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

GOBIERNO DE ESPAÑA · 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.)

UAM
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 Mª 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 *Caesar Augusta* (Zaragoza) y *Emerita Augusta* (Mérida) 129
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, Marta Gómez Barreiro, José Manuel Compaña Prieto, Juan Gómez Barreiro, Carmelo Fernández Ibáñez, Rufo Martín Mateo e Inés Puente Orench

Patrimonio Industrial en el Museo de la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre de Madrid. Su conservación 139
Industrial Heritage in the Museum of the Fábrica Nacional de Moneda y Timbre of Madrid. Its conservation
Sara Martín de Andrés y Beatriz Rubio Velasco

La moneda en las *cetariae* de *Gadir-Gades* 149
The coin in the cetariae of Gadir-Gades
Elena Moreno Pulido, Alicia Arévalo González y José Ángel Expósito Álvarez

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
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)
Ana Isabel Pardo Naranjo, María Cruz Medina Sánchez y Manuel Blanco Domínguez

El tesoro de monedas de plata de las taifas del siglo xi hallado en Jaén en 1914: proceso de restauración 167
The treasure of silver coins from the taifa of the 11th century found in Jaen in 1914: restoration process
Alberto J. Canto García, Wioleta Jabłońska y Ana Isabel Pardo Naranjo

Tratamiento de conservación-estabilización aplicado al conjunto numismático recuperado de la Fragata *Nuestra Señora de las Mercedes* 177
Conservation and stabilization treatment applied to numismatic set recovered from the frigate Nuestra Señora de las Mercedes
Soledad Díaz Martínez

Moneda y circulación monetaria en el ámbito minero del reborde meridional de la meseta sur. Un proyecto de investigación en marcha 185
Currency and monetary circulation in the mining area of the southern edge of the southern plateau. An ongoing research project
Mar Zarzalejos Prieto y Alicia Arévalo González
Con la colaboración de: Joaquín Barrio Martín y Ana Isabel Pardo Naranjo

Intervención de urgencia de conjunto de monedas y vajilla de bronce de Pompeya. Una restauración de campaña junto al Vesubio 195
Urgent intervention of a set of coins and bronze tableware from Pompeii. A campaign restoration next to Vesuvius
Betlem Martínez Pla

Restauración y conservación de un conjunto de monedas (La Bienvenida) 205
Restoration and conservation of a set of coins (La Bienvenida)
Francisco del Peso Rosado

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

Conservación. Propuesta metodológica para un caso práctico en el Pórtico Oriental de Plaza de Armas en *Madīnat al-Zahrā* (Córdoba) 223
Conservation. Methodological proposal for a practical case in the Portico Oriental of the Plaza de Armas in Madīnat al-Zahrā (Córdoba)
Inmaculada C. Muñoz Matute y Alejandra del Pino Campos

Arqueología y Restauración: un caso práctico en el Pórtico Oriental de la Plaza de Armas de *Madīnat al-Zahrā* (Córdoba) 231
Archaeology and Restoration: A practical example of the Pórtico Oriental of the Plaza de Armas in Madīnat al-Zahrā (Cordoba)
María Muñoz Mora, Wioleta Jabłońska y Alejandro Ugolini Sánchez-Barroso

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

Conservación y estudio arqueológico de piezas ibéricas y vacceo-romanas de bronce y hierro procedentes de *Dessobriga* (Palencia) 249
Conservation and archaeological study of Iberian and Vacceo-Roman bronze and iron pieces from Dessobriga (Palencia)
Águeda Sáenz-Martínez, Francisco del Peso-Rosado, Esperanza Martín-Hernández y David Expósito

Decoración incisa bajo siglos de corrosión metálica 257
Incised decoration under centuries of metallic corrosion
Lucía Gutiérrez González

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

Estado de conservación y metodología de intervención de una selección de bronces 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

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, Mª Teresa Doménech-Carbó, Rosa Mª 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 *Baetulo* (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-Indart, 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 Mª 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, Mª 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)
Mª 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

La conservación de las culebrinas de bronce recuperadas de la fragata *Nuestra Señora de las Mercedes* 427
The conservation of the bronze culverins recovered from the *Nuestra Señora de las Mercedes* frigate
Juan Luis Sierra Méndez

La Estación Central de Santiago de Chile. Arquitectura metálica y vanguardia decimonónica 437
The Central Station of Santiago de Chile. Metallic architecture and nineteenth-century avant-garde
María Paz Valenzuela Blossin

Las jardineras tipo Monier en las Galerías Punta Begoña. Degradaciones y proceso de conservación 445
The Monier-type planters in the Punta Begoña Galleries. Degradation and conservation process
Juan Bermejo-Soler, Íñigo González-González, Estíbaliz Lama Ochoa, Nagore Prieto-Taboada y Mª Dolores Rodríguez Laso

Los inicios de la industria del hierro en Madrid en el siglo xix: cerramientos de edificios reseñables 453
The beginnings of the iron industry in Madrid in the 19th century: remarkable building enclosures
Susana López Ginestal y Soledad Díaz Martínez

Restauración del Patrimonio Metálico Urbano: la escultura de la Flama Rotaria de la ciudad de Valencia 461
Restoration of the Urban Metallic Heritage: the sculpture of the Rotary Flame of the city of Valencia
Pablo Griñena

Westfalia Manteigueira com Centrifugadora: desafios e soluções de conservação 471
Westfalia Butter with Centrifuge: challenges and conservation solutions
Andreia Romão

Anejos a CuPAUAM 6 - Páginas 289-297

Un ataque microbiológico en objetos de hierro de época ibérica: proyecto interdisciplinar de investigación, intervención y conservación preventiva

A microbiological attack on iron objects from the Iberian period: interdisciplinary research, intervention and preventive conservation project

Ramón Canal Roca
Museu de Prehistòria de València
Carrer de la Corona, 36. 46003 València
ramon.canal@dival.es

Mª Teresa Doménech-Carbó
Instituto de Restauración del Patrimonio
Universitat Politècnica de València
Camí de Vera 14. 46022 València
tdomenec@crbc.upv.es

Antonio Doménech-Carbó
Departament de Química Analítica
Universitat de València
Doctor Moliner, 50. 46100 Burjassot (València)
antonio.domenech@uv.es
https://orcid.org/0000-0002-5284-2811

Trinidad Pasíes Oviedo
Museu de Prehistòria de València
Carrer de la Corona, 36. 46003 València
trini.pasies@dival.es

Rosa Mª Montes Estellés
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural
Universitat Politècnica de València
Camí de Vera s/n. 46022 València
rmontes@btc.upv.es

Jaime Vives-Ferrándiz Sánchez
Museu de Prehistòria de València
Carrer de la Corona, 36. 46003 València.
jaime.vivesferrandiz@dival.es
https://orcid.org/0000-003-0812-8351

José Antonio Madrid García
Instituto de Restauración del Patrimonio
Universitat Politècnica de València
Camí de Vera s/n. 46022 València
jmadrid@crbc.upv.es

Resumen

Esta publicación presenta la investigación documental, estudio, restauración y acondicionamiento de una colección de herramientas de hierro de la época ibérica del yacimiento de la Bastida de les Alcusses (Moixent, Valencia). Estas piezas se descubrieron en las excavaciones realizadas entre 1928-1931, y fueron restauradas antes de mediados del siglo xx. Conservadas en la sala de reserva del Museo de Prehistoria de Valencia, han desarrollado recientemente un ataque microbiológico que ha dado lugar a una serie de trabajos de conservación y restauración.

Palabras clave: restauración, conservación preventiva, afectación microbiológica, Edad del Hierro, Bastida de les Alcusses, parafina

Abstract:

The present work includes the documentary research, study, restoration and conditioning of a collection of iron tools from the Iberian period from the site of Bastida de les Alcusses (Moixent, Valencia). These objects were discovered in excavations carried out between 1928-1931, and were restored before the mid 20th century. Preserved in the reserve room of the Museum of Prehistory of Valencia, they have recently developed a microbiological attack that has led to a series of conservation and restoration works.

Key words: restoration, preventive conservation, microbiological damage, Iron Age, Bastida de les Alcusses, paraffin

1. Introducción

En la primavera de 2018, durante una inspección rutinaria en las salas de reserva del Museu de Prehistòria de València, se observó que una parte de la colección de piezas de hierro de época ibérica presentaba una afectación generalizada por microrganismos. La superficie de gran parte de la colección de herramientas estaba cubierta por unas colonias filamentosas de color blanquecino (figura 1).

Dicha sala de reserva tiene una superficie de 120m^2 y se encuentra ubicada en un altillo a 2,5 m de altura de la planta baja. Las piezas afectadas proceden de varios yacimientos excavados en el primer tercio del siglo XX y la mayor parte pertenece a la colección del poblado ibero de la Bastida de les Alcusses (Moixent), ocupado en la primera mitad del siglo IV a. C. Su recuperación, por el Servicio de Investigación Prehistórica (SIP), tuvo lugar en diferentes campañas de excavación entre 1928 y 1931 (Bonet y Vives-Ferrándiz, 2011).

Los objetos son un variado reflejo de la tecnología siderúrgica ibérica, que incluyen desde instrumental agrícola, herramientas de diferentes artesanías, elementos para la construcción, enseres domésticos y armamento.

Gracias a la documentación conservada en los archivos del museo sabemos que fueron restauradas en las décadas de los años 30 y 40 del siglo XX:

> Hacía años que, por las razones apuntadas, esperaba el material de hierro depositado en el Museo, especialmente las series procedentes de la Bastida, que se las defendiera de los procesos de oxidación. Casi todo este material ha sido cuidadosamente parafinado, mientras pudimos proporcionarnos los necesarios productos para ello (Ballester, 1942, 25).

Una inspección minuciosa de las piezas afectadas y del espacio donde se encontraban almacenadas, nos llevó a desarrollar en paralelo tres caminos para diagnosticar y solucionar el problema. En primer lugar había que indagar en la propia historia de la colección, para obtener datos acerca de su anterior intervención de restauración. En segundo lugar, era imprescindible realizar un estudio analítico de los objetos y sus alteraciones, para así desarrollar con posterioridad una correcta propuesta de intervención. Finalmente, para poder definir un nuevo plan de conservación preventiva, había que analizar los factores ambientales de la sala donde se habían conservado durante décadas las piezas, y que habían sido una de las causas de degradación.

2. Antiguas intervenciones en el Laboratorio de restauración del Museu de Prehistòria de València

Entre los fondos que conserva el Museu de Prehistòria de València la colección de metales arqueológicos abarca diversos periodos, tipologías y materiales. Muchas de estas piezas presentan ya algún tipo de intervención, pues ya desde la creación del museo, en 1927, existía un laboratorio con un personal contratado, dedicado a las labores de restauración. Indagar sobre cómo y con qué metodologías y productos trabajaban nuestros antecesores ha sido una labor difícil, por la escasa documentación existente, pero en cualquier caso una investigación necesaria para que en la actualidad podamos enfrentarnos a esta problemática (Pasíes, 2018: 112 116).

Sabemos que en la década de 1930 se practicaban baños en agua hirviendo para eliminar el sedimento y las concreciones, para posteriormente proteger las piezas con una capa de parafina aplicada en caliente por inmersión. Esta cera se mezclada con grafito o plombagina, con el fin de unificar el aspecto de la pieza y ocultar los restos de concreciones que no se habían podido limpiar.

Anejos a CuPAUAM 6. 289-297
https://doi.org/10.15366/ane2021.6
ISBN 978-84-8344-853-3

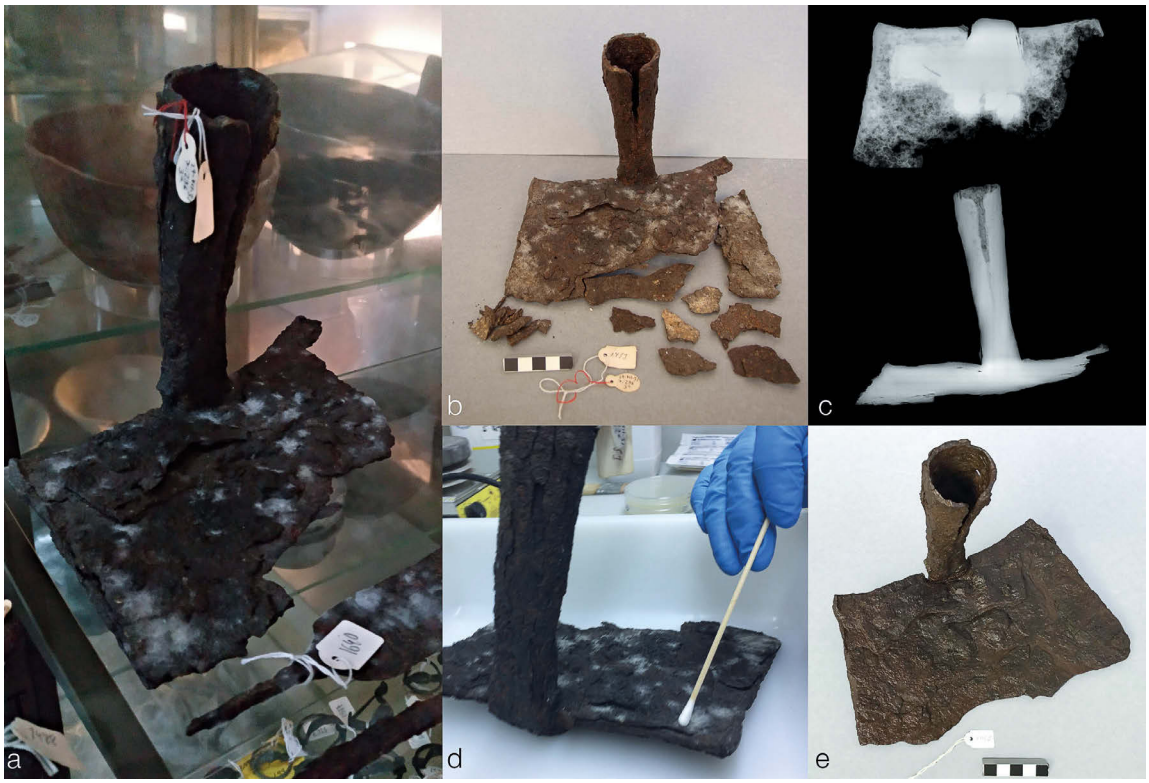

Figura 1. a. Imagen de las colonias blanquecinas aparecidas sobre los objetos. b. Fragmentos que conforman la legona. c. Radiografía de la legona en sus diferentes vistas. d. Toma de muestras para el estudio microbiológico. e. Aspecto final de la legona una vez restaurada. Archivo fotográfico Museu Prehistoria de València

Figure 1. a. Image of whitish colonies appearing on objects. b. Fragments that make up the hoe. c. X-ray image of the hoe in different positions. d. Taking samples for the microbiological study. e. Final appearance of the hoe once restored. Photographic archive or the Museu Prehistoria de València

Carmen Dávila, en su estudio sobre los históricos tratamientos de restauración en el Museo Arqueológico Nacional, también recoge estas prácticas que suponemos fueron habituales en los pioneros laboratorios del Estado.

> [...] se han encontrado gruesas capas de grafito o plombagina para unificar el aspecto general de muchos objetos de hierro. Con frecuencia había pátinas falsas sobre piezas que no se habían limpiado previamente, de forma que la corrosión, las concreciones y las tierras quedaban perfectamente disimuladas bajo una capa unificadora. El problema fundamental de estos tratamientos no es solo que enmascaren datos (elementos decorativos o huellas de uso, por ejemplo) y deformen el objeto original sino que también están ocultando los procesos de corrosión, que prosiguen por debajo (Dávila, 2018: 318).

Muchos de estos tratamientos transmitidos de manera gremial, se recopilaron en diferentes recetarios, como el publicado en Barcelona por Leddon (1931), que fue muy popular como referencia en los talleres de restauración de la época.

3. Análisis del estado de conservación

Para desarrollar una adecuada propuesta de intervención, era necesario determinar el estado de la colección y establecer los daños que la afectaban. La problemática concernía a unas 120 piezas, concentradas

en dos estantes de una misma vitrina. El ataque microbiológico afectaba solo a la cara superior de los objetos, la expuesta al ambiente, no observándose en la parte posterior en contacto directo con la repisa de cristal. Conscientes de la singularidad del fenómeno, atribuimos su origen a una mezcla de diferentes factores, es decir, no solo a las condiciones medioambientales, sino también a los productos empleados en la antigua restauración.

Con el fin de analizar el estado de conservación y realizar el estudio físico-químico, se seleccionaron unas piezas con diferentes niveles de afectación, en concreto dos podones y una legona. Los tres objetos provienen de las excavaciones realizadas entre 1928 y 1931.

A pesar del ataque microbiológico, el estado de conservación de los hierros no era grave. Una comparación de las piezas en su situación actual con fotografías de los años 50, nos evidencia que las alteraciones que han sufrido durante estas décadas no han sido importantes.

Los tres objetos se observaron con microscopía óptica y luz ultravioleta para obtener datos y corroborar hipótesis. Como prueba previa para determinar el tipo de recubrimiento se aplicó aire caliente sobre una pequeña superficie, lo que nos permitió observar cómo la capa cerosa de protección se derretía, y cómo las muestras recogidas tintaban los papeles secantes sobre los que se apoyaban los objetos. Pudimos entonces ver que esta materia había sido mezclada con una sustancia de aspecto grisáceo, posiblemente grafito, que ocultaba concreciones calcáreas, restos de sedimento y oxidaciones. Se trataría por tanto del mismo material (grafito o plombagina) que ya citaba Carmen Dávila en su estudio (Dávila, 2018: 318).

4. Análisis microbiológico y físico-químico

Una vez realizadas las primeras valoraciones tras su inspección visual, se llevaron a cabo los estudios físico-químicos, tomando muestras de las piezas seleccionadas. Los resultados del examen radiográfico pusieron en evidencia el alto nivel de mineralización y fragilidad de la legona, especialmente en la zona de la pala. Los dos podones, presentaban una condición de fragilidad importante, con algunas fisuras debidas a la exfoliación del metal, aunque la mineralización era menor que en la legona.

El estudio de microbiología confirmó la presencia de filamentos blanquecinos compatibles con el crecimiento de hongos, entre los cuales se encontraron *Fusarium tanahbumbuense* y *Beuaveria pseudobassiana* identificados por métodos de biología molecular.

Finalmente, el estudio químico analítico combinó la observación con microscopía óptica con la Espectroscopía FTIR. Con la microscopía se pudieron observar las hifas de hongos en la cara externa, así como el material orgánico aplicado en la antigua restauración. Los resultados del FTIR, comparando una muestra del recubrimiento con los patrones de referencia confirmaron que se trataba de hidrocarburos polisaturados de cadena larga, es decir, una protección a base de ceras, que aparecían junto a los agregados de calcita y minerales silíceo-ferríferos que formaban parte de las concreciones superficiales (figura 2, tabla 1).

Contrastada la información histórica con los estudios analíticos, se pudo concluir que la capa que se aplicó a los objetos en la restauración de los años 30 era a base de ceras, las cuales habían sido el nutriente para los microorganismos. Con los resultados obtenidos en las diferentes analíticas, hemos podido entender cómo se ha desarrollado esta afectación, y cuáles eran los pasos que debíamos seguir para establecer un protocolo de actuación que incluyera, no solo la intervención directa, sino unas medidas de conservación preventiva adecuadas para la salvaguarda del conjunto una vez finalizara su restauración.

Anejos a CuPAUAM 6. 289-297
https://doi.org/10.15366/ane2021.6
ISBN 978-84-8344-853-3

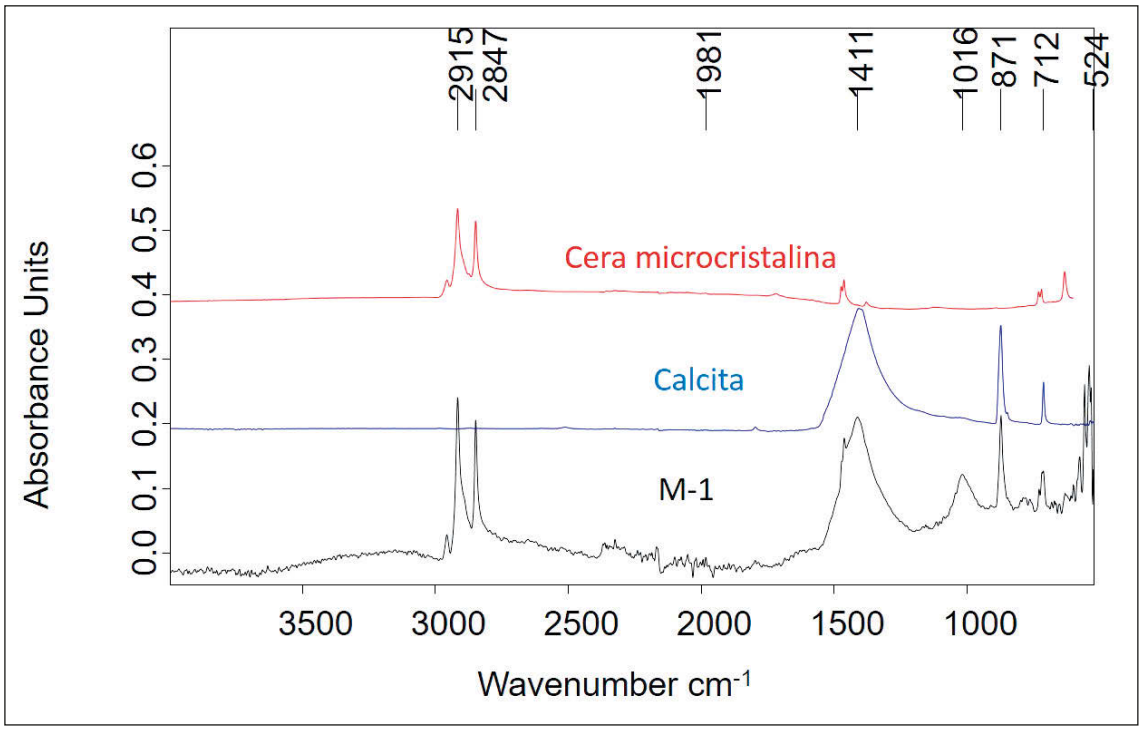

Figura 2. Espectro de absorción IR de la muestra M-1 y de patrones de referencia de cera microcistalina y calcita

Figure 2. IR Absorption Spectrum of Sample M-1 and Microcrystalline Wax and Calcite Reference Standards

Máximo banda IR (cm^{-1})	Compuestos identificados
1411, 871, 712	Calcita
1016	Minerales silíceos
2915, 2847, 1462, 726, 718 (hombro)	Cera microcristalina
596	Óxido de hierro (III)

Tabla 1. Bandas de absorción IR identificadas en las muestras analizadas

Table 1. IR absorption bands identified in the analyzed samples

5. Análisis de los factores ambientales

Para valorar los porcentajes respecto a la humedad relativa y la oscilación de la temperatura se instaló en la sala de reserva un *datalogger* para registrar los datos durante unos meses. Los primeros resultados obtenidos fueron suficientes para entender que la humedad relativa (HR) era del todo inadecuada. Un seguimiento a lo largo de dos años nos ha permitido evidenciar que el sistema de climatización del espacio no regula la HR, que tiene oscilaciones extremas por exceso o por defecto, tanto estacionales como diarias, situación que, de hecho, podemos extrapolar al clima local (figura 3). En la gráfica se observan las dinámicas ambientales de la sala de reserva, pudiéndose diferenciar los momentos de HR extremadamente alta que se localizan en los meses cálidos (junio-septiembre), y la muy baja en invierno (diciembre-marzo).

Obviamente hay una estrecha relación entre unos índices elevados de HR y la afloración de microorganismos, ya que, tal y como podemos encontrar en la literatura científica, «Las ceras utilizadas en el recubrimiento [...] son también compuestos biodegradables por los microorganismos. Estas reacciones son llevadas a cabo por microorganismos degradadores de hidrocarburos y parafinas» (Vaillant y Valentín, 1996: 89). Era imprescindible, por tanto, el establecimiento de unas medidas de conservación preventiva que garantizaran la correcta perdurabilidad de las piezas.

https://doi.org/10.15366/ane2021.6
ISBN 978-84-8344-853-3

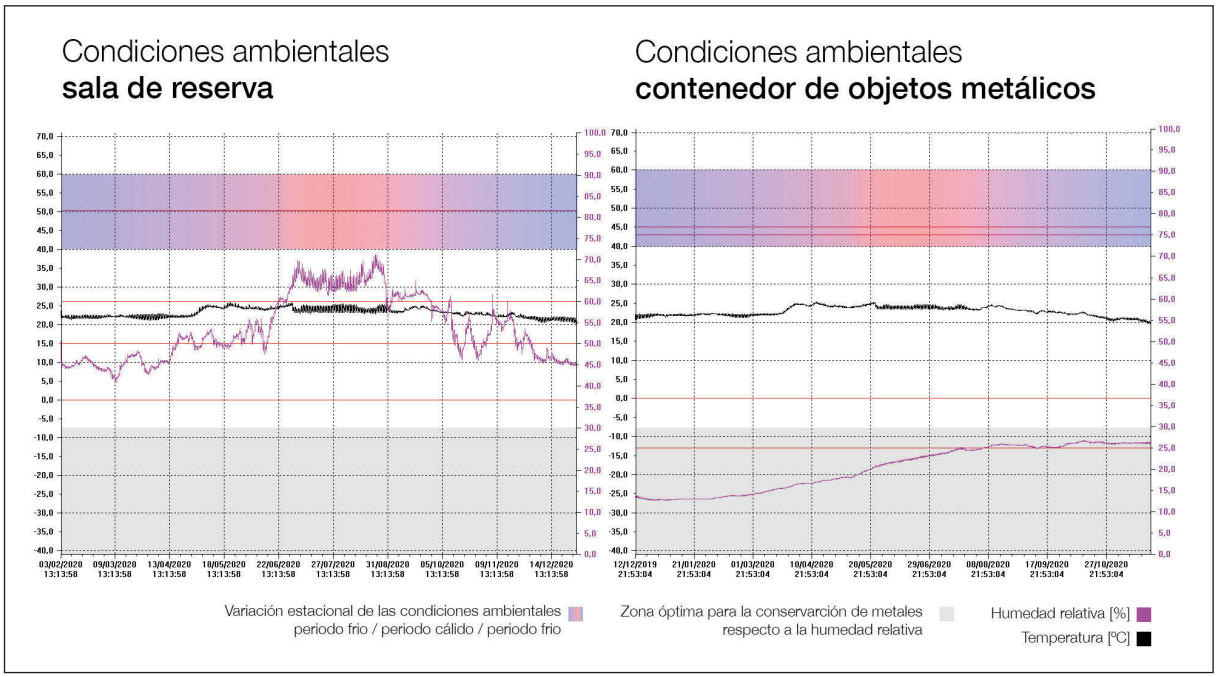

Figura 3. Comparativa entre la gráfica de las condiciones ambientales de la sala de reserva (izquierda) y la del interior de los contenedores de almacenaje (derecha)

Figure 3. Comparison between the graph of the environmental conditions of the reserve room (left) and those inside the storage containers (right)

6. La nueva propuesta de restauración

Para higienizar las herramientas y destruir las colonias de microorganismos, las piezas se sumergieron en alcohol etílico durante 30 minutos, con un suave cepillado posterior. Se procedió después a una inmersión durante 15 minutos en esencia de petróleo, para eliminar la antigua protección de parafina, lo cual puso en evidencia algunos focos muy puntuales de corrosión activa (cloruros de hierro), así como la presencia de concreciones calcáreas en superficie.

Para consolidar y fijar escamas de hierro y fisuras se inyectó resina epoxídica (Epo 150 CTS©). Esta misma resina se utilizó para adherir fragmentos y encolar las piezas fragmentadas, previa colocación de un estrato intermedio de resina acrílica (Paraloid B72© al 20 % en acetona).

La limpieza de las concreciones calcáreas y los restos de oxidación se realizó mecánicamente con la ayuda de un micromotor, fresas de diamante y cepillos de acero, combinando en algunos casos con proyección de abrasivo (microesferas de vidrio).

En los casos donde era necesaria la eliminación de cloruros se llevaron a cabo baños de agua desmineralizada e hidróxido de sodio al 2 %, reponiendo la disolución y haciendo mediciones periódicas cuantitativas de la presencia de cloruros en el agua con un titrador. El proceso de neutralización del tratamiento se hizo con inmersiones en agua hasta conseguir estabilizar el pH.

Para la protección del hierro se aplicó un doble revestimiento; en primer lugar los objetos se sumergieron en una disolución de Paraloid B44© al 5 % en etil acetato, con el propósito de consolidarlos y darles un recubrimiento final. Esta inmersión se realizó en campana de vacío para garantizar una mayor penetración. La segunda capa de protección se hizo con cera microcristalina Reswax en éter de petróleo al 5 %.

La reconstrucción de perfiles, aplicación de refuerzos y reintegración de pequeñas lagunas se llevó a cabo con una masilla epoxídica entonada con el original, mezclando Epo 150©, sílice coloidal, microesferas de vidrio y pigmentos naturales.

Anejos a CuPAUAM 6. 289-297
https://doi.org/10.15366/ane2021.6
ISBN 978-84-8344-853-3

7. Protocolo de conservación preventiva

Conscientes de que las mejoras en las instalaciones de la institución son de lenta tramitación por su elevado coste, se han desarrollado tres estrategias complementarias de fácil ejecución que nos han permitido corregir las deficiencias que se presentaban en la sala de reserva.

1. Mejoras en las instalaciones

- Inspección minuciosa del espacio para identificar riesgos desde el punto de vista de la conservación preventiva.
- Colocación de paneles aislantes en ventanas para mejora de los cerramientos del espacio.
- Retirada de antiguos embalajes con posible ataque microbiológico.
- Limpieza de suelos, vitrinas y mobiliario con productos bactericidas y fungicidas, aspirador de filtros Hepa y solución hidro-alcohólica al 70 %.
- Colocación de un deshumidificador con drenaje autónomo al exterior.
- Higienización anual de conducciones y colocación de filtros en el sistema de climatización.
- Instalación de *dataloggers* con transmisión de datos vía *wifi* para detectar incidencias.

2. Creación de contenedores de almacenaje con humedad relativa controlada

La gran apuesta para dar una solución fiable a los problemas de la humedad relativa excesiva ha sido la creación de contenedores con atmósfera controlada con gel de sílice. Se han adquirido unas cubetas traslucidas de polipropileno, apilables y con tapa hermética, con etiquetas identificativas para hacer más sencilla su localización.

Para proteger los objetos en el interior se ha realizado una caja nido con planchas de espuma de polietileno (Ethafoam©), rebajada con la forma del perfil para encajar las piezas, y forrada con *tissue*. Colocamos además un recipiente que contiene el gel de sílice para evitar el contacto directo con los objetos (el cual se cambia anualmente), y algunas cajas están siendo monitorizadas en su interior con un *datalogger* (figura 4).

Los objetos se han agrupado por yacimientos, materiales y tipologías. Al ser unos contenedores traslucidos podemos controlar la amortización de las sales de sílice y la inspección de las piezas e instrumentos de medición.

Se trata de un método de custodia y control de coste reducido, y los resultados están siendo óptimos, ya que tal y como reflejan los registros desde 2018 se ha podido mantener en el interior de los contenedores un ambiente de HR inferior al 30 %, sin variaciones significativas.

3. Creación de protocolos de consulta de las colecciones y conservación preventiva

Operaciones protocolarias, como la reposición de sales tras la apertura de los contenedores una vez terminada la consulta (la cual se ceñirá al tiempo mínimo necesario), la inspección de todo el conjunto antes de volver a colocarlo en la reserva, o el registro de cualquier incidencia, son solo algunas de las medidas incluidas en el manual específico, que ha pasado a formar parte de la documentación normativa del propio museo.

8. Reflexiones finales

El estado de conservación de muchas colecciones metálicas no solamente depende de los tratamientos de restauración aplicados en el pasado, sino de las condiciones ambientales en las que se conservan los objetos. El control de los parámetros de conservación se ha confiado en los últimos tiempos a

https://doi.org/10.15366/ane2021.6
ISBN 978-84-8344-853-3

Figura 4. Contenedor de conservación de la legona: a. Tapa con cierre estanco. b. Recipiente perforado para contener las sales de sílice. c. *Datalogger* para monitorizar las condiciones ambientales interiores. d. Espacio para encajar las piezas y evitar su movimiento. e. Etiqueta con la imagen del contenido y numeración de las piezas. Archivo fotográfico Museu de Prehistòria de València

Figure 4. Hoe conservation container: a. Lid with watertight closure. b. Perforated container to contain silica salts. c. Datalogger to monitor the interior conditions of the container. d. Space to fit the pieces and prevent their movement. e. Label with the image of the content and numbering of the pieces. Photographic archive or the Museu de Prehistòria de València

sistemas de climatización supuestamente inteligentes. Estas tecnologías, de coste elevado, se han ido quedando obsoletas y son de difícil sustitución.

Además, los sistemas de almacenaje, históricamente deficientes en relación a las condiciones de las salas de exposición, se han visto especialmente afectados por las políticas que priorizan otros aspectos dentro la actividad museística.

La externalización de servicios como el de mantenimiento, el deficiente control de las instalaciones, la toma de decisiones arbitrarias y la falta de personal cualificado, son también aspectos que influyen muy negativamente en la conservación del patrimonio metálico.

Anejos a CuPAUAM 6. 289-297
https://doi.org/10.15366/ane2021.6
ISBN 978-84-8344-853-3

Además, la creación de vitrinas o contenedores autónomos con atmósferas controladas puede ser una muy buena solución para situaciones en que una mejora de los equipamientos de climatización no puede ser abordada de manera inmediata.

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración de la directora del Museu de Prehistòria de València, María Jesús de Pedro Michó. Igualmente al Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio, y a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural de la Universitat Politècnica de València. La parte de estudios físico-químicos ha sido financiada gracias al proyecto PID2020-113022GB-I00 financiado por MCIN/ AEI /10.13039/50110 0 011033.

Bibliografía

Ballester Tormo, I. (1942): *La labor del Servicio de Investigación Prehistórica y su museo en los años 1935 a 1939*. F. Domenech. Valencia. <http://mupreva.org/pub/156/es> [consultado: 30/03/2022].

Bonet Rosado, H. y Vives-Ferrándiz Sánchez, J. (2011): *La Bastida de les Alcusses: 1928-2010*. Museu de Prehistòria de Valencia. València. <http://mupreva.org/pub/254/es> [consultado 30/03/2022].

Dávila Buitrón, C. (2018): *150 años de conservación y restauración en el Museo Arqueológico Nacional. Una historia imprescindible recuperada*. Ministerio de cultura y deporte. Subdirección General de Documentación y Publicaciones. Madrid. <http://www.man.es/man/dam/jcr:5dad9d60-3d62-4241-99f5-6a57d88e48f9/2018-conservacion-restauracion-man-r.pdf> [consultado 30/03/2022].

Leddon, G. (1931): *Los métodos más modernos y prácticos para la limpieza, coloración y preservación de los metales*. Ossó. Barcelona.

Pasíes, Oviedo T. (2018): "Piezas metálicas en los fondos del Museo de Prehistoria de Valencia: problemática asociada a su conservación y restauración". *Proceedings of the Third European Conference on electrochemistry applied to conservation of artworks . New insights into the technical examination and conservation of metallic heritage artefacts*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia: 122-126.

Vaillant Callol, M. y Valentín Rodrigo, N. (1996): *Principios básicos de la conservación documental y causas de su deterioro*. Ministerio de Cultura. Instituto del Patrimonio Histórico Español. Madrid.

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).

UAM Universidad Autónoma de Madrid

9 788483 448533