

MetalEspaña 2020/2021

III Congreso de Conservación y Restauración del Patrimonio Metálico

Joaquín Barrio Martín
Milagros Buendía Ortuño (eds.)

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



MINISTERIO
DE CULTURA
Y DEPORTE

ARQVA

Museo Nacional
de Arqueología Subacuática



MUSEO
CASA DE LA MONEDA

UAM Universidad Autónoma
de Madrid

Anejos nº 6 | 2022

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

**Cuadernos
de Prehistoria
y Arqueología**
de la Universidad Autónoma de Madrid

MetalEspaña 2020/2021

III Congreso de Conservación y Restauración del Patrimonio Metálico

Joaquín Barrio Martín
Milagros Buendía Ortuño
(eds.)



Universidad Autónoma
de Madrid

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

Índice

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

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

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

SESIÓN III. PATRIMONIO METÁLICO ARQUEOLÓGICO

La experiencia de conservar metales: una labor de aprendizaje continuo 213 The experience of preserving metals: a work of continuous learning MARÍA ANTONIA MORENO CIFUENTES	213
Conservación. Propuesta metodológica para un caso práctico en el Pórtico Oriental de Plaza de Armas en <i>Madīnat al-Zahrā</i> (Córdoba) 223 Conservation. Methodological proposal for a practical case in the Portico Oriental of the Plaza de Armas in <i>Madīnat al-Zahrā</i> (Córdoba) INMACULADA C. MUÑOZ MATUTE Y ALEJANDRA DEL PINO CAMPOS	223
Arqueología y Restauración: un caso práctico en el Pórtico Oriental de la Plaza de Armas de <i>Madīnat al-Zahrā</i> (Córdoba) 231 Archaeology and Restoration: A practical example of the Pórtico Oriental of the Plaza de Armas in <i>Madīnat al-Zahrā</i> (Córdoba) MARÍA MUÑOZ MORA, WIOLETA JABŁOŃSKA Y ALEJANDRO UGOLINI SÁNCHEZ-BARROSO	231
Ciudad de México: un entorno excepcional para la corrosión de metales arqueológicos. Estudio de caso 239 Mexico City: an exceptional environment for archaeological metal corrosion. Case study ÁNGEL ERNESTO GARCÍA ABAJO, TERESITA LÓPEZ ORTEGA Y JOSÉ ANTONIO LÓPEZ PALACIOS	239
Conservación y estudio arqueológico de piezas ibéricas y vacceo-romanas de bronce y hierro procedentes de <i>Dessobriga</i> (Palencia) 249 Conservation and archaeological study of Iberian and Vacceo-Roman bronze and iron pieces from <i>Dessobriga</i> (Palencia) ÁGUEDA SÁENZ-MARTÍNEZ, FRANCISCO DEL PESO-ROSADO, ESPERANZA MARTÍN-HERNÁNDEZ Y DAVID EXPÓSITO	249
Decoración incisa bajo siglos de corrosión metálica 257 Incised decoration under centuries of metallic corrosion LUCÍA GUTIÉRREZ GONZÁLEZ	257
El conjunto de estatuillas de bronce de la Tumba n.º 14, Oxirrinco (El-Bahnasa), Egipto 269 The set of bronze statuettes from Tomb no. 14, Oxirrinco (El-Bahnasa), Egypt BERNAT BURGAYA MARTÍNEZ	269
Estado de conservación y metodología de intervención de una selección de bronce del yacimiento Casas del Turuñuelo 279 State of conservation and intervention methodology of a selection of bronzes from the archaeological site Casas del Turuñuelo MARÍA CRUZ MEDINA SÁNCHEZ, MARÍA MUÑOZ MORA Y JOAQUÍN BARRIO MARTÍN	279

Un ataque microbiológico en objetos de hierro de época ibérica: proyecto interdisciplinar de investigación, intervención y conservación preventiva	289
A microbiological attack on iron objects from the Iberian period: interdisciplinary research, intervention and preventive conservation project	
RAMÓN CANAL ROCA, TRINIDAD PASÍES OVIEDO, JAIME VIVES-FERRÁNDIZ SÁNCHEZ, M ^a TERESA DOMÉNECH-CARBÓ, ROSA M ^a MONTES ESTELLÉS, JOSÉ ANTONIO MADRID GARCÍA Y ANTONIO DOMÉNECH-CARBÓ	
Propuesta para la conservación de una amplia colección de objetos arqueológicos de hierro	299
Proposal for the conservation of a wide collection of iron archaeological objects	
LAURA GARCÍA BOULLOSA	
Sistema expositivo en la colección de metales del Museo Foro Romano. Molinete (Cartagena)	309
Exhibition system in the metal collection of the Roman Forum Museum. Molinete (Cartagena)	
IZASKUN MARTÍNEZ PERIS	
Trabajos de conservación-restauración de cuatro tuberías de plomo de la ciudad romana de <i>Baetulo</i> (Badalona). Un caso de estudio interdisciplinar	319
Conservation-restoration work on four lead pipes in the Roman city of Baetulo (Badalona). An interdisciplinary case study	
ANNA BERTRAL ARIAS, ESTHER GURRI COSTA Y SANTIAGO RIERA MORA	
Métodos de limpieza sobre metales arqueológicos procedentes de medios marinos: clavos de hierro originarios del Pecio de Urbieta (Gernika, Vizcaya)	329
Cleaning methods on archaeological metals from marine environments: iron nails from the Urbieta Wreck (Gernika, Vizcaya)	
SARA MASTRAL-MOLINOS, AINARA ZORNOZA-ÍNDART, LAURA GARCÍA Y GIORGIO STUDER	
SESIÓN IV. PATRIMONIO METÁLICO HISTÓRICO, ARTÍSTICO Y RELIGIOSO	
Acciones de Conservación de Patrimonio Militar de Artillería: de la intervención mínima a la intervención funcional	341
Actions for the Conservation of Artillery Military Heritage: from minimal intervention to functional intervention	
ANAHÍ MEYER RIERA Y JAIME FERREIRA REGALADO	
Construcción de decisiones para la producción y restauración de «El caballito»	351
Decision making for the production and restoration of “El caballito”	
JANNEN CONTRERAS VARGAS	

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

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

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

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

Intervención sobre una empuñadura de una espada ropera procedente del sitio histórico de Panamá Viejo (Panamá): estado de conservación, análisis y restauración	379
---	-----

Intervention in the hilt of a rapier sword at the historic site of Panamá Viejo (Panama): state of conservation, analysis and restoration

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

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

ANDREIA ROMÃO

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

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

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

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

ELISA FERNÁNDEZ TUDELA, LUIS CARLOS ZAMBRANO VALDIVIA Y MANUEL BETHENCOURT

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

MANUEL JESÚS GRUESO JIMÉNEZ Y LUIS CARLOS ZAMBRANO VALDIVIA

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

Estudio radiográfico de los metales arqueológicos de Casas del Turuñuelo (Guareña, Badajoz)

Radiographic study of the archaeological metals of Casas del Turuñuelo (Guareña, Badajoz)

INMACULADA DONATE

Instituto del Patrimonio Cultural de España
Calle Pintor el Greco, 4. 28040 Madrid
inmaculada.donate@cultura.gob.es
<https://orcid.org/0000-0002-3644-5269>

ESTHER RODRÍGUEZ GONZÁLEZ

Instituto de Arqueología (CSIC – Junta de Extremadura)
Plaza de España, 15. 06800 Mérida (Badajoz)
esther.rodriguez@iam.csic.es
<https://orcid.org/0000-0002-5813-9035>

JOAQUÍN BARRIO

Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico
Departamento de Prehistoria y Arqueología
Universidad Autónoma de Madrid. Campus de Cantoblanco
Calle Francisco Tomás y Valiente, 1. 28049 Madrid
joaquin.barrio@uam.es
<https://orcid.org/0000-0001-5776-0949>

MIRIAM BUESO

Instituto del Patrimonio Cultural de España
Calle Pintor el Greco, 4. 28040 Madrid
miriam.bueso@cultura.gob.es
<https://orcid.org/0000-0002-5643-7848>

SEBASTIÁN CELESTINO

Instituto de Arqueología (CSIC – Junta de Extremadura)
Plaza de España, 15. 06800 Mérida (Badajoz)
scelestino@iam.csic.es
<https://orcid.org/0000-0002-2050-7090>

Resumen

Este trabajo expone el estudio radiográfico realizado sobre una selección de objetos metálicos extraídos del yacimiento tartésico de Casas del Turuñuelo en Guareña, Badajoz. Hallados en distintas estancias, son principalmente: armas, útiles de labor y arriería de hierro, y utensilios domésticos de aleación base cobre. El proceso se llevó a cabo antes de la restauración de las piezas empleando un tubo de rayos X con una tensión de pico de 320 kV, suficiente para generar rayos X de alta energía, capaces de atravesar los metales. El análisis de las imágenes radiográficas ha aportado datos que permiten: la identificación de piezas irreconocibles, la evaluación del estado de conservación, la detección de marcas testigo de los procesos de manufactura y la localización de huellas de uso que sugieren hipótesis sobre la función de los objetos, especialmente en el caso de los útiles de hierro.

Palabras clave: Tarteso, «Casas del Turuñuelo», radiografía, herramientas de hierro, bronce, estado de conservación

Abstract

This work presents the radiographic study carried out on a selection of metallic objects unearthed from the Tartessian site “Casas del Turuñuelo”, in Guareña, Badajoz (Spain). The objects, found in different rooms, are mainly: iron weapons, working and muleteer tools, and domestic utensils made of copper-based alloys.

X-ray radiographies were taken before the restoration of the pieces, using an X-ray tube with a peak voltage of 320 kV, enough to generate high-energy X-rays that are capable of penetrating metals.

The analysis of radiographic images has provided data that allow: the identification of unrecognizable objects, the evaluation of the state of conservation, the detection of witness marks of the manufacturing processes; and the discovery of traces of use that suggest hypotheses about the function of the utensils, especially in the case of iron tools.

Key words: Tartessos, "Casas del Turuñuelo", radiography, iron tools, bronze, state of conservation

1. Introducción

La presencia de objetos metálicos en los yacimientos arqueológicos suele ser escasa, en comparación con otros materiales. Los metales con los que se fabrican son reutilizables y caros de obtener por lo que generalmente se llevan consigo cuando se abandona el territorio, y lamentablemente son objeto de expolio mediante detectores de metales.

De todos los que se pueden encontrar, los fabricados en hierro son los que despiertan menos interés, y esto se debe a que en el momento del hallazgo visualmente no son atractivos, incluso llegan a ser objetos informes, por lo que si no se identifican en el momento pasan a un segundo plano y raramente son objeto de exposición. Corresponden generalmente a herramientas y útiles cotidianos, no se trata de vestigios excepcionales, como sí ocurre con las piezas de bronce, oro y plata; salvo cuando forman parte del ajuar en las necrópolis o de rituales de abandono u ofrendas en santuarios (Pernot, 2010: 5). Sin embargo, la conservación y estudio de estas piezas es importante para conocer aspectos de la economía y de la vida diaria de estas sociedades.

Además la metalurgia del hierro es de gran complejidad, los procesos para convertirlo en un material resistente son costosos energéticamente y requieren de un profundo conocimiento y pericia. Esto unido a su elevada tendencia a oxidarse (Selwyn, 2004: 89) lo hacen tremendamente inestable con el paso del tiempo.

Tradicionalmente se dice que en *Tarteso* no es frecuente la aparición de armas y herramientas (Gracia, 2003), pero el yacimiento de Casas del Turuñuelo (Guareña, Badajoz) junto con Cancho Roano (Zalamea de la Serena, Badajoz) (Kurtz, 2003: 296-303) parecen constituirse como excepciones. En el caso del edificio de El Turuñuelo, situado en la comarca natural de las Vegas Altas del río Guadiana, la singularidad se cimienta: primero, en la gran cantidad de material arqueológico aparecido; segundo, al tratarse de un contexto cerrado (Rodríguez González y Celestino, 2019: 180-181), la ubicación de los objetos ofrece numerosas pistas acerca de lo que pudo suceder allí; y tercero, su subsuelo y posterior sellado del edificio a finales del siglo V a. C. han contribuido favorablemente a la conservación de algunos materiales, prueba de ello son los abundantes restos de materiales orgánicos recogidos hasta la fecha (esteras, bolsas de lino, semillas, fragmentos de mobiliario, etc.).

Gracias a la colaboración entre el Instituto de Arqueología (CSIC-Junta de Extremadura), el Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico (SECYR) y el Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE), se ha promovido el estudio radiográfico de una selección de piezas que proceden de los siguientes espacios del gran edificio monumental (Celestino y Rodríguez González, 2020) (figura 1):

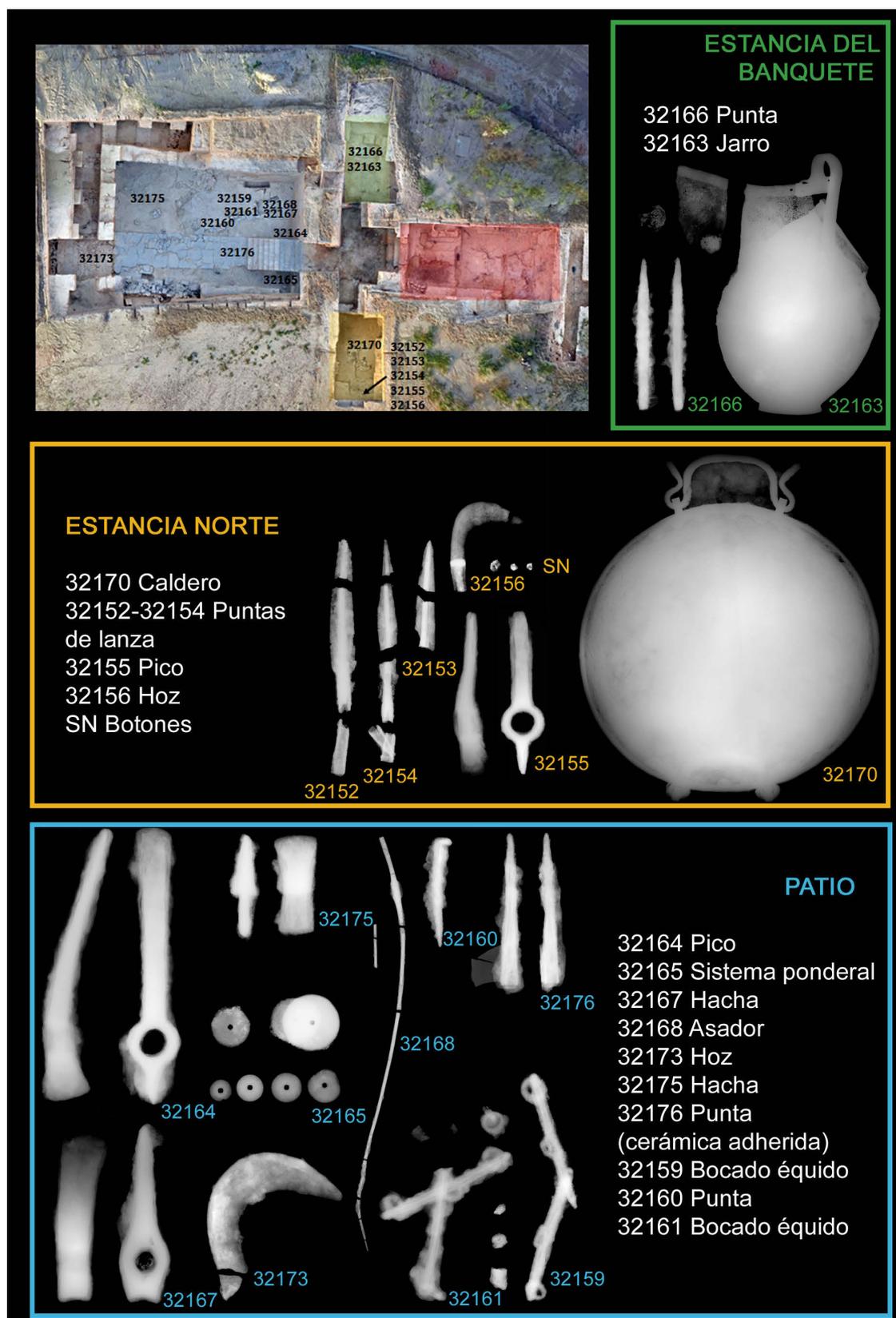


Figura 1. Localización de los objetos metálicos radiografiados en el IPCE: vista aérea del yacimiento de Casas del Turuñuelo (© Construyendo Tarteso) y radiografías agrupadas por estancia (Archivo Gabaldón-Antelo, IPCE)

Figure 1. Location of the radiographed metallic objects in the IPCE: aerial view of the Casas del Turuñuelo site (© Construyendo Tarteso) and radiographs grouped by room (Archivo Gabaldón-Antelo, IPCE)

- Tres puntas de lanza, un pico y una hoz, fabricados en hierro y dos botones y un brasero, de aleación base cobre, asociados a un enterramiento de inhumación aparecido en la estancia norte.
- Un jarro de aleación de cobre y una punta de hierro procedentes de la estancia sur, donde apareció una destacada cantidad de objetos relacionados con la preparación y consumo de alimentos (sala del banquete).
- Un pico, dos hachas, una hoz o podón, dos puntas y dos bocados de équido, todos de hierro, y un lote de siete ponderales y un asador, ambos de aleación base cobre en el patio, espacio en el que se ha documentado la hecatombe.

2. La técnica radiográfica en los metales de procedencia arqueológica: metodología

La radiografía es la técnica de imagen más fructífera con los metales de procedencia arqueológica ya que aporta gran cantidad de información útil para su identificación y estudio, pero fundamentalmente para abordar los procesos de conservación y restauración (Barrio *et alii*, 1999). Y en el caso de los hierros es especialmente valiosa, pues más que en otros metales las espesas capas de corrosión frecuentemente ocultan la forma original del objeto.

Para el estudio de las piezas de Casas del Turuñuelo se seleccionaron aquellas en las que su identificación no era posible o evidente y las que por su estado de conservación requerían de una imagen de su estructura interna para asegurar una restauración con las máximas garantías.

La actuación se desarrolló en la instalación radiactiva del IPCE, que permite trabajar con haces de rayos X de alta energía. El equipo utilizado fue uno industrial fijo, marca Yxlon International, modelo MG 325/41 con tubo MCN 321, de potencial constante, con ventana de berilio y tensión de pico de 320 kV. Los parámetros de irradiación se ajustaron para cada pieza o conjunto de piezas de similar grosor y densidad (tabla 1).

Pieza	Vista	Voltaje (kV)	Intensidad (mA)	Distancia tubo-película (m)	Tiempo (s)	Exposición* (s · mA/m ²)	Foco
32154 punta de lanza	frontal	130	5	2	60	75	fino
32159 bocado équido	general	150	5	2	80	100	grueso
32167 hacha pico hierro	frontal	250	5	2	80	100	grueso
	perfil	300	5	2	80	100	grueso
32176 herramienta con cerámica	frontal	250	5	2	10	12,5	grueso
32163 jarro bronce	frontal	150	5	1,5	90	200	grueso
32165 ponderales	general	300	5	2	80	100	grueso

Tabla 1. Parámetros de irradiación de algunas de las piezas radiografiadas. La exposición se calcula mediante la fórmula: Intensidad × Tiempo/Distancia²

Table 1. Irradiation parameters of some of the radiographed pieces. Exposure is calculated using the formula: Intensity × Time/Distance²

Como sistema de captación se ha usado película radiográfica del tipo II, norma ASTM (D-7 de AGFA), en formato rollo, de 30,5 cm de ancho, que proporciona una alta resolución.

Asimismo, al trabajar con altas energías se incrementa el problema de la radiación dispersa que genera un velo uniforme sobre la película, reduciendo su contraste y definición. Para disminuir su efecto se recurrió al empleo de colimador y filtro de aluminio de 3 mm en la salida del tubo y un chasis metálico con pantallas reforzadoras de plomo para las placas de detección (Antelo *et alii*, 2017: 25).



Figura 2. Imágenes visibles (SECYR) y radiográficas (Archivo Gabaldón-Antelo, IPCE): a. botones. b. punta de lanza 32154 y detalle del regatón. c. proyecciones realizadas con panel plano de la herramienta 32175. d. bocado 32159 antes y después de la restauración

Figure 2. Visible (SECYR) and radiographic images (Archivo Gabaldón-Antelo, IPCE): a. buttons. b. spearhead 32154 and detail of the ferrule. c. projections carried out with flat panel of the tool 32175. d. horse bit 32159 before and after restoration

Una vez reveladas las placas, en procesadora automática, se digitalizaron con un escáner por transmisión, que ofrece una resolución de 50 micras, una densidad óptica de hasta 4,7 y una profundidad de 12 bpp.

En una de las piezas, la herramienta 32175¹, se empleó también un sistema de captación directa digital: un panel plano con detector de silicio amorfo de 43 × 35 cm de la casa PERKIN ELMER, que ofrece una resolución de 100 μm. Su bajo tiempo de captación (449,971 ms) y de retardo (4000 ms) permitieron obtener siete proyecciones de la pieza, tras girarla 30° en cada una de ellas, con un tiempo de irradiación mucho menor al necesario con película.

3. Interpretación de resultados

En primer lugar, gracias a la mayor densidad radiográfica de los metales, en comparación con la de los minerales que componen los productos de corrosión, las tierras y carbonatos que cubren las piezas, la radiografía permite delimitar la forma de los objetos y, por tanto, posibilita su identificación cuando no pueden ser catalogados en el propio yacimiento. Este es el caso de dos fragmentos irreconocibles encontrados en la estancia norte, cuya radiografía reveló que se trataba de dos botones, que posiblemente formaban parte de la decoración de los braseros hallados en la misma estancia (figura 2-a). También

¹ Para identificar las piezas se ha empleado la numeración del Sistema Integrado de Gestión de Intervenciones (SIGI) del IPCE.

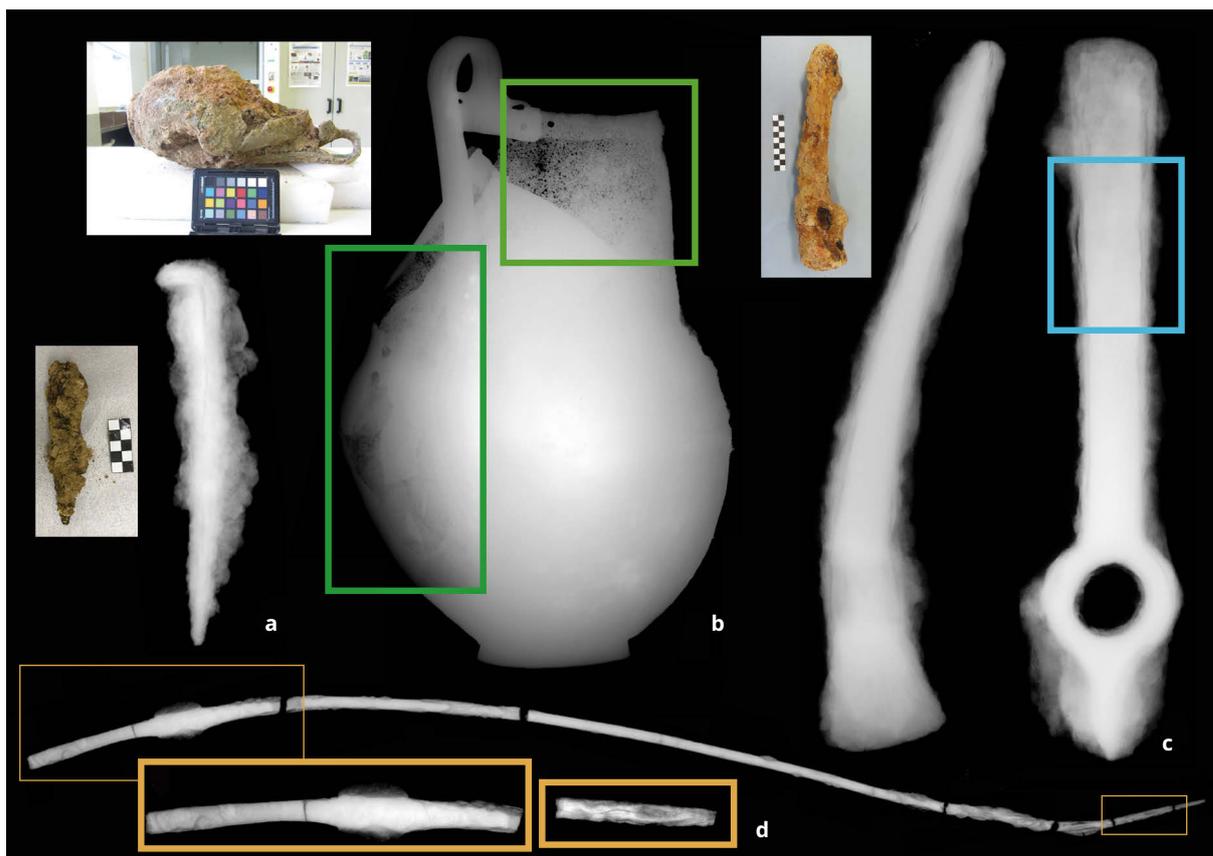


Figura 3. Detalles radiográficos que permiten evaluar el estado de conservación: a. grieta en la herramienta 32160. b. fractura y deformación del jarro de bronce 32163. c. capas de corrosión del pico 32164. d. ampollas de corrosión en el asador 32168. Imágenes visibles del SECYR y radiografías del Archivo Gabaldón-Antelo, IPCE

Figure 3. Radiographic details to evaluate the state of conservation of pieces: a. crack in the iron tool 32160. b. fracture and deformation of bronze jar 32163. c. corrosion layers of the peak 32164. d. corrosion blisters in roasting spit 32168. Visible images from IPCE and radiographs from Gabaldón-Antelo archive, IPCE

se identificó un regatón pegado a la parte posterior de una punta de lanza (32154, figura 2-b) exhumada en la misma habitación, que podría sugerir un proceso de inutilización, bien por desmontaje del arma o por rotura intencionada del astil. Por otra parte, las distintas proyecciones realizadas a la herramienta 32175 del patio mediante radiografía digital mostraron la forma de una pequeña hacha con el empuñadura exterior (figura 2-c). En ocasiones, el objeto ya llega identificado al laboratorio, pero sus partes no son discernibles. Ello sucede con los bocados de caballo, en los que la radiografía permite diferenciar las distintas partes de la embocadura, unidas por la corrosión, y definir el perfil de las anillas de articulación o de sujeción de las riendas (Quesada, 2005: 117) (figura 2-d). Igualmente, la imagen radiográfica del asador o espetón, encontrado fracturado, ha permitido su reconstrucción virtual previa sin manipulación del objeto (figura 3-d).

La información por excelencia extraída del examen radiográfico es el estado de conservación de las piezas. Esta documentación gráfica previa al proceso de restauración es esencial, ya que se pueden observar detalles como la ubicación y el alcance de las microfisuras y grietas en algunas de las herramientas (figura 3-a); el perfil exacto de las líneas de fractura y deformaciones por aplastamiento o impacto, como en el caso del jarro de bronce 32163 de la estancia del banquete (figura 3-b); capas de corrosión hojaldradas alrededor del núcleo metálico, como en el pico 32164 (figura 3-c) y la fuerte mineralización de algunos bronce, como la del asador 32168, que incluye ampollas producidas por sales, posiblemente acrecentadas por su exposición al fuego (figura 3-d).

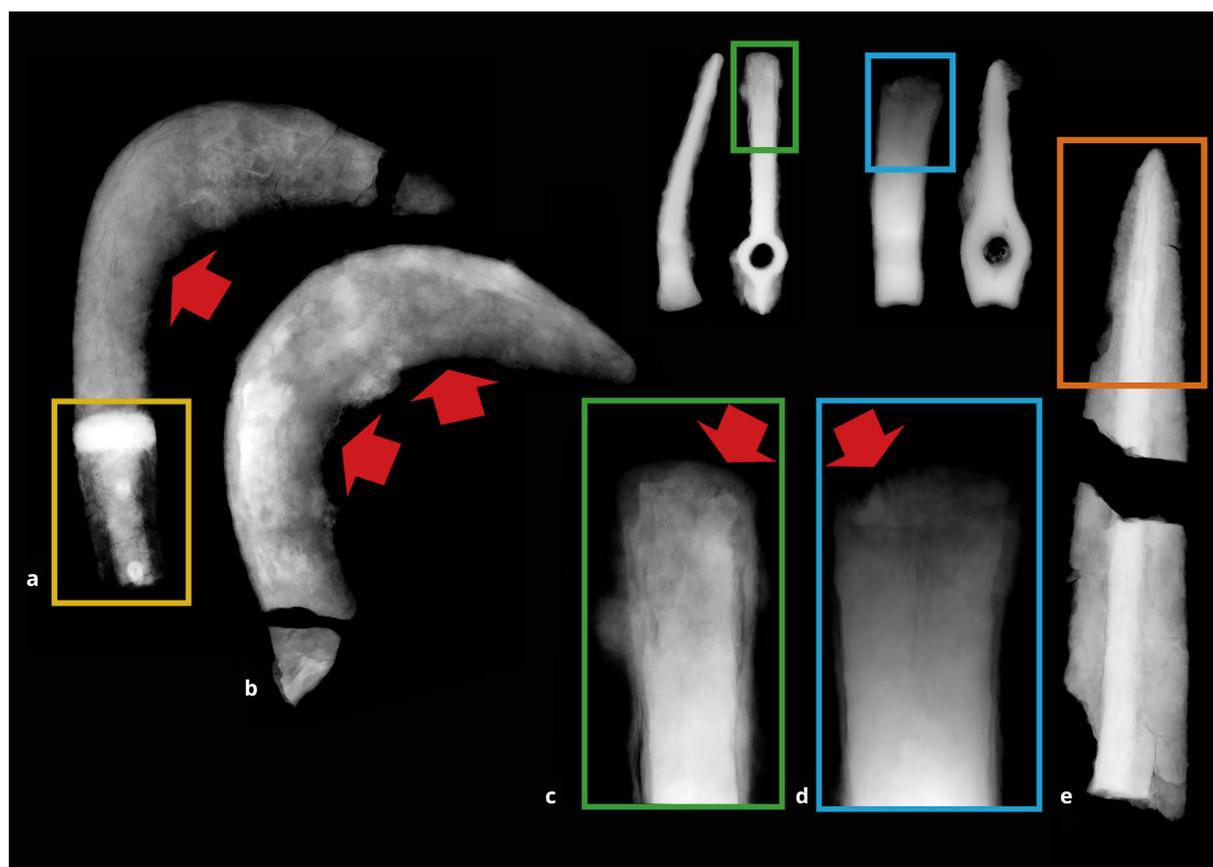


Figura 4. Detección de huellas de uso en: las hoces (a) 32156 y (b) 32173 y en los picos (c) 32164 y (e) 32167; y (d) línea de tensión en la nervadura de la punta de lanza 32153 (Archivo Gabaldón-Antelo, IPCE)

Figure 4. Detection of use traces in: sickles (a) 32156 and (b) 32173 and in peaks (c) 32164 and (e) 32167; and (d) tension line in the central rib of the spearhead 32153 (Archivo Gabaldón-Antelo, IPCE)

Otro de los elementos evidenciados en las radiografías son las marcas de los procesos tecnológicos de manufactura de los objetos. En los hierros se aprecian las grietas y/o líneas de tensión que siguen la dirección del trabajo de forjado. Por ejemplo, en la zona curvada de la hoja de la hoz 32156 (figura 4-a), alrededor del ojo del hacha pico 32167 (figura 5-b) o en la nervadura de la punta de lanza 32153 (figura 4-e). En cambio, el jarro de bronce 32163 muestra zonas con gran porosidad, fruto de un proceso de fundición imperfecto, al no existir una salida para los gases eficiente durante la colada (Lang y Middleton, 2006: 52-53) (figura 3-b).

Del mismo modo, en el estudio de los documentos radiográficos se observan huellas de uso. Los filos de las hoces 32173 y 32156 y de los picos 32164 y 32167 (figura 4 a-d), revelan zonas muy deterioradas y con desgaste en ocasiones asimétrico, seguramente por un uso intenso o prolongado en el tiempo.

La radiografía es también una técnica óptima para descubrir decoraciones o graffías ocultas. Mientras en el lote de ponderales no se ha detectado ninguna marca numeral, sí se ha podido localizar en el empuñadura de la hoz 32156 parte de los clavillos de sujeción al mango (figura 4-a), y en el interior del brasero 32170 el asa oculta por la colmatación de tierra, así como los remaches semiesféricos para la unión de las propias asas (figura 5-a).

Por último, sirve para clarificar en qué modo han quedado adheridos restos de otros materiales a los metales. En el ojo del hacha pico 32167 se observan restos de madera del mango junto con minerales propios del sedimento y de la corrosión del hierro que han ido sustituyendo a la madera, manteniendo su estructura en un reemplazo pseudomórfico (Scott, 1992: 143) (figura 5-b).

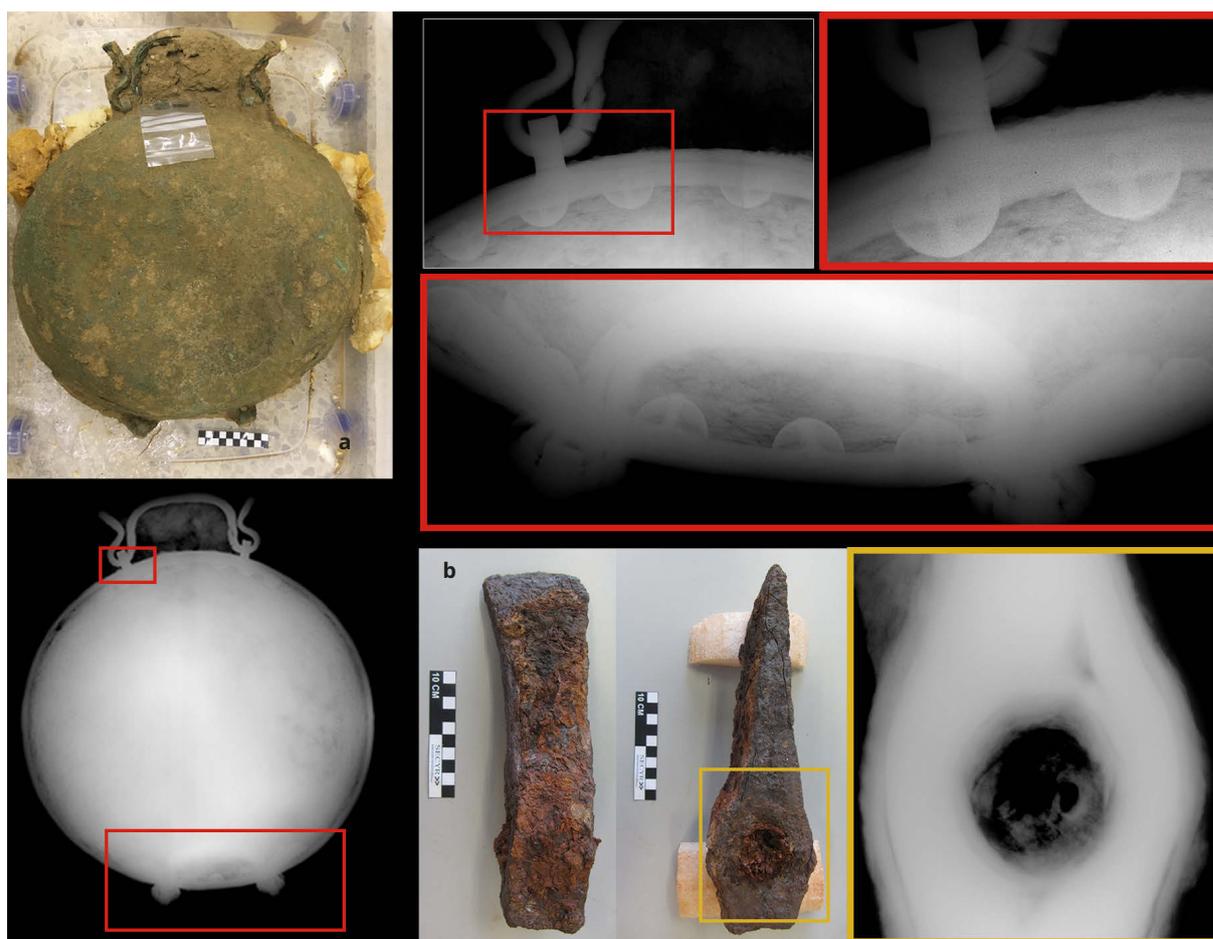


Figura 5. a. Elementos ocultos del brasero 32170 revelados por la radiografía: asa y remaches semiesféricos. b. restos de madera en el ojo del hacha pico 32167 y línea de tensión alrededor del mismo. Imágenes visibles del SECYR y radiografías del Archivo Gabaldón-Antelo, IPCE

Figure 5. a. Hidden elements of brazier vessel 32170 revealed by radiography: handle and hemispherical rivets. b. remains of wood in the eye of the pickaxe 32167 and line of tension around it. Visible images from IPCE and radiographs from Gabaldón-Antelo archive, IPCE

4. Conclusiones e hipótesis de trabajo

Las piezas, en general y salvo excepciones, se conservan completas y permiten su identificación inequívoca. Se ha delimitado la forma y los elementos de cada una de ellas, y se han localizado las zonas más frágiles. Las líneas de fractura son recientes, salvo en una de las hoces que estaba incompleta, el asador o el jarro.

No hay indicios de inutilización en las piezas fabricadas en hierro, si exceptuamos las puntas de lanzas que podrían haberse desmontado o quebrado para su enterramiento junto al cadáver, como si se tratara de un ajuar, tal como sugiere la colocación del regatón antes mencionado o el jarro que evidencia signos de aplastamiento, pero no puede determinarse si se debe a una acción intencionada o ha sido producido durante la amortización del edificio. Este hecho contrasta con la destrucción intencional del propio inmueble y el resto de piezas aparecidas en las diversas estancias: bañera, escultura, cerámica, vidrios, etc. (Rodríguez González y Celestino, 2017 y 2019; Celestino y Rodríguez González, 2019).

Resulta difícil, conociendo que el edificio no está excavado en su totalidad, aventurarse en la posible función que pudo desempeñar cada una de las piezas radiografiadas. *A priori* se trata de útiles y herramientas de hierro y aleación base cobre relacionadas con actividades agrícolas, ganaderas, cinegéticas

o con el cocinado y preparación de alimentos. Las huellas de un uso intenso o prolongado anteriormente aludidas así lo atestiguan. Curiosamente estas herramientas se atesoran en edificios como este y el de Cancho Roano, lo que refleja el estatus político de estos enclaves, controlando las herramientas de trabajo que los asentamientos campesinos cercanos necesitaban para el trabajo agrícola (Rodríguez González, 2020: 288, 297).

Al mismo tiempo, la disposición en el yacimiento de algunos de los útiles, especialmente los del patio, apunta a que pudieron ser utilizados durante el ritual de sacrificio (Celestino y Rodríguez González, 2019), convirtiéndose en objetos polifuncionales. Como apunta Ana Cabrera Díez (2010: 367-369), cualquier ceremonia ritual que incluye un sacrificio animal como el de El Turuñuelo implica una secuencia de actos en los que participaría un utillaje específico, por lo que algunas de las piezas radiografiadas podrían haber desempeñado un papel relevante.

En el suelo del cuadrante suroccidental del patio, en torno a una caja de pizarra (cista) de la que parte una atarjea (conducto de desagüe) en plano inclinado (Celestino y Rodríguez, 2019) para facilitar el vertido y la recogida de líquidos, muy probablemente la sangre, se ha localizado una de las hachas, la 32167. Su parte posterior roma apuntaría a su empleo como maza para golpear en la testuz del équido o en la nuca del bóvido. Del mismo modo, la punta de hierro 32160 próxima también podría haberse usado para desangrar al animal, una vez abatido, igual que se haría con un cuchillo.

Al otro lado, en el cuadrante suroriental se encontró aislada otra herramienta, la pequeña hacha 32175, entre una acumulación de esqueletos que por su disposición radial sugeriría actividades compatibles con la evisceración, despiece y descarnado. Fuera de este círculo y junto al umbral de la puerta opuesta a las escaleras que dan acceso al patio, otro utensilio que llama la atención es la hoz podón 32173. El doble filo de su hoja podría haberse usado para degollar, o para deslizarse con facilidad a lo largo del abdomen para abrirlo.

A pesar del trabajo cuidadoso en la restauración, minimizando cualquier pérdida de la superficie original, no se pueden identificar huellas de uso relacionadas con el ritual en las herramientas, pues si existieron, se han perdido por el proceso de corrosión. Sin duda, para poder confirmar nuestras hipótesis, pues alguna de estas labores de carnicería (también documentadas en Cancho Roano), salvo el desollado o los posibles golpes efectuados en las cabezas, no tienen por qué dejar marcas o estrías en los esqueletos, habrá que esperar a los resultados de los estudios en curso del equipo de arqueozoología (Lira *et alii*, 2020).

Agradecimientos

Agradecemos a Ana Rosa García, Beatriz Mayans y Carmen Vega, del equipo de Estudios Físicos del IPCE, la generación del material radiográfico, a M^a Cruz Medina del SECYR por su colaboración, y a las arqueozoólogas Pilar Iborra y Silvia Albizuri por sus aportaciones.

Bibliografía

- Antelo, T., Bueso, M., Gabaldón, A. y Martín Costea, A. (2017): *La técnica radiográfica en los metales históricos*. Subdirección General del Instituto del Patrimonio Cultural de España. Madrid.
- Barrio, J., Hermana, F. y Del Ojo, G. (1999): “Técnicas de radiología y estado de conservación de hierros prerromanos”. *9º Congreso Nacional END*, Vitoria: 239-251.
- Cabrera, A. (2010): *El ritual del sacrificio de animales en la cultura ibérica: una perspectiva arqueológica*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Celestino, S. y Rodríguez González, E. (2019): “Un espacio para el sacrificio: el patio del yacimiento tartésico de Casas del Turuñuelo (Guareña, Badajoz)”. *Complutum*, 30(2): 343-366.
- Celestino, S. y Rodríguez González, E. (2020): “Actualidad en la investigación arqueológica en España: el yacimiento de Casas del Turuñuelo (Guareña, Badajoz)”. En A. Carretero y C. Papí (coords.): *Actualidad de la Investigación Arqueológica en España I (2018-2019)*. Museo Arqueológico Nacional. Madrid: 9-27.
- García, F. (2003): *La guerra en la protohistoria. Héroes, nobles, mercenarios y campesinos*. Ariel Prehistoria. Barcelona.
- Kurtz, G.S. (2003): “Los hierros de Cancho Roano”. En S. Celestino (ed.): *Cancho Roano. VIIIHX, los materiales arqueológicos III*. Consejería de Cultura. Junta de Extremadura. Mérida: 293-366.
- Lang, J. y Middleton, A. (2006): *Radiography of cultural material*. Routledge. Oxford.
- Lira, J. et alii (2020): “Los caballos sacrificados del yacimiento tartésico de Casas del Turuñuelo (Guareña, Badajoz): un estudio multidisciplinar”. *Badajoz Veterinaria*, (20): 6-15.
- Pernot, M. (2010): “Técnicas del metal, artesanos y talleres en las sociedades antiguas: de la edad del Bronce final al periodo romano en la Europa occidental”. *Bulletin de l’Institut Français d’Études Andines*, 39(2): 331-350. <<http://dx.doi.org/10.4000/bifea.1966>>.
- Quesada, F. (2005): “El gobierno del caballo montado en la Antigüedad clásica con especial referencia al caso de Iberia. Bocados, espuelas y la cuestión de la silla de montar, estribos y herraduras”. *Gladius*, 25: 97-149.
- Rodríguez González, E. y Celestino, S. (2017): “Las estancias de los dioses: la habitación 100 del yacimiento de Casas del Turuñuelo (Guareña, Badajoz)”. *CuPAUAM*, 43: 179-194.
- Rodríguez González, E. y Celestino, S. (2019): “Primeras evidencias de un banquete: análisis arquitectónico y material de la estancia S-1 del yacimiento de Casas del Turuñuelo (Guareña, Badajoz)”. *CuPAUAM*, 45: 179-202.
- Rodríguez González, E. (2020): “¿Y los campesinos dónde están? Una propuesta de análisis para el estudio del campesinado y su aplicación en el valle medio del Guadiana durante la I Edad del Hierro”. *Complutum*, 31-2: 279-303.
- Scott, D. (1992): *Metallography and microstructure in ancient and historic metals*. Getty publications.
- Selwyn, L. (2004): *Metals and corrosion: a handbook for the conservation professional*. Canadian Conservation Institute.



MetalEspaña 2020/2021

III Congreso de Conservación y Restauración del Patrimonio Metálico

Joaquín Barrio Martín
Milagros Buendía Ortuño (eds.)

El volumen 6 de la Serie Anejos a CuPAUAM recoge la publicación de las Actas del III Congreso de Conservación y Restauración del Patrimonio Metálico, *MetalEspaña 2020/2021*. Esta monografía es el resultado de las actividades científicas llevadas a cabo en los tres días de sesiones. En sus páginas se integran, de una manera muy equilibrada entre investigación e intervención, trabajos con unos contenidos multidisciplinares en su carácter analítico, deontológico y técnico. Con ello se demuestra que la combinación de Ciencia, Tecnología Aplicada y Conservación-Restauración es la mejor manera de abordar la recuperación y cuidado de los objetos que componen el Patrimonio Metálico.

Las Actas que se editan en esta monografía han sido posibles gracias a la implicación y al trabajo conjunto de las tres instituciones organizadoras de *MetalEspaña 2020/2021*: Universidad Autónoma de Madrid (SECYR), la Subdirección General de los Museos Estatales (Museo Nacional de Arqueología Subacuática ARQVA) y la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre (Museo Casa de la Moneda).