultado de una historia convulsa y de un contexto arqueológico con unas

<sup>1</sup> Este dato lo hemos podido determinar en el laboratorio a partir de los análisis de Fluorescencia y Difracción de Rayos X



**Figura 1.** Fragmento del colador (SECYR 688) en el que se distingue la ausencia de núcleo metálico y en su lugar hay una estructura hojaldrada de capas de óxido de cobre y cloruro de cobre. Izquierda: vista transversal de la pared. Derecha: vista de la cara inferior del colador

**Figure 1.** Fragment of the strainer (SECYR 688), where we can distinguish the absence of metallic core, instead there is a flaky structure of layers of copper oxide and copper chloride. Left: cross-sectional view of the wall. Right: view of the underside of the strainer

características medioambientales muy desfavorables a su conservación. En primer lugar, recordemos que el final del edificio fue una destrucción programada en la que se provocaron múltiples focos de incendio, que afectaron negativamente a los objetos, siendo muchos de ellos deformados y fragmentados intencionadamente. A esto hay que sumar el peso del derrumbe del techo sobre los objetos, que selló el yacimiento hasta su apertura en 2014. En segundo lugar, este depósito de 2 500 años se había producido en un medio muy hostil para la conservación de los metales: las piezas estaban enterradas en barro húmedo, mezclado con cenizas, fragmentos de adobe y ladrillo (Rodríguez González y Celestino Pérez, 2019: 185); un suelo muy fértil regado por el río Guadiana y empleado para la agricultura de regadío. Esta situación implica un aporte constante de humedad y nitratos que enriquecen el suelo, lo opuesto a las condiciones que se persiguen en conservación preventiva de metales arqueológicos. Otro factor que ha podido influir en la conservación de estos objetos es su ubicación en el contexto arqueológico junto a otras piezas metálicas, provocando corrosión galvánica; también la acumulación de distintos materiales orgánicos e inorgánicos. El delicado estado en que llegan las piezas es un condicionante para su restauración.

Este medio tan inestable y hostil fue compartido por todas las piezas, pero en su conservación también influyen las características propias de cada una, entre ellas su forma, las tensiones en las zonas de curvatura o torsión, el grosor o delgadez de sus paredes, etc. En general, hemos comprobado que las piezas con áreas más gruesas y no sometidas a tensión son las mejor conservadas, lo que implica que mantengan la estructura con núcleo metálico y una pátina protectora de óxidos de cobre estables. Así ocurre con la parrilla, que actualmente mide 44 cm × 38 cm × 18 cm<sup>2</sup>, y se estructura en torno a dos placas laterales donde se insertan 7 varillas de sección rectangular y dos anillas en una de ellas para colgarla. Las áreas mejor conservadas son las dos placas y el centro de las varillas, mientras las zonas de unión entre las placas y las varillas están más afectadas por la corrosión, actualmente tienen menor grosor o incluso se han separado, y es donde han sufrido más deformación (figura 2, arriba izquierda).

**2** La altura original debería ser la de los laterales (7 cm), pero aquí se indica la altura total de la parrilla con la deformación de las varillas centrales.



**Figura 2.** Arriba, izquierda: estado de la parrilla durante la primera limpieza mecánica de las tierras (la zona más limpia corresponde a la derecha). Se observan claramente las varillas deformadas y la separación de las varillas de las placas laterales. Arriba, derecha: estado inicial del timiaterio a su llegada al laboratorio, muy fragmentado: 1a. Vástago central con el arranque de una de las patas. 1b y 1c. Dos fragmentos más del vástago central. 2a. Pata conservada prácticamente entera. 2b. Fragmento de pata. 2c. Pata totalmente perdida. Abajo, izquierda: estado inicial de los platillos de balanza, deformados y fragmentados. Abajo, derecha: estado inicial del colador, con la corrosión especialmente concentrada en la zona de los orificios

**Figure 2.** Top left: state of the grill during the first mechanical cleaning of rests of earths (the cleanest area on the right). The deformed rods and the spacing of the rods from the side plates are clearly visible. Top right: Initial state of the thymiaterion after arrival at the laboratory: 1a. Central stem with the start of one of the legs. 1b and 1c. Two more fragments of the central stem. 2a. Leg conserved practically whole. 2b. Leg fragment. 2c. Leg totally lost. Bottom left: initial state of the balance plates, deformed and fragmented. Bottom right: initial state of the strainer, with corrosion particularly concentrated in the area of the holes

En cuanto al timiaterio, el área mejor conservada es la zona inferior del vástago central, originalmente reforzado en su interior por un relleno de madera, hoy transformado en carbón. Es el área más uniforme en cuanto a su elaboración, presenta menos tensiones y tiene un grosor homogéneo. También aparece bien conservada (aunque deformada) la zona inferior de unión entre el vástago y una de las tres patas, ya que se reforzó con un parche metálico, aportando mayor grosor y consistencia a la zona. En cambio la continuación de esa pata se había perdido, así como la unión con las otras dos patas que, al ser zonas curvas y más delgadas no han aguantado la corrosión. De las tres patas originales rematadas en forma de garra de león, solo una se ha conservado prácticamente entera, otra fragmentada e incompleta, y la tercera se había perdido completamente, transformada en polvo de cloruro de cobre (figura 2, arriba derecha). La zona superior del timiaterio, compuesta por el remate del vástago y la cazoleta empleada como quemador, no se ha conservado probablemente por la delgadez e inestabilidad de estas piezas.

Como ejemplo de objetos peor conservados y sin núcleo metálico seleccionamos los platillos de balanza y el colador. Estos se caracterizan por la finura de sus paredes, especialmente en el caso de los platillos, de apenas 1 o 2 mm de grosor. El colador, formado por un disco cóncavo de casi 13 cm

de diámetro, tiene la zona central rehundida que se sometió a una mayor tensión al perforarla para realizar los orificios. Otra zona de inestabilidad es la unión con el asa a modo de alambre retorcido. Como se puede prever, estas zonas más débiles desde la propia ejecución del objeto son mucho más sensibles a la corrosión y explican el estado de las piezas cuando fueron recuperadas en el yacimiento (figura 2, abajo).

### 3. La intervención en el laboratorio

Antes de iniciar el tratamiento, establecimos los objetivos a cumplir con la intervención:

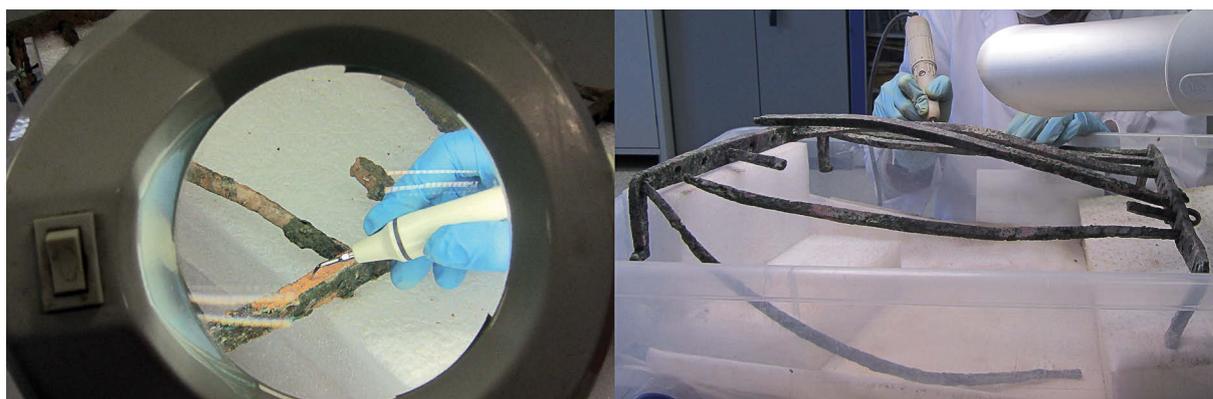
1. Llegar a una correcta interpretación de cada pieza: lograr identificar su forma, su función y sus dimensiones en la medida de lo posible (por ejemplo, esto no podría suceder en el caso del timiaterio, ya que se había perdido toda la parte superior de la pieza y no se conoce ningún paralelo del mismo yacimiento que permita hacer una aproximación).
2. Recuperar una superficie estable en los bronce que aún la conservaban, como son el timiaterio y la parrilla, y estabilizar mediante los tratamientos láser las zonas más inestables: los focos de cloruros y la estructura de las piezas sin núcleo metálico, como el colador y los platillos de balanza.
3. Respeto a las deformaciones, que forman parte de la historia de la pieza. Esto se aplicaría tanto a las patas del timiaterio como a las varillas de la parrilla.
4. Asegurar la conservación futura mediante la conservación preventiva.

Para cumplir estos objetivos, en el laboratorio SECYR de la UAM trabajamos con protocolos<sup>3</sup> que permiten ordenar y sistematizar los tratamientos, de manera que todas las restauradoras trabajamos con los mismos criterios y el mismo orden. No obstante, estos protocolos deben permitir cierta flexibilidad para poder ser empleados en la restauración de muchos tipos de piezas y en condiciones de conservación diversas, como ocurre con estos objetos del Turuñuelo: unos estables que aún conservan núcleo metálico y otros extremadamente frágiles que apenas pueden ser manipulados.

Esta diferencia se ha abordado esencialmente en la fase de la limpieza de los objetos. La parrilla y las áreas más estables del timiaterio han permitido el uso de diferentes técnicas mecánicas manuales, abrasivas y de ultrasonidos, para retirar las tierras y rebajar las costras hasta llegar a las pátinas estables de tenorita, si se conservaban, o de cuprita. Las herramientas empleadas han sido el bisturí, la espátula de ultrasonidos y, puntualmente, el torno para rebajar alguna costra deformante de cuprita (figura 3). También de forma puntual se ha empleado el láser<sup>4</sup>, en este caso para reducir los focos de cloruros (Donate *et alii*, 2016). El efecto del láser es superficial y no elimina en profundidad el cloruro de cobre que puede quedar remanente en las capas inferiores. Por ello, para conseguir un mejor resultado, retiramos mecánicamente una parte de estos cloruros y, cuando estos tienen un grosor mínimo, aplicamos láser (figura 4, arriba). Por último, sellamos con un consolidante para evitar la reactivación del foco y que continúe avanzando la corrosión.

<sup>3</sup> Nuestros protocolos están certificados por AENOR con la norma ISO 9001:2015 (<<https://www.uam.es/uam/secyr/sistema-gestion-calidad>>, fecha de última visualización 2/08/2021)

<sup>4</sup> El equipo láser empleado es un EOS 1000 Long Q-Switched (LQS), Nd:YAG (1064nm) de la marca El.En.



**Figura 3.** A la izquierda, limpieza con espátula de ultrasonidos bajo lupa. A la derecha, con el proceso de limpieza ya muy avanzado, retoque puntual con microtorno de deformaciones de la cuprita

**Figure 3.** On the left, cleaning with an ultrasound spatula under the magnifying glass. On the right, advanced the cleaning process, lowering the isolated deformations of cuprite with the microabrasive drill

En cambio, en el tratamiento de las piezas sin núcleo metálico el abanico de opciones se tuvo que restringir considerablemente. En primer lugar, había que decidir qué depósitos y compuestos retirar, hasta qué nivel de limpieza llegar y seleccionar un método adecuado, quedando solo dos alternativas que no pusieran en peligro la pieza: la limpieza mecánica manual suave y el láser. Se decidió retirar las tierras y depósitos del yacimiento mecánicamente con bisturí, brochas y aire, hasta alcanzar la zona conservada de óxidos de cobre. En las áreas más delicadas donde predominaba el cloruro de cobre, cuando la estructura de la pieza lo permitió, se retiró mecánicamente con bisturí la primera capa más pulverulenta, hasta obtener una textura más densa. Ésta fue la superficie tratada con láser. Como ya se ha comentado, el láser transforma únicamente la primera capa y esto puede tener el peligro de encapsular los cloruros en el interior, ofreciendo una sensación de falsa estabilidad. Sin embargo, conociendo el alcance de la corrosión en estas piezas que no permite la eliminación de todos los productos inestables porque nos quedaríamos sin pieza, y ante la imposibilidad de recuperar su naturaleza metálica original, optamos por conservar y mantener su forma y aspecto con la mayor estabilidad posible. Esto lo conseguimos gracias a la aplicación del protocolo adaptado a estos casos imposibles de tratar con otros medios, que implica la acción combinada del láser, la consolidación y protección del objeto y el mantenimiento estricto de las condiciones de conservación preventiva<sup>5</sup>.

La doble acción del láser permitió vaporizar y eliminar una parte de los cloruros, a la vez que transformar y compactar otra parte sobre la superficie del objeto, adquiriendo ésta un tono más oscuro, prácticamente negro, similar a la tenorita (figura 4, medio e inferior).

Descartamos procedimientos de desalación más tradicionales por no cumplir el criterio de mínima intervención y no presentar ventajas respecto al láser: por ejemplo, tratamientos como el óxido de plata (Organ, 1977; Rosenberg, 1917) son técnicas puntuales de transformación de cloruros al igual que el láser, pero en estos casos conllevan la aportación de humedad, negativa para las áreas sanas de las piezas. Tampoco hemos considerado adecuados tratamientos por inmersión que actuarían sobre el conjunto de las piezas, sobre áreas no deterioradas y, en concreto en el timiaterio, afectaría al carbón que hay en el interior del vástago.

**5** Este procedimiento se ha utilizado previamente también en piezas de hierro arqueológico que habían perdido por completo su núcleo metálico y estaban inestables (Barrio Martín *et alii*, 2013: 125).



**Figura 4.** Arriba: sellado de un foco de cloruros con láser. Medio, izquierda: platillo de balanza sin tierras y previo al tratamiento láser. Medio, derecha: sellado de un foco de cloruros en torno a una laguna. Abajo: extremo del asa del colador con media limpieza de láser

**Figure 4.** Sealing of a chloride focus with laser. Middle left: on the left, a plate of the weighing scale clean of earths and prior to the laser treatment. Middle right: sealing of a chloride focus with laser on the lacuna. Bottom: end of the strainer handle half treated with laser

Tras la limpieza, los objetos que conservan núcleo metálico recibieron un inhibidor (Benzotriazol al 3 % en alcohol), respetando siempre las medidas de seguridad que requiere este tipo de productos tóxicos, como es el uso de guantes y el trabajo en una vitrina de extracción de gases. A continuación, aplicamos sobre estas piezas una doble capa de protección, con Paraloid al 3 % en acetona:dowanol y cera microcristalina al 5 % en White Spirit. Las piezas sin núcleo metálico no fueron inhibidas sino



**Figura 5.** Fotografías finales tras la restauración de las piezas: arriba, izquierda: parrilla; arriba derecha: timiaterio; abajo izquierda: balanza con platillos; y abajo, derecha: colador

**Figure 5.** Final state after the conservation process of the pieces: top left: grill; top right: thymiaterion; bottom left: weighing scales plates; bottom right: strainer

consolidadas por inmersión en Paraloid al 3 % en acetona:dowanol y, posteriormente, se les aplicó una protección final de cera microcristalina al 5 % en White Spirit. Sin duda, el respeto a las condiciones de conservación preventiva, manteniendo especialmente una humedad relativa por debajo del 35 % (Canadian Conservation Institute) y estable, es la mejor aliada de la correcta conservación de las piezas.

#### 4. Conclusiones

La adaptación de los protocolos de restauración ha servido para tratar con buen resultado las piezas de bronce que aún mantenían su núcleo metálico, como las que lo habían perdido por completo. Valoramos positivamente nuestra intervención, que ha cumplido los objetivos marcados, como se puede comprobar en las fotografías finales de las piezas escogidas para este estudio (figura 5), aunque somos conscientes de que el éxito y la estabilidad de las piezas solo se logrará a largo plazo si se mantienen en condiciones de humedad baja y no oscilante.

La herramienta más útil para alcanzar la estabilidad de las piezas ha sido el láser, necesario para el tratamiento de los focos de cloruros en las piezas que conservaban núcleo metálico, e imprescindible también para la transformación general de los objetos que habían perdido el núcleo por completo y que no podían tratarse con ningún otro equipo microabrasivo o de ultrasonidos, por riesgo a colapsar. Por ello, el uso del láser ha sido una de las claves del buen resultado obtenido, siempre combinado con la aplicación de un consolidante y el mantenimiento de las condiciones óptimas de conservación preventiva.

## Agradecimientos

A Esther Rodríguez y Sebastián Celestino, directores del Proyecto *Descubriendo Tarteso* por confiar en el SECYR-UAM para la restauración de sus piezas.

## Bibliografía

- Barrio, J., Medina, M.C., Cid, J.P., Pardo, A.I., Escudero, C. y Catalán, E. (2013): “Últimas aportaciones de los láseres para la restauración de metales arqueológicos”. *La Ciencia y El Arte IV: Ciencias Experimentales y Conservación Del Patrimonio*. Ministerio de Cultura. Madrid: 114-135.
- Canadian Conservation Institute (1988): *CCI Note 9/2. Storage of Metals*. <<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/storage-metals.html>>. Última modificación 22/02/2019. Última visualización 28/03/2022
- Celestino, S., y Rodríguez, E. (2021): *Casas del Turuñuelo*. <<https://www.construyendotarteso.com/es/submenu/casas-del-turunuelo>>.
- Donate, I., Medina, M.C., Faieta, R., Barrio, J., Doménech, A., Pardo, A.I., y Martínez, O. (2016): “Estudio interdisciplinar de pátinas en esculturas romanas de bronce procedentes del yacimiento de *Valeria* (Cuenca)”. *Actas Congreso MetalEspaña 2015. II Congreso de Conservación y Restauración del Patrimonio Metálico, Segovia, 1-3 octubre 2015*. Universidad Autónoma de Madrid: 90-101.
- Organ, R.M. (1977): “The current status of the treatment of corroded metal artifacts”. *Corrosion and Metal Artifacts- A dialogue between Conservators and Archaeologists and Corrosion Scientists*. NBS Special Publication, 479. Edited by Brown, B. F. et al. Washington, DC: 107-142.
- Rodríguez, E. y Celestino, S. (2017): “Las estancias de los dioses: la habitación 100 del yacimiento de Casas del Turuñuelo (Guareña, Badajoz)”. *CuPAUAM*, 43: 179-194.
- Rodríguez, E. y Celestino, S. (2019): “Primeras evidencias de un banquete: análisis arquitectónico y material de la estancia S-1 del yacimiento de Casas del Turuñuelo (Guareña, Badajoz)”. *CuPAUAM*, 45: 179-202.
- Rosenberg, G.A.T. (1917): *Antiquités en fer et en bronze: leur transformation dans la terre contenant de l'acide carbonique et des chlorures et leur conservation*. Gyldendal. Copenhagen.
- Scott, D.A. (2002): *Copper and bronze in art: corrosion, colorants, conservation*. Getty Conservation Institute. Los Angeles.
- Selwyn, L. (2004): *Metals and corrosion: a handbook for the conservation professional*. Canadian Conservation Institute. Ottawa.



## 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).