

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.)



Universidad Autónoma
de Madrid

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

Índice

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

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

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 <i>cetariae</i> de <i>Gadir-Gades</i>	149
The coin in the <i>cetariae</i> of <i>Gadir-Gades</i>	
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 11 th century found in Jaén 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 <i>Nuestra Señora de las Mercedes</i>	177
Conservation and stabilization treatment applied to numismatic set recovered from the frigate <i>Nuestra Señora de las Mercedes</i>	
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 <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	
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	
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 <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	
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, Oxirrínco (El-Bahnasa), Egipto	269
The set of bronze statuettes from Tomb no. 14, Oxirrínco (El-Bahnasa), Egypt	
BERNAT BURGAYA MARTÍNEZ	
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	

Un ataque microbiológico en objetos de hierro de época ibérica: proyecto interdisciplinar de investigación, intervención y conservación preventiva	289
--	-----

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

RAMÓN CANAL ROCA, TRINIDAD PASÍES OVIEDO, JAIME VIVES-FERRÁNDIZ SÁNCHEZ,
M^a TERESA DOMÉNECH-CARBÓ, ROSA M^a MONTES ESTELLÉS,
JOSÉ ANTONIO MADRID GARCÍA Y ANTONIO DOMÉNECH-CARBÓ

Propuesta para la conservación de una amplia colección de objetos arqueológicos de hierro	299
--	-----

Proposal for the conservation of a wide collection of iron
archaeological objects

LAURA GARCÍA BOULLOSA

Sistema expositivo en la colección de metales del Museo Foro Romano. Molinete (Cartagena)	309
--	-----

Exhibition system in the metal collection of the Roman
Forum Museum. Molinete (Cartagena)

IZASKUN MARTÍNEZ PERIS

Trabajos de conservación-restauración de cuatro tuberías de plomo de la ciudad romana de <i>Baetulo</i> (Badalona). Un caso de estudio interdisciplinar	319
---	-----

Conservation-restoration work on four lead pipes in the
Roman city of Baetulo (Badalona). An interdisciplinary case
study

ANNA BERTRAL ARIAS, ESTHER GURRI COSTA Y SANTIAGO RIERA MORA

Métodos de limpieza sobre metales arqueológicos procedentes de medios marinos: clavos de hierro originarios del Pecio de Urbieta (Gernika, Vizcaya)	329
---	-----

Cleaning methods on archaeological metals from marine
environments: iron nails from the Urbieta Wreck (Gernika,
Vizcaya)

SARA MASTRAL-MOLINOS, AINARA ZORNOZA-ÍNDART, LAURA GARCÍA Y GIORGIO STUDER

SESIÓN IV. PATRIMONIO METÁLICO HISTÓRICO, ARTÍSTICO Y RELIGIOSO

Acciones de Conservación de Patrimonio Militar de Artillería: de la intervención mínima a la intervención funcional	341
--	-----

Actions for the Conservation of Artillery Military Heritage:
from minimal intervention to functional intervention

ANAHÍ MEYER RIERA Y JAIME FERREIRA REGALADO

Construcción de decisiones para la producción y restauración de «El caballito»	351
---	-----

Decision making for the production and restoration of
“El caballito”

JANNEN CONTRERAS VARGAS

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

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

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

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

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

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

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

ANDREIA ROMÃO

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

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

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

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

ELISA FERNÁNDEZ TUDELA, LUIS CARLOS ZAMBRANO VALDIVIA Y MANUEL BETHENCOURT

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

MANUEL JESÚS GRUESO JIMÉNEZ Y LUIS CARLOS ZAMBRANO VALDIVIA

La conservación de las culebrinas de bronce recuperadas de la fragata <i>Nuestra Señora de las Mercedes</i>		427
The conservation of the bronze culverins recovered from the <i>Nuestra Señora de las Mercedes</i> 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 M ^a 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 19 th 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		

Extrapolación de técnicas no habituales en la reproducción de elementos metálicos asociados al Patrimonio Documental

Extrapolation of unusual techniques in the reproduction of metallic elements associated with Documentary Heritage

ÍÑIGO GONZÁLEZ-GONZÁLEZ

Departamento de Pintura
Facultad de Bellas Artes Edificio II
Barrio Sarriena s/n. 48940 Leioa (Bizkaia)
inigon30@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7793-5216>

ESTÍBALIZ LAMA OCHOA

Departamento de Pintura
Facultad de Bellas Artes Edificio II
Barrio Sarriena s/n. 48940 Leioa (Bizkaia)
estibaliz.lama@ehu.eus
<https://orcid.org/0000-0001-6999-8057>

JUAN BERMEJO-SOLER

Departamento de Pintura
Facultad de Bellas Artes Edificio II
Barrio Sarriena s/n. 48940 Leioa (Bizkaia)
juan.bermejo@ehu.eus
<https://orcid.org/0000-0001-6124-9131>

M^a DOLORES RODRÍGUEZ LASO

Departamento de Pintura
Facultad de Bellas Artes Edificio II
Barrio Sarriena s/n. 48940 Leioa (Bizkaia)
mariadolores.rodriguez@ehu.eus
<https://orcid.org/0000-0001-7916-3010>

Resumen

Con el paso del tiempo, han llegado gran cantidad de obras que presentaban elementos metálicos, especialmente en las encuadernaciones, al taller de restauración de obra documental de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU). El uso de este tipo de piezas se extendió con la aparición del formato códice, en especial en los textos cristianos, siendo habitual su uso en forma de bullones, cierres y cantoneras. Algunos de estos componentes han llegado con pérdidas, de forma parcial, o en su totalidad, lo que ha hecho necesaria su reposición, por tratarse de elementos constitutivos de la propia obra.

Además de los ya conocidos sistemas de reproducción mediante metales artificiales (polímeros con cargas metálicas), desde la UPV/EHU se ha profundizado en la experimentación con otros métodos. En este trabajo se ha comparado el acabado de estas piezas con metales artificiales, respecto al uso de planchas metálicas recortadas al ácido y a la impresión 3D FDM (modelado por deposición fundida) con distintos tipos de filamentos (diferentes polímeros y cargas metálicas). Estas técnicas ayudaran, en un futuro, en la realización de réplicas para abordar la reconstrucción de elementos metálicos faltantes y así conseguir la conservación y restauración del Patrimonio Documental.

Palabras clave: encuadernación, reproducciones, cargas metálicas, resinas, impresión 3D

Abstract

Over time, a large number of works that featured metallic elements, especially in the bindings, have arrived at the documentary work restoration workshop of the University of the Basque Country (UPV/EHU). The use of this type of pieces spread with the appearance of the codex format, especially in Christian texts, being usual its use in the form of bullones-protections, clasps and corner pieces. Some of these components have arrived with losses, partially or totally, which has made their replacement necessary, since they are constitutive elements of the work itself.

In addition to the already known reproduction systems using artificial metals (polymers with metallic charges), the UPV/EHU has deepened experimentation with other methods. In this work, the finishing of these pieces with artificial metals has been compared, with respect to the use of acid-cut metal plates and 3D FDM printing (molten deposition modeling) with different types of filaments (different polymers and metal charges). These techniques will help, in the future, in the realization of replicas to tackle the reconstruction of missing metallic elements and thus achieve the Conservation and Restoration of the Documentary Heritage.

Key words: Binding, reproductions, metal charges, Resins, 3D printing

1. Introducción

En la Conservación y Restauración de patrimonio documental, en ocasiones nos encontramos con encuadernaciones muy elaboradas, las cuales requieren procesos de intervención propios de otros materiales. Con el paso del tiempo, han llegado gran cantidad de obras que presentaban elementos metálicos al taller de restauración de obra documental de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU). El uso de este tipo de piezas se extendió con la aparición del formato códice, en especial en los textos cristianos, teniendo muchos de ellos función decorativa, pero otros forman parte de la propia estructura del libro (Cambras, 2017). Los bullones y cantoneras refuerzan las portadas de los libros y reducen los daños producidos en su manipulación. En cambio, los cierres reducen el desplazamiento de los cuadernillos cuando el libro permanece cerrado. Estos elementos son importantes cuando nos encontramos con libros muy pesados o de gran formato (Hernández, 2015). Algunos de estos componentes han llegado con pérdidas, de forma parcial, o en su totalidad, lo que ha hecho necesaria su reposición, por tratarse de elementos constitutivos de la propia obra y tener una función mas allá de la simple decoración.

En muchas ocasiones, en los talleres de restauración de papel, no se cuenta con los medios necesarios para la realización de nuevas piezas en un soporte metálico. Por ello en este trabajo, se ha ensayado con la impresión en 3D FDM con filamentos con cargas metálicas y se ha comparado con el uso de resinas con cargas metálicas (Herrero-Cortell *et alii*, 2017, Herrero-Cortell *et alii*, 2018).

Por otra parte, se ha experimentado el corte con ácido, ya que se pueden aprovechar medios propios del grabado, quizás mas cercanos al trabajo habitual de los talleres de conservación y restauración de libros y documentos.

2. Objetivos

Este trabajo tiene dos objetivos principales: ensayar el uso de la impresión 3D FDM con cargas metálicas para la reposición de este tipo de elementos, así como comparar su envejecimiento con elementos reproducidos con resinas con cargas metálicas. Por otro lado, se busca probar la viabilidad del corte con ácido para la reproducción de los elementos que nos ocupan.

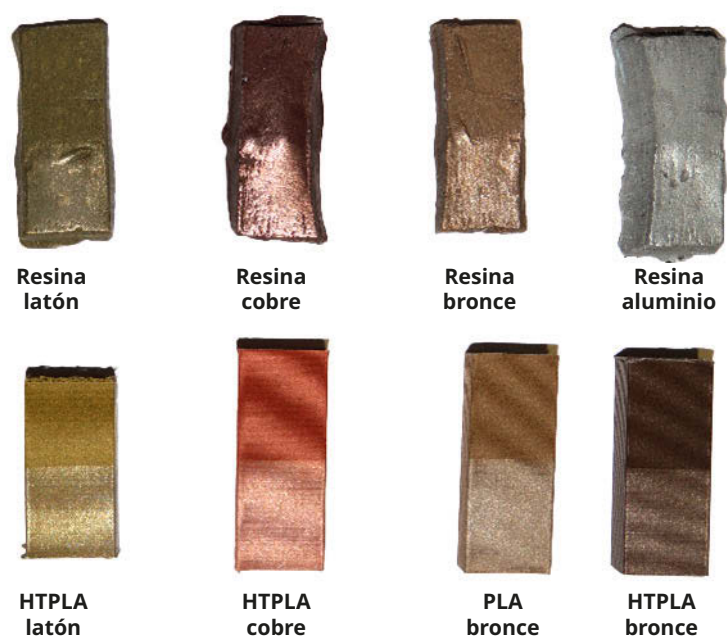


Figura 1. Conjunto de muestras antes de los ensayos

Figure 1. Set of samples before the tests

3. Metodología

Para el ensayo de polímeros con cargas metálicas, se han preparado unos pequeños prismas de base rectangular. Para las resinas con polvos metálicos se ha utilizado la resina de poliéster ferropol 3501 CV2.5, junto al acelerador CH-8 y el catalizador F-11 en una relación en peso de 100/0,15/1,5. A continuación, se ha mezclado la resina ya preparada con los polvos metálicos en una proporción de 1:1 en peso. Se ha realizado una muestra con cada polvo metálico utilizado: bronce, latón, cobre y aluminio, todos ellos de la casa comercial Ferroca. El aluminio no se ha utilizado de manera habitual en encuadernación, pero se ha decidido testar como posible sustitutivo de piezas en acabados plateados. Con este material la proporción de polvo y resina ha sido 3:1. La cantidad de polvo metálico y la forma de aplicación puede variar dependiendo de los efectos deseados según se describe en los trabajos realizados por Herrero-Cortell *et alii* (2018).

Para la impresión 3D FDM, utilizando la impresora 3D Creality Ender 3, ajustando la temperatura a las especificaciones dadas por cada fabricante y un grosor de lámina de 0,28. Los filamentos testados han sido: HTPLA Metálico Bronce (Proto-Pasta), HTPLA Metálico Cobre (Proto-Pasta), HTPLA Metálico Latón (Proto-Pasta), PLA MetalFil Bronce Antiguo (FromFutura).

Tanto en las muestras a base de resina, como las de impresión 3D, se ha pulido la mitad inferior de una de las caras con la ayuda de lana de acero de 000 (figura 1).

Para conocer el comportamiento futuro de estos materiales, y su viabilidad en el campo de la Conservación y Restauración, se han sometido las muestras a un envejecimiento acelerado de humedad, luz y temperatura. Para ello se ha utilizado una cámara de entorno controlado que busca acercarse a las condiciones descritas en la norma UNE-EN ISO 11341:2005 (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2005). Como base se ha usado un terrario de cristal de 40 × 25 × 20 cm

el cual se ha protegido en sus laterales, con espuma aislante y, en su parte inferior y superior, con una rasilla cerámica. Las fuentes de calor que se han utilizado son: un calentador Heat Mat de 8 W y dos Ceramic Heater de 100 W, todo ello de la casa comercial Exoterra. Para la incorporación de humedad se ha usado el Reptile Fogger de la casa Inkbird, un humidificador a base de ultrasonidos. La radiación escogida es la de una bombilla Reptile UBV 200 de 25 W, también de la casa comercial Exoterra, la cual se ha elegido por ser rica en ultravioletas entre 390 y 440 nm. Para controlar los distintos valores se ha recurrido al controlador termostato/higrostat digital de la casa comercial Reptiland, el cual iba activando o desactivando los distintos elementos según los valores en el interior de la cámara. Esta construcción ha proporcionado una luz de tipo ultravioleta-visible, una temperatura de 50 °C con una oscilación de ± 5 °C y una humedad relativa del 80 % con una fluctuación de ± 10 %. Las muestras se han sometido a cuatro ciclos de 100 horas en el interior de este dispositivo.

Para registrar los cambios de manera objetiva se han medido las muestras, tanto recién fabricadas, como al final de cada ciclo, realizando mediciones de color y brillo, tanto en las zonas sin pulir como en las pulidas. Se ha utilizado un colorímetro NR10QC de la marca 3NH, con el observador a 10° y el Iluminante D65. Las mediciones de color se han realizado bajo la norma UNE-EN 15886 (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2011). Tal como indica la misma, las medidas se expresan a través de tres valores (L^* , a^* y b^*) marcando unas coordenadas en el espacio CIELAB.

Para evaluar los cambios de color se ha aplicado la siguiente fórmula:

$$\Delta E_{ab} = [(L_a - L_b)_2 + (a_a - a_b)_2 + (b_a - b_b)_2]^{1/2}$$

En las intervenciones en patrimonio se considera un cambio perceptible por el ojo humano cuando $\Delta E > 3$ (ASTM D4303) (American Society for Testing and Materials, 2016).

Para controlar el nivel de brillo, se ha utilizado un brillómetro modelo YG60S de la marca 3NH, con un ángulo de medida de 60°. Este dispositivo refleja la capacidad de refracción de la luz en unidades de brillo (GU) las cuales son un valor numérico del 0-100.

Para el corte con ácido se ha ensayado con el uso de una plancha de latón, la cual se ha protegido con laca para bombillas. Con ayuda de un punzón se ha eliminado esta capa en las zonas a cortar y se ha sumergido en una disolución al 40 % en peso de cloruro férrico (FeCl_3) en agua destilada durante 12 horas.

4. Resultados

En lo que respecta a los polímeros con cargas metálicas, tras el envejecimiento acelerado, ya a simple vista se observan grandes cambios. Las resinas con polvo metálico admiten mejor el pulido que el material de impresión 3D con cargas metálicas, pero ambos pierden este brillo con el paso del tiempo (figura 2).

Respecto al color se han observado comportamientos diferentes, las resinas con cargas metálicas han sufrido menos cambios que las impresiones 3D, aunque todas han sufrido cambios. Por otro lado, las superficies que habían pulido se han alterado en mayor medida que las que se dejaron al natural (tabla 1).

El corte con ácido es una buena opción si se cuenta con acceso a material de grabado y no se dispone de las herramientas para el trabajo de metales. La naturaleza del metal escogido (aleación y grosor) y el motivo a cortar puede requerir ajustes en el tiempo de mordido. Los elementos más finos o con mayor concentración de trazos son perforados más rápidamente. La única necesidad específica es que según el metal que queramos grabar, podemos necesitar diferentes ácidos.

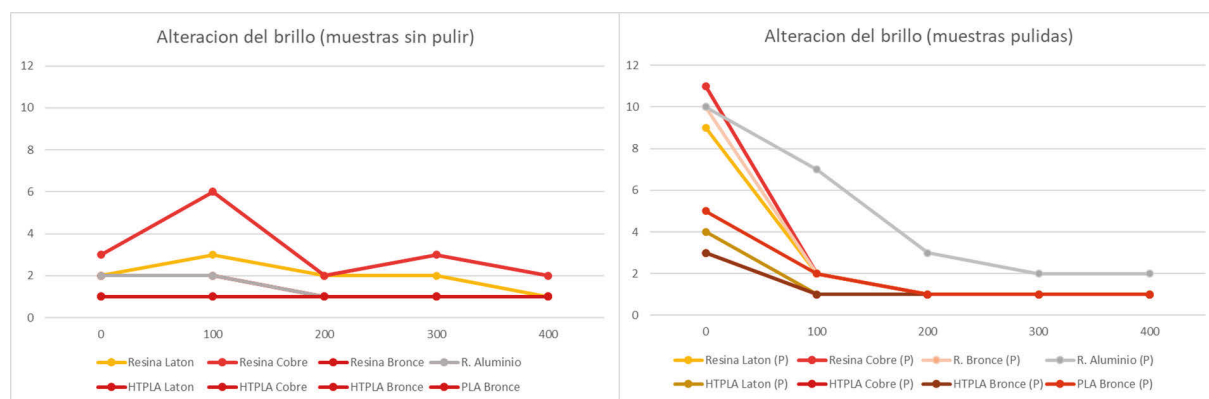


Figura 2. Gráficas de la evolución del brillo con el paso del tiempo

Figure 2. Graphs of the evolution of brightness over time

Muestra	ΔE (0-400 h)	Muestra	ΔE (0-400 h)
Resina Latón	2,60	HTPLA Latón	15,23
Resina Latón (P)	15,20	HTPLA Latón (P)	16,22
Resina Cobre	4,43	HTPLA Cobre	10,56
Resina Cobre (P)	22,16	HTPLA Cobre (P)	15,30
Resina Bronce	3,06	HTPLA Bronce	6,18
R. Bronce (P)	20,84	HTPLA Bronce (P)	8,42
R. Aluminio	2,68	PLA Bronce	12,35
R. Aluminio (P)	16,45	PLA Bronce (P)	12,59

Cambio de color sufrido por las distintas muestras entre su origen y tras 400 horas de envejecimiento acelerado. Los valores menores a 3, son admisibles en el campo de la conservación. Las muestras indicadas con (P) corresponden a las zonas pulidas

Tabla 1. Alteración en el color tras 400 h

Table 1. Color change after 400 h

5. Conclusiones

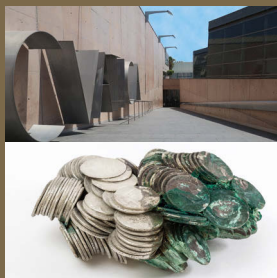
La impresión FDM con cargas metálicas, al menos los materiales ensayados en este trabajo, no son útiles para la reproducción de elementos metálicos, tanto por su reducida capacidad de pulido como por la poca estabilidad de sus acabados. La impresión 3D FDM sí puede ser útil como técnica de elaboración de un prototipo, del cual preparar un molde y luego positivar en una resina con cargas metálicas.

Las resinas con cargas metálicas han resistido mucho mejor el proceso de envejecimiento, aunque las superficies pulidas se alteran con facilidad. Sería interesante evaluar el comportamiento de estos materiales, aplicándoles una capa de protección tras el pulido.

El corte con ácido se basa en el mismo principio que el grabado ácido, pero ampliando el tiempo de exposición. Además, ajustar los tiempos nos puede permitir no solo cortar, sino grabar ciertas formas, pudiendo reproducir iconografías que en origen irían en relieve, pero en este caso en liso, manteniendo una completa discernibilidad.

Bibliografía

- American Society for Testing and Materials (2016): *Standard Test Methods for Lightfastness of Colorants Used in Artists' Materials*. ASTM International. West Conshohocken, PA. <<http://dx.doi.org/10.1520/D4303-10R16>>.
- Asociación Española de Normalización y Certificación (2005): *Pinturas y barnices. Envejecimiento artificial y exposición a radiación artificial. Exposición a la radiación filtrada de una lámpara de arco de xenón: (UNE-EN ISO 11341:2005)*.
- Asociación Española de Normalización y Certificación (2011): *Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Medición del color de superficies: (UNE-EN 15886:2011)*.
- Cambras, J. (2017): *Encuadernación, técnicas y procedimientos para proteger y embellecer los libros*. Parramon. Barcelona.
- Hernández, F. (2015): "Encuadernaciones inéditas de los siglos XV y XVI en el Instituto Valencia de Don Juan". *Boletín ANABAD*, LXV nº 3. ISSN: 2444-7293.
- Herrero-Cortell, M.A., Mas-Barberà, X., Marcos, C., Lastras M. y Culebras, M. (2017): "Museum reproduction of metallic archaeological artefacts: from lost wax casting techniques to artificial metals". *Ge-conservación*, 12/2017. ISSN: 1989-8568.
- Herrero-Cortell, M.A., Mas-Barberà, X. y Culebras, M. (2018): "Revisión de las metodologías de creación y reproducción con metales artificiales en aplicaciones artísticas". *Revista Iberoamericana de Polímeros y Materiales*, 19(4): 142-155.



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).