

MetalEspaña 2020/2021

III Congreso de Conservación y Restauración del Patrimonio Metálico

Joaquín Barrio Martín
Milagros Buendía Ortuño (eds.)

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



MINISTERIO
DE CULTURA
Y DEPORTE

ARQVA

Museo Nacional
de Arqueología Subacuática



MUSEO
CASA DE LA MONEDA

UAM Universidad Autónoma
de Madrid

Anejos nº 6 | 2022

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

Cuadernos
de Prehistoria
y Arqueología
de la Universidad Autónoma de Madrid

MetalEspaña 2020/2021

III Congreso de Conservación y Restauración del Patrimonio Metálico

Joaquín Barrio Martín
Milagros Buendía Ortuño
(eds.)



Universidad Autónoma
de Madrid

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

Índice

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

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

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

SESIÓN III. PATRIMONIO METÁLICO ARQUEOLÓGICO

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

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

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

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

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

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

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

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

ANDREIA ROMÃO

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

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

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

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

ELISA FERNÁNDEZ TUDELA, LUIS CARLOS ZAMBRANO VALDIVIA Y MANUEL BETHENCOURT

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

MANUEL JESÚS GRUESO JIMÉNEZ Y LUIS CARLOS ZAMBRANO VALDIVIA

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

Arqueología y Restauración: un caso práctico en el Pórtico Oriental de la Plaza de Armas de *Madīnat al-Zahrā* (Córdoba)

Archaeology and Restoration: A practical example of the Pórtico Oriental of the Plaza de Armas in *Madīnat al-Zahrā* (Cordoba)

MARÍA MUÑOZ MORA

Instituto Arqueológico Alemán (DAI)
mariamunozmora@outlook.es
<https://orcid.org/0000-0003-0768-5498>

WIOLETA JABŁOŃSKA

Instituto Arqueológico Alemán (DAI)
awioletaj@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5581-2773>

ALEJANDRO UGOLINI SÁNCHEZ-BARROSO

Instituto Arqueológico Alemán (DAI)
alejandro.ugolini@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8485-7754>

Resumen

La interdisciplinariedad es una de las herramientas claves de la investigación científica, sin embargo, su aplicación no siempre ha sido sencilla. En el año 2019 surgió el proyecto cuyo objetivo se centraba en el uso de las técnicas arqueológicas, de restauración y conservación para el estudio de los materiales hallados en la campaña de excavación del mismo año en el yacimiento de *Madīnat al-Zahrā*. Dichos hallazgos se centraban, mayoritariamente, en una posible puerta forrada por bandas de hierro y fechada en el siglo X d. C.

Para trabajar sobre estos materiales, se buscó implementar simultáneamente métodos de microexcavación, consolidación, conservación y restauración de los materiales metálicos, que se encontraban en un avanzado estado de corrosión y que conforman uno de los pocos ejemplos de hallazgo de estas características conservados *in situ* y datados en el final del califato de Córdoba.

Palabras clave: microexcavación, hierro, *Madīnat al-Zahrā*, restauración, conservación, SFR láser

Abstract

Interdisciplinarity is one of the key tools of scientific research, however, its application has not always been easy. In 2019, the project whose objective was focused on the use of archaeological, restoration and conservation techniques for the study of the materials found in the excavation campaign of the same year at the site of *Madīnat al-Zahrā* emerged. These findings focused mainly on a possible door lined with iron bands and dated to the 10th century AD.

To carry out work on these materials, the aim was to simultaneously implement methods of micro-excavation, consolidation, conservation and restoration of the metals, that were in an advanced state of corrosion and that constitute one of the few examples of findings of these characteristics preserved *in situ* and dated to the end of the Caliphate of Cordoba.

Key words: micro-excavation, iron, *Madīnat al-Zahrā*, restoration, conservation, SFR laser

1. Contexto histórico-arqueológico

El Proyecto General de Investigación Plaza de Armas (PGI), «Plaza de Armas de *Madīnat al-Zahrā*» (PGI) empezó en 2017, codirigido por Felix Arnold del Instituto Arqueológico Alemán (DAI) y el director del Conjunto Arqueológico de *Madīnat al-Zahrā* (CAMaZ)¹, con la colaboración de UAM (Universidad Autónoma de Madrid); tiene como objetivo principal el estudio de una estructura esencial en la organización de la ciudad palatina a través de la denominada «Plaza de Armas», situada en el lado oriental de la superficie del yacimiento arqueológico, un espacio abierto que daba acceso al alcázar (Vallejo Triano 2010, 168).

Dentro del marco de dicho proyecto, en la campaña de excavación del año 2019 y asociado a un imponente nivel de derrumbe e incendio, apareció un nivel compuesto de metal y madera carbonizada que podrían haber pertenecido a un elemento de cierre, o puerta, procedente de la fachada oeste del pórtico oriental de la «Plaza de Armas» (Arnold 2020: 75).

Se trata, pues, de un elemento de cronología indudablemente califal, por su aparición dentro de los niveles estratigráficos adscritos a dicho periodo y, por tanto, uno de los pocos ejemplos conservados *in situ* de que disponemos en la actualidad.

La excavación de los restos empezó el mismo año 2019 con una primera campaña de duración limitada en que se establecieron las bases y criterios de trabajo, para ser continuada en 2020 en un esfuerzo interdisciplinar e interinstitucional. El marco teórico de la intervención había sido planteado por el equipo de restauración del Conjunto Arqueológico de *Madīnat al-Zahrā* en un documento que se redactó entre el final de la excavación y el inicio de la propia microexcavación arqueológica².

2. Metodología

El estudio de los materiales, su restauración, así como la microexcavación, se han llevado a cabo en los laboratorios del Conjunto Arqueológico de *Madīnat al-Zahrā*, establecimiento en que fueron depositados los bloques extraídos del yacimiento tras ser engasados y asegurados.

Siempre se ha procurado crear protocolos de trabajo que permitieran conservar el material y obtener al mismo tiempo toda la información arqueológica, para lo cual ha sido fundamental la coordinación entre los equipos de arqueología y de restauración.

A este respecto, muchas de las intervenciones preliminares y técnicas analíticas llevadas a cabo cuentan con una doble funcionalidad diagnóstica e informativa. Por tanto, para el mejor conocimiento previo de los bloques engasados se realizó un estudio con dibujos, fotografías, modelos 3D, mapa de daños, etc. (figura 1). La primera de las herramientas diagnósticas con una doble utilidad para determinar la metodología a seguir durante la microexcavación y apoyar también a la conservación, fue la realización de radiografías a todos los bloques. El objetivo era obtener mejor visión del contenido de los bloques para planificar cualquier cambio o modificación de la metodología a usar. Además, dicha actividad permitió evaluar a la perfección el estado de conservación de los bloques y la densidad de materiales que se hallaban dentro de los mismos, ayudando al proceso de la excavación en cuanto que, donde había una acumulación mayor de material se procedía a excavar con la máxima cautela posible consolidando al mismo tiempo.

¹ Alberto Montejo Córdoba hasta 2019 y Antonio Vallejo Triano desde 2019 hasta la actualidad.

² *Propuesta de intervención PGI Plaza de Armas. Campaña 2019. Metales del Corte 3* (no publicado), por Inmaculada Concepción Muñoz Matute y Alejandra del Pino Campos (CAMaZ).



Figura 1. Ortofotografía con identificación de bloques y metales

Figure 1. Ortophoto with identified chunks and metal pieces

La fundamental peculiaridad del proceso de excavación es, lógicamente, el campo de actuación, es decir el tamaño de los bloques y su consideración como excavaciones independientes.

En cuanto a la metodología aplicada durante estas microexcavaciones la principal diferencia respecto a una excavación arqueológica convencional es la del elemento inverso. La intervención arqueológica se ha basado en la alternancia entre el método convencional de excavación y un «método estratigráfico inverso», siempre siguiendo el método estratigráfico, diferenciando los distintos estratos arqueológicos e identificando las unidades estratigráficas en base a los habituales criterios de composición, textura o coloración (Harris, 1991). Este sistema de excavación inverso no consistió en otra cosa que en rotar los bloques, afrontando la estratigrafía desde la fase más antigua hacia la más reciente en todos aquellos casos en que suponía una ventaja, teniendo en cuenta que muchos de ellos estaban cubiertos por un nivel de hierro.

3. Intervenciones arqueológicas

A lo largo de las dos fases de excavación arqueológica que se llevaron a cabo, se trataron un total de doce bloques compuestos por materiales mixtos, con el consiguiente volumen de materiales sensibles que tratar de la mejor manera posible.

Es importante recalcar que todos los trabajos de excavación se llevaron a cabo con el apoyo continuo del equipo de restauración, que se encargó de estabilizar y consolidar todos aquellos puntos que, debido al mal estado de conservación del material, amenazaban con colapsar.

3.1. Primera fase

La primera fase se centraba, ante todo, en un establecimiento y posterior aplicación de una metodología viable para la conservación y restauración de los materiales.

Los resultados, *grosso modo*, tras esta breve intervención siguen siendo confusos, puesto que, al excavar tan solo tres bloques de dimensiones pequeñas es, todavía, imposible conseguir resultados contundentes. No obstante, ha de destacarse que, en los tres bloques, aparece el mismo patrón, es decir, en los niveles superiores aparecen las placas metálicas y en los niveles inferiores, únicamente clavos de diversas dimensiones, incluyendo clavos pasadores, normalmente entre 4-8 cm, aunque bien es cierto que apareció un clavo grande de más de 30 cm. Todo ello envuelto en estratos de cal, tierra, restos de piedra calcarenita y fuerte aparición de restos de madera carbonizada.

Los materiales aparecidos dentro de los bloques, aparte del gran contenido metálico, entre otros, son enlucido, así como tejas. La cerámica, lógicamente, es un elemento escaso.

Ha de decirse, por su lado, que la conservación, así como el estado de conservación de los materiales aparecidos fue pésimo, por la gran presencia de óxidos, empero, ante todo, fragmentados por la presión y la fuerza de los materiales como las piedras calcarenitas. En muchos casos, algunos de los clavos, incluso, aparecieron adheridos, resultado de la alta combustión, a dicha piedra.

3.2. Segunda fase

El método de trabajo seguido en la segunda fase, de mayor duración y con un mayor número de bloques a excavar, fue fundamentalmente el mismo que se había establecido en el primer acercamiento al material.

Sin embargo, una diferencia notable fue el incremento del volumen de algunos de los bloques, lo cual generaba situaciones más comprometidas a la hora de moverlos para intervenirlos. Por ejemplo, en la mayoría de los casos no se pudo trabajar desde el principio con radiografías que sirvieran como

guía por el gran volumen y densidad, siendo necesario llevar a cabo una primera excavación superficial con que remover la mayor parte de restos de derrumbe presentes sobre la superficie de los bloques.

Es en esta fase donde la puerta acabó siendo excavada por completo, arrojando interesantes datos relativos a la composición de esta y los materiales empleados. En muchos casos se corroboró una tendencia, ya vista en la primera fase en lo que respecta al tamaño de los clavos que formaban la hoja, reiterándose medidas de 8 cm para las puntas de fijación de las bandas de hierro a la estructura de madera, y otros de más de 30 cm que debían formar parte del armazón de la puerta.

Tratar cada uno de los bloques de manera individualizada permitió también generar un pequeño mapa de presencia de las principales Unidades Estratigráficas con que tener una idea más general de la secuencia y extensión de elementos constructivos durante la destrucción de esa parte del pórtico oriental de la Plaza de Armas (figura 1).

4. Restauración, conservación y gestión

Los trabajos de restauración desarrollados durante varios meses en este proyecto PGI se fundamentan en la propuesta de intervención redactada por las restauradoras del conjunto arqueológico anteriormente mencionado, y siguiendo la normativa actual en cuanto a criterios de intervención en este tipo de materiales: reversibilidad, mínima intervención, documentación de todos los procesos, etc. (VV.AA., 2015).

Esta parte práctica que se describirá detalladamente comienza con el análisis general de la situación y la organización de los trabajos a realizar, la metodología de trabajo y cómo abordar los diferentes procesos de conservación-restauración.

En un primer momento se planteó tratar los bloques recuperados como un conjunto de materiales mixto (metal y restos de madera/carbón) pero, a medida que avanzaban los trabajos, decidimos centrarnos en recuperar los metales y conservar, en la medida de lo posible, los carbones e improntas localizados sobre los metales.

Hasta el momento se han realizado dos fases de intervención: la primera tuvo lugar entre noviembre y diciembre de 2019, en la que se organizaron el taller y los equipos de trabajo, y hubo una primera toma de contacto con los materiales (documentación previa, pruebas de limpieza y comienzo de microexcavaciones de los primeros bloques). En la segunda fase, desde septiembre de 2020 hasta abril de 2021, se ejecutaron las tareas de restauración-conservación de los materiales (limpiezas, consolidaciones, etc.).

De manera previa a la intervención directa, se llevó a cabo la documentación del estado de conservación de todas las piezas mediante fotografías y mapas de daños. El estado de conservación que presentaban era muy deficiente debido al alto grado de mineralización que poseían. Se observó que existían grandes diferencias entre los objetos que tienen poco grosor como las placas de hierro, y las que son más gruesas como los clavos y remaches. Los primeros presentaban un estado bastante avanzado de oxidación y ya no conservaban núcleo metálico. En el interior encontramos óxidos muy pulverulentos y estructura «hojaldrada» y, cubriendo estos, una capa muy fina de magnetita. Esta disposición tan quebradiza hace que su manipulación sea muy complicada pudiéndose originar nuevas fracturas y pérdidas de material. Aquellas piezas que aún poseen algo de núcleo metálico tienen más integridad y están más completas, aunque también corren el riesgo de degradarse rápidamente si se activan los cloruros (Bertholon *et alii*, 1990).

En cuanto al estudio científico de las piezas mediante técnicas instrumentales de análisis aplicadas a los bienes culturales, en este caso al material arqueológico, la principal actuación se centró en el radiografiado de todos los metales y bloques. Este tipo de análisis no destructivo ayuda a determinar

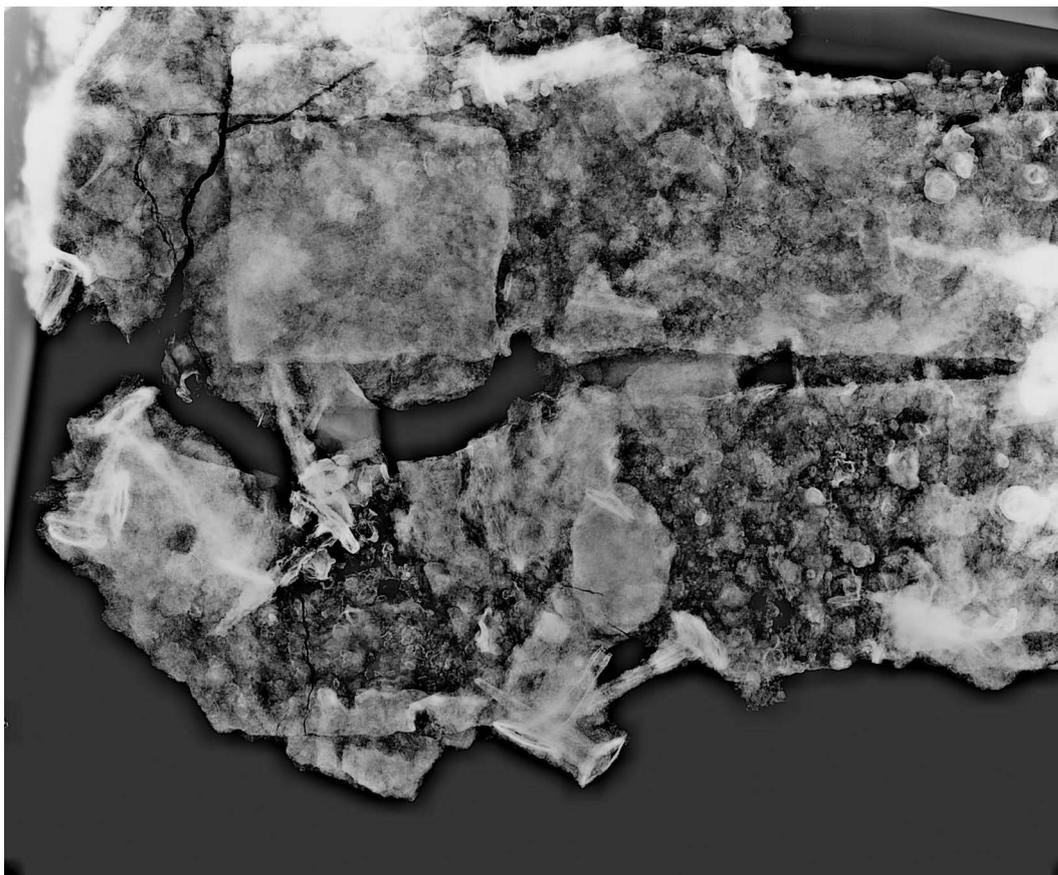


Figura 2. Radiografía de la parte superior izquierda del bloque B. 3059

Figure 2. X-ray of the upper left part of block B. 3059

el grado de deterioro de los restos conservados, permite conocer la forma y estructura del objeto, comprobar si existe aún núcleo metálico, y observar signos de deterioro no visibles como fracturas o roturas (figura 2).

Las radiografías se realizaron en el mismo museo para evitar el traslado de los metales teniendo en cuenta el estado tan avanzado de deterioro que sufrían. Se contó con un equipo portátil digital que, además de su sencillez a la hora de ejecutar las radiografías, ofrece resultados rápidamente. Las radiografías de todos los bloques se han ido haciendo durante todos estos meses en sesiones de un día cada dos meses aproximadamente, con la intención de ir avanzando en la limpieza de los bloques más grandes y así poder tomar las radiografías lo más nítidas posibles dado que la potencia del equipo no es suficiente para los bloques de gran tamaño y densidad.

Una vez completada la fase de documentación previa, se comenzó con los trabajos de intervención directa sobre los bloques recuperados. Estas tareas se iniciaron en la primera fase de actuación (2019), y se continuaron en la segunda fase (2020-2021) con el resto de los bloques. Se inició con tres bloques de pequeño tamaño. La primera intervención llevada a cabo en todos los bloques consistió en la realización de microexcavaciones, y a medida que se iban rescatando los fragmentos metálicos, se realizó un tratamiento de consolidación temporal aplicando gases con una resina acrílica sintética en disolución orgánica por uno de sus lados, para facilitar su extracción.

Además de los trabajos de microexcavación y consolidación temporal, de forma paralela se realizó una serie de pruebas de limpieza mecánica en las piezas metálicas guardadas en bolsas independientes. En primer lugar, se comenzó con equipos y herramientas como bisturí, microchorro y microtorno.



Figura 3. Fotografía izquierda de una banda de hierro antes de la limpieza. A la derecha, la misma banda de hierro después de la limpieza y estabilización con láser

Figure 3. Left photograph of an iron band before cleaning. On the right, the same iron band after laser cleaning and stabilization

Tras los resultados obtenidos se decidió utilizar todas las herramientas e ir alternándolas ya que se complementan. El uso de cada una de ellas aborda una parte diferente de la limpieza teniendo en cuenta siempre que este proceso es agresivo e irreversible y la situación de cada objeto, su estabilidad y resistencia a manipulaciones va a marcar las pautas a seguir.

A la vez que las tareas de limpieza y la microexcavación, se fueron consolidando los metales para hacer que la eliminación de tierras y tejas fuese lo menos perjudicial posible. Se usó para ello gasa de algodón y Paraloid 10 % en acetona. En algunas partes más pulverulentas, poco consistentes y que se disgregaban durante la microexcavación, fue necesario inyectar directamente el consolidante en baja proporción.

Los engasados son provisionales, tanto los realizados *in situ* como los aplicados en el laboratorio y, en algunos casos, ha sido imprescindible modificarlos, eliminarlos y volver a ponerlos para llevar a cabo documentaciones y/o limpiezas puntuales.

A la hora de estabilizar los metales y con la intención de probar sus resultados, se alquiló un equipo láser (EOS Combo de la marca El.En utilizando en este caso el modo *Short Free Running*) durante un mes.

El láser trabaja con un proceso fototérmico de ablación que elimina capas de corrosión y genera una finísima capa superficial homogénea y estable muy parecida a la magnetita.

Es conocido el gran beneficio que proporciona el láser en piezas arqueológicas de hierro que se hallan en un estado tan frágil e inestable. Una de las ventajas, determinante en la elección de este tipo de equipo, es que evitamos el contacto físico que proporcionan los métodos mecánicos aportando presión y vibraciones a los metales, haciendo peligrar así su integridad. Además, ajustando la energía el tamaño del spot y la duración del pulso, obtenemos una herramienta muy precisa que permite la adecuación a la superficie irregular que presentan estos metales arqueológicos (Barrio Martín *et alii*, 2013: 116).

Con la intención de sellar los óxidos e hidróxidos internos, se empleó el láser en dos zonas diferentes, en las superficies de las bandas una vez limpiadas y en los bordes de las fracturas de estas. En los dos casos el proceso fue el mismo: se efectuaron dos o tres pasadas con el láser cepillando entre ellas. La energía ha oscilado entre los 300 mJ y los 800 mJ y el tamaño del *spot* entre los 3 mm y los 6 mm adaptándose así a las necesidades particulares de cada zona (figura 3).

Para finalizar, debemos tener en cuenta la importancia de la conservación preventiva sobre todo en este tipo de materiales tan inestables pues cualquier variación brusca de humedad relativa y temperatura puede reactivar la formación de más productos de corrosión del hierro o llevar al colapso total del objeto. Una

vez tratados con láser parte de los objetos, se ha procedido a su embalaje en atmósfera controlada haciendo un vacío parcial en bolsas termosellables, hechas a medida con película transparente y *Marvelseal*, e introduciendo gel de sílice para poder detectar el aumento de humedad si se produjera. Posteriormente fueron trasladados al almacén del conjunto para su custodia y conservación, y para poder ser estudiados más adelante con el fin de determinar su uso y significado, y contribuir con ello al conocimiento de *Madīnat al-Zahrā*.

5. Conclusión

Nos encontramos frente a un proyecto complejo que ha requerido una importante coordinación entre disciplinas diferentes para conservar toda la información posible y, al mismo tiempo, preservar de la mejor manera restos arqueológicos, usando análisis y técnicas diagnósticas, como la toma de radiografías o la creación de modelos fotogramétricos, que ofrecieran beneficios e información complementaria tanto a restauradores como arqueólogos.

Aunque los trabajos de excavación arqueológica han concluido, la restauración y la conservación prosiguen y falta mucho por hacer. Hay que destacar que las limpiezas de los metales están dando buenos resultados, siendo suficientes las técnicas mecánicas. El empleo del láser en este tipo de hierros tan deteriorados ha supuesto un gran avance en su estabilización que difícilmente puede conseguirse con otros tratamientos o herramientas. Hasta ahora solo se ha podido intervenir con este equipo en una pequeña parte de todo el material metálico pero, los excelentes resultados obtenidos hacen ver que sería conveniente contar con un equipo láser en posteriores campañas de restauración. Cuando finalicen los procesos de limpieza y estabilización (con láser o sin él) se procederá a la inhibición, en aquellas piezas que lo requieran, y la protección de todo el conjunto.

Sin embargo, estudiar en profundidad el material, tratar de obtener la máxima cantidad de información posible y, al mismo tiempo, procurar que la conservación de unos elementos tan susceptibles de degradarse debido a condiciones de humedad y temperatura no siempre óptimas, han sido el reto al que nos hemos enfrentado con éxito.

Precisamente gracias a este trabajo en equipo, que creemos fundamental, podemos aventurar la interpretación de que este conjunto de materiales estuvo situado en un segundo piso, quizá formando parte de una contraventana que cerraba la fachada occidental de la Plaza de Armas.

Bibliografía

- Arnold, F. (2020): “*Madīnat al-Zahrā*, Spanien. Die Arbeiten des Jahres 2019”. *e-Forschungsberichte*: 72-77. <<https://publications.dainst.org/journals/index.php/efb/article/view/2323>>.
- Barrio Martín, J. *et alii* (2013): “Últimas aportaciones de los láseres para la restauración de metales arqueológicos”. *La ciencia y el arte IV: ciencias experimentales y conservación del patrimonio, 2013*. Instituto del Patrimonio Cultural de España. Madrid: 114-135.
- Bertholon, R., y Relier, C. (1990): “Les métaux archéologiques”. *La Conservation en archéologie*: 163-221.
- Harris, E.C. (1991): *Principios de estratigrafía arqueológica*. Crítica. Barcelona. <<https://zenon.dainst.org/Record/00084447>>.
- Vallejo Triano, A. (2010): *La ciudad califal de Madīnat al-Zahrā': Arqueología de su excavación*. Almuzara. Córdoba. <<https://zenon.dainst.org/Record/000859640>>.
- VV.AA. (2015): *Proyecto COREMANS: Criterios de intervención en Materiales metálicos*. Coord. científica: S. Díaz Martínez y E. García Alonso. Instituto del Patrimonio Cultural de España. 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).