LIBRO DE RESÚMENES

ÍNDICE

Comunicaciones orales **3**

Sesión I 4

Ciencia y Tecnología de Investigación del Patrimonio Metálico 4

Sesión II 20

Patrimonio Metálico Arqueológico 20

Sesión III 42

Patrimonio Arqueológico Subacuático 42

Sesión IV 56

Patrimonio Metálico Histórico, Artístico y Religioso 56

Sesión V 68

Patrimonio Metálico Científico, Tecnológico, Industrial y Urbano 68

Pósteres **81**

Sesión I 82

Ciencia y Tecnología de Investigación del Patrimonio Metálico 82

Sesión II 91

Patrimonio Metálico Arqueológico 91

Sesión III 98

Patrimonio Arqueológico Subacuático 98

Sesión IV 103

Patrimonio Metálico Histórico, Artístico y Religioso 103

Sesión V 111

Patrimonio Metálico Científico, Tecnológico, Industrial y Urbano 111

Comunicaciones orales

Sesión I

Ciencia y Tecnología de Investigación del Patrimonio Metálico

El uso de equipos portátiles de Fluorescencia de Rayos X para la investigación de cepos de plomo de época antigua. Criterios metodológicos

Elisa Fernández Tudela[1], Carlos Moreno[2], Luis Carlos Zambrano Valdivia[3], Manuel Bethencourt Núñez[4]

[1] Centro de Arqueología Subacuática. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico (IAPH), Cádiz. elisa.fernandez.tudela@juntadeandalucia.es
[2] Departamento de Química Analítica. Universidad de Cádiz
[3] Departamento de Restauración. Museo de Cádiz.
[4] Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Laboratorio de Estudios y Conservación del Patrimonio Histórico, Universidad de Cádiz.

Los equipos portátiles de Fluorescencia de Rayos X constituyen una herramienta eficaz para el análisis elemental de los metales y otros elementos químicos en objetos que conforman el patrimonio histórico, como se evidencia en su amplio uso. Entre sus numerosas ventajas destacan la facilidad de uso, la rapidez en la obtención de resultados y la posibilidad de realizar análisis in situ, característica que la sitúa entre las técnicas consideradas mínimamente invasivas o incluso no destructivas. Sin embargo, son precisamente estas ventajas las que pueden provocar en ocasiones un exceso de confianza que puede llegar a traducirse en pérdida de información o incluso en resultados erróneos.

Son numerosas las variables instrumentales que afectan a la medida, y que por lo tanto deben tenerse en cuenta para obtener una señal óptima que se traduzca en resultados fiables. Entre estas variables, condicionadas por las características del propio equipo, se encuentran el tipo de calibración empleada, la energía del haz de radiación y su posible colimación, el tiempo de exposición utilizado, etc.

En este estudio se presentan los criterios metodológicos seleccionados para el análisis de una colección de 120 muestras procedentes de 60 cepos de plomo de época antigua, pertenecientes al Museo de Cádiz. Aunque este metal es mayoritario en los cepos, y presenta pocas variaciones, estos contienen otros elementos minoritarios, que pueden resultar claves para el estudio de estos objetos. De los resultados obtenidos se desprende que la correcta selección de las variables instrumentales permite la medición de algunos

de estos metales presentes en concentraciones muy bajas, los cuales de otra manera permanecen ocultos al observador. Todo ello ha permitido realizar la caracterización química de los cepos estudiados y su comparación, arrojando información sobre posibles rasgos comunes. Además, esta metodología constituye una herramienta eficaz para futuros estudios similares.

El uso de la Inteligencia Artificial para la conservación y restauración del patrimonio arqueológico metálico. ¿Nuevo reto o herramienta?

Marina Goñalons Lapiedra – Laboratorio de Estudios y Conservación del Patrimonio Histórico (LEC-PH), Universidad de Cádiz. marina.gonalons@uca.es

A lo largo de la última década, el ritmo del avance científico y tecnológico ha sido vertiginoso, generando transformaciones profundas en la forma en que accedemos al conocimiento y nos comunicamos. Entre estos avances, destaca la irrupción de las Inteligencias Artificiales, herramientas basadas en modelos computacionales que simulan procesos del razonamiento humano. Estas tecnologías permiten al usuario interactuar con grandes volúmenes de información de manera ágil, intuitiva y personalizada, abriendo nuevas posibilidades en ámbitos como la educación, la investigación y la divulgación científica.

Sin embargo, en algunos campos han surgido las polémicas de la ética de su uso. Desde preocupación por la desaparición de puestos de trabajo, mermar la capacidad resolutiva de los usuarios o la incapacidad del programa de discernir cuestiones éticas propias de los humanos.

La profesión del conservador/restaurador si de algo sabe es de adaptar métodos, productos y tecnologías diseñadas para otras ciencias a la salvaguarda del patrimonio cultural. Sin embargo, cada una de estas adaptaciones conlleva un riguroso estudio para conseguir seguir la ética de buenas prácticas: mínima intervención, reversibilidad, respeto histórico y sostenibilidad.

En este trabajo se presentan a la Inteligencia Artificial tres problemáticas de conservación distintas con tres perfiles de usuario. En primer lugar, un laboratorio de restauración con alto equipamiento solicita el diseño de un plan de intervención para una colección de monedas romanas de bronce, mientras que otro caso de estudio es la restauración de una pieza de artillería de procedencia subacuática por parte de un arqueólogo sin ningún equipamiento. Por último, una persona sin formación solicitará a la IA cómo restaurar un arma de época antigua hallada de manera casual por un familiar.

Los resultados serán considerados intentando entender en que se basan las respuestas y analizando el código ético de dichas propuestas de intervención.

La calidad del aire interior (CAI) y su importancia en la conservación preventiva como base para el estudio de la estabilidad de los objetos de plata en el Museo Sefardí de Toledo.

Raquel Lozano Martín[1], María Rodríguez Pérez[2], Ana María Rodríguez Cervantes[2], Susana Seseña Prieto[2], Alfonso Aranda Rubio[2], Bernabé Ballesteros Ruiz[2], Manuel García-Heras[3], Fernando Agua Martínez[3], Alejandro Pinilla Gisbert[3], Mª Ángeles Villegas Broncano[3]

[1] Museo Sefardí, Ministerio de Cultura, raquel.lozano@cultura.gob.es
[2] Universidad de Castilla-La Mancha
[3] Instituto de Historia, CCHS-CSIC

En el marco del Plan de Conservación Preventiva se ha desarrollado un estudio multidisciplinar para evaluar la calidad del aire del Museo Sefardí (Sinagoga del Tránsito, Toledo) e identificar posibles fuentes de contaminación que puedan interaccionar negativamente con el edificio, su contenido o el personal/visitantes. Dada la relevancia cultural del edificio y el patrimonio que alberga, se decidió estudiar las salas más emblemáticas (Sala de Oración y Galería de Mujeres) y el interior de las vitrinas que custodian las piezas más singulares o delicadas.

En un primer momento, de enero a julio de 2021, con el museo en una situación excepcional por la pandemia del COVID-19, se realizaron medidas puntuales de T, H.R., CO, CO_2, COVTs, CH_2O, NO_2, O_3, PM de diferentes tamaños, así como la determinación de los recuentos de hongos y bacterias.

En 2023 se desarrollaron estudios de pH ambiental con sensores químicos de respuesta óptica, tanto en las salas de exposición como en patios, almacenes, biblioteca, talleres, etc.

Tras los resultados preliminares de estos estudios se llevaron a cabo medidas correctivas y se consideró necesario repetir los muestreos en una situación de ventilación y número de visitantes anterior a la pandemia, así como evaluar la efectividad de las mejoras realizadas. Así mismo, se quería estudiar la posible incidencia de sistemas de tampón con carbón activado en la estabilidad climática de los elementos expositivos.

En esta contribución se presentarán los resultados obtenidos y se detallarán las medidas correctivas que se siguen realizando en el Museo Sefardí, sirviendo de base a la línea de trabajo iniciada dentro del Proyecto Protección de Objetos de Plata en Museos, que pretende profundizar en las cuestiones señaladas.

Evaluación de inhibidores ecológicos de corrosión para la conservación del patrimonio en acero al carbono: aceite de Neem y esencia de ortiga

Alma Mª Barberena Fernández - Escuela Superior de Arte del Principado de Asturias (ESAPA).
almabf@esapa.org

La sustitución de inhibidores de corrosión por alternativas ecológicas en la conservación del patrimonio metálico representa un desafío debido a la necesidad de reducir la toxicidad y el impacto ambiental sin alterar su acabado original. Aunque existen avances en el ámbito industrial, en el campo de la conservación-restauración aún no se dispone de inhibidores ecológicos de fácil acceso para los profesionales y compatibles con los criterios de intervención patrimonial.

En esta investigación, se evalúa la eficacia de tres inhibidores de origen natural (esencia de ortiga, aceite de Neem y un jabón derivado) aplicados sobre acero dulce, en comparación con un inhibidor de uso habitual en este sector, el Incral 44. Los productos se ensayaron en tres concentraciones distintas, aplicados en monocapa y bicapa, combinados con la resina acrílica Paraloid® B-44.

Se realizaron pruebas de envejecimiento acelerado en cámara QUV (condensación y radiación UV) y ensayos electroquímicos con celda de potencial abierto en electrolito de NaCl. Los mejores resultados en los ciclos de envejecimiento se obtuvieron con la formulación de aceite de Neem al 3% en monocapa con Paraloid® B44. En las pruebas electroquímicas, el Incral 44 y la bicapa con esencia de ortiga (0,3%) mostraron la mayor resistencia a la corrosión.

Generación de pátinas metálicas en probetas representativas de la realidad: lixiviados de cobre y hierro

Sara Puente-Muñoz[1], Iñaki Vázquez-de la Fuente[1], Nagore Prieto-Taboada[1], Gorka Arana[1], Juan Manuel Madariaga[1]

[1] IBeA Research Group, Department of Analytical Chemistry, University of the Basque Country (UPV/EHU), 48940 Leioa (Spain). sara.puente@ehu.eus

La caracterización de compuestos en pátinas metálicas es esencial para la conservación del patrimonio, ya que permite entender su formación y así prevenir o fomentar su aparición según el objetivo de la obra. Una forma de estudiar estos procesos es mediante la preparación de probetas en laboratorio, aunque en el caso de los lixiviados metálicos no siempre es sencillo obtener modelos representativos, y la bibliografía ofrece pocos ejemplos.

Las pátinas más comunes en el patrimonio son las de cobre, generadas en las esculturas de bronce y formadas por la migración de sus iones hacia los soportes pétreos, provocando su degradación y generando una característica coloración turquesa. El método más utilizado para reproducir estas pátinas es la inmersión del material en disoluciones de $CuSO_4$ [1], obteniendo minerales como brochantita y antlerita, típicos de pátinas naturales.

Con el aumento del uso de acero en esculturas en el siglo XX, también son frecuentes las pátinas de hierro, originadas por la corrosión del material en ambientes oxidantes. Sin embargo, en este caso, no existe un protocolo estandarizado para su generación artificial. Por ello, el grupo IBeA (Ikerkuntza eta Berrikuntza Analitikoa) ha desarrollado un método basado en la lixiviación de hierro[2], logrando formar minerales como goethita y lepidocrocita, característicos de las pátinas reales. Para confirmar la presencia de estos compuestos y por tanto asegurar la representatividad de la pátina en ambientes reales, se han utilizado técnicas analíticas como la espectroscopia Raman y la fluorescencia de rayos X (XRF). Esto resulta crucial para realizar pruebas de restauración en condiciones controladas que recreen fielmente la química de las pátinas originales.

Implicaciones del Cambio Climático en los tratamientos de protección de hierro y bronce: evaluación de la corrosión tras ensayos de exposición real prolongada

Mónica Bastida Armesto[1], Inmaculada Donate Carretero[1], María Cruz Medina Sánchez[1], Bárbara Martín Gómez[1], Marina Díaz Álvarez[1], Miguel Gómez Heras[2], Joaquín Barrio Martín[1, 3], Javier Martínez-Martínez[4]

[1] Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico. Universidad Autónoma de Madrid (SECYR-UAM), monica.bastida@uam.es
[2] Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid
[3] Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad Autónoma de Madrid
[4] Instituto Geológico y Minero de España (IGME-CSIC)

La conservación del patrimonio metálico expuesto al aire libre, continuamente sometido a cambios ambientales que afectan a su estabilidad, requiere de una supervisión constante. Esto, sumado a las variaciones proyectadas por el Cambio Climático está obligando a la reevaluación de su vulnerabilidad y a la revisión de la eficacia de los tratamientos de protección aplicados.

Por tanto, en el marco del proyecto de investigación RESCUhE, que busca mejorar la resiliencia del patrimonio cultural en un contexto de Cambio Climático y con el objetivo de evaluar cómo la anisotropía ambiental y climatológica puede afectar al patrimonio metálico y a sus recubrimientos protectores, se ha desarrollado un estudio de exposición de dos aleaciones comunes en esculturas, edificaciones y decoraciones al aire libre: hierro y bronce. Se expusieron probetas de ambas aleaciones en seis ubicaciones con condiciones climáticas diferentes, en entornos urbanos, rurales y costeros de la Península Ibérica (Madrid-Atocha, Madrid-Cantoblanco, Alicante, Lugo-San Ciprián, Cádiz-Puerto Real y Andorra-Santa Coloma), orientadas hacia los cuatro puntos cardinales, durante 24 meses. La mitad de las muestras se cubrieron previamente con un tratamiento inhibidor (benzotriazol y Incral 44) y una protección superficial (Cosmolloid H-80) siguiendo protocolos establecidos para estatuas de bronce en exteriores. Tras la exposición, las muestras se examinaron mediante microscopía óptica y electrónica de barrido.

Los resultados difieren notablemente según el ambiente de exposición. En las zonas costeras la protección no logra frenar el proceso de corrosión inducido por los altos niveles de humedad y la presencia de aerosol marino. En las urbanas se aprecia un mejor estado de conservación, aunque se observa una oxidación inicial de ambas aleaciones. En las zonas rurales la protección actúa de manera más efectiva y solo se identifican focos de corrosión puntuales a nivel microscópico.

Evaluación de factores de riesgo para la conservación de plata en el museo Sefardí de Toledo

Raquel Lozano Martín[1], Ana María Rodríguez Cervantes[2], Susana Seseña Prieto[2], María Rodríguez Pérez[2], Iván Díaz Ocaña[3], Elena Ruiz Zamora[3], Blanca Ramírez Barat[3]

[1] Museo Sefardí, Ministerio de Cultura, raquel.lozano@cultura.gob.es
[2] Universidad de Castilla-La Mancha
[3] Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas-Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CENIM-CSIC)

El museo Sefardí se sitúa en la Sinagoga del Tránsito, un edificio histórico remodelado en los años 90 del siglo pasado para albergar una colección dedicada a la historia de los judíos en España. La colección presenta gran variedad de objetos y materiales, destacando la plata como uno de los materiales más representativos.

La conservación de los objetos de plata en la colección de un edificio histórico presenta un reto desde diferentes puntos de vista. La contaminación exterior, debida al tráfico rodado, la humedad ambiental debida a la ubicación del edificio, la elevada afluencia de público o los COVs emitidos por materiales presentes en el interior, pueden afectar a la conservación de estos objetos. Por este motivo, y como parte del Plan de Conservación Preventiva, se realizó un estudio de la calidad del aire entre 2021 y 2024, y se adoptaron las primeras medidas correctoras, que se presentan en otro trabajo. En este contexto, se ha observado un empañamiento o deterioro corrosivo apreciable en algunos objetos de plata, lo que ha llevado a plantear un estudio específico para comprender cómo los factores ambientales afectan al deterioro de este metal y plantear medidas de conservación específicas.

Así, además del estudio ambiental, se han realizado ensayos para determinar posibles fuentes de emisión de contaminantes que podrían afectar a la plata. Entre ellas se incluyen los materiales de las vitrinas, evaluados mediante el Test de Oddy, y productos de limpieza del museo, mediante la exposición de probetas de plata al ambiente generado por dichos productos en recipientes cerrados. Además, se ha realizado un ensayo de exposición atmosférica de probetas de plata en el interior de las vitrinas, siguiendo la norma ISO-11844, que permite evaluar la velocidad de corrosión en ambientes interiores. En este trabajo se presentarán los primeros resultados del estudio.

Laboratorio METAL.es. In-situ metal electrochemical studies for heritage science.

Blanca Ramírez Barat[1], Mª Teresa Molina Delgado[1], Marina Martínez Weinbaum[1], Sara de Miguel Moreno[2], Emilio Cano[1]

[1] Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas-Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CENIM-CSIC). blanca.ramirez@csic.es
[2] Instituto del Patrimonio Cultural de España

METAL.es, o METAL Electrochemical Studies es un laboratorio del Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM), del CSIC, incluido dentro la plataforma MOLAB de la Infraestructura Europea de Investigación en Ciencia del Patrimonio, E-RIHS, recientemente constituida como ERIC.

Se trata de un MOLAB (laboratorio móvil) para el estudio in situ de las características y comportamiento de la superficie de bienes patrimoniales metálicos, incluyendo pátinas naturales y artificiales y recubrimientos decorativos o protectores, mediante técnicas electroquímicas portátiles. El sistema de medida, desarrollado por el grupo de investigación de manera específica para las necesidades del patrimonio cultural metálico, utiliza una celda con electrólito gelificado, lo que permite realizar medidas sobre todo tipo de superficies irregulares o inclinadas.

Las principales aplicaciones de este sistema son el diagnóstico y la evolución de la eficacia de tratamientos de conservación. Mediante medidas comparativas permite elegir el sistema de protección más adecuado y realizar un seguimiento de su evolución con el tiempo y evaluar su durabilidad. En este trabajo se presentan algunos ejemplos de caso de los servicios realizados por el laboratorio METAL.es en los últimos años, como ejemplo de su utilidad para la toma de decisiones de conservación del patrimonio metálico.

En primer lugar, en el marco del proyecto europeo IPERION-HS, se presenta un estudio comparativo de recubrimientos protectores para restos de aviones de la Segunda Guerra Mundial en colaboración con el Laboratorio de restauración Arc Antique de Nantes (Francia); en colaboración con la Fundación Museo Jorge Oteiza, en la convocatoria piloto del nodo español de E-RIHS, se ha estudiado el estado de conservación de diversas esculturas del artista en espacios públicos de la ciudad de Pamplona; y, en el marco de la misma convocatoria, se han estudiado recientemente las patinas formadas en esculturas de acero cortén de la colección del a UPV (Valencia).

Near-surface silver enrichment phenomena: how does the manufacturing process impact silver alloy composition?

Sofia Serrano[1,2], Rui J. C. Silva[1,3], Elin Figueiredo[1,2]

[1] Centre of Materials Research (CENIMAT/i3N), NOVA School of Science and Technology (FCT-NOVA), Caparica, Portugal
[2] Department of Conservation and Restoration (DCR), NOVA School of Science and (FCT-NOVA), Caparica, Portugal
[3] Department of Materials Science (DCM), NOVA School of Science and (FCT-NOVA), Caparica, Portugal

Archaeological silver alloys are commonly investigated using non-invasive analytical techniques such as X-ray Fluorescence (XRF), Electron Probe Microanalysis (EPMA), and Particle Induced X-ray Emission (PIXE), all of which primarily characterize the near-surface region of a sample, typically within few to tens of micrometres of depth. Interpretation of these surface-sensitive data must consider the documented phenomenon of surface silver enrichment in silver-copper alloys. This enrichment results from the selective leaching of anodic constituents during corrosion, particularly copper, and may be further induced by processes such as cleaning, thermal and/or chemical post-excavation conservation treatments. The extent of this enrichment can be substantial, with surface silver concentrations reaching up to 50% higher than those in the alloy core.

This study investigates the influence of manufacturing processes on surface and bulk composition in silver-copper alloys, prior to the application of any conservation treatment such as polishing or chemical cleaning treatments. Experimental samples, comprising wires and sheets, were fabricated from an alloy containing approximately 85 % silver and 15 % copper. These samples underwent controlled mechanical deformation and annealing processes. Compositional analyses were conducted using XRF to assess changes induced by the manufacturing processes. The results indicate that mechanical deformation contributes to silver enrichment at the surface, while subsequent annealing promotes copper migration toward the surface. Notably, no significant compositional variation was observed in more internal regions, such as at the alloy core. These findings provide important insights into the effects of manufacturing processes on surface composition, with implications for conservation and restoration treatments as well as for the interpretation of results from surface-sensitive analytical techniques.

Aplicación de Rayos X al estudio del conjunto numismático procedente de la *Cetaria* C-XIV en la *Colonia Libertinorum Carteia* (San Roque, Cádiz)

Ana Rita García Cobeña[1]; José Ángel Expósito Álvarez[2]; Elena Moreno Pulido[1]; Juan Francisco Muñoz Durán; Ilaria Vitiello[3]

[1] Departamento Historia, Geografía y Filosofía. Universidad de Cádiz, anarita.garcia@uca.es
[2] Complutense de Madrid
[3] Laboratorio de Estudios y Conservación del Patrimonio Histórico (LEC-PH). Universidad de Cádiz.

La aplicación de escaneos de Rayos X en los objetos arqueológicos es un avanzado método de investigación no destructivo y no invasivo que puede proporcionar información relevante, desde su estructura superficial hasta su estado de conservación. Un ejemplo de su potencial es el análisis de monedas antiguas pertenecientes a excavaciones arqueológicas. Éstas suelen tener una capa superficial de concreciones que hacen que sea ilegible su catalogación. Para poner de relieve la idoneidad de la técnica, traemos el estudio del conjunto monetal romano hallado en las excavaciones desarrolladas en la *cetaria* del arroyo interior de *Carteia* (C-XIV), en el marco del *Proyecto Scomber*. Mediante el uso de los Rayos X, a través de radiografías y tomografías computarizadas (TC), hemos obtenido datos fidedignos sobre la conservación de las piezas de forma previa a su restauración, lo cual ha facilitado este proceso y la catalogación preliminar de las piezas.

Protección de objetos de plata desde la perspectiva del restaurador

Elena Ruiz Zamora[1], Iván Díaz Ocaña[1], Blanca Ramírez Barat[1]

[1] Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas-Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CENIM-CSIC). elena.rz@cenim.csic.es

La conservación de las colecciones de plata en los museos sigue siendo un tema complejo, en el que intervienen diferentes factores. La plata presenta una elevada afinidad por el azufre, lo que hace que reaccione rápidamente con los sulfuros presentes en el ambiente, provocando un ennegrecimiento de la superficie conocido como empañamiento. Dado que los objetos de plata han sido concebidos para ser brillantes, la sulfuración hace necesaria su limpieza periódica, lo que conlleva un desgaste de la superficie. La preocupación por este problema ha motivado diversos estudios sobre los efectos de los métodos de limpieza y la búsqueda de nuevas soluciones. Considerando la importancia del conocimiento y la experiencia de los conservadores-restauradores como punto de partida para cualquier estudio de este tipo, hace unos años se publicó un análisis de los métodos de limpieza de la plata basado en una consulta a los profesionales del sector. En esta consulta también se recogió información sobre el uso y la experiencia con sistemas de protección de la plata, aunque esa información no llegó a analizarse ni a ser publicada.

Actualmente, en el marco de un nuevo proyecto de investigación dedicado a la protección de objetos de plata en colecciones de museos, se han analizado los datos de la consulta previa y se ha lanzado una nueva encuesta actualizada, para obtener una visión general sobre los métodos de protección de la plata empleados en los museos. En este trabajo se presentarán los resultados de la primera encuesta, junto con los de la encuesta actual, que aún está abierta, así como las líneas principales de investigación que se abordarán en el proyecto. La comparación entre los datos anteriores y actuales de ambas encuestas permitirá, además, tener una visión sobre la evolución de los métodos de limpieza y estrategias de protección de la plata.

Protección del patrimonio en plata: Evaluación de la clorofila como inhibidor de sulfuración

Josefina Zunino Aguiar, j.zzunino@gmail.com

Uno de los principales problemas de la conservación del patrimonio en plata es la búsqueda de soluciones de protección que prevengan su sulfuración, la pérdida de su brillo y la formación de una pátina oscura debido a la interacción con compuestos de azufre en el ambiente.

El objetivo de esta investigación es comprobar la capacidad protectora de un inhibidor ecológico poco estudiado (clorofila) sobre plata, para controlar su deterioro y reduciendo el impacto ambiental. Se comparan protectores comúnmente empleados en plata (resinas sintéticas en disolución: Paraloid® B 44, Incral® 44 y Laca Zapón) aplicados por impregnación, solos y combinados con el inhibidor ecológico (clorofila), sobre probetas de plata. Posteriormente fueron sometidas a dos atmósferas diferentes: de elevada humedad relativa y saturadas de iones S2- que favorecen la formación del sulfuro de plata.

La clorofila ayuda a proteger este metal, especialmente cuando se usa en la menor concentración probada. Sin embargo, su acción no se ve favorecida en combinación con las resinas ensayadas. En comparación, el mejor protector resultó ser el Incral 44®.

Proyecto ATACA: estudio arqueométrico de materiales metálicos protohistóricos del yacimiento La Tabla de las Cañas (Capilla, Badajoz).

Inmaculada Donate Carretero[1], Bárbara Martín Gómez[1], María Cruz Medina Sánchez[1], Pablo Paniego Díaz[2], Lucía Ruano Posada[3], Iratxe Boneta Jiménez[4], Mónica Bastida Armesto[1], Marina Díaz Álvarez[1], Alessandro Zucchiatti[5], Joaquín Barrio Martín[1,4]

[1] Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico. Universidad Autónoma de Madrid (SECYR-UAM), monica.bastida@uam.es
[2] Institut für Archäologische Wissenschaften, Universität Freiburg
[3] Departamento de Prehistoria, Historia Antigua y Arqueología. Universidad Complutense de Madrid
[4] Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad Autónoma de Madrid
[5] School of Physics, University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa

Este trabajo presenta una investigación arqueométrica desarrollada al amparo de la convocatoria piloto del nodo español de E-RIHS, centrada en el análisis de varios objetos metálicos desenterrados en La Tabla de las Cañas (Capilla, Badajoz). Este yacimiento en el valle del Zújar, una zona periférica respecto de los grandes sitios de la I Edad del Hierro del Guadiana medio, como Cancho Roano, Medellín o Casas del Turuñuelo, es uno de los pocos sitios donde existen ocupaciones del Hierro I y el Hierro II con una clara conexión espacial. Por tanto, su estudio resulta clave para comprender las dinámicas de cambio y continuidad entre ambos periodos, así como las relaciones con otros asentamientos protohistóricos vecinos. Además, la peculiaridad del contexto de hallazgo, marcado por procesos de inundación y desecación tras la construcción de un embalse, añade interés al análisis de los materiales.

Las piezas seleccionadas -una lámina de plomo con inscripciones, fragmentos de dos fíbulas y un aro de bronce y una hoja de cuchillo de hierro- fueron examinadas mediante técnicas analíticas no destructivas o mínimamente invasivas: fluorescencia de rayos X, espectroscopía de plasma inducida por láser, microscopía electrónica de barrido y espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente, esta última aplicada al estudio isotópico del plomo.

Los resultados permiten caracterizar las materias primas, identificar prácticas tecnológicas y evaluar las condiciones postdeposicionales. Se constata una notable presencia de fosfatos en las capas de corrosión, indicativo probablemente de la interacción con restos de cremaciones en la mayoría de los casos. Asimismo, el alto contenido en estaño de los objetos de bronce y la coherencia entre los valores isotópicos del plomo y los recursos minerales regionales apuntan hacia una procedencia local de las materias primas, sugiriendo dinámicas de aprovisionamiento y producción metalúrgica dentro del ámbito geográfico de la actual provincia de Badajoz.

Tecnologías digitales para la producción y restauración de colecciones de metal: una interfaz prometedora

Maria Luiza Seixas[1], Alessandra Rosado[1], João Cura D'Ars de Figueiredo Jr[1].

[1] Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). mluizaseixas@gmail.com

Cuando sufren fracturas, los objetos metálicos pueden perder su funcionalidad, legibilidad y valor estético. Además, el compromiso estructural puede acelerar y/o promover nuevas grietas y fracturas. Restaurar metales fracturados de forma segura y mínimamente invasiva constituye un desafío significativo. Las Tecnologías Digitales, ampliamente difundidas en el sector productivo, pueden contribuir de manera efectiva al restablecimiento de la integridad de tales objetos. El método de restauración aquí propuesto fue aplicado a coronas de plata que presentaban fracturas en sus imperiales. Las coronas fueron digitalizadas, y el modelo virtual, en formato STL (Stereolithography), fue exportado a un software de modelado tridimensional donde se diseñaron piezas de encaje. Estos encajes fueron prototipados mediante el sistema SLA (Stereolithography Apparatus) utilizando resina específica para el proceso posterior de fundición a la cera perdida. Se realizaron análisis en las superficies de las coronas utilizando EDXRF, con el fin de determinar la composición de la aleación de las piezas de encaje, que presentan carácter anódico en relación con las aleaciones de las coronas. En la producción de los encajes se consideraron las siguientes características: mínimo contacto bimetálico con máxima eficiencia estructural, así como facilidad de ensamblaje y extracción sin generar tensiones en las coronas. Las piezas encajan en el reverso de las imperiales, son discretas, están fechadas y el método es reversible, dado que la precisión formal y dimensional alcanzada mediante las tecnologías digitales permite un ajuste eficaz sin necesidad de adhesivos ni soldadura. El resultado respeta el principio de compatibilidad estética y mecánica, en función de la composición química de la aleación de las nuevas piezas. El método de restauración presentado tiene el potencial de ser replicado en acervos metálicos de diversas aleaciones y dimensiones, gracias a la variedad de materiales disponibles y a la versatilidad de los procesos y post-procesos de prototipado rápido actualmente disponibles.

Hidrogeles naturales para la limpieza de lixiviados metálicos generados por esculturas urbanas de bronce y hierro

Sara Puente-Muñoz[1], Iñaki Vázquez-de la Fuente[1], Nagore Prieto-Taboada[1], Gorka Arana[1], Juan Manuel Madariaga[1]

IBeA Research Group, Department of Analytical Chemistry, University of the Basque Country (UPV/EHU), 48940 Leioa (Spain). sara.puente@ehu.eus

Los lixiviados representan un problema estético importante en obras metálicas, ya que generalmente estas no están compuestas únicamente por la pieza metálica, sino también por un soporte pétreo. Dichos lixiviados alteran el color de la superficie del soporte al introducir compuestos ajenos a los materiales originales.

Entre las pátinas metálicas más comunes se encuentran las de cobre y hierro, debido al frecuente uso de bronce y al auge del acero Corten en esculturas. La limpieza de estos lixiviados en piedras calizas, como el mármol, es compleja, ya que muchos productos de limpieza pueden solubilizar los compuestos originales. Por ello, el grupo IBeA (Ikerkuntza eta Berrikuntza Analitikoa) ha desarrollado una metodología de limpieza basada en hidrogeles naturales para su aplicación en superficies pétreas. Los hidrogeles propuestos, Kudzu y Konjac, son poco invasivos y respetuosos con los principios de la química verde, al igual que los agentes quelantes propuestos.

La eficacia de estos hidrogeles ha sido validado en laboratorio para pátinas de cobre y hierro, con resultados excelentes [1,2]. Tras esto, se demostró su eficacia en un entorno real, aplicándolos en dos esculturas de bronce y acero ubicadas en Barakaldo (Bizkaia), una zona urbana donde la lluvia ha provocado la formación de pátinas metálicas sobre los soportes.

Este trabajo se centra en la caracterización previa y posterior tanto de las esculturas como de las pátinas, tras aplicar los hidrogeles. Para ello, se emplearon técnicas analíticas no destructivas como espectroscopia Raman, fluorescencia de rayos X (XRF) y colorimetría. Para el análisis de los geles, se utilizaron espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) y cromatografía iónica (IC).

Sesión II

Patrimonio Metálico Arqueológico

Análisis y comparativa de *litterae aureae* procedentes de la provincia romana de Lusitania

Diana Lafuente Fernández[1], Martín Nova Barrero[1], Irene Llorente Carrasco[2]

[1] Museo Nacional de Arte Romano, dianat.lafuente@cultura.gob.es
[2] Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas-Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CENIM-CSIC)

Las inscripciones realizadas en metal dorado, denominadas generalmente como *litterae aureae*, constituyen un signo de poder y una simbología característica de la época imperial romana. Estas letras sobredoradas tuvieron una importante presencia desde la Hispania Ulterior, eclosionando con las provincias de Baetica y, especialmente, Lusitania, que son las que trataremos en este trabajo. Dentro de este ámbito político y geográfico, destacan las realizadas en zonas de espectáculos públicos, como los teatros, para conmemorar y dejar constancia mayoritariamente del evergetismo de la época.

En este trabajo se ha realizado el análisis mediante fluorescencia de rayos X de una de las interpunciones de las *litterae aureae* encontradas durante las excavaciones del teatro romano de Augusta Emerita (Mérida) y se han comparado los resultados con los análisis llevados a cabo con la misma técnica de las letras halladas en el teatro de Metellium (Medellín), así como otros bronces sobredorados hallados en el mismo contexto arqueológico. Cabe destacar la importancia de estos análisis ya que la bibliografía al respecto es escasa y el objetivo principal de estos estudios es el de crear un corpus con los resultados para poder discernir la presencia de talleres especializados en la fabricación de estas *litterae aureae* en Hispania.

Caracterización y conservación de un puñal de cobre arsenical documentado en la Motilla del Azuer (Daimiel, Ciudad Real)

Miguel Torres Mas[1], David Rodríguez González, M.ª Isabel Angulo Bujanda[1], Juan Torrejón Valdelomar[2] y Mónica Felipe Martínez[1]

[1] Yacimiento arqueológico Motilla del Azuer, migueltorresarqueologo@gmail.com
[2] Instituto de Ciencias del Patrimonio - Consejo Superior de Investigaciones Científicas (INCIPIT-CSIC)

Durante la campaña de excavación arqueológica llevada a cabo en 2022 en el yacimiento de la Edad del Bronce de la Motilla del Azuer (Daimiel, Ciudad Real), se descubrió un puñal de cobre en el área correspondiente al hábitat del asentamiento. La pieza, de notables características, presenta unas dimensiones de 90 x 25 x 1 mm y cuenta con tres remaches circulares, de los cuales solo uno se conserva actualmente en su posición original.

Dada la singularidad del hallazgo —en un contexto donde la actividad metalúrgica documentada es escasa— se consideró oportuno realizar un estudio detallado de la pieza con el fin de obtener información relevante sobre su composición, manufactura y condiciones de conservación.

El análisis técnico incluyó una radiografía general realizada en el Laboratorio de Ensayos de la empresa SGS-Tecnos, así como una serie de estudios avanzados llevados a cabo en los laboratorios SECYR de la Universidad Autónoma de Madrid. Entre las técnicas empleadas destacan la fluorescencia de rayos X, espectroscopía Raman, microscopía electrónica de barrido con microanálisis elemental (EDS) y difracción de rayos X.

Los resultados permitieron determinar que el puñal fue fabricado en cobre arsenical. Además, se identificaron restos de fibras orgánicas vegetales adheridas a la superficie de la hoja. Estas fibras se hallaban parcial o totalmente mineralizadas, carbonatadas y con presencia de silicatos, algunas de ellas con tonalidades verdosas, lo que indica que estuvieron en contacto con procesos de corrosión del metal. Todo ello sugiere que el arma estuvo originalmente envainada o envuelta en un tejido.

Para garantizar su correcta manipulación, transporte y conservación, se aplicaron distintos tratamientos de restauración y consolidación. Estas intervenciones tuvieron como objetivo dotar al objeto de la estabilidad físico-química y estructural necesaria para su preservación a largo plazo, sin comprometer su integridad.

Conservación de estatuillas de bronce de la colección egipcia rescatadas tras el incendio del Museo Nacional, Río de Janeiro, Brasil.

Neuvânia Curty Ghetti[1,3]; Tamires Machado[2]; Pedro Von Seehausen[2]; Ana Luiza do Amaral[3], Angela Rabelo[3]; Cleide Martins[3]

[1] Conservação e Restauração – Escola de Belas Artes – Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, neuvaniacg@eba.ufrj.br
[2] Programa de Pós-Graduação em Arqueologia do Museu Nacional-PPG-Arq/UFRJ
[3] Núcleo de Conservação do Resgate de Acervos do Museu Nacional-MN/UFRJ

El Museo Nacional, creado en 1818, es reconocido por ser el primer museo de historia natural de América Latina, teniendo como sede principal el Paço de São Cristóvão, antigua residencia de la familia imperial en Brasil. Su acervo cuenta con colecciones de referencia en las áreas de Entomología, Geología, Paleontología, Zoología, Etnología, Arqueología e historia de la ciencia y del período imperial de Brasil. Un gran incendio ocurrido el 02 de septiembre de 2018 afectó a más de 15 millones de ar□culos.

El Programa de Rescate de Colecciones del Museo Nacional recuperó una gran cantidad de piezas, representadas por una variedad de materiales, incluyendo material metálico. Durante la etapa de excavación en el interior del Palacio se recuperaron más de 300 piezas que formaban parte de la Colección Egipcia, incluidas seis estatuillas de bronce. El objetivo de este trabajo fue señalar las acciones de conservación de emergencia realizadas para estabilizar las piezas afectadas por el incendio. Se realizó un levantamiento de datos bibliográficos producidos antes del incendio y un diagnóstico del estado de conservación con la identificación de los principales indicadores visuales de cambio para definir las acciones de conservación de emergencia necesarias en ese momento.

La investigación demostró que múltiples factores en condiciones adversas como altas temperaturas, exceso de luz, hollín, agua, caídas e impactos, además del contacto con vapores y gases contaminantes y humedad, entre otros, interfirieron significativamente en las piezas rescatadas.

Esta investigación abre la perspectiva de trabajar de forma interdisciplinaria y colaborativa con profesionales de centros especializados en ciencia del patrimonio y así contribuir significativamente a la obtención de datos y resultados más consistentes en la conservación de este material arqueológico, posibilitando su retorno a la sociedad, en nuevas exposiciones museográficas cuando el Museo Nacional vuelva a abrir sus puertas en 2026.

Del saqueo a la conservación: retos en la conservación integral de la colección de joyería e indumentaria metálica del Cenote Sagrado de Chichén Itzá

Diana E. Arano Recio[1], José Luis Ruvalcaba Sil [2], Margarita Alcántara Mejorada[1], César Téllez Castro[1], Carlos Gálvez Valencia[1], Jareth Anuar Guadarrama Moreno[1]

[1] Sección de Conservación y Restauración, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Mérida, Yucatán. diana_arano@inah.gob.mx
[2] Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

El sitio arqueológico de Chichén Itzá, declarado Patrimonio Mundial de la Humanidad por la UNESCO, fue habitado activamente durante los períodos prehispánicos Preclásico (1000 a.C. – 250 d.C.), Clásico (250 d.C. – 900 d.C.) y Posclásico (900 d.C. – 1542 d.C.). Chichén Itzá funcionó como un importante centro de peregrinación para personas provenientes de diversas regiones, tales como Centroamérica, Colombia, y el centro y norte de México. Esta influencia se evidencia a través de los objetos rituales arrojados al Cenote Sagrado, incluyendo piezas de oro, jade y cobre, junto con vestimentas y joyas. Sin embargo, el primer acercamiento a esta colección se vio marcado por un saqueo llevado a cabo a principios del siglo XX por Edward Thomson, cónsul estadounidense, quien utilizó una draga industrial para extraer los objetos del cenote, lo que resultó en la pérdida de valiosa información arqueológica y la exportación ilegal de una parte significativa de la colección. Además, desde la década de los sesenta, la colección ha sido sometida a procesos de conservación dispares en cuanto al nivel de intervención. La presente ponencia se centra en el Proyecto de conservación integral de la colección de joyería e indumentaria prehispánica metálica que se preserva en museos de Yucatán, México. Se expondrán los procesos de conservación enfocados en la exhibición en un clima cálido tropical subhúmedo, así como la reinterpretación de la colección arqueológica mediante el análisis formal y la identificación de las técnicas de fabricación.

Estudio comparativo de los factores de alteración en monedas halladas en la Bética en función del tipo de sedimento

Marina Goñalons Lapiedra[1], Alicia Arévalo González[2]

[1] Laboratorio de Estudios y Conservación del Patrimonio Histórico (LEC-PH), Universidad de Cádiz - marina.gonalons@uca.es
[2] Departamento de Historia, Geografía y Filosofía, Universidad de Cádiz.

El Laboratorio de Estudios y Conservación del Patrimonio Histórico (LEC-PH) del INMAR-UCA está dotado de un equipamiento de primer nivel gracias a recientes concesiones de Ayudas para la adquisición de equipamiento científico-técnico del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

Gracias a este nuevo equipamiento se están desarrollando trabajos de conservación y restauración en diversos tipos de materiales procedentes de intervenciones arqueológicas tanto terrestres como subacuáticas. Entre los materiales tratados se encuentran monedas procedentes de diversos proyectos de investigación acometidos en diferentes yacimientos béticos.

Por un lado, se ha intervenido en el numerario recogido durante las excavaciones de 2022 en la fábrica de salazones situada en la calle San Nicolás (Algeciras), un entorno con gran influencia de los factores marinos y urbanos. El otro caso de estudio han sido las monedas procedentes de las intervenciones arqueológicas practicadas en el yacimiento minero de Riotinto (Huelva).

A pesar de pertenecer ambos conjuntos a época romana, aunque de distintos momentos cronológicos, y de haber sido fabricadas en bronce, normalmente una aleación ternaria de cobre, estaño y plomo, las piezas presentan estados de conservación diversos. Las alteraciones observadas incluyen depósitos de suciedad, sales y productos de corrosión del metal, tanto estables (como la cuprita) como degradantes (como los cloruros). La presencia de estos compuestos varía entre ambos conjuntos.

El análisis del contexto arqueológico y de los sedimentos asociados ha permitido establecer relaciones directas entre los factores ambientales de cada yacimiento y los procesos de alteración detectados. Las diferencias entre entornos terrestres, con sedimentos con mayor riqueza de minerales de hierro, sales o contaminaciones, o en entornos subacuáticos, resultan determinantes en el desarrollo de alteraciones en el material numismático, condicionando así la elección de los protocolos de conservación.

Estudios previos y restauración de dos piezas metálicas doradas y esmaltadas con técnica del champlevé del Siglo XIII del Conjunto Arqueológico del Castillo de la Estrella en Montiel, Ciudad Real

Cristina Peña Ruiz[1], David Gallego Valle[1], Jesús Manuel Molero García[1]

[1] Universidad de Castilla La Mancha, cristinapruiz@gmail.com

Se trata de la presentación de los estudios previos y restauración de dos piezas excepcionales halladas en dos sectores diferentes del Conjunto Arqueológico del Castillo de la Estrella en Montiel, Ciudad Real

La primera de ellas se trata de un aplique con representación mariana realizada en bronce dorado decorado en esmalte azul y blanco mediante la técnica del champlevé del siglo XIII. Un aplique con la representación antropomorfa de, posiblemente, una virgen, que pudo estar asociado a una arqueta o cruz procesional, posiblemente realizado en Limoges o sus talleres por los paralelos existentes. La pieza, de bronce dorado, presenta una decoración a base de esmaltes azules y blancos mediante la técnica del champlevé.

La pieza fue recuperada en la excavación de la iglesia parroquial de Ntra. Señora de La Estrella, entre los derrumbes de la cabecera. Su presencia la debemos entender dentro del ajuar del templo que quedó sellado tras el derrumbe de este espacio a mediados del siglo XV.

La segunda de las piezas se trata de un aplique de cuz realizada en bronce dorado decorado en esmalte azul y blanco mediante la técnica del champlevé del siglo XIII y fue hallada en el castillo de la Estrella.

Se presenta el estudio de dos piezas muy semejantes técnicamente, pero localizadas en diferentes espacios en contexto arqueológico del conjunto Arqueológico del Castillo de la Estrella y nos facilitan mucha información al realizar su estudio y su restauración.

Extracción en campo: metodología y trabajo multidisciplinar en la extracción de urgencia de un conjunto de materiales metálicos

Sandra Pérez Burgueño - Grupo de Investigación PRINMA. sandraperezbur@gmail.com

Este estudio presenta una metodología de extracción adaptada al Proyecto General de Investigación Bayra, desarrollado en el yacimiento del Cerro del Espíritu Santo, en Vera (Almería), donde se conservan los restos de la ciudad medieval. El proyecto es gestionado por el Grupo de Investigación PRINMA de la Universidad de Granada.

Durante la campaña de excavación de 2024, surgió la necesidad de realizar una extracción en bloque de un conjunto de piezas metálicas, compuesto por 153 elementos de hierro y bronce con morfología similar. Estas se ubicaban sobre el último nivel de uso y el geológico. Su disposición indicaba que formaban parte de un mismo conjunto, posiblemente desplazado por el terremoto de 1518 que devastó la ciudad. Dada su similitud formal y la fragilidad del contexto, se requirió de una documentación detallada y una metodología específica.

La extracción individualizada en bloque se descartó por la posición de los objetos al límite de la unidad estratigráfica y por su volumen. Se optó por una extracción conjunta, conservando en cada extracción una “cama” de sedimento para estabilizar las piezas superpuestas, que luego fueron depositadas en recipientes con arena cribada del entorno original.

La metodología incluyó la ubicación precisa de cada pieza mediante coordenadas dentro de una cuadrícula, una nomenclatura basada en su posición y relación, numerando según la secuencia de extracción. Se realizaron registros fotográficos, fichas de conservación y modelos fotogramétricos tras cada sesión.

Además de su valor metodológico, este caso destaca la importancia de la colaboración interdisciplinar en el campo, especialmente la presencia de un restaurador-conservador. La experiencia demuestra cómo en una situación de urgencia debido a la magnitud del hallazgo y las limitaciones de tiempo por su materialidad, un enfoque conjunto garantiza el respeto al registro material, a la secuencia estratigráfica y a la calidad de la investigación posterior.

Geodas de hierro: análisis de los productos de corrosión en un cuchillo romano hallado en Sálvora (A Coruña)

Raquel González Calvo[1], Marta Lago Cerviño[2].

[1] Escola Superior de Conservación e Restauración de Bens Culturais de Galicia.
raqui.rgc@gmail.com
[2] Universidade de Vigo – GEAAT (Grupo de Estudos de Arqueoloxía, Antigüidade e Territorio)

En el año 2022, durante las excavaciones en la playa Areal de los Bois (Isla de Sálvora, A Coruña), se documentó el hallazgo de un cuchillo de hierro de época romana vinculado a una fábrica de salazón de pescado del siglo I d.C. El cuchillo llegó al laboratorio afectado por una corrosión deformante generalizada.

La intervención incluyó una limpieza mecánica durante la cual se identificaron formaciones inusuales en el interior de las ampollas de corrosión. Entre los productos secundarios apareció magnetita cristalizada, lepidocrocita hexagonal y cristales de calcita de morfología geodésica, cuya composición se identificó mediante difracción de rayos X (realizado en el CACTI de la UVigo). La ausencia de aragonito en los resultados permitió descartar su procedencia de las conchas o esqueletos de organismos, lo que orienta la hipótesis hacia mecanismos biogénicos bacterianos o procesos asociados a la vegetación marina.

Este hallazgo subraya la necesidad de observar y estudiar los residuos generados durante la limpieza. La atención prestada a estos productos retirados permitió no solo ampliar el conocimiento sobre los procesos de alteración del hierro en contextos arqueológicos marinos, sino también abrir nuevas líneas de investigación sobre la dinámica de las ampollas de corrosión como microambientes cerrados. La presencia de cristales en dos puntos separados del objeto sugiere condiciones ambientales específicas que merecen ser analizadas.

La ponencia implica una reflexión crítica sobre la práctica de limpieza sistemática, a menudo centrada en la mejora estética, en detrimento de la observación analítica del objeto. Se defenderá la importancia de las técnicas analíticas en el proceso, no solo para la caracterización de materiales, sino también para la interpretación de su historia. El estudio de los microproductos de alteración puede ser clave para precisar el diagnóstico, aportar datos sobre el contexto postdeposicional y enriquecer la comprensión de la trayectoria del bien arqueológico.

La realidad de la conservación preventiva tras la restauración, de recomendación a obligación. El caso del patrimonio arqueológico metálico mueble

María Cruz Medina Sánchez[1], Ana Isabel Pardo Naranjo[2], Bárbara Martín Gómez[1], Inmaculada Donate Carretero[1], Marina Díaz Álvarez[1], Mónica Bastida Armesto[1], Joaquín Barrio Martín[1, 2]

[1] Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico. Universidad Autónoma de Madrid (SECYR-UAM), maricruz.medina@uam.es
[2] Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad Autónoma de Madrid

Si bien desde el punto de vista normativo y deontológico, la Conservación Preventiva está perfectamente definida y aceptada como una parte esencial de la disciplina de la Conservación (Terminología para definir la conservación del patrimonio cultural tangible, ICOM-CC, Nueva Delhi, 2008), no deja de sorprender que a día de hoy estas indicaciones sigan considerándose en muchos casos como sugerencias o recomendaciones. Por muy bien asentada que esté la teoría, ésta choca con la realidad cada vez que se concluye un proceso de restauración y no se realiza un mantenimiento periódico de las piezas, dejándolas a su suerte en un almacén o vitrina sin ningún tipo de control activo o pasivo.

El descuido o la indiferencia hacia la conservación preventiva, ya sea por desconocimiento o por falta de medios, puede devolver unas piezas ya intervenidas y estabilizadas al punto de partida y reversibilizar todo el trabajo, el esfuerzo y las horas invertidas en su tratamiento, dejándolas en un estado más frágil que el inicial. Este retroceso sucederá con aquellas piezas que estén inestables químicamente y tengan focos de corrosión activos, ya sean visibles o no. Y dado que ésta es la condición de muchos metales arqueológicos, incluso después de su restauración, el mantenimiento de las condiciones de conservación preventiva es un deber ineludible.

En el presente trabajo expondremos nuestra experiencia tras la restauración de una serie metales arqueológicos y su posterior evolución ante distintas condiciones de almacenaje. Demostraremos la respuesta de estas piezas ante un mantenimiento sencillo y económico pero constante, y los importantes cambios que han sufrido cuando estas circunstancias han variado drásticamente.

La restauración de piezas arqueológicas metálicas con intervenciones antiguas. El caso del conjunto metálico del Alto de la Cruz.

Miriam Pérez Aranda[1], Óscar Bonilla Santander[1], Andrés Eduardo Burbano[1], Marta Gómara Miramón[1], Marta Mateu Sagués[1], Glória Munilla Cabrillana[1], Ángel Santos Horneros[1]

[1] Universitat de Barcelona (GRAP-UB) - mperez@accionpatrimoniocultural.com

La restauración de objetos metálicos arqueológicos que han sufrido intervenciones anteriores inadecuadas plantea desafíos complejos, especialmente cuando las técnicas aplicadas en el pasado resultan hoy inapropiadas o incluso perjudiciales. La inmensa mayoría de estas intervenciones incorporan a los objetos metálicos materiales incompatibles, adhesivos envejecidos o rellenos agresivos que aceleran los procesos de degeneración o alteración de los objetos metálicos.

Un ejemplo paradigmático es el conjunto metálico del Alto de la Cruz, donde se evidenció cómo los tratamientos del pasado pueden convertirse en fuentes de deterioro en el presente. Estos objetos se exhiben en la Exposición Permanente del Alto de la Cruz (Cortes, Navarra). Anteriormente a la intervención se encontraban en condiciones ambientales no controladas y evidenciando corrosiones activas. Ante esto, se implementó un proyecto de restauración basado en criterios científicos y éticos, priorizando la estabilidad de los objetos y su autenticidad histórica.

El análisis técnico reveló que los adhesivos y rellenos usados en el pasado habían acelerado el deterioro, siendo en la mayoría de los casos el punto inicial de esta corrosión. Algunas piezas incluso presentaban añadidos que distorsionaban su forma original. Era urgente eliminarlos sin dañar el metal arqueológico subyacente. La restauración se guió por principios fundamentales como la mínima intervención, la reversibilidad y el respeto por los materiales originales. Asimismo, se trabajó en la recuperación formal y estética del conjunto, eliminando los añadidos.

Dado que la humedad ambiental era un factor clave en la corrosión, se instaló un sistema de monitoreo para regular las condiciones de exposición. Esto, sumado a una limpieza exhaustiva, garantizó la estabilización de los metales.

En conjunto, el proceso permitió no solo estabilizar las piezas, sino también devolverles parte de su valor histórico y estético, asegurando su preservación bajo condiciones más seguras y controladas.

Patrimonio numismático de Castilla-La Mancha: Restauración de la tesaurización bajo imperial de Carcuvium (Caracuel de Calatrava, Ciudad Real).

María Caridad Nieto Díaz[1], Alicia Arévalo González[2], Mar Zarzalejos Prieto[3], José Luis Fuentes Sánchez

[1] Baucis Restaura, caridadnietodiaz2023@gmail.com
[2] Departamento de Historia, Geografía y Filosofía. Universidad de Cádiz
[3] Departamento de Prehistoria y Arqueología – Universidad Nacional de Educación a Distancia

Caracuel de Calatrava, situado en el centro de la provincia de Ciudad Real, se inserta en un entorno de notable valor ambiental y patrimonial, conformando un paisaje cultural cuya secuencia de ocupación ininterrumpida, desde época protohistórica hasta la actualidad, puede ser reconstruida a partir de evidencias monumentales y documentales. Al este del núcleo urbano actual se localiza el Cerro de Miradores, donde se ubica la ciudad ibero-oretana de *Carcuvium*. Se trata de un *oppidum* que presenta elementos muy interesantes de su estructura urbana como la muralla perimetral, accesos fortificados y un sector denominado Acrópolis. Tras las operaciones de anexión de Tiberio Sempronio Graco, *Carcuvium* podría haber sido integrado en el mismo régimen estipendiario que el oppidum de *Orissia* (*Oretum germanorum)*. Durante el Alto Imperio, el poblamiento romano parece haberse desplazado hacia zonas bajas del valle de Caracuel, diluyéndose la presencia de materiales altoimperiales en el *oppidum*, lo que podría ser indicativo de abandono.

El asentamiento en llano aparecerá en el reflejado en el *Itinerario de Antonino* como *mansio* de la vía *Per Lusitaniam ab Emerita Caesaragustam*. Las Lanchas podría ser el yacimiento asociado a la *statio* de *Carcuvium*, debido a los hallazgos estructurales, cerámicos, numismáticos con un conjunto de once denarios republicanos recuperado en 1947, así como por los restos funerarios de un sepulcro de plomo publicado en 1948 y otro de tipología pétrea descubierto en 1994. En 2022, una prospección geofísica llevada a cabo en Las Lanchas en el marco del proyecto de investigación Carcuvium, halló de forma inesperada un conjunto monetal de 474 bronces en el interior de un recipiente cerámico que se encontraba en la superficie. La tesaurización, integrada mayoritariamente por emisiones AE2 de época bajoimperial (ss. III-V d.C.), ofrece una valiosa muestra de la evolución monetaria en la zona, con emisiones efectuadas entre los reinados de Probo, Teodosio, así como otros posteriores, procedentes tanto de la ceca de Roma como de talleres orientales.

Entre los años 2024 y 2025, este conjunto ha sido objeto de un proceso de restauración y estudio, cofinanciado por la UNED y el Ayuntamiento de Caracuel de Calatrava. La intervención realizó una adecuada documentación fotográfica, elaboración de cartografías de conservación, pruebas de solubilidad y pH, así como la limpieza superficial y

estabilización de las piezas. También se han realizado análisis metalográficos mediante XRF, peso, medidas, así como un estudio cronotipológico de las piezas y de las series. La presente comunicación expone los resultados de esta intervención, que constituye uno de los ejemplos más recientes y significativos sobre conservación inmediata de conjuntos monetales antiguos en el ámbito de la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha.

Los Efebos de Pedro Abad (Córdoba). Un programa de investigación y conservación para hacer hablar a los sirvientes mudos

Constanza Rodríguez Segovia[1], Reyes Ojeda Calvo, Auxiliadora Gómez-Morón

[1] Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. constanza.r.segovia@juntadeandalucia.es

En 2020, el Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico (IAPH) recibió el encargo de la Junta de Andalucía de desarrollar un completo Programa de Investigación y Conservación de los Efebos de Pedro Abad (Córdoba). Ambas esculturas están realizadas con la técnica de la cera perdida, presentan similar tipología y proceden del mismo contexto arqueológico. Su importante descubrimiento se vio empañado por las circunstancias de su hallazgo ya que iban a ser vendidos en el mercado negro cuando en 2012 la Policía Judicial de Jaén los recuperó en una finca cercana a la localidad cordobesa de Pedro Abad y los trasladó al Museo Arqueológico de Córdoba.

El Proyecto de Conservación ha tenido un doble objetivo: garantizar que estas excepcionales esculturas puedan perdurar en el tiempo recuperando su estabilidad y restituir su unidad formal y estética mediante el diseño y la fabricación de sendas estructuras de soporte interno que han permitido unir las diferentes partes de las que constan y conseguir su verticalización y, por tanto, su correcta lectura para su exposición museística.

El programa de estudios científico-técnicos desarrollado por un equipo interdisciplinar formado por técnicos del IAPH junto con una red de colaboradores externos, ha pretendido ampliar el conocimiento de la materialidad de las esculturas y de su historia, significado y valor. Estos estudios no sólo han aportado valiosos datos para orientar el tratamiento de conservación-restauración, sino que han permitido profundizar en el origen, datación y función de este tipo de esculturas, las técnicas de fabricación y la posible existencia de talleres locales en al Sur de Hispania.

La finalidad de nuestro trabajo ha sido garantizar la conservación de estos extraordinarios ejemplos de la cultura material romana y compartir la experiencia y los resultados generados por el Programa de I+D y Conservación para avanzar en el conocimiento de los grandes bronces de la Antigüedad.

Los informes de restauración como fuente para indagar criterios de intervención de metales arqueológicos

Gabriela Peñuelas Guerrero - Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía - Instituto Nacional de Antropología e Historia (ENCRYM-INAH), México.
gabriela_penuelas_g@encrym.edu.mx

Los enunciados aceptados como criterios de intervención se han utilizado de manera diversa en distintas instituciones. Como investigación doctoral buscaba entender si las diferencias se relacionan con las instituciones en las cuales se ocupaban, así como visibilizar si existe congruencia entre lo que se enseña en las escuelas, se espera en la dependencia que supervisa las labores restaurativas con lo que se ejecuta en los museos. A través de una metodología cualitativa se exponen alcances, límites y similitudes de los criterios declarados y registrados en los informes, reportes, memorias o fichas clínicas elaboradas por restauradores de seis instituciones, tres mexicanas y tres españolas.

El resultado fue la comparación entre las áreas normativas: la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC) y el Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE), las escuelas asociadas a esos centros en su fundación, es decir la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRyM) en la ciudad de México y la Escuela Superior de Conservación y Restauración de Bienes Culturales (ESCRBC) de Madrid, para contrastar con el Museo Nacional de Antropología (MNA) y el Museo Arqueológico Nacional (MAN). El análisis arrojó más de treinta palabras para referir criterios de intervención, declarados de manera tácita e implícita. Con ello se detectaron términos utilizados sólo en México y establecer las fechas en las que comenzaron y dejaron de ocuparse. Todo ello permitió diferenciar cuatro niveles de acción o funciones diferenciadas (las dos primeras de principios y las últimas de criterios), para establecer objetivos generales; aspectos metodológicos; limitar la intervención; y plantear las características de los materiales a utilizar en la intervención. Se recuperó la clasificación para delinear una propuesta de principios y criterios de conservación y restauración de metales arqueológicos contextualizada en la práctica mexicana.

Monitoreo de los procedimientos de desalinización de hierro arqueológico mediante mediciones de potencial de circuito abierto "seco"

María Amparo Peiró Ronda[1], Jaime Vives Ferrándiz[1], María Teresa Doménech Carbó[2], Antonio Doménech Carbó[3]

[1] Museu de Prehistòria de València. mara.peiro@gmail.com
[2] Institut de Restauració del Patrimoni, Universitat Politècnica de València
[3] Department de Química Analítica, Universitat de València

Se describe un método para monitorizar el rendimiento de diferentes procedimientos de desalinización clásicos mediante mediciones de potencial de circuito abierto mediante una metodología electroquímica en seco. El método se aplicó a un conjunto de muestras arqueológicas del yacimiento ibérico de La Bastida de les Alcusses (Moixent, Valencia, España), sumergidas en diferentes baños de desalinización durante un periodo aproximado de un año (2023-2024)

Esta metodología, que implica equipos electroquímicos convencionales y no utiliza soluciones electrolíticas, muestra una serie de respuestas transitorias de potencial/tiempo a corto y largo plazo, representativas del patrón de corrosión de los objetos ensayados. El modelado teórico permite una reproducción satisfactoria de los datos experimentales y una evaluación cuantitativa del rendimiento de los diferentes procedimientos de desalinización ensayados.

Monreal de Ariza. Objetos perdidos de metal y su conservación-restauración. De lo abstracto a lo concreto

Laura Gómez Tejerina[1], Durgha Orozco Delgado[1], Francisco del Peso Rosado, María Turégano Botija[1], Emma García Alonso[1].

[1] Instituto de Patrimonio Cultural de España. Área de intervención en Bienes Muebles. Servicio CROAPAE. laura.gomez@cultura.gob.es

Entre los años 2017 y 2018 se llevó a cabo la rehabilitación del castillo de Monreal de Ariza desde el Instituto de Patrimonio Cultural de España (en adelante IPCE). Durante estos trabajos se realizaron varios sondeos arqueológicos que evidenciaron el colapso parcial de diferentes recintos del castillo donde se recuperaron una serie de elementos metálicos cuya intervención en conservación y restauración fue realizada en Departamento de Conservación y Restauración de bienes arqueológicos y etnográficos del IPCE.

El conjunto está formado por una campana de bronce, un tintero de plomo, un cazo y piezas de artillería de hierro como dos recámaras de bombarda, dos ballestas, una barbuta y un yelmo, además de una brigantina de bronce y, por último, una moneda de plata de Juan II que emplazaría el conjunto en el siglo XV.

El estado de conservación de estos objetos se correspondía con patologías propias de los metales arqueológicos enterrados. Presentaban un alto grado de corrosión, deformación y mineralización. Los tratamientos de conservación y de restauración fueron heterogéneos, ya que se llevaron a cabo por diferentes conservadoras-restauradoras. Se adaptaron a las necesidades de cada pieza, siguiendo los criterios actuales de intervención, y priorizándose, en todo caso, la estabilización y la conservación de estos bienes. Las limpiezas fueron tanto mecánico-químicas, utilizando microtornos de precisión y disolventes, como físicas, a través de la utilización de la tecnología láser. Por último, la consolidación y la reintegración resultaron fundamentales para preservar la integridad física de estos metales y su correcta lectura y comprensión.

Estas intervenciones han sido primordiales para la conservación de estos metales de cara a su manipulación y futura exhibición.

Negotiating Between Iron and Bronze Traditions: The Impact of a Tool - The Chisel from Rocha do Vigio

Bastian Asmus[1,2], Rui Mataloto[3], Ralph Araque-Gonzalez[1]

[1] Albert-Ludwigs Universität, Freiburg, Germany. b.asmus@archaeometallurgie.de
[2] Labor für Archäometallurgie, Kenzingen, Germany
[3] Município de Redondo, Praça da República, 7170-011, Redondo, Portugal

This presentation explores a remarkably early iron chisel from the site of Rocha do Vigio, Portugal through metallographic analysis. The study focuses on what the microstructure of objects can reveal about early ironworking techniques and broader craft practices during the formative stages of iron technology. To complement the metallographic observations, Vickers hardness measurements were carried out. While widely used in archaeometallurgy, this standard procedure is examined critically here, as results at low indentation forces are affected by the Indentation Size Effect (ISE). Recognizing and accounting for this phenomenon is essential for producing meaningful hardness values in archaeological contexts. It is further compared to experimentally smelted iron and a chisel produced from this bloomery steel/iron.

Further evidence of early iron technology at Rocha do Vigio comes from the analysis of slag finds recovered from the site. These were examined using polarising incident light microscopy and SEM-EDS spectrometry, providing valuable data on smelting and smithing activities.

By a combination of critical archaeometallurgical assessment of the archaeological finds, the results of the body of work on the preceding bronze age technology as well as the insights of some thirty years of practical experience in the reconstruction of past metallurgical processes, we suggest that the coming of the age of iron is much less disruptive than the perceived, or the often purported superior mechanical properties of this new material lead us to believe. Together, these perspectives assist us in reconstructing technological practices and their development. The talk reflects on the strengths and limitations of the analytical methods used and outlines future research directions aimed at refining our understanding of early iron metallurgy.

Optimización del uso del AMT en la conservación de cobre arqueológico: parámetros clave, comportamiento químico y formulaciones tamponadas

Isabel Moreno Martínez - Museu d'Arqueologia de Catalunya. imorenom@gencat.cat

El 2-amino-5-mercapto-1,3,4-tiadiazol (AMT) es un inhibidor de corrosión utilizado en la conservación de metales arqueológicos desde los años ochenta. Su eficacia para formar complejos estables con productos de corrosión reactivos y generar películas protectoras sobre superficies metálicas lo ha consolidado como una herramienta versátil. A partir de los avances recientes en química aplicada y ciencia de materiales, esta comunicación presenta un estudio detallado de su comportamiento químico, orientado a definir parámetros de aplicación que optimicen su efectividad en objetos arqueológicos de cobre y sus aleaciones.

Se analizan los mecanismos de adsorción física y química del AMT, así como la acción sinérgica de sus grupos funcionales tiol (-SH) y amino ($-NH_2$) junto al anillo de tiadiazol, responsables de su capacidad de interacción con iones metálicos como Cu^+ y Cu^{2+}. El trabajo examina factores determinantes como el pH, la temperatura y la concentración, proponiendo un rango operativo óptimo que equilibra reactividad y estabilidad, sin comprometer productos de corrosión estables.

Además, se evalúan distintas formulaciones tamponadas, destacando su papel en el control del pH y en la compatibilidad con la acción quelante del AMT. La investigación ofrece orientaciones prácticas para el diseño de tratamientos seguros, reproducibles y respetuosos con los materiales arqueológicos.

Este trabajo proporciona una base metodológica actualizada para mejorar el uso del AMT en conservación, fomentando intervenciones más sostenibles, eficaces y adaptadas a las exigencias del patrimonio metálico arqueológico.

Study of Ancient Japanese sword cross section by neutron imaging and diffraction and comparison with metallography and micro-vickers hardness analysis: the path for a non-invasive analytical approach

Francesco Grazzi[1], Francesco Cantini[2], Oriol Sans Planell[3], Takenao Shinohara[4], Stefanus Harjo[4], Paolo Piccardo[5]

[1] CNR-IFAC and INFN-LABEC, Sesto Fiorentino, Italy. f.grazzi@ifac.cnr.it
[2] Università di Firenze and INFN-LABEC, Sesto Fiorentino, Italy
[3] Helmholtz Zentrum Berlin, Wannsee, Germany
[4] JAEA, J-PARC, Tokai, Japan
[5] Università di Genova, Genova, Italy

The metallurgy of historic weapons is a very important topic in archaeometallurgy because these objects were manufactured by using the highest quality materials and the most advanced technology. Japanese swords represent one of the most important topics in the field of historical metallurgy. Until recently, the largest part of scientific analyses was based on destructive traditional techniques for metallurgy, like metallography and scanning electron microscopy (SEM). However, these methods are unacceptable for well-preserved museum exhibits.

We analyzed Japanese swords through non-destructive quantitative methods as Neutron Diffraction (ND), Neutron Imaging (NI) and Bragg Edge Neutron Transmission (BENT).

These methods are complementary to each other and they are able to give quantitative phase concentration and micro-structural properties and phase morphology.

We can also observe microstructural state of welding areas as well as concentration and distribution of martensite in quenched areas. All these methods offer important results about specific properties of historic metallurgy samples.

We aim to obtain an insight on the microstructural features to be compared with the results gathered through the usual characterization way: Optical Microscopy for metallographic analysis and Micro-Vickers Hardness testing. We analyzed a group of seven metallographic cross sections extracted from a set of seven Japanese broken swords pertaining to the Stibbert Museum in Florence (Italy). All swords *nakago* are signed and critically judged as original by the museum curators and then it was possible to identify period of manufacturing and style. We will show the results related to the comparison among the different analytical methods.

Técnica de fabricación de esculturas de bronce en la época clásica: nuevas aportaciones

Ángel Ernesto García Abajo[1], Joaquín Barrio Martin[2,3], Ángel Fuentes Domínguez[2], Inmaculada Donate Carretero[3], María Cruz Medina Sánchez[3].

[1] Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (INAH).
garciametalizado@outlook.com
[2] Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad Autónoma de Madrid
[3] Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico. Universidad Autónoma de Madrid (SECYR-UAM)

En este trabajo se presentan los resultados de la investigación realizada mediante SEM-EDS y metalografía en los fragmentos de una escultura de bronce procedente del yacimiento arqueológico de Valeria (Cuenca) y que complementan investigaciones anteriores del SECYR (Barrio, Chamón, Catalán y Fuentes, 2008), (Inmaculada Donate et al., 2015), (Faieta, 2015).

El uso del bronce para la elaboración de esculturas estuvo muy extendido en Grecia y Roma, y prácticamente desaparece durante la época medieval, para volver a ser utilizado en el renacimiento. No obstante, las técnicas empleadas en la época clásica son completamente diferentes a las del renacimiento.

En el presente trabajo, se determinó que la escultura de Valeria fue fabricada a partir de secciones de bronce con altos contenidos de plomo, tal y como es común en la época de la roma imperial. Estas secciones fueron elaboradas por fundición. Se pudo apreciar que el alto contenido en plomo es algo completamente intencional y puede obedecer a varias razones, ya descritas por otros autores: abaratar costos, mejorar el registro, o mejorar la fusibilidad.

Otro nuevo motivo para la adicción de plomo se pudo observar en la escultura de Valeria: la adicción de plomo daba lugar a un fenómeno de segregación inversa, en donde este metal se desplaza hasta la superficie formando un recubrimiento por encima del bronce. Este recubrimiento presenta como ventajas que sirve de protección anticorrosiva del bronce y que se puede patinar en una amplia gama de colores (negro, blanco, rojo...). Este fenómeno de segregación inversa se da de forma natural en objetos de gran volumen y sección, pero en los pequeños y delgados segmentos de la escultura de Valeria fue necesario forzar este proceso.

Por último, también se pudieron identificar las soldaduras de una aleación rica en estaño utilizadas para unir los diferentes segmentos.

Un bichero tardorromano para la pesca de atunes de las cetariae de Traducta (Algeciras)

Darío Bernal-Casasola[1], José Luis Portillo-Sotelo[1], Rafael Jiménez-Camino[2], José Ángel Expósito[3], Elisa Fernández Tudela[4], José Manuel Vargas[1]

[1] Departamento de Historia, Geografía y Filosofía, Universidad de Cádiz, Universidad de Cádiz.
[2] Ayuntamiento de Algeciras. dario.bernal@uca.es
[3] Universidad Complutense de Madrid.
[4] Centro de Arqueología Subacuática. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico (IAPH), Cádiz.

Presentamos un “gancho” de hierro de época tardorromana (momentos avanzados del s. VI d.C.) localizado en los niveles de abandono de las factorías de salazones de la calle San Nicolás de Algeciras. Dado el contexto de hallazgo, reflexionaremos sobre su posible identificación con un bichero relacionado con las actividades haliéuticas desarrolladas en el barrio pesquero-conservero de la antigua *Iulia Traducta*, quizás destinado a ensartar y facilitar la manipulación de las capturas como los atunes, ya sea para subirlos a bordo en la fase de pesca o como instrumental auxiliar para el procesado y ronqueo de los pescados en los talleres salazoneros.

Debido a la excepcionalidad de la pieza, que de relacionarse con una funcionalidad haliéutica sería un *unicum* para época antigua en el Mediterráneo, procedimos a su restauración y consolidación en el Laboratorio de Arqueología y Prehistoria de la Universidad de Cádiz (LABAP). Previamente, realizamos una radiografía de Rayos X que, además de apoyar los trabajos de restauración, reveló detalles morfológicos de interés para su estudio como la presencia de un orificio cuadrangular, posiblemente para insertar un cabo y asegurar el agarre, así como un extremo apuntado, evidencia quizás de un enmangue ya perdido.

Una Primera Caracterización de Metalurgia Prehispánica Nayarita

Isabel Medina González[1], Javier Vásquez Negrete[1], Daniel Gallo Arena[2]

[1] Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía - Instituto Nacional de Antropología e Historia, México (ENCRyM-INAH) ismedin@gmail.com
[2] Centro INAH Nayarit

La metalurgia de las culturas del Occidente de Mesoamérica (ca. 600/800-1500 d.C.) constituye un hito en la arqueología americana. La región que hoy ocupan los estados de Michoacán, Guerrero, Jalisco, Colima, Nayarit y Sinaloa destaca por el hallazgo de grandes cantidades, --quizá la mayor abundancia--, de artefactos metálicos prehispánicos, particularmente en base a cobre, en el registro arqueológico de Mesoamérica (Michelet 1996:153-188; Simmons y Shugar 2005: 8) lo que ha derivado en un pródigo corpus de bibliografía sobre la metalurgia del occidente de México (Cfr. Arsandaux y Rivet 1921; Barrera 1931; Bell 1971). En este corpus sobresale la seminal obra individual y colectiva de Dorothy Hosler (Hosler 1986, 1988a, 1988b, 2005; Hosler, Lechtman y Holm 1990, Hosler y Stresser 1992, Hosler 1997), misma que partir de la combinación de información etnohistórica, arqueológica y científica derivada de técnicas metalográficas estándar, espectrometría de absorción atómica y el análisis por activación de neutrónica, trazó el marco referencial sobre los orígenes, desarrollo, diseminación y significado socio-cultural de la metalurgia del mesoamericana. Los resultados apuntan a que después del año 1200 d. C. (periodo 2) los artesanos del Occidente utilizaron predominantemente, aleaciones de bronce (Cu+Sn) y bronce arsenical (Cu+Ar) y, en menor medida, alpaca (Cu+Au). (Cf. Hosler 1997). Cabe señalar que muchos de los estudios se han concentrado en colecciones hoy ubicadas en instituciones científicas y museales de Michoacán, Jalisco y Guerrero, que proceden tanto de excavaciones controladas o de decomisos. En contraste, poco se ha documentado sobre la arqueo-metalurgia del actual estado de Nayarit, territorio que durante el Posclásico caracterizó por la influencia de la "Ruta del Cobre", que conectaba el Suroeste Americano con Mesoamérica, tuvo importantes asentamientos con zonas ceremoniales, como en Amapa, y se desarrollaron señoríos locales, como el de Xalisco, uno de los más importantes en el Occidente de México. En el marco de las acciones de investigación y formación del Seminario de Conservación Arqueológica de la ENCRyM-INAH, se tuvo la oportunidad de indagar sobre la materialidad de un grupo extenso de objetos metálicos variados (cascabeles, hachas, agujas y cinceles) que provienen de los museos y proyectos arqueológicos de Nayarit. Esta ponencia busca avanzar sobre el conocimiento de la tecnología de producción de metales en época prehispánica en Nayarit, presentado los resultados de análisis de Fluorescencia de Rayos X, cuyos resultados apuntan a la importancia de las aleaciones de alpaca en el desarrollo de la metalurgia de occidente.

Sesión III

Patrimonio Arqueológico Subacuático

Análisis y Estabilización de un Calibre de Artillero del sitio La Ballenera I (s. XVI-XVII), Ensenada de Getares, Algeciras

Iris Bartolomé Ortúñez[1], Nicolás C. Ciarlo[2], Marina Goñalons[1], Felipe Cerezo[2], Sergio López[3] Manuel Bethencourt[4]

[1] Laboratorio de Estudios y Conservación del Patrimonio Histórico (LEC-PH). Universidad de Cádiz. iris.bartolome.o@gmail.com
[2] Departamento de Historia, Geografía y Filosofía, Universidad de Cádiz
[3] Investigador independiente.
[4] Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Laboratorio de Estudios y Conservación del Patrimonio Histórico, Universidad de Cádiz.

El estudio de materiales metálicos hallados en contextos arqueológicos subacuáticos plantea retos específicos para su análisis y conservación. Este trabajo presenta los resultados del análisis histórico y arqueométrico, junto a una propuesta para la preservación, de una vara de artillero del siglo XVI-XVII procedente del pecio La Ballenera I, en la ensenada de Getares, Algeciras, España.

La pieza destaca por tratarse de un ejemplar del que existen escasos paralelos arqueológicos. Su estudio ha aportado nueva información sobre este tipo de piezas, que contribuye al conocimiento de

los instrumentos auxiliares de artillería y su papel en la profesionalización del oficio artillero en la Edad Moderna. Además, este hallazgo aporta información de interés sobre los procesos de alteración en objetos metálicos no ferrosos de procedencia subacuática.

En una primera fase, la pieza fue analizada mediante SEM-EDX, lo que reveló una composición de la matriz de Cu-Zn (latón) y la presencia de cuprita (Cu_2O) como producto de corrosión; y otros contaminantes superficiales. En una segunda fase, se ha llevado a cabo un estudio mediante XRF para profundizar en la caracterización.

Aunque la pieza ya fue intervenida, esta actuación no resultó efectiva. Actualmente, se observan focos de productos de corrosión activos, requiriendo de una actuación de

mínima intervención. En términos generales, se propone una limpieza química y mecánica. El proceso incluye el uso de un inhibidor de la corrosión y una protección final mediante Paraloid B 72 a baja proporción.

Este caso demuestra el valor de la interdisciplinariedad orientada al análisis y tratamiento de objetos del patrimonio cultural sumergido. Pone de manifiesto la importancia de aplicar metodologías que garanticen la preservación de piezas metálicas deterioradas por el medio marítimo. De este modo, se preserva la integridad física del objeto y enriquece nuestro conocimiento sobre un elemento de tecnología bélica de la Edad Moderna.

Análisis, estudio y restauración del utillaje pesquero metálico y otros objetos afines recuperados en *Carteia* (San Roque, Cádiz) en el marco del Proyecto Scomber.

José Ángel Expósito Álvarez[1], Ilaria Vitiello[2], Juan Agustín Barrero Toral[3], Esther Herráiz Galindo[3] y Ana Rita García Cobeña[3]

[1] Departamento de Prehistoria, Historia Antigua y Arqueología. Universidad Complutense de Madrid. joseexpo@ucm.es
[2] Laboratorio de Estudios y Conservación del Patrimonio Histórico (LEC-PH). Universidad de Cádiz.
[3] Universidad de Cádiz

Entre los contextos pesquero-conserveros de época romana destacan a nivel porcentual, por su representatividad y por su interés funcional, los elementos metálicos asociados al utillaje pesquero-conservero, como anzuelos, lanzaderas, pesas de plomo, etc. En el marco del Proyecto *Scomber*, desarrollado en el Enclave Arqueológico de Carteia, hemos recuperado de los niveles de construcción y abandono de una factoría salazonera, un número representativo de este tipo de elementos, además de un conjunto de piezas metálicas de funcionalidad artesanal y doméstica, que complementan los registros haliéuticos con información de carácter social y cotidiana de los habitantes de esta estratégica ciudad del Estrecho de Gibraltar, influyente Colonia Latina que representó un interesante influjo itálico en las costas del sur de *Hispania* a lo largo de toda la romanidad.

Los objetos metálicos recuperados en el contexto de estas excavaciones arqueológicas fueron cuidadosamente extraídos, analizados mediante técnicas no invasivas y, finalmente, conservados para garantizar su salvaguarda. Entre los tratamientos realizados, destacan la utilización de Rayos X (que han permitido ofrecer datos clave para la limpieza e identificación de algunas piezas); la propia limpieza, tanto mecánica como química; la desalación y estabilización; la inhibición; la protección y finalmente la confección de un embalaje que asegurara su preservación hasta la entrega final al museo de estas colecciones de gran interés.

En este trabajo presentamos el análisis, el estudio y los procedimientos de conservación-restauración aplicados al conjunto principal de objetos metálicos que acabamos de referir, en su mayoría asociados a actividades pesqueras. Junto a ellos, traemos a este foro, varias piezas que también formaban parte de estos contextos, y que por su singularidad y características pueden ofrecer interesantes datos de interés complementarios, entre los que destacan un espejo de bronce y una singular llave de hierro, que nos ayudan a ofrecer una visión más completa de la sociedad carteiense.

Arqueometría y datación relativa de metales navales del Siglo XIX: casos de estudio de Argentina, Chile y México

Nicolás C. Ciarlo[1,2*], Laura Noel García[2], Ana Castelli[3], Diego Carabias[4], Andrés Zuccolotto[5], Laura Carrillo[6], Nicolás Lira[7], Raúl E. Bolmaro[8]

[1] Departamento Historia, Geografía y Filosofía, Universidad de Cádiz, España. nicolas.ciarlo@uca.es
[2] Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.
[3] Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
[4] Centro de Investigación en Arqueológica Marítima del Pacífico Sur Oriental (ARQMAR), Chile.
[5] Facultad del Hábitat, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.
[6] Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México.
[7] Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Chile, Chile.
[8] Instituto de Física Rosario, Argentina.

Una de las principales líneas de desarrollo de la arqueometría es la datación de artefactos. En el caso de los objetos metálicos de época moderna y contemporánea, sus propiedades fisicoquímicas aunadas a la información histórica sobre las aleaciones utilizadas, en ocasiones han contribuido a la identificación temporal de los restos. Lo anterior aplica, por ejemplo, a los elementos de base cobre utilizados en las embarcaciones de madera del siglo XIX. Por extensión, esta información ha sido utilizada como *terminus post quem* de los eventos de naufragio, contribuyendo al proceso de identificación de los sitios.

En este sentido, los procesos de manufactura y aleaciones utilizadas en la pernería, clavazón y revestimiento metálico de los cascos, a través de diferentes técnicas de caracterización avanzadas (e.g., EBSD), pueden considerarse como indicadores temporales relativos. Las numerosas patentes de la época han servido para contrastar los datos analíticos y, en función de las similitudes, precisar las interpretaciones.

No obstante, este proceso de identificación usualmente está condicionado por múltiples factores que dificultan e incluso impiden realizar una correcta evaluación de los resultados. A los fines analíticos, además de los procesos de deterioro en contextos sumergidos, que pueden afectar desde la superficie hasta el interior de los objetos (e.g. corrosión selectiva de las aleaciones), es necesario considerar la variabilidad asociada a la tecnología en cuestión, como la heterogeneidad de los materiales, las experimentaciones, las copias, las diferencias de criterio entre los artesanos y otros fenómenos dependientes de la técnica del periodo. Al evaluar el todo por la parte, además, se suma la propia historia de vida de una embarcación y las modificaciones que esta pudo haber sufrido.

En esta presentación, exponemos varios casos de estudio de pecios del siglo XIX estudiados en Argentina, Chile y México, que reflejan esta complejidad.

Cobres para la *marine de l´Empire*: análisis SEM-EDX e ICP-MS de los elementos de sujeción y revestimiento de forro de los navíos Lion (1804-1809) y Robuste (1806-1809)

Sébastien Berthaut-Clarac[1], **Nicolás C. Ciarlo**[2,3], Manuel Bethencourt[4]

[1] Centre de Recherche sur les Sociétés et Environnements en Méditerranée, Université de Perpignan – Groupe de recherche en archéologie Navale (GRAN, NGO), Francia.
[2] Departamento Historia, Geografía y Filosofía, Universidad de Cádiz, nicolas.ciarlo@uca.es
[3] Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.
[4] Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Laboratorio de Estudios y Conservación del Patrimonio Histórico, Universidad de Cádiz

La Batalla de Trafalgar (1805) tuvo serias implicaciones sobre el devenir de las fuerzas navales de las tres principales marítimas del periodo. La supremacía alcanzada por Gran Bretaña perduró hasta el final de la época de la vela. La derrota y merma de la flota franco-española no implicó la desaparición de sendas armadas. Ambas naciones, sin embargo, siguieron derroteros diferentes: mientras España abandonó cualquier intento por recomponer y ampliar sus efectivos, Francia continuó construyendo nuevos barcos de guerra, entre estos, navíos de línea.

En 1808, España, ocupada por las fuerzas de Napoleón, se sublevó. En este contexto, en marzo de 1809, una escuadra de 21 buques de aprovisionamiento escoltada, entre otros, por el *Lion* (74 cañones, Rochefort, 1804) y el *Robuste* (80 cañones, Tolón, 1806), partió de Tolón rumbo a Rosas. Sin embargo, estos dos buques se hundieron frente a Les Aresquiers (Francia) durante un enfrentamiento con fuerzas británicas. Construidos según los planos de Jacques Noël Sane, atestiguan la transformación del poder naval durante las guerras napoleónicas, en los años que siguieron a la Batalla de Trafalgar.

Esta presentación muestra los avances de investigación arqueométrica de los elementos de sujeción y revestimiento de forro recuperados de los pecios (sitios Aresquiers 1.5 y Aresquiers 1.1, respectivamente). La caracterización fisicoquímica, llevada a cabo mediante SEM-EDX e ICP-MS, permitió obtener información sobre los procesos de manufactura y materiales empleados. La heterogeneidad que presentan las muestras analizadas estaría vinculada con el empleo de diferentes materias primas, o bien al interior de un taller, o bien en diferentes centros de producción.

Esta variabilidad fue registrada tanto a nivel inter-sitio como intra-sitio. A la luz de la documentación histórica, se discuten las implicancias de estos resultados para el conocimiento de la tecnología (e.g. experimentaciones) e historia de vida (e.g. reparaciones) de estos barcos de guerra.

Estudio arqueométrico y caracterización del estado de conservación de muestras de acero del submarino de Isaac Peral

Alejandro Pinilla[1], Fernando Agua[1], Consuelo Portolés[2], Mª Ángeles Villegas[1], **Manuel García-Heras**[1]

[1] Instituto de Historia – Consejo Superior de Investigaciones Científicas, IH-CSIC. manuel.gheras@cchs.csic.es
[2] Museo Naval de Cartagena.

En el marco del proyecto HERICARE, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través de la AEI (Agencia Española de Investigación), entre los años 2020 y 2023 (PID2019-104220RB-I00/MCIN/AEI/10.13039/501100011033), se llevó a cabo la monitorización ambiental con sensores químicos de pH de respuesta óptica, durante un año completo, de la sala dedicada al legado de Isaac Peral en el Museo Naval de Cartagena. En esta sala se conserva en la actualidad, entre otras piezas y objetos del inventor, el famoso submarino de la Armada Española que fue el primer torpedero a nivel mundial con propulsión totalmente eléctrica.

Como parte de esta monitorización se realizó también un estudio del estado de conservación que presentaba el submarino ideado por Peral en el que, entre otros materiales, se analizaron diversas muestras procedentes del casco de acero de la nave, cuyos resultados se presentan en esta contribución. Las muestras se estudiaron mediante microscopía óptica convencional, análisis químico elemental cuantitativo por vía húmeda a partir de viruta extraída de las muestras, metalografía, difracción de rayos X (DRX) y microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (MEBEC) equipada con microanálisis de energía de dispersión de rayos X (EDS).

Los resultados permitieron determinar un acero de bajo contenido en carbono (< 0,20 % en masa) de microestructura ferrítico-perlítica, más abundante en ferrita dada su baja concentración en carbono, con cementita terciaria en bordes de grano y presencia de inclusiones no metálicas o impurezas de sulfuro de manganeso y de alúmina. Estas características hacen que este acero tenga una baja resistencia a la corrosión como indican las fases detectadas por DRX. Aparte de lepidocrocita, goethita y maghemita, destaca la presencia de cloruros de tipo akaganeita por el entorno salino en el que ha progresado la corrosión. Se ha estudiado también el desarrollo de la corrosión en el cuerpo metálico de las muestras para comprobar su alcance. Los datos obtenidos han permitido evaluar el estado de conservación que presenta el acero del submarino en diferentes partes del casco de la nave.

Estudio comparativo de alternativas sostenibles en el tratamiento mediante electrólisis de hierro de procedencia subacuática a través de las balas de hierro del pecio Delta I

Mercedes Barragán Lozano[1], Elisa Fernández Tudela[2], Auxiliadora Gómez-Morón[3], Ana Isabel Calero Castillo[1], Nuria Esther Rodríguez Mariscal[2]

[1] Universidad de Granada, mercedesbl@correo.ugr.es
[2] Centro de Arqueología Subacuática – Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico (IAPH), Cádiz
[3] Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico (IAPH)

La conservación del hierro arqueológico procedente de contextos subacuáticos plantea un reto técnico debido a la presencia de cloruros presentes en el interior de los materiales absorbidos durante su enterramiento. Estos compuestos, al permanecer activos tras la excavación, provocan procesos de corrosión acelerada que comprometen gravemente la estabilidad del objeto si no se eliminan adecuadamente. El tratamiento mediante electrólisis alcalina es una de las técnicas más empleadas para la decloruración de objetos de hierro, utilizando tradicionalmente hidróxido de sodio (NaOH) como electrolito. No obstante, este compuesto presenta riesgos medioambientales relevantes debido a su toxicidad, su alto coste de gestión como residuo y las condiciones de seguridad que requiere su manipulación.

Este trabajo presenta los primeros resultados de un ensayo comparativo desarrollado en el Centro de Arqueología Subacuática del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico (IAPH), centrado en el tratamiento electrolítico de balas de cañón de hierro fundido recuperadas del pecio Delta I, excavado en la Bahía de Cádiz. El estudio propone evaluar la eficacia del carbonato de sodio (Na_2CO_3) en concentraciones del 2% y 5% como alternativa al NaOH. Para determinar la viabilidad de la aplicación de este tratamiento se aplicó un protocolo estandarizado de electrólisis con monitorización continua de parámetros físico-químicos (pH, conductividad, concentración de cloruros). Asimismo se emplearon técnicas de análisis para la evaluación previa del estado de conservación y las características del metal.

Evaluación preliminar de Crystal Simple Green®, como alternativa sostenible para la limpieza de superficies de cobre, bronce y acero

Jannen Contreras Vargas[1], Francisco Javier Rodríguez Gómez[2], Paola Roncagliolo-Barrera[2].

[1] Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía - Instituto Nacional de Antropología e Historia (ENCRYM-INAH), México. jannen_contreras_v@encrym.edu.mx
[2] Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

En la conservación-restauración de bienes culturales metálicos, es frecuente enfrentar la necesidad de remover grasas, suciedad y productos de corrosión. Sin embargo, los disolventes orgánicos y agentes quelantes más utilizados presentan riesgos para la salud humana y el medio ambiente. Este estudio explora el potencial del limpiador comercial *Crystal Simple Green®*, formulado con tensoactivo C9–11 etoxilado y diacetato de glutamato tetrasódico (GLDA), como alternativa biodegradable y de menor impacto ambiental que materiales tradicionalmente empleados como el *Canasol NF1000* y el EDTA.

Para evaluar su eficacia, se elaboraron probetas de cobre, bronce y acero de bajo carbono con productos de corrosión inducidos (óxidos y sulfatos), cubiertas con una mezcla de cera de abeja, parafina y negro de humo, imitando suciedad urbana y capas de protección degradadas. La limpieza se aplicó manualmente con hisopos y cepillos de nylon, y enjuague con agua, conforme a las recomendaciones del fabricante.

La evaluación se llevó a cabo mediante registro fotográfico, microscopía óptica (10x y 40x), y técnicas electroquímicas: resistencia de polarización (Rp), curvas de polarización cíclicas (CPP) y espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS), aplicadas antes y después del tratamiento. Los resultados se contrastaron con valores típicos de superficies limpias para cada uno de los metales estudiados.

Los resultados preliminares indican que el limpiador *Crystal Simple Green®* tiene buena capacidad para remover depósitos sin generar daños en las superficies metálicas, sugiriendo que el producto podría representar una opción viable para tratamientos de limpieza más seguros y sostenibles.

FUSIL FRANCÉS DE 1800: Propuesta de conservación y restauración de una pieza subacuática.

Lourdes Alija Fernández[1], Judit Gasca Miramón[1].

Universidad Complutense de Madrid. lourdesalija@gmail.com

La conservación y restauración de bienes de origen arqueológico, especialmente aquellos de procedencia subacuática, no se basa únicamente en criterios técnicos específicos, sino que también está condicionada por los distintos enfoques disciplinares, como los de arqueólogos, conservadores y restauradores.

En este contexto, se estudiará la inestabilidad predominante en un fusil de procedencia subacuática de 1800, compuesto por madera, aleaciones metálicas y una concreción de origen calcáreo, que fue previamente intervenido con métodos y criterios actualmente considerados obsoletos. Será necesario recopilar diferentes enfoques de intervención, abordando múltiples aspectos de la conservación para asegurar una actuación adecuada.

Este trabajo se plantea como una vía de investigación sobre nuevas técnicas de restauración, revisando métodos antiguos que, ya sea por su ejecución o por la obsolescencia de los materiales y criterios utilizados, han quedado superados. La complejidad del objeto, por su inestabilidad y la diversidad de materiales que lo componen, requiere un tratamiento específico y actualizado.

Se ha realizado un análisis exhaustivo de la pieza y, tras estudiar diversas áreas como la conservación de pintura, escultura en madera y piedra, y materiales arqueológicos, se han propuesto intervenciones basadas en los criterios actuales. Estas incluyen la desalación en zonas localizadas, donde persisten sales no eliminadas previamente; la consolidación mínima y diferenciación de materiales; y la limpieza mediante técnicas mecánicas, acuosas, disolventes y láser. Además, se ha considerado la no unión de las fracturas, el tratamiento inhibidor de metales y una propuesta de protección adecuada.

Finalmente, se ha planteado un modelo de condiciones ambientales y de almacenamiento que garantice su conservación, fundamentado en el estudio de restauraciones previas realizadas por expertos.

Impacto del cambio climático en los procesos de deterioro de artefactos metálicos de procedencia subacuática: los pecios de la bahía de Algeciras, España.

Ilaria Vitiello[1], Carmen Ferrero[2], Alfredo Izquierdo[3], Nicolás C. Ciarlo[4], Felipe Cerezo[4], Elisa Fernández Tudela[5], Tomás Fernández-Montblanc[2], Manuel Bethencourt[6]

[1] Laboratorio de Estudios y Conservación del Patrimonio Histórico (LEC-PH). Universidad de Cádiz. ilaria.vitielloviti@alum.uca.es
[2] Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Cádiz.
[3] Departamento de Física Aplicada, Universidad de Cádiz.
[4] Departamento de Historia, Geografía y Filosofía, Universidad de Cádiz
[5] Centro de Arqueología Subacuática. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico (IAPH), Cádiz
[6] Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Laboratorio de Estudios y Conservación del Patrimonio Histórico, Universidad de Cádiz

Actualmente, el fenómeno del cambio climático (CC) es objeto de debate y estudio a nivel internacional, fruto de la enorme preocupación que generan las repercusiones que tiene a nivel ambiental, social y económico. Este fenómeno representa, además, una amenaza creciente para la conservación del patrimonio cultural subacuático (PCS), al modificar los procesos físico-químicos que afectan la estabilidad de los materiales arqueológicos sumergidos. Entre los más vulnerables al CC se encuentran los artefactos metálicos, cuyas reacciones de corrosión pueden acelerarse notablemente debido a factores como el aumento de la temperatura del agua o la acidificación oceánica, entre otros. Sin embargo, la particular interacción entre estas variables naturales, bajo determinadas condiciones, podría en algunos casos favorecer la preservación de estos materiales. Ello dependerá, a su vez, de la ubicación, cronología y materialidad específica de cada sitio arqueológico.

Este trabajo presenta una revisión crítica sobre el impacto del CC en los procesos de deterioro de objetos metálicos ubicados en entornos subacuáticos, con el objetivo de poder proteger y gestionar el PCS frente a esta creciente amenaza, desarrollando estrategias efectivas de conservación y seguimiento de los yacimientos considerados en riesgo.

A partir de datos recopilados por un equipo interdisciplinario adscrito a la Universidad de Cádiz en varios sitios sumergidos de la Bahía de Algeciras, se analizan las condiciones ambientales actuales y su evolución previsible, así como los efectos que estas variaciones pueden tener sobre aleaciones ferrosas y no ferrosas empleadas históricamente.

La conservación de metales arqueológicos subacuáticos. El conjunto de platos de peltre del naufragio de Belinho- Esposende (Portugal). Problemáticas y oportunidades.

Inmaculada Sánchez Pedreño[1,2]; Elsa Teixeira[3]; Ana Paula Almeida[3]; Teresa Ferreira[2,4], Carlo Bottaini[2], Margarida Nunes[2] y Eduarda Vieira[1].

[1] Universidade Católica Portuguesa, Escola das Artes, Centro de Investigação em Ciência e Tecnologia das Artes (CITAR), Porto, Portugal. s-ipedreno@ucp.pt
[2] Universidade de Évora, HERCULES Laboratory/IN2PAST, Évora, Portugal;
[3] Serviço de Património Cultural, Município de Esposende, Portugal.
[4] Universidade de Évora, Escola de Ciência e Tecnologia, Departamento de Química e Bioquímica, Évora, Portugal

La conservación de metales arqueológicos recuperados de contextos subacuáticos plantea desafíos específicos, especialmente en el caso del peltre, una aleación que, debido a su comportamiento en ambientes marinos (MacLeod and Wozniak 1997) ha sido escasamente estudiada en comparación con otras como el bronce o las aleaciones de hierro. A nivel europeo, los hallazgos de peltre subacuático son relativamente escasos (Grueso y Zambrano 2020), lo que dificulta el desarrollo de metodologías de conservación específicas.

En este contexto, el conjunto de platos de peltre recuperado del naufragio *Belinho I* (Almeida et al. 2017) destaca por su volumen, estado de conservación y la abundante presencia de marcas de taller (Casimiro et al. 2023). Representa un caso sin precedentes en el panorama arqueológico subacuático portugués, con escasos paralelos en Europa. Enmarcada en un proyecto de doctorado en colaboración con el Museo D. Diogo de Sousa, la investigación en curso se encuentra en fase de estudios analíticos exploratorios para la caracterización material de platos y fragmentos con marcas identificables. Así, con el objetivo de analizar particularidades de su fabricación y los procesos de alteración que presentan, se utilizará fluorescencia de rayos X, microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido con espectroscopía de dispersión de energía, micro-espectroscopía Raman y difracción de rayos X.

Los datos obtenidos contribuirán a una mejor comprensión de la composición material de los objetos y de los productos de corrosión asociados. Permitirán aportar indicios sobre la procedencia del cargamento, evaluar su estado de conservación y, en la medida de lo posible, identificar diferencias de producción entre talleres. Esta información será fundamental para definir protocolos metodológicos de conservación y estrategias de estabilización aplicables a otros contextos similares, poniendo de relieve tanto los desafíos

inherentes a la conservación del peltre subacuático como las oportunidades que ofrece este hallazgo excepcional en el contexto patrimonial europeo.

La estatua *Thoracata* de Sancti Petri (1925): des-restauración de un bronce arqueológico submarino

Luis Carlos Zambrano Valdivia[1], M.ª Auxiliadora Gómez Morón[2], Marianela Daiana de Rosa Steindl

[1] Museo de Cádiz. Departamento de Restauración. zambranovaldivia@gmail.com
[2] Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico (IAPH).

La estatua *thoracata* de Sancti Petri constituye uno de los hallazgos arqueológicos subacuáticos más singulares de la Península Ibérica, tanto por su tipología como por sus características materiales. Se trata de una figura militar fundida en bronce, con una altura estimada de 2,4 m, encuadrada en el tipo *panzerstatuen* o *thoracatae*. Su descubrimiento se produce durante la voladura del bajo rocoso de Rompetimones a 200 metros del islote de Sancti Petri. El hallazgo de la estatua en este espacio vinculado al templo de Hércules-Melkart le aporta un valor excepcional que ha suscitado el interés de muchos autores hasta la fecha.

Tras el hallazgo en 1925, los fragmentos fueron depositados en el Museo de Cádiz permaneciendo sin cambios en reserva hasta 1973 cuando se trasladan al Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte (ICROA) para su intervención. La restauración del ICROA integró numerosos fragmentos siguiendo la propuesta de A. García y Bellido que asemeja la *thoracata* de Sancti Petri a la estatua del Augusto de Prima Porta descubierta en 1863.

Incoherencias anatómicas en la restitución del ICROA, observadas en el Museo de Cádiz tras la intervención, motivaron la retirada de la pierna derecha en el expositivo con una llamada a la necesidad de realizar una revisión profunda sobre la estatua y su restauración. En 2017 se inicia en el Museo de Cádiz un proyecto centrado en este fin.

En la primera fase del proyecto se acomete la intervención de la pierna derecha separada del conjunto en 1973. Un exhaustivo diagnóstico de alteraciones y datos constructivos apoyado en estudios analíticos ha culminado con la reinstalación provisional del objeto mediante un sistema reversible y no-invasivo. La intervención realizada ha descubierto datos relevantes que permiten avanzar tanto en el proceso de restauración como en la interpretación histórica del objeto.

Del taller metalúrgico al naufragio: procesos de manufactura en elementos de sujeción y revestimiento metálico del bergantín *Uss Somers* (1842-1846).

Jorge Herrera[1], Pamela Jiménez[1], Nicolás Ciarlo[2], Luis Miguel Urbina Leonor[3], Amaru Argüeso[1]

[1] Instituto de Investigaciones Antropológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. sanjorgeyeldragon@unam.mx
[2] Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Cádiz
[3] Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

La guerra entre México y los Estados Unidos, de 1846 a 1848, fue un proceso que cambió drásticamente el futuro de los dos países. Sin embargo, el lado marítimo de este conflicto ha sido escasamente atendido por la historia y aún menos por la arqueología de ambas naciones. A través de una arqueología marítima del conflicto, ligada a estudios de arqueometalurgia, se ha analizado a gran detalle el naufragio de uno de los barcos perdidos en acción durante esta guerra, el bergantín *USS Somers* (1846). La investigación incluye el muestreo arqueológico en el sitio de naufragio y posterior estudio de los elementos de sujeción estructurales y las láminas del sistema de protección del casco mediante técnicas de caracterización microestructural y de composición química elemental (microscopía óptica, microscopía electrónica de barrido, espectroscopía de rayos X dispersiva en energía). Dado que en el sitio arqueológico no hay evidencia de conservación de la estructura de madera del casco expuesta sobre el lecho marino, el trabajo con los artefactos de metal es crítico para la comprensión de aspectos de tecnología naval asociada. En este foro se presenta un avance sustantivo de los resultados obtenidos hasta el momento, incluyendo los procesos de manufactura y las aleaciones utilizadas, que dan cuenta de la tecnología empleada y la vida útil del barco. Estos estudios nos están permitiendo analizar aspectos no registrados en las fuentes documentales sobre la tecnología náutica estadounidense de mediados del siglo XIX y su impacto en el proceso general de esta guerra.

Sesión IV

Patrimonio Metálico Histórico, Artístico y Religioso

Análisis arqueométrico y cuantitativo del Muntz Metal: una aproximación interdisciplinar al estudio de los revestimientos navales del siglo XIX

Andrés Raymundo Zuccolotto Villalobos - Facultad del Hábitat, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. andres.zuccolotto@uaslp.mx

Esta comunicación presenta los resultados de una investigación interdisciplinaria sobre el uso, desarrollo e innovación del Muntz Metal, una aleación de cobre y zinc utilizada como revestimiento naval entre 1832 y 1918. El estudio articula métodos históricos, arqueológicos, arqueométricos y computacionales para reconstruir la trayectoria empresarial de la Muntz Metal Company, así como los procesos de fabricación, comercialización y transformación tecnológica de la aleación. A partir del análisis de patentes, documentos de archivo y literatura técnica, se examinan los cambios en la composición y manufactura del Muntz Metal, contrastándolos con los resultados de análisis materiales, particularmente estudios de textura cristalina mediante difracción de rayos X. Asimismo, se desarrolló una base de datos original con registros del *Lloyd's Register*, procesada mediante programación y técnicas de minería de datos, lo que permitió cuantificar la evolución de su uso en embarcaciones comerciales y militares.

Los resultados muestran que la proporción cobre-zinc en las láminas varía mínimamente, lo que sugiere que las patentes funcionaron más como herramientas legales que como guías técnicas estrictas. Se propone que las diferencias en las aleaciones reflejan las condiciones de acceso a materias primas y procesos de laminado en caliente o en frío, dependiendo de los espacios productivos y del momento histórico. Esta investigación contribuye no solo al conocimiento de las aleaciones históricas, sino también a la discusión sobre la metodología para su estudio, proponiendo modelos replicables que integran historia económica, arqueología industrial y análisis arqueométricos.

Análisis y estudios previos para el Proyecto de conservación-restauración del grupo escultórico de bronce del Palacio de Fomento de Madrid

Montaña Galán Caballero[1], Joaquín Barrio Martín[2], Inmaculada Donate Carretero[2]

[1] Facultad de Bellas Artes, Universidad Complutense de Madrid· montagalan@ucm.es
[2] Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico. Universidad Autónoma de Madrid (SECYR-UAM)

Esta investigación aborda los estudios preliminares para el diagnóstico de deterioros y posterior conservación y restauración del conjunto escultórico de bronce, copia del original de mármol de 1905 e instalado en 1976, que corona el Palacio de Fomento en Madrid, actual sede del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Así mismo, el estudio analiza detalladamente la historia del conjunto, su composición en tres grupos alegóricos, sus características físicas y los materiales constitutivos (bronce fundido a la cera perdida con aleación cuaternaria de cobre y estructura de acero).

La investigación se ha realizado en el marco del proyecto *Redacción de estudios previos y proyecto de Conservación-Restauración del conjunto escultórico de bronce del Palacio de Fomento* (Nº OTRI 118-2023), llevado a cabo por investigadores de la Universidad Complutense y la Universidad Autónoma de Madrid, como complemento de un proyecto previo para restaurar los pedestales donde se asientan los grupos, cuyo estado de conservación puede comprometer elementos superiores del edificio como cornisas y friso.

Mediante técnicas como FRX, TXRF, SEM/EDX, DRX-P y espectroscopía Raman, realizadas en el Laboratorio SECYR de la Universidad Autónoma de Madrid y en el Instituto Geológico y Minero de España, efectuadas en catorce muestras pertenecientes a los tres grupos escultóricos, se determina la composición de la aleación metálica y los compuestos de los productos de corrosión, con el objetivo de proponer los procedimientos, métodos y materiales de restauración más adecuados de cara a su futura intervención.

Se ha contado, asimismo, con la colaboración de la Universidad Politécnica de Madrid, para la realización del modelo virtual mediante fotogrametría y escáner terrestre que permite la localización de los daños y deterioros presentes en el conjunto escultórico.

La complejidad de la restauración de una pieza litúrgica de filigrana de plata y el desafío de reproducir elementos faltantes. Parroquia Nuestra Señora de la Asunción en Villahermosa (Ciudad Real)

María Caridad Nieto Díaz[1], Ana López Fernández.

[1] Baucis Restaura. baucisrestaura@gmail.com

El proceso de restauración de la "arqueta eucarística", una pieza religiosa de gran valor histórico y artístico, involucró una intervención detallada para preservar su integridad estructural y estética. La pieza original, realizada en filigrana de plata, presentaba signos de deterioro debido al paso del tiempo, la exposición a condiciones ambientales adversas y el uso continuo que hicieron que algunas zonas de la filigrana se perdieran. El trabajo de restauración se centró en la conservación de la estructura de madera, en el interior dorado, en el temple de la parte trasera y la restauración y reproducción de las piezas metálicas dañadas mediante una técnica tradicional de fundición.

Para la reproducción de las piezas faltantes, se utilizaron moldes de cera perdida, un proceso artesanal que permite reproducir con precisión las formas originales de la pieza. Se copiaron modelos de las partes conservadas de la arqueta en silicona para hacer las reproducciones en plata. Este proceso permitió obtener réplicas de alta precisión que encajaron perfectamente con el diseño original, garantizando la continuidad estilística y la armonía de la pieza.

La restauración no solo requirió habilidades técnicas en la fundición y la manipulación de metales, sino también un profundo conocimiento sobre las técnicas de fabricación de la época y un enfoque cuidadoso para no alterar la autenticidad de la obra. Tras la reproducción y restauración de las piezas faltantes, se llevó a cabo un proceso de limpieza, reintegración de detalles y acabado final para devolverle a la arqueta eucarística su esplendor original, respetando tanto su valor histórico como su función litúrgica.

Criterios de intervención en función de la temporalidad: dos casos de esculturas de bronce en México

Jareth Anuar Guadarrama Moreno[1], César Téllez Castro[1], Margarita Alcántara Mejorada[1], Carlos Gálvez Valencia[1], Diana E. Arano Recio[1]

[1] Sección de Conservación y Restauración, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Mérida, Yucatán. jareth_guadarrama@inah.gob.mx

Uno de los principios fundamentales en la restauración de bienes culturales es el respeto a la memoria histórica del objeto intervenido. Desde esta perspectiva, resulta esencial distinguir entre patrimonio histórico y contemporáneo, ya que cada uno demanda criterios de intervención específicos, tanto en lo ético como en lo técnico.

Este trabajo presenta el análisis comparativo de dos estudios de caso centrados en esculturas de bronce con cronologías distintas. La primera, una obra contemporánea del escultor Héctor Victoria Aguilar (1971), fue intervenida con diversos procedimientos fisicoquímicos, destacando el repatinado como estrategia para armonizar su acabado estético y ofrecer una protección adecuada frente a los agentes medioambientales. En cambio, la segunda pieza, una escultura histórica de Justo Sierra O'Reilly (1903), fue tratada con un enfoque más conservador, mediante intervenciones localizadas y de bajo impacto, priorizando la preservación de su pátina original como testimonio de su historicidad.

Ambas intervenciones se llevaron a cabo en contextos muy distintos. La escultura contemporánea fue restaurada en un entorno controlado de laboratorio, con vistas a su posterior exhibición en espacio público. Por su parte, la pieza histórica fue intervenida in situ, en un entorno urbano de alta circulación vehicular en la ciudad de Mérida, Yucatán, con el fin de evitar su traslado y proteger su integridad estructural.

A través de estos casos, se abordan las diferencias metodológicas y conceptuales que implica la restauración de bienes metálicos con valores de época distintos, reflexionando además sobre los retos logísticos, ambientales y de seguridad asociados a cada contexto. Particular atención se presta al clima cálido subhúmedo característico de la región, cuyas condiciones inciden directamente en los procesos de deterioro y en la toma de decisiones para su conservación.

Desafíos técnicos ante la conservación de un conglomerado de cascabeles prehispánicos de cobre mineralizados al interior de una cerámica

César Téllez Castro[1], Margarita Alcántara Mejorada[1], Carlos Gálvez Valencia[1], Jareth Anuar Guadarrama Moreno[1], Diana E. Arano Recio[1]

[1] Sección de Conservación y Restauración, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Mérida, Yucatán. cesar_tellez@inah.gob.mx

La metalurgia prehispánica en el área maya se ha documentado principalmente como una actividad de importación, dado que no existen yacimientos metálicos en la península de Yucatán. Los hallazgos arqueológicos han revelado la llegada de objetos metálicos provenientes de Centroamérica y del centro y norte de México, lo que evidencia no solo la interacción entre diversas culturas mesoamericanas, sino también el funcionamiento de rutas de comercio terrestre y de navegación de cabotaje. En este contexto, el hallazgo de un conjunto de cascabeles de cobre depositados en el interior de una vasija en la zona arqueológica de Mayapán planteó nuevas interrogantes en torno a una posible producción incipiente de estos objetos en la región, así como a su posible uso como moneda de intercambio en la época prehispánica.

Durante un salvamento arqueológico en Caucel, al norte de la ciudad de Mérida, Yucatán, se recuperó un conjunto similar de cascabeles de cobre prehispánicos, fuertemente mineralizados y adheridos entre sí tras haber sido depositados intencionalmente en el interior de una vasija. Los procesos de corrosión, característicos del clima tropical de la región, provocaron que cientos de cascabeles adoptaran la forma interna del recipiente, formando un conglomerado de alto valor informativo, estético y técnico.

Tras el registro y diagnóstico del estado de conservación —mediante observación directa y estudios radiográficos— se determinó no separar los cascabeles durante el proceso de conservación. Su cohesión dependía de productos de corrosión, algunos inestables, que se verían comprometidos por tratamientos convencionales aplicados a metales arqueológicos.

Este trabajo expone los desafíos técnicos que implica la intervención de piezas metálicas con morfología no convencional, y subraya la necesidad de adaptar los criterios de conservación a contextos específicos. Se busca así preservar tanto la materia como la configuración arqueológica del conjunto, permitiendo su estudio y eventual exhibición en condiciones adecuadas para climas tropicales.

El baldaquino gótico y otros elementos de plata pertecenientes al Retablo de la Virgen de los Reyes de la Catedral de Sevilla: estudio, diagnóstico y propuesta metodológica para su intervención.

Benjamín Domínguez-Gómez - Universidad de Sevilla. bdgomez@us.es

La Capilla Real de la Catedral de Sevilla está presidida por la imagen de la Virgen de los Reyes, talla gótica, patrona de la ciudad y de su archidiócesis. Recibe culto en un retablo levantado entre 1643 a 1649 por el escultor Luis Ortiz de Vargas, en el que se insertó parcialmente a modo de baldaquino el antiguo tabernáculo gótico de plata donde había permanecido desde su llegada a la ciudad, una obra fechable entre 1280-1300 y que se atribuye a Juan de Toledo. Junto a éste, el frontal de altar, así como el dosel superior en el que puede leerse "PER ME REGES REGNANT" completan los elementos argénteos del retablo, encargo realizado por el orfebre Juan Laureano de Pina en 1740, fruto del interés del cabildo por el enriquecimiento del conjunto en el siglo XVIII. Dado su interés e importancia patrimonial, todos ellos gozan del mayor nivel de protección, estando incluidos en el Inventario General de Bienes Muebles (BOJA 19/12/2007 nº 248 pág. 6).

Interesado el Cabildo Catedral de Sevilla en su restauración, presentamos los recientes resultados del estudio de estas piezas, tanto desde el punto de vista documental como morfológico, técnico y material, así como el análisis de su estado de conservación (atendiendo de manera especialísima a su interesante historia material, la cual ha podido ser reconstruida en base a la documentación existente pero también en base a diferentes testimonios pictóricos conservados), desarrollados con motivo de la redacción del proyecto de conservación.

Entre corrosión y memoria: preservación del plomo en los Baños de Diana.

Martina Isabel Triviño Pavón - Universidad Complutense de Madrid. martrivi@ucm.es

La presente propuesta, planteada para el IV Congreso de Conservación y Restauración de Patrimonio Metálico, surge del Trabajo Final de Grado centrado en el estudio de la fuente monumental conocida como *Baños de Diana*. Esta fuente, es una parte esencial del conjunto de jardines del Real Palacio de La Granja de San Ildefonso (Segovia), forma parte de un sistema hidráulico único en Europa. Es del siglo XVII y conserva el 96% de su estructura original. Reconocido como Bien de Interés Cultural desde 1931, este conjunto representa tanto el patrimonio material como el inmaterial de la historia de España, siendo el primer encargo de la dinastía de los Borbones.

El proyectó incluyó una documentación exhaustiva sobre la historia, el contexto y el estado de conservación de la fuente, haciendo uso de tecnologías aplicadas al patrimonio como la fotogrametría y la modelización 3D. El foco principal fue la preservación de los elementos escultóricos realizados en plomo, que constituyen el 62% de la fuente. Originalmente, estos elementos fueron policromados con barnices y polvos de bronce para simular su apariencia, Sin embargo, desde finales del siglo XX, se comenzaron a aplicar productos como Iriodin (504 al 60% y Royal Gold 303 al 40%) y pintura Titán, lo cual ha alterado la estética original y ha provocado signos de deterioro.

La propuesta plantea restituir la cohesión mecánica y física del plomo y repolicromar las esculturas siguiendo las intenciones originales de los artistas. Se propone aplicar una pátina previa de resina acrílica Paraloid B72 como capa de aislamiento. Para la policromía se utilizará barniz Incral44Ò junto con polvos de bronce similares a los empleados en las restauraciones de Patrimonio Nacional, respetando la paleta cromática histórica. Esta intervención busca equilibrar conservación, estética y respeto por la autenticidad de la obra.

Limpieza de monedas de plata contemporáneas mediante un láser pulsado Nd:YAG

María Fernanda Ron Ruvalcaba[1], Gilberto Gómez Rosas[1], Oscar Blanco Alonso[1], Miguel Morales Furió[2], David Muñoz Martín[2], Carlos Molpeceres[2], Verónica María Rodríguez Betancourtt[1]

[1] Universidad de Guadalajara, maria.ron8650@alumnos.udg.mx
[2] Universidad Politécnica de Madrid

La intervención de monedas de plata forma parte de la conservación de bienes metálicos, siendo la limpieza uno de los procedimientos importantes para la remoción de suciedad y compuestos corrosivos. El uso del láser pulsado es una técnica adecuada por su selectividad y precisión. Para evaluar el efecto de ablación sobre una pieza histórica, se utilizó una moneda mexicana de plata (ley 0.720) de 50 centavos, acuñada en 1944. Se realizaron pruebas comparativas de limpieza modificando la densidad de potencia y manteniendo constante su densidad de barrido (1600 pulsos/cm2). Se utilizó un láser pulsado Nd:YAG marca Quantel®, modelo Brilliant B, con una longitud de onda de 1064 nm a 5ns, un tamaño de pulso de 8 mm, y una energía por pulso de 0.8, 0.6, 0.4 y 0.2 J. El tratamiento láser se realizó en 4 diferentes áreas de la moneda de estudio, la cual recibió un proceso de oxidación previo al tratamiento. Las características morfológicas y apariencia estética antes y después del tratamiento se analizaron mediante microscopía óptica. Además, se utilizó Fluorescencia de Rayos X (FRX) para evaluar el porcentaje de compuestos de óxido inicial y posterior al tratamiento, a fin de determinar la efectividad del mismo. Se hace un análisis comparativo de los resultados obtenidos en las cuatro áreas tratadas.

Reintegración formal de metales. 3 casos de estudio de objetos de la colección histórica de Palacio Cantón.

Andrea Janet Durán Cruz[1], Dante Chávez Argüero[1], Ana Camila Guerrero Resendiz[1], Isabel Erandi Pacheco Oleta[1], Eduardo Estudillo Sánchez[1]

[1] aljanet_duran_c@encrym.edu.mx

La exposición presenta tres casos de estudio centrados en la reposición formal de objetos metálicos provenientes del Museo Regional de Antropología Palacio Cantón en Mérida, Yucatán; cada uno con soluciones específicas según sus necesidades de conservación. El primer caso es una olla de fundición de hierro de origen inglés al que se le realizó una reposición estructural con pasta de costilla, con el objetivo principal de devolverle estabilidad. Posteriormente, se efectuaron resanes con pasta cerámica y una reintegración cromática que respetó su estética. El segundo objeto es un pedal de bombo de la segunda década del siglo XX, cuya reposición respondió a una necesidad principalmente estética. Debido a las características del área faltante, como su textura, tamaño y ligereza, se optó por la plastilina epóxica como material de intervención, seguida también de una reintegración cromática que unificó visualmente la pieza. Finalmente, el tercer caso corresponde a una campana del año 1731 proveniente de la hacienda Tabi, Yucatán, cuyo labio estaba parcialmente ausente, impidiéndole sostenerse por sí misma. En este caso, la estrategia se enfocó en una reintegración estructural mínima, limitada únicamente a los puntos necesarios para garantizar su estabilidad. Para esta intervención se eligió una masilla epóxica usando almas de piedra, método que ofrecía ahorrar material, alcanzando la resistencia necesaria sin afectar la lectura visual del objeto. En conjunto, estos tres casos muestran distintas aproximaciones a la reposición formal en la conservación de metales, en función del estado de deterioro, la función del objeto dentro del museo y los criterios de estabilidad estructural, estética y reversibilidad. Cada intervención se adaptó a las características técnicas, visuales y simbólicas de las piezas, priorizando tanto su conservación material como su presentación museográfica.

Sustainable coating based on recycled polystyrene for the preservation of outdoor metal sculptures

Victoria Moreno Saavedra [1], Selene Acosta[2], María del Carmen Casas [3], Miguel Ángel Waldo [4], Armando Encinas [2], Mildred Quintana[5]

[1] Universidad Autónoma de San Luis Potosí. vic.msaavedra@gmail.com
[2] Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., Materiales Avanzados.
[3] Facultad del Hábitat, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
[4] Greennova, Eje 132, Zona Industrial.
[5] CICSaB, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

The protection of metal heritage in public spaces is a largely overlooked challenge in Mexico, even though many urban sculptures and monuments are constantly exposed to harsh environmental conditions that accelerate their degradation. This work presents the development of an innovative protective coating made from recycled expanded polystyrene (EPS), dissolved in ketonic solvents and reinforced with reduced graphene oxide (rGO), aiming to provide an affordable, accessible, and sustainable solution for the preservation of outdoor metal sculptures. The use of recycled polystyrene not only reduces the environmental impact of post-consumer plastics but also produces a polymeric matrix with good adhesion and coverage properties on metals such as mild steel. The incorporation of rGO enhances the barrier properties of the coating, improving its resistance to moisture, UV radiation, and other corrosive agents. Samples were applied to metal substrates and subjected to accelerated aging tests to simulate real outdoor exposure. Scanning electron microscopy (SEM) analysis revealed a continuous coating with controlled porosity and a morphology influenced by the rGO concentration. This proposal is framed within a preventive conservation strategy aimed at extending the lifespan of outdoor metal artworks—a problem rarely addressed in conservation policies in Mexico. The developed coating represents a practical and replicable alternative that merges recycling, materials science, and urban heritage preservation, offering a concrete solution to an urgent environmental and historical need.

Una actuación radiográfica singular: el presbiterio de la Catedral de Girona.

Ana Rosa García Pérez[1], Miriam Bueso Manzanas[1]

[1] Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE). anarosa.garcia@cultura.gob.es

En el año 2013, el Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE) asumió el desafío de restaurar un conjunto de piezas de incalculable valor artístico e histórico, solicitadas por el Cabildo de la Catedral de Girona. Este proyecto se centró en el retablo de plata y esmaltes, el baldaquino de plata, ambos datados del siglo XIV, y dos cruces procesionales, antiguamente ubicadas sobre el retablo en el presbiterio de la catedral.

Esta intervención representó una oportunidad única para validar la aplicación de la radiografía de gran formato como una herramienta eficaz en el estudio del patrimonio metálico de dimensiones considerables. Un aspecto crucial de esta técnica es su capacidad para proporcionar información detallada sin necesidad de desmontar las piezas, lo que minimiza el riesgo de daños en los bienes culturales objeto de estudio.

Durante los meses de octubre de 2013 y septiembre de 2014, se llevó a cabo la captura de las imágenes radiográficas de alta resolución. Estas imágenes ofrecieron una visión exhaustiva de la estructura compositiva de las piezas, revelando detalles estructurales, técnicas de fabricación y diversas alteraciones que habían sufrido a lo largo del tiempo.

La información obtenida fue fundamental para la planificación y ejecución de la restauración. Sin duda, la realización de este trabajo ha demostrado el potencial de la radiografía de gran formato como una herramienta altamente efectiva para el estudio y la preservación del patrimonio metálico.

Degradación de la escultura contemporánea en plomo. Investigaciones, propuestas, errores, resultados...

Pilar García Serrano[1], Ainhoa Escartín Lopetegui[2]

[1] Dpto. de Conservación-restauración de Obras de Arte, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía. pilar.garcia.s@museoreinasofia.es
[2] Museo Nacional de Al Ain

El 23 de febrero de 2024, se llevó a cabo una Jornada sobre Alteraciones del plomo, dirigidas por la restauradora Berta Balduz, del Museo de Navarra.

En esta reunión, varios restauradores, ingenieros, químicos y expertos de museos de toda España (MNCARS, MACBA, CENIM, GEMAT, MUSEO DE NAVARRA, MUSEO OTEIZA...) expusieron toda la problemática que se habían encontrado en obras de estas características, las investigaciones, tratamientos de conservación preventiva y restauración, así como resultados, criterios, errores, etc...

El plomo, en cercanía o contacto con madera, se deteriora, en principio de manera invisible, una vez que ha pasado un no muy largo periodo de tiempo, este daño es casi imposible de detener.

Esta ponencia pretende exponer a los profesionales del medio, lo que cada portavoz nos dio a conocer, (ya que no era un tema muy desarrollado hasta ahora), para dar a conocer los problemas, tratamientos de conservación preventiva, dudas, restauraciones que cada centro llevó a cabo, y así poder llegar a conclusiones certeras, dependiendo de la naturaleza de la obra de arte a la hora de elegir el tratamiento más conveniente.

Sesión V

Patrimonio Metálico Científico, Tecnológico, Industrial y Urbano

Conservación de patrimonio tecnológico en condiciones extremas: rescate y restauración de una colección de radios históricas tras la DANA de Valencia

Beatriz Doménech García[1], Carmen Bachiller Martín[1], Antoni Colomina Subiela[1]

[1] Universitat Politècnica de València. beadomga@upv.es

El patrimonio tecnológico enfrenta desafíos particulares en su conservación, especialmente en situaciones extremas como desastres naturales. La DANA del 29 de octubre de 2024 provocó graves inundaciones en la Comunidad Valenciana, afectando a la colección de más de 170 radios históricas de Vicente Tarazona, residente de Paiporta. Estas piezas, constituidas en gran medida por componentes metálicos y electrónicos, quedaron completamente sumergidas, lo que aceleró los procesos de corrosión y puso en riesgo su conservación.

Ante esta emergencia, el Museo de Historia de la Telecomunicación "Vicente Miralles Segarra" de la Universitat Politècnica de València (UPV) lideró un rescate en colaboración con la familia Tarazona. Un equipo interdisciplinar de voluntarios, formado por estudiantes del Máster en Conservación y Restauración de Bienes Culturales y de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación, junto con el Área de Fondo de Arte y Patrimonio de la UPV, recuperó 124 radios, clasificándolas según su estado de conservación.

La restauración de estas piezas de patrimonio tecnológico sumergido supone grandes dificultades debido a la presencia de lodo en circuitos, conexiones y estructuras metálicas, lo que puede generar oxidación y fallos estructurales. La primera fase de intervención se centra en la eliminación de residuos, la estabilización estructural y de los metales y la higienización de los equipos. Paralelamente a estos trabajos, ingenieros en telecomunicaciones colaboran en la identificación de componentes electrónicos y evalúan la viabilidad de su recuperación funcional para acometer en una segunda fase.

Mediante este proyecto se demuestra la necesidad de estrategias de conservación específicas para patrimonio tecnológico en contextos de desastre, así como la importancia de la colaboración interdisciplinaria. Una vez finalizadas las intervenciones, las radios se incorporarán a la colección del Museo de la Telecomunicación de la UPV, sirviendo como

testimonio del impacto de la DANA y del compromiso con la protección del patrimonio tecnológico.

Estabilidad estructural y conservación de elementos metálicos en escultura monumental: el caso de la Puerta de Alcalá

Elsa María Soria Hernanz[1], Laura López González, Miguel Gómez Heras, Francisco José Ruiz Díaz, Rosa María García Reverte.

[1] Escuela Superior de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Madrid (ESCRBC). elsasoria@escrbc.com

La Puerta de Alcalá constituye uno de los hitos patrimoniales más emblemáticos de Madrid, no sólo por su valor artístico e histórico, sino por la complejidad técnica que representa la conservación de sus once grupos escultóricos monumentales. Estas esculturas, realizadas en caliza de Colmenar, integran un sistema estructural complejo que combina elementos pétreos con refuerzos metálicos —barras, grapas y tirantes— introducidos desde su origen o añadidos en intervenciones posteriores. La presente comunicación expone el proceso de diagnóstico, análisis estructural e intervención llevado a cabo entre 2022 y 2023, centrado en la estabilización de estos conjuntos escultóricos. Se aplicaron tecnologías avanzadas como escaneado 3D, ensayos no destructivos (ultrasonidos, corrientes de Foucault), y estudios histórico-documentales para identificar los elementos metálicos y valorar su estado funcional. A partir de los resultados, se diseñaron estrategias de intervención específicas: encapsulado en plomo de grapas activas, sustitución de elementos no operativos y eliminación controlada de aquellos que generaban patologías. La intervención se basó en el respeto a los materiales originales y en la conservación de su funcionalidad estructural, combinando soluciones tradicionales con el empleo de tecnologías que permitieron mejorar la documentación y comprender el comportamiento estructural de las esculturas, favoreciendo así un diagnóstico preciso y una toma de decisiones fundamentada. Este caso pone en valor la necesidad de entender los conjuntos escultóricos como sistemas híbridos piedra-metal, en los que la interacción entre materiales condiciona tanto su durabilidad como las decisiones de conservación. La experiencia en la Puerta de Alcalá nos ha permitido identificar principios técnicos y metodológicos útiles para orientar intervenciones futuras en escultura monumental con componentes metálicos estructurales, siempre desde el diagnóstico individualizado y el respeto al carácter único de cada bien patrimonial.

La linterna ritual de estaño del templo Ciyun (Taiwán): conservación de un patrimonio metálico singular en un clima tropical

Wanting Yang[1], Mengken Lee[1]

[1]Centro de Conservación de la Universidad Cheng Shiu. cynthiadawan21@gmail.com

El presente estudio se centra en una lámpara ritual de estaño conocida como *honggan deng* (en mandarín, 紅柑燈), originaria del templo Ciyun, ubicado en Taipéi, Taiwán. El cuerpo del objeto está elaborado en una aleación de estaño y plomo, material que fue ampliamente utilizado en la fabricación de objetos litúrgicos asociados a templos taiwaneses desde la dinastía Qing hasta principios del siglo XX.

Este tipo de manufactura constituye hoy un testimonio del patrimonio metalúrgico tradicional, cuya práctica se encuentra casi extinta en el contexto cultural contemporáneo de Taiwán. La elaboración artesanal de piezas de estaño implica un proceso técnico complejo, que incluye moldeado, fundición y martillado manual, y ha sido reconocida como parte del patrimonio cultural nacional. Además de su valor cultual, la pieza transmite una memoria profundamente enraizada, representativa de la simbología única de Taiwán.

El proceso de restauración hizo frente a múltiples desafíos derivados del clima subtropical, tales como las altas temperaturas y la humedad constante, también la exposición prolongada al humo del incienso utilizado en los rituales religiosos, lo que provocó oscurecimiento de la superficie, deformaciones y fatiga estructural del estaño. Por medio de una serie de análisis no invasivos y del estudio de los procesos tradicionales de fabricación de objetos litúrgicos en estaño, se elaboró un plan de restauración que fue ejecutado conforme a los principios de mínima intervención y reversibilidad, plan complementado con una propuesta de control ambiental a largo plazo y medidas de conservación preventiva.

Este caso pone de manifiesto estrategias de conservación aplicables a bienes metálicos religiosos en contextos subtropicales, integrando análisis científico de materiales con una lectura cultural contextualizada, lo que aporta referencias valiosas para la conservación del patrimonio metálico en espacios interculturales.

La Real Fábrica de Municiones de Eugi: de la mina al campo de batalla

Berta Balduz Azcárate[1], Francisco Labé Valenzuela, Ana Carmen Sánchez Delgado

[1]Servicio de Patrimonio Histórico del Gobierno de Navarra. abalduza@navarra.es

La presente comunicación pretende realizar un recorrido completo a través del proceso de transformación del mineral de hierro que va desde la extracción en mina a la fabricación de piezas. El estudio se apoya en varias áreas: investigación documental, excavaciones arqueológicas, analíticas de caracterización de materiales y aplicación de tratamientos de conservación y restauración de piezas de hierro.

Se ha tomado como campo de investigación la Real Fábrica de Municiones de Hierro colado de Eugi, creada en el norte de Navarra en 1766. Se trata de la primera Real Fundición-Fábrica-Población, instalada por la Dinastía Borbónica en el mundo rural, lejos de los núcleos urbanos, pero cerca de las minas de hierro que abastecían de materias primas, rodeada de una gran masa forestal que garantizaba el carbón vegetal y con suficientes recursos hídricos para el movimiento de sus máquinas. Este complejo industrial, dirigido por oficiales del cuerpo de Artillería e Ingenieros militares, fue un centro de I+D, donde se aplicaron nuevas tecnologías para la fundición eficiente de balas, granadas y bombas para el Ejército.

Los estudios, excavaciones arqueológicas, puesta en valor y tratamientos de conservación y restauración de materiales e instalaciones relacionados con la Real Fábrica de Eugi, se iniciaron en 2012 bajo el marco de diferentes proyectos transfronterizos de recuperación del patrimonio minero metalúrgico e industrial.

Desde entonces se han analizado piezas restauradas y sin restaurar, desde mineral en bruto, mineral calcinado, municiones, escorias, herramientas, armas, piezas de ajuar doméstico y elementos personales.

Además, se han realizado tratamientos de conservación y restauración de 127 piezas entre las que destacan objetos de uso cotidiano, moldes y utillaje del proceso y trabajo de fundición, y municiones diversas y de diferente calibre.

Patrimonio ferroviario en clima tropical. Retos en la conservación integral de la excavación arqueológica de una mesa giratoria de locomotora

César Téllez Castro[1], Margarita Alcántara Mejorada[1], Carlos Gálvez Valencia[1], Jareth Anuar Guadarrama Moreno[1], Diana E. Arano Recio[1]

[1] Sección de Conservación y Restauración, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Mérida, Yucatán. cesar.t3ll3z.c@gmail.com

Durante la renovación del Gran Parque La Plancha en Mérida, Yucatán, México —proyecto de escala federal ejecutado por la Guardia Nacional— se descubrió la antigua mesa giratoria ferroviaria, símbolo del pasado ferrocarrilero de la región y memoria viva de un barrio históricamente vinculado al tren. Aunque el parque fue promovido como espacio público renovado, generó controversia en sectores de la comunidad al percibirse como ajeno a su historia y su voz.

En este marco, el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) encabezó un proyecto integral de conservación y puesta en valor del sitio y sus vestigios metálicos, bajo condiciones logísticas, climáticas y sociales extremadamente complejas. El clima cálido subhúmedo, con temperaturas de hasta 45 °C y humedad relativa superior al 80 %, sumado al ruido, polvo, tránsito y la falta de infraestructura adecuada, planteó retos significativos para la conservación de más de 600 bienes muebles de hierro, extraídos de forma gradual durante una excavación arqueológica simultánea.

Las piezas fueron tratadas con métodos combinados (limpieza mecánica, química y químico-mecánica, desalinización, inhibición con ácido tánico y ceras protectoras), en una estrategia adaptable y documentada en una base de datos y más de 4,800 imágenes. El proyecto involucró arqueólogos, restauradores, químicos, ingenieros, curadores, diseñadores, fotógrafos y miembros de la comunidad capacitados para tareas específicas.

Como parte de la puesta en valor, se generó una exposición permanente en sitio, un museo virtual con modelos 3D y una página web alojada en el servidor del INAH, accesible mediante códigos QR. Este caso demuestra la necesidad de enfoques interdisciplinarios, sensibles al entorno climático y social, para conservar metales arqueológicos e industriales en contextos urbanos dinámicos.

Procesos de patinación artificial de cobre y bronce con soplete y con pistola de aire caliente

Jannen Contreras Vargas[1], Francisco Javier Rodríguez Gómez[2], Paola Roncagliolo-Barrera[2].

[1] Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía - Instituto Nacional de Antropología e Historia (ENCRYM-INAH), México. jannen_contreras_v@encrym.edu.mx
[2] Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

Recientemente se ha recurrido al uso de pistolas de aire caliente como sustituto de los sopletes la inducción de procesos de corrosión controlada como parte de la patinación artificial, bajo la percepción de que representan una alternativa más segura. No obstante, cabe cuestionar si estas herramientas permiten lograr reacciones lo suficientemente eficientes como para generar pátinas con igual resistencia a la abrasión.

La experimentación consiste en la aplicación de soluciones de nitrato de cobre (para pátina verde) y sulfuro de amonio (para pátina marrón-negra) sobre probetas de cobre laminado, empleando soplete y pistola de aire caliente. Se evalúan la morfología, espesor y adhesión de los productos formados mediante cortes estratigráficos observados en microscopía óptica, pruebas de adhesión con cinta Scotch y medición del ángulo de contacto, siguiendo criterios análogos a los utilizados en la evaluación de recubrimientos. Las diferencias en las películas se examinan mediante pruebas electroquímicas, corriente directa (DC), corriente alterna por Espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) y ruido electroquímico (EN), para valorar si las capas de patinación formadas cumplen una función protectora o, por el contrario, pueden significar un riesgo para el objeto tratado.

Se parte de la hipótesis de que, aunque la pistola de aire caliente pueda parecer más segura, su incapacidad para generar atmósferas oxidantes limita significativamente su eficacia en la formación de capas coherentes de productos de corrosión. El objetivo es aportar información que permita tomar decisiones informadas en la elección de estrategias de patinación artificial, particularmente en contextos de restauración.

Propuesta de intervención y musealización en un ejemplo de patrimonio industrial: El North American t-6 texan de la Fundación Infante de Orleans (Madrid)

Carmen García Roca - Escuela Superior de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Madrid (ESCRBC). mamengr13@gmail.com

Este trabajo de fin de grado propone una intervención integral sobre el North American T-6G Texan (matrícula 793-25), aeronave histórica perteneciente a la Fundación Infante de Orleans, especializada en la preservación del patrimonio aeronáutico en España. El avión, actualmente en estado estático tras un accidente en 2007, representa una oportunidad clave para reflexionar sobre los criterios de conservación aplicables a los transportes de nuestro Patrimonio Industrial.

La investigación combina estudios históricos, técnicos y científicos con el fin de contextualizar el T-6G dentro del marco del patrimonio industrial español, así como su relevancia en la formación de nuestros pilotos y su uso en conflictos internacionales. A través de análisis estratigráficos y propuestas de estudios fisicoquímicos, se documentan las modificaciones pictóricas en su fuselaje y los procesos de deterioro presentes.

El proyecto plantea una propuesta de intervención basada en los principios de mínima intervención, reversibilidad y compatibilidad de materiales. Asimismo, se diseña un embalaje técnico para el transporte del motor original, dañado, y se desarrolla una museografía adaptada al contexto del hangar actual de la Fundación y con mirada hacía el nuevo espacio de Getafe, con énfasis en la accesibilidad, la interpretación didáctica y la narrativa histórica del aparato, de ahí que se proponga una exposición conjunta con su gemelo operativo (793-19), integrando soportes específicos y una narrativa visual que abarque desde su historia operativa conjunta hasta el proceso de restauración actual y el estado final que la aeronave tendrá, respetando su aspecto original.

Este trabajo demuestra la aplicabilidad de las metodologías de restauración y conservación en objetos poco abordados véase así el aeronáutico, con metodologías ya aplicadas y transferibles, junto con la apertura de líneas futuras de investigación sobre materiales modernos y estrategias de exposición de patrimonio industrial complejo, junto con la multidisciplinaria necesaria para su mantenimiento, presentando como uno de los puntos finales una encuesta donde conocemos las opiniones del público.

Proyecto de conservación de un conjunto de proyectiles de la Guerra Civil procedentes del Tossal de la Nora, Alcoletge, Lleida.

María Martínez Hernández - crmariamh@gmail.com

El patrimonio arqueológico metálico es muy amplio, pero los estudios realizados presentan un enorme sesgo, atendiendo primordialmente los vestigios más antiguos y dejando de lado periodos más recientes como la Guerra Civil Española. Los contextos bélicos son uno de los escenarios donde más material metálico se emplea, destacando los proyectiles, las armas o complementos del uniforme como hebillas, cascos, botones... entre otros. Incluso se recuperan objetos utilizados en la vida cotidiana como latas de conservas, utensilios de cocina y objetos personales de los combatientes, cuyo estudio permite ahondar en la vida de los soldados en el frente.

En este proyecto hablamos de la conservación-restauración y puesta en valor de patrimonio metálico procedente de una intervención arqueológica dentro del contexto de la batalla del Front del Segre (Lleida) durante la Guerra Civil Española. La excavación realizada en 2023 en el Tossal de la Nora de Alcoletge, ha dado como resultado la recuperación de un conjunto de alrededor de 20 proyectiles y/o cartuchos de fusil, junto con otros objetos *in situ*, algo poco común en contextos muy expoliados por la acción de furtivos con detectores de metales clandestinos.

Dada la importancia y singularidad del conjunto, el Ayuntamiento de Alcoletge, junto con el Instituto de estudios Ilerdenses, han apoyado y financiado este proyecto, con el objetivo de estabilizar y limpiar las balas para poder identificarlas, estudiarlas y difundirlas.

Los tratamientos de conservación llevados a cabo sobre los proyectiles han consistido en la limpieza mecánica y química de los fragmentos de bala, así como la decloruración e inhibición de los mismos, con el objetivo de preservar las distintas partes. Posteriormente, se procedió a una consolidación estructural y adhesión de fragmentos, permitiendo una identificación completa de las balas y facilitando su posterior estudio por parte de expertos en la materia. Todo ello contribuirá a aumentar notablemente el conocimiento sobre los equipos y tácticas empleados en esta crucial batalla de la Guerra Civil Española.

Puesta en valor del recubrimiento original de vehículos ferroviarios históricos: análisis comparativo de durabilidad frente a acabados contemporáneos.

Alma Mª Barberena Fernández[1], María José Rodríguez Ruitiña[1], Rocío Muñiz Bermejo.

[1] Escuela Superior de Arte del Principado de Asturias (ESAPA). almabf@esapa.org

En el ámbito de la conservación de vehículos ferroviarios es poco común encontrar ejemplares que conserven su recubrimiento pictórico exterior original. Esto se debe tanto a los daños sufridos durante su vida útil como a las intervenciones posteriores, orientadas a asegurar la durabilidad del soporte metálico, las cuales suelen eliminar u ocultar las capas originales. Este estudio tiene como objetivo poner en valor estos recubrimientos originales, integrando el conocimiento teórico con la experiencia práctica.

En primer lugar se profundizó en el conocimiento de los procedimientos pictóricos de acabado. A continuación, se llevó a cabo un estudio comparativo mediante probetas de acero dulce con recubrimientos similares a los originales, evaluando diferentes variables (presencia o ausencia de preparación de minio; aplicación o no de una capa de protección acrílica), comparado con recubrimientos sintéticos con nivel de protección C4. Las probetas fueron sometidas a ensayos normalizados de adherencia mediante enrejado y corte en ciclos de condensación y niebla salina neutra que pudimos realizar en los laboratorios de la Fundación IDONIAL.

Los resultados indican que tanto la preparación original minio como la protección acrílica adicional proporcionan una leve mejora en la resistencia a la corrosión frente a los recubrimientos sintéticos testados. No obstante, mientras que estos últimos no mostraron alteraciones visibles, los recubrimientos históricos presentaron fenómenos de amarilleamiento y ampollas en las capas de protección.

Del haizeolak al ingenio colonial centroamericano: la tecnología férrica en el Reino de Guatemala. San Salvador, siglos XVI, XVII Y XVIII

José Orión Castellón Frech - orionfrech.oc@gmail.com

En la primera mitad del siglo XVI se fundó la primera Villa de San Salvador, en lo que será el Reino de Guatemala (actuales Chiapas y Centroamérica). El hallazgo arqueológico de una fragua a la manera de las "haizeolak" vascas evidenció la implementación temprana de técnicas de manufactura férrica en la zona. En el siglo XVII, vetas de hierro se descubrieron en la región occidental de la provincia de San Salvador, específicamente en los poblados de Chiantla y Metapas, colindantes con Nueva Zaragoza, en la Intendencia de Comayagua, Honduras. De esta forma, se hicieron las primeras edificaciones destinadas a la actividad siderúrgica en el Reino. Los nada despreciables volúmenes de producción y la implementación de técnicas de extracción y tratamiento dieron impulso al comercio de la región y derivaron en fenómenos como el estímulo de la movilidad social en el interior del Reino de Guatemala. El comercio ístmico del mineral, que alivió la dependencia del hierro español, se consolidó a mediados del siglo XVIII con la proliferación de los "ingenios" de hierro.

El objetivo de esta ponencia es analizar la industria del hierro del Reino de Guatemala. Para ello, se basa en la recopilación de referencias de carácter histórico y arqueológico de la región enunciada para luego, a través de un análisis arquitectónico y espacial, exponer la apariencia y funcionamiento de las edificaciones en una reconstrucción hipotética digital. El aporte de esta investigación es ampliar el conocimiento sobre un tema poco estudiado y abonar al estudio de los mecanismos de participación de las regiones "periféricas" en la economía global colonial.

Un caso práctico de intervención de distintos metales en una misma pieza: la máquina de fotograbado del diario Patria.

Paloma López Jiménez - palopezjimenez@gmail.com

El objeto de estudio de esta ponencia es una máquina de fotograbado perteneciente a la colección del Diario Patria (Granada 1935-1983) propiedad del Museo de Ciencia y Tecnología de Madrid y que se encuentra depositada en la Universidad de Granada dentro de la colección Depósito del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología. Diario Patria. (DMC-DP).

A la hora de intervenir nuestra pieza nos encontramos con que estaba compuesta de diversos materiales: madera, vidrio, tela, cuero y metal.

Dentro de los metales también había varias clases con distintos tipos de deterioro, esto hizo que tuviéramos que plantear diferentes tratamientos.

En esta ponencia expondremos los métodos utilizados para la limpieza y restauración de los metales que forman parte de la pieza y cómo se trataron según su estado y situación en el conjunto.

Conservación de sellos de plomo que cuelgan en la colección de la Biblioteca Real de D. João VI, Biblioteca Nacional, Brasil

Marcus Granato[1], Thais Helena de Almeida[2]

[1] Museu da Astronomia e Ciências Afins. marcus@mast.br
[2] Biblioteca Nacional.

La Biblioteca Nacional (Brasil) conserva sellos de plomo colgados de un ejecutorio del rey Carlos V, datados en el siglo XVI, y cuatro bulas papales del siglo XVII, atadas a manuscritos de pergamino. Estos documentos forman parte de la colección de la Biblioteca Real de D. João VI, Rey de Portugal. En 2013, los sellos mostraron signos de corrosión. Análisis posteriores identificaron la presencia de azufre en los materiales utilizados, factor que contribuyó al proceso corrosivo. Se realizaron estudios técnicos y se discutieron los mecanismos de corrosión, con el objetivo de desarrollar una metodología eficaz para estabilizar los sellos de plomo y preservar los diversos materiales presentes en los documentos, entre ellos la tinta ferrogálica, los cordones de algodón y seda y el pergamino. Para el nuevo embalaje se adquirieron cajas de polipropileno transparente. Luego se realizaron pruebas para determinar la cantidad ideal de gel de sílice necesaria para estabilizar la humedad interna de las cajas, así como la frecuencia de su reemplazo. El tratamiento propuesto consistió en eliminar la corrosión de los cuatro sellos de plomo mediante cepillos de cerdas suaves, seguido de la aplicación de una capa de cera microcristalina como barrera protectora. Los sellos de las bulas papales recibieron una protección adicional, al estar aislados en pequeñas cajas de polipropileno con gel de sílice. El sello de plomo del ejecutorio de Carlos V, al encontrarse en avanzado estado de corrosión y separado del manuscrito, fue conservado en un desecador con gel de sílice y se mantiene estable. El estado actual de conservación demuestra estabilidad en el proceso corrosivo.

MetalEspaña2025
IV Congreso de Conservación y Restauración de Patrimonio Metálico
UAM
Universidad Autónoma de Madrid
SECYR
Real Casa de la Moneda
Fábrica Nacional de Moneda y Timbre
UCA
ICOM
GRUPO ESPAÑOL
MUSEO DE CÁDIZ
titania

Pósteres

Sesión I

Ciencia y Tecnología de Investigación del Patrimonio Metálico

¿Cómo afectan los biocidas al metal? Estudio del riesgo de corrosión inducido por biocidas en componentes metálicos de los BBCC

Diego de la Fuente Vena - diego96monte@gmail.com

El uso de biocidas como tratamiento contra agentes biológicos de deterioro es común en la conservación y restauración de bienes culturales, especialmente en materiales lígneos y pétreos. Sin embargo, estos tratamientos pueden entrar en contacto con elementos metálicos presentes en las piezas y monumentos, como clavos, herrajes, grapas o placas de orfebrería, planteando la duda sobre su compatibilidad.

Esta investigación tiene como objetivo evaluar si los biocidas para materiales pétreos (con sales en su formulación y base acuosa) y los destinados a madera (compuestos por piretroides y disolventes principalmente) inducen procesos de corrosión en metales. Para ello, se aplicaron distintos productos biocidas sobre probetas de acero, cobre, zinc, plomo, plata y estaño, observando la aparición de corrosión, su tiempo de manifestación y las condiciones asociadas.

Los resultados indicaron que los biocidas para madera no provocaron corrosión visible, mientras que los formulados para materiales pétreos sí lo hicieron, incluso, en cuestión de minutos. Para discernir el agente responsable, se aplicó agua desionizada a nuevas probetas, observándose corrosión leve en algunos metales, pero claramente inferior a la causada por el biocida pétreo. Se concluye que las sales presentes en estos productos juegan un papel determinante en la corrosión de metales asociados a bienes culturales.

Análisis del patrimonio metálico mediante Fluorescencia de Rayos X portátil (XRF): aplicaciones reales y lecciones aprendidas

Iñaki Vázquez-de la Fuente[1], Sara Puente-Muñoz[1], Nagore Prieto-Taboada[1], Julene Aramendia[1], Irantzu Martinez-Arkarazo[1], Gorka Arana[1], Juan Manuel Madariaga [1]

IBeA Research Group, Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco (UPV/EHU). inaki.vazquez@ehu.eus

El análisis por Fluorescencia de Rayos X (XRF) con dispositivos portátiles se ha consolidado como una herramienta fundamental en el ámbito del patrimonio cultural. Su carácter no destructivo permite aportar la composición elemental del material de forma in situ y rápida. Esto resulta especialmente valioso en el estudio de artefactos metálicos, donde la composición elemental aporta información crucial, indicando, por ejemplo, el tipo de aleación utilizada.

En los últimos años, el grupo IBeA (Ikerkuntza eta Berrikuntza Analitikoa) ha aplicado esta tecnología en una amplia variedad de estudios relacionados con la conservación del patrimonio metálico. Entre ellos se encuentra el análisis elemental de esculturas contemporáneas de Eduardo Chillida y Jorge Oteiza. Destaca el estudio de artefactos metálicos hallados en los yacimientos arqueológicos de Pompeya y Herculano (Italia), incluyendo monedas, utensilios y objetos decorativos. La técnica se ha empleado asimismo para la caracterización de una espada jineta en el Museo San Telmo (San Sebastián), permitiendo obtener información relevante sobre su aleación y piezas añadidas. Además, se ha utilizado para evaluar la eficacia de nuevos geles de limpieza aplicados sobre pátinas metálicas.

Sin embargo, el uso de XRF portátil presenta ciertos desafíos técnicos los cuales se potencian en su versión portátil debido a la miniaturización del instrumento. La calidad y fiabilidad de los resultados depende de la correcta elección de los parámetros de adquisición, tales como el voltaje, corriente, el uso de filtros y/o el tiempo de análisis. Una configuración inadecuada puede generar artefactos, generando interferencias espectrales o errores en la identificación de elementos, especialmente en matrices complejas o heterogéneas. En este trabajo se discuten las condiciones óptimas para minimizar estos efectos con el objetivo de proporcionar directrices útiles para la aplicación de la técnica en contextos patrimoniales.

El pH del suelo en excavaciones arqueológicas: ¿clave para la conservación de los metales?

Miriam Pérez Aranda[1], Óscar Bonilla Santander[1], Marta Gómara Miramón[1], Enrique Rojas Pascual[2], Ángel Santos Horneros[3]

[1] Universitat de Barcelona (GRAP-UB) - mperez@accionpatrimoniocultural.com
[2] Asociación Cultural VICUS
[3] Acción, gestión integral del patrimonio cultural S.L.

La reactividad química del suelo, cuantificada mediante el parámetro de pH, constituye un factor determinante en los procesos de alteración de materiales metálicos en contextos arqueológicos. Los estudios geológicos demuestran que este factor químico puede acelerar o ralentizar los procesos de degradación de manera significativa.

Los sustratos con pH ácido (<7) inducen procesos acelerados de degradación en los objetos metálicos, particularmente notorios en aquellos de composición férrea. En estos contextos, la sinergia entre humedad ambiental y baja alcalinidad cataliza reacciones electroquímicas que comprometen progresivamente la integridad estructural. Por el contrario, en medios con pH neutro o alcalino (≥7) se observan condiciones de preservación más favorables, si bien la formación de depósitos calcáreos, pese a su efecto protector, demanda intervenciones especializadas para la recuperación de su morfología original.

Una adecuada metodología de trabajo debe incorporar necesariamente mediciones sistemáticas del pH mediante equipos especializados desde el principio de la intervención arqueológica. Estos datos permiten establecer protocolos diferenciados: desde la aplicación de tratamientos in situ hasta la selección de materiales de embalaje.

Resulta evidente que este parámetro trasciende lo meramente técnico, por ello es necesario conocer datos extrapolados de diferentes yacimientos analizando sus restos metálicos. Conociendo la medición del pH de la unidad estratigráfica en la que se hallaron y su estado de conservación en el momento de extracción podemos contrastar los datos técnicos con los hechos reales.

Con estas conclusiones se plantea la una propuesta metodológica para introducir estos análisis en el campo de la conservación preventiva de los materiales arqueológicos, asegurando la integridad material de los objetos y la calidad de la información arqueológica que contienen.

La conservación y restauración arqueológica actual no puede prescindir de este tipo de análisis si aspira a garantizar la preservación del legado metálico de nuestras antepasadas.

La Edad de los Metales a través de la Fluorescencia de rayos X

Jennifer Huidobro[1], Fernando Alberquilla[1], Julene Aramendia[1], Miguel Contreras[2], Francisco Miguel Gómez García de Marina[2], Juan Manuel Madariaga[1]

[1] Departamento de Química Analítica. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). jennifer.huidobro@ehu.eus
[2] Museo de Cuenca.

En este estudio se ha analizado la composición elemental de 13 piezas metálicas prehistóricas del Museo Arqueológico de Cuenca, con el fin de estimar su época de fabricación. Para ello se utilizó el espectrómetro portátil de fluorescencia de rayos X (XRF) Tracer 5g (Bruker), que permitió realizar mediciones in-situ de forma no destructiva. Los datos obtenidos fueron procesados con el software ARTAX, y posteriormente, analizados mediante un Análisis de Componentes Principales (PCA).

El tratamiento PCA reveló que el 98% de varianza se explicaba por el PC1, que distinguía entre piezas ricas en cobre y piezas ricas en hierro, mientras que el PC2 (1% de varianza) reflejaba la presencia de estaño en las mismas. A partir de estos resultados, fue posible clasificar las piezas en tres grupos bien diferenciados. El primero, caracterizado por un alto contenido en cobre (>94%), incluía 6 puntas de flecha, 2 hachas y 2 puñales, todos ellos atribuibles a la Edad de Cobre. Uno de los puñales destacó por presentar un contenido de estaño significativamente superior al del resto (3%), lo que sugiere un posible inicio o fase de transición hacia la Edad de Bronce [1].

El segundo grupo, representado por una espada con poco relieve, aunque decorada con grabados, contenía entre 75-84% de cobre, y 12-18% de estaño, lo que permite situarla claramente dentro de la Edad De Bronce.

Finalmente, el tercer grupo incluía una espada con grandes relieves y una hoz, ambas con una composición de hierro superior al 95%. Estas características permiten clasificarlas dentro de la Edad de Hierro.

Este estudio confirma la eficacia del espectrómetro XRF portátil como herramienta de análisis no destructivo para identificar prontamente la época y composición de muestras arqueológicas metálicas tras un análisis quimiométrico de los resultados.

Recreación experimental de hornos de reducción de hierro

Thomas Mink[1], Alexander Richter[2], Bastian Asmus[3], Pablo Paniego Díaz[3] y Ralph Araque Gónzalez[3]

[1] Herrería La fragua de Mink. thomas.mink@gmail.com
[2] Herrería Fuirio
[3] Institut für Archäologische Wissenschaften, Universität Freiburg.

Se presentan los resultados de la recreación experimental de distintos tipos de hornos de reducción de hierro como son los hornos excavados en hoyo, los hornos excavados en hoyo con tapadera y los hornos de chimenea.

Esta experimentación demuestra que en época protohistórica pudieron haberse empleado cualquiera de los tipos, pues todos estos tipos fueron efectivos y lograron alcanzar las temperaturas mínimas para la reducción del hierro.

Soluciones ácidas de tiourea y pérdida de cobre en aleaciones de plata 0.720: comparativo de limpieza en numismática

Jannen Contreras Vargas[1], Francisco Javier Rodríguez Gómez[2], Daniela Lira Pacheco[3], Paola Roncagliolo-Barrera[2]

[1] Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía - Instituto Nacional de Antropología e Historia (ENCRYM-INAH), México. jannen_contreras_v@encrym.edu.mx
[2] Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México
[3] Museo Numismático Nacional

Se estudió el efecto de las soluciones ácidas de tiourea para la limpieza de corrosión en monedas mexicanas de 20 centavos, acuñadas en las décadas de 1940 y 1950, fabricadas con aleación Ag–Cu 0.720. Aunque su uso persiste en el ámbito numismático debido a su acción rápida y a la percepción de ser menos dañina que otros métodos, se ha documentado que la tiourea resulta incluso más destructiva que procedimientos abrasivos controlados: provoca depleción superficial de cobre, microrrugosidad, pérdida de brillo y aumento en la susceptibilidad a la corrosión.

Una preocupación constante en conservación es la permanencia de residuos de tiourea en superficie, que se oxidan al reaccionar con el entorno. Aunque se han probado estrategias para eliminar los residuos, el daño principal es inmediato: la pérdida de cobre, que no solo modifica la estética del objeto, sino que altera elementos en los que las y los numismáticos sustentan la autenticidad y el valor de las monedas, como la composición, al menos en superficie.

Para evaluar la pérdida de cobre y los efectos en superficie, se aplicaron tratamientos con soluciones ácidas de tiourea mediante hisopo e inmersión (30 y 60 segundos), comparando sus resultados y tiempos con los de una limpieza abrasiva controlada y un método electroquímico simple. Se utilizó microscopía electrónica de barrido (MEB), espectroscopia de fluorescencia de rayos X (FRX) y por espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS). El comportamiento electroquímico de las monedas antes y después de la limpieza se contrastó con un perfil de referencia desarrollado en laboratorio, analizando el potencial de corrosión —vinculado al enriquecimiento superficial— y la resistencia a la transferencia de carga, asociada a cambios en la composición superficial por limpiezas inadecuadas.

Utilización de analizadores portátiles de Fluorescencia de Rayos X en estudios de patrimonio histórico subacuático. Criterios de selección de las condiciones de medida y aplicación a objetos de cobre y peltre procedentes de Ceuta y de la bahía de Cádiz

Ilaria Vitiello[1], Carlos Moreno[2], Ernesto J. Toboso Suárez[3], Manuel Bethencourt[1]

[1] Laboratorio de Estudios y Conservación del Patrimonio Histórico (LEC-PH). Universidad de Cádiz, ilaria.vitielloviti@alum.uca.es
[2] Departamento de Química Analítica. Universidad de Cádiz
[3] Gerión Arqueología, S.L.
[4] Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Laboratorio de Estudios y Conservación del Patrimonio Histórico, Universidad de Cádiz

Las técnicas no destructivas (TND) son fundamentales en el estudio de materiales del patrimonio histórico, permitiendo obtener información valiosa sin alterar ni dañar unos objetos que son únicos, frágiles o tienen un valor histórico, cultural y artístico incalculable. Entre las TND, la fluorescencia de rayos X (FRX) destaca por su utilidad en la caracterización elemental de materiales. Esta técnica permite identificar y cuantificar elementos químicos presentes, en cualquier material, incluyendo los metales comunes del patrimonio. La FRX es especialmente valiosa porque es rápida, no invasiva y puede aplicarse a piezas de elevado tamaño o in situ, mediante equipos portátiles, en los propios yacimientos, museos, etc. De esta forma se evitan los riesgos asociados al transporte de piezas delicadas, permitiendo el análisis en contexto, algo importante para comprender mejor el entorno y la historia del objeto. Es por ello que en los últimos años se ha consolidado como una herramienta de gran importancia en arqueometría y conservación del patrimonio, combinando la eficacia analítica con la integridad de los bienes culturales.

Sin embargo, la técnica de FRX también presenta algunos inconvenientes y limitaciones, que deben ser tenidos en cuenta a la hora de su aplicación, pues en caso contrario los resultados obtenidos, y con ello las posibles conclusiones, pueden ser incorrectas. Debido a ello resulta esencial conocer bien la técnica y sobre todo aplicarla correctamente, especialmente cuando se utilizan equipos portátiles. Ello se debe a que son los más sencillos desde un punto de vista tecnológico, pueden proporcionar resultados semi-cuantitativos, especialmente para bajas concentraciones, y suelen incluir sistemas de calibración previamente instalados que, en caso de no utilizarse correctamente, pueden proporcionar errores significativos en los resultados.

En este trabajo presentamos algunos de los estudios llevados a cabo sobre algunas piezas metálicas pertenecientes a sendas colecciones de objetos recuperados, por un lado, durante un dragado en aguas del entorno costero de Ceuta (un cazo, una fuente, un asa y

una llave, todos ellos de cobre), y por otro lado dos objetos fabricados con peltre (un plato y una jarra), procedentes de un dragado llevado a cabo en la bahía de Cádiz. Para ello se han utilizado dos equipos portátiles de FRX dotados de sistemas de calibración diferentes. Los resultados se han comparado, determinando las condiciones adecuadas para el análisis de la composición química de los objetos en estudio, la cual puede ser utilizada para su caracterización.

Estudio de recubrimientos protectores para la conservación de esculturas contemporáneas en acero cortén

Sara de Miguel[1], [2] Iván Díaz[1], Daniel de la Fuente[1], **Emilio Cano**[1]

[1] Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CENIM- CSIC). ecano@cenim.csic.es
[2] Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE)

El acero patinable, más conocido como acero cortén, se emplea desde los años 60 en escultura contemporánea por su supuesta resistencia a la corrosión, que se obtiene gracias a la formación de una herrumbre protectora (pátina). Sin embargo, en determinadas condiciones de exposición, esta pátina no se forma adecuadamente: los cloruros presentes en atmósferas marinas, la acumulación de agua o la humedad o sequedad constante impiden la correcta formación de la pátina protectora del acero, comprometiendo la conservación de las obras. Ante esta situación, la estrategia habitual es aplicar recubrimientos protectores, pero apenas existen estudios específicos de recubrimientos para la conservación de obras en acero cortén.

En el marco del proyecto INCOPSTEEL (PID2021-127563OB-I00, financiado/a por MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033) se han seleccionado y evaluado para este uso varios productos habituales en conservación de patrimonio metálico: resinas acrílicas (Paraloid B44 e Incral 44), ceras microcristalinas (Reswax WH y WH10) y un aceite (Owatrol). Estos se aplicaron sobre muestras de acero cortén tipo A, pre-patinadas para simular el proceso artístico, y posteriormente expuestas a la intemperie en dos ambientes naturales: clima continental seco (Madrid) y atmósfera marina húmeda (Santander).

En este trabajo se presentan los primeros resultados tras 6 y 12 meses de exposición. Los recubrimientos se han evaluado mediante espectroscopía infrarroja y Raman, medidas gravimétricas y de espesor, espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) y estudios colorimétricos.

Los resultados muestran diferencias significativas según el ambiente y el recubrimiento. En entorno marino, la capacidad de protección de los recubrimientos es escasa, aunque se observan algunas diferencias entre distintos materiales. En ambiente seco, ciertas ceras y resinas ofrecen buena protección, aunque con cambios visuales apreciables, un aspecto clave en conservación. Estos resultados iniciales necesitarán completarse con un seguimiento a más largo plazo (hasta 3 años), actualmente en curso.

Sesión II

Patrimonio Metálico Arqueológico

Aperos de labranza y otros objetos metálicos de una alquería bajomedieval en La Almoraima (Castellar de la Frontera)

Rafael Jiménez-Camino Álvarez[1], Darío Bernal-Casasola[2], José Luis Portillo-Sotelo y Javier Oviedo Callealta

[1] Investigador independiente. cultura.arqueologia@algeciras.es
[2] Universidad de Cádiz

En el marco del proyecto Arqueoalmoraima (2023-2026) que están llevando a cabo la Universidad de Cádiz y la empresa pública La Almoraima, S.A.S.M.E. en Castellar de la Frontera, se han realizado una serie de intervenciones en el yacimiento bajomedieval del "Toril de las Vacas" (una prospección pedestre, otra geomagnética y una intervención arqueológica con sondeos). Estas actividades están permitiendo documentar una alquería de medianas dimensiones en la que estamos actualmente excavando tres espacios de habitación. En uno de los ellos, bajo un nivel de incendio y colapso del tejado, se ha documentado una concentración de varios recipientes cerámicos casi completos y aperos de labranza metálicos en buen estado de conservación, además de clavos y otros utensilios también de hierro.

A pesar de que la excavación aún no ha concluido, se ha preparado el material para su intervención que va a consistir en la realización de radiografías y tomografías para comprobar la conservación del metal y para ayudar en el tratamiento de conservación. Además, se va a aplicar Difracción de rayos X para comprobar la corrosión a partir de las fases minerales detectadas. En función de las analíticas realizadas, se llevará a cabo el tratamiento de conservación que será expuesto en el congreso. No se prevé la realización de un estudio metalográfico debido a que se trata de piezas completas y museables, por lo que no procede la extracción de muestras que puedan dañar la integridad de los utensilios.

El uso de la arqueología experimental para el estudio de grabados protohistóricos: metales y estelas

Pablo Paniego Díaz[1], Ralph Araque González[1], Bastian Asmus[1]

[1] Institut für Archäologische Wissenschaften, Universität Freiburg. pablo.paniego@inv.uam.es

Uno de los fenómenos más tratados de la protohistoria peninsular es el de las estelas decoradas de la fachada atlántica. Sin embargo, los estudios sobre la tecnología necesaria para su realización y los útiles empleados por los artesanos apenas han sido tratados por la investigación.

Con el objetivo de paliar esta situación, se ha optado por recurrir a la arqueología experimental; para ello, tras un estudio del litotipo de las estelas, se obtuvieron soportes con las mismas características. De forma paralela, se recrearon cinceles de la misma calidad que los documentados en el registro arqueológico, lo que ha permitido evaluar su capacidad para ser empleados en el grabado de las estelas.

Los resultados de los trabajos experimentales llevados a cabo han demostrado que para las piedras de gran dureza, como las cuarcitas, los cinceles de bronce no eran efectivos. En cambio, los cinceles de hierro (acero), dieron resultados positivos y permitieron recrear grabados muy similares a los originales.

Estudio sobre la diversidad técnica en la fundición a la cera perdida de los jarros piriformes del periodo de Tarteso en el Suroeste de la Península Ibérica

Keiko Kawabe - Universidad de Sevilla. keikokawabe@gmail.com

En el Suroeste de la Península Ibérica floreció una alta tecnología de fundición a la cera perdida durante el periodo Tarteso (siglos VIII - VI a.C.), técnica que fue introducida por los fenicios. Los jarros piriformes de bronce son una de las piezas características de este periodo. Se conoce que se han empleado distintas técnicas y algunos de ellos se han realizado en partes mediante 'casting-on' (sobrefundición) para acoplar la base al cuerpo, o el cuello al cuerpo, aunque no estaba claro el detalle de la técnica. Hemos desarrollado la técnica de la cera perdida con molde de tierra mediante la experimentación de la reproducción de un jarro piriforme utilizando la tierra y arcilla procedentes del Valle del Guadalquivir, y se ha confirmado el resultado satisfactorio de una fundición precisa con los materiales locales. Sin embargo, el tema de la técnica de 'casting-on' quedaba pendiente. Este estudio propone hipótesis de la diversidad de técnicas de los jarros y sus procedimientos, incluida 'casting-on' a través de un análisis mediante endoscopio del interior y observación de la textura superficial, de los distintos jarros piriformes de las colecciones del Museo Arqueológico de Sevilla (Jarro de Alcalá del Río, Jarro de La Angorrilla), Museo de Huelva (Jarro de la Tumba 18 de La Joya) y del Instituto Valencia de Don Juan de Madrid (Jarro de Coca, Jarro de Niebla). Asimismo, hemos evaluado y contrastado las hipótesis mediante la experimentación de la reproducción y el estudio comparativo con los jarros reales.

Imperdibles compartidos: ventajas y utilidades de la digitalización del patrimonio arqueológico metálico y su aportación a la ciencia abierta y al patrimonio accesible

Bárbara Martín Gómez[1], Marina Díaz Álvarez[1], Ana Isabel Pardo Naranjo[2], Inmaculada Donate Carretero[1], María Cruz Medina Sánchez[1], Mónica Bastida Armesto[1], Elvira Rodríguez Gutiérrez[3,4], Javier Pinto Sanz[3,4], Carlos Sanz Mínguez[3,4], Joaquín Barrio Martín[1,2,3]

[1] Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico, Universidad Autónoma de Madrid (SECYR-UAM). barbara.marting@uam.es
[2] Departamento de Arqueología y Prehistoria. Universidad Autónoma de Madrid.
[3] Centro de Estudios Vacceos Federico Wattenberg de la Universidad de Valladolid.
[4] Grupo de Investigación AHMAT. Departamento de Física de la Materia Condensada, Cristalografía y Mineralogía, Facultad de Ciencia, de la Universidad de Valladolid.

La Zona Arqueológica Pintia (Padilla de Duero, Valladolid) es un complejo asociado al oppidum vacceo, con un uso continuado desde su fundación en el siglo V a.C. al VIII de la era. De todos los materiales recuperados cabe destacar la colección de fíbulas prerromanas, siendo una de las más nutridas de la península ibérica. Su necrópolis vacceo-romana de Las Ruedas ha proporcionado más del 85 % de los 370 ejemplares documentados.

Diez de estas fíbulas, fabricadas en hierro y bronce, de diferente tipología se digitalizaron mediante fotogrametría en el marco de la convocatoria piloto de accesos del nodo español de E-RIHS, lo que ha permitido documentar su estado de conservación en formato 3D de alta resolución.

Para facilitar su acceso, estudio, consulta y uso como recurso didáctico, los modelos tridimensionales fueron postprocesados, a través de la reducción del número de polígonos y creando texturas de imagen de alta calidad. Tras ello los modelos fueron volcados en el repositorio digital Sketchfab.

Además, se elaboraron réplicas por impresión 3D para que formaran parte de la colección didáctica del Laboratorio Docente de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid. Las réplicas de bienes culturales son de especial utilidad en el caso de actividades de arqueología accesible para personas con discapacidad intelectual, ya que permiten una experiencia más directa y una mejor comprensión tanto de la morfología como de la propia utilidad de los objetos. Éstas se han usado en el Taller Formativo Teórico-Practico sobre Patrimonio Arqueológico para personas con Discapacidad Intelectual en colaboración del Laboratorio Docente de Prehistoria y Arqueología -UAM y la Asociación de Padres de Personas con Discapacidad Intelectual (APADIS).

Pósteres: Sesión II: Patrimonio Metálico Arqueológico

También fueron empleadas en la actividad enmarcada en la Semana de la Ciencia de 2024 organizada por el SECYR-UAM "*¿Qué hacemos con las imágenes 3D en arqueología?*".

Producción y manufactura de anzuelos metálicos en la Antigüedad: análisis de los procesos de fabricación artesanal.

José Manuel Vargas Girón[1], Darío Bernal-Casasola[1]

[1] Universidad de Cádiz. josemanuel.vargas@uca.es

Los anzuelos constituyen un tipo de material arqueológico muy frecuente en los yacimientos de época antigua, siendo, además, uno de los primeros artefactos pesqueros que aparece en la historia de la Humanidad. Sin embargo, hasta hace aproximadamente quince años estos instrumentos han pasado casi desapercibidos por la investigación arqueológica en nuestro país, mencionándose la aparición de este tipo de hallazgos tan solo para confirmar el uso de técnicas de caña y/o sedal en los asentamientos, sin prestar apenas atención a cuestiones tecnológicas. A pesar de ello, los estudios realizados en los últimos años han permitido avanzar en el conocimiento de la tecnología pesquera de la Antigüedad, verificándose que la fabricación de instrumental de pesca constituye una artesanía que alcanza un alto grado de especialización en época romana, siendo los anzuelos metálicos un ejemplo paradigmático de ello. El objetivo de esta comunicación es presentar un modelo de análisis para el estudio de los anzuelos, para lo cual incidiremos en una serie de variables métricas y formales que permiten definir los procesos de fabricación de estos utensilios.

Propuesta de conservación y restauración de un conjunto de metales provenientes del yacimiento arqueológico de Ulaca (Solosancho, Ávila).

Maria Sheila Fernández-Barrientos - sheilafb22@gmail.com

El tratamiento de los metales ha supuesto siempre una lucha constante en el ámbito de la Restauración, buscando el equilibrio entre los tratamientos más efectivos sin invadir ni alterar la superficie original de las piezas. Las limpiezas mecánicas tradicionales se unen a las nuevas tecnologías en pro de un mismo objetivo, la conservación y preservación de las piezas. Los objetos metálicos recuperados en el castro de Ulaca (Solosancho, Ávila) son una de las pocas muestras arqueológicas que existe de este material en el yacimiento, de ahí la importancia de su tratamiento y conservación, permitiendo así su estudio histórico-técnico. La clave de un buen tratamiento está en un correcto estudio y conocimiento de las características del objeto, no solo de la morfología o materiales que lo conforman, sino también de las condiciones del entorno que lo rodearon antes, durante y después de su excavación arqueológica. Para ello, es importante conocer el estado interno de los metales, la estabilidad de su núcleo metálico, sobre todo para establecer una propuesta de tratamiento acorde a las necesidades de estos objetos, siendo la radiografía una de las técnicas que más se emplea, permitiendo identificar tanto alteraciones como elementos decorativos ocultos bajo capas de corrosiones y tierras. Esta técnica junto con un estudio organoléptico por medio de dispositivos de aumento ha servido para plantear un tratamiento sencillo pero eficaz de las piezas, empleando el láser con otros procesos de estabilización, todo ello complementado con una propuesta de conservación preventiva eficaz, tanto para su ubicación en almacenes como para su exposición en museo.

Sesión III

Patrimonio Arqueológico Subacuático

Análisis e intervención de conservación de los objetos metálicos del pecio tardorromano de Ses Fontanelles (Palma, Mallorca)

Elisa Fernández Tudela[1], Marina Goñalons Lapiedra[2], Darío Bernal Casasola[3], Miguel Ángel Cau Ontiveros[4], Enrique García Riaza[5], Jaume Cardell Perelló[6], Manuel Bethencourt[7]

[1] Centro de Arqueología Subacuática. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico (IAPH), Cádiz
elisa.fernandez.tudela@juntadeandalucia.es
[2] Laboratorio de Estudios y Conservación del Patrimonio Histórico (LEC-PH), Universidad de Cádiz
[3] Departamento Historia, Geografía y Filosofía. Universidad de Cádiz
[4] ICREA y ERAAUB-IAUB, UB.
[5] Universidad de las Islas Baleares
[6] Consell de Mallorca
[7] Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Laboratorio de Estudios y Conservación del Patrimonio Histórico, Universidad de Cádiz.

El pecio tardorromano de Ses Fontanelles (Palma, Mallorca) constituye un ejemplo único en cuanto al estado de conservación de materiales arqueológicos de procedencia subacuática. Así lo evidencian los múltiples objetos excepcionales documentados, como la colección de ánforas con *tituli picti* o los numerosos elementos conservados en cuero y otros materiales orgánicos (un zapato, una sandalia, un taladro de carpintero o tapones de corcho, entre otros). Sin embargo, los elementos metálicos encontrados han sido muy escasos, limitándose a unos pocos objetos de aleación de cobre (clavos, anzuelos y una moneda), hierro (concreciones con forma de clavos) y otros materiales sin identificar.

De estos materiales, apenas una decena corresponden a la primera campaña de excavación de 2022 del proyecto ARQUEOMALLORNAUTA, y únicamente la moneda fue recuperada durante la última campaña desarrollada en 2024.

La aplicación de diferentes técnicas de análisis no destructivas a algunos de estos objetos, realizada en el Laboratorio de Estudios y Conservación del Patrimonio Histórico y en el Laboratorio de Arqueología y Prehistoria de la Universidad de Cádiz, ha permitido identificar sus características composicionales y morfológicas. Esta aproximación integrada ha permitido establecer una metodología específica de intervención de conservación para cada uno de estos elementos, desarrollada tanto en la Universidad de Cádiz como en el Centro de Arqueología Subacuática de Andalucía (IAPH). Para ello, se han

empleado técnicas como la imagen radiográfica (RX), la difracción de rayos X (DRX) y la fluorescencia de rayos X (FRX), junto con procesos de moldeo y reproducción, con el objetivo de recuperar la mayor cantidad de información posible sin comprometer la integridad de las piezas.

MetalEspaña2025
IV Congreso de Conservación y Restauración de Patrimonio Metálico
UAM
Universidad Autónoma de Madrid
SECYR
Real Casa de la Moneda
Fábrica Nacional de Moneda y Timbre
UCA
ICOM
GRUPO ESPAÑOL
MUSEO DE CÁDIZ
titania

Estudio arqueométrico de artillería de procedencia subacuática: el caso de dos bombardetas recuperadas del Río Sado, Portugal.

Jesús Adrián Marcos San Fulgencio[1], Nicolás C. Ciarlo[2], Manuel Bethencourt[3]

[1] Tiago Miguel Fraga, Lda. jamsanfulgencio@hotmail.com
[2] Departamento de Historia, Geografía y Filosofía. Universidad de Cádiz.
[3] Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Laboratorio de Estudios y Conservación del Patrimonio Histórico, Universidad de Cádiz

En el marco de una intervención de arqueología preventiva desarrollada durante labores de dragado en el estuario del río Sado (Portugal), se recuperaron fortuitamente dos piezas de artillería fabricadas en hierro forjado, cuya morfología remite a bombardetas de retrocarga empleadas entre finales del siglo XV y comienzos del XVI. Estas piezas constituyen ejemplos singulares de artillería naval ligera en un periodo de transición hacia la consolidación de sistemas más estandarizados en la artillería en fundición de hierro. Su análisis permite adentrarse en las prácticas técnico-artesanales propias del campo armamentístico peninsular y ofrece un valioso testimonio sobre los procesos de innovación material vinculados a la expansión marítima de los reinos ibéricos y al fortalecimiento del poder naval en el contexto atlántico.

La investigación se enfrentó a la complejidad inherente al análisis de materiales degradados en el medio acuático, sin un contexto arqueológico claro y con un elevado grado de heterogeneidad a nivel del material constitutivo. A los fines del análisis, se tomaron diversas muestras de ambas piezas, en sectores representativos, que permitieron desarrollar una caracterización de sus componentes estructurales.

El estudio se llevó a cabo a través de varias técnicas complementarias: fotogrametría, análisis metalográfico, ensayos de microdureza, microscopía electrónica de barrido (SEM-EDX) y tomografía axial computarizada. Ello permitió obtener información general sobre la morfología externa y estado de preservación de las piezas, así como sobre la estructura interna y composición de los diversos elementos que las componen. Los primeros resultados sugieren una manufactura basada en ensamblajes modulares, con variaciones intencionadas en la composición y el tratamiento del metal, que responden a los requerimientos funcionales de cada sector de las bombardetas.

Sobre la base de estas evidencias, se discuten aspectos vinculados con la lógica constructiva de la artillería naval en hierro forjado y las prácticas desarrolladas en talleres peninsulares en un momento clave de transición tecnológica.

Rueda de timón – Del mar al museo

Carina Maurício - carinamauricio@gmail.com

El objetivo es dar a conocer el proyecto de intervención de conservación realizado en una rueda de timón que fue encontrada en la isla de São Miguel.

Se supone que perteneció a uno de los barcos de vapor de hierro ingleses, que transportaba carbón y se hundió debido a una tormenta en el puerto de Ponta Delgada el 2 de octubre de 1880.

Portos dos Açores, S.A., propietaria del proyecto, puso la rueda en el Museo Carlos Machado, que encargó la intervención de conservación al Museo de Horta.

El volante es una pieza compuesta de madera y aleación de cobre, de grandes dimensiones (1,70 metros de diámetro) y es procedente de un ambiente marino.

Teniendo en cuenta su historia, respetando su integridad física y su significado artístico e histórico, se pretendió conservar la pieza como testimonio histórico y devolverle su legibilidad.

Dadas las pocas condiciones de trabajo disponibles, la falta de equipos especializados y las exigencias de la propia pieza, el desafío se superó combinando conocimiento técnico, búsqueda de soluciones y paciencia durante el año y medio necesario para completar la intervención.

Sesión IV

Patrimonio Metálico Histórico, Artístico y Religioso

Conservación de la obra metálica de la pintora Maribel Nazco

Isidro Hernández Gutiérrez[1], Vanessa Rosa Serafín[1]

[1]Tenerife Espacio de las Artes (TEA). isidrohernandez1975@gmail.com

Maribel Nazco construye sus *collages* metálicos de cobre, aluminio, zinc o acero, sometidos a complicados procesos de erosión y oxidación a partir de sales y ácidos que queman la superficie de partida. El proceso de limpieza y pulido posterior deriva, sin embargo, en una apariencia de delicados matices, siempre sensibles a las gradaciones lumínicas. En ocasiones, utiliza hierros encontrados, recuperados del olvido en algún muelle o chatarra, y que en su obra adquieren una nueva vida debido al ensamblaje. Es, el suyo, un mundo eminentemente constructivo y abstracto, pero en el que la alusión a la figura humana aparece en todo momento, logrando así una reconciliación entre la forma y lo informe, entre lo figurativo y lo abstracto. Los contornos deliberadamente curvos, sinuosos y orgánicos, sugieren, inevitablemente, cuerpos y figuras humanas irisados de erotismo, pero también paisajes; "paisajes corporales", para decirlo con palabras de Maud Westerdahl, que "han tomado largos baños de luna, han flotado y nadado de noche en el interminable río de la Vía Láctea, han rodado para pulimentarse, en las vueltas del cielo".

La obra metálica de Maribel Nazco (La Palma, 1938) fue objeto, en el último tercio del siglo XX, de una importante atención por parte de la crítica, que se debatía, por aquellos años, entre la abstracción y la figuración. Sus metales y tablas matéricas, reseñadas por Gillo Dorfles en su libro *Últimas tendencias del arte de hoy,* constituyen un capítulo de excepción en el devenir del arte español, llegando a ser objeto de numerosas exposiciones en diversas galerías y museos, dentro y fuera de Canarias: Ateneo de Madrid (1970), Galería Ramón Durán (1974), Galería Aritza (Bilbao, 1974), Galería Sarrió (Barcelona, 1975), Vegueta (Gran Canaria, 1977), Kandinski (Madrid, 1977), entre otros espacios.

Obra de Nazco existe en las colecciones de museos como el MNCARS, TEA Tenerife espacio de las Artes, la RACBA, el Museo de Arte Contemporáneo Aguilera Cerni de Vilafamés, entre otros. Como en el caso de otras muchas mujeres artistas de su generación, su labor cayó en el olvido y solo en las últimas décadas la crítica ha vuelto a reivindicar su figura.

Esta ponencia aborda los problemas de conservación y restauración de la obra metálica de esta artista, pionera en lo que el crítico Carlos Areán denominó la “Escultopintura española”.

El metal en el patrimonio organístico: conservación y restauración de los tubos metálicos del órgano histórico de la iglesia de Sanmartín de Prádena (Segovia)

Inés Obregón García - ines.obregon.garcia@gmail.com

A pesar de que el patrimonio organístico español es muy extenso, es uno de los grandes olvidados. En las últimas décadas, esta situación ha podido comenzar a revertirse gracias a los múltiples esfuerzos de profesionales restauradores, organeros y organistas. De esta forma, muchos órganos han sido estudiados, conservados, restaurados y divulgados. Es en este contexto en el que surge mi Trabajo de Fin de Grado (Grado en Conservación y Restauración del Patrimonio Cultural de la Universidad Complutense de Madrid), el cual se basa en el estudio, propuesta de intervención y puesta en valor del órgano de la iglesia de San Martín de Prádena (Segovia). Este instrumento, que data de principios del siglo XVIII, se encuentra en un pésimo estado de conservación y completamente abandonado. Durante esta investigación, se pudo advertir el gran reto que supone intervenir una pieza como esta, ya no solo por la diversidad de materiales que la componen, sino también por ser un instrumento y contar con un valor inmaterial y un carácter funcional. En el póster, que se pretende presentar al IV Congreso de Conservación y Restauración del Patrimonio Metálico de Cádiz MetalEspaña2025, se expondrá, concretamente, el caso de los tubos metálicos, uno de los elementos más representativos de este instrumento. Se explicarán las características de los tubos, los principales factores de deterioro que suelen presentar, los criterios para la conservación y restauración en los que se puede enmarca restos elementos instrumentales metálicos, tan concretos, y los tratamientos de restauración adecuados para los mismos. Además, gracias a la visita que se pudo realizar para esta investigación a los talleres de Joaquín Lois, uno de los grandes organeros de España y responsable de muchas de las restauraciones de órganos por toda la geografía nacional, se podrá divulgar lo aprendido acerca de la conservación, restauración y construcción de los tubos metálicos de un órgano.

La contribución científica en el estudio de los elementos metálicos asociados al patrimonio textil

Livio Ferrazza - Instituto Valenciano de Conservación, Restauración e Investigación IVCR+i. livio.ferrazza@ivcri.gva.es

La importancia histórico-artística de los tejidos y bordados antiguos ha permitido reforzar los criterios para la correcta conservación preventiva y valorización de estos materiales textiles de interés cultural.

En el presente trabajo se expone la aplicación y la utilidad de distintas técnicas instrumentales de laboratorio de tipo microscópicas y espectroscópicas, como herramientas indispensables en el estudio de textiles y bordados antiguos, que incluyen en sus elaboraciones el uso de diferentes materiales metálicos tales como el cobre, la plata, el oro o sus aleaciones en distintos formatos (laminillas, alambres, entorchados, canutillos, lentejuelas, etc.).

El estudio se realiza inicialmente para evaluar el estado de conservación a nivel microscópico de las superficies metálicas, ya que las técnicas de microscopia digital (MD), microscopía óptica (MO) o electrónica (SEM) acoplada con un sistema de microanálisis (EDX), hace posible llevar a cabo un estudio sobre el diagnóstico del estado de conservación, analizando las diferentes características morfológicas de deterioro de las superficies, a través de la observación e identificación química de los compuestos de neoformación o por deposición de partículas atmosféricas.
Igualmente, a través del estudio se podrá disponer de una serie de informaciones sobre las características de composición y aspectos tecnológicos relacionados a la manifactura o a los procedimientos de plateado o dorado de los diferentes elementos metálicos que se pueden observar en las piezas textiles.
Además, la caracterización de los materiales metálicos que constituyen los textiles y los bordados y el estudio del estado de conservación, permitirán que el conservador-restaurador obtenga datos necesarios para determinar correctamente las metodologías en los tratamientos de conservación y restauración más adecuadas y compatibles con los materiales metálicos y establecer los parámetros ambientales más convenientes para una adecuada exposición.

La riqueza material en la restauración de armas étnicas: caso de estudio de campilán, Kris y Barong. Dependencias de Gobierno Militar (Madrid)

María Caridad Nieto Díaz - Baucis Restaura. baucisrestaura@gmail.com

La restauración de un conjunto de armas étnicas, como el campilán, el kris y el barong, que combinan materiales como acero, madera, pelo de animal y marfil, presenta múltiples desafíos para las restauradoras. Cada material requiere un enfoque especializado para preservar su integridad histórica y funcionalidad.

El acero, que constituye las hojas de las armas, suele presentar corrosión, lo que compromete su estructura. Para restaurarlo, se utilizan técnicas como la limpieza con microabrasivos, el uso de láser y la estabilización de superficies, que permiten intervenir de forma precisa sin alterar su forma original.

Las empuñaduras y otros elementos de madera son susceptibles a daños biológicos y ambientales. En este caso, es esencial realizar un diagnóstico detallado del estado de conservación para aplicar tratamientos que aseguren la estabilidad dimensional y estructural, protegiendo así la madera de futuros deterioros.

El marfil, utilizado en detalles decorativos, es un material higroscópico que tiende a agrietarse debido a la variación de humedad. Su conservación requiere mantener un ambiente estable en cuanto a humedad relativa, para evitar tensiones que puedan dañar la pieza. Las intervenciones sobre el marfil deben ser mínimas, enfocándose en la estabilización ambiental.

El pelo de animal, presente en algunos adornos, requiere una manipulación cuidadosa para evitar su deterioro. Además, la interacción entre diferentes materiales, como los metales y los componentes orgánicos, puede generar problemas como la corrosión galvánica, lo que obliga a aplicar tratamientos que minimicen estos riesgos.

La restauración de estas armas exige un enfoque multidisciplinar que combine técnicas avanzadas de conservación y un profundo conocimiento de los materiales, garantizando la preservación de su valor histórico y cultural.

Metodología para la creación de Mapas de Daños en el conjunto de esculturas contemporáneas en el campus de la Universidad Autónoma de Madrid

Marina Díaz Álvarez[1], Inés Molina Agudo[2], Sandra Sáenz-López Pérez[2], Joaquín Barrio Martín[1,3]

[1] Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico. Universidad Autónoma de Madrid (SECYR-UAM), marina.diaza@estudiante.uam.es
[2] Departamento de Historia y Teoría del Arte. Universidad Autónoma de Madrid
[3] Departamento de Prehistoria y Arqueología. Universidad Autónoma de Madrid

La Universidad Autónoma de Madrid (UAM) ha iniciado el proceso de declaración como Bien de Interés Cultural (BIC) del conjunto de Escultura y Mural del campus de Cantoblanco, realizado en 1971 como parte del proyecto arquitectónico original. En el marco de este procedimiento, y conforme a la Ley 8/2023 de Patrimonio Cultural de la Comunidad de Madrid, se han desarrollado estudios técnicos, históricos y de conservación que sirven de base para la elaboración del expediente.

Uno de los ejes metodológicos del estudio ha sido la elaboración de Mapas de Daños, concebidos como herramienta diagnóstica para evaluar el estado de conservación, identificar patrones de deterioro y establecer prioridades de intervención. Para ello, se ha diseñado un protocolo específico basado en la caracterización de patologías a partir del glosario ilustrado de ICOMOS para materiales pétreos, adaptado aquí a bienes metálicos o con elementos metálicos constitutivos. Esta metodología, ampliamente consolidada en el ámbito patrimonial, se pone a prueba en un contexto donde el comportamiento y la degradación de los metales requiere enfoques diferenciados.

Con el objetivo de evidenciar su eficacia, se presentan cuatro casos de estudio seleccionados por su diversidad técnica, ubicación y grado de deterioro: el cartel escultórico de Carlos Marinas para la Facultad de Formación de Profesorado y Educación; un cartel indicativo de José Luis Sánchez en la misma fachada; una escultura sin título de Higinio Vázquez en la Facultad de Ciencias Económicas; y un mural sin título también de Sánchez en la Facultad de Ciencias.

Cada obra se analiza a través de su Mapa de Daños, destacando sus valores artísticos y materiales, así como los desafíos específicos de conservación. El conjunto permite plantear criterios metodológicos transferibles a otros procesos de documentación y preservación del patrimonio artístico contemporáneo en entornos universitarios.

Propuesta de restauración y conservación de la escultura monumental hecha en hierro y titulada Músico de Jazz (Granada)

María del Carmen Bellido Márquez - Universidad de Granada. cbellido@ugr.es

La escultura pública monumental conmemorativa hecha en hierro y titulada *Músico de Jazz*, requiere una actualización de su estado de conservación y un replanteamiento de su proyecto de conservación preventiva. La pieza está, actualmente, ubicada al aire libre en una rotonda de la ciudad de Granada, por lo que resulta expuesta al ataque de los agentes medioambientales, como humedad, variaciones de temperatura, polución, ataque biológico de plantas y animalillos y ataque vandálico del ser humano. El último examen directo hecho en ella por expertos de Patrimonio del Ayuntamiento de Granada data de 2008, y determinó que su estado era entonces bueno. Tiene una altura de 3,30 m. y está hecha con soldadura autógena. Ante un examen organoléptico, presenta oxidación generalizada de tipo química por la acción del aire y electróquímica en partes concretas de su zona de apoyo y huecos o formas cerradas en la que se aloja el agua de lluvia y del riego de la vegetación que la rodea. También tiene pintadas hecha con *graffitis* por acto vandálico y suciedad generalizada, que deberían ser retiradas. Ante las evidencias, el objetivo de este trabajo ha sido estudiar el estado de conservación actual de la pieza por examen organoléptico y diseñar un plan de intervención de limpieza y estabilización de la misma. Como conclusión general, se ha obtenido que la obra presenta oxidación, manchas y suciedad, por lo que debe ser sometida a una limpieza integral mecánica en seco que no elimine del todo la capa protectora de oxidación general, pero que sea respetuosa con el material y que devuelva a la obra su imagen integral para una mejor interpretación de su mensaje y simbolismo. Además, se recomienda hacer revisiones periódicas de ella.

Radiografía de gran formato de una obra excepcional: los hilos entorchados en el frontal de altar "El martirio de san Jorge", del Museo Diocesano de Córdoba.

Beatriz Mayans Zamora[1], Ana Rosa García Pérez[1]

[1] Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE) beatriz.mayans@cultura.gob.es

El Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE) tiene entre sus funciones principales la investigación de los bienes que integran nuestro patrimonio. Estos bienes poseen una tipología que abarca desde pintura de caballete o escultura hasta material bibliográfico, arqueológico o etnográfico.

Muchas veces, estas obras presentan formatos y dimensiones considerables, lo que supone un reto significativo a la hora de la aplicación de la técnica radiográfica, una tecnología fundamental para el conocimiento intrínseco de las obras que conforman nuestro patrimonio.

En esta ocasión, queremos presentar el estudio radiográfico llevado a cabo en una pieza excepcional: un frontal de altar del siglo XV bordado, procedente de la Catedral de Córdoba.

El bordado, de una iconografía singular, representa el martirio de San Jorge, del s XV y está realizado en metales nobles, con oro y plata, presentando un elevadísimo porcentaje de hilo entorchado, muestra de la minuciosa técnica empleada en la ejecución de la obra.

Al tratarse de una pieza de grandes dimensiones, con casi cinco metros de longitud, y de naturaleza textil, el desafío consistió en diseñar un sistema *ad hoc* que permitiese aplicar la técnica radiográfica sin comprometer la integridad de la obra.

El resultado fue la obtención de una imagen radiográfica de alta resolución, a tamaño real, que, una vez digitalizada, facilitó el estudio y restauración de esta obra.

La experiencia del IPCE en radiografía de gran formato, desde obras como la que presentamos en esta ocasión hasta retablos completos, radiografiados *in situ* sin necesidad de ser desmontados, hace del Instituto un referente en este tipo de actuaciones.

Sesión V

Patrimonio Metálico Científico, Tecnológico, Industrial y Urbano

Unas tijeras en la Algeciras castellana (1344-1369)

Rafael Jiménez-Camino Álvarez[1], Elisa Fernández Tudela[2], María Sánchez Aragón[3]

[1] Arqueólogo Municipal. Ayuntamiento de Algeciras, cultura.arqueologia@algeciras.es
[2] Centro de Arqueología Subacuática. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico (IAPH), Cádiz
[3] Arqueóloga profesional.

Estas tijeras, prácticamente completas, fueron halladas en la intervención arqueológica que dirigió uno de nosotros (MAS) en la calle Ventura Morón, nº 1 de Algeciras, situada en el corazón de una de las dos villas amuralladas de la Algeciras Medieval, la Vieja. Este elemento metálico fue descubierto dentro del nivel de derrumbe de la techumbre de un edificio. El depósito pudo ser datado en un momento posterior a la conquista castellana de la ciudad en 1344.

Debido a los problemas de conservación que suelen presentar los elementos de hierro, encargamos al Laboratorio de Arqueología de la Universidad de Cádiz el tratamiento de conservación. Para acometerlo se realizó primero un estudio previo mediante rayos X que permitió realizar un diagnóstico de su estado, identificando los límites de la superficie conservada y los productos de alteración y sedimento adherido. Además, ayudó a identificar posibles zonas frágiles para tener en cuenta durante el tratamiento de conservación. Posteriormente, se llevó a cabo un tratamiento que consistió en la limpieza mecánica de los productos de alteración, la inhibición de la corrosión, la unión de fragmentos y la aplicación de una protección superficial final.

Ventanas hacia el pasado en espacios públicos. Retos en la preservación de piezas históricas de gran formato en hierro en clima tropical.

Margarita Alcántara Mejorada[1], César Téllez Castro[1], Carlos Gálvez Valencia[1], Jareth Anuar Guadarrama Moreno[1], Diana E. Arano Recio[1]

[1] Sección de Conservación y Restauración, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Mérida, Yucatán. margarita.alme@gmail.com

Las ciudades mutan y se transforman a la par de las necesidades y cambios de las sociedades que las habitan. A lo largo del tiempo, estas transformaciones llegan a ocultar rasgos y usos que en algún momento fueron habituales, para después, ante más transformaciones volver a salir a la luz y recordar las viejas usanzas. Las ciudades de Mérida y Progreso en el estado mexicano de Yucatán han experimentado en los últimos años, cambios impulsados por su desarrollo urbano e industrial y el crecimiento demográfico.

Durante labores de renovación de espacios públicos, se encontraron un cambio de vía de ferrocarril y un ancla respectivamente, ambos de hierro testigos de estas transformaciones en el paisaje. El hallazgo de estas piezas se realizó de manera fortuita sin la participación de profesionales de la arqueología. Estas proceden de contextos de enterramiento donde, por la cercanía con la línea litoral, prevalecen los compuestos salinos. Este trabajo habla sobre los retos de la conservación de patrimonio metálico en hierro descubierto en el contexto de obra pública donde prevalecen los limitados tiempos de entrega e inauguración de obras. En este sentido, la conservación y la puesta en valor del patrimonio metálico en hierro han representado un reto por subsanar por parte de especialistas, que han desarrollado una metodología para su conservación, puesta en valor y mantenimiento ante condiciones a cielo abierto en clima cálido tropical húmedo, condiciones ambientales poco favorables para la preservación de este tipo de bienes y ante la premura de la inauguración de proyectos gubernamentales.