

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 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) 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) 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 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) 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 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 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 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

Intervención sobre una empuñadura de una espada ropera procedente del sitio histórico de Panamá Viejo (Panamá): estado de conservación, análisis y restauración

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

Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico (SECYR) de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM)
barbara.marting@uam.es

M^a CRUZ MEDINA SÁNCHEZ

Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico (SECYR) de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM)
maricruz.medina@uam.es
<https://orcid.org/0000-0003-0339-8264>

MARCELINA GODOY VALENCIA

Patronato de Panamá Viejo. Panamá
mgodoy@panamaviejo.org

CRISTINA CABELLO BRIONES

Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico (SECYR) de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM)
cristina.cabello@uam.es
<https://orcid.org/0000-0002-5857-9946>

INMACULADA DONATE CARRETERO

Departamento de Estudios Físicos del Instituto de Patrimonio Cultural Español (IPCE)
inmaculada.donate@cultura.gob.es
<https://orcid.org/0000-0002-3644-5269>

MANUEL BLANCO DOMÍNGUEZ

Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico (SECYR) de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM)
manuelm.blanco@uam.es
<https://orcid.org/0000-0002-3367-287x>

JOAQUÍN BARRIO MARTÍN

Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico (SECYR) de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM)
Departamento de Arqueología y Patrimonio, Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM)
joaquin.barrio@uam.es
<https://orcid.org/0000-0002-0080-9278>

Resumen

Los restos de esta espada ropera, un tipo de espada histórica de hierro, fueron encontrados en el yacimiento de Panamá Viejo. Se conserva únicamente la empuñadura y la guarda.

Bajo los principios de mínima intervención y conservación a largo plazo, los tratamientos se fundamentaron tanto en la eliminación como en la estabilización de los productos de corrosión y con ello de toda la pieza. Ello sumado a la recuperación de la forma/superficie permitirá documentar, preservar y estudiar este bien cultural sin poner en riesgo su estabilidad.

La restauración consistió en la limpieza mecánica de las diferentes partes aplicando técnicas como la proyección de microabrasivos, el microtorno en zonas puntuales o el láser para estabilizar la superficie. Se llevaron a cabo análisis de Difracción de Rayos X (DRX), Fluorescencia de Rayos X (FRX) y Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) que permitieron determinar la composición general de los materiales presentes en la pieza y de sus productos de corrosión.

Finalmente se realizó una digitalización de ambas partes del florete con un escáner 3D que permite una reproducción de la disposición del conjunto, favoreciendo su estudio y contemplación.

Palabras clave: Panamá Viejo, espada, hierro, conservación, restauración, láser

Abstract

The remains of this rapier, a kind of historic sword made of iron, were found in the archaeological site of Panamá Viejo. Only part at the guard, the hilt and part of the crossbar (or quillions) and knuckle bow (or knuckle guard) are preserved.

Under the minimum intervention and long-term conservation principles, the treatments were focused on the elimination and stabilization of corrosion products. All of that added to the recovery of the original surface/volume offer the proper documentation, preservation and study of the object without risking its stability.

The restoration process consisted in the use of different mechanical cleaning methods to treat the surface such as abrasive projection with the micro sandblaster, the micro drill used locally and the laser for the surface stabilization.

X-ray Diffraction (XRD), X-ray Fluorescence (XRF) and Scanning Electron Microscope with X-ray dispersive energy (SEM-EDX) analyses were carried out to determine the composition of the elements and compounds of different parts of the object and of the corrosion products that were present.

Finally, the digitalization of both parts of the sword was performed using a 3D scanner that allowed the exact reproduction of the items and their disposal in the original place. This has helped in the study and examination of the object easily.

Key words: Panamá Viejo, sword, iron, conservation, restoration, laser

1. Contexto cultural, arqueológico y geográfico

Los fragmentos de esta espada ropera vienen del yacimiento arqueológico de Panamá Viejo. Esta ciudad, originariamente llamada Nuestra Señora de Asunción de Panamá, fue fundada en 1519 en una zona poblada por una comunidad nativa. En 1670 sufrió la destrucción por parte de piratas por lo que la nueva ciudad se trasladó a una nueva ubicación a 10 kilómetros al suroeste. Este es el actualmente denominado Casco Antiguo de la Ciudad de Panamá. En 1976 el yacimiento fue declarado Monumento Histórico y en 2003 la UNESCO lo declaró Patrimonio de la Humanidad.

Los restos de la espada fueron excavados y recuperados en una casa de la manzana 4, durante las excavaciones que se llevaron a cabo en 2019. En ese mismo lugar se encontraron otros restos de armas blancas en diferentes fases de ejecución lo que se ha interpretado que la casa posiblemente perteneciese a un armero (Linero, 2019: 182-184) (figura 1).

Tratar una pieza procedente de un país tropical hace que se deba prestar especial atención al ambiente de origen, al que pertenece, y al que por tanto después deberá regresar. Tanto el yacimiento arqueológico como el Patronato que dirige y supervisa las acciones sobre el yacimiento se encuentran a escasos metros del mar. Eso va a significar una gran concentración de aerosoles de sales en el ambiente y a su vez la influencia negativa para los hierros de procedencia arqueológica.

Además, por lo general, teniendo en cuenta las variaciones propias de cada ciclo atmosférico y del ya presente cambio climático, las temperaturas son altas, en torno a 29 °C a lo largo del año, la humedad también es regularmente alta pero con variaciones del nivel de precipitaciones marcadas según la estación lluviosa y seca.

Por ello no es de extrañar que pese a su escasa antigüedad y el poco tiempo que estos objetos se han encontrado en un medio subterráneo, la pieza se encuentre tan deteriorada y con procesos de corrosión tan avanzados. El proyecto internacional de restauración de esta pieza fue encargado al SECYR por parte del Patronato Panamá Viejo.

2. Tipología y estado de conservación

Las partes que se conservan de esta espada pertenecen a una espada ropera, también denominada de estoque, un tipo de arma blanca de origen español de entre los siglos XVI y XVII. Se caracteriza



Figura 1. Fotografía de los fragmentos de armas blancas que aparecieron en la casa del armero. Fotografía de Marta Linero Baroni, tomada de Linero (2019)[©]

Figure 1. Photography of some parts of the swords that appeared in the house of the armor. Picture credits belong to Marta Linero Beroni, taken from Linero (2019)[©]

por tener una hoja larga y recta, con una guarnición que servía para proteger la mano de quien la empuñaba. Esta empuñadura podía tener forma de lazo, de concha o de taza. En la guarnición se encontraban los gavilanes (también denominados patillas), unos hilos largos y gruesos, que se extendían por el exterior de la empuñadura y que podían entrecruzarse entre sí lo que permitía extender esa protección de la mano, de ahí la denominación de una de las partes que se han podido conservar «guardanudillos».

La guarnición descrita en este trabajo se clasifica dentro de la categoría de taza (también llamada cazoleta), con forma de semiesfera. Los gavilanes están incompletos y en la zona de unión con la cazoleta se ha conservado uno de los remaches. Se aprecia en él una tonalidad y textura superficial diferente, con lo que es probable que sea de un metal distinto. Las partes se encuentran separadas y, en el caso de los gavilanes, con una parte deformada y fragmentada, probablemente a causa de una incidencia durante el transporte (figura 2).

La superficie está muy alterada, cubierta completamente de una capa de tierras del yacimiento combinadas con productos de corrosión porosos y con fisuras (Selwyn, 2004: 104-105). Se observan tonalidades correspondientes a los productos de corrosión más habituales del hierro: óxidos como la hematita y productos de corrosión activos como, hidróxidos y oxi-hidróxidos, con colores anaranjados más vivos (figura 3).

No se intuyen en ningún punto visible zonas de pátina estable, aunque es posible que, de haberse formado, se encuentren en un estrato más interno (Neff, 2004: 740). Por el escaso grosor que presentan los gavilanes y las paredes de la cazoleta, es poco probable que todavía perdure núcleo metálico.

La corrosión del hierro, con una apariencia típica en forma de cúmulos que aumentan el volumen de las piezas a medida que el proceso de mineralización avanza, produce la deformación espacial del objeto, desdibujando los detalles. Y en caso de mineralización completa, llega a provocar el debilitamiento de la estructura y su fragmentación, como en el caso de algunos puntos de esta pieza (Godoy, 2015: 66).

En dos puntos localizados del interior se han detectado focos de corrosión, lo que ha ido empujando la pared hacia el exterior; en uno de los casos la pared ha colapsado y en el otro se aprecia el abombamiento de la misma, evidenciando la presencia de corrosión en el interior.



Figura 2. Estado inicial de las partes de la espada antes de comenzar los tratamientos de conservación y restauración
Figure 2. Initial state of both parts of the sword previous to the beginning of the conservation and restoration treatments



Figura 3. Estado inicial del objeto metálico se observan cúmulos terrosos, zonas de oxidación más activa y zonas aisladas de magnetita
Figure 3. Initial state of the metallic object where it can be seen earthy adhesions, areas with a high activated oxidation and localized points of magnetite



Punto de análisis	Elementos detectados mediante XRF
1. Remache	Ag, Ca, Fe, Sn
2. Empuñadura	Ca, Fe
3. Guarda	Ca, Fe, Ag

Figura 4. Análisis elementales mediante Fluorescencia de Rayos X (FRX) de diferentes puntos de la superficie de la espada. En la imagen de la izquierda el análisis del remache, en la imagen de la derecha análisis de la empuñadura. Abajo en la tabla las tres zonas que se analizaron. En azul se muestran los elementos presentes detectados y en gris se marcan los posibles

Figure 4. Elemental analyses made with X Ray Fluorescence (XRF) from different superficial points of the sword. In the picture from the left the analyses of the rivet, on the right from the handle. In blue there are shown the elements detected and in grey the possible ones

3. Análisis realizados

Se realizaron diversos análisis para caracterizar el objeto arqueológico. Primero se llevó a cabo un estudio mineralógico mediante Difracción de Rayos X con muestra en polvo (P-DRX) de una muestra cogida de los restos de tierras del embalaje en el que venían los hierros. El difractograma obtenido muestra compuestos típicos de un suelo: cuarzo, silicatos, calcita y lepidocrocita, un componente habitual en la corrosión del hierro.

A partir de un pequeño fragmento desprendido y descontextualizado se preparó una sección pulida para efectuar un examen microscópico, mediante microscopía óptica y MEB (OM, SEM-EDX) de los productos de corrosión. En una de las zonas más externas de la corrosión sí se detectó la presencia de una pequeña cantidad de cloro, que se relaciona con la presencia de cloruros (sales), conocidos por ser agentes particularmente activos en los procesos de corrosión de las aleaciones metálicas (Selwyn, 2004: 37).

Por último, se empleó la Fluorescencia de Rayos X (XRF) para determinar la posible presencia de forma superficial de otros metales. Se realizaron análisis sobre la cazoleta y la zona decorada de los gabilanes y del remache. Se confirmó la presencia de calcio en todas las zonas analizadas, hecho indicativo de que aún había ligeros depósitos de tierras sobre la superficie. Y al analizar el remache se confirmó la presencia de plata (figura 4).

4. Tratamientos de conservación y restauración

Los tratamientos que se realizaron estuvieron siempre enmarcados bajo los criterios de estabilización y eliminación de patologías que pusieran en riesgo la conservación de la espada, el respeto a la pátina, si es que se ha formado y/o conservado, la mínima intervención y la conservación a medio y largo plazo. Unas pautas que se han venido estableciendo en las diferentes cartas y convenciones internacionales sobre conservación del patrimonio.



Figura 5. Superficie exterior de la cazoleta tras finalizar la limpieza mecánica

Figure 5. Exterior Surface of the hilt at the end of the mechanical cleaning treatments

Se comenzó con una limpieza mecánica con la ayuda del microtorno, la espátula de ultrasonidos y la proyección con microchorro de arena a baja presión, 2/2,5 bares, (VV.AA., 2015: 32) para rebajar los productos de corrosión en mayor o menor medida según el grosor y la consistencia que presentasen.

Antes de comenzar con la limpieza de los gavilanes se procedió a devolver la parte deformada a su posición originaria y se reforzaron tanto la zona de unión como la zona que había sufrido la deformación con resina epoxídica rápida pigmentada. El remache se limpió de forma exclusiva con bisturí bajo el binocular.

Durante este proceso se pudieron identificar nuevas alteraciones como fisuras y microfisuras de la superficie, la presencia de cráteres de diferente profundidad por la activación de la corrosión interna y nuevas zonas donde había faltas matéricas. De igual modo, a medida que avanzaba la limpieza se pudieron ir definiendo con mayor precisión los motivos decorativos de la empuñadura, con decoración petaloide, y de los gavilanes, con motivos incisos en forma de espiral.

Tras la limpieza se obtuvo una superficie irregular, con diferentes acabados: algunas zonas conservaban algo de pátina de magnetita en la superficie y en otras zonas solo se observaban productos de corrosión (figura 5). Por ello, sabiendo de la irreversibilidad que supone la limpieza y desconociendo si bajo los estratos de corrosión habría una pátina estable (Díaz, 2011: 47), se decide dejar la superficie en un nivel intermedio de limpieza, favoreciendo su continuidad visual evitando demasiadas irregularidades sobre la misma que desvirtuasen o entorpecieran su apreciación.

Una vez terminada la limpieza mecánica se procedió a estabilizar la superficie con el equipo láser, tipo Nd:YAG SFR de 1064 nm y con una energía variable de entre 200 y 300 mJ y una fluencia de entre 6,4 y 9,6 J/cm² (Barrio, 2013: 121; Sciano, 2007: 5). El láser ha permitido ir eliminando de forma progresiva y controlada las capas de corrosión superficiales hasta alcanzar la capa de magnetita (Chamón, 2010: 4).

Tras pasar 48 horas en una estufa a 80 °C para eliminar los reductos de humedad de la pieza, se procedió a inhibir la pieza introduciéndola en un baño de BTA al 3 % en alcohol. Se estableció este método y no otro por la posibilidad de que se reactivasen los focos de corrosión una vez la pieza volviera a su ambiente en Panamá.



Figura 6. Las partes de la guarda de la espada una vez acabada la intervención

Figure 6. Both parts of the sword's guard at the end of the restoration treatments

Para finalizar, se procedió a aplicar una doble capa de protección. La primera es con una resina de copolímeros acrílicos (Paraloid B-72[®]) al 5 % en una disolución de Acetona-Xileno en proporción 1:1. Tras ella se aplicó una capa de cera microcristalina (Cosmolloid 80[®]) diluida al 5 % en White Spirit. Esta segunda capa tiene la función de proteger a la capa de resina acrílica, más sensible a la radiación visible y ultravioleta. El resultado final es una superficie estabilizada, con los focos de corrosión sellados, lo que deja a la pieza en mejores condiciones para ser estudiada y contemplada (figura 6).

Una vez finalizada la intervención se realizó un embalaje en que las piezas pudieran viajar seguras. Se excava la cama en espuma de polietileno extruido con la forma de cada una de las piezas. Se colocó un poco de gel de sílice en una bolsa microperforada para que absorbiera la humedad a la que pudiera estar expuesta durante el viaje.

5. Conservación preventiva

En todos los tratamientos de conservación y restauración resulta fundamental tener unas medidas de conservación preventiva establecidas que permitan mantener en el tiempo tanto los tratamientos realizados como el propio bien. En este caso, con las condiciones climatológicas tan dispares que presentan España y Panamá, resulta incluso más esencial establecer estas medidas de control, así como revisiones periódicas para detectar de forma prematura la posible reactivación de focos de corrosión. Se recomienda una temperatura que esté entre los 18 °C-20 °C con oscilaciones de ± 2 °C y una humedad relativa menor al 30 % con oscilaciones no superiores al ± 5 %.

6. Digitalización

Tras la finalización de la limpieza mecánica se realizó la digitalización de las dos partes principales de la espada. Se empleó un escáner 3D de luz estructurada y tras ello se trabajó con el modelo con un software de edición 3D para el perfeccionamiento y postprocesado del mismo.

Esto ha resultado en un complemento a la documentación fotográfica del proceso de limpieza que, además, permite conocer el estado anterior en el que se encontraban las piezas. De igual modo permite colocar las piezas de forma conjunta sin tener que unir las de forma definitiva, con el riesgo en la manipulación que eso conllevaría. También resulta un recurso digital atractivo para el uso en instituciones con fines divulgativos.

El modelo digital se puede ver en la plataforma Sketchfab a través del siguiente enlace: <<https://sketchfab.com/3d-models/espada-ropera-panama-viejo-ab629a7317304efa9e9bc5ebd4de4b27>>.

7. Conclusiones

El objetivo principal de la intervención era la estabilización de los productos de corrosión así como permitir una mejor comprensión y reconocimiento del bien histórico. Insistimos en la importancia de los controles de conservación preventiva para mantener la espada en las mejores condiciones durante el mayor tiempo posible.

Con la intervención realizada se han cumplido esos objetivos y, además, se han efectuado diversos exámenes y análisis para caracterizar químicamente la pieza arqueológica que han sido también fundamentales para los procesos de conservación y restauración. De forma complementaria, con la digitalización de la pieza, se permite extender el rango de divulgación y de conocimiento sobre esta pieza, así como del yacimiento de Panamá Viejo, a un mayor grupo de personas.

Bibliografía

- Barrio, J., Medina, M.C., Cid, J.P., Pardo, A.I., Escudero, C. y Catalán, E. (2013): "Últimas aportaciones de los láseres para la restauración de metales arqueológicos". *La ciencia y el arte IV: ciencias experimentales y conservación del patrimonio*. IPCE. Madrid: 114-135.
- Chamón, J., Barrio, J., Catalán, E., Martínez, I. y Pardo, A.I. (2010): "Resultados de la limpieza láser en Patrimonio Arqueológico Metálico". *Actas del VI taller Nacional de Procesado Materiales con Láser Photonics*. Paterna (Valencia): 1-4.
- Díaz, S. y García, E. (2011): *Técnicas metodológicas aplicadas a la conservación-restauración del patrimonio metálico*. Ministerio de Cultura. Madrid.
- Godoy, M. (2015): "La conservación de objetos metálicos de procedencia arqueológica en Panamá". *Cantorodado*, 10: 57-71.
- Linero, M., Muñoz, J.R., Martín, C. y Gil, K. (2019): "La casa del armero: el legado de Baltazar Acosta". *Cantorodado*, 14: 167-193.
- Neff, D., Reguer, S., Bellot-Gurlet, L., Dillman, P. y Bertholon, R. (2004): "Structural characterisation of corrosion products on archaeological iron. An integrated analytical approach to establish corrosion forms". *Journal of Raman Spectroscopy*, 35: 739-745.
- Selwyn, L.S. (2004): *Metals and corrosion: a handbook for the conservation professional*. Canadian Conservation Institute.
- Sciano, S. (2007): "Principles of laser cleaning in conservation". *Handbook on the Use of Lasers in Conservation and Conservation Science*. COST. Brussels: 1-26.
- VV.AA. (2015): "Criterios de intervención en materiales metálicos". *Proyecto Coremans*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 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).