

La técnica radiográfica en los metales históricos

Ministerio
de Cultura



La técnica radiográfica en los metales históricos

www.mcu.es
www.060.es

Textos

Tomás Antelo, Instituto del Patrimonio Cultural de España
Miriam Bueso, Instituto del Patrimonio Cultural de España
Araceli Gabaldón, Instituto del Patrimonio Cultural de España
Antonio Martín Costea, Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CSIC)

Traducción español-inglés

Mike Boone y Mary Black

Digitalización

Ángeles Anaya

Colaboración de

Tamara Alba y Carmen Vega

Fotografías

Fundación Lázaro Galdiano, Instituto del Patrimonio Cultural de España y Museo de Burgos



MINISTERIO DE CULTURA

Edita:

© SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA
Subdirección General
de Publicaciones, Información y Documentación

© De los textos e imágenes: los autores

NIPO: 551-10-114-9
ISBN: 978-84-8181-469-9
Depósito legal: M-52653-2010

Imprime: Lucam
Papel reciclado



MINISTERIO
DE CULTURA

Ángeles González-Sinde
Ministra de Cultura

Mercedes E. del Palacio Tascón
Subsecretaria de Cultura

Ángeles Albert
Directora General de Bellas Artes y Bienes Culturales

ÍNDICE

	Pág.
Introducción	15
Capítulo 1. La técnica radiográfica y protocolo de actuación en el Instituto del Patrimonio Cultural de España	17
Capítulo 2. Elenco de piezas y su interpretación radiográfica	41
1 Puntas de lanza	43
2 Hachas de talón y dos anillas	47
3 Valva de molde para hacha de talón y dos anillas	51
4 Tarro tartésico	55
5 Puñal votivo	59
6 Torques	63
7 Espada	67
8 Tenazas	71
9 Baco	75
10 Espada	79
11 Placa de Botorrita	83
12 Escultura denominada <i>Doríforo</i>	87
13 Estuche médico	91
14 Bronce de Bembibre	95
15 <i>Missorium</i>	99
16 Broche de cinturón	103
17 Espada llamada <i>Tizona</i>	107
18 Relicario	111
19 Casco	115
20 Matrimonio desigual	119
Capítulo 3. Relación de discontinuidades en imágenes radiográficas de objetos metálicos con valor histórico-artístico	125
Capítulo 4. Sirvan de ejemplo	131
Capítulo 5. Bibliografía	141
VERSIÓN EN INGLÉS	229

«... Pues ni el oro, ni la plata, ni el cobre, ni el hierro, en ningún lugar de la tierra se ha comprobado hasta ahora que se produzcan en tan gran cantidad ni de tan alta calidad...» (Geografía III 2,8).

Con estas palabras hace dos mil años Estrabón alababa el buen hacer de la minería y la metalurgia en Iberia. Dos milenios más tarde, la ciencia y la tecnología son capaces de extraer una valiosa información de aquellos objetos y obras de arte elaborados con esmero por artesanos —que han permanecido hasta nuestros días— y se pueden contemplar en muchos de nuestros museos. Esto es lo que pretende la publicación que aquí se presenta: devolver al pasado el esplendor de una actividad metalúrgica por la que nuestra tierra fue admirada.

Por ello ha sido necesario reunir a técnicos de dos instituciones con una amplia tradición en el estudio de los metales que han aunado sus esfuerzos, y fruto de esta excelente colaboración —forjada desde hace décadas— nace esta publicación tan soñada por sus autores. Por una parte el Instituto del Patrimonio Cultural de España, un centro que vela por la conservación de los bienes culturales, y por otra el Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CSIC), el centro por excelencia de los estudios metalúrgicos de este país. En definitiva, Ciencia e Historia se funden para crear un trabajo que pretende ahondar en el conocimiento de los Bienes Culturales metálicos desde una mirada interdisciplinar muy enriquecedora.

En estos tiempos en los que la tecnología se adapta y se aplica a velocidad de vértigo en el diagnóstico, conocimiento y conservación de los Bienes Culturales que integran el Patrimonio, el IPCE siempre apuesta por el compromiso de que la conservación de nuestro patrimonio histórico y artístico necesita traspasar

fronteras y por ello sólo puede ser afrontado con eficacia con la colaboración de otras instituciones especializadas como es en este caso el CENIM.

Tampoco debemos olvidar que desgraciadamente existen pocas publicaciones, en especial en español, que centren su atención en el estudio de un patrimonio tan interesante como es el metálico, especialmente desde un aspecto tan técnico, por lo que con ello pretendemos cubrir un vacío incomprensible.

Por último, el IPCE tiene un firme compromiso con la divulgación y difusión de los resultados que se fraguan de sus investigaciones; por este motivo se ha realizado un verdadero esfuerzo para publicarlo bilingüe en español y en inglés.

Por todas estas razones apuntadas creemos que esta publicación se presenta como una magnífica oportunidad para aquellos profanos que quieran acercarse a un mundo tan apasionante como es la técnica radiográfica, y para los que deseen profundizar todavía más en una técnica que, aunque tradicional, ofrece unas posibilidades inagotables de conocimiento.

Alfonso Muñoz Cosme
Subdirector general del IPCE

La colaboración del CENIM en trabajos, estudios y proyectos relacionados con la Arqueología es, desde siempre, continua y fructífera. El estudio de los bronce hallados en Tielmes, la restauración del Giraldillo, de las fuentes de los jardines del Palacio de la Granja, el análisis del tesoro del Carambolo y sus maravillosas piezas logradas por soldadura realizada por difusión atómica, son una pequeña muestra de otros trabajos sistemáticos que, además de en diferentes publicaciones de relevancia internacional, dieron lugar al Congreso de Conservación y Restauración del Patrimonio Metálico, MetalEspaña 08, que se celebró los días 10, 11 y 12 de abril de 2008 en el Campus de la Universidad Autónoma de Madrid. Se convocó con el objetivo de ser un foro de comunicación y encuentro de todos los profesionales, restauradores, conservadores, arqueólogos, historiadores del arte, investigadores, etc., que trabajamos en España en el campo de la conservación y restauración del Patrimonio Metálico.

Desde esta perspectiva quiso ser por primera vez el medio y el marco más adecuado donde se presentasen al público los logros de los proyectos más destacados de intervención y los últimos avances en innovación tecnológica e investigación aplicada a la conservación de objetos y obras confeccionadas en metal, que en los últimos años se han realizado en España. Dentro de este contexto nos complace remarcar el hecho de que a principios del decenio de 1980, el entonces denominado Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte (Ministerio de Cultura) y la Escuela de Restauración —carentes de las instalaciones y medios adecuados— solicitaron al Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) la realización e interpretación de radiografías de los objetos metálicos por ellos a tratar, en la instalación de Radiología Industrial de nuestro organismo. Allí comenzó una colaboración desinteresada por parte del CENIM que, en solución de continuidad, se mantiene hasta nuestros días con el Instituto del Patrimonio Cultural de España. Es de notar que sobre el tema de la radiografía en metales pertenecientes al Patrimonio Cultural apenas existe alguna publicación, casi no tenemos noticia de ellas a nivel nacional y muy escasas a nivel internacional.

En aquellas fechas antes mencionadas, además de la obtención de los documentos radiográficos y

su interpretación, se inició en estas técnicas al personal de los dos organismos solicitantes. Como consecuencia, pasaron por las instalaciones del CENIM piezas consideradas entre las más importantes y valiosas del Patrimonio Cultural metálico español, tales como los bronce de Azaila, el thymiaterion de Calaceite, el tesoro del Delfín y un largo etcétera.

También en el inicio de los años ochenta del pasado siglo se publicaron en Revista de Metalurgia (órgano de difusión de los trabajos científicos de este Centro y única revista en castellano recogida en los baremos oficiales de evaluación) los primeros trabajos de Arqueometalurgia, pioneros de las publicaciones de este género en España. Igualmente, otros organismos y profesionales vinculados a la Arqueología y a la Conservación solicitaban la realización de diversos análisis e informes oficiosos.

Todo ello supuso que un Centro tecnológico como el CENIM se implicara con cierta profundidad en el análisis y estudio del Patrimonio Cultural Metálico español, y fruto de esta colaboración permanente con el IPCE ha sido, además de lo referente al campo radiológico, la publicación de varios trabajos y la presentación de comunicaciones a diversos congresos nacionales e internacionales por personal de los dos organismos.

El libro que aquí prologamos viene a ser la culminación de esta colaboración tan fructífera que esperamos y deseamos siga en el futuro, dando lugar a resultados tanto en el área que nos ocupa como en todas aquellas en las que podamos resultar de alguna utilidad. El trabajo presentado en este libro es el fruto de una ardua y profesional labor que demuestra la posibilidad de aunar la técnica con el arte, nos congratulamos y felicitamos en la medida en que nos afecta el haber sido partícipes de llevar a buen puerto una labor que redundará en beneficio del acervo cultural de nuestra sociedad.

Manuel Carsí Cebrián
Director del CENIM (CSIC)

Cuando comenzamos nuestra andadura radiográfica en el antiguo Instituto de Conservación de Obras de Arte (ICROA), nos encontramos con que no se podía atender la frecuente demanda de estudios radiográficos del departamento de restauración arqueológica. Aunque ya se contaba con equipos de rayos X adecuados para trabajar a altas tensiones, y por lo tanto para radiografías de metales, no se podían utilizar dado que no se disponía de un recinto adecuado; por otro lado, no se contaba con experiencia en ese campo.

Los restauradores nos explicaron que habían tenido colaboraciones esporádicas con el Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM-CSIC) y nos hablaron de la calidad de los profesionales que había en aquella institución, lo que nos animó a dirigirnos a su Director y solicitar su ayuda.

Nuestra sorpresa no fue encontrarnos con unos magníficos profesionales, que ya sabíamos que existían, sino comprobar la gran formación de algunos de ellos en el campo de las Bellas Artes y muy especialmente en la Arqueología, áreas que pensábamos estaban muy alejadas de las habituales del CENIM.

Entre estos profesionales destacaba Antonio Martín Costea por sus vastos conocimientos de la técnica

radiográfica y de la forma de elaboración de los objetos metálicos antiguos. Desde el primer momento en que puso a nuestra disposición todos sus conocimientos no ha dejado de apoyarnos a lo largo de estos años, y no sólo a nosotros, sino también a todos nuestros compañeros de restauración que le han solicitado su apoyo. Esto nos ha permitido adentrarnos en el difícil campo de los análisis radiográficos de los objetos metálicos, y decidimos a afrontar la difícil tarea de escribir este libro, que sin su participación muy probablemente no nos habríamos atrevido a ejecutar.

Sirvan pues, una vez más, estas pocas líneas de agradecimiento a esta persona que tanto nos ha ayudado a avanzar en este campo.

Tomás Antelo y Araceli Gabaldón
Estudios Físicos. Área de Laboratorios. IPCE

Introducción

Sobre el tema de la radiografía en metales pertenecientes al Patrimonio Cultural apenas existe alguna publicación, no tenemos noticia de ellas a nivel nacional y escasísimas a nivel internacional.

Las publicaciones internacionales sobre este tema son de tipo generalista; por el contrario, la que nosotros presentamos es específica sobre el Patrimonio Cultural metálico español y, aún más, significativa de los materiales de este tipo que se estudian radiográficamente en el Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE).

Pero aún aumenta más su valor por haber sido seleccionado un conjunto de piezas que cubren en buena medida todo el período que va desde el Bronce Final Atlántico hasta finales del siglo XVIII o principios del XIX.

También hemos considerado que este estudio debía referirse a todos los metales prehistóricos e históricos y, por eso, se estudian piezas de oro, plata, materiales base cobre y objetos féreos.

Si bien se podrían haber elegido piezas mucho más espectaculares (aunque algunas de las aquí representadas realmente lo son) se ha preferido que, además de estar constituidas por diferentes metales, estuvieran fabricadas con procedimientos diversos que son, sin duda, característicos de cada época. Así, el sacrificio de la espectacularidad o belleza del objeto queda suplido por el interés que implica el amplio

valor técnico que supone la pluralidad de las piezas aquí representadas, que es lo que más va a interesar tanto al restaurador o conservador como al investigador.

Pero no importa exclusivamente el aspecto técnico de la publicación, que como ya apuntábamos viene a llenar una importante laguna del estudio del Patrimonio Cultural, también se muestran en esta obra algunos de los aspectos relacionados con la metodología, interdisciplinaridad, organización, etc. que para este fin cuenta el IPCE; todo lo que en este libro se presenta puede servir de pauta a otros organismos e instituciones (que dedican una parte de sus esfuerzos a la conservación y restauración de los objetos metálicos con valor histórico) para un mejor ordenamiento y resultado de estos trabajos, ya que el IPCE viene demostrando desde hace tiempo la validez y buen método en los protocolos de actuación en estos análisis y estudios.

Cabe considerar, además, el buen resultado que se consigue de la colaboración de diversos organismos, en este caso el IPCE y el Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CSIC), organismo este último que en el presente caso aporta, entre otros, la interpretación radiográfica de estos objetos para lo que se necesita conocer, en cada caso, los materiales y procesos de obtención de cada pieza en su contexto temporal y cultural.

Capítulo 1

La técnica radiográfica y protocolo de actuación en el Instituto del Patrimonio Cultural de España

La técnica radiográfica y los bienes culturales

Desde la creación del Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE) con el nombre de Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte (ICROA), se ha dado gran importancia a los estudios previos a los procesos de conservación-restauración, valorando la radiografía como una de las técnicas que proporciona una mayor información a la hora de analizar el proceso de restauración al que debe ser sometido el Bien Cultural. Gracias a esta avanzada visión, en el IPCE existe un archivo radiográfico en cuyos fondos se pueden encontrar radiografías de una gran variedad de objetos metálicos.

El colectivo de los restauradores y arqueólogos ha tenido mucha importancia en la formación de este archivo, al ser uno de los primeros en valorar la importancia que la radiografía tenía para el estudio de las piezas que aparecían en sus excavaciones.

Con esta técnica se pueden detectar indicios relativos a los procesos de fabricación, tipos de soldadura, discontinuidades de la colada, etc. Suelen ser espectaculares, además de ilustrativos, los documentos radiográficos obtenidos en piezas metálicas cuya

decoración está cubierta por capas de corrosión superficial. La decoración queda patente en la placa con más o menos intensidad. Ello depende, por un lado, de la diferente absorción del material de la placa base y del de la decoración y, por otro, de la profundidad que tenga la incisión. Puede ocurrir que, aunque en la radiografía se determine con claridad una imagen si ésta es más oscura que su entorno ello se deba sólo a la incisión de un motivo decorativo, como a veces se puede demostrar después de la limpieza.

Los materiales enterrados frecuentemente aparecen cubiertos de concreciones que no permiten distinguir el tipo de objeto, por lo que su catalogación resulta muy complicada. Para conocerlos se les debe efectuar una limpieza que elimine estos depósitos que en ocasiones puede llegar a triplicar el volumen de la pieza. La limpieza, de por sí dificultosa, se agrava en estos casos al no conocer el alcance de la capa de recubrimiento, por lo que la radiografía representa una valiosa ayuda. Éste es el motivo por el que los restauradores, desde los tiempos fundacionales del Instituto, solicitaban el análisis radiográfico. Se ha dado el caso de que, con la radiografía, se descubriera que bajo unos sedimentos no existía

una pieza con valor arqueológico —lo que se detectó fue una chapa de cierre de una botella—, de ese modo se evitó al restaurador un trabajo que habría resultado infructuoso.

Por otro lado, siempre es interesante conocer el estado de conservación del Bien Cultural. El análisis de la placa radiográfica puede permitir observar alteraciones sufridas a lo largo de su vida material tales como grietas, fisuras, roturas, etc., así como reintegraciones llevadas a cabo en restauraciones antiguas en las que los criterios eran muy diferentes a los actuales.

Estas restauraciones, en muchos casos inadvertidas para el público profano a la restauración no lo son para el restaurador quien, en la inspección visual, advierte una serie de indicios que le hacen comprender que la pieza está intervenida.

En resumen, esta técnica informa sobre su estado interno, deterioro no visible, posibles restauraciones y ayuda a diferenciar los distintos materiales que componen el objeto. Es muy importante remarcar que con esta técnica no se caracterizan materiales, para ello se precisan otro tipo de análisis.

Los estudios de objetos metálicos, además de abarcar aquellos que en origen estaban formados únicamente por metal —bien porque lo fueron en principio o porque únicamente se han conservado sus partes metálicas— comprenden un campo muy amplio: piezas de orfebrería, relicarios, armas, herramientas, indumentarias, etc.

Otro grupo es el formado por aquellos en los que el metal es una parte más del Bien Cultural, un ejemplo es la pintura de caballete sobre soporte metálico. Este procedimiento pictórico se ha usado en diferentes épocas; Francisco de Goya es un ejemplo. En cuanto a los pintores contemporáneos, en su afán investigador, el metal lo utilizan como un todo o una parte de su obra, en lo que se ha dado en llamar técnica mixta.

Según se deduce es raro el objeto que no permite ser radiografiado, por lo que abordar el análisis y estudio de los documentos radiográficos tiene gran complejidad. Debido a ello se considera imprescin-

dible recabar la opinión de especialistas de otros campos.

La diversidad de formas y composiciones a las que se enfrenta el radiólogo hace que, a diferencia de lo que ocurre en la medicina y en la industria, para la radiografía de objetos artísticos no exista una normativa específica ni unos protocolos de trabajo establecidos. Por ello, cuando se haga mención a cualquier fase del proceso se entiende que se aplican las normas redactadas para los campos anteriores: DIN, ASTM, etc.

De lo expuesto se deduce la importancia —a la hora de evaluar una radiografía— de tener la mayor información posible y muy especialmente la referente al procedimiento, es decir, a la forma en la que se ha aplicado la técnica radiográfica.

El protocolo de actuación seguido en el Área de Laboratorios del IPCE consta de tres fases: *Fase de petición del estudio*, los datos obtenidos se reflejan en la «ficha de petición» (Fig. 1); *Fase de ejecución de la radiografía*, los datos se reflejan en la «ficha de ejecución» (Fig. 2); y *Fase de resultados*, que se plasman en el pertinente «informe» (Fig. 3).

La ficha de petición del estudio contempla el número de registro del IPCE y los datos administrativos facilitados por la entidad solicitante: nombre de la pieza y número de inventario, datos característicos del objeto, atribución, datación, naturaleza material (en el caso de tener resultados analíticos previos), dimensiones, peso, etc., y, por último, argumentación de la solicitud.

Este último dato es muy importante, ya que en función de él se efectúa el análisis, que puede ser ampliado si, en el curso del trabajo en laboratorio, se observan otros datos que se consideren dignos de interés.

El paso siguiente es una descripción de la obra a los efectos específicos de la toma radiográfica, y la búsqueda de paralelos estilísticos para tener una referencia a la hora de determinar los parámetros de la toma.

Una vez conocidos los datos precedentes se pasa a la fase de ejecución de la radiografía.



DIRECCIÓN GENERAL
DE BELLAS ARTES
Y BIENES CULTURALES

SUBDIRECCIÓN GENERAL DEL
INSTITUTO DEL PATRIMONIO
CULTURAL DE ESPAÑA

PETICION AL LABORATORIO

IDENTIFICACION DE LA OBRA	Nº DE REG. 23106/35
Naturaleza: Metálica	
Título: Escultura de Baco adolescente	
Atribución: Época romana	Datación: Desconocida
Procedencia: Museo Arqueológico de Córdoba	
Localidad: Córdoba	Com.Aut: Andalucía
(Si necesita traslado) Dimensiones: 60 cm de alto	Peso: Kg

INFORMACION QUE SE SOLICITA

Placas radiográficas para determinar el método de fabricación y el estado de conservación del sustrato metálico

ARGUMENTACION DE LA SOLICITUD (Documentación, restauración,...)

Restauración / Documentación

OBSERVACIONES

Solicitud cursada por: Soledad Díaz Martínez		
Servicio: Bienes Muebles	Area: Arqueología	Tfno.: ext. 518/520

Fecha: 26 /09/ 2007

Conforme: Jefe de Servicio

VºBº Jefe de Servicio Labs

Firma:

Informe encomendado a: Araceli Gabaldón /Tomás Antelo

Figura. 1. Imagen de la *Ficha de petición* a Laboratorios.



MINISTERIO
DE CULTURA

DIRECCIÓN GENERAL
DE BELLAS ARTES
Y BIENES CULTURALES

SUBDIRECCIÓN GENERAL DEL
INSTITUTO DEL PATRIMONIO
CULTURAL DE ESPAÑA

N.R.I: 23106/35

OBRA: Baco

PROCEDENCIA: Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba

AUTOR: anónimo

EPOCA: romana

SOPORTE: metal (aleación de base cobre)

MEDIDAS: 60 cm de altura

TECNICA:

PROBLEMAS A ESTUDIAR: Método de fabricación y estado de conservación del sustrato metálico

OBSERVACIONES:

FECHA DE RX: 22-04-2008

Departamento: Bienes Muebles. Arqueología

Restaurador: Soledad Díaz

Condiciones de trabajo.

Área	Equipo	kV	mA	d(m)	T (seg)	exp	chasis	pantalla	filtro	película	revelado
Mitad superior (prueba)	320	250	10	2,2	90					D-7	30°-8'
Mitad superior (frente)	320	310	10	2,2	90					D-7	30°-8'
Mitad inferior (frente)	320	310	10	2,2	90					D-7	30°-8'
Mitad inferior (perfil)	320	310	10	4,7	350					D-7	30°-8'
Mitad superior (perfil)	320	310	10	4,7	350					D-7	30°-8'
pecho	320	220	4	1,65	68				FF2	D-7	30°-8'

Figura 2. Imagen de la Ficha de ejecución.

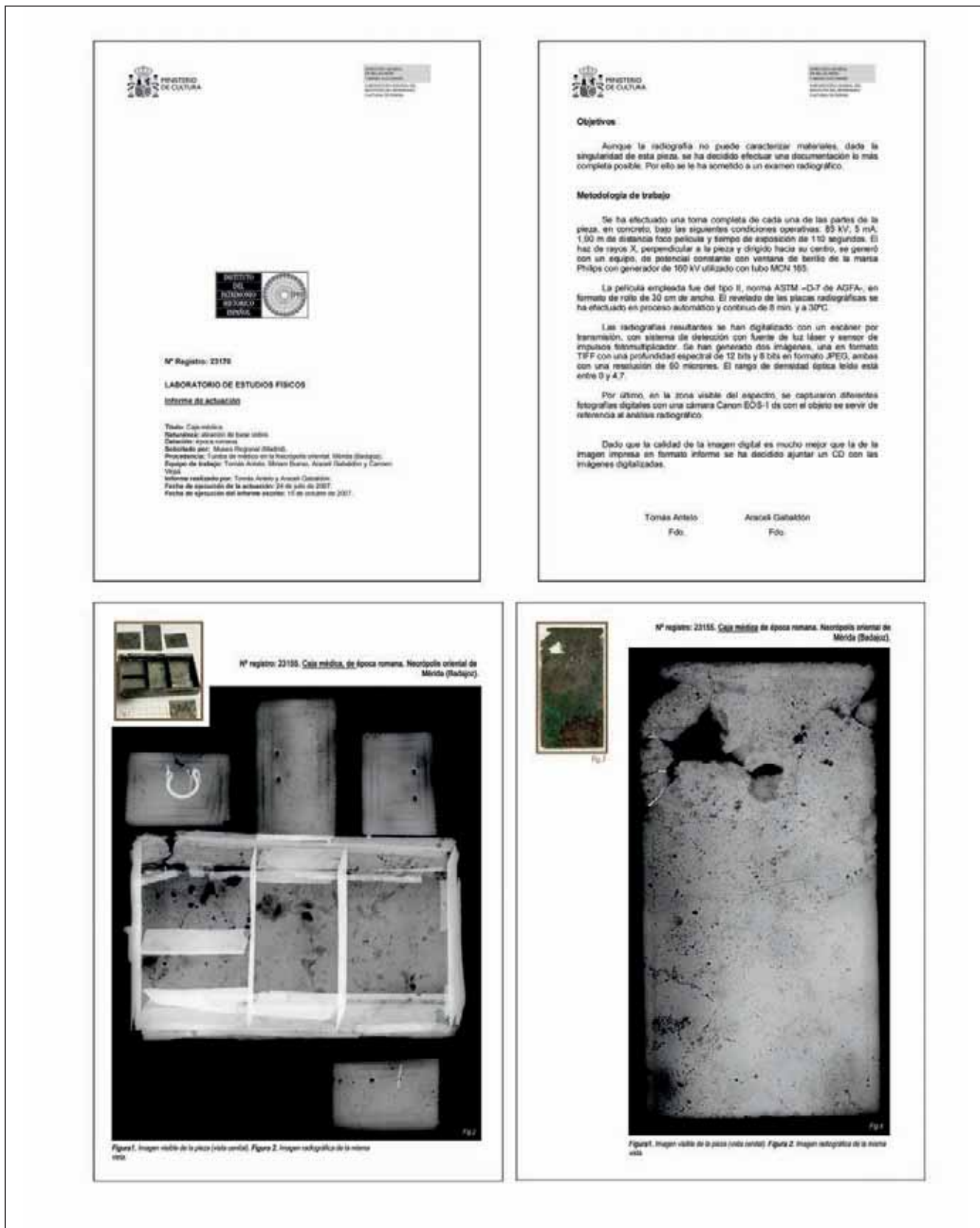


Figura 3. Imagen de un Informe de actuación.

Antecedentes generales

Se considera conveniente comenzar con una breve historia de la utilización de los rayos X en el campo de los Bienes Culturales. Su introducción en estos estudios se produjo casi en el momento de su hallazgo.

W. C. Röntgen, en 1895, descubrió los rayos X de forma casual. Al trabajar con el espectro radiante emitido por un tubo de rayos catódicos, observó que se inducía fluorescencia en una pantalla de platinocianuro de bario, a pesar de estar el tubo de rayos catódicos recubierto de un papel negro. Ya en ese mismo año hizo la primera radiografía de una pintura de caballete. Los ingenieros Connot, Kolle y Stewardt mejoraron los sistemas y realizaron radiografías en las que analizaron objetos metálicos, identificando soldaduras, fisuras, etc.

El alto calentamiento del tubo les obligaba a exposiciones muy cortas, lo que suponía el principal problema. Fue resuelto por Coolidge, en 1913, al inventar el tubo de ánodo caliente refrigerado por aire. Un año después, en 1914, Faber comenzó a utilizar esta técnica de una manera más sistemática en obras de arte, con lo que, lentamente, se fue introduciendo en el ámbito cultural hasta nuestros días.

Desde ese momento se ha avanzado considerablemente. En la actualidad son los equipos de potencial constante los más utilizados en el campo del análisis radiográfico de los Bienes Culturales.

En el caso que nos ocupa, el IPCE, consciente de la importancia de esta técnica, desde su creación en el decenio de 1960 contó con una instalación radiactiva. Estaba compuesta por tres equipos generadores de rayos X: uno de medicina, transportable, y dos industriales, equipos que han estado operativos hasta hace pocos años en que han sido sustituidos por otros más modernos.

La alternativa a los rayos X se consiguió con el descubrimiento de la radiactividad, que se empezó a utilizar con fines industriales en Estados Unidos en el decenio de 1920. Sólo se aconseja su uso en Bienes Culturales para analizar objetos muy absorbentes, bien por su elevado espesor o por el material constitutivo.

El IPCE no cuenta con equipos con fuentes de radioisótopos; en los casos puntuales en los que se necesitan se acude a otras instituciones para que realicen las radiografías.

Breve introducción a la técnica radiográfica en bienes culturales

El procedimiento radiográfico

La radiografía es el procedimiento analítico de tipo físico más importante para el conocimiento del estado de conservación o para los estudios previos a los procesos de conservación-restauración; utiliza radiación electromagnética, capaz de atravesar los cuerpos ofreciendo un registro permanente para su estudio. Este análisis no necesita toma de muestra y el documento obtenido permite visualizar los distintos objetos, informando de su técnica de ejecución y de su estado de conservación.

A pesar de que no se va a entrar en los fundamentos físicos de esta técnica, cabe recordar que según enunció Plank la energía es emitida o absorbida según un múltiplo entero de la frecuencia, es decir, la radiación no sólo se comporta como onda sino que también tiene un carácter material —dualidad onda-corpúsculo—, a estos «granos» de radiación los llamó fotones. Cuanto mayor sea su longitud de onda menor será su efecto corpuscular.

Se debe recordar, también, que el análisis del espectro electromagnético establece la posición relativa en frecuencias o en longitudes de onda entre la llamada luz visible y el resto de las radiaciones más utilizadas en las técnicas aplicadas al estudio de los Bienes Culturales; en orden decreciente de su longitud de onda se sitúan: infrarrojo, visible, ultravioleta, rayos X y radiación γ (estos últimos se solapan en distintas zonas, pero son los rayos γ los que pueden tener las mayores energías). Es importante conocer que no se puede establecer una línea divisoria entre cada una de estas radiaciones, ya que cada una de ellas se superpone parcialmente con las colindantes (Fig. 4).

Los rayos X y γ , al igual que el resto de las radiaciones electromagnéticas, se propagan en línea recta, se reflejan, se refractan, se difractan (mediante una red cristalina), atraviesan la materia, son ionizantes y pueden destruir células vivas. De todas estas propiedades la base de la radiografía es aquella por la cual, como se ha comentado antes, son capaces de atravesar los cuerpos; la penetración depende de su frecuencia y de la naturaleza de los materiales traspasados.

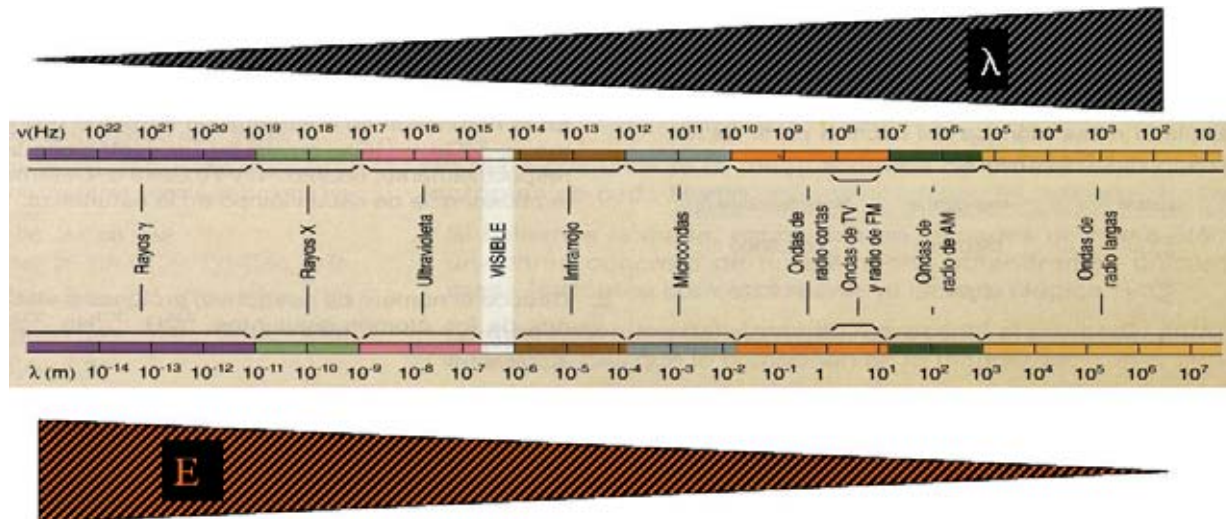


Figura 4. Gráfico que especifica las longitudes de onda correspondientes a cada espectro.

Para que resulte más fácil de entender, se podría decir que es un proceso similar a la fotografía tradicional, con la diferencia de que para la impresión de la película se emplean rayos X o γ . Por ello, las distintas fases del proceso serían: *irradiación* (iluminación del objeto en el caso de la fotografía), *captación* (impresión del negativo o captación en cámara digital) y *procesado* de la imagen (revelado o transferencia de los datos a un ordenador).

De ello se deduce que los elementos básicos para la obtención de una radiografía «convencional» son:

- Fuentes generadoras de radiaciones ionizantes (equipo generador de rayos X o fuente de radiación γ).
- Sistema de captación de la imagen (película, cámara analógica o digital, etc.) y procesado de la imagen en el caso de la película.
- Visualización para el caso de las películas.

Fuentes generadoras de radiaciones ionizantes

Los rayos X son producidos por dispositivos electrónicos, y los rayos γ por fuentes radiactivas naturales o artificiales. A la hora de decidir usar unos u otros

es importante conocer las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos.

- **Los equipos generadores de rayos X**, después de un complicado fenómeno físico producen fotones de rayos X cuyas energías se reparten de modo continuo en un espectro, esta propiedad permite obtener imágenes contrastadas. La energía de la radiación emitida es variable, es decir, se puede variar la tensión de aceleración de los electrones, hecho que en el argot se conoce como variación del *kilovoltaje*, dato muy importante, ya que una variación mínima de esta tensión puede permitir detectar la discontinuidad buscada. Las características físicas del sistema permanecen constantes a lo largo del tiempo, para entenderlo mejor: el tubo no se gasta. Deben ser manejados por personal debidamente autorizado por el Consejo de Seguridad Nuclear. Con las medidas de seguridad oportunas sus efectos son fácilmente controlables. Se pueden comparar con una bombilla, cuando se desconecta el interruptor, la luz se apaga, en el caso de los rayos X el equipo deja de emitir. Son económicamente muy costosos.

Son muy pesados, ya que exceptuando la zona llamada ventana por donde sale el haz de rayos X, el resto está blindado habitualmente con plomo.

- **La radiación γ** se produce por desintegración atómica espontánea de un radioisótopo, se genera por fuentes radiactivas naturales o artificiales que irradian con unas energías muy concretas que no se pueden modificar, produciendo espectros discretos que dan lugar a imágenes poco contrastadas.

Su actividad varía en función de su vida media. Las fuentes más usadas para radiografía (^{170}Tm , ^{192}Ir , ^{60}Co , etc.) emiten con una energía media o elevada.

Presentan buenos resultados con objetos de elevado número atómico y gran espesor.

Los equipos son poco pesados y de reducido tamaño, de fácil manejo, hecho que permite su introducción en zonas angostas.

Al igual que los equipos generadores de rayos X, deben ser manejados por personal debidamente autorizado por el Consejo de Seguridad Nuclear.

A diferencia de los equipos de rayos X, su emisión es continua, por lo que como medida de protección las fuentes están encapsuladas herméticamente y los contenedores tienen un cierre de seguridad que se acciona para abrir el contenedor cuando se va a efectuar la exposición. Su manejo es un poco más delicado debido a su pequeño tamaño y a que, a diferencia de los rayos X, no dejan de emitir, por ello deben utilizarse de modo que no exista posibilidad de extravío ni pérdidas de radiación por deficiente estanqueidad de forma que se pueda irradiar a las personas.

Por último, su coste económico es bajo comparado con los equipos de rayos X.

La decisión de la fuente a utilizar, rayos X o γ , depende de las características del objeto a estudiar. Si se trata de piezas elaboradas con materiales de elevado número atómico y espesor considerable, en las que la potencia de un equipo de rayos X sea insuficiente, se deberá optar por los radioisótopos. En el resto de los casos, la experiencia adquirida en el IPCE ha puesto de manifiesto que es más conveniente utilizar equipos de rayos X.

1. Sistemas de captación, procesado, visualización y reproducción de las imágenes

1.1. Captación

1.1.1. Películas

En el momento actual y en el ámbito de actuación que a nuestro laboratorio concierne, se está utilizando película como medio para captar las imágenes radiográficas. En otros campos —como son el médico y el industrial— en los que los desarrollos técnicos van por delante del nuestro, la imagen digital se está abriendo paso poco a poco y probablemente en un futuro no muy lejano, cuando estos sistemas mejoren su resolución y se abaraten los precios, se introducirán en el análisis de los Bienes Culturales. Tal y como van las investigaciones se cree que los objetos metálicos de pequeño tamaño serán los primeros en beneficiarse de estos avances.

Las películas son muy similares a las fotográficas, con procesos de impresión y revelado en todo semejantes, por lo que no se va a entrar en su descripción. Sí interesa reseñar que las películas radiográficas pueden tener emulsión por ambas caras y, de hecho, éstas son las más utilizadas.

La industria divide a las películas en médicas e industriales. Para el estudio de los Bienes Culturales, entre los que se encuentran los metales, es aconsejable usar películas industriales que son las de grano más fino, ya que este tipo de radiografía no tiene el condicionante de la limitación de dosis de radiación, fundamental en medicina.

El grano de las películas industriales puede tener diversos tamaños y están reguladas por diferentes normas; de ellas las más usadas son las DIN y las ASTM, la primera establece cuatro grupos: G_1 , G_2 , G_3 , G_4 y la segunda tres grupos: *especial*, 1 y 2, pero ninguna hace referencia a la norma ISO.

En cada caso se debe decidir el tipo de película en función del problema a estudiar. Las que habitualmente se utilizan en el IPCE son las de tipo 2 o G_3 con las que se consiguen buenos resultados con dosis de radiación menores.

En las radiografías de metales, en las que el objeto puede tener una diferencia de grosor considerable entre sus distintas zonas, se pueden utilizar dos películas de diferente sensibilidad (tipos 1 y 2 o G_2 y G_3), superpuestas, que permiten ofrecer una información más completa del objeto en una sola exposición.

Las películas industriales se comercializan en formato de rollo o placa. Los rollos pueden tener una longitud de hasta 60 m y un ancho de hasta 40 cm. Esta película se halla protegida por un cartón que no permite el paso de la luz, y las de menor ancho pueden llevar incorporadas pantallas de plomo. Para utilizar el formato de rollos se selecciona la longitud necesaria cortando y sellando la boca con una cinta que no permite pasar la luz al interior.

Las placas, con un tamaño máximo de 30 × 40 cm, se presentan en cajas en dos variedades, desnudas —para introducir en el portapelículas o chasis— o encapsuladas individualmente como los rollos, de forma que estas segundas pueden venir acompañadas de pantallas. Para trabajar con ellas se necesitan unos sobres estancos a la luz, que reciben el nombre de chasis, se encuentran con los mismos formatos que las películas y pueden ser de plástico o metálicos. Antiguamente, cuando en el IPCE aún no se trabajaba con el formato de rollos, para tamaños mayores del 30 × 40 cm se fabricaban sobres a la medida, pero este sistema ha sido abandonado.

1.1.2. Pantallas reforzadoras, también llamadas intensificadoras

Son láminas que se colocan por ambas caras de la película radiográfica en íntimo contacto con ella, siendo su objetivo conseguir un mayor rendimiento de la película; se utilizan tanto en el campo médico como en el industrial. Se clasifican en dos grupos: salinas y metálicas.

Las salinas están formadas por una base y un soporte de poliéster, en el que se extiende una capa blanca de dióxido de titanio que es muy reflectante. Sobre ella se coloca otra capa de un material fosforescente que produce que —gracias a la fosforescencia originada por la radiación al incidir sobre ella— se obtenga un mayor grado de ennegrecimiento en la placa radiográfica con una considerable disminución del tiempo de exposición pero con cierta pérdida de nitidez de la imagen, por lo que no es aconsejable su utilización en el campo de los Bienes Culturales.

Las metálicas, que por sus resultados son las utilizadas en la radiografía de metales, también están formadas por una base, en este caso de cartulina, sobre la que se pega una lámina fina (entre 0,1

y 0,001 mm de espesor) de un metal, plomo en la mayoría de los casos, pues está demostrado que la eficacia de estas pantallas aumenta con el número atómico del material constitutivo.

De las dos pantallas, la que se sitúa entre el haz y la película, es decir delante de la película, tiene un doble efecto, por un lado filtra la radiación difusa procedente del objeto y por otro actúa como intensificadora. Al ser un metal de número atómico elevado, el haz incidente, dependiendo de su energía, produce fotoelectrones y electrones compton. Es a partir de 120 kV cuando se aprovecha tanto su efecto reforzador como el de filtro de la radiación difusa, no obstante se pueden empezar a utilizar a partir de 90 kV como filtro de la radiación difusa antes mencionada y así se consiguen imágenes más nítidas; es en la proyección sobre la placa de los bordes del objeto donde se nota más este efecto.

En cuanto a la pantalla posterior, su función es actuar como filtro de la radiación difusa procedente de la reflexión de la radiación en los objetos, muros, etc. situados detrás de la película.

1.2. *Procesado*

Las películas radiográficas sensibles a la luz ambiente y a la amarilla —esta última usada habitualmente en los laboratorios fotográficos— se deben manipular únicamente con luz roja inactiva. Aunque parezca obvio, la experiencia obliga a advertir que no es lo mismo usar una bombilla roja de laboratorio que una bombilla pintada de rojo.

El procesado puede ser manual en cubeta o automático en procesadora. Con las placas de pequeño tamaño se puede utilizar indistintamente el manual o el automático, pero con los grandes formatos se debe acudir al automático.

Para conseguir un revelado homogéneo es fundamental introducir cada placa inmediatamente después de la anterior, por lo que previamente se debe calcular la cantidad de fijador y revelador que se va a utilizar durante el proceso.

Existen diferentes tipos y marcas de procesadoras en el mercado, las mejores son las de tanque profundo que cuentan con baño de parada entre el revelador y el fijador. Hay que tener en cuenta que las procesadoras utilizadas para películas mé-

dicas no sirven para las industriales, pero sí en el caso contrario, ya que las industriales suelen tener varios programas de funcionamiento y adaptarse uno de ellos a las necesidades de las películas médicas.

Visualización

Una vez procesada, la imagen radiográfica se convierte en una imagen visible, y todos los principios fotográficos tendrán aplicación en su visualización, por lo que se regirá por los principios sensitométricos de los que recordaremos dos de los conceptos que se van a repetir en estas líneas: densidad fotográfica y contraste.

La densidad fotográfica se define como el logaritmo decimal del cociente entre la intensidad de la luz incidente y la intensidad de la luz transmitida, por lo que es una magnitud adimensional. El aparato utilizado para medir este factor recibe el nombre de densitómetro. El valor puede variar entre 0 para un área completamente blanca y 4,5 para la completamente negra.

26 El contraste se puede definir como la relación entre dos valores de intensidad luminosa. Se consideran varios tipos de contraste: el del objeto, que está relacionado con la desigual absorción radiográfica de sus distintas zonas, mayor cuanto mayor sean sus diferencias, y el propio o intrínseco de la película, que depende del proceso a la que se ha sometido y será mayor cuanto menor sea el tamaño de grano. El término matemático que lo cuantifica se denomina $\tilde{\gamma}$.

Los equipos utilizados para la visualización reciben el nombre de negatoscopios, siendo los comerciales de mayor formato los utilizados en medicina para estudiar las imágenes de la columna vertebral, por lo que habitualmente las instituciones que se dedican a la radiografía de Bienes Culturales suelen construirse sus propios negatoscopios con formatos de mayor tamaño que permitan visionar la obra completa y reproducirla.

Aunque es una cuestión que en el IPCE se viene planteando desde hace algunos años, en este momento no hay en el campo de los Bienes Culturales —como existe en la industria— una norma que rijan la calidad que debe tener un documento radiográfico, por lo que tampoco los sistemas de visualización están normalizados.

Reproducción

Las películas reproductoras de radiografía tienen un formato máximo de 30 × 40 cm, hecho que permite duplicar las radiografías de objetos de pequeño tamaño, pero aún en estos casos nuestra experiencia lo desaconseja, ya que desde el punto de vista económico resulta muy costoso y para visualizarlas se necesitaría un negatoscopio que no siempre está al alcance del estudioso.

Hasta época muy reciente —descartando los duplicados antes mencionados— la única forma de reproducción era mediante la fotografía convencional. Habitualmente se hace una toma general y, si la obra es de gran tamaño, se hacen varias que luego se unen. Por otro lado, para proporcionar amplia información se toman detalles de las zonas de interés, tantos como sea necesario. Si se dispone de una buena cámara con formatos 9 × 12 ó 13 × 18 cm se pueden conseguir buenas reproducciones de estos detalles.

Más recientemente, con la aparición del escáner para transparencias, también se empezaron a utilizar estas máquinas pero sólo para radiografías cuyo formato no excediera del tamaño DIN A-3. Cualquiera de estas máquinas es capaz de obtener 600 ppp, algo que permite reproducir el documento en una impresora de tinta al doble de su tamaño. En cuanto al documento obtenido, su calidad depende de las características de la máquina, de la calidad de su detector y del rango de densidad óptica, que en las habituales suele estar por debajo de 3,6.

Hoy existen sistemas que permiten escanear los rollos de manera continua con buena resolución y un rango de densidad óptica que puede alcanzar 4,5; esto, unido a las buenas características de los nuevos ordenadores, permite obtener muy buenos resultados, si bien se debe tener en cuenta su elevado coste.

Otro método que ha probado en el IPCE, con magníficos resultados, es la captación con una cámara digital convencional. Se sitúa la cámara a la distancia adecuada, frente a la parte superior izquierda de la radiografía y se va fotografiando por partes, solapando un pequeño espacio. A continuación, con un programa denominado VARIM (visión artificial aplicada a la reflectografía de infrarrojos) se unen los detalles obtenidos consiguiéndose un documento digital de gran calidad.

La reproducción de los documentos digitales obtenidos se efectúa en función de las necesidades de cada caso: referencia para informe, estudio pormenorizado, difusión, etc. Se puede imprimir con máquinas convencionales de las existentes en el mercado o, si se necesita calidad fotográfica, encargar la reproducción a empresas especializadas que utilizan un método digital-químico.

El citado programa VARIM, desarrollado en el marco de un proyecto PROFIT promovido por el IPCE y en el que ha participado la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones, junto con las empresas INFAIMON y SERVIMATISMO—encargándose de las reproducciones que se han ido precisando la empresa INTERPHOTO—, está en Internet y es de libre acceso.

Ejecución de la radiografía

Los análisis radiográficos que se llevan a cabo en el IPCE persiguen diferentes fines:

- Apoyo de los estudios previos a los procesos de conservación-restauración, habitualmente solicitados por el restaurador responsable del citado proceso.
- Estudios inherentes a la actividad propia del laboratorio de rayos X.
- Como parte de un proyecto de investigación.

Una vez que el Bien Cultural está en el laboratorio, antes de efectuar el análisis radiográfico se observa detenidamente, se examina la documentación que previamente se ha recabado y, con todo ello, se decide la forma de proceder, dosis de radiación, película, vistas que interesan, etc. Si forma parte de un proyecto de investigación, se actúa según un protocolo establecido al inicio del proyecto.

Se comienza recordando cuáles son los factores primarios más significativos de los que depende la dosis de radiación recibida por la película para su correcta impresión:

- Del equipo:
Del filtro de la ventana; si se trabaja a bajas tensiones interesa que sea de berilio, para tensiones medias o elevadas se le añade en la boca un filtro de aluminio. Se debe hacer la aclaración de que los tubos generadores de ra-

ayos X están recubiertos por una capa de plomo de mayor o menor espesor según la potencia máxima que puedan alcanzar, excepto un orificio de salida que recibe el nombre de ventana. En el interior del tubo tiene que hacerse el vacío por lo que esta ventana debe tener un cierre hermético. Esto se consigue con diferentes materiales: el berilio, por su bajo número atómico, es el más adecuado para los equipos que se utilizan con los objetos artísticos.

Del tamaño del foco emisor; éste no es puntual y, aunque idealmente se considera así, se puede producir el efecto conocido como penumbra que se manifiesta como una ligera difusión en los bordes de la imagen del objeto, tanto más marcado cuanto más separada esté la película del objeto.

Aunque en los objetos planos o en las zonas de las figuras que están en contacto con la placa se puede considerar que objeto e imagen son de igual tamaño, no se puede olvidar que la imagen obtenida es una proyección cónica de la imagen real.

De la tensión de aceleración de los electrones (el kilovoltaje) e intensidad de corriente (en el argot denominada miliamperaje). Para que se entienda con facilidad, se puede esquematizar diciendo que la primera es la responsable de atravesar el objeto y llegar a la película, en cuanto a la segunda es responsable del ennegrecimiento de la citada película.

De la distancia entre el objeto y el equipo de rayos X; ésta variará de forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Existe una distancia mínima foco-película por debajo de la cual, a causa del efecto de penumbra, no se puede realizar la radiografía.

De la situación del foco emisor con respecto al objeto, ya que al propagarse los rayos X en línea recta la proyección del objeto variará en función de la inclinación del haz, por lo que la detección del motivo buscado dependerá de la adecuada orientación.

De la separación entre la película y el objeto; cuanto mejor sea el contacto mayor definición se conseguirá.

De la intensificación o atenuación producida por los elementos interpuestos entre el foco emisor y la película, como son las pantallas reforzadoras, el material constitutivo de la ventana y los posibles filtros situados en la citada

ventana. Habitualmente se desprecia la absorción del aire, no obstante, si se está trabajando a muy baja tensión éste puede ofrecer una ligera absorción.

De los diferentes materiales constitutivos del objeto.

El léxico utilizado puede dar lugar a sensación de contradicción según se haga referencia a la absorción del material o a la imagen radiográfica final. De esta manera, a las zonas que en la placa aparecen con bajo nivel de gris (más blancas), se podrá hacer alusión a ellas en función del objeto o de la película (Fig. 5).

Con referencia al objeto se les denominará:

- Zonas muy absorbentes a los rayos X.
- Muy radioopacas.
- De elevada densidad radiográfica. Con referencia a la película se les denominará:
- Zonas de baja densidad fotográfica¹.

Considerando todos los aspectos anteriormente citados, se comienza el análisis. Se sitúa el equipo a la distancia necesaria para que cubra el haz de radiación el objeto, con el foco dirigido hacia el centro de la obra y con mucho cuidado en que el haz de rayos X esté perfectamente perpendicular al plano que interesa. La película se coloca en contacto con la obra, esta última entre el equipo y la película, y se procede a irradiar. A continuación se lleva a cabo el proceso de revelado. Previamente, si se trabaja con película en rollo, se han cortado unos trozos de película de pequeño tamaño con los que se va a hacer una primera exposición que llamamos «prueba» y que va a proporcionar una idea de si las constantes seleccionadas son correctas.

Decididas las constantes, si se está utilizando película en rollo, se montan tantas tiras del alto de la obra como se necesiten para cubrir su ancho y se unen en sentido vertical; es importante para mantener el resultado obtenido en la prueba usar el mismo rollo con el que se ha hecho ésta. Si se están utilizando placas, las definitivas deben ser de la misma caja de la que se ha seleccionado la prueba y se ha de usar el mismo chasis. El procesado se debe efectuar bajo las mismas condiciones.

Si se irradia a baja tensión, al hacer la radiografía definitiva se debe mantener la distancia foco-película a la que se hizo la prueba, pues si ésta varía sustancialmente, aunque la incidencia del aire se considera despreciable puede alterar ligeramente el resultado.

Dada la gran variedad de materiales analizados y sus espesores, no se puede dar una pauta sobre la dosis (resultado de la tensión, intensidad, tiempo y distancia foco-película) a aplicar en cada caso.

Información que puede proporcionar una radiografía

La radiografía de Bienes Culturales proporciona amplia información para historiadores, arqueólogos, conservadores de museos, restauradores y, se podría decir, que para cualquier amante de las Bellas Artes.

Permite acercarse a la técnica de elaboración de los objetos, su conformado, aspectos estructurales etc. En ocasiones -sin caracterizarlos- esta técnica ayuda a diferenciar los distintos materiales que componen cualquier objeto metálico, etc.

Si el metal es un elemento más del objeto permite diferenciarlo del resto de los componentes de la pieza, ya que suelen ser los elementos más radioopacos; un caso muy curioso es el de los corsés, en los que permite distinguir entre las ballenas de queratina y las metálicas.

En lo que concierne a restauraciones antiguas, su conocimiento es vital a la hora de decidir la intervención a llevar a cabo, e incluso intentar diferenciar las posibles rectificaciones efectuadas por el autor durante el proceso creativo de las restauraciones propiamente dichas. Estas reintegraciones se pueden poner claramente de manifiesto como grandes lagunas negras (baja absorción radiográfica y alta densidad fotográfica), que destacan del blanco con que se representan las zonas con núcleo metálico (elevada absorción radiográfica y baja densidad fotográfica).

Prosiguiendo con la aportación a la restauración, pone de manifiesto las discontinuidades o defectos producidas a lo largo del tiempo. También puede sacar a la luz decoraciones o inscripciones ocultas por el deterioro de la pieza, no siempre recuperables en los procesos de restauración.

¹ Se habla de densidad fotográfica, ya que la imagen que proporciona la radiografía es una imagen visible.



Figura 5. Niveles de gris en función del objeto o del tipo de película.

Ejemplos

Se han seleccionado una serie de ejemplos que pueden proporcionar un conocimiento, aunque sucinto, de lo que se ha expuesto en el apartado anterior.

Forma y discontinuidades en la elaboración del objeto

- El conformado mediante martilleado en caliente es una forma habitual de elaborar espadas y otros objetos de material férreo, la radiografía permite observar las líneas de forja y alineaciones de escoria que se producen en el estirado de la masa metálica.
- Muestra el rayado que, en ocasiones, efectuaron en el soporte metálico con el fin de facilitar la adherencia del aparejo.
- Permite determinar la disimilitud de materiales, con más razón cuando uno de ellos es metálico.

- El estudio de arquetas, sarcófagos, etc., es apasionante, ya que pueden estar construidas con muy diversos materiales entre los que es habitual encontrar elementos metálicos, obviamente significados por su elevada radioopacidad con respecto del resto.
- En objetos metálicos obtenidos con procedimiento de moldeo, se pueden producir diversos defectos que en ocasiones son el origen de formación y propagación de grietas.
- A veces, se crean adherencias de forma irregular que quedan pegadas o soldadas involuntariamente a la superficie metálica, se conocen con el nombre de goterones.
- La radiografía pone de manifiesto la calidad de la fundición de las piezas inspeccionadas.

Del estado de conservación —no siempre visible— sufrido a través de los tiempos

- Corrosión que produce pérdidas de material a distintos niveles.

Reparaciones y restauraciones

- A veces se manifiesta una zona de soldadura de unión de dos elementos. La linealidad de los bordes puede indicar una preparación mecánica de los mismos previa a la soldadura.

Concluyendo

En conjunto se ha visto, según se comentó al principio, que la radiografía es uno de los procedimientos de ensayo no destructivo más importantes en los estudios previos a la restauración de cualquier objeto, entre ellos los históricos, pero como todas las técnicas tiene sus limitaciones y se debe aclarar que ésta no permite el análisis de los constituyentes químicos de los materiales ni datar los objetos, aunque la experiencia del radiólogo que interprete las imágenes obtenidas, conocedor de los materiales, procedimientos de elaboración y defectología que estos pueden presentar, unido a la imagen visible, pueda aportar datos que resultan muy esclarecedores.

También cabe decir que a pesar de toda la información que puede proporcionar cualquier tipo de análisis, éste, por sí solo, proporciona una información parcial del objeto. Para que la información sea lo más completa posible se deben considerar los resultados obtenidos mediante varias vías analíticas y valorarlos conjuntamente con el estudio histórico-artístico y la inspección visual efectuada previamente.

Fondos documentales del laboratorio de estudios físicos

El laboratorio de Estudios Físicos ha generado, desde su creación y a lo largo de cuarenta años de funcionamiento, una colección de documentos gráficos producto de las funciones de conservación, restauración, documentación e investigación que tiene atribuidas por definición el Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE)². En este sentido, esta Sección trabaja con las técnicas sin toma de muestra derivadas de la exposición del Bien Cultural a radiaciones electromagnéticas de diferentes longitudes de onda (infrarrojo próximo, visible, ultravioleta, rayos X), que dan como resultado final una imagen. El

objetivo es conseguir que dicha imagen ofrezca la mayor información posible con la mejor calidad, ya que ésta aporta datos relevantes acerca del estado de conservación de la pieza y de su técnica de ejecución.

El IPCE forma parte, además, del Sistema Español de Museos³, una red que pretende promover la cooperación entre los museos y los institutos adscritos en materias relacionadas con la documentación, investigación, conservación y restauración de los fondos, así como para las actividades de difusión cultural y el perfeccionamiento de su personal. La colaboración con estas instituciones ha permitido el análisis de los bienes culturales que integran sus colecciones, por lo que la Sección de Estudios Físicos alberga una ingente cantidad de documentación gráfica.

Después de todos estos años de intenso trabajo, y no sólo por la cuantía del material generado, sino por la velocidad de crecimiento del archivo se ha hecho necesario plantearse una gran remodelación que pretenda poner al día, con los criterios actuales, la gestión de la documentación anteriormente aludida.

En este momento esta empresa es abordable gracias al conocimiento con mayor perspectiva de los contenidos del archivo, al avance tecnológico que están sufriendo las técnicas relacionadas con la imagen, a la implantación masiva de soportes informáticos que hacen realidad la gestión eficaz de la in-

² Real Decreto 1132/2008, de 4 de julio, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Cultura. Esta Subdirección General dependiente de la Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales del Ministerio de Cultura, tiene asumidas una serie de funciones, entre las que se encuentran la:

- **Conservación y restauración:** elabora y ejecuta planes para la conservación y restauración de los bienes muebles e inmuebles integrantes del patrimonio histórico sin perjuicio de las funciones atribuidas a la Gerencia de Infraestructuras y Equipamientos de Cultura, así como la cooperación con otras Administraciones públicas y entidades públicas o privadas para el desarrollo de dichos planes y su seguimiento.
- **Documentación:** esta institución archiva y sistematiza los trabajos realizados y la documentación disponible sobre patrimonio histórico.
- **Investigación:** establece líneas prioritarias de investigación y estudio sobre criterios, métodos y técnicas de conservación y restauración de dicho patrimonio. También promueve y fomenta los proyectos de investigación arqueológica española en el exterior.
- **Formación:** forma técnicos y especialistas en conservación y restauración de los bienes inmuebles y muebles integrantes de dicho patrimonio.

³ Real Decreto 620/1987, de 10 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Museos de titularidad estatal y del Sistema Español de Museos.

formación y a los avances desarrollados en el establecimiento de protocolos de trabajo aplicados a la gestión documental. Estos progresos repercutirán en la calidad del servicio de atención al público y facilitarán su difusión en todos los medios disponibles en la actualidad.

Evaluada la situación actual, se ha decidido comenzar con la organización del archivo radiográfico (el más numeroso de toda la documentación generada en este laboratorio), para continuar acto seguido con el resto de documentación correspondiente a las otras técnicas desarrolladas.

Los objetivos de este proyecto se centrarán en los siguientes puntos:

- Revisión y actualización de la gestión documental (manuscrita) en relación con dicho archivo.
- Remodelación del espacio y el mobiliario del archivo radiográfico.
- Traspaso de los documentos radiográficos a nuevos contenedores.
- Continuación con la gestión documental computerizada y la digitalización del archivo radiográfico.

El archivo radiográfico

El archivo radiográfico de Estudios Físicos tiene su origen en 1967, fecha de creación del IPCE (entonces ICROA), como apoyo exclusivamente a las labores de restauración o intervención de los Bienes Culturales. En la actualidad está adscrito al Área de Laboratorios del IPCE. Es, por tanto, un archivo de titularidad estatal; sus fondos han sido generados por técnicos del Instituto, y en contadas ocasiones, por otras instituciones (CENIM, INTA, etc.) o empresas contratadas a tal efecto, siendo todos sus fondos propiedad del IPCE.

Este archivo cuenta con más de 2.000 radiografías realizadas a todo tipo de Bienes Culturales:

- Pintura: sobre tabla, sobre tela, sobre placa de metal, sobre cuero, etc.
- Escultura: madera, metal, escayola, arcilla cocida, etc.
- Textiles.
- Material arqueológico: cerámica, vidrio y cristal, metal, piedra, materia ósea, etc.

- Documento gráfico.
- Restos paleontológicos, etc.

El formato de las placas radiográficas es muy diverso, oscila entre los 10 cm y 5 m de longitud y, en cuanto a la anchura, la amplia mayoría de ellas tiene 30 cm, aunque puede variar entre 10 y 40 cm.

Las piezas radiografiadas proceden de archivos, bibliotecas y museos de distinta titularidad⁴, de instituciones eclesiásticas y de diversos organismos públicos⁵ todos de ámbito nacional. En contadas ocasiones, y como contraprestación al préstamo de la obra, generalmente para exposiciones temporales, se han radiografiado obras de titularidad privada.

El ritmo de incremento de la colección radiográfica en todas estas décadas ha sido creciente. En los últimos siete años, al número de peticiones se ha sumado el número de obras intervenidas por actuación, los denominados conjuntos, y la tendencia cada vez mayor a realizar obras de gran formato, tanto retablos como superficies. Esto último se debe a los proyectos desarrollados por el IPCE (VARIM y CYDAR, fundamentalmente) que han permitido la optimización de recursos en la captación y tratamiento de las imágenes radiográficas.

Proyecto OMAR (optimización y modernización del archivo radiográfico)

Este proyecto pretende agilizar la gestión de la documentación generada por el laboratorio de Estudios Físicos desde sus inicios y siempre relacionada con el archivo radiográfico. Se ha dividido en tres fases correlacionadas:

- Fase de gestión de la documentación técnica relacionada con el proceso de radiografiado.
- Fase de almacenamiento en la que se pretende abordar la modernización del espacio reservado al archivo radiográfico y el traspaso de las radiografías a nuevos contenedores.
- Fase que implica la gestión computerizada de toda la documentación.

⁴ Pública (estatal, autonómica, local) y privada.

⁵ Universidades, reales academias, fundaciones, centros de investigación.

Fase de gestión de la documentación técnica relacionada con el proceso de radiografiado

Desde la creación de este laboratorio se custodia documentación manuscrita en forma de plantillas, denominadas «fichas de cuaderno», en las que se reseñan los siguientes datos:

- Identificación del bien cultural intervenido.
- Equipo de rayos X empleado.
- Parámetros de trabajo utilizados en el proceso de radiografiado de las piezas (tensión, intensidad de tubo, distancia del foco a la película, uso de pantallas, filtros y/o chasis, etc.).
- Tipo y formato de la película.
- Condiciones del procesado de las placas radiográficas (mecánico o manual, temperatura y tiempo de revelado).

Éstas se guardan en unas carpetas azules ordenadas por tipo de material (pintura, escultura, metales, huesos, etc.) junto con las pruebas de las radiografías y otra documentación relacionada con la intervención.

32 En esta fase se revisará el contenido de las fichas existentes, es decir, se asegurará que cada pieza tenga su ficha de cuaderno impresa y que los datos relativos a cada pieza radiografiada estén colocados debidamente en su carpeta, y se repasará igualmente el inventario de las carpetas azules (Fig. 6).

Fase de modernización del espacio de almacenamiento

Desde el principio, se ha visto la necesidad de reordenar el archivo radiográfico debido al incremento de documentos generados a lo largo de los años y las necesidades de acceso al mismo.

Esto no se ha podido llevar a cabo hasta el momento por problemas administrativos. En la actualidad aprovechando un momento propicio, se ha podido realizar este proyecto.

Uno de los aspectos principales es el acondicionamiento adecuado del espacio con una obra; además, se dotaría de un mobiliario homologado apropiado y se efectuaría un estudio medioambiental con el fin de confirmar que las condiciones de almacenamiento son las idóneas.



Figura 6. Imagen de las carpetas azules colocadas en la actualidad, donde se guardan las fichas de cuaderno, documentación de la obra radiografiada y las pruebas.

Durante las obras de acondicionamiento del archivo radiográfico, ya concluidas, se realizó un estudio pormenorizado del espacio con vistas a la adquisición de estanterías nuevas. De este estudio en el que se tuvieron en cuenta la tipología de cajas donde se almacenarían las radiografías, las características del reducido espacio en el que se encuentra el archivo, y en vista de que está ubicado en un sótano, sobre tierra firme, se decidió adquirir armarios compactos que permiten optimizar el espacio, además de proteger los documentos de la luz y de posibles condiciones adversas.

Al mismo tiempo, aprovechando la adquisición reciente de nuevos equipos de medición medioambiental por la Sección de Conservación Preventiva del IPCE, se colocó un medidor. Desde entonces, en colaboración con los profesionales de la citada sección, se están midiendo los parámetros medioambientales de humedad relativa y de temperatura del espacio, con el objetivo de comprobar su evolución. Tras las primeras lecturas de las gráficas se aconsejó colocar ventilación mecanizada, que ya ha sido instalada.

También se prevé el traspaso de los documentos radiográficos a nuevos contenedores; para ello se analizaron a lo largo del año 2005 muestras de cartones de cajas del mercado. El tipo de cartón fue elegido atendiendo a los consejos de la Sección de Análisis de Materiales. Una vez decidido el tipo de

material se procedió a su adquisición. El tamaño de los contenedores se consideró atendiendo a las dimensiones variables de las radiografías y el diseño fue facilitado por este laboratorio.

Concretando, en esta fase se contempla:

- Revisión del contenido de los contenedores actuales. Se comprobará caja por caja que las radiografías preservadas coinciden con lo reflejado en los documentos de control ya existentes (listados). Se comprobará que cada radiografía se conserva completa y se renovará el sistema de identificación del conjunto de radiografías correspondientes a cada obra. En este sentido se está pensando en utilizar cintas (como las que se emplean en los archivos) para atar las fundas y colocar la numeración. Una vez digitalizada la radiografía, se reseñará el número y las dimensiones de las placas en un documento informático en formato Excel.
- Revisión del inventario preexistente de los contenedores; es decir, se confirmará que el número de la caja es el correcto. Esta numeración, como herramienta de control y seguimiento, es fundamental para emprender el proceso de digitalización de las radiografías.
- Traspaso a los nuevos contenedores tras la digitalización del documento.
- Renovación de las cartelas de los contenedores. Aprovechando las tablas elaboradas con anterioridad, se harán nuevos listados que plasmen no sólo la identificación del bien cultural y la signatura de la caja como se venía realizando, sino también la existencia o no del documento digitalizado, y se colocarán tanto en el interior como en el exterior (hasta la fecha sólo se coloca en el exterior). En este sentido se pretende que la manipulación de las cajas sea mínima e imprescindible una vez colocadas en el nuevo almacén.
- Impresión de los dos nuevos listados corregidos y encuadernados con fundas plásticas. El encuadernado permitirá la inclusión o eliminación en todo momento de fundas, cada una de ellas de modo independiente. Ambos documentos servirán de consulta: unos se colocarán en el interior del archivo, como se viene haciendo, y otro en el almacén de las fichas de cuaderno.

Fase de gestión computerizada de toda la documentación

Conscientes de que se había entrado en una era digital, el laboratorio de Estudios Físicos ya entre los años 2005 y 2006 comenzó el Proyecto CYDAR (Catalogación y Digitalización del Archivo Radiográfico) que pretendía abordar, como su nombre indica, un ambicioso plan de digitalización de todo el archivo radiográfico con lo que se mejoraría la calidad del servicio.



Esta fase implica:

- La digitalización de la documentación técnica.
- La digitalización del archivo radiográfico.

Se comenzó el diseño y creación de una base de datos en formato Access, basándose en otra ya existente confeccionada con los listados en Excel elaborados anualmente que reflejaban las radiografías efectuadas a lo largo del año, y añadiendo los datos contenidos en las fichas de cuaderno aludidas. En la actualidad se plantea su modernización y adaptación a las nuevas necesidades del laboratorio, así como su puesta al día (Fig. 7).

Los objetivos que se proponen para la citada modernización son los siguientes:

- Revisión del contenido de la base de datos actual. Se comprobará que todos los datos incluidos son correctos.
- Revisión del diseño de la base de datos actual. Tras su estudio se planteará, si es necesario, la introducción de nuevos campos: número total de placas, número correlativo en cada registro, referencia a publicaciones, etc.
- Elaboración de un glosario terminológico (palabras clave) que permitirá hacer consultas específicas.
- Estudio de la posibilidad de introducir documentos en la base de datos:
 - Fichas de cuaderno con las condiciones de trabajo de radiografiado.
 - Fichas de características de las placas realizadas.
 - Fichas por materiales con características reseñables del bien cultural.
 - Informes, tanto los elaborados por éste como los del resto de laboratorios. También se con-

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA ORIGINAL				DESCRIPCIÓN DEL DOCUMENTO RADIOGRÁFICO			
Nºorden	0420_02	RG General/ RG Único	21171	Organismo productor	IPHE	Fecha RX	20/01/2000
Título	Jarro tartésico			Área radiografiada	Perfil		
Atribución				Nº placas		Formato placa	30x40
Cronología	S.VI a. de C.			Imagen A		Imagen B	
Soporte	Bronce			Detalle A		Detalle B	
Procedencia	Fundacion Lazaro Galdiano. Museo			Digital visible		Composición digital	
Provincia	Madrid			Condiciones operativas de la toma			
Dimensiones	24,5 cm./14 cm. diametro			Equipo utilizado	320 PHILIPS, modelo MG 324	Tipo de película	D-7
Espesor medio	4mm	Peso		Tensión (Kv)	250	Intensidad (mA)	4
Nºtravesaños		Preparación		Distancia (m)	2	Tiempo (sg)	60
Espesor travesaños		Técnica		Revelado	30° 8'	mA x sg.t2	240
INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA				Chasis	si	Pantalla	si
Peticionario	Araceli Pereda			Filtro	Al		
Observaciones	Nº Inv.Museo:L5285			LOCALIZACIÓN DEL DOCUMENTO RADIOGRÁFICO			
Materiales relacionados	Informe del Laboratorio de Estudios Físicos Otras técnicas empleadas: -Inspección Endoscópica			Signatura-Ubicación	CUSTODIA CALICES		
Equipo de trabajo (orden alfabético)	Tomas Antelo, Araceli Gabaldon			Clasificación	ORFEBRERIA		
<p>GLOSARIO DE TÉRMINOS</p> <p>MANUAL DE USUARIO</p>				 			

LAS PALABRAS CONTENIDAS EN LA BASE DE DATOS NO ESTÁN ACENTUADAS

34

Figura 7. Diseño de la base de datos actual.

templa la inclusión de los informes de restauración u otros de interés.

- Documento publicado por el laboratorio.
- Radiografía y fotografía visible de referencia, ambas en pequeño formato.

El proyecto CYDAR, al mismo tiempo contempla la necesidad de digitalizar todas las radiografías realizadas desde su inicio. Con este propósito se adquirió un nuevo escáner con el que se han digitalizado las radiografías producidas en este último período, según se ha elaborado el informe de actuación, así como algunas necesarias para otros propósitos (publicaciones, exposiciones, investigación, peticiones externas, etc.). El objetivo actual es completar esta labor con todas las radiografías existentes en el archivo.

Es preciso adelantar cómo se llevaba a cabo la digitalización de radiografías completas hasta la fe-

cha, para comprender la trascendencia de la adquisición del nuevo escáner. Inicialmente la radiografía general se obtenía del siguiente modo: se montaban las placas radiográficas en un negatoscopio y se plasmaba con una cámara fotográfica analógica convencional. En los casos que se consideraban necesarios se reproducían detalles. El negativo obtenido (9 × 12 cm, 13 × 18 cm, etc.) posteriormente se positivaba.

Con el avance de los sistemas informáticos, se comenzó a digitalizar la radiografía original mediante dos procedimientos: con una cámara fotográfica digital o con un escáner de cama plana.

La captación con cámara digital se efectuaba con el mismo método seguido con la convencional, es decir, tras el montaje de la radiografía en el negatoscopio se tomaban imágenes de detalle o generales. En este último caso y para conseguir gran calidad, se realizaba por partes y después de un laborioso traba-



Figura 8. Colocación de las placas radiográficas en el negoscopio.

jo con programas informáticos de tratamiento de imagen, se unía con VARIM (Figs. 8 y 9).

El otro sistema para obtener una radiografía digital era mediante un escáner de cama plana, que consta de un dispositivo fotelectrónico CCD y de una fuente fluorescente de cátodo frío. Éste admitía placas de un formato máximo de $30,5 \times 22$ cm, lo que obligaba a escanear por partes aquellas que excedieran de tamaño, aproximadamente el 90% de los fondos. La resolución máxima, sin interpolación, era de 1.200 ppp. En cuanto al rango de su densidad óptica, estaba comprendido entre 0 y 3,6, densidad que quedaba muy por debajo del rango entre 0 y 4,5, que proporcionaba el densitómetro analógico del que se dispone. La profundidad espectral en la captura directa de niveles de gris era de 8 bits por píxel, por lo que el resultado de las imágenes, aunque aceptable, no era el óptimo deseado (Figs. 10 y 11).

Según se comentó, las radiografías inicialmente se fotografiaban con película de diferentes formatos, utilizando una cámara convencional. Ocasionalmente, con el fin de evitar la manipulación excesiva de los negativos, este escáner también se utilizaba para digitalizarlos cuando por necesidades del servicio había que atender peticiones externas al Área de Laboratorios.

El gran avance se consiguió con la adquisición y posterior adecuación a nuestro campo de un escáner para la lectura de los documentos radiográficos, dotado de una fuente láser y sensor de impulsos fotomultiplicador. Su cualidad más importante es su densidad óptica entre 0 y 4,7, mejorando considerablemente la lectura de los puntos de elevada densidad fotográfica, lo que permite hacer un análisis de la radiografía mucho más preciso. Además, es capaz de explorar por óptica tamaños de píxel entre $50\text{-}400 \mu\text{m}$ y su profundidad espectral en la captura directa en niveles de gris



36

Figura 9. Captación de la imagen digital con cámara fotográfica.

de 8 y 12 bits por píxel. Inicialmente, otra ventaja de este equipo era la posibilidad de escanear películas hasta de 1 m de longitud en una sola pasada a la máxima resolución. Por lo que comparando la calidad de la imagen final conseguida por cada uno de los procedimientos antes descritos, se ha visto que este escáner mejora considerablemente en prestaciones al resto y alcanza unos niveles de detalle y la posibilidad de ampliación sólo obtenidos anteriormente al visualizarlas con una lupa.

Desde el principio, conscientes en el momento de la adquisición de su potencialidad, y dentro del marco de innovación tecnológica desarrollado en el laboratorio, se han sugerido a la casa comercial sucesivas modificaciones que han permitido notables mejoras. Las más importantes son:

- Posibilidad de escanear tiras sin límite de longitud. La ejecución de radiografías de grandes

formatos, una de las líneas actuales de investigación del área, exige un equipo capaz de digitalizar tiras de gran longitud de una sola vez. Con esta modificación se han conseguido digitalizar placas de 5 m de longitud y 30 cm de ancho.

- Guías o regletas que dirigen la trayectoria de la placa durante el escaneo. Este elemento es vital cuando se trata de placas de gran longitud, ya que tienden a torcerse.
- Captación de la imagen en formato TIFF y en formato JPG en una sola acción para placas con un máximo de 1 m de longitud. Ello permite una mayor versatilidad en la gestión y tratamiento posterior de las imágenes.
- Predeterminación de las condiciones de escaneo para la digitalización de una serie de placas radiográficas pertenecientes a una misma obra o conjunto.



Figura 10. Escáner de cama plana.

- Minimización del efecto de deslumbramiento. Existe un fenómeno común a todos los escáneres, denominado deslumbramiento⁶, que se produce en las placas radiográficas, en su contorno y en las áreas donde hay elevada diferencia de densidad fotográfica. Conscientes de ello, los técnicos del laboratorio de Estudios Físicos, realizaron un estudio exhaustivo de los informes publicados por el Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM). Laboratory VIII.31 «Radiation Techniques», una institución alemana independiente que hace estudios comparativos de este tipo de equipos. En estos informes se ponía de manifiesto que este escáner, en ese momento, era el que producía menor deslumbramiento de los existentes en el mercado por lo que fue otro de los factores

determinantes en la elección de esta máquina. Este deslumbramiento pasa inadvertido en otros campos; en el nuestro se hace patente en las líneas de unión de cada placa que conforma la imagen completa. Resolver este problema era vital para la presentación de la imagen final, por lo que a los técnicos del laboratorio se les ocurrió la posibilidad de adaptar la zona de transmisión al ancho de la placa radiográfica. Para ello se solicitó a la empresa una modificación física que resolviera este problema ya que se comunicó a este laboratorio que mediante software no era viable.

Mientras se estudiaba la solución se hizo una primera modificación que permite escanear sin deslumbramiento placas de 30 cm de anchura. En este momento ya está desarrollado un sistema mecánico, una máscara de anchura variable fabricada de forma

⁶ Denominado *flare*, *optical flare* o *light flare*.



38

Figura 11. Escáner médico para radiografías.

robusta y con capacidad de fácil montaje y desmontaje, que el IPCE adquirirá.

Este hecho lo convierte, en la actualidad, en el único escáner del mundo con estas prestaciones. Ahora bien, dentro del marco de adecuación que se ha descrito anteriormente se piensa que el sistema puede y debe ser mejorado.

Con este escáner se obtienen imágenes individuales de gran tamaño, por lo tanto complejas de gestionar. En este momento, con el sistema informático actual, se pueden analizar las tiras por separado, pero si éstas se unieran sería imposible su manejo. Por ello se crea la obligación, de cara a la unión, de disminuir su tamaño con la consabida pérdida del detalle. Las modificaciones previstas están encaminadas a resolver este problema:

- Aportación de un driver de manejo del escáner válido para trabajo en tecnología de 64 bits.
- Cambio de la licencia del software I-rad para trabajo en tecnología de 64 bits bajo sistema operativo Windows Vista Business (x64). Esta versión posibilita manejar imágenes de gran tamaño, que incluye:
 - Radiografías de 5 m o mayores en apertura y manipulación (filtros adicionales).
 - Composición de cuadros de gran tamaño a la máxima resolución (50 μm /12 bits/4,7OD). Con las características del ordenador propuesto manejaría y uniría 12 radiografías de 5 m a la máxima resolución. Con más memoria RAM (por ejemplo, 32 GB) la capacidad y prestaciones en unión y tratamiento aumentarían aproximadamente un 60%.
- Sistema informático con arquitectura de 64 bits que incluye la siguiente configuración:

- Dual Core 2,5 GHz.
- 16 GB memoria RAM.
- Disco duro tecnología SAS 15.000 rpm.
- Monitor con calibración en color 20" 2 Mpx.

La digitalización del archivo radiográfico garantizará los siguientes objetivos:

- Conservación de la radiografía.
La radiografía es un documento único en sí, ya que aporta información del estado de la obra en un momento concreto de su vida material. Se ha observado que debido al procesado manual de la película radiográfica, las placas más antiguas están sufriendo un proceso natural de degradación (amarilleamiento). En la actualidad se pretende escanear las placas radiográficas inmediatamente después de ser reveladas por lo que la imagen obtenida siempre será previa a su posible deterioro. Por otra parte, es importante tener en cuenta que la radiografía es un documento de trabajo, por lo que es imprescindible manipularla. Se ha comprobado que un exceso de manipulación deteriora la superficie ocasionando rayaduras, huellas dactilares, restos del adhesivo de la cinta usada en el montaje de la placa en el negatoscopio, dobleces, especialmente cuando se manipulan montajes de placas radiográficas de grandes formatos, etc. La creación de una imagen digital de buena calidad evitará su manipulación constante, su exposición a la luz, etc.
- Seguridad en el archivo.
La posibilidad de guardar más de un archivo de seguridad de cada documento digitalizado, en un lugar diferente, garantiza su conservación ante cualquier incidente natural o provocado. Su digitalización permitiría obtener un archivo digital, que aunque se desvincule del soporte original, no perdería su carácter facsimilar.
- Calidad de la radiografía.
Esta cualidad ha quedado reflejada en los aparatos anteriores.
- Accesibilidad y la agilidad en la gestión documental.
Sin necesidad de crear una imagen impresa, siempre de menor calidad, el usuario (institución propietaria del bien, investigador, restaurador, arquitecto, conservador, etc.) podrá consultar la imagen a tamaño real en cualquier

momento y lugar. Asimismo, se mejora en la agilidad del servicio de cesión de imágenes.

- Formación técnica y especializada del personal del departamento.
Este esfuerzo revierte en el desarrollo de su infraestructura y en la puesta al día de las innovaciones tecnológicas relacionadas con el sector.
- Colaboración con otras instituciones similares.
Pese a que esta fase se prevé a largo plazo, este impulso pretendería compartir intereses comunes con otras instituciones para crear colecciones virtuales e incrementar el acceso a nivel internacional.

En este proyecto se contará con la colaboración técnica del Servicio de Informática del IPCE y con el asesoramiento del Servicio de Reproducción de Documentos (Subdirección General de Archivos Estatales), cuya experiencia en la elaboración de directrices para proyectos de digitalización de colecciones y fondos de dominio público, en particular para aquellos custodiados en bibliotecas y archivos, puede ser realmente enriquecedora.

El protocolo de trabajo que se propone es el siguiente:

- Revisión pormenorizada del estado de conservación de cada una de las placas del archivo radiográfico e intervención en su caso.
- Comprobación de los números de registro del IPCE mediante la consulta de las bases de datos creadas en Registro y en Fototeca.
- Revisión de la signatura de las placas radiográficas:
 - Comprobación del siglado individual de cada placa que debe constar de los siguientes datos: Número de registro IPCE + Número de placa/ Número total de placas (siempre que sea posible, en ángulo inferior derecho de la placa). Si falta alguno de estos datos se añadirá con rotulador indeleble.
 - Comprobación de la signatura en la funda: Número de registro IPCE.
Título de la obra.
Atribución.
Época.
Procedencia (institución y localidad).

Número de placa/Número total de placas.
Alusión al tipo de toma: frente, perfil, cenital, oblicua, 45 grados, etc.
Siempre que sea posible, en la cara de la funda que no contiene letras impresas.

- Creación de una carpeta digital donde se almacenarán todos los documentos relativos a la radiografía de la obra. Algunas piezas para las que se elaboraron informes conservan imágenes radiográficas digitalizadas antiguas. Estas imágenes se mantendrán en estas carpetas bajo el nombre de Fotos RX para distinguirlas de las que se digitalizarán, que pasará a denominarse Array RX.
- Digitalización de la radiografía. Como norma se digitalizará a una resolución de 50 μm , rango de densidad óptica leído entre 0 y 4,7 y 12 bits de profundidad por píxel, es decir, a la máxima calidad.

Si la placa mide más de un metro de longitud, el escáner genera de forma automática una imagen en formato TIFF a 12 bits.

Si mide menos de un metro el escáner genera de forma automática, además de la imagen TIFF a 12 bits, otra JPG a 8 bits.

Posteriormente, si es necesario se gestionará el documento con el programa de tratamiento de imagen más idóneo, y en el caso de que la radiografía conste de varias placas, se procederá a la unión con el programa VARIM.

Paralelamente se prevé la creación de varios documentos:

- Ficha de características de las placas radiográficas escaneadas; donde quede constancia del número de placas de que consta la radiografía, sus dimensiones, el tipo de vista tomada (frontal, lateral, perfil, cenital, en perspectiva, detalle, etc.), así como los datos del escáner y las condiciones de escaneado.
Vistas en miniatura; donde se refleja el número de imágenes digitales generadas. Este documento pretende introducirse en las cajas donde se almacenan las radiografías. De este modo, sin necesidad de manipular las placas, se conoce de forma visual el contenido.
Imagen completa de las tomas más representativas en pequeño formato, pues se prevé introducirla como imagen de referencia en la base de datos.

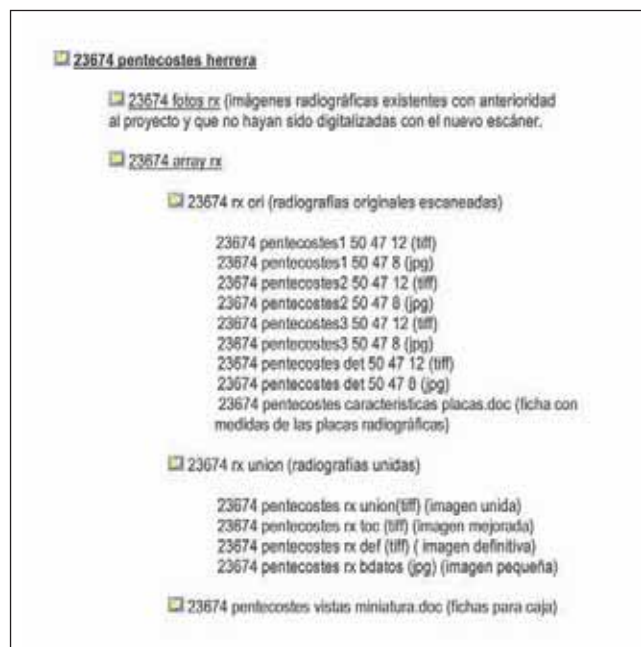


Figura 12. Ejemplo de nomenclatura de la documentación digital radiográfica.

- Almacenamiento de las imágenes digitales:
Disco de almacenamiento externo.
Copia de seguridad en disco externo.
Copia de seguridad en CD/DVD, cuando se estime necesario.
Ejemplar para enviar a titular del bien cultural radiografiado (CD/DVD).

La nomenclatura de estos archivos digitales es fundamental para su correcto almacenamiento e irá acorde con el resto de documentación generada por este laboratorio.

Para ello, se crea como ya se está haciendo desde hace muchos años, una Carpeta principal cuyo título consta del número de registro y la palabra o palabras claves (elegidas por consenso) que identifican a la intervención o al Bien Cultural. Dentro se encuentra la subcarpeta relativa a la documentación radiográfica, que alberga tanto las placas originales como las que han sido tratadas con programas informáticos (unión, retoques, detalles, etc.). Tanto las subcarpetas como los archivos individuales tendrán su número de registro y una palabra clave que los identifique. Por norma se establece que cada placa radiográfica escaneada estará numerada (1, 2, 3, 4..., así sucesivamente) y las condiciones del citado escaneado (μm , densidad, bits) (Fig. 12).

Capítulo 2

Elenco de piezas y su interpretación radiográfica

Introducción al catálogo radiográfico

La radiografía sirve de gran ayuda a los restauradores para el conocimiento previo a la intervención en los objetos metálicos históricos.

Así, permite:

- Conocer en profundidad el estado de conservación de estos objetos.
- Determinar la defectología introducida en su fabricación.
- Y, en los objetos complejos, discernir los diferentes componentes que conforman el objeto y su montaje.

Considerando estas premisas, se han elegido veinte piezas metálicas representativas del conjunto de las estudiadas radiográficamente en el Instituto del Patrimonio Cultural de España, con las que se intenta evidenciar la afirmación del primer párrafo.

Consecuentemente, se ha buscado que estas veinte piezas correspondan a diversos períodos prehistóricos e históricos españoles y que, a su vez, presenten modelos diferentes de fabricación, algo

que implica la diversa defectología y sus singulares procesos de fabricación y montaje, a ello se unen los muy diferentes estados de conservación.

Resulta obvio que de estos objetos se podría haber ampliado la información (de alguno de ellos mucho más extensamente), pero lo que se ha buscado no es el estudio radiográfico exhaustivo sino reseñar los aspectos más importantes de cada una de ellas y que, en conjunto, mostraran un buen número de defectos de fabricación diferenciados y ejemplos de interpretación de los procedimientos de fabricación en otras.

Puede darse el caso de que en la reproducción en papel de alguna de las radiografías no se observen todos los detalles que se expresan en el texto correspondiente. Ello se debe a que en el traslado de la imagen radiográfica a papel se ha perdido parte de la calidad, y a la reducción que se hace para ajustar el tamaño de la radiografía a su reproducción en el libro.

El número de registro de cada una de las piezas corresponde al de identificación de las radiografías en el Instituto del Patrimonio Cultural de España.

De todo ello, esperamos que estos ejemplos sirvan a los restauradores para ampliar su cono-

cimiento sobre el estado que pueden encontrar en las piezas por ellos a tratar, a los conservadores para facilitarles información añadida para determinar las condiciones que impliquen un menor deterioro a lo largo del tiempo y, a todos, sobre las posibilidades y limitaciones que ofrece

la técnica radiográfica en el estudio de los metales históricos.

Conviene hacer notar que la terminología utilizada en la interpretación radiográfica puede consultarse, para un más amplio conocimiento, en el glosario de términos que se ve más adelante.

Características de radiografiado de las diversas piezas

Ficha catalográfica	Registro IPCE	Título		kV	mA	Dfp, m	t, s			Filtros	Pantallas
1	22.650-22.653	Puntas de lanza	*	235	2	1,3	50	#	⊖	Al	Pb
2	22.414	Hacha de talón y dos anillas	*	318	4	1	42	#	⊖	Al	Pb
3	22.416	Molde para hacha de talón	*	280	4	1	42	#	⊖	Al	Pb
4	21.171	Jarro tartésico	*	320	4	2	60	#	⊖	Al	Pb
5	22.897/31	Puñal votivo	*	120	5	1	90	#	⊖		
6	22.025	Torques de oro	*	320	4	1	15	#	⊖	Al	Pb
7	S/N	Espada de Aguaviva	*	130	10	1	30	##	⊖		
8	21.343	Tenazas	*	180	5	1,7	25	#	⊖	Al	
9	23.106/35	Baco	*	200	10	2,2	1,3	#	⊖	Al	Pb
10	22.025	Torques de plata	*	270	4	0,7	11	#	⊖	Al	Pb
		– Vista transversal		250	4	1	20	#	⊖	Al	Pb
		– Cadenita	*	170	4	1	20	#	⊖	Al	Pb
11	S/N	Placa de Botorrira	*	115	7	1,9	7	#	⊖		
12	21.874	Escultura denominada <i>Doriforo</i>	*	[] []	4			#	⊖	>	
13	23.170	Estuche médico	*	85	5	1,9	111	#	⊖		
14	21.303	Bronce de Bembibre	*	105	7	1,98	733	#	⊖⊖		
15	A-4.879	Missorium	*	220	10	1,6	70	#	⊖⊖⊖⊖	Al	
16	21.652/1	Broche de cinturón		130	5	0,9	60	#	⊖		Pb
17	D-2.605	Espada denominada <i>Tizona</i>	*	200	10	1,6	75	##	⊖	Al	
		– Otra toma	*	140	10	1,6	85	##	⊖	Al	
18	20.582	Relicario	*	319	5	1,92	53	###	⊖	Al	
		– Otra toma	*	150	5	1	22	###	⊖	Al	
19	22.897/35	Casco	*	[]	5	0,60 a 3	Ç	#	⊖	>	
20	S/N	Matrimonio desigual de Goya	**	80	10	2	150	#	⊖⊖⊖⊖		

* Equipo 320 kV.

** Equipo 160 kV.

Película D-7, de Agfa.

Película AX, de Kodak.

Película M, de Kodak.

⊖ Revelado automático en proceso de 8' a 30 °C de temperatura.

⊖⊖ Revelado automático en proceso de 8' a 35 °C de temperatura.

⊖⊖⊖⊖ Revelado automático en proceso de 12' a 33 °C de temperatura.

[] Dependiendo de la toma la exposición ha variado entre 80 y 260 kV.

> Al por encima de 90 kV.

[] [] Dependiendo de la toma la exposición ha variado entre 130 y 320 kV.

Ç Variable entre 60 y 258 s.

1 Puntas de lanza

Museo Arqueológico José María Soler.
Villena, Alicante (núm. inv. CR/03/1-4)
Cabezo Redondo (Villena, Alicante)

Material base cobre.

18,3 × 4,3 cm; 25 × 4,4 cm;

26,5 × 4 cm; 22,5 × 3,6 cm

S. XIII-X a.C. Bronce final

Núm. registro IPCE: 22.650-22.653



44

Descripción

Se trata de cuatro puntas de lanza de diversa longitud que constan de hoja de doble filo y cubo cónico que se prolonga hacia la hoja formando un nervio central redondeado en ambas caras. El estado de conservación del metal no permite vislumbrar si el cubo presenta ranura vertical. Del mismo modo la corrosión impide averiguar si pudieron tener algún tipo de orificio por donde se pasaban clavos o alambres para reforzar la sujeción del empuñadura. Normalmente se acompaña de regatón o contera, pieza fabricada también de metal que impedía el desgaste de la madera del astil, funcionaba como contrapeso, e incluso podía ser usado como arma en caso de romperse la lanza.

Ésta es una de las armas más antiguas, muy usada en todo el ámbito mediterráneo. Es un arma ofensiva empleada para la lucha cuerpo a cuerpo protegido con escudo, previa a la utilización de la espada o el puñal.

Fabricada en aleación de base cobre aparece en la Península Ibérica desde la Edad del Bronce y pervive durante gran parte de la Edad del Hierro,

combinándose con armas similares fabricadas en hierro, como la jabalina, el *soliferrum* o el *pilum*. Se empuña desde el tercio inferior del asta y se usa con movimientos desde el hombro hacia abajo si se pretende herir la parte superior del cuerpo del adversario, o desde el hombro hacia delante para atestar golpes bajos. No obstante, en algunos casos, puede usarse como arma arrojada.

Los ejemplares de la imagen aparecieron en el yacimiento de Cabezo Lucero, poblado de gran renombre del Levante meridional que durante la Edad del Bronce juega un papel trascendental en la centralización de excedentes de las poblaciones vecinas, y la distribución hacia los principales circuitos de intercambio entre el Levante, la Meseta y el Norte de la Península Ibérica. Este hecho lo demuestra el hallazgo de numerosos tesoros de piezas fabricadas principalmente en oro, como el excepcional Tesoro de Villena. Esta situación de privilegio irá perdiéndose a medida que se avanza hacia la Edad del Hierro, momento en que se produce la llegada del comercio marítimo fenicio y el desarrollo de la cultura de Tartesos.



Figura 1. Imagen radiográfica de conjunto de las cuatro puntas de lanza.

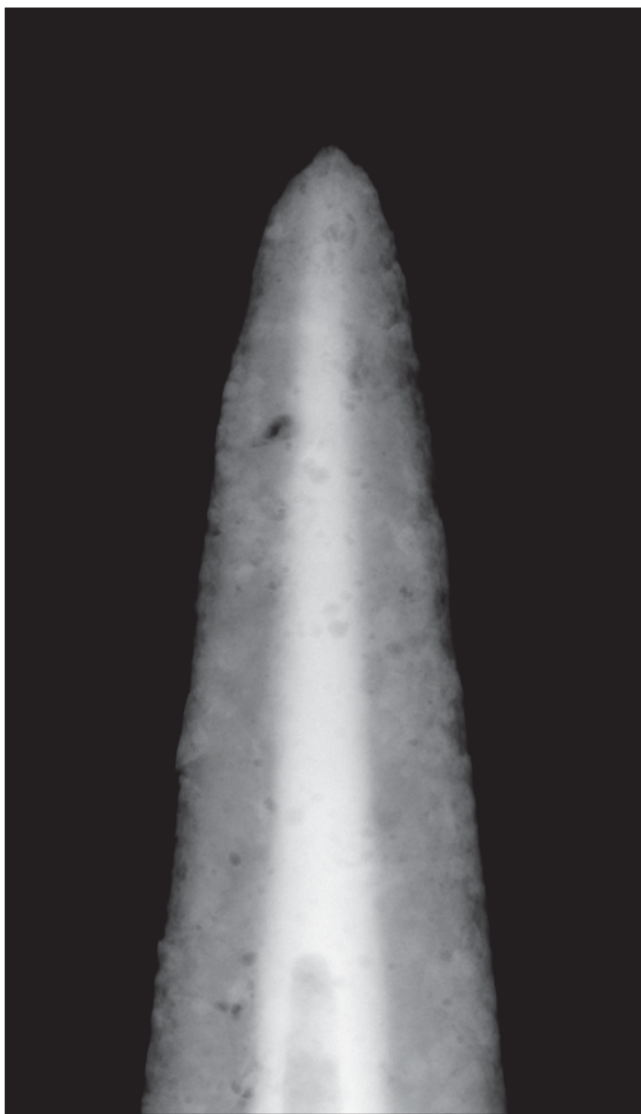
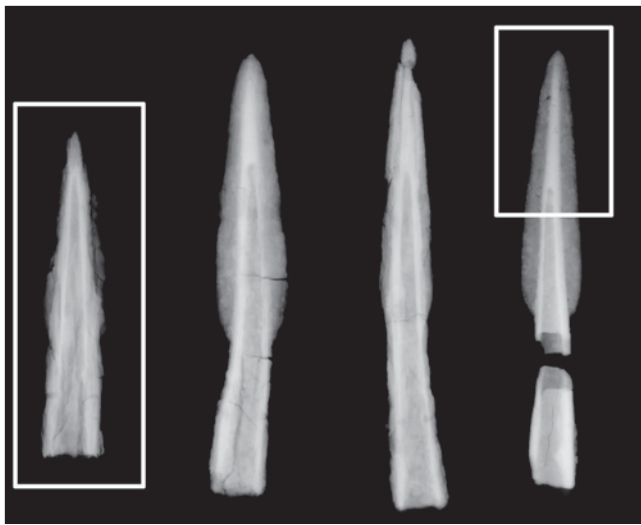


Figura 2. Detalle de la punta de lanza D con poros ocluidos.



Figura 3. Detalle de la punta de lanza A con gran pérdida de material por degradación.

Comentario radiográfico

Como evidencia la imagen radiográfica de conjunto (Fig. 1) las cuatro puntas de lanza presentan un estado de degradación tan avanzado que apenas queda material metálico, en especial en la pieza A.

En la punta de lanza D (Fig. 2) se ve en el material metálico un considerable número de poros esféricos que quedaron ocluidos en el proceso de fundición por un deficiente diseño en el molde de los canales de escape de los gases.

Mayor pérdida de material por corrosión se observa en la punta de lanza A (Fig. 3), hasta el punto de que han desaparecido las zonas de menor espesor de la lanza. En esta pieza se detectan múltiples roturas en todas las direcciones, aunque pre-

valecen las de sentido longitudinal. Este nivel de degradación significa la total pérdida de masa metálica hasta el grado de que el remanente son los productos de corrosión y adherencias terrosas.

Bibliografía

QUESADA, F.:

El armamento ibérico. Estudio tipológico, geográfico, funcional, social y simbólico de las armas en la cultura ibérica (s. IV-I a.C), Madrid, 1997.

QUESADA, F.:

Armas de Grecia y Roma forjaron la Historia de la Antigüedad, Madrid, 2008.

Villena. Arqueología y museo, catálogo de exposición, Alicante, 2005.

2 Hachas de talón y dos anillas

Museo Arqueológico Nacional.
Madrid (núm. inv. 35.370)
Vara (Lugo)

Material base cobre.

23,2 × 5,3 cm

S. X-VII a.C. Bronce final

Núm. registro IPCE: 22.414



48

Descripción

Hacha de forma trapezoidal formada por una hoja alargada con filo ancho ligeramente convexo y nervio central muy marcado hasta la mitad, tope recto del que arrancan en los laterales dos anillas semicirculares y talón rectangular alargado. El contorno de la pieza conserva restos de las rebabas del molde bivalvo de fundición.

Esta tipología de hachas se denomina de talón o tope, reconocible porque puede presentar una o dos anillas para atar a un empuñadura, y en ocasiones una o varias nervaduras en la hoja. Son características del Bronce Final, se distribuyen principalmente en el norte atlántico de la Península Ibérica —zona especialmente rica en metales— y suelen tener una cronología comprendida entre los siglos X y VII a.C.

Sin embargo, en la actualidad no queda claro el uso que pudieron tener; para algunos investiga-

dores pudo ser un arma guerrera, otros apuntan un uso cinegético o incluso votivo pues se han hallado en número elevado en depósitos junto con otras armas (lanzas, espadas y puñales, etc.). En este sentido resulta destacable la escasa calidad de la tecnología ya que a la aleación de estaño y cobre se añade en composición un elevado porcentaje de plomo que hace que el metal sea poco apto como útil cortante. Este hecho podría demostrar que se trata más de objetos de lujo o de poder que utilitarios, lo que estaría indicando una sociedad jerarquizada.

Se conservan numerosas hachas de doble anilla similares en el Museo Provincial de Pontevedra, que proceden en su mayoría de depósitos o acumulaciones vinculados a castros de la región, y de forma más aislada formando parte del ajuar de personajes destacados. Algunas hachas de estos hallazgos conservan la mazarota de fundición y las rebabas originadas por las dos valvas del molde.

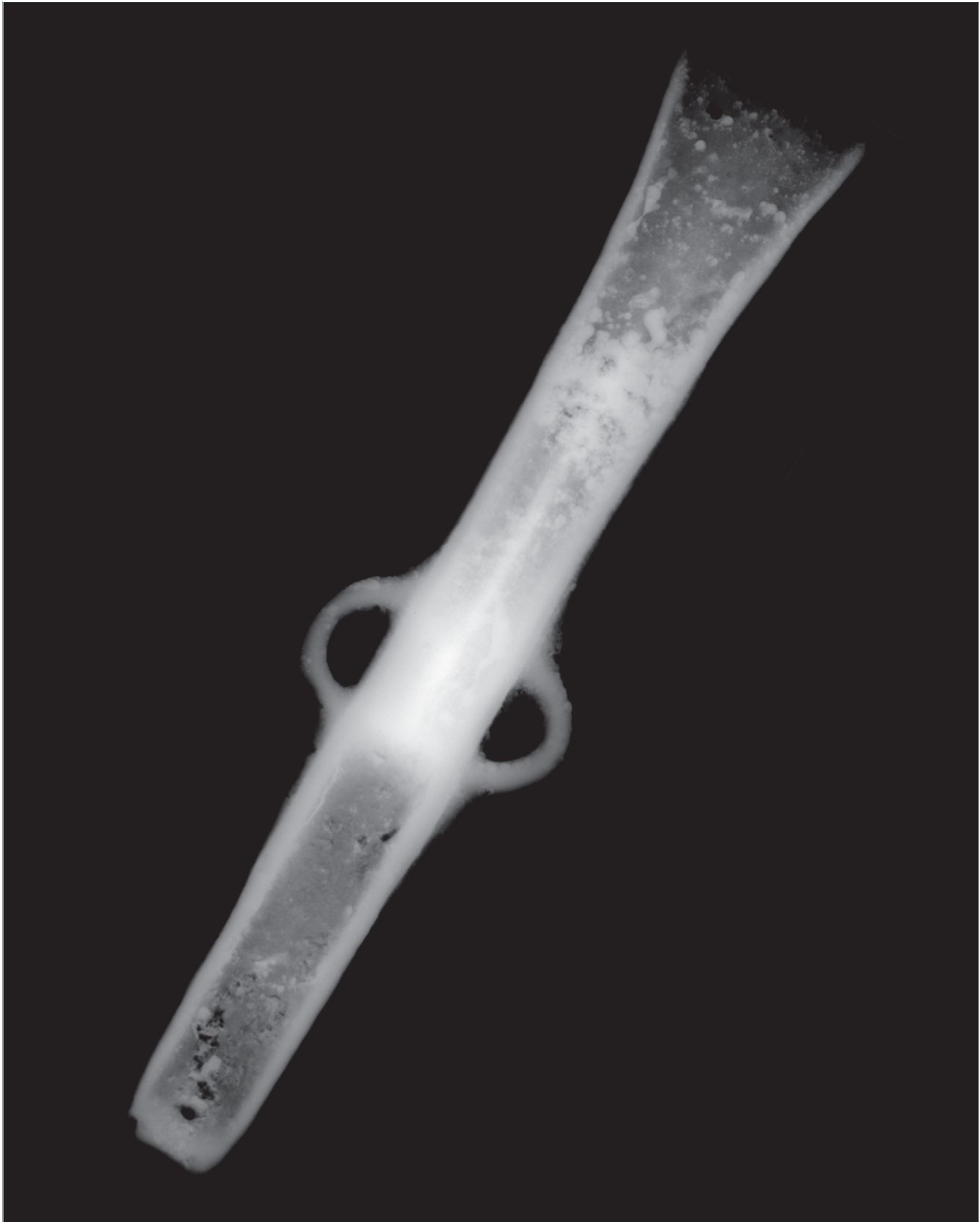
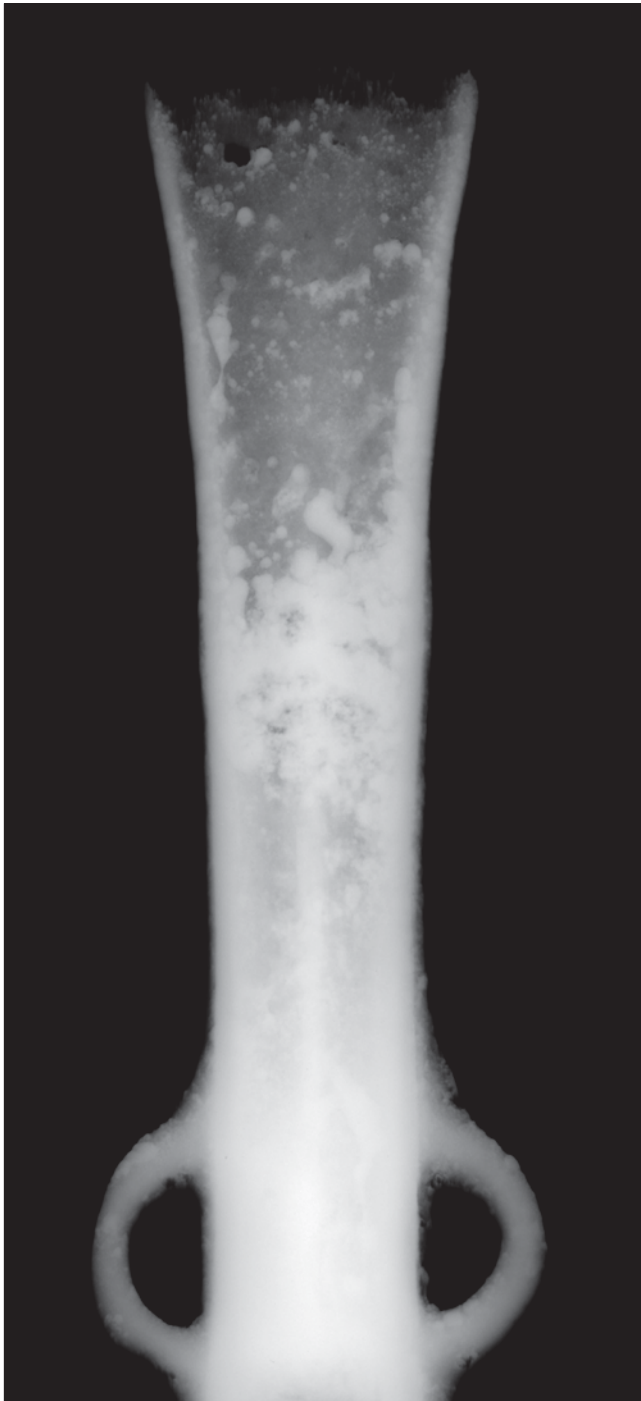
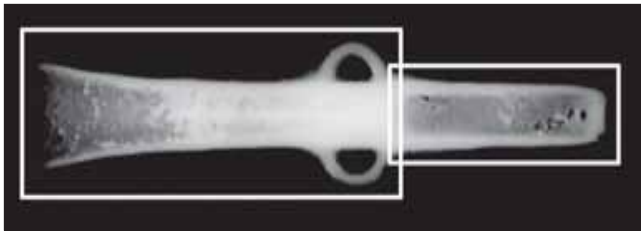


Figura 1. Imagen radiográfica general del hacha de talón y dos anillas.



50

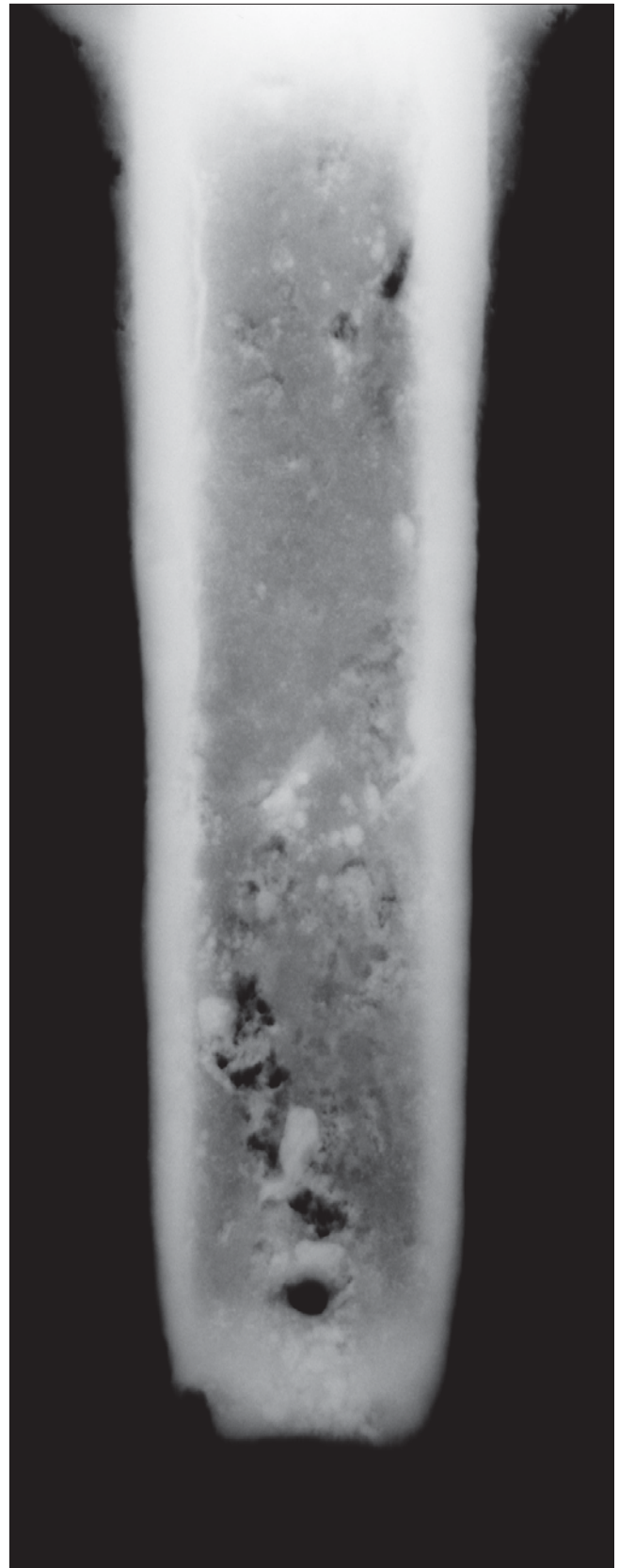


Figura 2. Plomo ocluido en la matriz metálica de bronce.

Figura 3. Diversas inclusiones y otros defectos en la zona del talón.

Comentario radiográfico

Esta pieza presenta, desde el punto de vista radiográfico, muy baja calidad técnica (Fig. 1). Pueden verse zonas y pequeños grupos de muy alta densidad radiográfica correspondientes a inclusiones de plomo no miscible en la aleación de cobre y estaño (Fig. 2). Ello indica que debe tratarse de una de las últimas hachas moldeadas con el caldo del crisol en el que el plomo, por densidad y por no formar aleación, quedó en el fondo del crisol y fue vertido progresivamente en mayor cantidad. En la zona de unión del talón con la hoja se observan algunas fisuras.

En el talón (Fig. 3), donde el plomo es más escaso, abundan las inclusiones de contornos irregulares que corresponden a escoria ocluida en la matriz metálica, así como porosidad y zonas de rechupes de contracción producidas, seguramente, por escasez de caldo para el llenado del bebedero.

Bibliografía

- ALMAGRO-GORBEA, M. *et alii.*:
Prehistoria. Antigüedades españolas I, catálogo del Gabinete de Antigüedades de la Real Academia de la Historia, Madrid, 2004.
- DELIBES, G. y FERNÁNDEZ, J.:
 «Bronce Final Atlántico en el noroeste de la cuenca del Duero», en *Actas do Coloquio Interuniversitário de Arqueología do noroeste, Portugalia* 2.^a, 4-5, 1984, pp. 111-119.
- La guerra en la antigüedad. Una aproximación al origen de los ejércitos en Hispania*, catálogo de exposición, Madrid, 1997.
- RODRÍGUEZ, J. e HIDALGO, J. M.:
 «Nuevos hallazgos de la Edad de Bronce en Vigo: el depósito de hachas de Estea-Saiáns», *Castrelos* 3/4, 1993, pp. 65-83.
- SIERRA, J. C. *et alii.*:
 «El depósito del Bronce Final de Samieira: estudio sobre hachas de bronce protohistóricas con un contenido alto en Pb a la luz del diagrama ternario Cu-Sn-Pb. Investigación arqueoanalítica y experimental». *Boletín Auriense*, Anexo 2, Orense, 1984.

3 Valva de molde para hacha de talón y dos anillas

**Museo Arqueológico Nacional.
Madrid (núm. inv. 35.371)
Linares de Riofrío
(Salamanca)**

Material base cobre.

25,2 × 6 cm

S. X-VII a.C. Bronce final

Núm. registro IPCE: 22.416



52

Descripción

Molde metálico de forma rectangular ligeramente más ancho en su parte central, con el vacío de un hacha de talón y dos anillas similar a la de la ficha anterior. En uno de los extremos se aprecia el hueco de la mazarota por donde se vertía el metal líquido.

La aparición de este tipo de piezas en la Edad del Bronce, en especial durante el Bronce Final, está indicando el desarrollo de un tipo de actividad económica, complementaria a las tradicionales como la agricultura o la ganadería, por lo que se está hablando de un grado de especialización socioeconómica en los poblados de esta época.

El desarrollo de la metalurgia en este momento se debe a la progresiva explotación de las menas

tan abundantes en la Península Ibérica. La presencia de estaño en el noroeste y de cobre en el sureste y sur, tan necesarios para conseguir aleaciones bronceas de calidad, será el inicio de un itinerario comercial con dos direcciones opuestas: el Mediterráneo y el Atlántico. Esta ruta será responsable de que durante siglos posteriores diversas culturas como la fenicia o la griega acudan a nuestras tierras en busca de estos y otros metales como el hierro o la plata.

Esta pieza fue exhumada con otro molde (la valva que completa al que citamos) también de metal, y su hallazgo podría revelar la existencia de algún taller especializado de fundición en serie de utillaje vinculado con este tipo de actividades de carácter agrícola y ganadero.

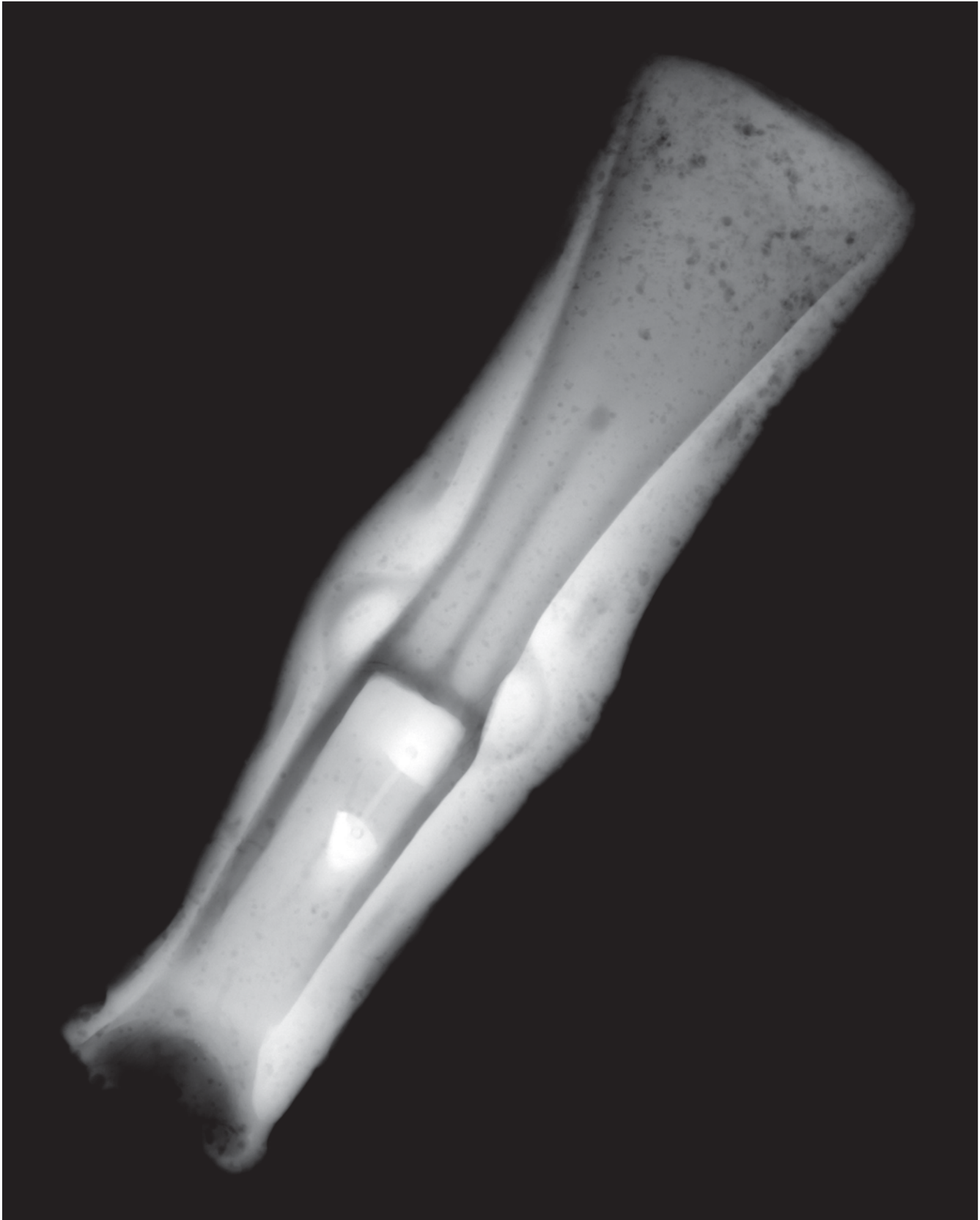


Figura 1. Imagen radiográfica general de la valva con inclusiones porosas y de escoria.

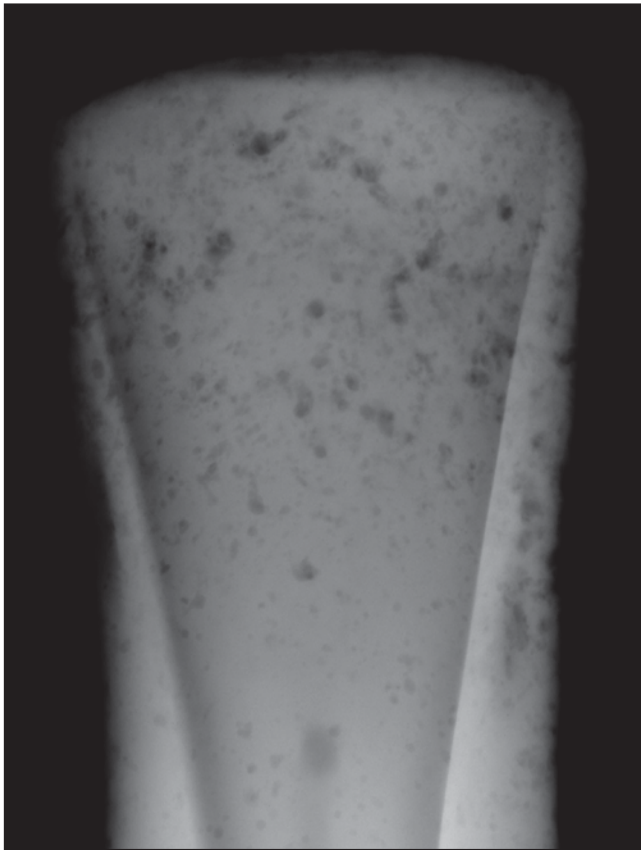
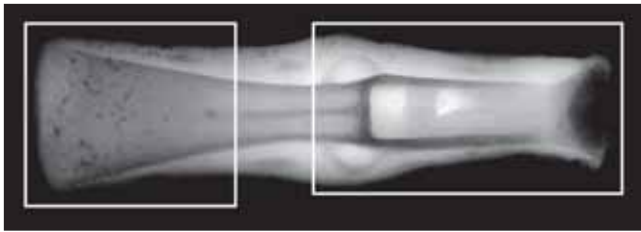


Figura 2. Detalle de los poros e inclusiones de escoria en uno de los lados.

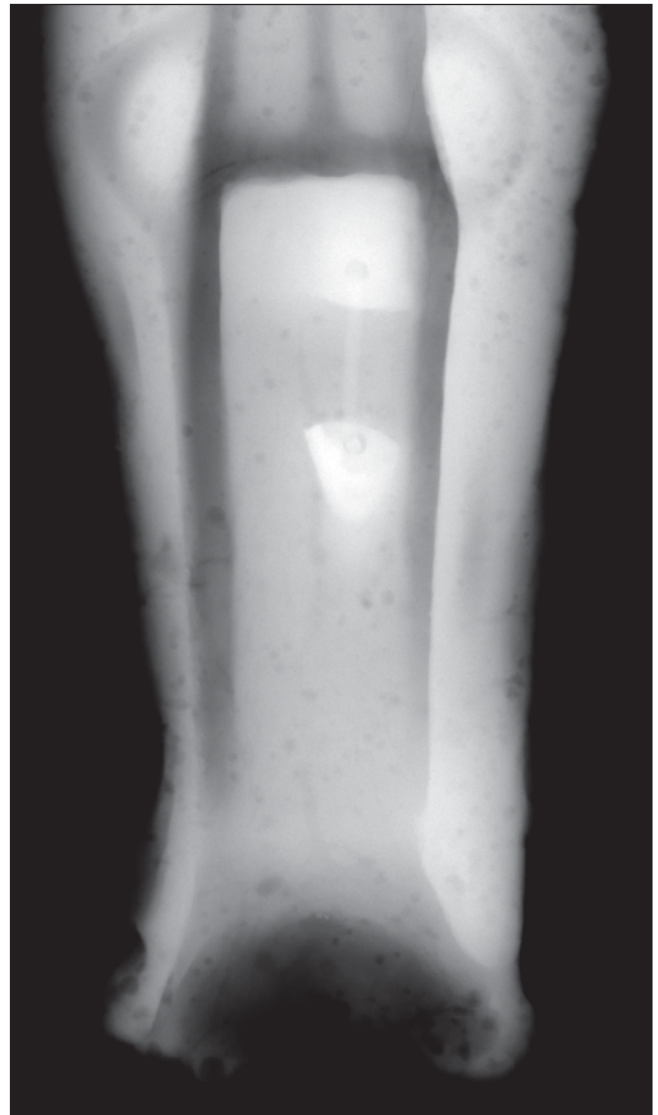


Figura 3. Vista de las manchas correspondientes a una anilla externa del molde.

Comentario radiográfico

Esta valva, que presenta baja calidad técnica, muestra gran cantidad de poros de diversos tamaños y morfología en casi toda la masa metálica, que se concentra, también con escoria ocluida, en el extremo de corte del hacha y a lo largo de uno de sus lados (Figs. 1 y 2). Esta porosidad procede de unos deficientes canales de salida de gases en el molde donde se fundió esta pieza.

En el talón (Fig. 3), las dos manchas de notable densidad radiográfica corresponden a restos de una anilla externa del molde que serviría para facilitar la unión de las dos valvas en el proceso de llenado.

A ambos lados de la cavidad del molde, alineadas, aparecen dos series de estrías que indican, por su menor densidad radiográfica, que se trata de oquedades que se utilizarían para enfrentar las dos valvas. Cabe reseñar el muy escaso espesor de pared en el bebedero que se manifiesta por su baja densidad radiográfica.

Bibliografía

- DELIBES, G. y FERNÁNDEZ, J.:
«Bronce Final Atlántico en el noroeste de la cuenca del Duero», en *Actas do Coloquio Interuniversitário de Arqueología do noroeste, Portugalia* 2.^a, 4-5, 1984, pp. 111-119.
- RODRÍGUEZ, J. e HIDALGO, J. M.:
«Nuevos hallazgos de la Edad de Bronce en Vigo: el depósito de hachas de Estea-Saiáns», *Castrelos* 3/4, 1993, pp. 65-83.
- SIERRA, J. C. *et alii.*:
«El depósito del Bronce Final de Samieira: estudio sobre hachas de bronce protohistóricas con un contenido alto en Pb a la luz del diagrama ternario Cu-Sn-Pb. Investigación arqueoanalítica y experimental». *Boletín Auriense*, Anexo 2, Orense, 1984.

4 Jarro tartésico

**Museo Lázaro Galdiano.
Madrid (núm. inv. 5.285)
Procedencia desconocida**

Material base cobre.

24,5 × 14 cm

S. VI a.C. Tartésico

Núm. registro IPCE: 21.171



56

Descripción

Jarro de cuerpo piriforme decorado con una franja incisa de elementos triangulares y una cinta en altorrelieve, cuello ligeramente alargado ornado en su parte superior con capullos de loto hacia abajo incisos y boca rematada por una cabeza felina en relieve con las fauces abiertas y la lengua colgando. El asa es plana y presenta en el extremo superior una cabeza de serpiente y en el inferior una palmeta.

Este tipo de piezas imitan a las venidas de importación por el comercio fenicio y su uso se vincula a libaciones efectuadas en ceremonias relacionadas con enterramientos, por lo que normalmente se acompañan de braseros (quemaperfumes) y páteras. Por ello los motivos iconográficos representados en ellas aluden al mundo de ultratumba.

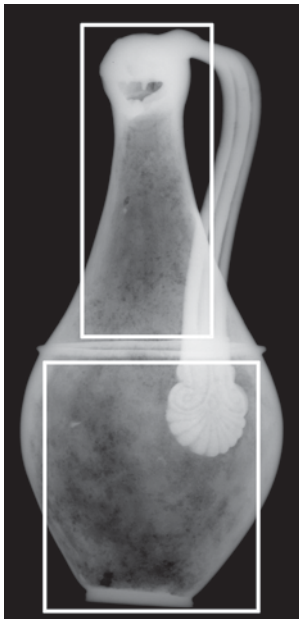
Su dispersión geográfica se concentra especialmente en el suroeste peninsular. También son frecuentes en necrópolis de Chipre y Etruria de la misma época. Destacan fundamentalmente por su riqueza ornamental dentro del contexto orientalizante en el que se enmarcan.

Aunque algunos ejemplares encontrados en la Península Ibérica fueron traídos probablemente de Oriente, pronto surgieron ejemplares confeccionados en talleres locales del suroeste, en especial en la zona gaditana y extremeña.

Se conservan paralelos en material de base cobre con otro tipo de decoración en la boca (zoomorfa, mitológica, etc.) como el del Museo Arqueológico Provincial de Badajoz o el de la necrópolis de La Hoya (Huelva), y en modelos de distintos materiales como el de cristal de roca procedente del tesoro de La Aliseda (Cáceres) o de cerámica, este último modelo más modesto.



Figura 1. Imagen radiográfica general de la pieza.



58

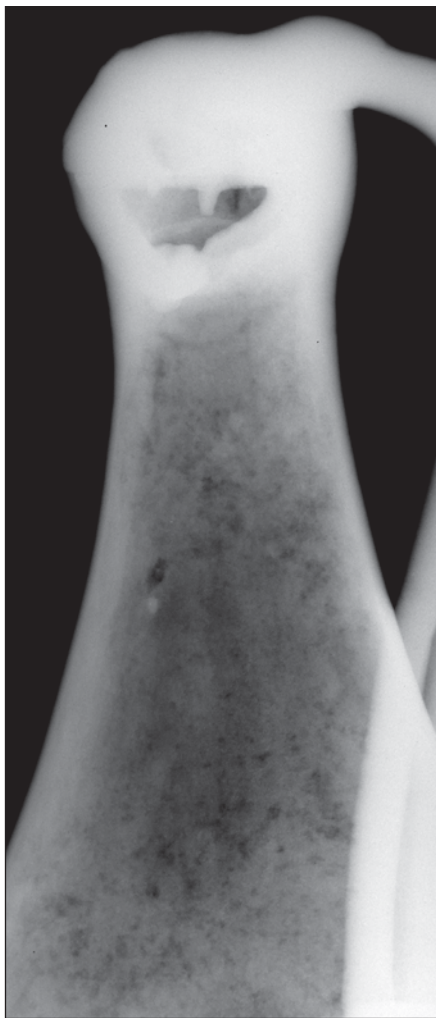


Figura 2. Detalle de una incisión accidental en superficie.



Figura 3. Aspecto de pérdida de material por corrosión y defecto de la soldadura perimetral del pie.

Comentario radiográfico

En la zona del cuello de este jarro se observa una huella alargada que corresponde a una incisión accidental en superficie (Figs. 1 y 2). De manera uniforme aparecen una serie de huellas de pequeño tamaño tendentes a circulares, que son el resultado de corrosión por picaduras producidas, seguramente, en el interior de la pieza. Algunas de ellas, de mayor tamaño y contorno irregular, se deben a carencias de material por defecto en la superficie interior del molde.

En la panza (Fig. 3) se ven los mismos defectos de corrosión y de falta de material de origen análogo a lo observado en la figura anterior, aunque aquí muy acentuados. Sobre el pie, una mancha de baja densidad radiográfica y contornos rectos correspon-

de a una falta de material que seguramente afecta a todo el espesor de pared.

En la zona de unión del pie con el fondo, a la derecha, se observa falta de fusión con acusada carencia de material de unión de las dos partes, pie y fondo del jarro.

Bibliografía

- Argantonio. Rey de Tartessos*, catálogo de exposición, Madrid, 2000.
- Hispania. El legado de Roma en el año de Trajano*, catálogo de exposición, Zaragoza, 1998.
- Obras maestras de la colección Lázaro Galdiano*, catálogo de exposición, Madrid, 2002.
- Catálogo on-line: www.flg.es/bus_listado.asp

5 Puñal votivo

Instituto Valencia de Don Juan.
Madrid (núm. inv. 2.822)
Procedencia desconocida

Material base cobre.

16,7 × 3,8 × 4,4 cm.

Peso: 256 g

S. v a.C. Celta

Núm. registro IPCE: 22.897/31



Descripción

60 Placa metálica de forma rectangular con el extremo izquierdo redondeado y el derecho rematado por un prótomo de toro de perfil. La base es plana y a lo largo del anverso se disponen una serie de figuras exentas, en la que se alternan humanos (masculinos) y animales (adultos y detrás sus crías), junto con diversos objetos, ordenados ligeramente en diagonal. De derecha a izquierda, se distinguen un caldero y un torques en el suelo, seguidos de un personaje que porta torques en el cuello y que apoya sus manos en el borde del caldero situado a su izquierda y en el lomo de un carnero ubicado a su derecha. A continuación otro personaje con torques lleva en su diestra un arma blanca corta con la que apunta la cabeza del carnero, y detrás se representa un animal difícil de identificar (¿jabato o cerdo pequeño?). Seguidamente, otro personaje masculino apoya sus manos en los lomos de un jabalí o cerdo salvaje a su izquierda, y en el cuello de una cabra, a su derecha, y detrás se incorpora un animal difícilmente identificable (¿un cerdo pequeño o cordero?). Por último, otro personaje (del que sólo se conservan sus pies) parece sujetar la soga que envuelve la cabeza de un oso situado a su derecha. A su espalda aparecen una cría de un cuadrúpedo no identificado y los restos de las patas de un ave. En el borde inferior de la placa, entre el caldero y el carnero, sobresale un hacha sujeta por dos cordones del mismo metal. El extremo redondeado presenta una anilla de suspensión.

Se desconocen las circunstancias del hallazgo, aunque desde 1921 pertenecía a F. Mateos Aguirre

y nueve años después ingresó en el Instituto Valencia de Don Juan tras la compra al marqués de Valverde de la Sierra por 3.750 pesetas.

Este tipo de piezas se conoce con el nombre de bronzes sacrificiales, y se dispersan geográficamente en una zona caracterizada por la presencia de pueblos castreños en el noroeste y en la meseta norte peninsular en un marco cronológico que abarca desde los siglos VII al I a.C. Es probable que posean un significado ritual o simbólico, pero en la actualidad algunos autores desechan su funcionalidad como cuchillo votivo.

Otros paralelos formales e iconográficos con esta pieza son el portugués de Celorico do Basto (Castelo de Moreira), dos del Museo Arqueológico Nacional, el del Museo de Pontevedra, o un hacha del Museo del Castillo de San Antón procedente de Cariño (La Coruña).

En algunos yacimientos arqueológicos como el de Capote (Badajoz) se ha hallado testimonio de sacrificios animales masivos que tienen cierta similitud con la escena representada en estos bronzes; el interés de este hallazgo radica en que el banquete que sucedió a la ceremonia sacrificial fue interrumpido en ese momento por la irrupción de las tropas romanas (a mediados del s. II a.C.), por lo que los restos permanecieron *in situ* hasta el momento de la exhumación. Asimismo, se han hallado inscripciones epigráficas como la de Cabeço das Fráguas (Guarda) en la que se hace mención a una serie de divinidades a las que se ofrendan los sacrificios de distintos animales: una oveja para *Trebopala*, otra para *Trebaruna*, un *comaiam* a *Icona Loiminna*, un cerdo a *Laebo* y un toro a *Reve Tre...* (nombre incompleto).

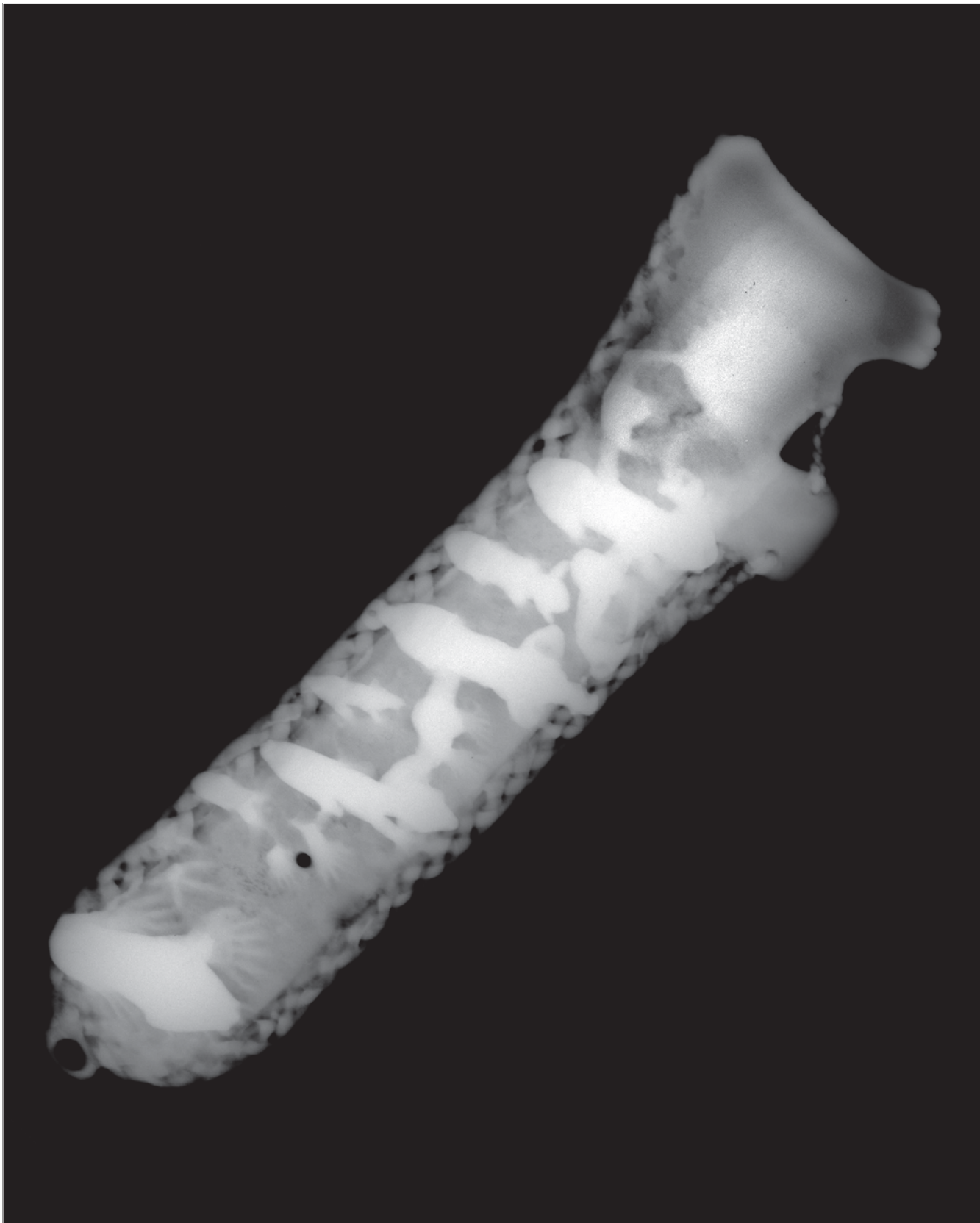


Figura 1. Imagen radiográfica general cenital.

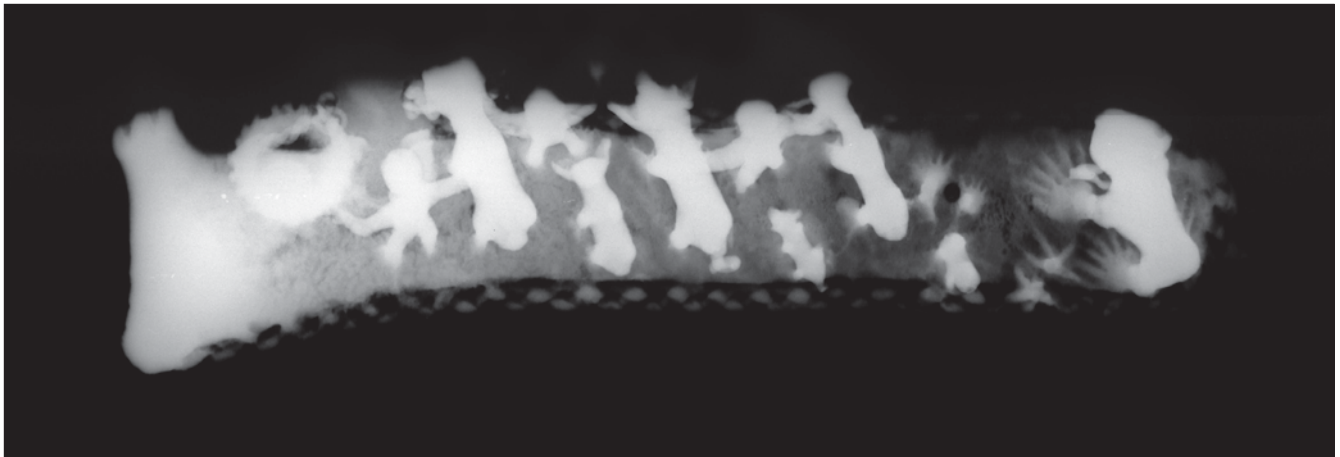


Figura 2. Radiografía que muestra que la pieza está fabricada por moldeo.

62

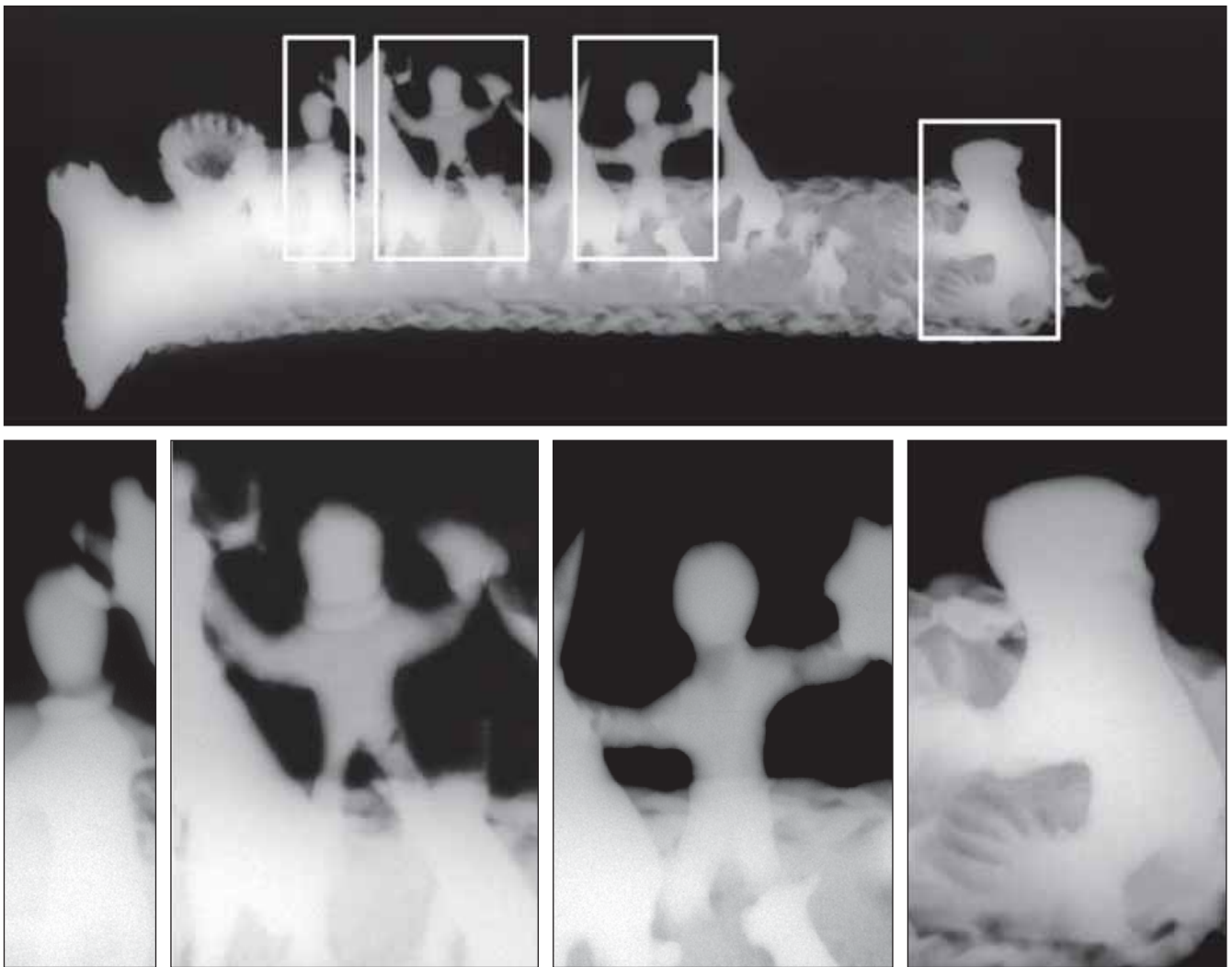


Figura 3. Composición de las figuras que presentan notables diferencias de densidad por variaciones de espesor y defectología en la base.

Comentario radiográfico

Las imágenes radiográficas generales (Figs. 1 y 2) muestran que el cuchillo está fabricado mediante molde.

Partiendo del prótomo, de buena calidad de fundición, a medida que se avanza hacia el extremo opuesto comienzan a verse progresivamente defectos de la fundición correspondientes a diversos espesores. Otros aspectos, con la misma procedencia, son los poros esféricos detectados al pie de algunas figuras.

Por otra parte, a la derecha de la cabra (Fig. 2) se distingue una amplia zona de discontinuidad transversal al eje de la pieza. Ésta se prolonga entre las patas del animal hacia el otro lado hasta los pies que restan del siguiente personaje, entre los que se aprecia un orificio de procedencia incierta. Continuando hacia el extremo redondeado del cuchillo se observa otra amplia discontinuidad transversal, más extensa, en una zona cercana de aparente rechupe de contracción.

Las figuras que se disponen sobre la placa parecen presentar en conjunto buen aspecto de fundición (Fig. 3). No obstante se van a matizar una serie de particularidades que se han puesto de manifiesto

gracias a la inspección radiográfica: la franja oscura entre la cabeza y el torques de la primera figura humana —junto al caldero— se asocia a una zona de escaso material; en la siguiente figura humana —entre dos animales— se detecta una discontinuidad en cada una de sus extremidades derechas, así como en los brazos de la tercera figura humana, también entre dos animales. Finalmente, en el animal que se halla en el extremo junto a la anilla, se observan dos líneas paralelas incipientes de menor densidad radiográfica en el cuello, significativas de estrechamientos de material.

Bibliografía

- ARMADA PITA, X. L. y GARCÍA VUELTA, O.:
«Bronces con motivos de sacrificio del área noroccidental de la Península Ibérica», *AespA*, núm. 76, Madrid, 2003.
- BERROCAL, L.:
El altar prerromano de Capote. Ensayo etnoarqueológico de un ritual céltico en el suroeste peninsular, Madrid, 1994.
- OLMOS, R.:
«Narration et symbole dans l'art Ibérique». *Acta Musei Nationalis Pragae*, LVI (1-4), 2002.

6 Torques

Museo Arqueológico Nacional.
Madrid (núm. inv. 1.943/19)
Proximidades de Ribadeo (Lugo)

Oro. Diámetro: 15,7 cm.
Grosor: 0,8-1,1 cm.
Peso: 287,7 g
S. IV-II a.C. Celta
Núm. registro IPCE: 22.025



64

Descripción

Collar áureo formado por un aro rígido y macizo de sección romboidal en forma de «C», sin decoración alguna, cuyo grosor decrece a medida que se aproxima a los remates en doble escocia.

Este tipo de joyas generalmente se asocia a símbolos de rango o poder; es probable que las utilizaran personajes relevantes como adorno personal. Se fabrican principalmente de oro y plata macizos pero también se conocen ejemplos de aleación de cobre. En la cultura castreña del noroeste peninsular (Galicia y Norte de Portugal) el oro fue muy abundante en la zona, ya que fue objeto de explotación hasta la época romana, razón por la que la mayoría se confeccionaron con este metal.

En la Península Ibérica aparecen en la Edad del Bronce, momento en que las relaciones comerciales con el Atlántico son muy intensas, por lo que imitan la tipología y la tecnología de los modelos atlánticos, sin embargo, la época por excelencia de estos objetos es la Edad del Hierro.

La mayoría de los torques de esta zona se han hallado en depósitos u ocultaciones muy sencillos. La falta de contexto arqueológico dificulta no sólo la atribución cronológica sino su función social. De hecho, se ha descartado la posibilidad de ofrenda funeraria o votiva, por no haberse encontrado en dichos contextos. También se desconoce si es un objeto de uso masculino o femenino (por su diámetro tan pequeño). Algunos estudiosos creen apreciar en las distintas tipologías signos de etnicidad que aclararían la concentración de ciertos modelos con zonas territoriales. También se ha apuntado la posibilidad de que se utilizaran como bienes de intercambio o moneda de cambio.

Otros torques similares al de Ribadeo, denominados en ocasiones *flavienses*, se conservan en el Museo Provincial de Lugo procedentes de A Recadeira o de Mélide.

Esta pieza formaba parte de un lote y fue comprada por el museo a un particular (D. Apolinar Sánchez Villalba) en 1943.

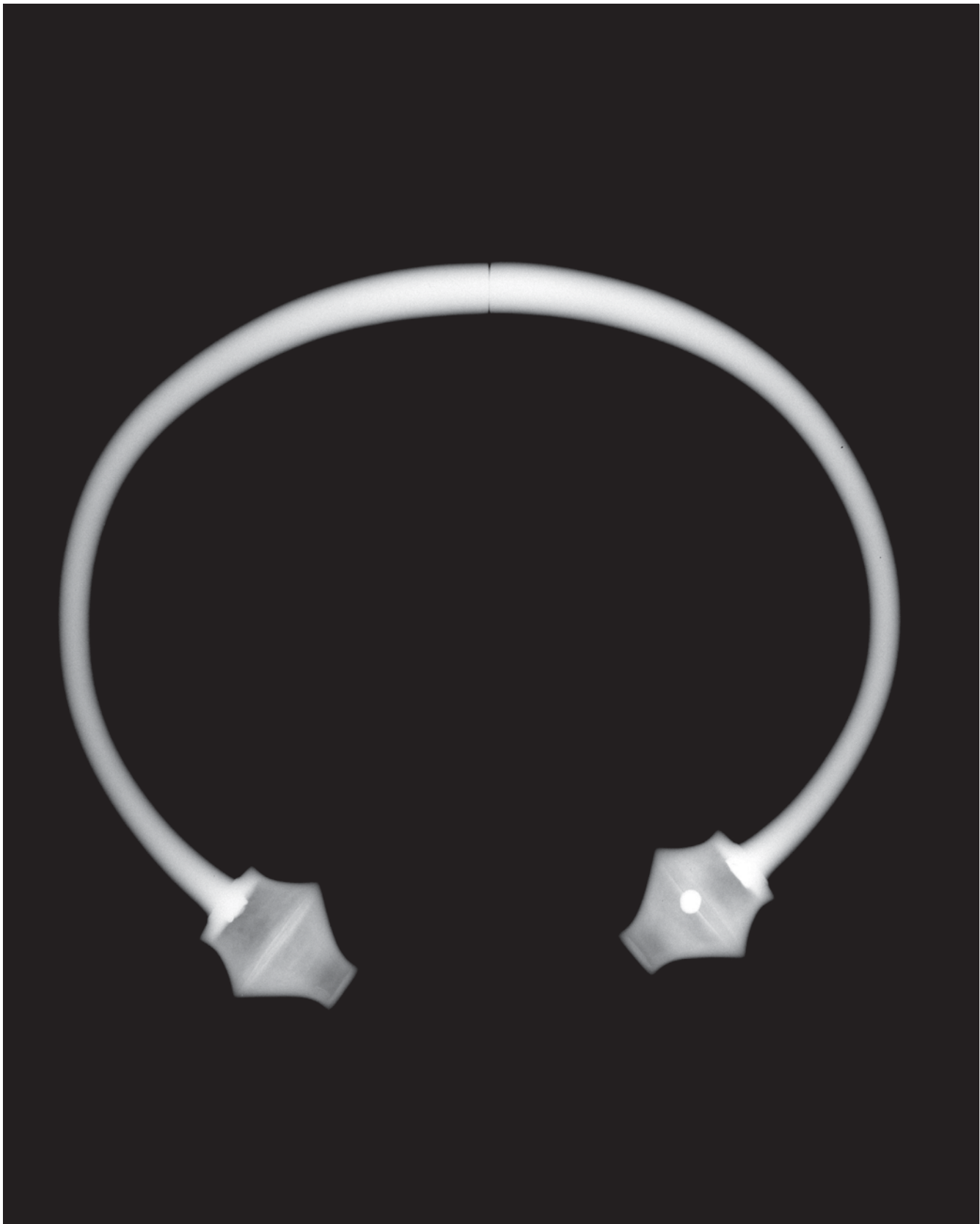


Figura 1. Imagen radiográfica general.

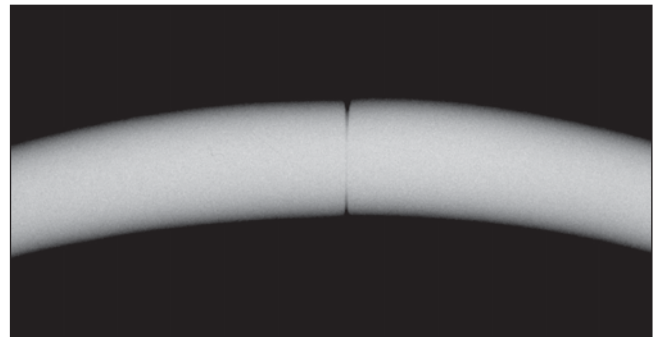
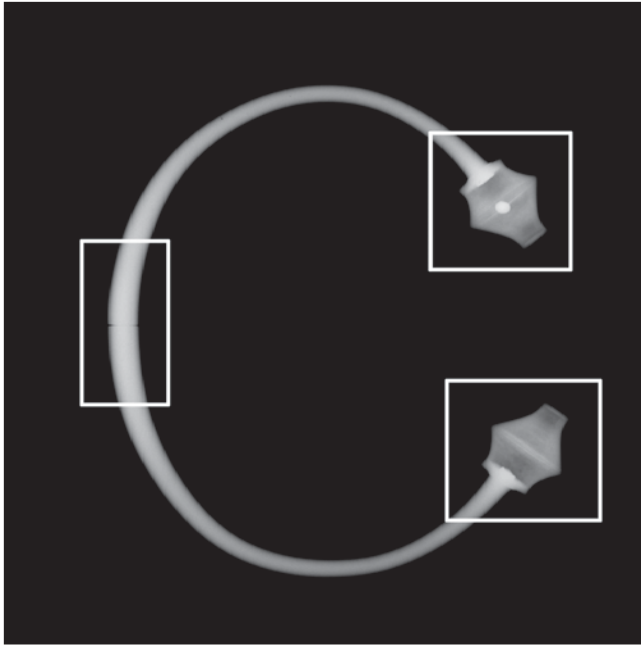


Figura 2. Deficiencia de la soldadura que intenta disimular el corte.

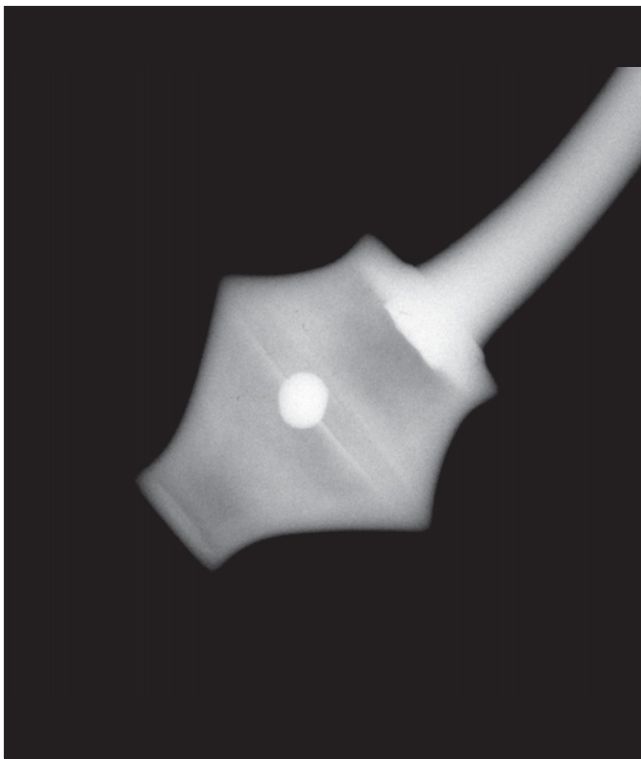


Figura 3. Composición de las piezas que conforman una doble escoria y bolita en su interior.

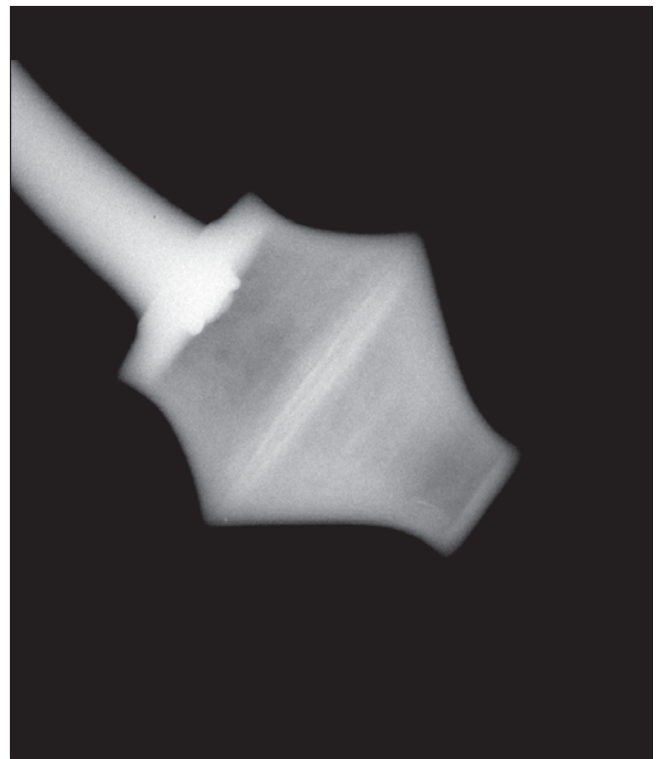


Figura 4. Sistema de soldadura del brazo en el interior de una doble escoria.

Comentario radiográfico

La imagen radiográfica de este torques confirma que el cuerpo es macizo (Fig. 1). Justo en el centro de la pieza se aprecia un corte que, por su calidad, parece indicar que se llevó a cabo en tiempos modernos, tras su hallazgo. La soldadura para disimular dicho corte es de muy mala calidad, con acusada falta de penetración y de fusión (Fig. 2). El resto del cuerpo es de una calidad excelente.

Los extremos del torques se rematan con dos dobles escocias —que están constituidas por dos cuerpos de forma tendente a troncocónica soldados por su mayor diámetro—, y otros dos planos circulares que cierran el conjunto (Fig. 3). Este procedimiento de unión del torques a las dobles escocias, y el de fabricación de las mismas, es idéntico a otros ejemplares de la misma colección, con la salvedad de

que en el presente caso las dobles escocias no tienen ningún defecto de soldadura. En el interior de una de ellas se aprecia una bolita esférica que produce un sonido de cascabel, casi con seguridad introducida voluntariamente. Se observa también cómo el extremo del torques penetra en la primera pieza plana donde queda soldado (Fig. 4).

Bibliografía

- Oro. Orfebrería antigua en Hispania*, Madrid, 1999.
Torques. Belleza y poder, catálogo de exposición, Madrid, 2002.
 MARTÍN, A. *et alii.*:
 «Aspectos constructivos de algunos torques españoles determinados mediante análisis radiográfico», en *II Simposio sobre Minería y Metalurgia Históricas en el Sudoeste Europeo*, Madrid, 2005, pp. 155-161.

7 Espada

**Museo de Mas de las Matas
(núm. reg. 540) Puente del Arenal
(Aguaviva, Teruel)**

Hierro.

Longitud máxima: 44,7 cm.

Ancho máximo hoja: 3,3 cm.

S. III-II a.C. Ibérico

Núm. registro IPCE: S/N (sin número)



68

Descripción

Espada de hierro con hoja recta de un solo filo, hombros caídos y espiga solidaria que forma el esqueleto de la empuñadura en la actualidad perdida, muy probablemente confeccionada con material orgánico. Tan sólo se conserva del empuñadura restos de cobre que bien podrían corresponder a la guarda que se sostendría a la hoja por medio de clavos como lo demuestran los dos orificios. El extremo de la empuñadura se remata con una anilla, hecho que la hace peculiar. La vaina no ha llegado hasta nuestros días pero pudo realizarse con cuero o madera a partir de un armazón metálico del que se suspendería un sistema de anillas de sujeción a la correa que colgaba del hombro y que cruzaba el pecho.

Por su fisionomía, podría tratarse de una versión local del *gladius hispaniensis*, espada corta del ejército romano empleada como arma tajante y punzante para la lucha cuerpo a cuerpo, generalmente con movimientos en arco de abajo a arriba mientras se protege del golpe del adversario con el escudo.

Su origen parece rastrear en la falcata y en la espada de antenas, armas blancas utilizadas en la

Península Ibérica y de las que tuvieron conocimiento los romanos a través de los mercenarios hispánicos que colaboraron bajo Aníbal en algunas de las guerras púnicas. Por las fuentes escritas se sabe que gozaron de fama entre la tropa romana por la excepcional calidad y factura del acero.

Poco se conoce del contexto arqueológico salvo que fue hallada en 1982 tras los trabajos realizados por una excavadora con la finalidad de allanar una ampliación de tierras de cultivo. El arma, según fuentes orales, apareció junto a unos restos óseos bajo una gran piedra que hizo de losa. Fragmentos de espadas similares se conservan en el Monasterio de Veruela (Zaragoza) procedentes de varios yacimientos del entorno como Oruña (hoy Gruña). Este poblado minero tiene indicios fiables de que pudo albergar un horno de reducción. La que nos ocupa no debería sorprender por su cercanía a las minas de mineral de hierro —contemporáneas al arma— de Valdestrada y de Masada del Torreta, en el cercano término municipal de Seno (Teruel), así como al inmediato poblado ibérico de Monte Catma, con notables escoriales férricos.

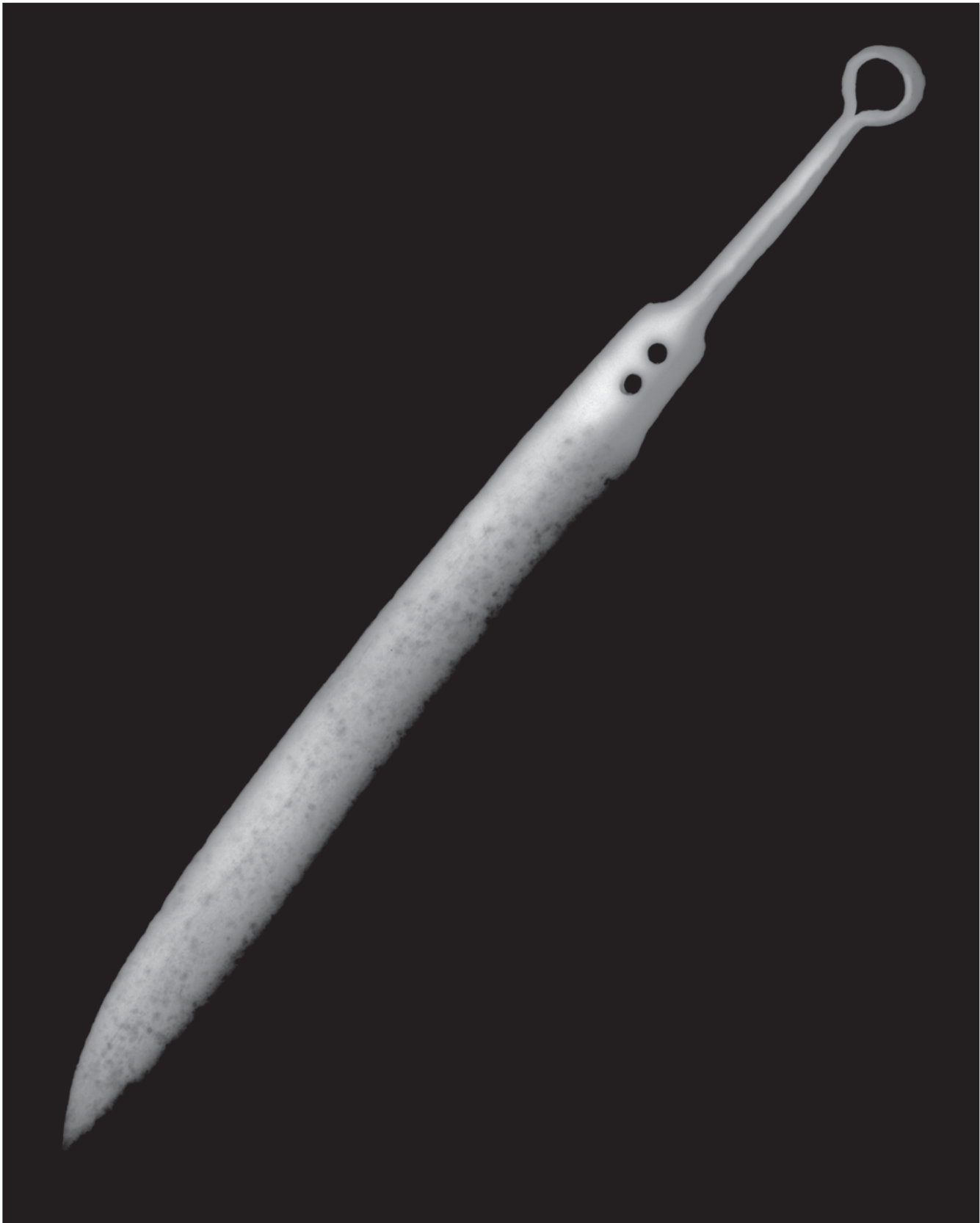


Figura 1. Imagen radiográfica completa.

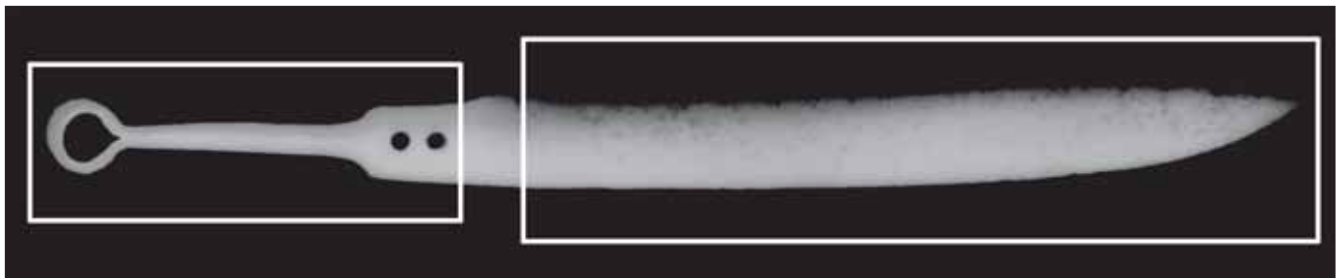


Figura 2. Pliegues de forja en el conformado de la empuñadura.



Figura 3. Pliegues de forja con inclusiones alineadas de escoria e imágenes de proceso de corrosión.

Comentario radiográfico

La imagen radiográfica completa (Fig. 1) confirma que la espada férrea está fabricada de una sola pieza por conformado en caliente, de hecho, es en la empuñadura donde se ve claramente este tipo de trabajo: a partir de la hoja se origina la espiga de sección troncopiramidal rematada con una anilla que regresa hacia la hoja. Ésta es la razón por la que se ve un pliegue que desde el orificio superior va hasta la parte media de la empuñadura (Fig. 2).

Todo este conjunto —de basto conformado— quedaría disimulado por las cachas de la empuñadura de material base cobre según las huellas que han quedado.

En el extremo de la hoja (Fig. 3), se aprecian en sentido longitudinal los pliegues paralelos de forja que limitan, a su vez, oclusiones alineadas muy finas de escoria.

Se manifiesta una pérdida uniforme de falta de material y otra, por corrosión, de formas aproximadamente circulares uniformemente distribuidas por toda la superficie. Estas faltas de material tienen su origen en procesos de corrosión debidos al par galvánico formado por el material base cobre de la empuñadura y el conjunto férreo de la espada, en el que se sacrificó esta última. Debido a que se colocó el arma bajo una piedra de considerables proporciones, la es-

casa humedad del medio circundante evitó una degradación mucho más severa de la parte férrea.

Bibliografía

- BISHOP, M. C. y COULSTON, J. C. N.:
Roman Military equipment. From the Punic Wars to the Fall of Rome, Oxford, 2006.
- BONA, I. J. *et alii.*:
«Catálogo de la colección arqueológica del Monasterio de Veruela», *Turiaso IV*, 1983, pp. 9-82.
- GARCÍA, G.:
Entre iberos y celtas: las espadas de tipo La Tène del noreste de la Península Ibérica, Madrid, 2006.
- MARTÍN, A.:
«Diversos hallazgos arqueológicos superficiales en la zona de Mas de las Matas (Teruel)», *Mas Matas VIII*, 1988, pp. 23-43.
- MARTÍN, A. *et alii.*:
«Arqueometalurgia del poblado ibérico Monte Catma (La Ginebrosa, Teruel)», *Mas Matas XIII*, 1993, pp. 241-281.
- QUESADA, F.:
Armas de Grecia y Roma forjaron la Historia de la Antigüedad, Madrid, 2008.
- QUESADA, F.:
«¿Qué hay en un nombre? La cuestión del gladius hispaniensis», *Boletín de la asociación española de amigos de la Arqueología*, núm. 37, 1997, pp. 41-58.

8 Tenazas

Museo Arqueológico Nacional.
Madrid (núm. inv. 10.598)
Purullena (Guadix, Granada)

Hierro.

37,5 × 5,5 cm

S. III a.C.-V d.C. Romano

Núm. registro IPCE: 21.343



72

Descripción

Instrumento férreo, que consta de dos brazos largos simétricos unidos por un eje cuyos extremos constituyen la boca. La unión de los mismos con el eje en posición cerrada es redondeada. La forma de la boca viene determinada por el tipo de objeto que sostiene; en esta tenaza uno de los extremos tiene forma acanalada longitudinal y el otro se remata de forma aproximadamente rectangular. Ambos en posición cerrada encajan uno dentro del otro, sirviendo para oprimir fuertemente la pieza a trabajar.

Pese a que fue hallada en un poblado de época romana con probada actividad metalúrgica (la antigua *Purullius*), cabe destacar que este tipo de útil pervive hasta nuestros días, sin apenas cambios.

Las tenazas de forja (*forcipes*) son utensilios empleados para sujetar el objeto previamente calentado en la fragua, para transportarlo al yunque, para introducirlo en la cubeta para su templado, así

como para sujetarlo mientras se procede al forjado. Son normalmente de hierro y su longitud varía en función de la forma y el tamaño de la pieza que ha de sujetarse; pueden llegar a medir un metro de longitud.

Es frecuente encontrar en poblados, campamentos y en *villae* romanos recintos dedicados a actividades económicas artesanales complementarias a la agrícola o la ganadera; tal es el caso de las herrerías. No es casualidad que el hierro, por sus propiedades y por su abundancia, se use desde el principio para objetos de carácter doméstico, útiles de labranza, instrumentos de oficio o armas sin apenas decoración, hecho que no sucede con otros metales.

La transformación de minerales a metales, y por tanto la profesión del herrero, siempre ha despertado fascinación. La soledad, la transmisión oral entre generaciones y el carácter sumamente empírico del trabajo han contribuido a darle una connotación mágica entre la población.

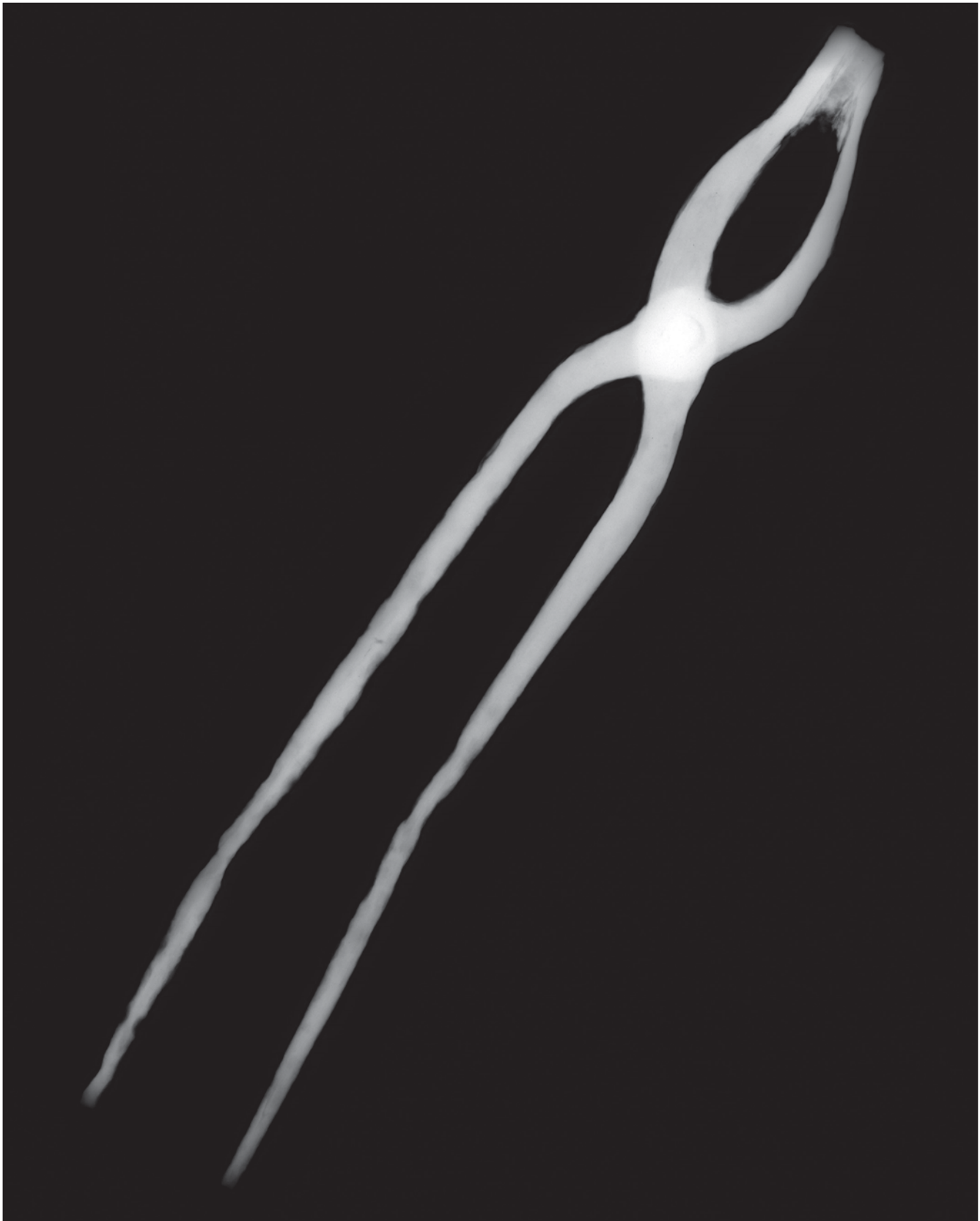


Figura 1. Imagen radiográfica completa.

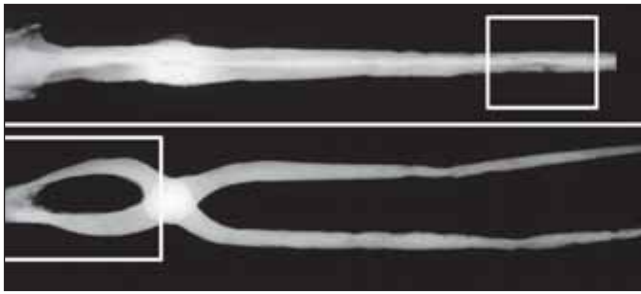


Figura 2. Radiografía con vista perpendicular a la anterior.

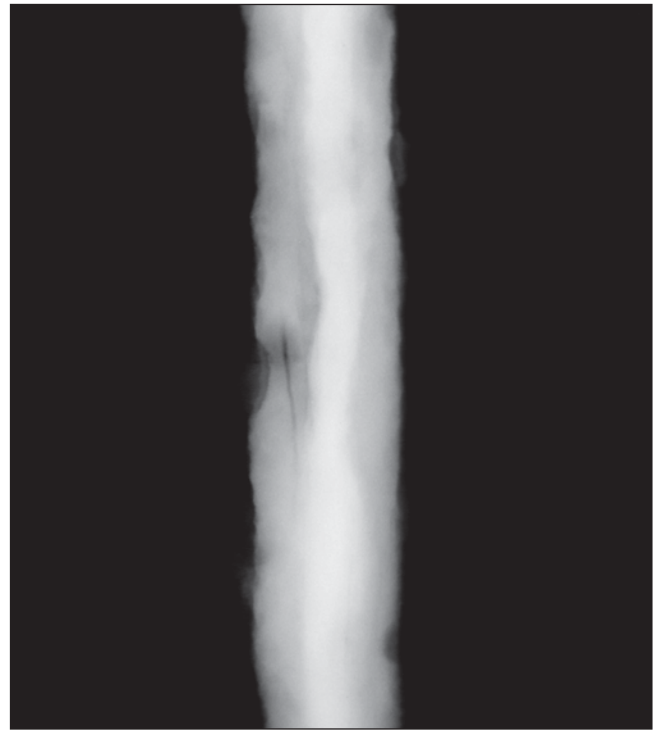


Figura 3. Aspecto de los pliegues de forja.



Figura 4. Escamación producida por degradación por corrosión.

Comentario radiográfico

Las dos imágenes radiográficas de vistas perpendiculares entre sí (Figs. 1 y 2) revelan el estado interno de las tenazas. Este objeto, representativo de un trabajo de forja, muestra elevada pérdida de material por corrosión. Presenta los ejemplos típicos de su modo de fabricación y una degradación que en buena medida se asocia a las características de dicho proceso.

Una inclusión de escoria longitudinal y las con-sabidas líneas oscuras que corresponden a los pliegues de forja se pueden observar en la figura 3, al tiempo que la diferente tonalidad del núcleo ejemplifica cómo la corrosión se produce siguiendo estas líneas. La notoria irregularidad de las superficies es ilustrativa de la considerable pérdida de material por corrosión. En la figura 4 se ve una clara escamación

que pone de relieve que el ataque de corrosión se produce preferentemente siguiendo los pliegues creados en el conformado por martillado en caliente. La forma laminar de ambos extremos ha propiciado este ataque severo.

Bibliografía

ALCALÁ-ZAMORA, L.:

La necrópolis ibérica de Pozo Moro, Madrid, 2004.

De lo útil a lo bello. Forja tradicional en Teruel, catálogo de exposición, Teruel, 1993.

MORCILLO, M. A.:

La forja, Madrid, 1982.

REVILLA, V. *et alii.*:

«Estructuras y funcionamiento de una herrería rural romana del siglo I d.C.», *Revista de Arqueología*, núm. 182 (junio), Madrid, 1996, pp. 22-29.

9 Baco

Museo Arqueológico y Etnológico
de Córdoba (núm. inv. 27.093)
Las Minas (Aguilar de la Frontera, Córdoba)

Material base cobre.

60 cm de altura

S. II. Romano altoimperial

Núm. registro IPCE: 23.106/35



76

Descripción

Escultura hueca de bulto redondo que representa a Baco o a Dionisos juvenil desnudo, de pie, apoyado sobre su pie derecho. La cabeza y el rostro, de facciones infantiles, giran ligeramente hacia su derecha. El cabello ondulado y peinado con una raya en medio, se recoge por detrás dejando algunos bucles que caen sobre los hombros. Sólo conserva el brazo derecho, levantado y doblado a la altura de la cabeza, con la mano cerrada como si sostuviera un *thyrsus* (cetro vegetal). Calza sandalias y el soporte sobre el que apoyaba su pie izquierdo se ha perdido. Se aprecian restos del dorado aplicado en superficie en la zona del abdomen y en los muslos. Los globos oculares y los pezones no han llegado hasta nuestros días.

Algunos paralelos iconográficos y formales se encuentran en el Baco de Ostia custodiado actualmente en el British Museum (Londres), al que también le falta el brazo izquierdo, aunque se observa sobre su hombro parte de una *nebris* (piel de animal), en el de Ambelokipi del Museo Nacional de Atenas, en el que podemos relacio-

nar la posición del brazo izquierdo con nuestra escultura, o en el desaparecido del Museo Nacional de Roma (conocido por un dibujo) en el que además de la piel se conserva el racimo de uvas que sostenía en la mano izquierda, así como la pantera sobre la que apoyaba su pie izquierdo. A diferencia de otras representaciones escultóricas del ámbito romano, no se han hallado paralelos en soporte pétreo, por lo que algunos historiadores como Manfrini-Aragno han sugerido la posibilidad de que este modelo iconográfico sea característico de esculturas de pequeño formato de bronce (entre 50 y 60 centímetros de altura).

Se ubica cronológicamente en época romana altoimperial porque los paralelos mencionados pertenecen a este período.

El gusto por esculturas y otras obras de arte procedentes de Grecia en el Imperio romano tuvo su auge a partir del siglo II a.C., y eran encargadas para proyectos urbanos (las de grandes dimensiones) o como decoración de *villae* privadas de clases altas, especialmente las de carácter mitológico o divino. Su presencia demuestra un gusto por el mundo helénico entre los romanos que produjo en ocasiones el traslado de talleres

o artífices de renombre desde Grecia. La parquedad de datos en el momento de su descubrimiento no permite precisar con exactitud su contexto arqueológico, aunque se tiene noticia de

que apareció junto con una cabeza broncea entre restos de fundición, lo que podría indicar su relación con un taller pese a que no se conoce ninguno de esta época en Hispania.



Figura 1. Imagen de perfil de la mitad superior de la escultura.

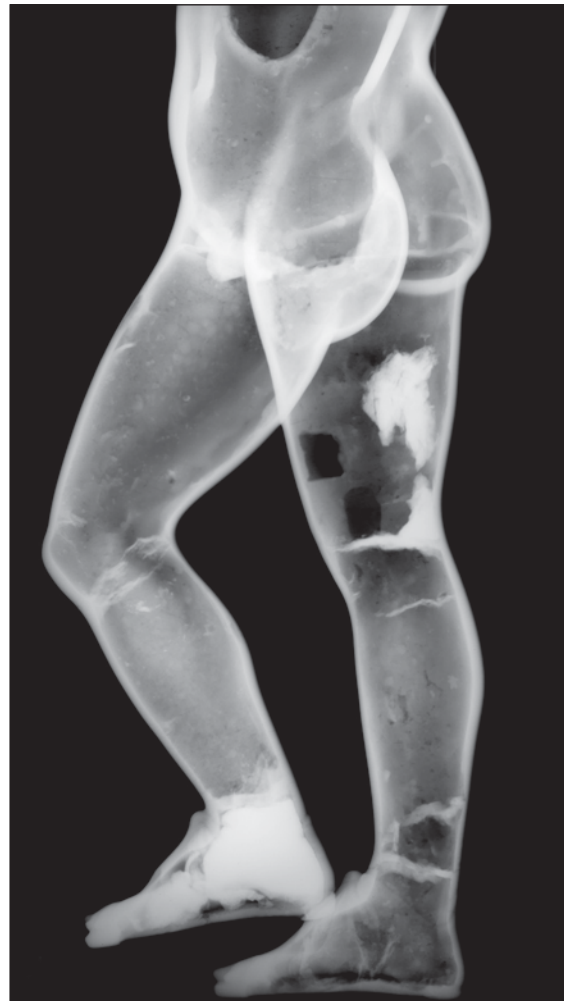


Figura 2. Radiografía de perfil de la mitad inferior.



78

Figura 3. Aspecto frontal de la mitad superior.

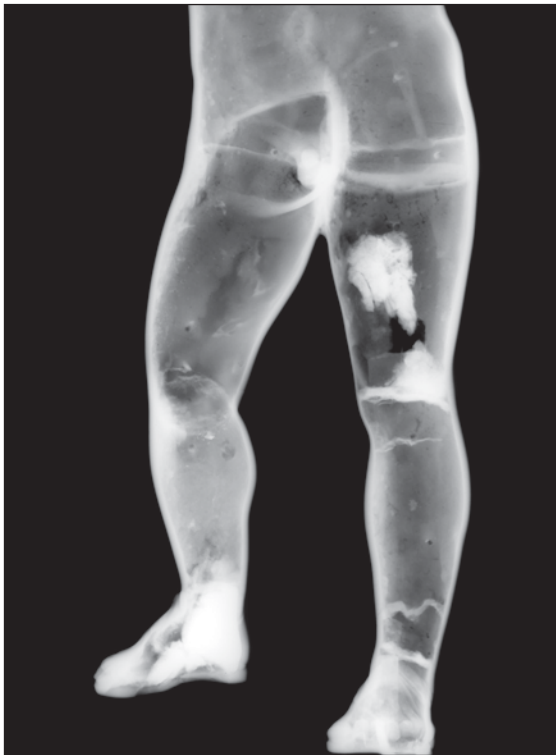


Figura 4. Vista frontal de la mitad inferior.

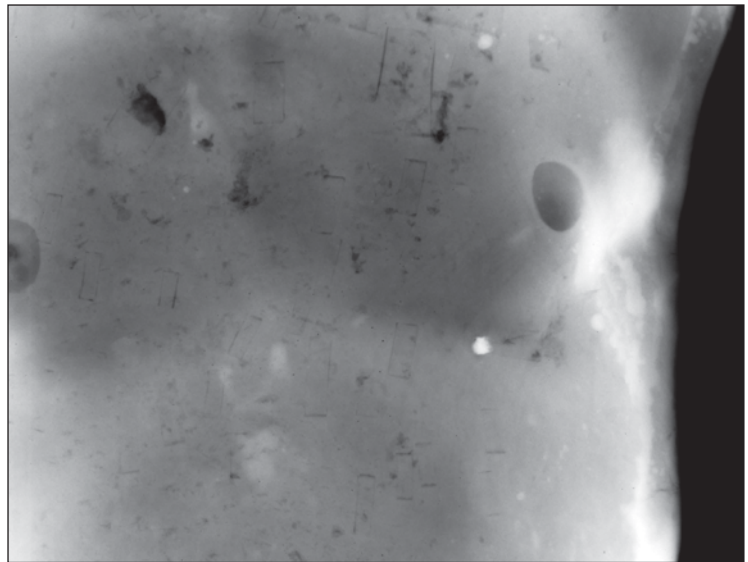


Figura 5. Detalle de los defectos en el torso.

Comentario radiográfico

Las imágenes radiográficas generales de la escultura —de excelente aspecto externo—, cuyo frente y perfil se obtienen en cuatro exposiciones (Figs. 1-4), muestran una fundición de mala calidad y ponen de manifiesto la existencia de uniones soldadas.

En la vista frontal de la mitad superior (Fig. 3), en concreto en la cabeza, apenas se observan detalles debido a la superposición de los diversos espesores y a que el interior está relleno en más de un tercio de su volumen. La extremidad superior muestra también abundante depósito de material fundido desde la muñeca hasta la axila. Además se aprecian algunos poros de escasa entidad así como el cordón de soldadura que une el brazo al cuerpo —con falta de material de aporte en su mitad inferior—. A ambos lados del codo se ven huecos para dos teselas.

El torso presenta abundante porosidad tanto esférica como vermicular, así como la imagen débil de algunas teselas (Fig. 5). El pecho derecho tiene dos oquedades de falta de material y bajo el izquierdo unas fisuras de trayectoria irregular así como abundantes salpicaduras del metal fundido adheridas en el interior.

La vista frontal inferior (Fig. 4) muestra en la zona inguinal varios grupos de poros de pequeño tamaño distribuidos aleatoriamente, así como abundantes salpicaduras adheridas en el interior. En esta misma vista, aparecen muy bien definidas las dos soldaduras de unión de las piernas y un hueco de clavo de separación de los moldes en cada uno de dichos depósitos.

En la pierna derecha, en su mitad superior, se detectan formas irregulares de material adherido al interior, así como abundante porosidad globular,

una tesela y el hueco de otra junto a la anterior (Figs. 2 y 4). En su mitad inferior se ven, principalmente, los huecos de dos clavos de separación de moldes y un relleno abundante de material en el pie en el que se aprecia, además, una pieza vertical de forma rectangular que parece ser de sujeción de la escultura (Fig. 4).

La pierna izquierda es una fundición de mejor calidad, en la que aparte de una zona con escasez de material en el muslo se localizan los huecos de tres clavos y el pie con un relleno de material con elevada absorción, posiblemente plomo. En ambas existen rebabas internas.

Bibliografía

BLANCO, B. *et alii.*:

«Escultura en bronce: cuando los tratamientos de conservación-restauración resultan ineficaces», en BARRIO, J. y CANO, E. (ed.), *MetalEspaña'08. Congreso de conservación y restauración del patrimonio metálico*, Madrid, 2009.

Hispania romana. Desde tierra de conquista a provincia del Imperio, catálogo de exposición, Madrid, 1997.

Los bronces romanos en Hispania, catálogo de exposición, Madrid, 1990.

LOZA, M. L.:

«Esculturas romanas en bronce del sur de la provincia de Córdoba», Actas de la *II Reunión sobre escultura romana en Hispania*, Tarragona, 1996.

MADROÑERO, A. *et alii.*:

Estudio arqueometalúrgico de algunos materiales romano-imperiales de Aguilar de la Frontera (Córdoba), Informe inédito, Museo Arqueológico Nacional (Madrid), 1992.

10 Torques

Museo Arqueológico Nacional
(núm. inv. 1.955/63/3,12 y 13)
Cerro de Miranda (Palencia)

Plata.

Diámetro: 14,4 cm.

Grosor: 1,1-1,7 cm.

Peso: 287,7 g

S. II-I a.C. Celtibérico

Núm. registro IPCE: 23.106/35



80

Descripción

Collar rígido constituido por tres varillas metálicas macizas y tres alambres torsionados entre sí. El aro que forma dicho sogueado se hace más estrecho hacia sus extremos tubulares rematados con dos elementos piriformes huecos. De ambos remates penden sendas cadenas de eslabón que cierran el collar mediante un pasador. Este hecho permite deducir que el collar colgaba sobre el pecho, no alrededor del cuello.

Este modelo de torques hallado en tierras palenquinas, conocido también como torques funicular o sogueado, es característico de la Meseta Norte, donde se desarrolla principalmente la cultura celtibérica. Por ello recoge tipologías de las culturas coetáneas (en especial la castreña y la ibérica). Sus hallazgos están relacionados con depósitos de ocultación acompañados de otras joyas como brazaletes y objetos inutilizados, lingotes, monedas y los recipientes en donde se albergaban. La mayoría han sido loca-

lizados en las cercanías de los *oppida* (poblados) destruidos durante la conquista romana. Conjuntos similares son los tesoros hallados en Arrabalde (Zamora), Padilla de Duero (Valladolid) o en Roa (Burgos), entre otros.

Esta joya fue adoptada también en el sur peninsular, casi exclusivamente de plata, y se constata su uso tanto por hombres como por mujeres, según confirman los exvotos humanos hallados en algunos santuarios o lugares naturales con un sentido claramente sagrado. En estos casos se encuentra también acompañado de otros objetos. Posteriormente, en época romana se convierte en condecoración militar.

El torque de Cerro de la Miranda fue un hallazgo fortuito durante las labores realizadas en un pozo en las inmediaciones de la ciudad de Palencia. Fue comprado a un anticuario entre los años 1955 y 1956 por el museo junto con otras joyas y monedas pertenecientes al mismo hallazgo que había sido dividido en tres lotes (dos de los tres se custodian en el museo).

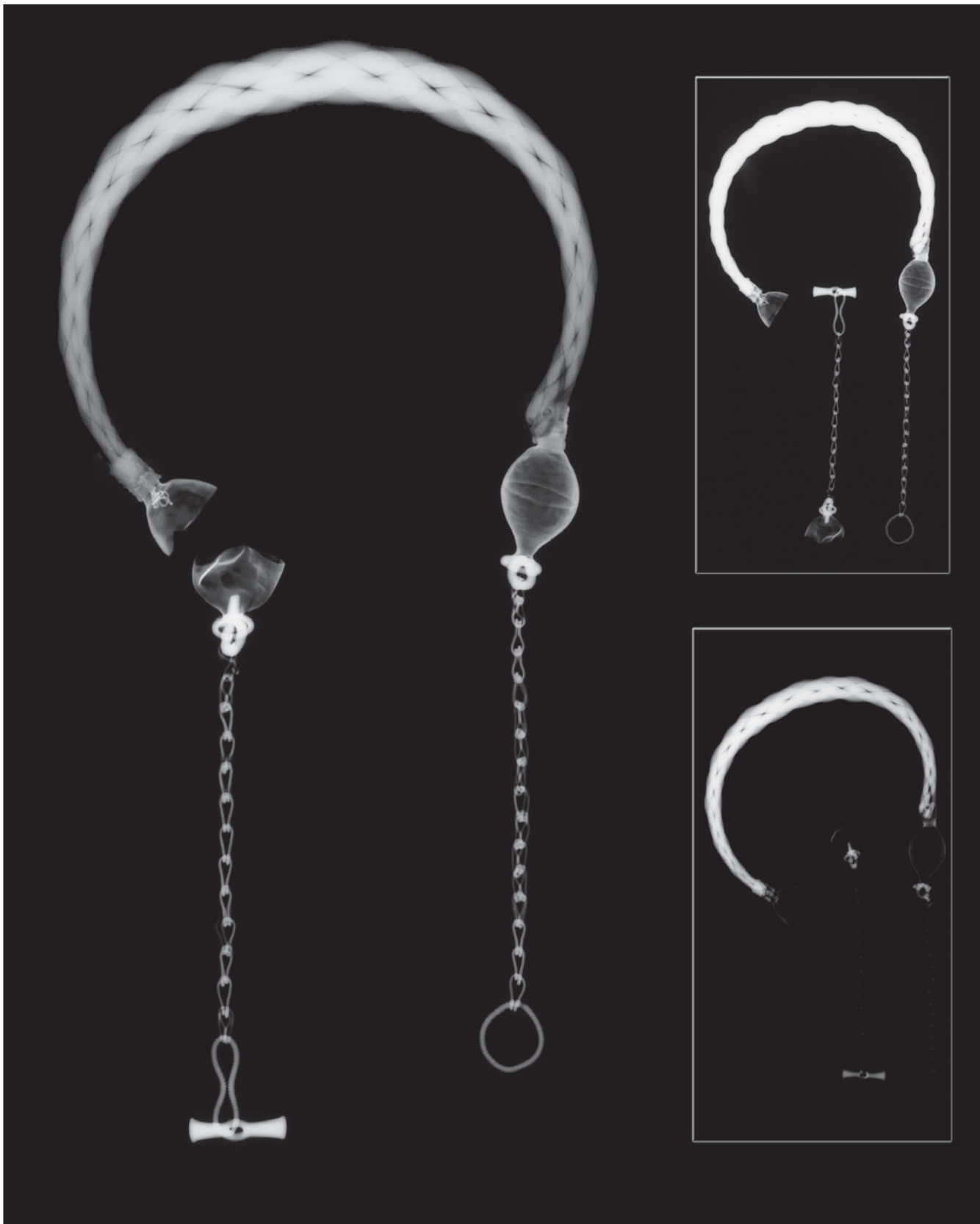


Figura 1. Composición digital del conjunto del torques.

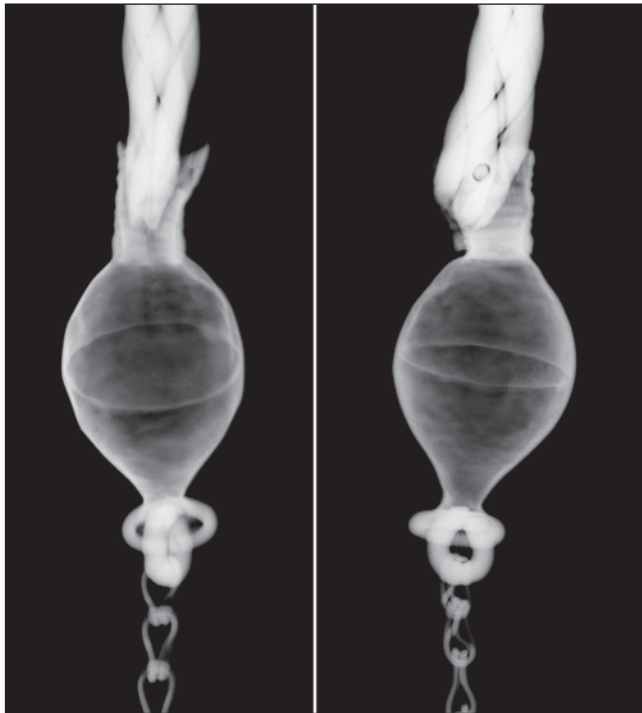
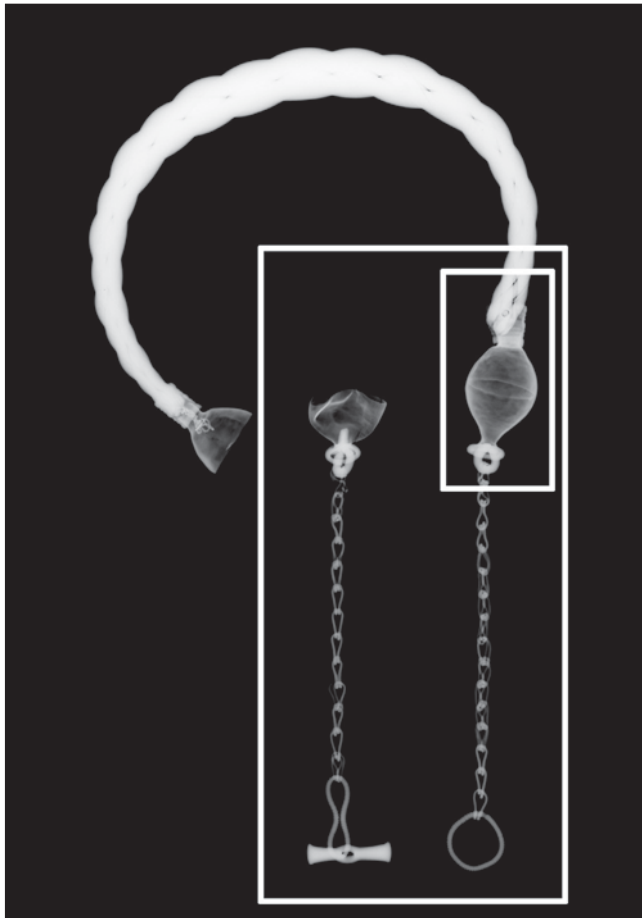


Figura 3. Sistema de unión del cuerpo del torques a una perilla mediante un pasador.



Figura 2. Imagen de composición de las perillas.

Comentario radiográfico

Este torques, compuesto por una serie de elementos de diferente radio-opacidad —elevada en la base del torques y baja en la cadena— ha obligado a efectuar varias radiografías con diversas diferencias de potencial eléctrico. Por ello la figura 1 es el resultado de una composición digital en la que se han seleccionado las partes más fáciles de interpretar de cada una de las tomas. No obstante, para evitar el equívoco se adjuntan las imágenes originales en un formato menor.

El material de todos los elementos que constituyen el torques (cuerpo, perillas, cadenas y cierre), por su uniformidad, manifiesta que se trata de un producto de gran calidad, algo que se pone de relieve, también, en la aceptable manufactura de la soldadura perimetral de la perilla que se conserva completa (Fig. 1).

Otros aspectos destacables de la inspección radiográfica de esta joya es que el sistema de unión de los límites del torques con las perillas se realizó a través de un manguito soldado a los mismos, por el que se introducían los extremos

del cuerpo del torques (Figs. 2 y 3). En un momento indeterminado, el extremo correspondiente al manguito de esta perilla completa quedó fracturado, y en la recomposición posterior se acoplaron ambas piezas mediante un pasador de material disímil que las une de forma grosera a través del manguito deteriorado y del extremo de los vástagos enrollados (Fig. 3). En esta imagen, con dos puntos de vista, se aprecian muy bien las uniones soldadas de la perilla al manguito y a la pieza opuesta, así como la soldadura perimetral —de muy buena calidad— que une las dos mitades de la perilla.

Bibliografía

MARTÍN, A. *et alii.*:

- «Aspectos constructivos de algunos torques españoles determinados mediante análisis radiográfico», en *II Simposio sobre Minería y Metalurgia Históricas en el Sudoeste Europeo*, Madrid, 2005, pp. 155-161.
- Oro. Orfebrería antigua en Hispania*, Madrid, 1999.
- Torques. Belleza y poder*, catálogo de exposición, Madrid, 2002.

11 Placa de Botorrita

Museo de Zaragoza
(núm. inv. 92.85.1)
Contrebia Belaisca.
Cabezo de las Minas
(Botorrita, Zaragoza)

Aleación de bronce ternario
(cobre, estaño y plomo). 52,1 × 73,6 cm.
Grosor: 0,4-0,6 cm aprox.
S. II-I a.C. Romano (época tardorrepublicana)
Núm. registro IPCE: S/N (sin número)



84

Descripción

Plancha rectangular de bronce escrita en su anverso en lengua celtibérica y caracteres ibéricos mediante punteado. El contenido del texto no se ha podido interpretar correctamente porque hasta la actualidad es una lengua mal conocida; algunos autores como Beltrán, Hoz y Untermann apuntan que tras dos filas a modo de encabezamiento se enumera dispuesto en cuatro columnas alineadas a la izquierda, un elenco de dos centenares de nombres personales (tanto masculinos como femeninos). Sorprende que el texto acabe en la cuarta columna quedando el tercio derecho del documento vacío.

La cronología del documento es imprecisa, pero se sabe que la localidad sufrió una destrucción en torno a los años 70 a.C. durante las guerras sertorianas que se produjeron en el valle del Ebro. Su peso es de 9.395,3 g, y estuvo probablemente fijado a una pared para su contemplación pública debido a la presencia de cuatro grapas en los orificios de sujeción en los márgenes.

El listado de tantas personas carece de paralelos en la epigrafía del Mediterráneo occidental, por lo que parece lógico pensar en un ejemplo de adop-

ción de costumbres romanas integradas y adaptadas al mundo indígena (uso de bronce como soporte, de la técnica de punteado en la escritura, composición formal, etc.).

Otros bronce epigráficos republicanos similares son el *bronce de Ascoli*, del 89 a.C., descubierto en Roma, que recoge el decreto de Pompeyo Estrabón por el que se concede la ciudadanía romana a treinta jinetes de la localidad ibérica de Salduie (Zaragoza) escritos en cuatro columnas. Además, en el encabezamiento se añaden los nombres de otros 60 personajes públicos. Otros paralelos coetáneos son los bronce aparecidos en Cabezo de Alcalá (Azaila) y en La Caridad de Caminreal, ambas en Teruel, o Andelos (Muruzábal de Andino) en Navarra.

Aparecida en el curso de unas obras de acondicionamiento de un aparcamiento, en octubre de 1992, estaba fragmentada en dos pedazos grandes y más de cuatrocientos menores. Está considerada como la mayor inscripción conocida de estas características.

Este bronce es el tercero de los excavados en este yacimiento. El primero, el denominado bronce de Botorrita, que parece tratarse de un texto legal escrito en celtibérico, se halló en 1970 bajo una vivienda

tardorrepublicana. El segundo, la *Tabula Contrebiensis*, en latín, apareció en 1979 fruto de incursiones clandestinas en la zona alta del yacimiento y plasma un texto jurídico que hace referencia a la venta de un terreno para el levantamiento de un canal o acequia. Otro bronce, exhumado fortuitamente en 1994, con

inscripción en ambas caras, completa el conjunto epigráfico bronceo. Estos hallazgos convierten a este yacimiento en la única ciudad indígena de la Hispania tardorrepublicana en la que se ha documentado un conjunto de epígrafes públicos de gran formato dentro del Occidente europeo.

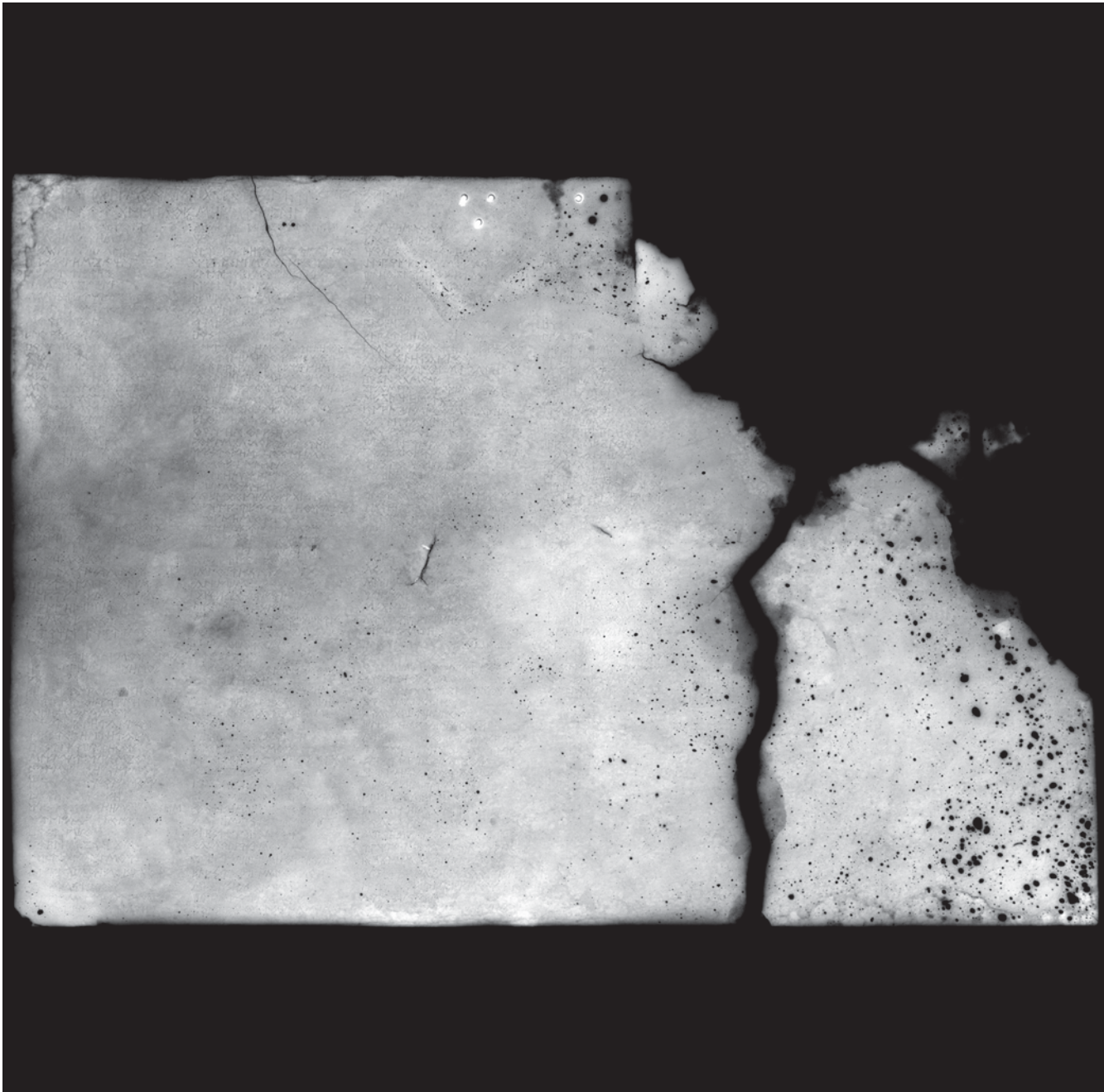


Figura 1. Vista general incompleta de la plancha.

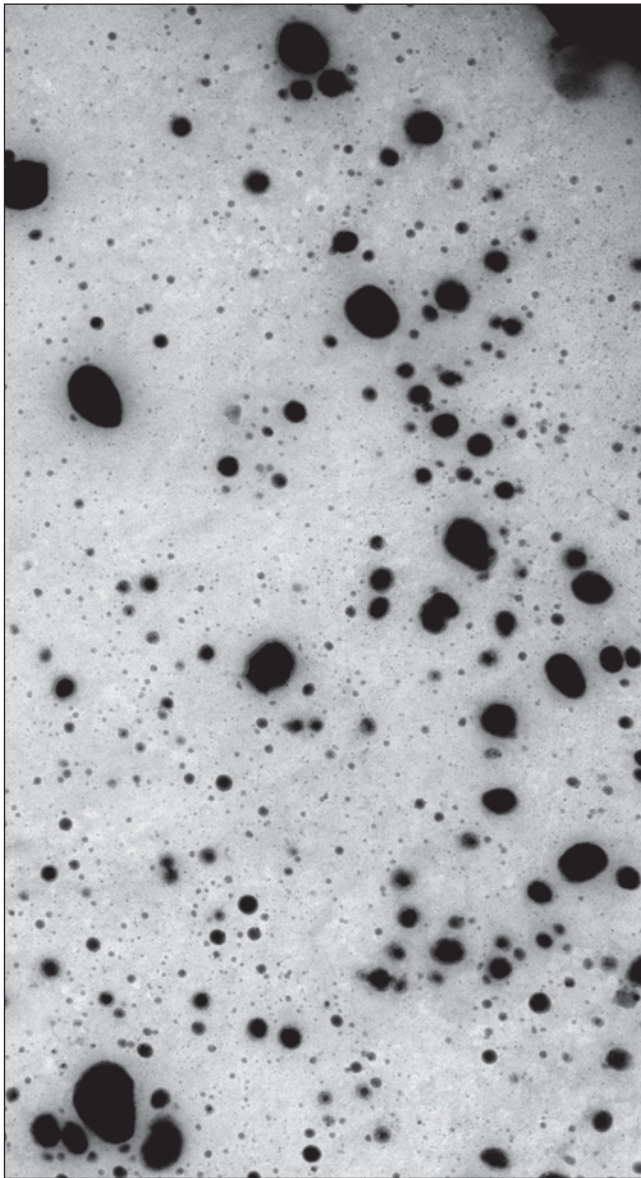
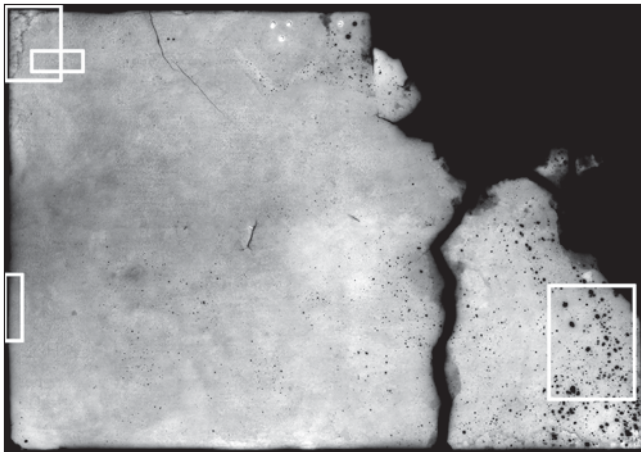


Figura 2. Poros de diversos tamaños en la zona derecha.

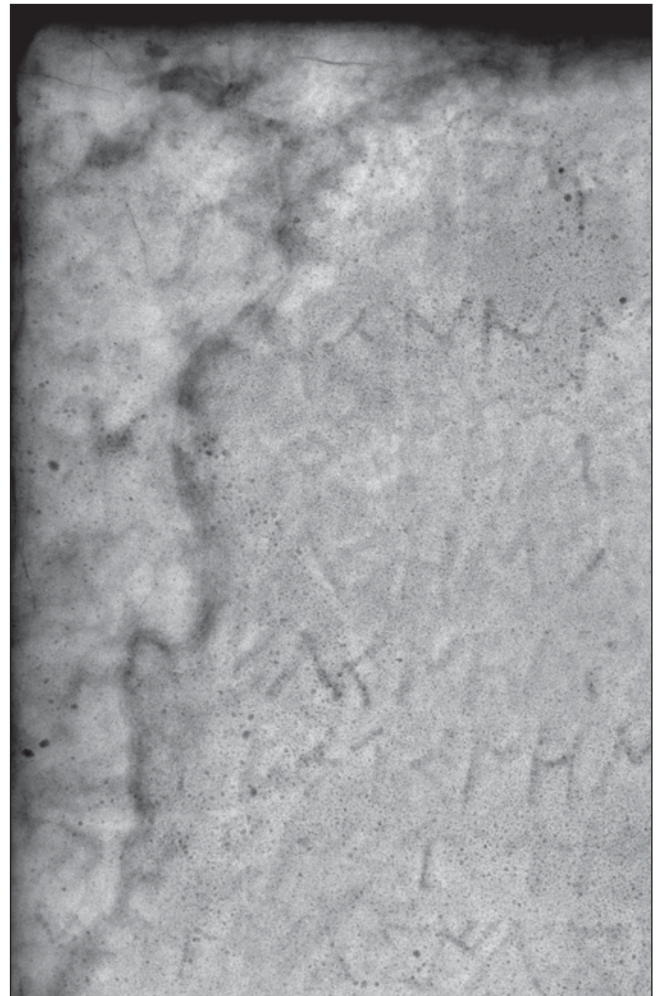


Figura 3. Diversos defectos en una zona cercana al borde.



Figura 4. Otros defectos en una zona cercana al borde.

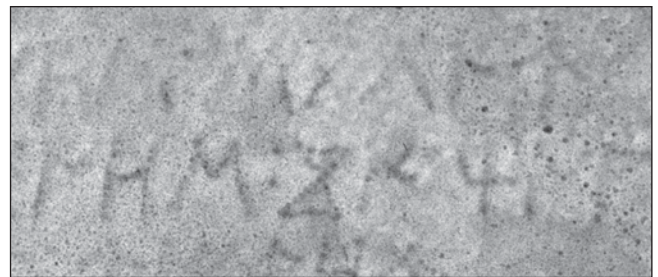


Figura 5. Imagen de algunos signos en el material de base y en el degradado.

Comentario radiográfico

La plancha, inicialmente de forma rectangular, se encuentra incompleta y en un estado de deterioro muy avanzado (Fig. 1). Presenta una rotura transversal en su lado derecho así como otra múltiple en la zona superior derecha que dio lugar a la formación de numerosos fragmentos que no aparecen en la radiografía. En la parte superior tiene dos grupos de tres taladros cada uno formando triángulos. Cuatro de estos taladros conservan los remaches y los otros dos los han perdido.

Cabe destacar que la calidad de la fundición difiere considerablemente de unas zonas a otras; mientras que en la parte izquierda ésta es de buena calidad, y únicamente presenta algunos poros esféricos de pequeño tamaño, en la derecha, especialmente en la zona más cercana al borde, se halla gran cantidad de poros tendentes a esféricos de diversos tamaños (Fig. 2). Éste podría ser el motivo por el que no existe inscripción alguna en esta área.

Se encuentran también fisuras de dos tipos diferentes: unas muy pequeñas en los bordes, transversales a éstos, producidas por contracción en la solidificación del caldo metálico, y otras de considerable tamaño en el borde superior, aproximadamente en el centro y a

partir de las zonas de rotura del lado derecho; esta última fisuración no está relacionada con el proceso metalúrgico sino que se ha producido con posterioridad.

Las zonas inmediatas a la rotura muestran pérdidas de material corroído en forma de exfoliaciones, algo que se repite en los bordes, fundamentalmente en el ángulo superior izquierdo y en el borde superior (Figs. 3 y 4).

La imagen que ofrece un detalle del texto en el que se manifiestan signos ibéricos muy nítidos (Fig. 5), indica que se hallan en la superficie del metal base. Por el contrario, se observan otros signos cuya definición es notoriamente menor que la de los anteriores, en este caso porque dichas letras no se hallan en la superficie metálica sino que son huellas remanentes de los signos originales en los productos de corrosión.

Bibliografía

- BELTRÁN, F. *et alii.*:
El tercer bronce de Botorrita (Contrebia Belaisca),
 Zaragoza, 1996.
Hispania romana. El legado de Roma en el año de Trajano,
 catálogo de exposición, Zaragoza, 1998.

12 Escultura denominada *Doríforo*

Colección particular
Procedencia desconocida

Material base cobre.
215 cm de altura.
169.000 g
S. II a.C.-S. XVI. Clásico
Núm. registro IPCE: 21.874



88

Descripción

Escultura hueca de bulto redondo de un joven desnudo de pie con el brazo izquierdo plegado hacia delante y el derecho que pende a lo largo del cuerpo. Se apoya en la pierna derecha que avanza mientras el pie izquierdo se retrasa levemente en un gesto de abandono. Su cabeza imberbe, ligeramente inclinada, gira del lado de la pierna portante.

Esta escultura tiene la peculiaridad de ser la única de estas características que se conserva en metal, ya que los únicos modelos similares que se conocen como el del Museo Arqueológico de Nápoles (procedente de la *Palestra Sannitica* de Pompeya), los dos de la Galería de los Uffizi (Florencia), una del museo Nacional del Prado (Madrid) y el del Vaticano (que inicialmente se confundió con un discóbolo) son marmóreos.

Desde mediados del siglo XIX, pese a que no conservan los atributos que los identifica, se cree que todas representan al *Doriforos* («portador de lanza»), conocido por las fuentes, que realizó en bron-

ce el escultor griego Policleto para su ciudad natal Argos.

Desde hace escasos años se está dudando de esta identificación. Franciosi ha observado en la escultura del Museo de Nápoles que la posición de los dedos de la mano izquierda no indica que sostuviese una lanza como siempre se había apuntado sino un escudo. Este hecho viene reforzado por los restos de oxidación metálica que todavía se encuentran en el interior de la mano. La diestra, además, no está inerte sino que sostiene en tensión otro objeto, muy probablemente la empuñadura de una espada, también perdida. Por tanto, lo que conocemos actualmente como el *Doriforos* no corresponde a la descripción que de él hizo Plinio. Tras revisar los diarios de excavación y estudiar el contexto arqueológico en el que apareció se propone la representación de Teseo, el héroe de los efebos que se enfrentó a Minotauro.

En lo que respecta a nuestro ejemplar, se desconoce el contexto arqueológico, y por tanto su cronología no es segura pero parece ser una copia romana del original griego realizado en el siglo V a.C.

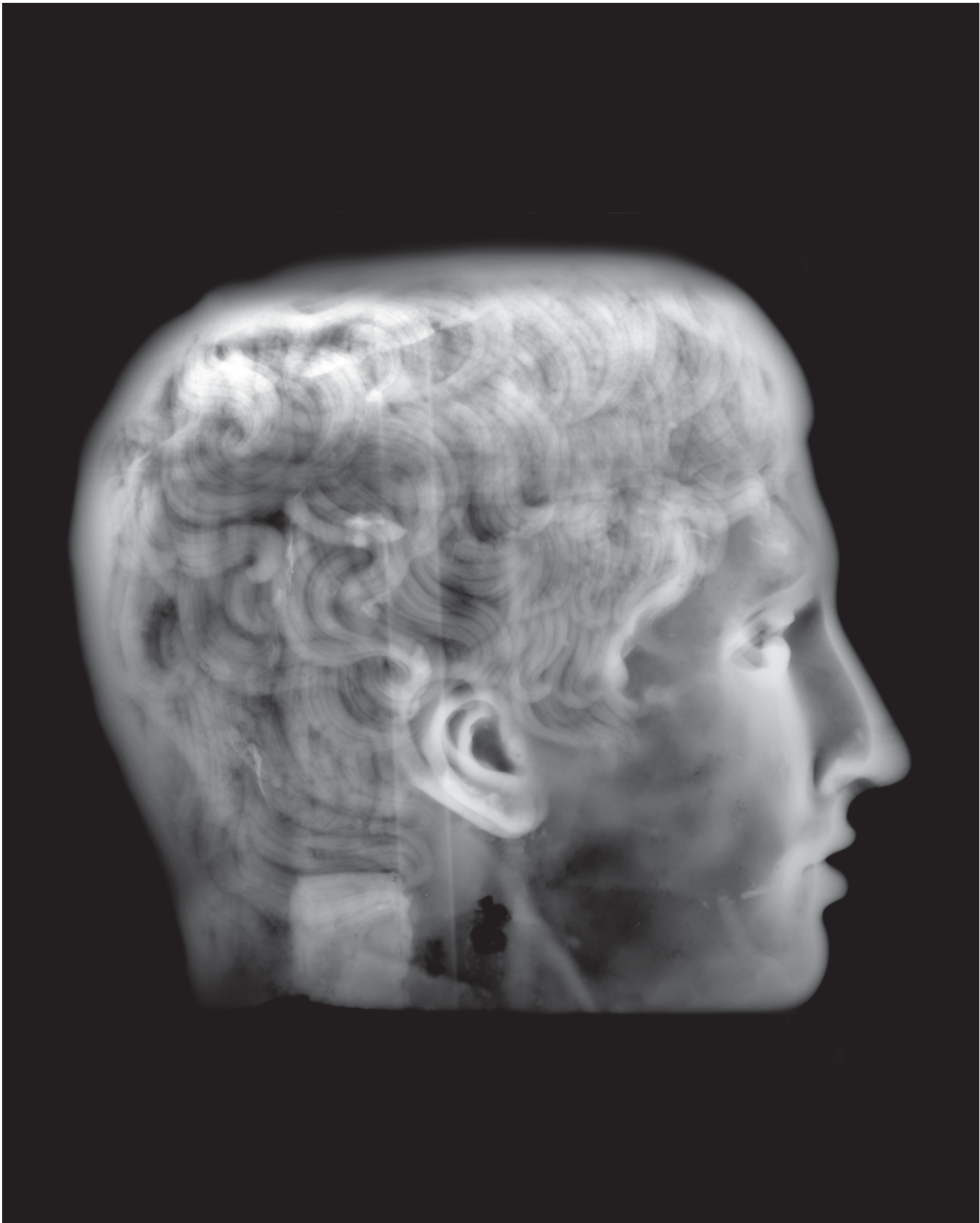


Figura 1. Imagen de la cabeza de la escultura.

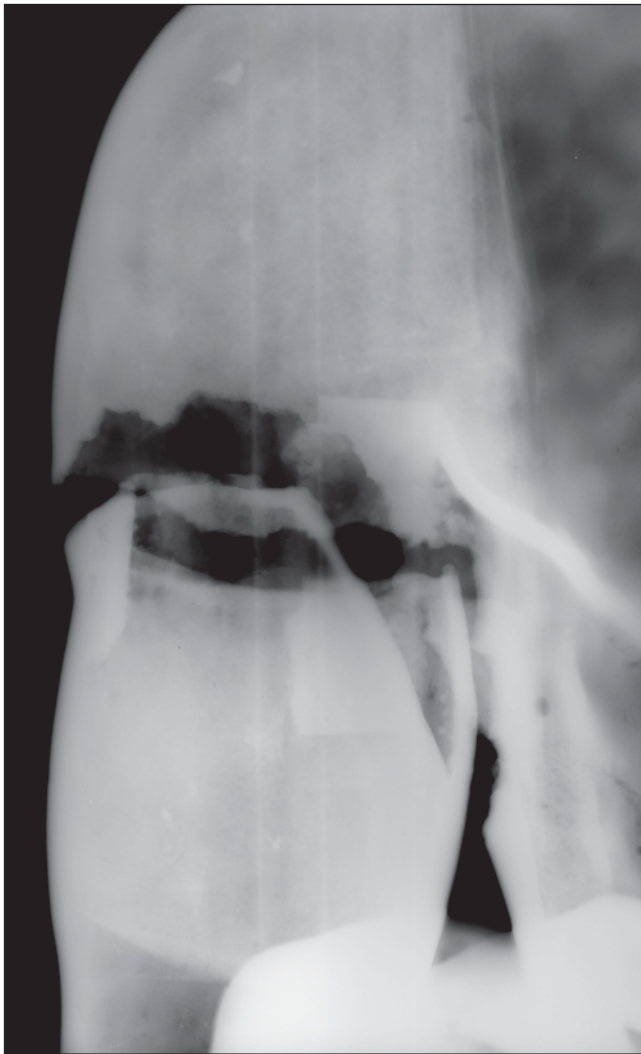


Figura 2. Detalle de uno de los hombros.

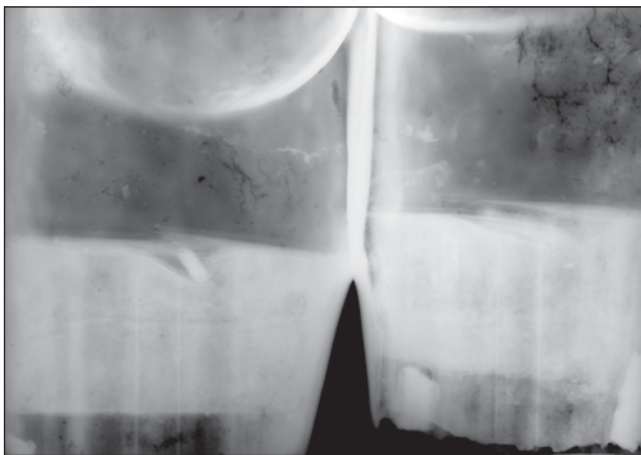


Figura 3. Zona de los glúteos.

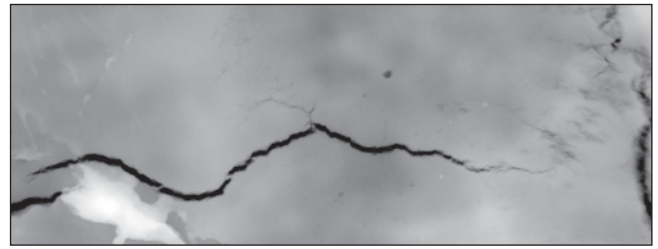


Figura 4. Diversos defectos en la zona del torso.

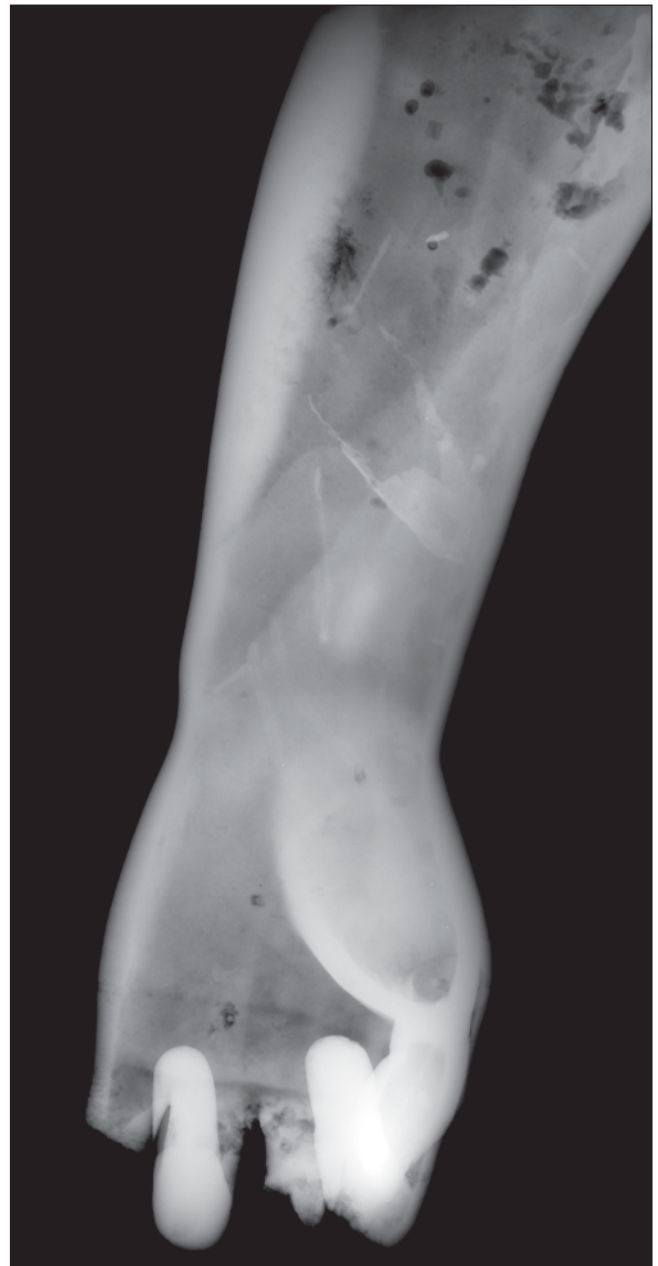


Figura 5. Antebrazo y mano derecha de la escultura.

Comentario radiográfico

La escultura, de gran tamaño, está confeccionada de latón según los microanálisis realizados con microscopio electrónico y microsonda electrónica de barrido. Tanto el aspecto visual externo como las radiografías y la caracterización metalúrgica, realizados en el Instituto del Patrimonio Cultural de España y en el Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, indican que se trata, en el caso del torso, de parte original, y en el caso de las extremidades y la cabeza, de refundiciones a partir de los fragmentos originales, ya que tanto las proporciones como el acabado en las zonas de unión son exactas con respecto al torso. Se ofrecen varias radiografías representativas de conjunto (Figs. 1-3).

Una de las mayores dificultades de la interpretación de radiografías de figuras de bulto redondo, es la superposición en la imagen de sus paredes. En el presente caso (Fig. 4), aunque con dificultad, se pudo introducir una placa en el interior de la escultura, con lo que se consiguió radiografiar una de ellas y evitar la interferencia de la opuesta. Esta radiografía, de un detalle del torso, pone de manifiesto una amplia grieta en sentido transversal en la zona de separación del tórax con el abdomen. Desde una zona con notorios rechupes de contracción, que parecen ser su origen, la grieta se propaga por otros lugares adoptando un trazado sinuoso. De ella

parten fisuras de trayectoria transversal. También se observa un poro tubular de tamaño medio, y distribuidos por la superficie en muy escasa medida, otros poros globulares de muy pequeño tamaño. A la izquierda se ven restos del cordón perimetral de soldadura que une las dos partes del torso, que se identifica como una mancha blanquecina.

La siguiente imagen corresponde al antebrazo y a la mano derecha (Fig. 5). Es una fundición de pésima calidad en la que se manifiestan faltas de material producidas por arrastres en el molde interno, porosidad de todos los tamaños ampliamente distribuida, algunos rechupes, adherencias internas de forma globular y otras de contornos irregulares. Es notable la falta casi total de material metálico en los dedos corazón y meñique, al punto de quedar constituidos por una lámina que fue rellenada con un material no metálico para conformar el volumen.

Bibliografía

ANTELO, T. *et alii.*:

«Estudio radiográfico de una escultura de aleación base cobre que representa al Doríforo de Policeto», *X Congreso Nacional de Ensayos No Destructivos, Cartagena*, 2003, pp. 103-109.

FRANCIOSI, V.:

«*Il Doriforo*» di Policeto, Nápoles, 2006.

13 Estuche médico

Museo Nacional
de Arte Romano (Mérida)
Emerita Augusta,
Mérida (Badajoz)

Material base cobre.

11,8 × 6,2 × 2 cm.

S. I-II. Romano altoimperial

Núm. registro IPCE: 23.170



92

Descripción

Caja metálica rectangular con cinco compartimentos en su interior con tapa y asa abatible cada una. Uno de los costados menores muestra el cierre que sujeta la tapa superior deslizante. Pese a que en este caso no se aprecia ornamentación alguna, otros estuches conservados presentan la tapa con decoración incisa (rectángulos concéntricos, elementos florales y vegetales, etc.).

Este estuche contenía las muestras de sustancias médicas como drogas, ungüentos o polvos con los que el médico trabajaba en el domicilio del paciente, por lo que algunos autores como Cruse consideran este estuche como el precursor del actual «maletín de doctor». En el momento de su hallazgo, en la necrópolis oriental de *Emerita Augusta* (actual Mérida), algunos de sus compartimentos todavía conservaban restos de bolitas de diferentes tierras que habían sido amasadas para tal fin.

Como en el caso que nos ocupa, muchos formaban parte de ajuares procedentes de tumbas de médicos en necrópolis como las de *Canama* (actual Alcolea del Río), otros han aparecido en espacios

reservados para curar las heridas dentro de teatros o anfiteatros, como en los de *Emerita Augusta*, o en casas vinculadas con médicos como la de *Numancia* (Soria) o la de *Ercávica* (Cuenca). En todos estos casos se acompañan de instrumental médico y quirúrgico, así como paletas o morteros para preparar los medicamentos.

Este modelo está estandarizado puesto que se han localizado otros que poseen la misma forma y análogas dimensiones, variando el número y la disposición de los departamentos. Similares a este estuche son los hallados en la necrópolis del municipio de *Canama* (actual Alcolea del Río) conservado en el Museo Arqueológico de Sevilla, o los pertenecientes a colecciones internacionales del British Museum, del Ashmolean Museum (Oxford) o del Museo Nacional de Nápoles, procedentes de los excepcionales hallazgos de Pompeya y Herculano.

Otros estuches de médico frecuentes en la necrópolis de Mérida son de forma cilíndrica, también compartimentados, como el que se conserva en el Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba, aparecido en Baena.

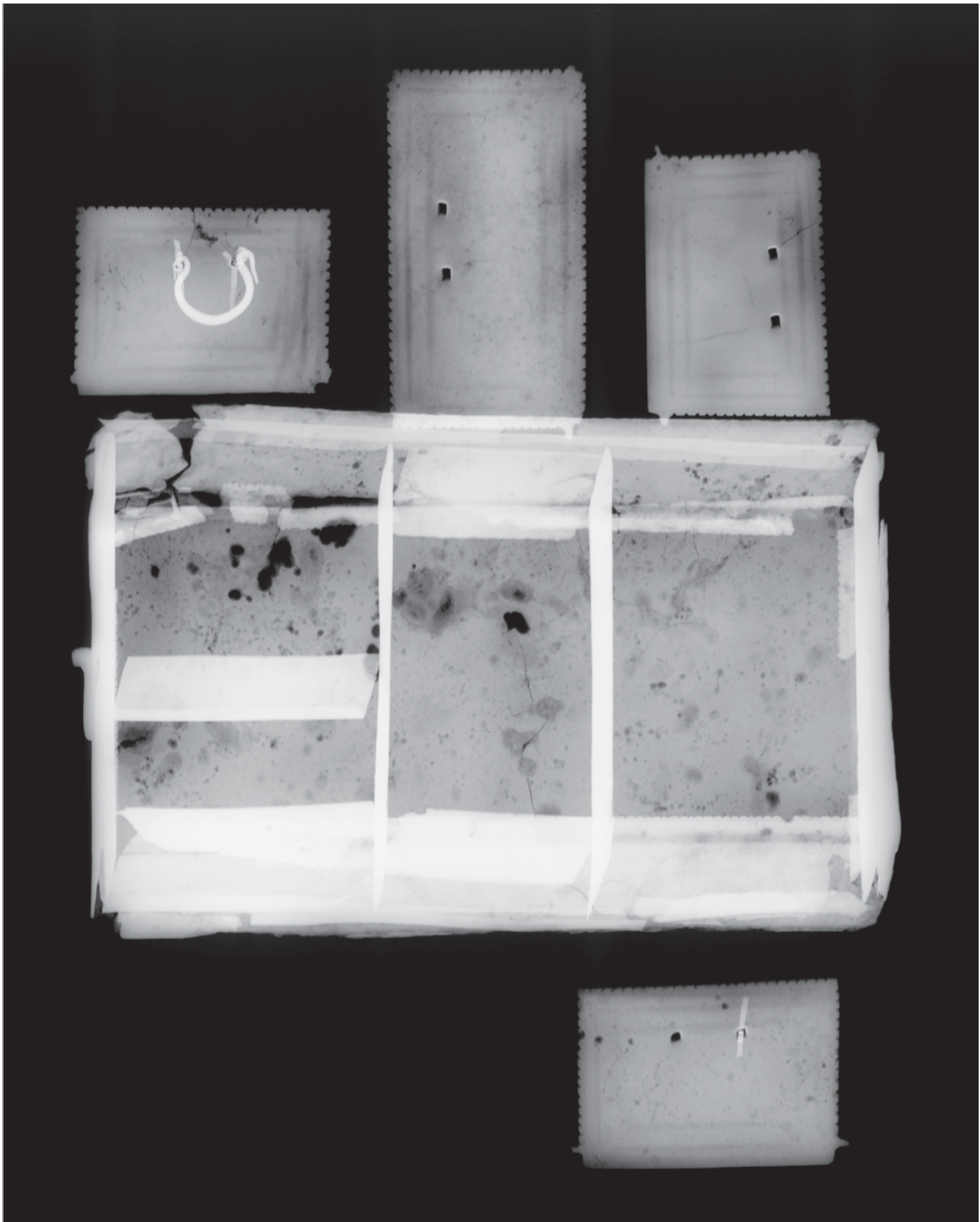


Figura 1. Aspecto general del estuche.

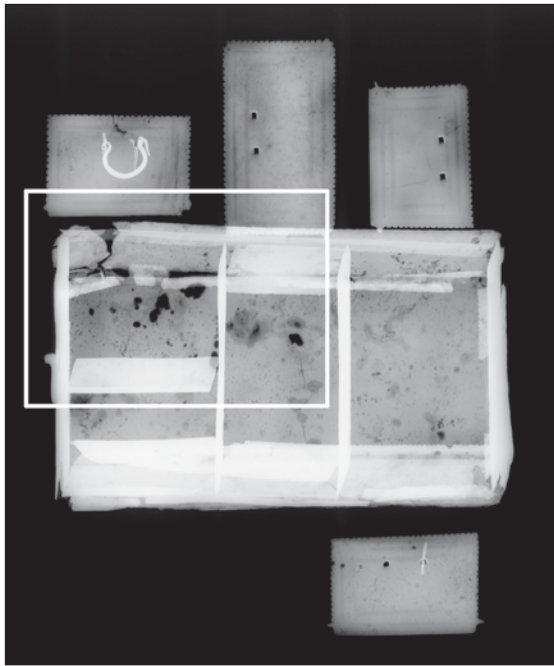


Figura 3. Imagen de la tapa con fracturas, pérdidas de material, etc..

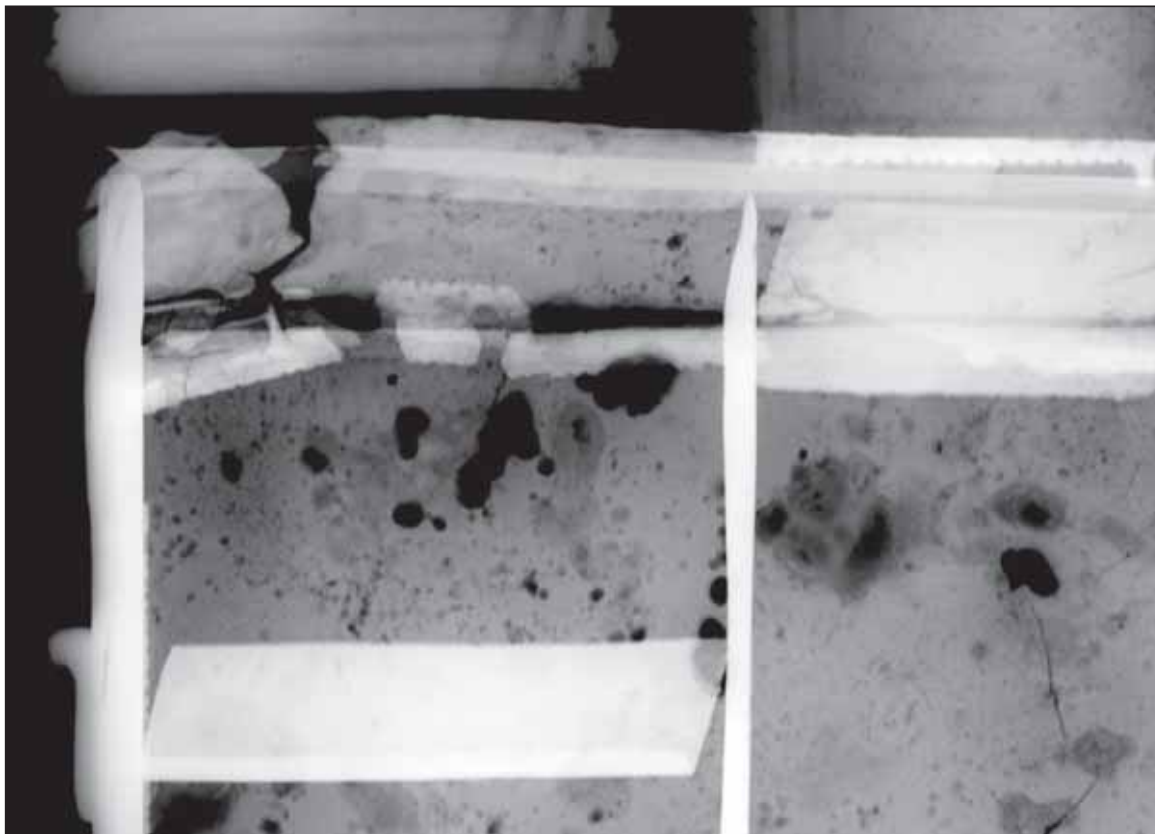


Figura 2. Detalle de defectos por corrosión severa.

Comentario radiográfico

En la imagen general (Fig. 1) se puede apreciar el estado de conservación del conjunto de la caja. La radiografía de las cuatro tapitas sueltas que se conservan muestra con más claridad los motivos incisos de doble rectángulo alrededor de los bordes denticulados producidos también por incisión. Igualmente, se perciben diversas pérdidas de material de superficie por corrosión además de fisuras rectilíneas, y alguna perforación por pérdida total de la masa metálica. Sólo una tapa conserva la asita primitiva y otra una de las piezas de sujeción del asa.

La caja está formada por diversas chapas, con delimitación interna de cuatro espacios. El conjunto presenta muy mal estado de conservación, apreciándose en las radiografías, aparte de roturas y considerables faltas de material, las huellas de un severo ataque por corrosión que se muestra en forma de picaduras y de superficies de distinto tamaño con diferentes tonalidades de densidad dependiendo de la severidad del ataque (Fig. 2). Se divisan, también, abundantes fisuras de trazo recto que, sin duda, fragilizan en gran medida el material.

La figura 3 es la imagen de la tapa deslizante. Esta imagen pone de manifiesto fracturas en los bordes y pérdida de abundante material, que muestra el consabido ataque de corrosión generalizada y por

picaduras, abundantes fisuras de diversos tamaños y zonas con diferente densidad radiográfica que indican espesores remanentes diversos de la chapa. Las líneas claras corresponden al adhesivo con el que se pegaron los distintos fragmentos.

Bibliografía

BOROBIA MELENDO, E.:

Instrumental médico-quirúrgico en la Hispania romana, Madrid, 1988.

CRUSE, A.:

Roman medicine, Gloucester Shire, 2004.

Hispania Antiqua. Da terra di conquista a provincia dell'Impero, catálogo de exposición, Roma, 1997.

Los bronceos romanos en Hispania, catálogo de exposición, Madrid, 1990.

MILNE, J. S.:

Surgical Instruments in Greek and Roman Times, Chicago, 1976.

VICENTE, J. V.:

«Análisis del material contenido en los compartimentos de un estuche médico romano procedente de excavación en la necrópolis oriental de Mérida», *Informe inédito, Instituto del Patrimonio Cultural de España*, Madrid, 2007.

VICENTE, J. V.:

«Análisis del metal en un estuche romano procedente de excavación en la necrópolis oriental de Mérida», *Informe inédito, Instituto del Patrimonio Cultural de España*, Madrid, 2007.

14 Bronce de Bembibre

Museo Provincial de León
(núm. inv. 1.999/28)
Castro del Chanillo,
Bembibre (El Bierzo, León)

Aleación de bronce ternario
(cobre, estaño y plomo).
24,4 × 15,3 × 0,2 cm.
Peso: 336 g
Año 15 a.C. Romano
Núm. registro IPCE: 21.303



Descripción

96 Placa rectangular de bronce ternario con un texto inciso en latín en el anverso. El borde se decora con un marco realizado con dos líneas incisas paralelas. En el centro del borde superior se encuentra una anilla de suspensión, decorada con cuatro círculos concéntricos incisos, para ser expuesta en público.

El texto jurídico, que consta de 27 líneas, escrito en letra capital, se divide en una pequeña introducción en la que se alude a los títulos del emperador Octavio Augusto, seguida de la decisión imperial (edicto) enunciada en dos apartados y una parte final en la que se hace referencia al lugar y fecha de expedición del documento (14 y 15 de febrero del año 15 a.C., en la antigua Carbona).

Esta *tabula* se enmarca en el contexto de las guerras cántabras surgidas de la dominación romana en el noroeste peninsular. En un clima de dura resistencia local, una población del grupo de los *Susarri*, los *Paemeiobrigenses* —*habitantes del castro Paemeiobriga*—, se mantuvo fiel a Roma. Por ello Augusto le otorga una serie de privilegios consistentes en la ampliación de su territorio en perjuicio de los vecinos y la concesión de una serie de privilegios que les eximía de algunas prestaciones de los deberes públicos.

Este tipo de honores concedidos por la voluntad del emperador a través de los *edicta* fue frecuente durante el proceso romanizador, en el que poblaciones indígenas leales son recompensados con cambios

de estatus jurídico (municipios, colonias), con homenajes públicos a personajes destacados (monumentos erigidos, epígrafes honoríficos, premios en metálico) o incluso con promociones a cargos de relevancia en los núcleos urbanos. Estos privilegios, en ocasiones, tenían una duración ilimitada.

La repercusión de este polémico documento radica en que arroja luz sobre la realidad geográfica del noroeste peninsular (lo que en la actualidad se identifica con Galicia, Asturias y Cantabria) y sus gentes. Se menciona la provincia *Transduriana*, desconocida hasta el momento, y objeto de controversia entre los investigadores ya que algunos la consideran una división provincial más de las tradicionales *Hispania Citerior (Tarraconense)* e *Hispania Ulterior (con dos provincias: Bética y Lusitania)* constituidas a partir del año 27 a.C., mientras otros aluden a una delimitación geográfica ubicada al norte del río Duero con cierta identidad dentro de la administración imperial.

Entre los bronce hallados en la misma zona, el más parecido estilísticamente es la *Tabula de Castrotao*, del Museo Provincial de Ourense, no obstante el edicto augusteo tiene la particularidad de tratarse del texto epigráfico más antiguo aparecido en el norte de España.

La pieza fue localizada por un particular en 1999 desconociéndose el lugar exacto de su descubrimiento, y por tanto su contexto arqueológico. Este hecho, además de su singularidad formal, ha hecho dudar a algunos investigadores de su autenticidad.

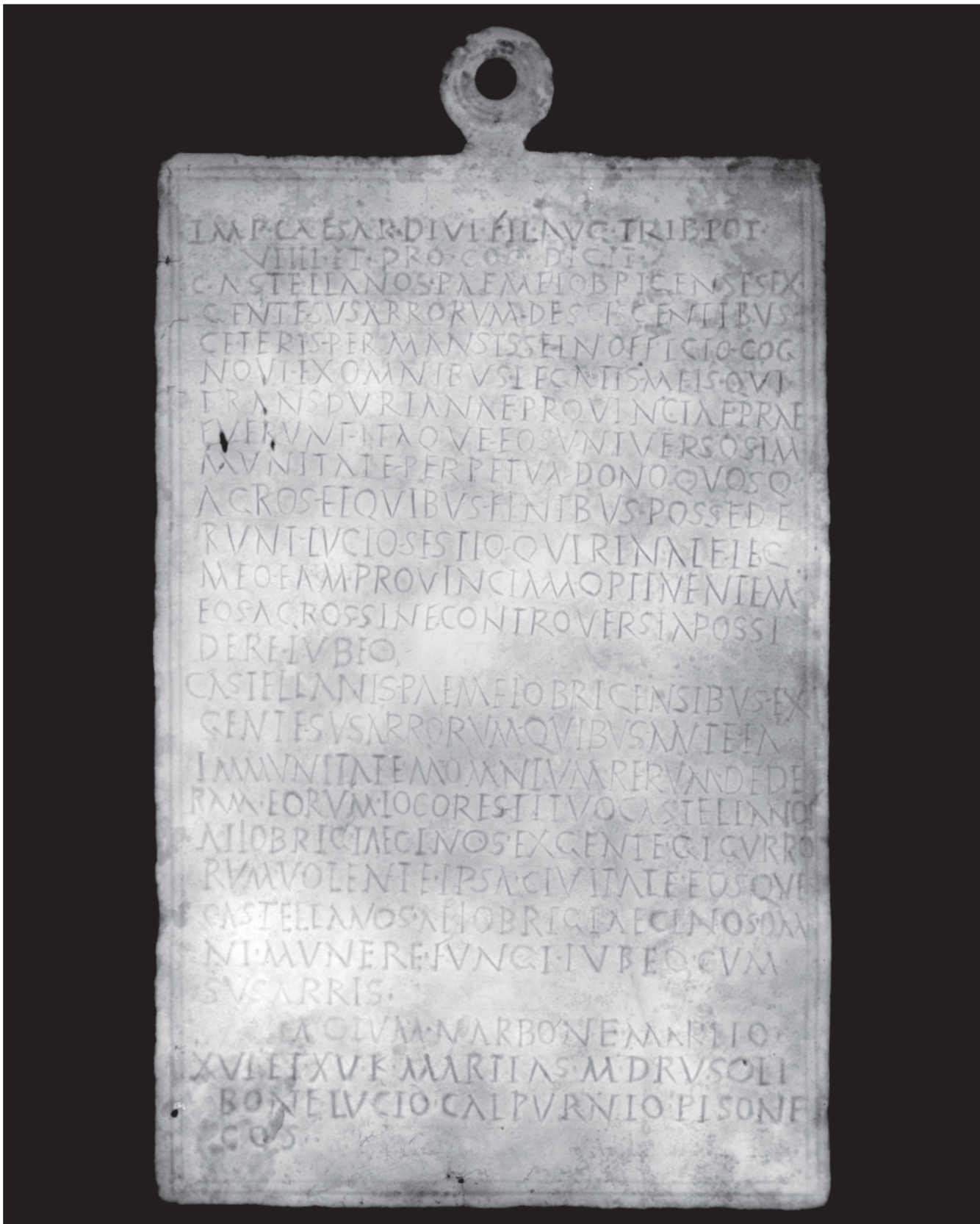
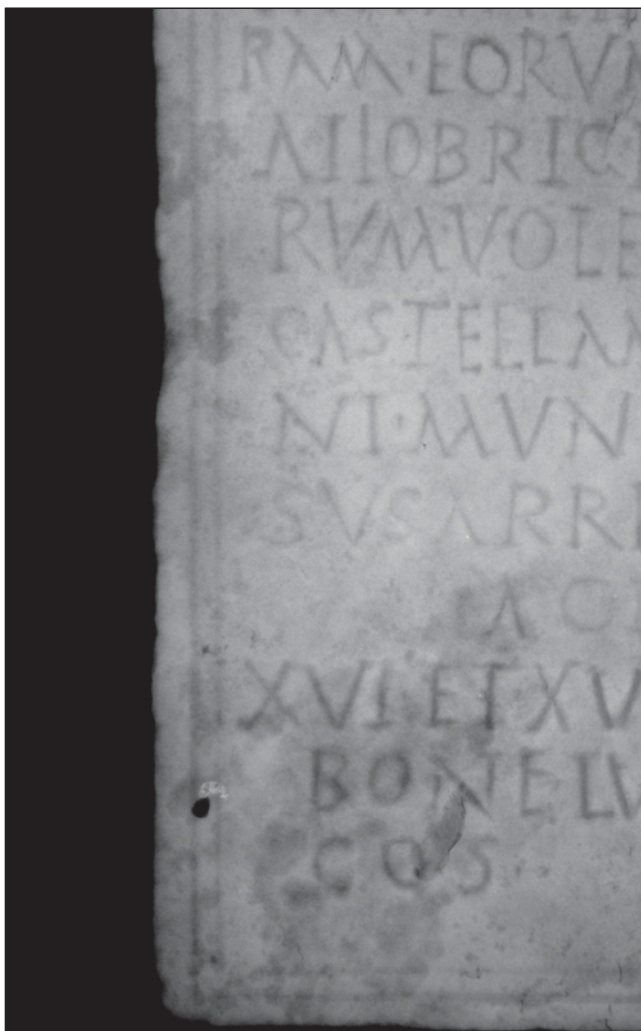
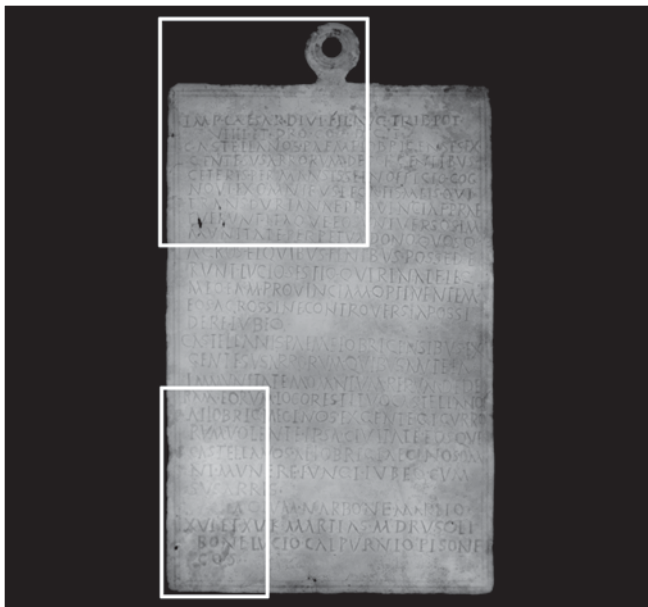


Figura 1. Vista general de la placa.



98

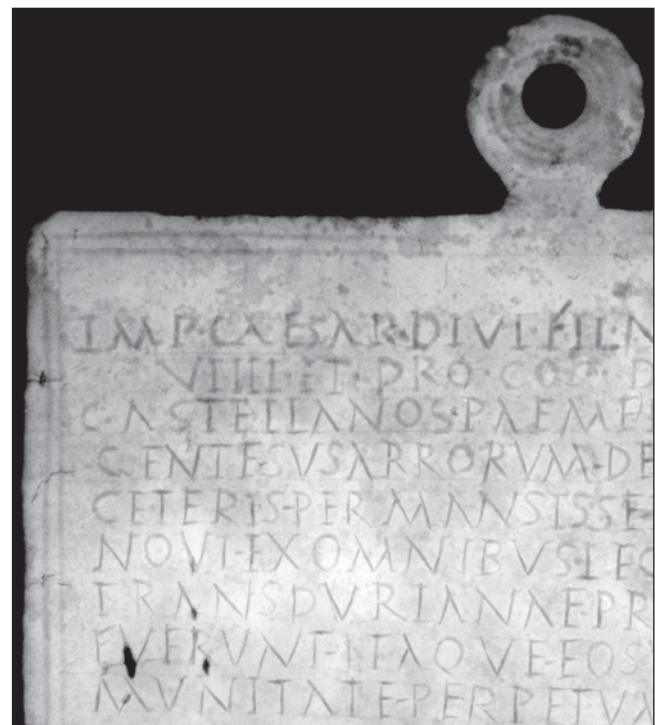


Figura 3. Escasos poros distribuidos aleatoriamente.

Figura 2. Aspecto de ligeras pérdidas de material por corrosión.

Comentario radiográfico

La radiografía de la pieza completa muestra una placa de forma rectangular que como sistema de suspensión tiene una gruesa anilla en la parte superior en continuación de la placa, y tres finos taladros uno centrado en la parte inferior y dos en el lateral izquierdo, cercanos a los ángulos (Fig. 1). La fundición es de notable calidad, con diferencias muy ligeras de densidad radiográfica que indican un espesor muy uniforme (Fig. 2). Únicamente en zonas cercanas a los bordes se acentúan estas diferencias debido a una mayor degradación por corrosión.

Como defectos más notables cabe reseñar un grupo de tres poros tubulares y otros aislados, estos últimos esféricos, muy escasos y distribuidos de forma aleatoria (Fig. 3). En algunas zonas de los extremos destacan fisuras que son mucho más acusadas en el orificio supe-

rior lateral izquierdo y en el orificio inferior; en éstos la fisuración es de desarrollo radial. Igualmente, en el cuello de la anilla de suspensión aparece el inicio de una fisura de desarrollo horizontal.

La ejecución, tanto de los caracteres epigráficos como de la decoración perimetral, fue muy cuidada ya que ha afectado muy poco al estado de conservación de la pieza; el deterioro más significativo achacable al citado trabajo, es una grieta en forma de T tumbada, situada en la octava línea en el *ductus* de una V.

Bibliografía

- El bronce de Bembibre. Un edicto del emperador Augusto del año 15 a.C.*, Museo de León, Estudios y catálogos núm. 11, Valladolid, 2001.
- Hispania romana. Desde tierra de conquista a provincia del imperio*, catálogo de exposición, 1997, Madrid.

15 *Missorium*

Real Academia de Historia.
Madrid (núm. inv. 176)
Almendralejo (Badajoz)

Plata dorada.
74 cm de diámetro.
Peso: 13.350 g
S. IV-V. Romano
Núm. registro IPCE: A-4.879



100 Descripción

Pátera circular de plata sobredorada que representa, en altorrelieve, la fachada de una construcción (el *palatium*) con cuatro columnas de fuste estriado y capitel corintio, rematada con un arco de medio punto y enmarcado a su vez por un frontón triangular. En las enjutas, dos *putti* enfrentados portan en sus manos un tejido y flores. El edificio está flanqueado por dos parejas de personajes masculinos, representados en posición frontal, que portan escudo y lanza (la guardia personal germánica). Dentro del recinto arquitectónico se distinguen, también de frente, tres personajes masculinos entronizados con los pies apoyados sobre escabeles. Pese a que el personaje central (el emperador) es de dimensión superior a los otros dos, todos visten túnica bordada y clámide lisa recogida en sus hombros derechos, y están tocados con corona. Otro personaje masculino (un funcionario) recoge de manos del personaje central un documento de nombramiento (un *codicillum* o un *liber mandatorum*). Bajo la línea de exergo, un personaje femenino (*Tellum* o Tierra) con corona de laureles, recostada sobre su codo derecho apoya su cabeza

sobre la mano diestra y sostiene un cuerno de la abundancia lleno de frutos. A su alrededor se distinguen espigas y personajes infantiles alados que portan flores y cestos.

En el contorno, hacia dentro, una leyenda en relieve dice: *D[ominus] N[oster] THEODOSIVS PERPE[tuus] OB DIEM FELICISSIMVS X (decennaliu[m])*. El reverso es liso y aparece grabado: *MOC IN MET*, y el peso de la pieza en numeración griega: 15.344,7 g.

La interpretación de la fecha y lugar de fabricación del disco, así como la identidad de los personajes representados, varía en función del autor consultado pero parece que la propuesta más aceptada se decanta por Teodosio I, Valentiniano II y Arcadio, en torno al 388. Fabricada con la denominada técnica de fundición «a la arena» probablemente en taller imperial, quizás formó parte de una vajilla de lujo de varias piezas, regalo del emperador a un alto cargo militar o civil con motivo de alguna conmemoración o evento festivo.

Fue un hallazgo fortuito, el 25 agosto de 1847 en una tierra de labor, junto con otras tres piezas hoy desaparecidas. Se encontraba doblada por la mitad para ser probablemente fundida.

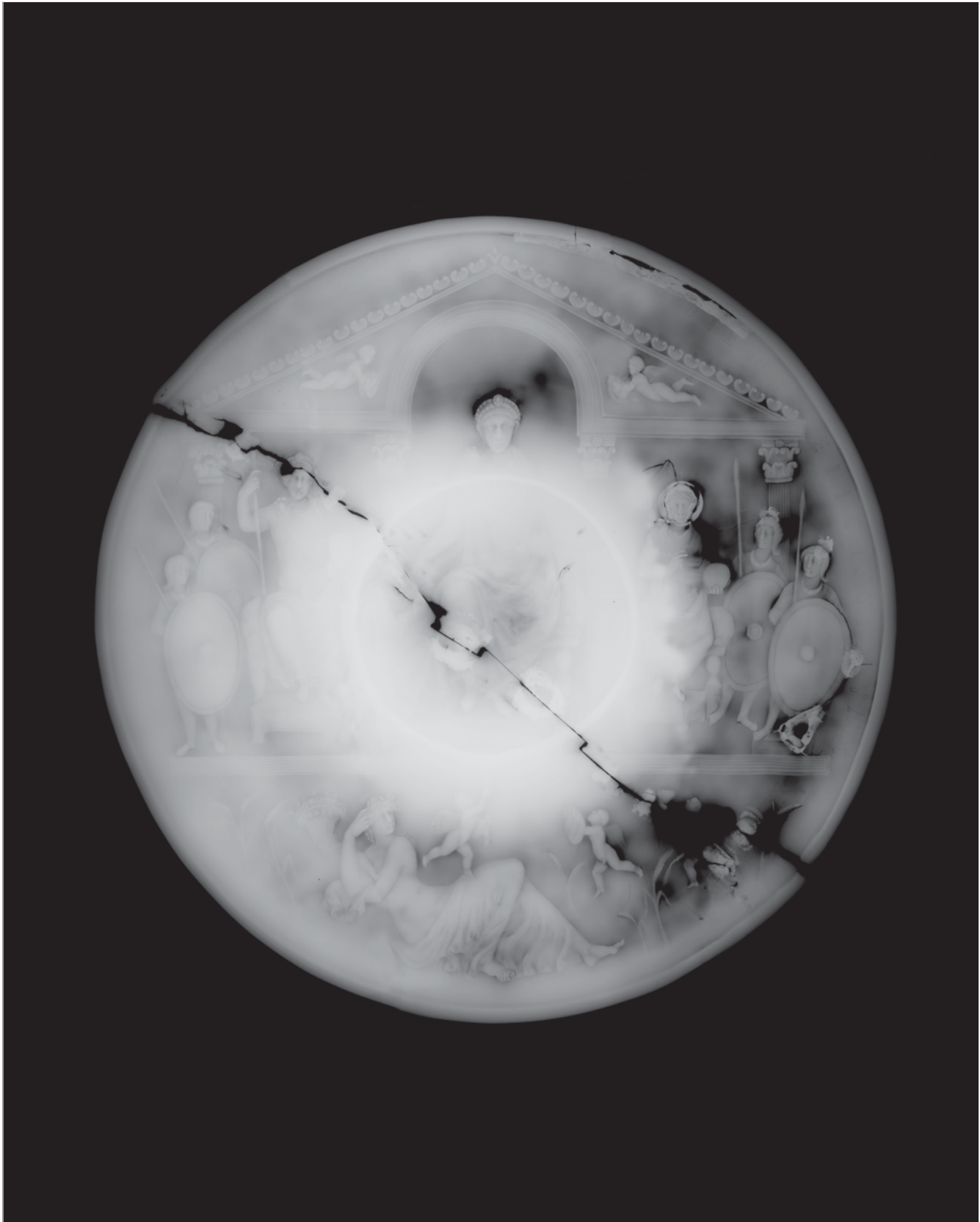


Figura 1. Imagen radiográfica general de la pieza.

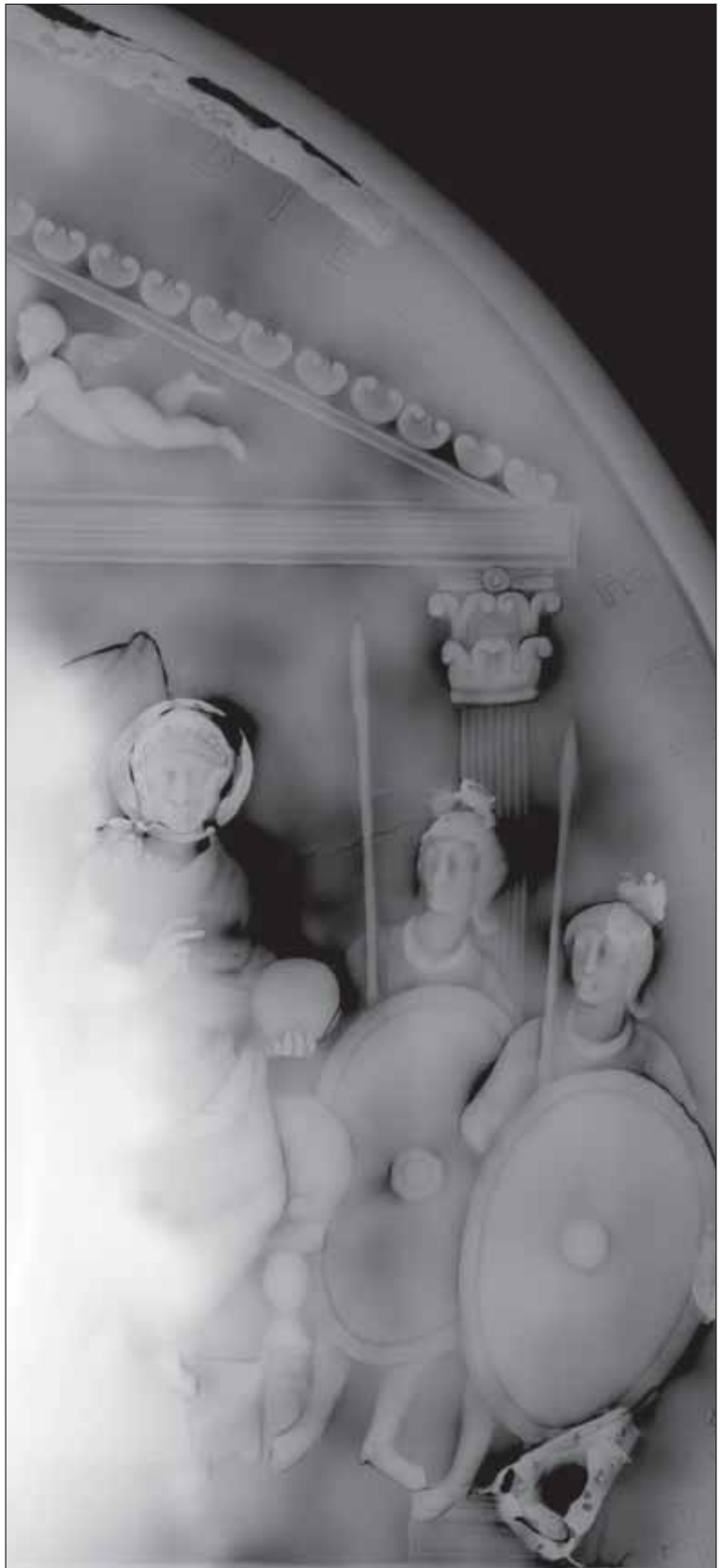
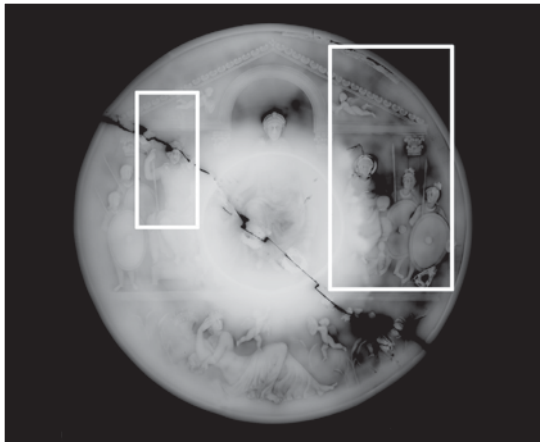


Figura 2. Plaquetas de unión de las dos mitades tras el hallazgo.

Figura 3. Líneas de fractura y puntos de soldadura en las cabezas de los lanceros.

Comentario radiográfico

La figura 1 muestra diversas densidades radiográficas que indican diferentes espesores de pared, siendo mayores en la mitad izquierda que en la derecha. En torno al pie anular, en una amplia banda bastante uniforme, también se manifiesta un considerable sobreespesor que queda muy bien definido en la radiografía.

En sentido transversal a la zona de rotura se ven unas láminas de diversos tamaños que, soldadas, unen las dos mitades (Fig. 2). En algunas partes se aprecian pequeñas grietas.

En las cabezas de los lanceros aparecen líneas de fractura que se intentaron fijar con dos puntos de soldadura (Fig. 3). También se emplearon en dichos refuerzos pequeñas láminas poligonales.

El personaje que se halla junto a los lanceros muestra una fractura completa de la cabeza de la que parte además una fisura en ángulo recto; la lámina empleada para su corrección parece una orla que la rodea casi en su totalidad. En el escudo más cercano al borde, centrado en el extremo derecho, se detecta un depósito o punto de soldadura, de plata como todos ellos, de mala calidad, que intenta fijar la mitad derecha cuyo borde se halla longitudinalmente agrietado. En la parte inferior de este escudo vemos un cordón triangular de solda-

dura de muy baja calidad, con abundante porosidad y fisurado en sus lados inferior e izquierdo. Todos estos defectos que se intentaron corregir posteriormente se deben al muy escaso espesor de material en esta mitad derecha y, probablemente, a una fundición con el caldo a menor temperatura de la adecuada.

El reborde superior derecho, cerca de la parte más alta del frontón, muestra una rotura longitudinal a dicho reborde y un cordón de refuerzo de soldadura que intenta unir dicha grieta entre la parte interna del reborde y el cuerpo del disco. Este cordón de soldadura ofrece abundante porosidad en buena parte de su longitud. También en esta mitad se observan, en algunas zonas, pequeñas grietas similares a las antes mencionadas.

Bibliografía

- Bizancio en España. De la Antigüedad tardía a El Greco*, catálogo de exposición, Madrid, 2003.
 VV.AA. *El Disco de Teodosio*, Madrid, 2000.
Entre dioses y hombres, catálogo de exposición, Madrid, 2008.
Hispania romana. Desde tierra de conquista a provincia del Imperio, catálogo de exposición, Madrid, 1997.
Hispania romana. El legado de Roma en el año de Trajano, catálogo de exposición, Zaragoza, 1998.

16 Broche de cinturón

Museo Arqueológico Nacional.
Madrid (Caja 32 núm. 1.
[Sobre sala 2.^a vit. 14
entrepaño 2.^o Villel,
sep. 42 p. 75 y 72])
Castiltierra (Segovia)

Material base cobre.

12 × 6 cm. Peso: 169,4 g

S. VI-VIII. Tardorromano/visigodo

Núm. registro IPCE: 21.652/1



104

Descripción

Broche de cinturón formado por una placa rectangular articulada por medio de una charnela a una hebilla oval con decoración lineal y aguja ornada con un cabujón hoy perdido. La placa presenta en su cara anterior, mediante incisión y de forma esquemática, un animal cuadrúpedo (carnicero) rodeado por un marco que contiene, alternándose, hojas de vid y piñas/racimos unidos por una rama que ondula entre ellas. Esta pieza formaba parte de uno de los extremos de la tira de cuero de la correa con que se ceñía la túnica.

Este tipo de broches abundan a partir del período arriano (s. VI) previo a la conversión de Recaredo al catolicismo en el año 586 y se localizan en su mayoría en las necrópolis del área meseteña. En este contexto formaba parte de la indumentaria del difunto, enterrado en una fosa simple de inhumación, junto con otras piezas pertenecientes a la to-reútica visigoda como fibulas, collares, pendientes, sortijas, *bullae* (amuletos), etc. Esta joyería tiene una marcada influencia romana por lo que es un claro ejemplo de cómo ciertos modelos del pasado pueden pervivir en el tiempo y ser reinterpretados con elementos iconográficos de carácter cristiano.

La pieza objeto de estudio pertenece a la necrópolis de Castiltierra, localidad cercana a Sepúlveda (Segovia), donde se exhumaron entre los años cuarenta y cincuenta del siglo pasado más de medio millar de enterramientos. Este hecho indica que dicho cementerio tuvo un uso continuado y dilatado en el tiempo. Piezas similares se han hallado en otros yacimientos funerarios como el de Herrera del Pisuerga (Palencia), Carpio de Tajo (Toledo), Tiermes (Soria), Poveda de la Sierra y Azuqueca (ambos en Guadalajara), algunas de ellas están custodiadas en el Museo Arqueológico Nacional (Madrid). Todas se caracterizan por hallarse formadas por placas constituidas a base de superponer hasta tres láminas metálicas y en algún caso tienen las hebillas con decoración repujada.

En el Museo Lázaro Galdiano (Madrid) se conservan broches muy similares, decorados con animales enmarcados con una cenefa vegetal; se creen falsos.

Sin duda, los broches de cinturón más conocidos de época visigoda son los decorados con un mosaico geométrico de celdillas rellenas de pasta vítrea normalmente en torno a uno o varios cabujones centrales, o los de forma aquiliforme, ambos coetáneos al ejemplo más modesto aquí citado.

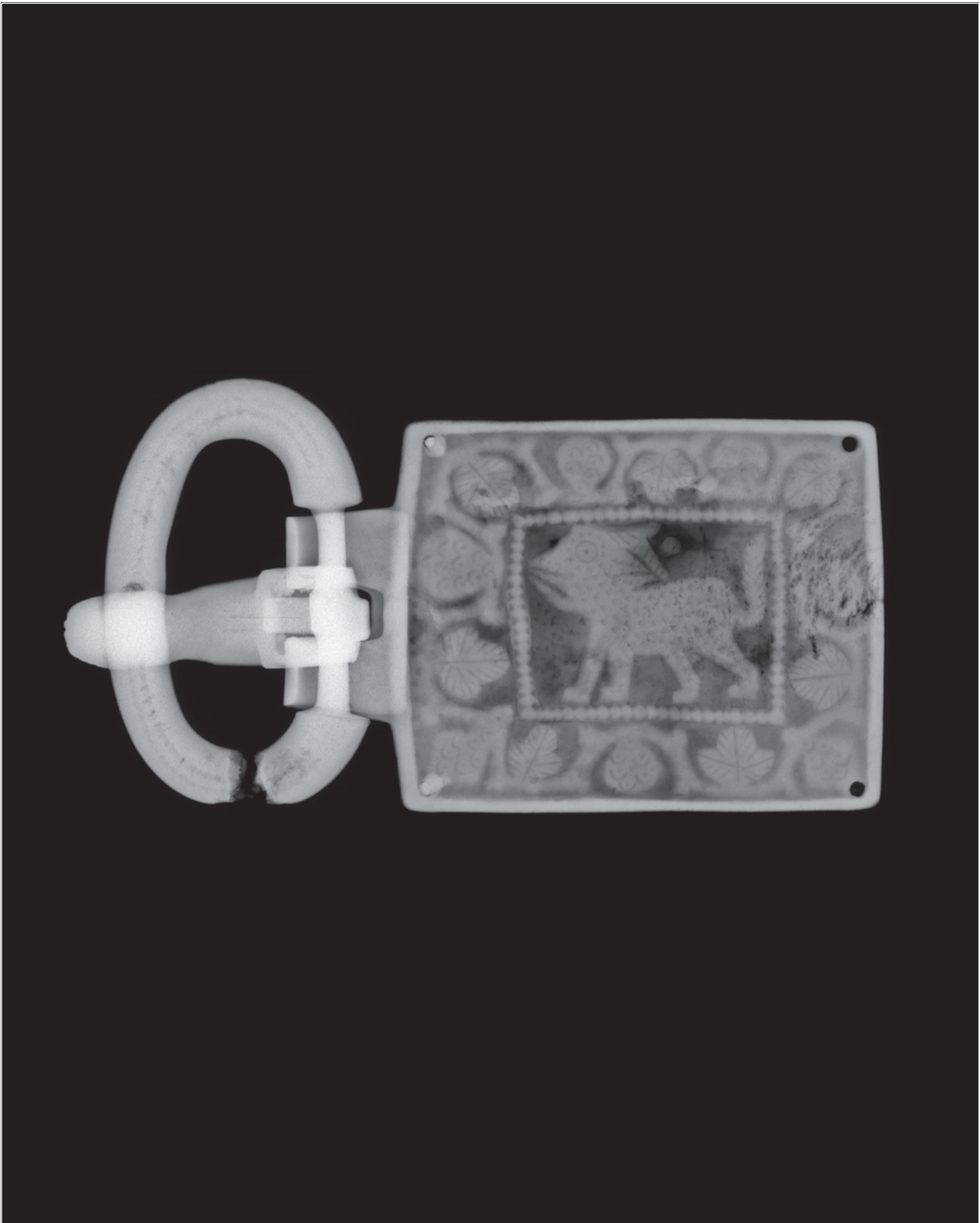


Figura 1. Vista constitutiva del conjunto del broche.

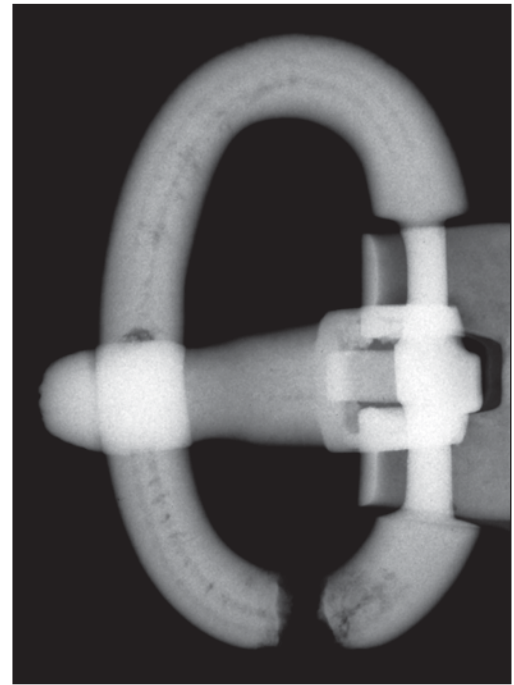
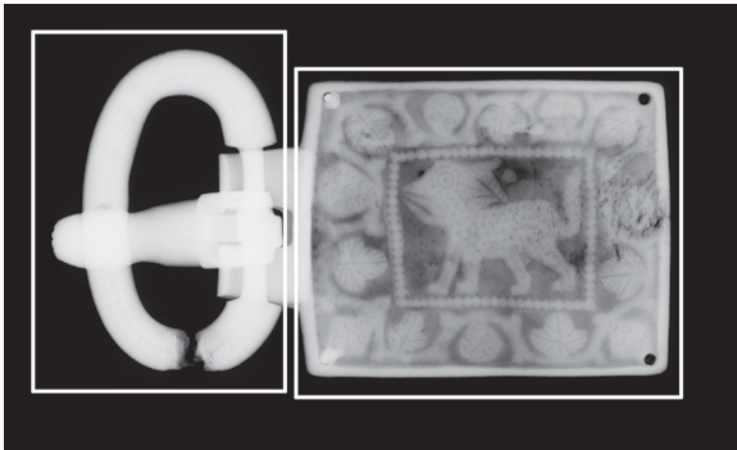


Figura 2. Detalle de la anilla.

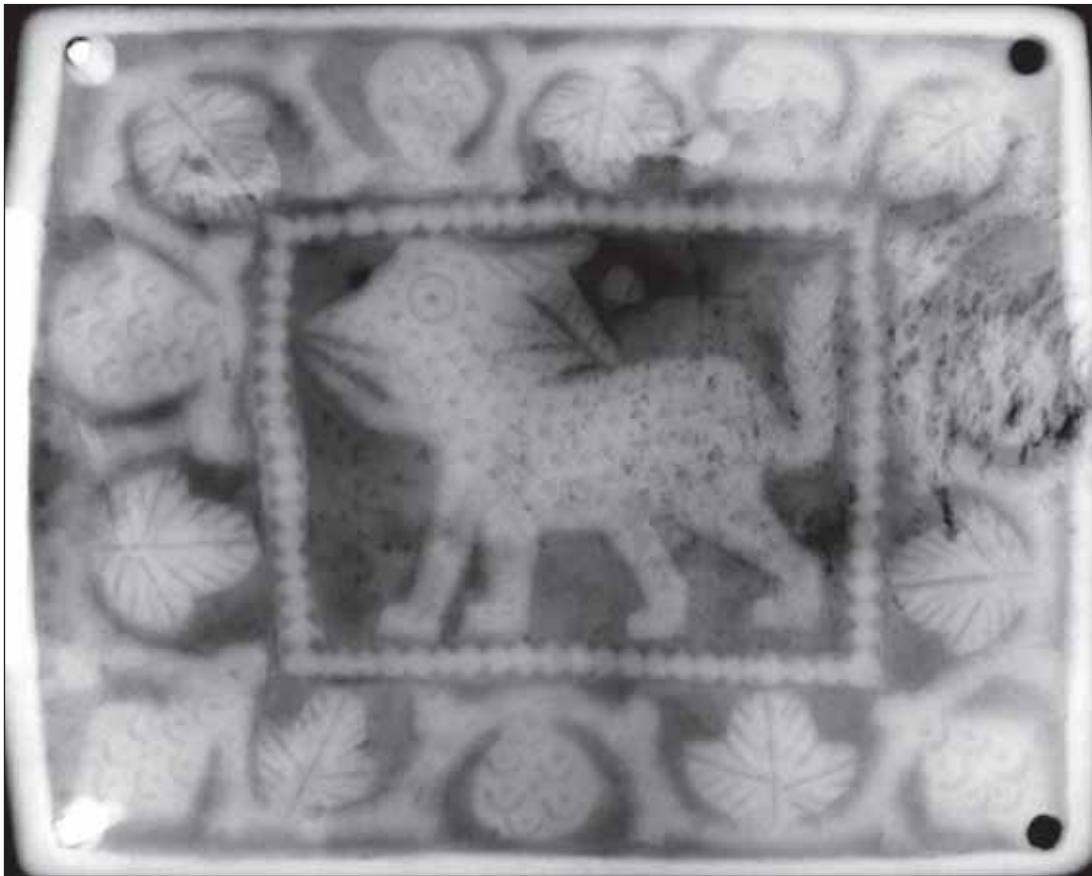


Figura 3. Aspecto radiográfico de la placa decorada.

Comentario radiográfico

Como puede verse en la figura 1, el broche está constituido por la hebilla y dos placas metálicas, ornamentada la exterior y sin decoración la interior. Entre ambas, para conseguir el grosor adecuado, se colocó una placa de material disímil y se fijaron todas mediante cinco remaches, cuatro en los ángulos y uno en el centro, de los que quedan tres. Junto al remache central aparece un motivo inciso cruciforme.

En la anilla de la hebilla (Fig. 2) se aprecian longitudinalmente alineaciones más oscuras correspondientes a motivos decorativos incisos. También se observa en la parte inferior pérdida total de material, con los bordes irregulares, fenómeno que se debe a la corrosión del metal, probablemente por contacto con otro más noble.

La fundición de esta hebilla es de muy buena calidad.

En lo que corresponde a la placa decorada (Fig. 3) se manifiestan fundamentalmente en el lado derecho, en la parte central y alrededor del remache del centro, unas zonas muy definidas de diversas densidades radiográficas. Ello se debe a la pérdida de material en el interior, entre ambas placas, por un fenómeno de severa corrosión originado por la formación del par galvánico.

Bibliografía

PALOL, P. y RIPOLL, G.:

Los godos en el occidente europeo: ostrogodos y visigodos en los siglos V-VIII, Madrid, 1988.

Catálogo on-line: www.flg.es/bus_listado.asp

17 Espada llamada *Tizona*

Catedral de Burgos
Taller andalusí.
Herencia del marqués de Falces

Acero y madera.
Longitud máxima: 93 cm.
Ancho máximo hoja: 4,5 cm.
Peso: 1.150 g
Año 1002. Alta Edad Media
Núm. registro IPCE: D-2.605

Descripción

108 Espada larga de acero con hoja recta de doble filo, punta ligeramente redondeada, vaceo central hasta la mitad y guarnición formada por puño corto de madera, gavilanes con decoración vegetal calada hasta cubrir el inicio de los filos de la hoja y pomo piriforme aplanado también calado. Uno de los vaceos reza en latín *AVE MARIA GRATIA PLENA DOMINUS MECUM* y en el opuesto otra inscripción en castellano antiguo dice *IO SOI TISONA FUE FECHA EN LA ERA DE MILE QUARENTA*.

Según la tradición, esta es una de las famosas espadas que perteneció en vida a Rodrigo Díaz de Vivar, conocido como el Cid. La primera referencia escrita está en el *Cantar del Mio Cid* donde se dice que fue arrebatada al rey almorávide Búcar de Marruecos tras darle muerte el Cid con la *Colada* en las playas de Valencia. Siguiendo la misma fuente, posteriormente son regaladas como dote a sus dos hijas doña Sol y doña Elvira, pero tras abandonarlas los infantes de Carrión —sus esposos—, el Cid reclama su propiedad al rey. Una vez devueltas, la *Tizona* es regalada a su sobrino don Pedro Bermúdez, mientras la *Colada* la regala a su vasallo Martín Antolínez.

Desde entonces, los especialistas no se ponen de acuerdo en el modo en que llegó a manos de la reina Isabel la Católica, puesto que la siguiente mención está en el inventario realizado en el año 1503, por parte de Gonzalo de Bricio, de las armas



custodiadas en el Alcázar de Segovia. Entre los años 1560 y 1621, Fray Prudencio de Sandoval, en su *Crónica de los Reyes de Castilla y León*, alude a la cesión de la espada por parte de Fernando el Católico al Marqués de Falces como premio a los servicios prestados durante la conquista de Granada. Esta propiedad permanece hasta la Guerra Civil de 1936, fecha en la que se pierde su pista. Tras la contienda es recuperada e ingresa como depósito en el Museo del Ejército (Madrid) desde 1944.

Con motivo del traslado de la sede del museo a Toledo el propietario, el actual marqués de Falces, puso a la venta la pieza. Finalmente, tras el rechazo del Ministerio de Cultura fue comprada por un valor de 1,6 millones de euros por la Junta de Castilla y León y la Cámara de Comercio e Industria de Burgos en 2007. En la actualidad se encuentra depositada en la Catedral de Burgos, lugar donde se hallan los féretros del Cid y de su esposa Jimena.

Pese a que el arma tiene una fecha (era 1040, que en realidad corresponde con el año 1002) la mayoría de autores coincide en que la fecha aproximada de la empuñadura está más cercana a las espadas del siglo xv que a las medievales. No obstante la hoja, de factura excepcional, parece del siglo xi, por lo que formaría parte de una espada tizón o tizona de procedencia andalusí, por tanto compatible con la época del Cid. Siglos más tarde se marcaron las inscripciones que conocemos.

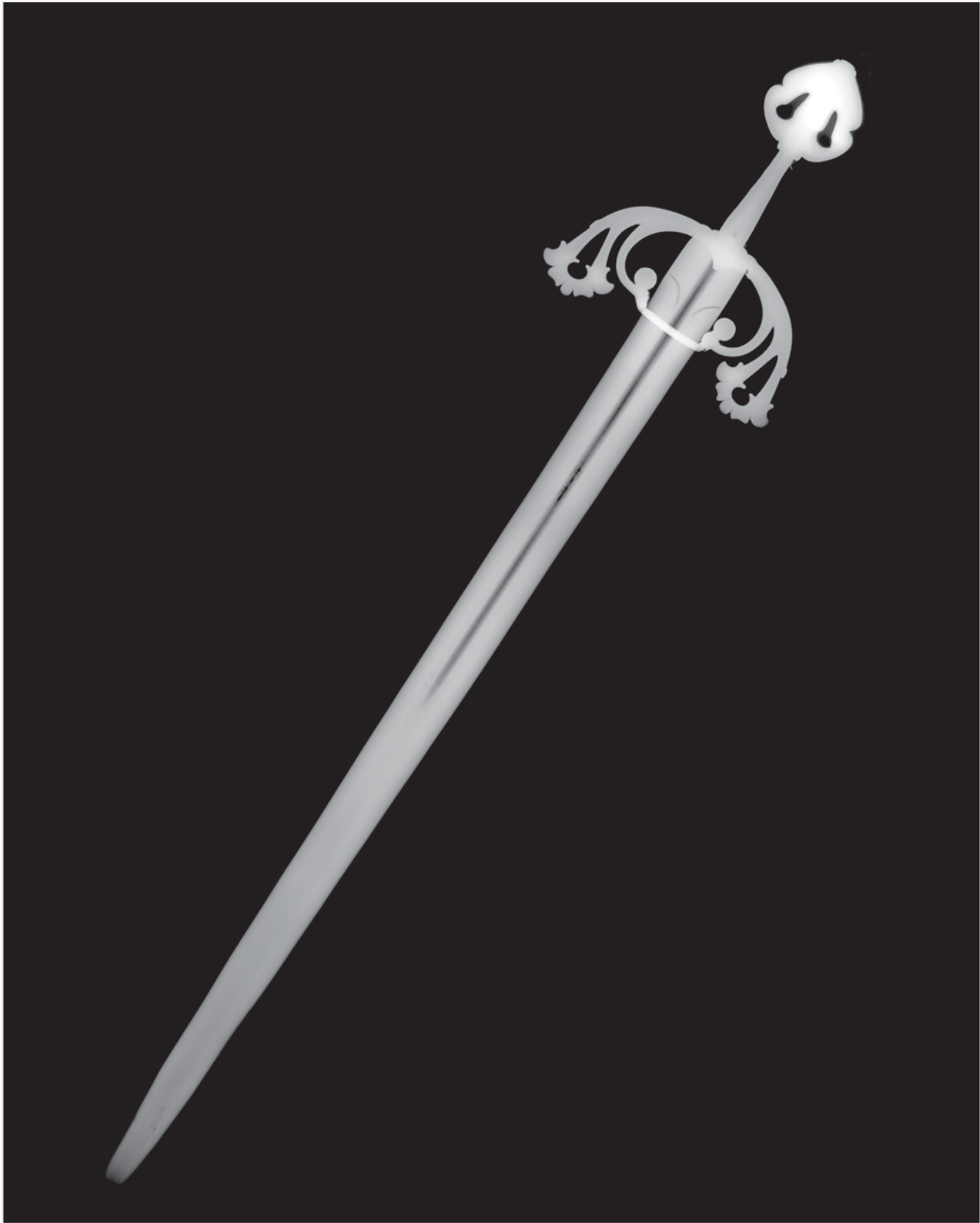
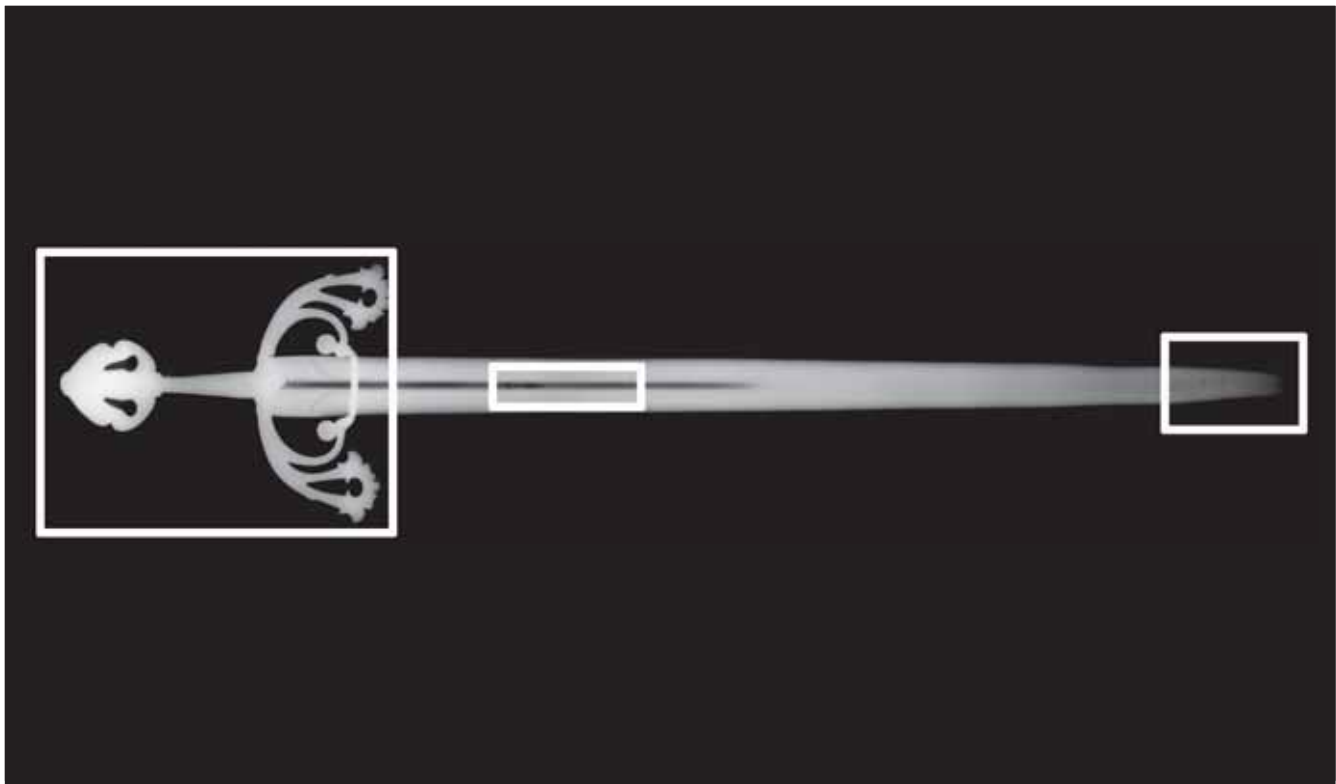


Figura 1. Imagen radiográfica general del arma.



110



Figura 2. Detalles en uno de los vaceos.

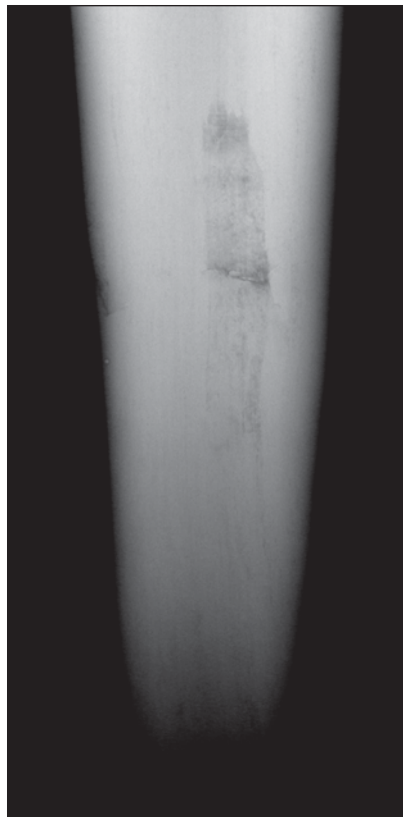


Figura 3. Aspecto de los defectos producidos en la reparación de la hoja.

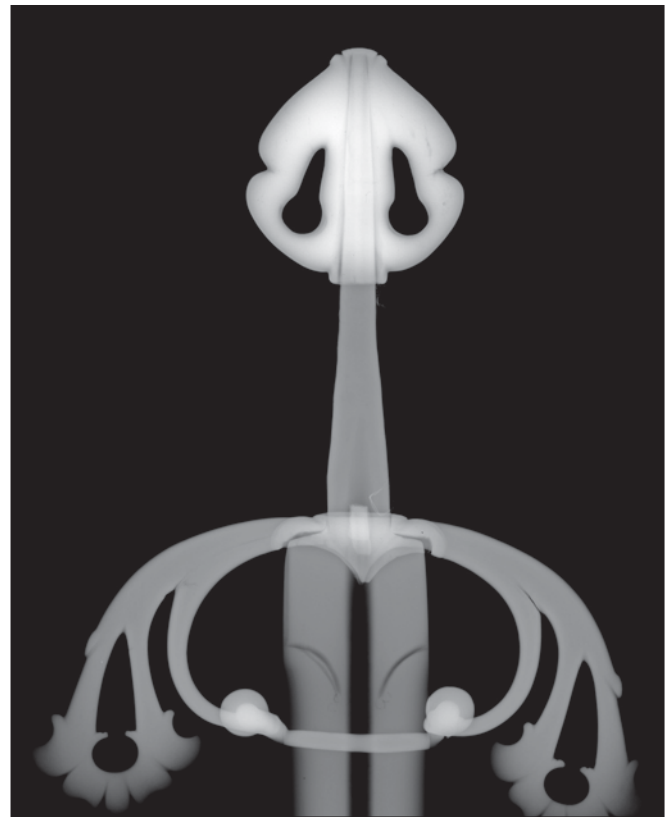


Figura 4. Vista radiográfica del conjunto de la empuñadura.

Comentario radiográfico

La zona superior de la hoja (Figs. 1 y 2) de aspecto muy homogéneo, permite observar con claridad uno de los grabados existentes en un vaceo. También se aprecian pequeños tramos longitudinales que corresponden a pliegues de forja.

En el tercio inferior de la citada hoja, al tiempo que ésta se estrecha progresivamente, las líneas de forja y de escoria se hacen más nítidas. Ésta revela un estrechamiento lateral indicativo de que sufrió un doblado que se corrigió mediante un nuevo tratamiento de martillado en caliente. Visualmente se observa en dicha zona una grieta transversal que radiográficamente se muestra como una cavidad interior mucho más considerable (Fig. 3).

La espiga de la hoja tiene aspecto piramidal truncado (Fig. 4). La empuñadura, constituida por el pomo fijado con un tapón, presenta fisuras probablemente producidas en la colocación. Ambos gavilanes muestran fisuras longitudinales entre éstos y las piezas de forma circular que los cierra por debajo. En el puño dos hilitos muy claros son restos del hilo embellecedor (torzal) que lo cubrió, posiblemente oro u otro metal noble dada su elevada absorción radiográfica.

Mediante la radiografía se ha podido determinar que la guarnición está constituida por un conjunto de, al menos, ocho piezas.

Bibliografía

CABEZÓN, M. L.:

La Tizona. Espada del Cid Campeador, Informe inédito, Museo del Ejército (Madrid), sin fecha.

«Castilla y León adquiere la espada Tizona por 1,6 millones de euros», en *abc.es* del día 23/05/2007.

«Castilla y León compra la espada del Cid», en *elpais.com* del día 24/05/2007.

DUEÑAS, G.:

«Las espadas nazaríes: entre el arma y la joya», en OLLERO y RAMOS (ed.), *Tesoros del Museo del Ejército*, Madrid, 2007.

«El Museo de Burgos defiende la compra de la Tizona y Cultura cree que es falsa», en *elmundo.es* del día 25/05/2007.

«La Tizona y un hueso del Cid, grandes atractivos de la exposición de Burgos», en *nortecastilla.es* del día 18/09/2007.

MARTÍN COSTEA, A. *et alii.*:

Informe radiográfico de la espada denominada Tizona, informe inédito, Instituto del Patrimonio Cultural de España (Madrid), 1993.

18 Relicario

Museo de la Real Colegiata
de Roncesvalles, Navarra
Montpellier (Francia)

Plata dorada, madera,
cristal de roca y esmalte.
47 × 57 cm.

Mediados del s. XIV. Baja Edad Media
Núm. registro IPCE: 20.582



112

Descripción

Tablero rectangular de alma de madera recubierto de láminas de plata. Está constituido por sesenta y tres casillas, distribuidas en siete filas horizontales, en las que alternan las que se decoran con esmalte sobre plata y las que se protegen con cristal de roca (más anchas). Éstas últimas encierran diferentes tipos de reliquias, cuya procedencia e incorporación se desconoce —quizá procedentes de diversos lugares de peregrinación—, con etiquetas a la vista y conservadas en envoltorios de tela dorada. El conjunto del tablero se enmarca con veinte escenas que representan a diferentes personajes del Antiguo Testamento y apóstoles presididos en su parte inferior por dos escenas que plasman el martirio de San Esteban.

Los colores que predominan en el esmalte son el naranja, el verde y el morado sobre un fondo azul muy vivo.

Según Martín y Heredia, el programa iconográfico es una síntesis del tema de la Redención del hombre, desde la Anunciación hasta el Juicio Final.

Esta obra, conocida popularmente como el *Ajedrez de Carlomagno*, procede del taller de Montpellier por la marca que aparece en uno de los laterales del marco: *MOP*. Su cronología oscila entre 1340 y 1382.

Hay que tener presente que entre los siglos XIV y XV Navarra fue un pequeño reino vinculado a Francia por razones políticas; este hecho explicaría el ingreso de esta pieza en la colegiata procedente de un encargo.

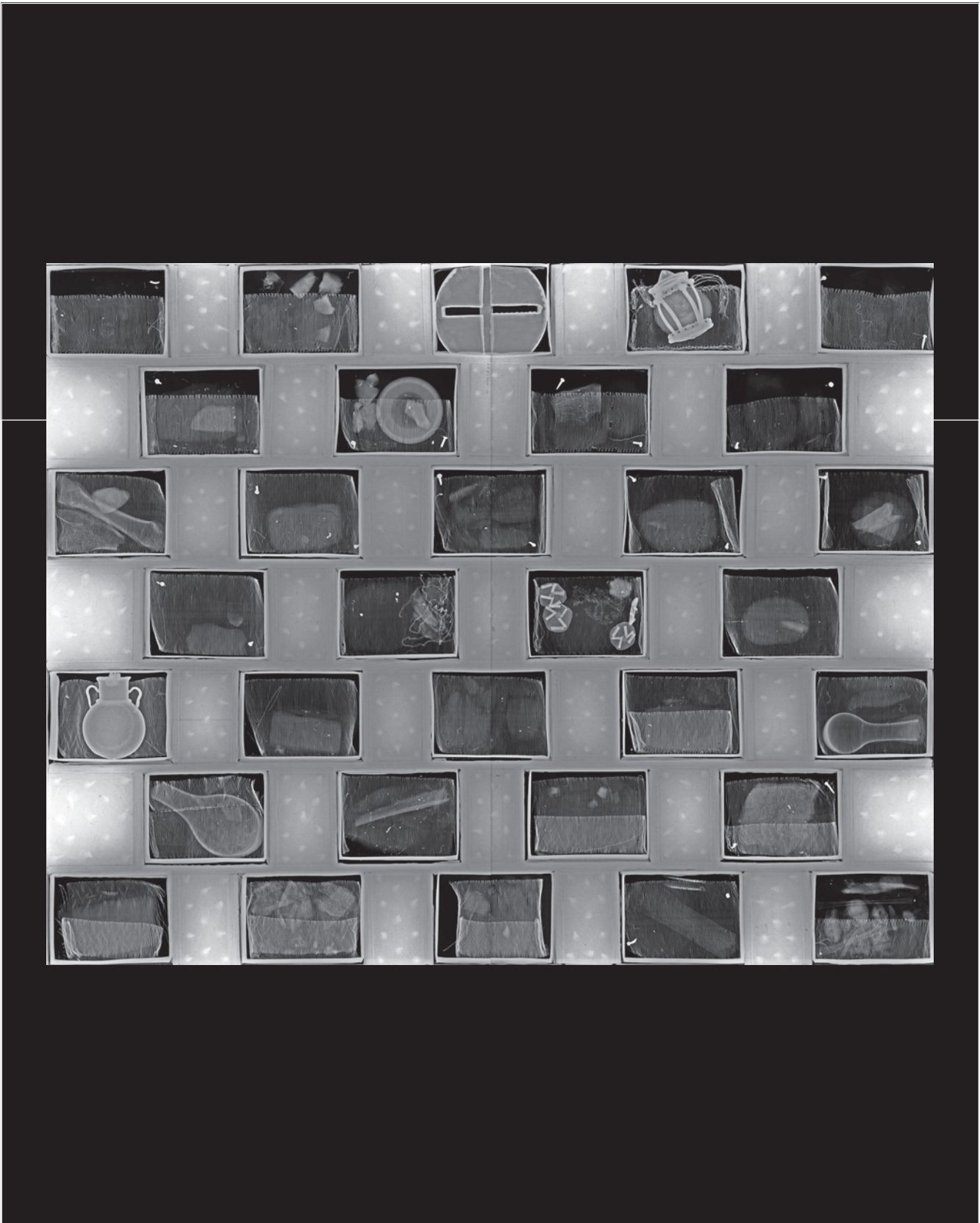


Figura 1. Radiografía tratada digitalmente del conjunto de la pieza.

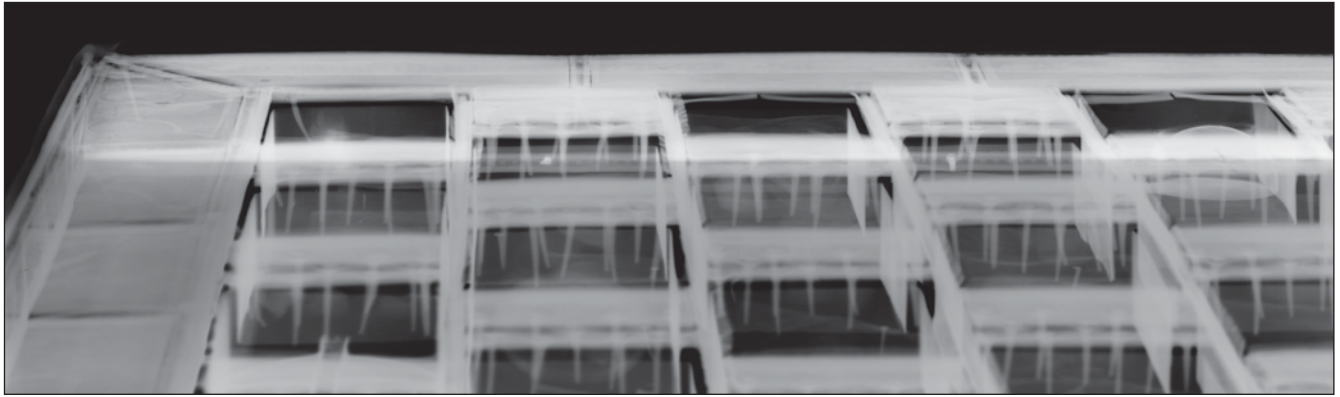


Figura 2. Vista oblicua en la que se aprecia el sistema constructivo.

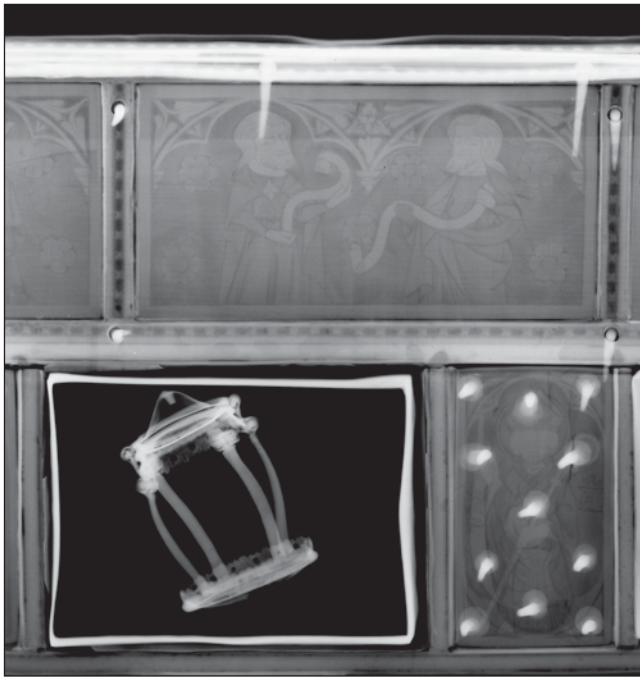


Figura 3. Disposición de algunos componentes.

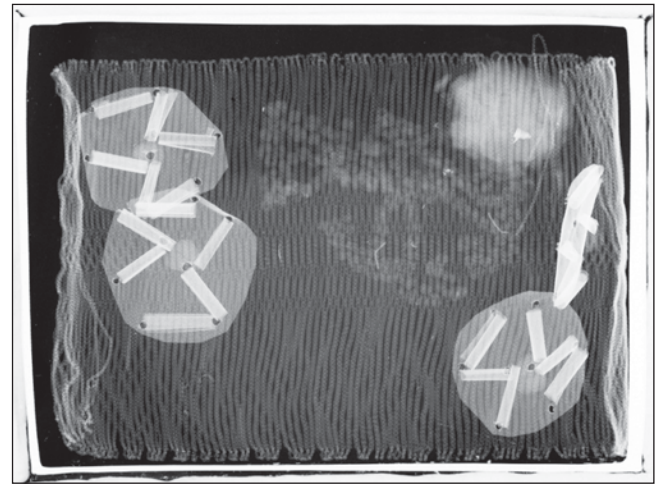


Figura 4. Detalle de conjunto de una de las casillas.

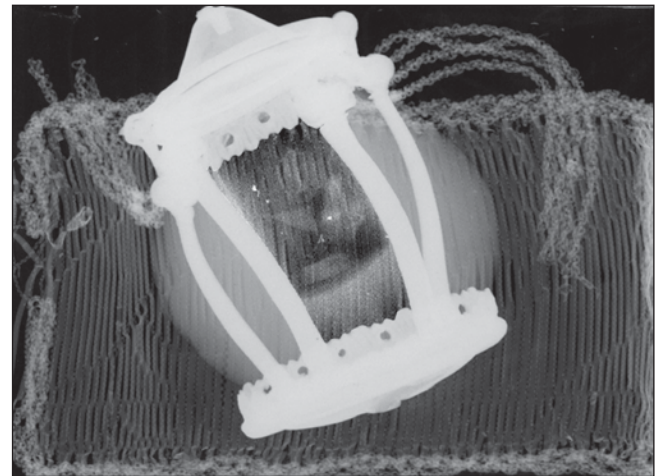


Figura 5. Detalle de otra de las reliquias.

Comentario radiográfico

En este caso, debido a la gran diferencia de absorción radiográfica de los distintos elementos constitutivos de la obra, se hicieron dos radiografías de vista general con dos tipos de exposición diferentes. En una se trataba de averiguar el contenido de las casillas y en la otra el trabajo del metal. Para la presente obra se ha tratado digitalmente una radiografía que sea representativa de los dos aspectos antedichos (Fig. 1). En el segundo caso se evidenció un sistema constructivo bastante complejo (Fig. 2); en alguna imagen de detalle (Fig. 3), se aprecia claramente el marco de madera totalmente recubierto por los esmaltes. Los extremos, en su totalidad, quedan disimulados por plaquitas rectangulares de plata con decoración de cordoncillo que, además de disimular las uniones, fijan los esmaltes mediante el claveteado de las chapas metálicas. Las chapas peri-

metrales externas se fijan del mismo modo con clavos de mayor longitud.

En el interior de las casillas, de menor absorción radiográfica, se observan cajitas que contienen una o varias reliquias cubiertas por un tejido en el que algunos hilos son entorchados (Figs. 4 y 5). Los espacios entre ellas se encuentran ocupados por plaquitas de esmalte de formas tendentes a cuadradas o rectangulares fijadas, cada una, por múltiples clavos; éstas también se hallan sobre espacios limitados por cajitas.

Bibliografía

- MARTÍN, M.L.:
Esmaltes en España, Madrid, 1984.
Obras maestras recuperadas, catálogo de exposición,
 Madrid, 1998.

19 Casco

Instituto Valencia de Don Juan.
Madrid (núm. inv. 3.101)
Procedencia desconocida

Acero, oro y plata.

49 × 23 cm.

Peso: 2.270 g

S. XV (1444-1446). Bajomedieval islámico

Núm. registro IPCE: 22.897/35



116

Descripción

Almete de acero gallonado con remate cónico, protector nasal exento y malla de cadena que pende del borde inferior (alpartaz). El casquete se decora con dos frisos lisos, uno en la parte superior y otro en la inferior, que contienen inscripciones arabescas damasquinadas en plata sobre fondo dorado.

De ambos arranca una decoración vegetal incisa y damasquinada en oro y plata que se extiende hacia el centro. La cimera, de forma cónica, se remata con una pieza poligonal y un elemento tubular, donde se colocaría el penacho perdido en la actualidad.

En el borde inferior, correspondiente a la parte frontal del casco, se forman dos arcos que coinciden con la forma de los ojos, y entre ambos se adosa un

protector nasal plano que se adapta a la curvatura con el extremo superior piriforme ornado también con arabescos.

Sabemos que fue fabricado por *Alí Ibn Qa lu Med*, para el sultán *Mubammad II*, más conocido como *Mehmet II El Conquistador*, puesto que así lo expresa la grafía de la parte frontal del casco. Este apodo se debe a que fue el responsable del asedio —durante un mes y medio— y posterior toma de Constantinopla, capital del Imperio Romano de Oriente o Imperio Bizantino, el 29 de mayo de 1453. Al día siguiente, la ciudad pasó a denominarse Estambul.

Apenas se conocen datos de la procedencia o del contexto arqueológico, salvo que fue adquirido en el mercado de antigüedades.

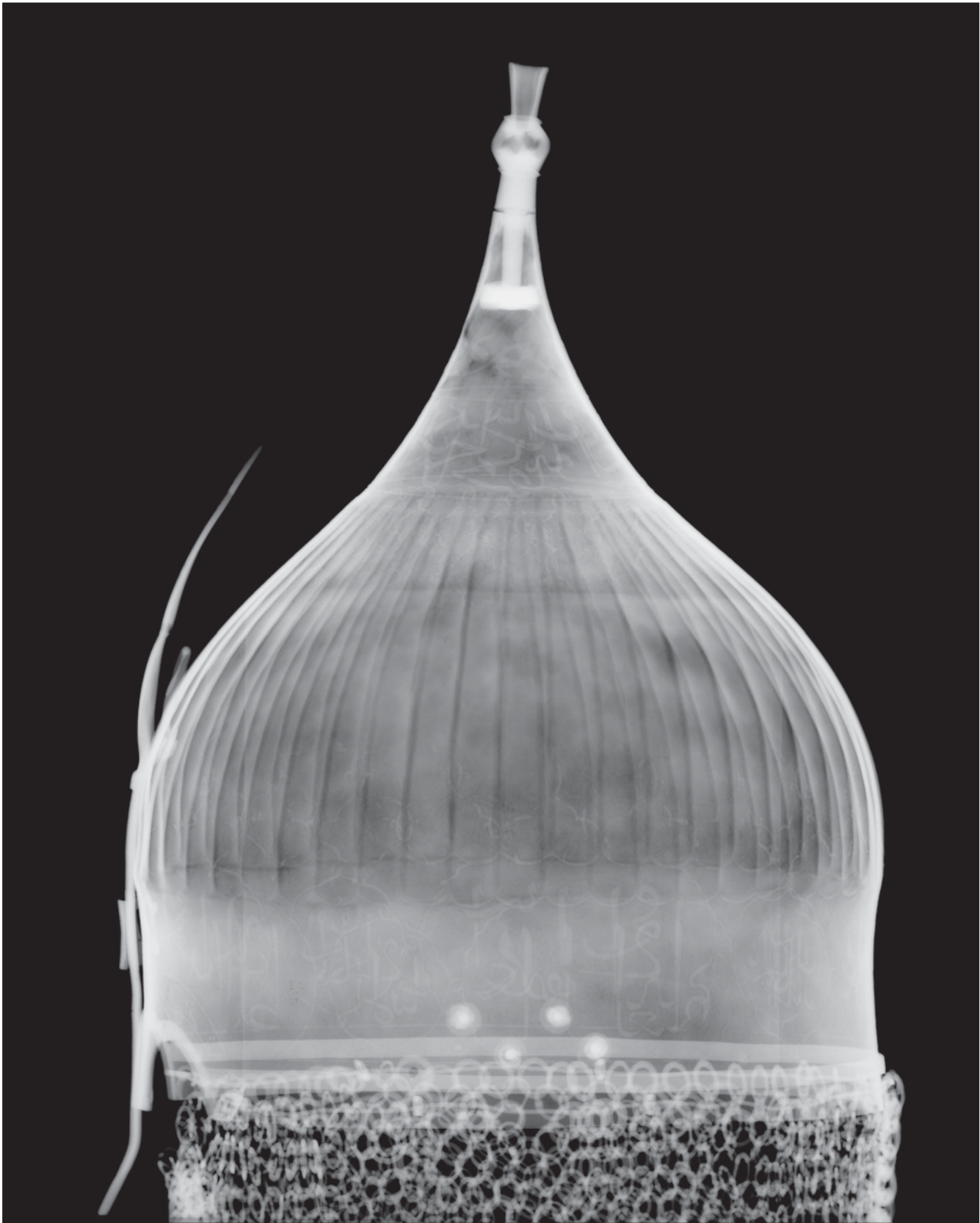


Figura 1. Imagen general del casco.

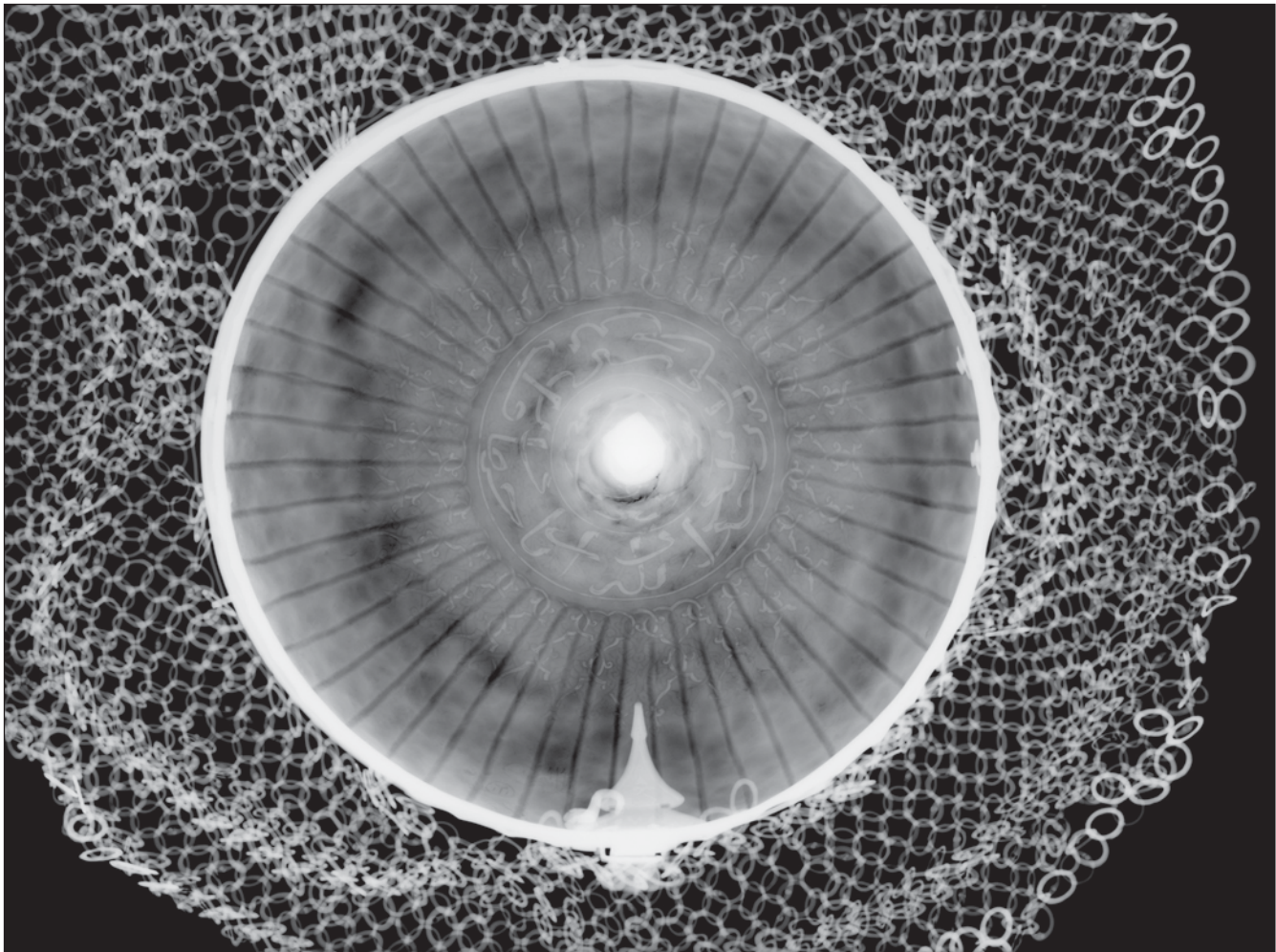


Figura 2. Vista cenital desde el interior.

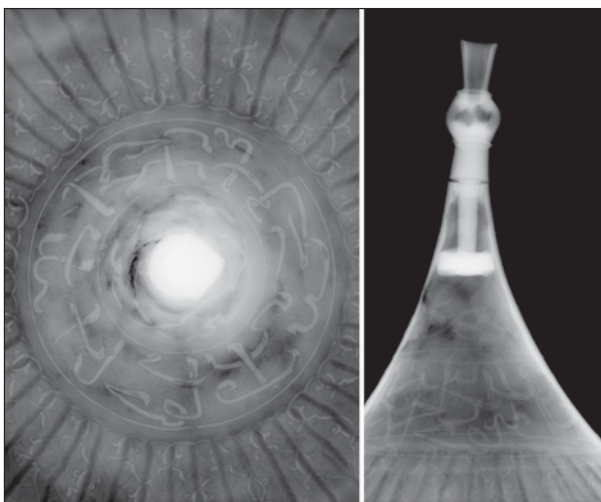


Figura 3. Sistema constructivo del remate del casco y defectos inducidos.

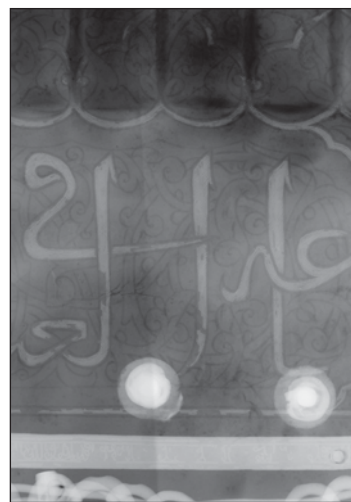


Figura 4. Dos de los remaches y un grupo de fisuras.



Figura 5. Ampliación de los motivos incisos identificativos del casco.

Comentario radiográfico

En la imagen radiográfica general del casco destacan los distintos elementos que lo conforman: el remate, el protector nasal y la malla colgante que lo circunda (Fig. 1).

En la vista cenital del casco (Fig. 2) se aprecia, en una amplia banda irregular, una zona de menor densidad radiográfica que se corresponde con un área de menor espesor de material producido durante su conformado por batido.

Este mismo defecto se produce en la parte superior, en la que también vemos una grieta de contornos irregulares, producida al fijar el remate en la compresión con la pieza interior (Fig. 3).

En el extremo inferior del casco, a derecha e izquierda, se ven dos grupos de dos remaches cada uno, y cada remache con una arandela; asimismo, se aprecia un grupo de fisuras producto del conformado por batido del casco (Fig. 4).

Además, la figura 2 permite observar la disposición del remate con su pieza interior de fijación, así como, en detalle, los diversos elementos que constituyen el protector nasal. A la izquierda del citado protector se ven, incisos, los dos motivos que se identifican como «... las armas de Mohamed II y la armería...» (Fig. 5).

Bibliografía

- Los Reyes Católicos y Granada*, catálogo de exposición, Granada, 2004.
- Mediterraneum. Splendour of the Medieval Mediterranean. 13th-15th Centuries*, catálogo de exposición, Barcelona, 2004.
- SÁNCHEZ CATÓN, F. J.:
Catálogo de las pinturas del Instituto Valencia de Don Juan, Madrid, 1923.

20 Matrimonio desigual

Museo Lázaro Galdiano.
Madrid (núm. inv. 2.022)
Francisco de Goya y Lucientes
(atribuido).
Herencia de Francisco de Goya

Óleo sobre plancha
de material base cobre.

0,32 × 0,41 cm

S. XIX (ca. 1819)

Núm. registro IPCE: S/N (sin número)



120

Descripción

Plancha rectangular metálica sobre la que se plasma al óleo una escena de carácter costumbrista que se desarrolla en el interior de un recinto eclesiástico; en el centro una pareja de novios arrodillada frente a un altar recibe el sacramento de manos de un sacerdote ayudado por un monaguillo colocado a su izquierda, de pie. En el ángulo inferior izquierdo, detrás del grupo central, se arrodilla otro personaje masculino. En la pared del fondo se concentran esbozados otros asistentes a la ceremonia, y sobre ellos una ventana deja pasar la luz del sol que incide sobre los protagonistas. Los recién casados visten indumentaria típica goyesca y el velo nupcial cubre sus hombros.

Esta pintura ha recibido otras denominaciones como *Matrimonio ridículo* o *Boda grotesca*, ya que el pintor muestra un matrimonio por interés entre un novio casi anciano y una novia muy joven. La representación de escenas de crítica social fue habitual en la época, y muy especialmente en pintores de la talla de Goya y su entorno.

Se conocen copias y versiones muy similares de esta obra como el pequeño lienzo del Museo Romántico (Madrid) o como la del Museo del Louvre (París), esta última sobre hojalata. El pequeño formato, el soporte (plancha de cobre o de hojalata), la disposición de los personajes, la luz y el ambiente donde se desarrolla la escena recuerda a un conjunto de obras —muchas de mano de Goya y otras réplicas o copias de Eugenio Lucas, Mariano Fortuny y coetáneos— como *La misa de parida* (Museo Lázaro Galdiano, colección privada), *La comunión* (Clark Art Institute de Washington) o incluso *La última comunión de San José de Calasanz* (Museo Bonnat de Bayona).

Pese a que algunos investigadores no la atribuyen a Goya, perteneció a la familia del pintor; fue heredado por su hijo Javier, y posteriormente adquirido por varios coleccionistas, y más tarde comprada por José Lázaro Galdiano en una fecha anterior a 1913. La obra sufrió en 1863 un proceso de restauración en el que se decidió incorporarle un engatillado.

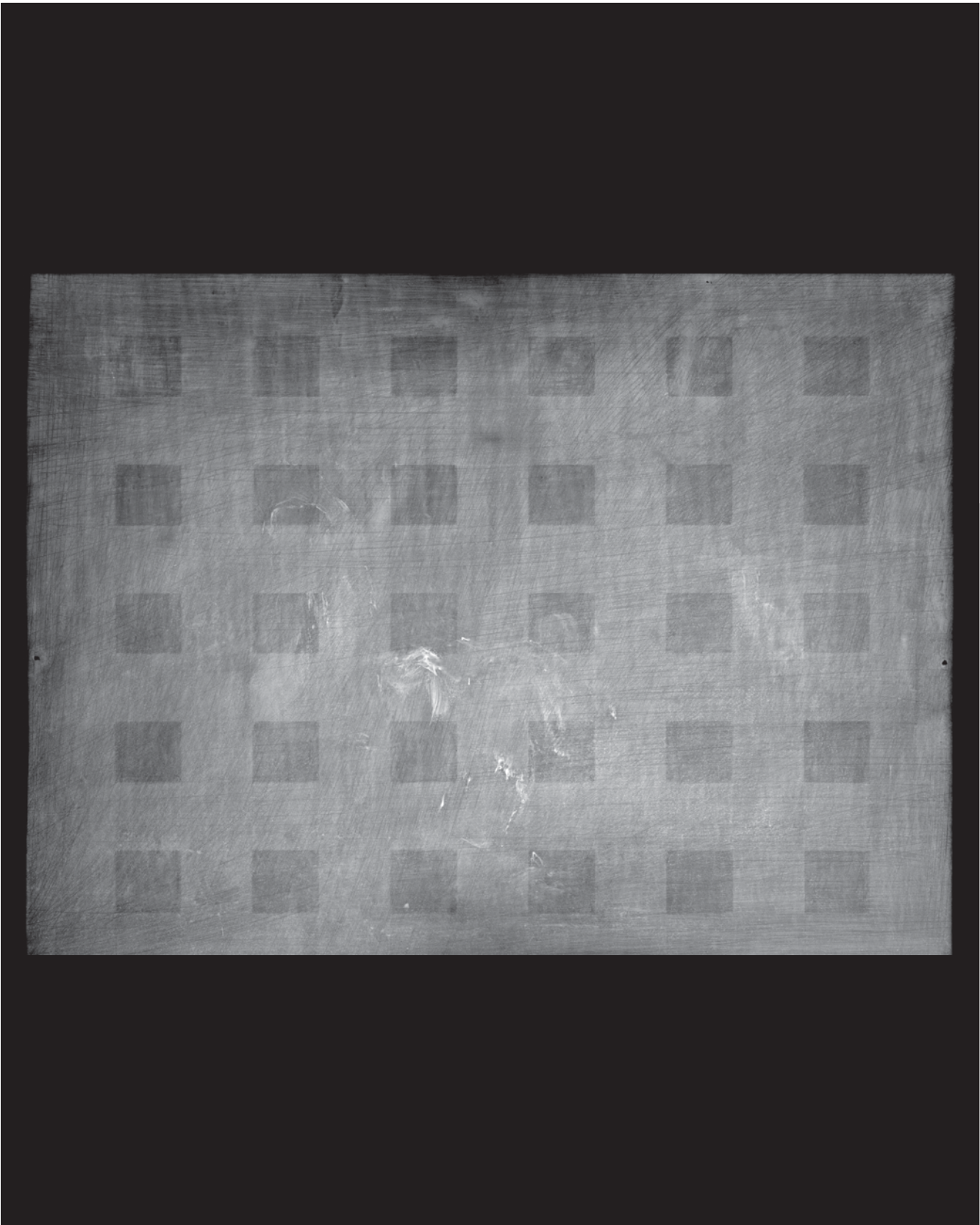


Figura 1. Imagen radiográfica del conjunto de la obra.

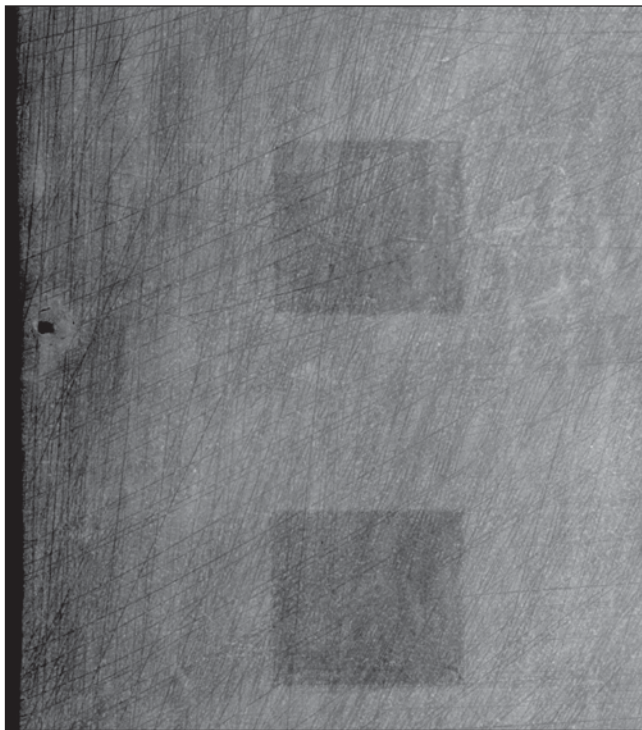
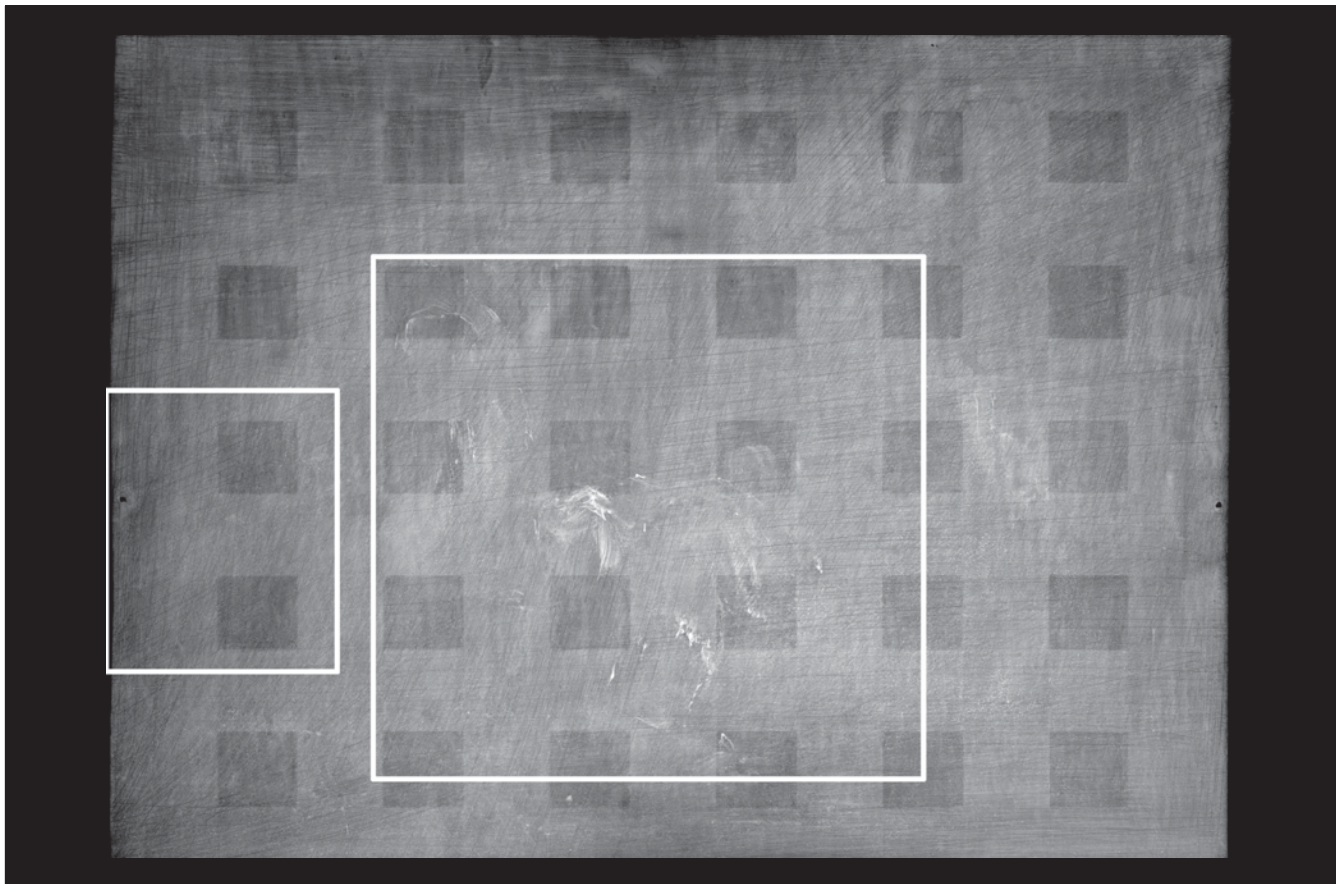


Figura 2. Detalle de preparación del soporte.

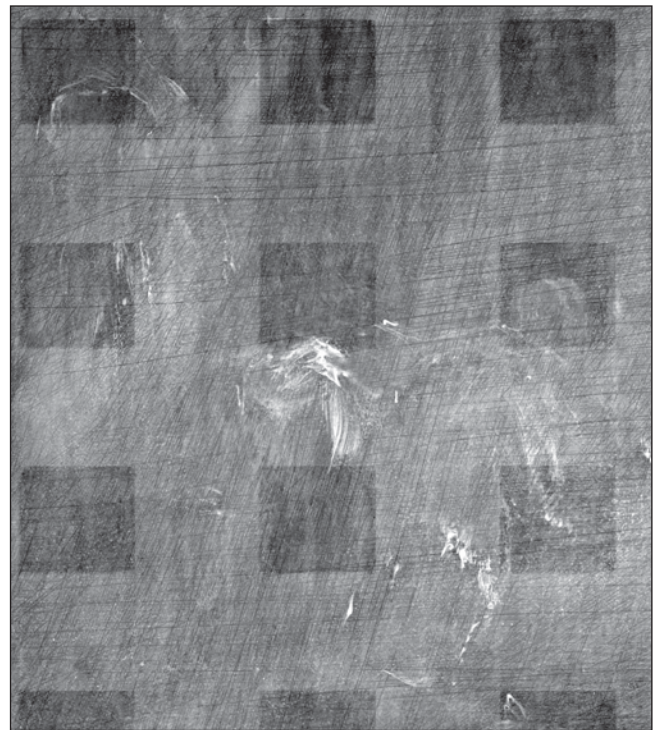


Figura 3. Aspecto de los toques de empaste.

Comentario radiográfico

En el contexto de esta publicación interesa esta obra porque el soporte es metálico, por lo que las condiciones de radiografiado seleccionadas, al estar en función de este tipo de material, son mayores que las habitualmente utilizadas en pintura de caballete —con otros soportes—. La elevada absorción de la placa metálica en comparación con la de la ejecución pictórica produce en la imagen radiográfica una notable pérdida de la segunda, menos radiopaca (Fig. 1). A pesar del escaso grosor de la plancha, se han podido detectar diferencias de densidad radiográfica que corresponden a ligeras variaciones de espesor del material base cobre.

Por otro lado, la citada imagen radiográfica ya indica algunas pautas seguidas por el pintor en la preparación de la base (Fig. 2). Desde el punto de vista técnico, para facilitar la adherencia de la preparación, la superficie sobre la que posteriormente se pinta se raya finamente con líneas entrecruzadas. Este rayado se realizó probablemente con un cepillo de púas metálicas.

Este soporte ha sido reforzado, en un momento posterior, con un engatillado de madera que se manifiesta como un cuadrículado uniforme.

Centrados en los dos extremos laterales aparecen dos taladros de contornos irregulares que servirían para dos clavos de sujeción.

Todos estos condicionantes contribuyen a dificultar la apreciación de la imagen radiográfica de la escena, ya que el predominio de la absorción radiográfica del soporte frente a las livianas capas de pintura hace que sea difícil reconocerla. Sólo es posible apreciar toques de mayor empaste empleados para significar las luces (Fig. 3). De esto se deduce, a falta de análisis, que podría haberse utilizado el blanco de plomo.

Bibliografía

CANO, M.:

Goya en la Fundación Lázaro Galdiano, Catálogos de la Fundación Lázaro Galdiano I, Madrid, 1999.

Goya y lo goyesco en la Fundación Lázaro Galdiano, catálogo de exposición, Madrid, 2003.

MORALES, J. L.:

Goya. Catálogo de la pintura, Zaragoza, 1994.

Catálogo on-line: www.flg.es/bus_listado.asp.

Capítulo 2

Elenco de piezas y su interpretación radiográfica

Introducción al catálogo radiográfico

La radiografía sirve de gran ayuda a los restauradores para el conocimiento previo a la intervención en los objetos metálicos históricos.

Así, permite:

- Conocer en profundidad el estado de conservación de estos objetos.
- Determinar la defectología introducida en su fabricación.
- Y, en los objetos complejos, discernir los diferentes componentes que conforman el objeto y su montaje.

Considerando estas premisas, se han elegido veinte piezas metálicas representativas del conjunto de las estudiadas radiográficamente en el Instituto del Patrimonio Cultural de España, con las que se intenta evidenciar la afirmación del primer párrafo.

Consecuentemente, se ha buscado que estas veinte piezas correspondan a diversos períodos prehistóricos e históricos españoles y que, a su vez, presenten modelos diferentes de fabricación, algo

que implica la diversa defectología y sus singulares procesos de fabricación y montaje, a ello se unen los muy diferentes estados de conservación.

Resulta obvio que de estos objetos se podría haber ampliado la información (de alguno de ellos mucho más extensamente), pero lo que se ha buscado no es el estudio radiográfico exhaustivo sino reseñar los aspectos más importantes de cada una de ellas y que, en conjunto, mostraran un buen número de defectos de fabricación diferenciados y ejemplos de interpretación de los procedimientos de fabricación en otras.

Puede darse el caso de que en la reproducción en papel de alguna de las radiografías no se observen todos los detalles que se expresan en el texto correspondiente. Ello se debe a que en el traslado de la imagen radiográfica a papel se ha perdido parte de la calidad, y a la reducción que se hace para ajustar el tamaño de la radiografía a su reproducción en el libro.

El número de registro de cada una de las piezas corresponde al de identificación de las radiografías en el Instituto del Patrimonio Cultural de España.

De todo ello, esperamos que estos ejemplos sirvan a los restauradores para ampliar su cono-

cimiento sobre el estado que pueden encontrar en las piezas por ellos a tratar, a los conservadores para facilitarles información añadida para determinar las condiciones que impliquen un menor deterioro a lo largo del tiempo y, a todos, sobre las posibilidades y limitaciones que ofrece

la técnica radiográfica en el estudio de los metales históricos.

Conviene hacer notar que la terminología utilizada en la interpretación radiográfica puede consultarse, para un más amplio conocimiento, en el glosario de términos que se ve más adelante.

Características de radiografiado de las diversas piezas

Ficha catalográfica	Registro IPCE	Título		kV	mA	Dfp, m	t, s			Filtros	Pantallas
1	22.650-22.653	Puntas de lanza	*	235	2	1,3	50	#	⊖	Al	Pb
2	22.414	Hacha de talón y dos anillas	*	318	4	1	42	#	⊖	Al	Pb
3	22.416	Molde para hacha de talón	*	280	4	1	42	#	⊖	Al	Pb
4	21.171	Jarro tartésico	*	320	4	2	60	#	⊖	Al	Pb
5	22.897/31	Puñal votivo	*	120	5	1	90	#	⊖		
6	22.025	Torques de oro	*	320	4	1	15	#	⊖	Al	Pb
7	S/N	Espada de Aguaviva	*	130	10	1	30	##	⊖		
8	21.343	Tenazas	*	180	5	1,7	25	#	⊖	Al	
9	23.106/35	Baco	*	200	10	2,2	1,3	#	⊖	Al	Pb
10	22.025	Torques de plata	*	270	4	0,7	11	#	⊖	Al	Pb
		– Vista transversal		250	4	1	20	#	⊖	Al	Pb
		– Cadenita	*	170	4	1	20	#	⊖	Al	Pb
11	S/N	Placa de Botorrira	*	115	7	1,9	7	#	⊖		
12	21.874	Escultura denominada <i>Doriforo</i>	*	□□	4			#	⊖	>	
13	23.170	Estuche médico	*	85	5	1,9	111	#	⊖		
14	21.303	Bronce de Bembibre	*	105	7	1,98	733	#	⊖⊖		
15	A-4.879	Missorium	*	220	10	1,6	70	#	⊖⊖⊖⊖	Al	
16	21.652/1	Broche de cinturón		130	5	0,9	60	#	⊖		Pb
17	D-2.605	Espada denominada <i>Tizona</i>	*	200	10	1,6	75	##	⊖	Al	
		– Otra toma	*	140	10	1,6	85	##	⊖	Al	
18	20.582	Relicario	*	319	5	1,92	53	###	⊖	Al	
		– Otra toma	*	150	5	1	22	###	⊖	Al	
19	22.897/35	Casco	*	□	5	0,60 a 3	Ç	#	⊖	>	
20	S/N	Matrimonio desigual de Goya	**	80	10	2	150	#	⊖⊖⊖⊖		

* Equipo 320 kV.

** Equipo 160 kV.

Película D-7, de Agfa.

Película AX, de Kodak.

Película M, de Kodak.

⊖ Revelado automático en proceso de 8' a 30 °C de temperatura.

⊖⊖ Revelado automático en proceso de 8' a 35 °C de temperatura.

⊖⊖⊖⊖ Revelado automático en proceso de 12' a 33 °C de temperatura.

□ Dependiendo de la toma la exposición ha variado entre 80 y 260 kV.

> Al por encima de 90 kV.

□□ Dependiendo de la toma la exposición ha variado entre 130 y 320 kV.

Ç Variable entre 60 y 258 s.

1 Puntas de lanza

Museo Arqueológico José María Soler.
Villena, Alicante (núm. inv. CR/03/1-4)
Cabezo Redondo (Villena, Alicante)

Material base cobre.

18,3 × 4,3 cm; 25 × 4,4 cm;

26,5 × 4 cm; 22,5 × 3,6 cm

S. XIII-X a.C. Bronce final

Núm. registro IPCE: 22.650-22.653



44

Descripción

Se trata de cuatro puntas de lanza de diversa longitud que constan de hoja de doble filo y cubo cónico que se prolonga hacia la hoja formando un nervio central redondeado en ambas caras. El estado de conservación del metal no permite vislumbrar si el cubo presenta ranura vertical. Del mismo modo la corrosión impide averiguar si pudieron tener algún tipo de orificio por donde se pasaban clavos o alambres para reforzar la sujeción del empuñadura. Normalmente se acompaña de regatón o contera, pieza fabricada también de metal que impedía el desgaste de la madera del astil, funcionaba como contrapeso, e incluso podía ser usado como arma en caso de romperse la lanza.

Ésta es una de las armas más antiguas, muy usada en todo el ámbito mediterráneo. Es un arma ofensiva empleada para la lucha cuerpo a cuerpo protegido con escudo, previa a la utilización de la espada o el puñal.

Fabricada en aleación de base cobre aparece en la Península Ibérica desde la Edad del Bronce y pervive durante gran parte de la Edad del Hierro,

combinándose con armas similares fabricadas en hierro, como la jabalina, el *soliferrum* o el *pilum*. Se empuña desde el tercio inferior del asta y se usa con movimientos desde el hombro hacia abajo si se pretende herir la parte superior del cuerpo del adversario, o desde el hombro hacia delante para atestar golpes bajos. No obstante, en algunos casos, puede usarse como arma arrojada.

Los ejemplares de la imagen aparecieron en el yacimiento de Cabezo Lucero, poblado de gran renombre del Levante meridional que durante la Edad del Bronce juega un papel trascendental en la centralización de excedentes de las poblaciones vecinas, y la distribución hacia los principales circuitos de intercambio entre el Levante, la Meseta y el Norte de la Península Ibérica. Este hecho lo demuestra el hallazgo de numerosos tesoros de piezas fabricadas principalmente en oro, como el excepcional Tesoro de Villena. Esta situación de privilegio irá perdiéndose a medida que se avanza hacia la Edad del Hierro, momento en que se produce la llegada del comercio marítimo fenicio y el desarrollo de la cultura de Tartesos.



Figura 1. Imagen radiográfica de conjunto de las cuatro puntas de lanza.

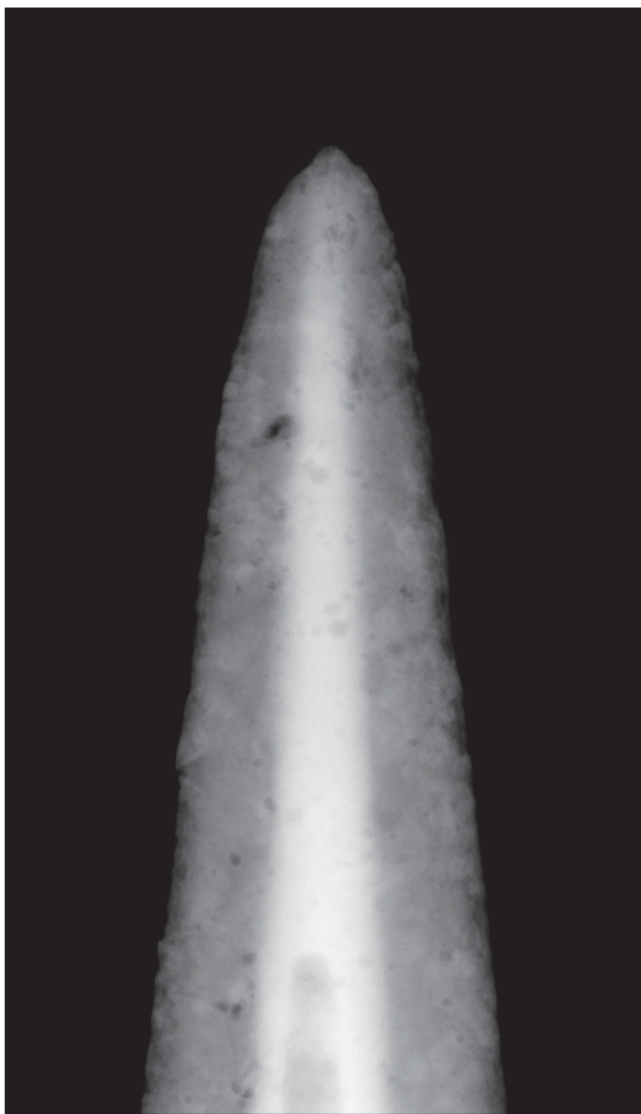
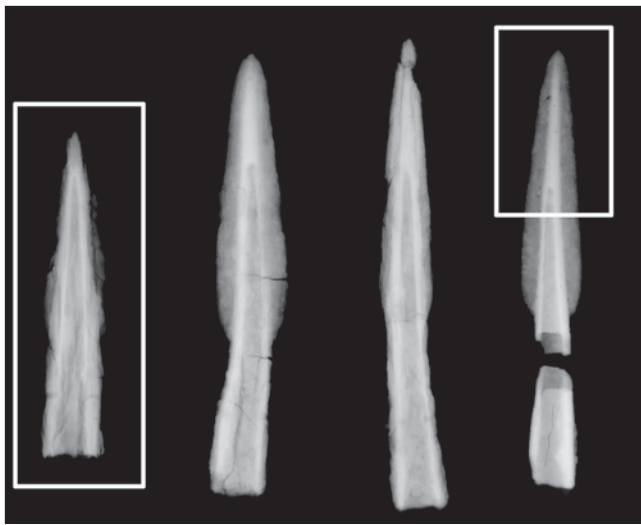


Figura 2. Detalle de la punta de lanza D con poros ocluidos.



Figura 3. Detalle de la punta de lanza A con gran pérdida de material por degradación.

Comentario radiográfico

Como evidencia la imagen radiográfica de conjunto (Fig. 1) las cuatro puntas de lanza presentan un estado de degradación tan avanzado que apenas queda material metálico, en especial en la pieza A.

En la punta de lanza D (Fig. 2) se ve en el material metálico un considerable número de poros esféricos que quedaron ocluidos en el proceso de fundición por un deficiente diseño en el molde de los canales de escape de los gases.

Mayor pérdida de material por corrosión se observa en la punta de lanza A (Fig. 3), hasta el punto de que han desaparecido las zonas de menor espesor de la lanza. En esta pieza se detectan múltiples roturas en todas las direcciones, aunque pre-

valecen las de sentido longitudinal. Este nivel de degradación significa la total pérdida de masa metálica hasta el grado de que el remanente son los productos de corrosión y adherencias terrosas.

Bibliografía

QUESADA, F.:

El armamento ibérico. Estudio tipológico, geográfico, funcional, social y simbólico de las armas en la cultura ibérica (s. IV-I a.C), Madrid, 1997.

QUESADA, F.:

Armas de Grecia y Roma forjaron la Historia de la Antigüedad, Madrid, 2008.

Villena. Arqueología y museo, catálogo de exposición, Alicante, 2005.

2 Hachas de talón y dos anillas

Museo Arqueológico Nacional.
Madrid (núm. inv. 35.370)
Vara (Lugo)

Material base cobre.

23,2 × 5,3 cm

S. X-VII a.C. Bronce final

Núm. registro IPCE: 22.414



48

Descripción

Hacha de forma trapezoidal formada por una hoja alargada con filo ancho ligeramente convexo y nervio central muy marcado hasta la mitad, tope recto del que arrancan en los laterales dos anillas semicirculares y talón rectangular alargado. El contorno de la pieza conserva restos de las rebabas del molde bivalvo de fundición.

Esta tipología de hachas se denomina de talón o tope, reconocible porque puede presentar una o dos anillas para atar a un empuñadura, y en ocasiones una o varias nervaduras en la hoja. Son características del Bronce Final, se distribuyen principalmente en el norte atlántico de la Península Ibérica —zona especialmente rica en metales— y suelen tener una cronología comprendida entre los siglos X y VII a.C.

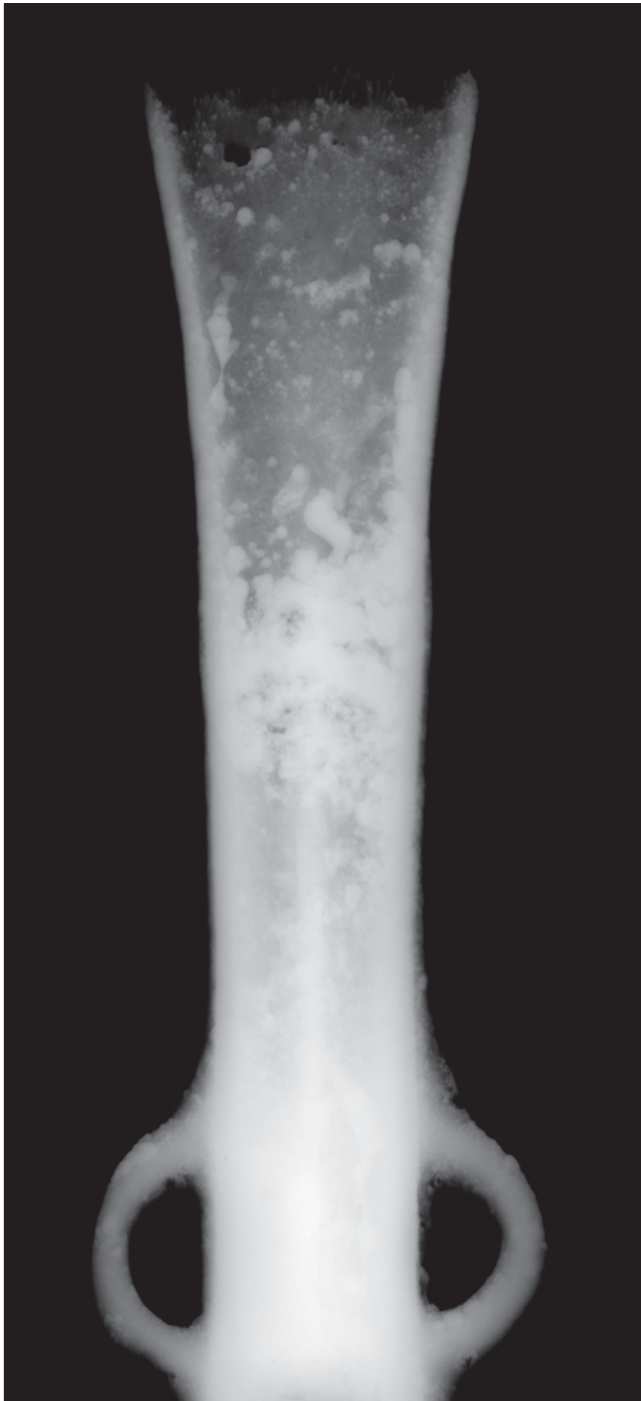
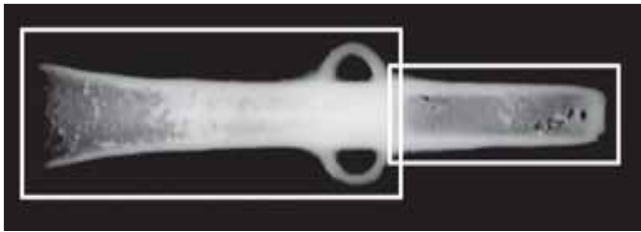
Sin embargo, en la actualidad no queda claro el uso que pudieron tener; para algunos investiga-

dores pudo ser un arma guerrera, otros apuntan un uso cinegético o incluso votivo pues se han hallado en número elevado en depósitos junto con otras armas (lanzas, espadas y puñales, etc.). En este sentido resulta destacable la escasa calidad de la tecnología ya que a la aleación de estaño y cobre se añade en composición un elevado porcentaje de plomo que hace que el metal sea poco apto como útil cortante. Este hecho podría demostrar que se trata más de objetos de lujo o de poder que utilitarios, lo que estaría indicando una sociedad jerarquizada.

Se conservan numerosas hachas de doble anilla similares en el Museo Provincial de Pontevedra, que proceden en su mayoría de depósitos o acumulaciones vinculados a castros de la región, y de forma más aislada formando parte del ajuar de personajes destacados. Algunas hachas de estos hallazgos conservan la mazarota de fundición y las rebabas originadas por las dos valvas del molde.



Figura 1. Imagen radiográfica general del hacha de talón y dos anillas.



50

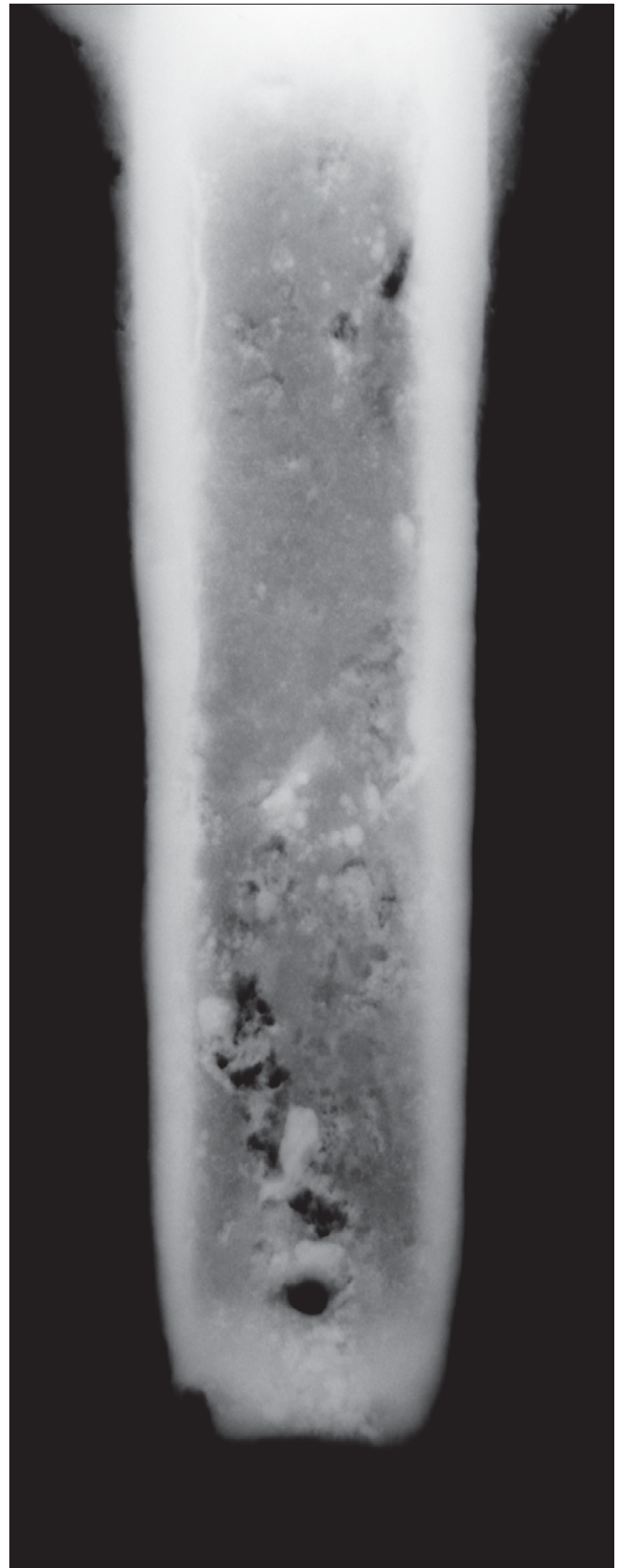


Figura 2. Plomo ocluido en la matriz metálica de bronce.

Figura 3. Diversas inclusiones y otros defectos en la zona del talón.

Comentario radiográfico

Esta pieza presenta, desde el punto de vista radiográfico, muy baja calidad técnica (Fig. 1). Pueden verse zonas y pequeños grupos de muy alta densidad radiográfica correspondientes a inclusiones de plomo no miscible en la aleación de cobre y estaño (Fig. 2). Ello indica que debe tratarse de una de las últimas hachas moldeadas con el caldo del crisol en el que el plomo, por densidad y por no formar aleación, quedó en el fondo del crisol y fue vertido progresivamente en mayor cantidad. En la zona de unión del talón con la hoja se observan algunas fisuras.

En el talón (Fig. 3), donde el plomo es más escaso, abundan las inclusiones de contornos irregulares que corresponden a escoria ocluida en la matriz metálica, así como porosidad y zonas de rechupes de contracción producidas, seguramente, por escasez de caldo para el llenado del bebedero.

Bibliografía

- ALMAGRO-GORBEA, M. *et alii.*:
Prehistoria. Antigüedades españolas I, catálogo del Gabinete de Antigüedades de la Real Academia de la Historia, Madrid, 2004.
- DELIBES, G. y FERNÁNDEZ, J.:
 «Bronce Final Atlántico en el noroeste de la cuenca del Duero», en *Actas do Coloquio Interuniversitário de Arqueología do noroeste, Portugalia* 2.^a, 4-5, 1984, pp. 111-119.
- La guerra en la antigüedad. Una aproximación al origen de los ejércitos en Hispania*, catálogo de exposición, Madrid, 1997.
- RODRÍGUEZ, J. e HIDALGO, J. M.:
 «Nuevos hallazgos de la Edad de Bronce en Vigo: el depósito de hachas de Estea-Saiáns», *Castrelos* 3/4, 1993, pp. 65-83.
- SIERRA, J. C. *et alii.*:
 «El depósito del Bronce Final de Samieira: estudio sobre hachas de bronce protohistóricas con un contenido alto en Pb a la luz del diagrama ternario Cu-Sn-Pb. Investigación arqueoanalítica y experimental». *Boletín Auriense*, Anexo 2, Orense, 1984.

3 Valva de molde para hacha de talón y dos anillas

**Museo Arqueológico Nacional.
Madrid (núm. inv. 35.371)
Linares de Riofrío
(Salamanca)**

Material base cobre.

25,2 × 6 cm

S. X-VII a.C. Bronce final

Núm. registro IPCE: 22.416



52

Descripción

Molde metálico de forma rectangular ligeramente más ancho en su parte central, con el vacío de un hacha de talón y dos anillas similar a la de la ficha anterior. En uno de los extremos se aprecia el hueco de la mazarota por donde se vertía el metal líquido.

La aparición de este tipo de piezas en la Edad del Bronce, en especial durante el Bronce Final, está indicando el desarrollo de un tipo de actividad económica, complementaria a las tradicionales como la agricultura o la ganadería, por lo que se está hablando de un grado de especialización socioeconómica en los poblados de esta época.

El desarrollo de la metalurgia en este momento se debe a la progresiva explotación de las menas

tan abundantes en la Península Ibérica. La presencia de estaño en el noroeste y de cobre en el sureste y sur, tan necesarios para conseguir aleaciones bronceas de calidad, será el inicio de un itinerario comercial con dos direcciones opuestas: el Mediterráneo y el Atlántico. Esta ruta será responsable de que durante siglos posteriores diversas culturas como la fenicia o la griega acudan a nuestras tierras en busca de estos y otros metales como el hierro o la plata.

Esta pieza fue exhumada con otro molde (la valva que completa al que citamos) también de metal, y su hallazgo podría revelar la existencia de algún taller especializado de fundición en serie de utillaje vinculado con este tipo de actividades de carácter agrícola y ganadero.

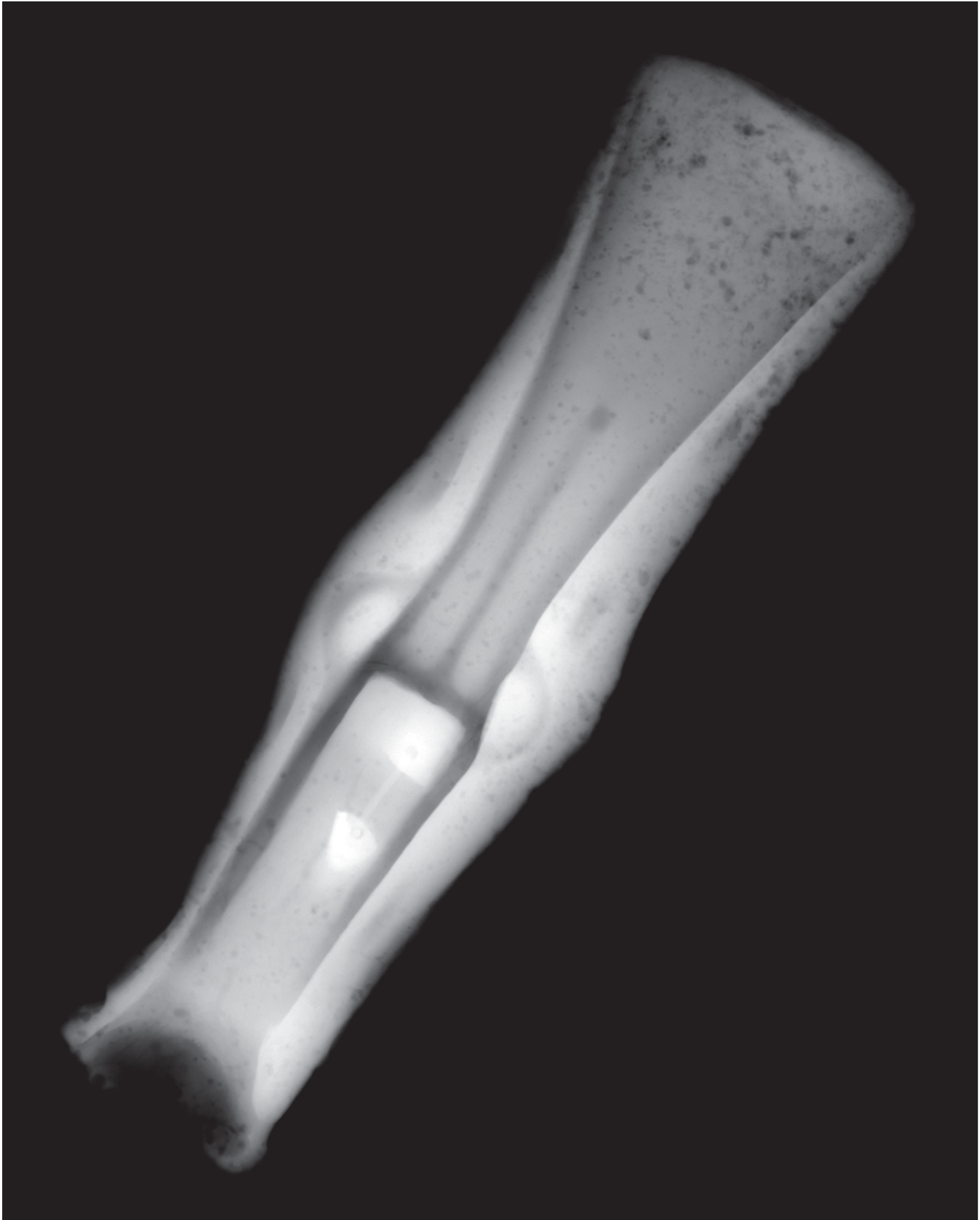


Figura 1. Imagen radiográfica general de la valva con inclusiones porosas y de escoria.

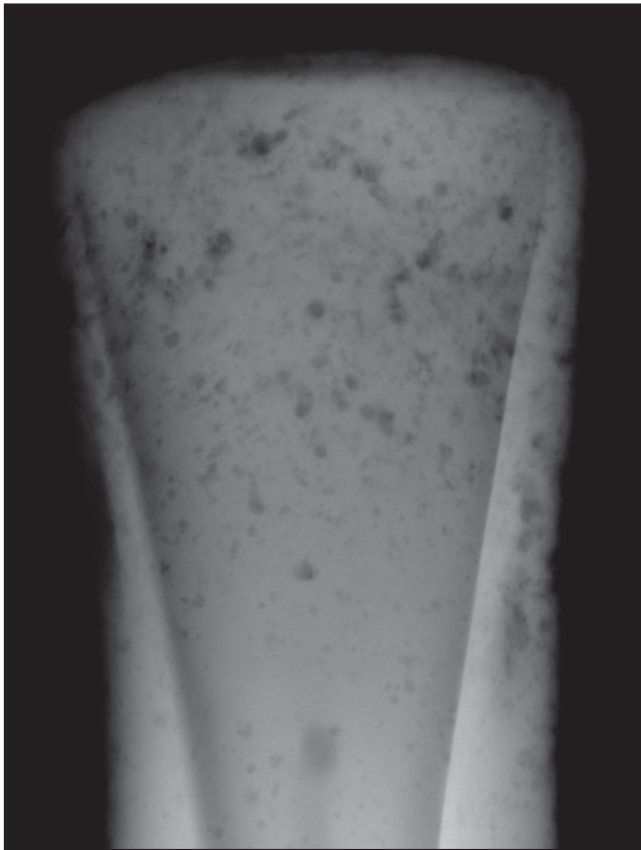
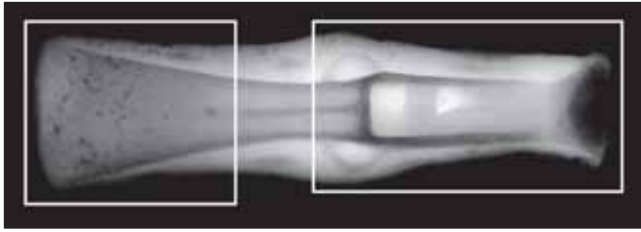


Figura 2. Detalle de los poros e inclusiones de escoria en uno de los lados.

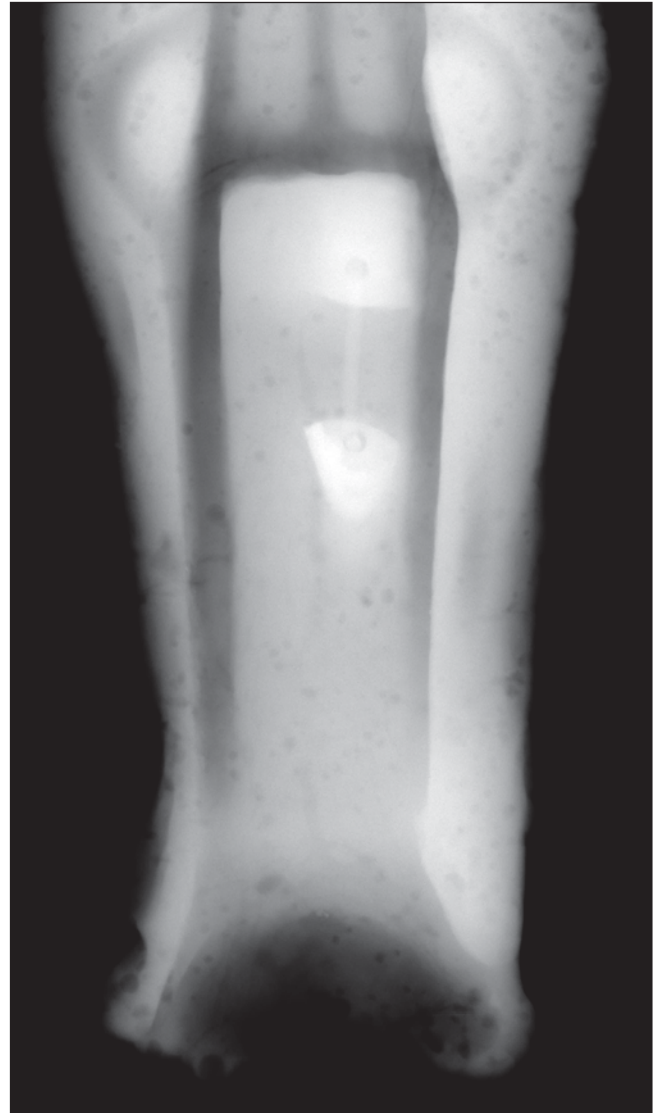


Figura 3. Vista de las manchas correspondientes a una anilla externa del molde.

Comentario radiográfico

Esta valva, que presenta baja calidad técnica, muestra gran cantidad de poros de diversos tamaños y morfología en casi toda la masa metálica, que se concentra, también con escoria ocluida, en el extremo de corte del hacha y a lo largo de uno de sus lados (Figs. 1 y 2). Esta porosidad procede de unos deficientes canales de salida de gases en el molde donde se fundió esta pieza.

En el talón (Fig. 3), las dos manchas de notable densidad radiográfica corresponden a restos de una anilla externa del molde que serviría para facilitar la unión de las dos valvas en el proceso de llenado.

A ambos lados de la cavidad del molde, alineadas, aparecen dos series de estrías que indican, por su menor densidad radiográfica, que se trata de oquedades que se utilizarían para enfrentar las dos valvas. Cabe reseñar el muy escaso espesor de pared en el bebedero que se manifiesta por su baja densidad radiográfica.

Bibliografía

- DELIBES, G. y FERNÁNDEZ, J.:
«Bronce Final Atlántico en el noroeste de la cuenca del Duero», en *Actas do Coloquio Interuniversitário de Arqueología do noroeste, Portugalia* 2.^a, 4-5, 1984, pp. 111-119.
- RODRÍGUEZ, J. e HIDALGO, J. M.:
«Nuevos hallazgos de la Edad de Bronce en Vigo: el depósito de hachas de Estea-Saiáns», *Castrelos* 3/4, 1993, pp. 65-83.
- SIERRA, J. C. *et alii.*:
«El depósito del Bronce Final de Samieira: estudio sobre hachas de bronce protohistóricas con un contenido alto en Pb a la luz del diagrama ternario Cu-Sn-Pb. Investigación arqueoanalítica y experimental». *Boletín Auriense*, Anexo 2, Orense, 1984.

4 Jarro tartésico

**Museo Lázaro Galdiano.
Madrid (núm. inv. 5.285)
Procedencia desconocida**

Material base cobre.

24,5 × 14 cm

S. VI a.C. Tartésico

Núm. registro IPCE: 21.171



56

Descripción

Jarro de cuerpo piriforme decorado con una franja incisa de elementos triangulares y una cinta en alto relieve, cuello ligeramente alargado ornado en su parte superior con capullos de loto hacia abajo incisos y boca rematada por una cabeza felina en relieve con las fauces abiertas y la lengua colgando. El asa es plana y presenta en el extremo superior una cabeza de serpiente y en el inferior una palmeta.

Este tipo de piezas imitan a las venidas de importación por el comercio fenicio y su uso se vincula a libaciones efectuadas en ceremonias relacionadas con enterramientos, por lo que normalmente se acompañan de braseros (quemaperfumes) y páteras. Por ello los motivos iconográficos representados en ellas aluden al mundo de ultratumba.

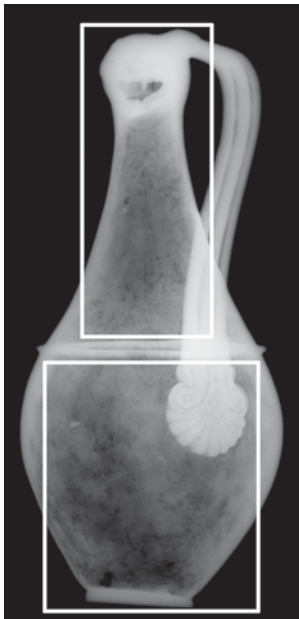
Su dispersión geográfica se concentra especialmente en el suroeste peninsular. También son frecuentes en necrópolis de Chipre y Etruria de la misma época. Destacan fundamentalmente por su riqueza ornamental dentro del contexto orientalizante en el que se enmarcan.

Aunque algunos ejemplares encontrados en la Península Ibérica fueron traídos probablemente de Oriente, pronto surgieron ejemplares confeccionados en talleres locales del suroeste, en especial en la zona gaditana y extremeña.

Se conservan paralelos en material de base cobre con otro tipo de decoración en la boca (zoomorfa, mitológica, etc.) como el del Museo Arqueológico Provincial de Badajoz o el de la necrópolis de La Hoya (Huelva), y en modelos de distintos materiales como el de cristal de roca procedente del tesoro de La Aliseda (Cáceres) o de cerámica, este último modelo más modesto.



Figura 1. Imagen radiográfica general de la pieza.



58

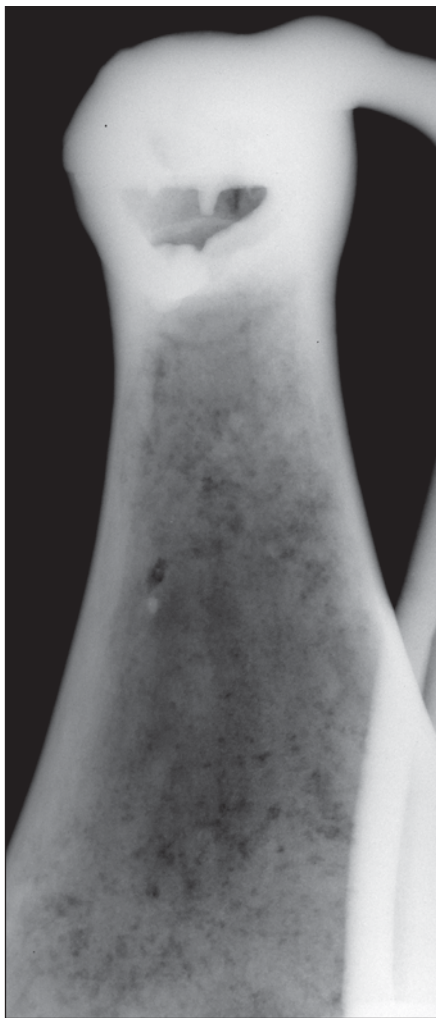


Figura 2. Detalle de una incisión accidental en superficie.



Figura 3. Aspecto de pérdida de material por corrosión y defecto de la soldadura perimetral del pie.

Comentario radiográfico

En la zona del cuello de este jarro se observa una huella alargada que corresponde a una incisión accidental en superficie (Figs. 1 y 2). De manera uniforme aparecen una serie de huellas de pequeño tamaño tendentes a circulares, que son el resultado de corrosión por picaduras producidas, seguramente, en el interior de la pieza. Algunas de ellas, de mayor tamaño y contorno irregular, se deben a carencias de material por defecto en la superficie interior del molde.

En la panza (Fig. 3) se ven los mismos defectos de corrosión y de falta de material de origen análogo a lo observado en la figura anterior, aunque aquí muy acentuados. Sobre el pie, una mancha de baja densidad radiográfica y contornos rectos correspon-

de a una falta de material que seguramente afecta a todo el espesor de pared.

En la zona de unión del pie con el fondo, a la derecha, se observa falta de fusión con acusada carencia de material de unión de las dos partes, pie y fondo del jarro.

Bibliografía

- Argantonio. Rey de Tartessos*, catálogo de exposición, Madrid, 2000.
- Hispania. El legado de Roma en el año de Trajano*, catálogo de exposición, Zaragoza, 1998.
- Obras maestras de la colección Lázaro Galdiano*, catálogo de exposición, Madrid, 2002.
- Catálogo on-line: www.flg.es/bus_listado.asp

5 Puñal votivo

Instituto Valencia de Don Juan.
Madrid (núm. inv. 2.822)
Procedencia desconocida

Material base cobre.

16,7 × 3,8 × 4,4 cm.

Peso: 256 g

S. v a.C. Celta

Núm. registro IPCE: 22.897/31



Descripción

60 Placa metálica de forma rectangular con el extremo izquierdo redondeado y el derecho rematado por un prótomo de toro de perfil. La base es plana y a lo largo del anverso se disponen una serie de figuras exentas, en la que se alternan humanos (masculinos) y animales (adultos y detrás sus crías), junto con diversos objetos, ordenados ligeramente en diagonal. De derecha a izquierda, se distinguen un caldero y un torques en el suelo, seguidos de un personaje que porta torques en el cuello y que apoya sus manos en el borde del caldero situado a su izquierda y en el lomo de un carnero ubicado a su derecha. A continuación otro personaje con torques lleva en su diestra un arma blanca corta con la que apunta la cabeza del carnero, y detrás se representa un animal difícil de identificar (¿jabato o cerdo pequeño?). Seguidamente, otro personaje masculino apoya sus manos en los lomos de un jabalí o cerdo salvaje a su izquierda, y en el cuello de una cabra, a su derecha, y detrás se incorpora un animal difícilmente identificable (¿un cerdo pequeño o cordero?). Por último, otro personaje (del que sólo se conservan sus pies) parece sujetar la soga que envuelve la cabeza de un oso situado a su derecha. A su espalda aparecen una cría de un cuadrúpedo no identificado y los restos de las patas de un ave. En el borde inferior de la placa, entre el caldero y el carnero, sobresale un hacha sujeta por dos cordones del mismo metal. El extremo redondeado presenta una anilla de suspensión.

Se desconocen las circunstancias del hallazgo, aunque desde 1921 pertenecía a F. Mateos Aguirre

y nueve años después ingresó en el Instituto Valencia de Don Juan tras la compra al marqués de Valverde de la Sierra por 3.750 pesetas.

Este tipo de piezas se conoce con el nombre de bronzes sacrificiales, y se dispersan geográficamente en una zona caracterizada por la presencia de pueblos castreños en el noroeste y en la meseta norte peninsular en un marco cronológico que abarca desde los siglos VII al I a.C. Es probable que posean un significado ritual o simbólico, pero en la actualidad algunos autores desechan su funcionalidad como cuchillo votivo.

Otros paralelos formales e iconográficos con esta pieza son el portugués de Celorico do Basto (Castelo de Moreira), dos del Museo Arqueológico Nacional, el del Museo de Pontevedra, o un hacha del Museo del Castillo de San Antón procedente de Cariño (La Coruña).

En algunos yacimientos arqueológicos como el de Capote (Badajoz) se ha hallado testimonio de sacrificios animales masivos que tienen cierta similitud con la escena representada en estos bronzes; el interés de este hallazgo radica en que el banquete que sucedió a la ceremonia sacrificial fue interrumpido en ese momento por la irrupción de las tropas romanas (a mediados del s. II a.C.), por lo que los restos permanecieron *in situ* hasta el momento de la exhumación. Asimismo, se han hallado inscripciones epigráficas como la de Cabeço das Fráguas (Guarda) en la que se hace mención a una serie de divinidades a las que se ofrendan los sacrificios de distintos animales: una oveja para *Trebopala*, otra para *Trebaruna*, un *comaiam* a *Icona Loiminna*, un cerdo a *Laebo* y un toro a *Reve Tre...* (nombre incompleto).

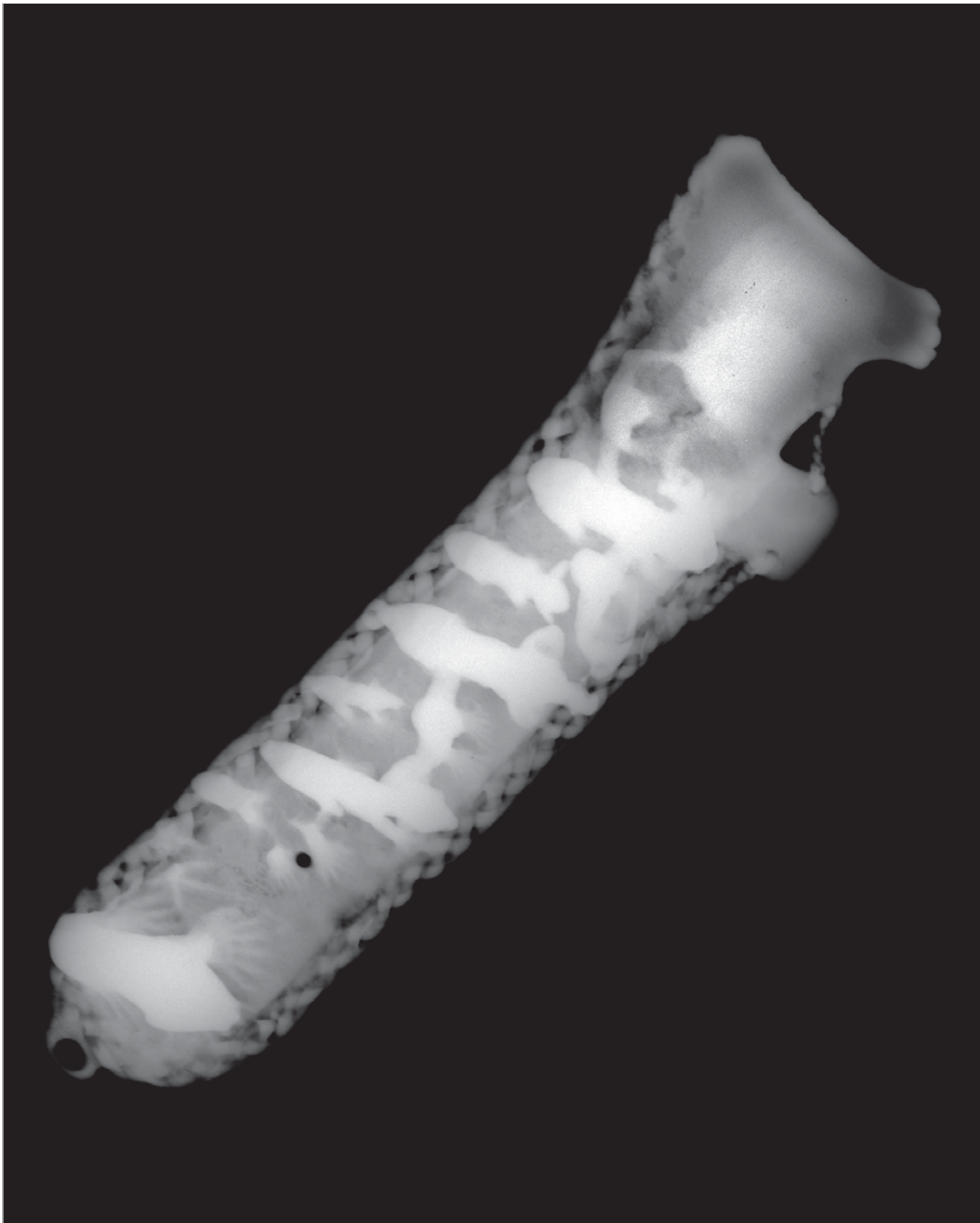


Figura 1. Imagen radiográfica general cenital.

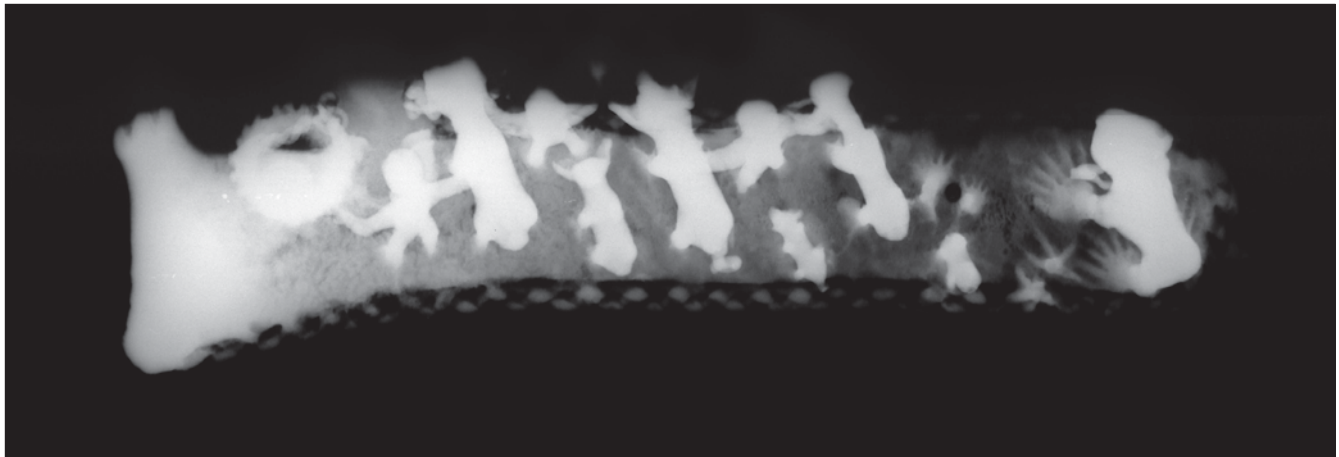


Figura 2. Radiografía que muestra que la pieza está fabricada por moldeo.

62

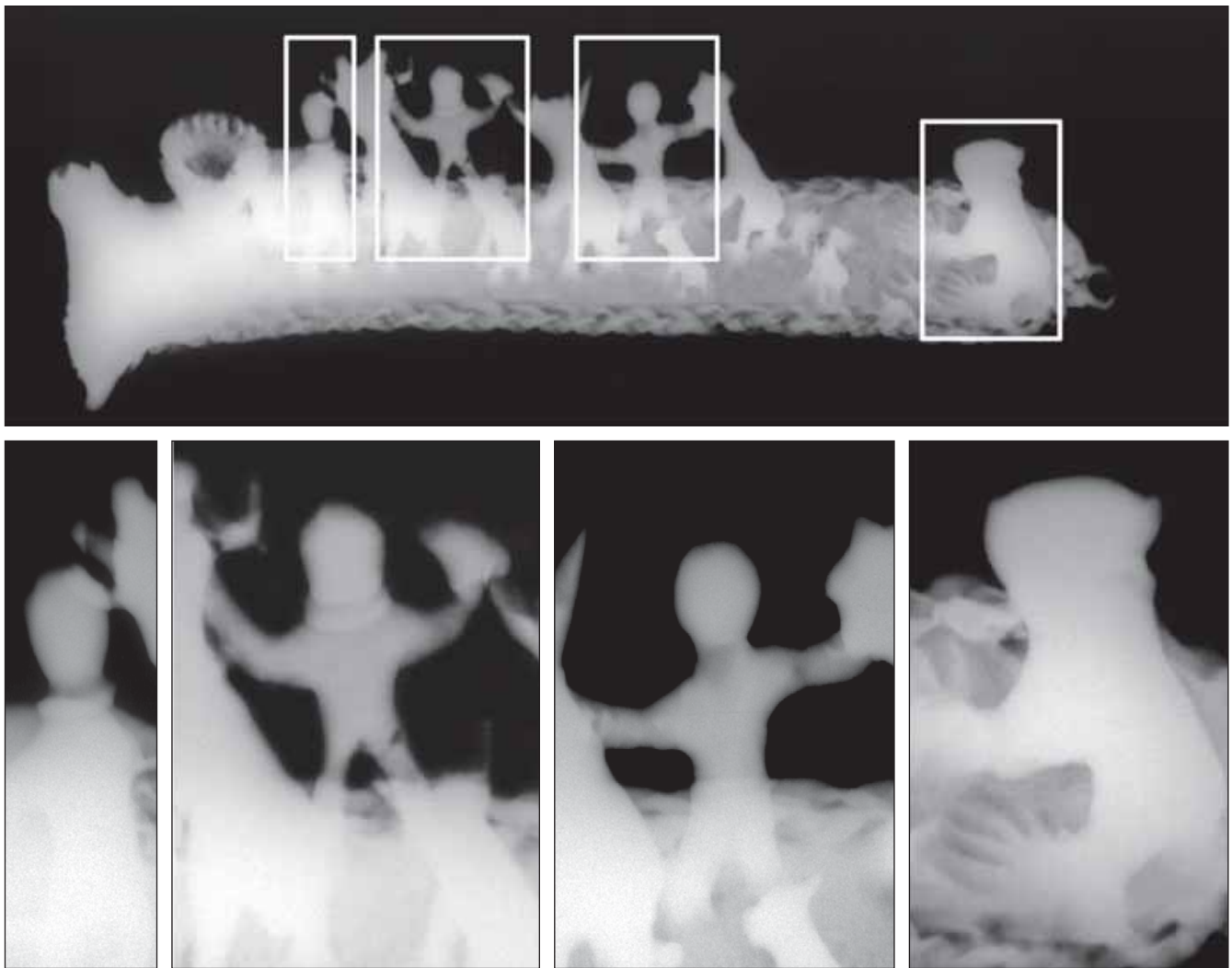


Figura 3. Composición de las figuras que presentan notables diferencias de densidad por variaciones de espesor y defectología en la base.

Comentario radiográfico

Las imágenes radiográficas generales (Figs. 1 y 2) muestran que el cuchillo está fabricado mediante molde.

Partiendo del prótomo, de buena calidad de fundición, a medida que se avanza hacia el extremo opuesto comienzan a verse progresivamente defectos de la fundición correspondientes a diversos espesores. Otros aspectos, con la misma procedencia, son los poros esféricos detectados al pie de algunas figuras.

Por otra parte, a la derecha de la cabra (Fig. 2) se distingue una amplia zona de discontinuidad transversal al eje de la pieza. Ésta se prolonga entre las patas del animal hacia el otro lado hasta los pies que restan del siguiente personaje, entre los que se aprecia un orificio de procedencia incierta. Continuando hacia el extremo redondeado del cuchillo se observa otra amplia discontinuidad transversal, más extensa, en una zona cercana de aparente rechupe de contracción.

Las figuras que se disponen sobre la placa parecen presentar en conjunto buen aspecto de fundición (Fig. 3). No obstante se van a matizar una serie de particularidades que se han puesto de manifiesto

gracias a la inspección radiográfica: la franja oscura entre la cabeza y el torques de la primera figura humana —junto al caldero— se asocia a una zona de escaso material; en la siguiente figura humana —entre dos animales— se detecta una discontinuidad en cada una de sus extremidades derechas, así como en los brazos de la tercera figura humana, también entre dos animales. Finalmente, en el animal que se halla en el extremo junto a la anilla, se observan dos líneas paralelas incipientes de menor densidad radiográfica en el cuello, significativas de estrechamientos de material.

Bibliografía

- ARMADA PITA, X. L. y GARCÍA VUELTA, O.:
«Bronces con motivos de sacrificio del área noroccidental de la Península Ibérica», *AespA*, núm. 76, Madrid, 2003.
- BERROCAL, L.:
El altar prerromano de Capote. Ensayo etnoarqueológico de un ritual céltico en el suroeste peninsular, Madrid, 1994.
- OLMOS, R.:
«Narration et symbole dans l'art Ibérique». *Acta Musei Nationalis Pragae*, LVI (1-4), 2002.

6 Torques

Museo Arqueológico Nacional.
Madrid (núm. inv. 1.943/19)
Proximidades de Ribadeo (Lugo)

Oro. Diámetro: 15,7 cm.
Grosor: 0,8-1,1 cm.
Peso: 287,7 g
S. IV-II a.C. Celta
Núm. registro IPCE: 22.025



64

Descripción

Collar áureo formado por un aro rígido y macizo de sección romboidal en forma de «C», sin decoración alguna, cuyo grosor decrece a medida que se aproxima a los remates en doble escocia.

Este tipo de joyas generalmente se asocia a símbolos de rango o poder; es probable que las utilizaran personajes relevantes como adorno personal. Se fabrican principalmente de oro y plata macizos pero también se conocen ejemplos de aleación de cobre. En la cultura castreña del noroeste peninsular (Galicia y Norte de Portugal) el oro fue muy abundante en la zona, ya que fue objeto de explotación hasta la época romana, razón por la que la mayoría se confeccionaron con este metal.

En la Península Ibérica aparecen en la Edad del Bronce, momento en que las relaciones comerciales con el Atlántico son muy intensas, por lo que imitan la tipología y la tecnología de los modelos atlánticos, sin embargo, la época por excelencia de estos objetos es la Edad del Hierro.

La mayoría de los torques de esta zona se han hallado en depósitos u ocultaciones muy sencillos. La falta de contexto arqueológico dificulta no sólo la atribución cronológica sino su función social. De hecho, se ha descartado la posibilidad de ofrenda funeraria o votiva, por no haberse encontrado en dichos contextos. También se desconoce si es un objeto de uso masculino o femenino (por su diámetro tan pequeño). Algunos estudiosos creen apreciar en las distintas tipologías signos de etnicidad que aclararían la concentración de ciertos modelos con zonas territoriales. También se ha apuntado la posibilidad de que se utilizaran como bienes de intercambio o moneda de cambio.

Otros torques similares al de Ribadeo, denominados en ocasiones *flavienses*, se conservan en el Museo Provincial de Lugo procedentes de A Recadeira o de Mélide.

Esta pieza formaba parte de un lote y fue comprada por el museo a un particular (D. Apolinar Sánchez Villalba) en 1943.

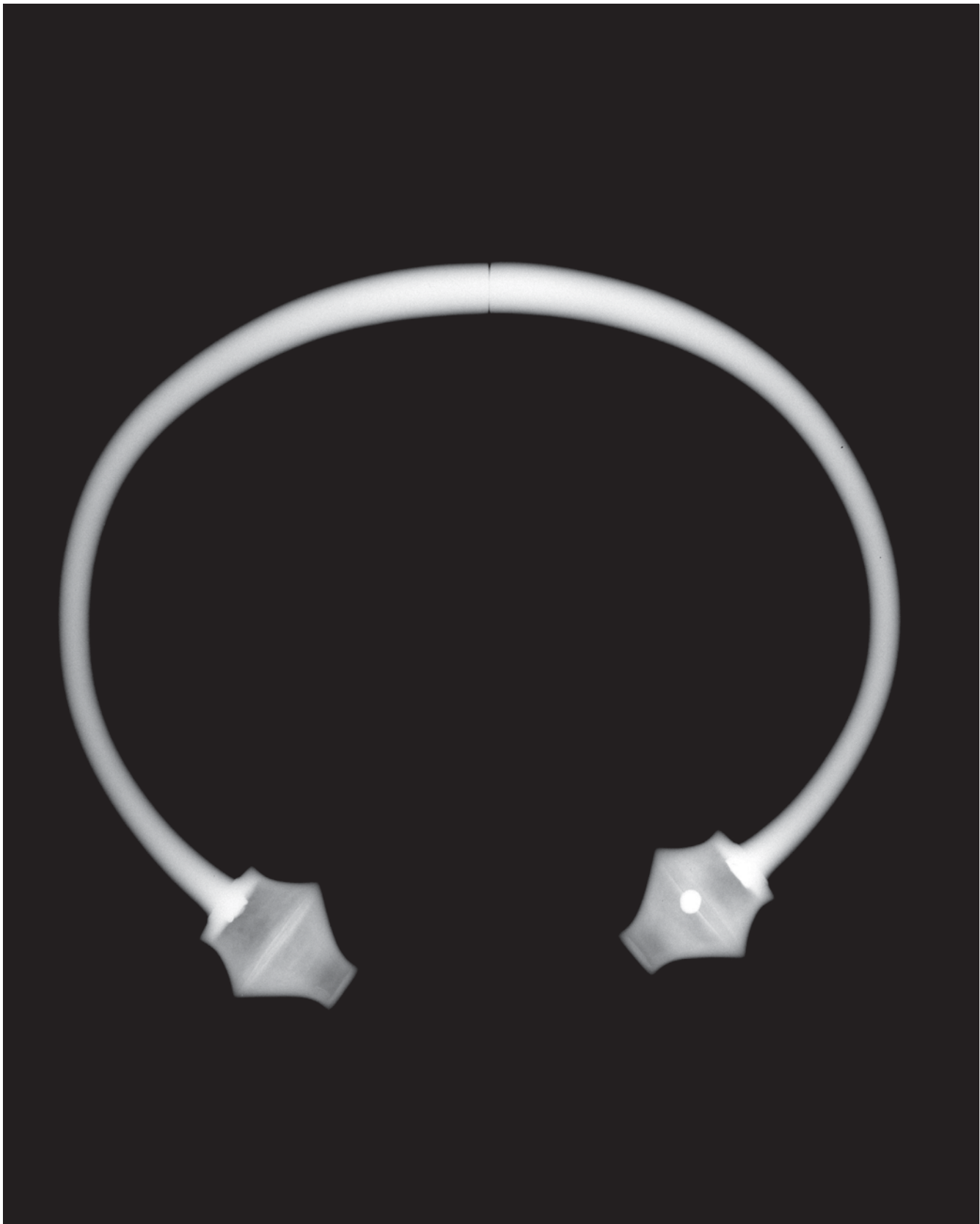


Figura 1. Imagen radiográfica general.

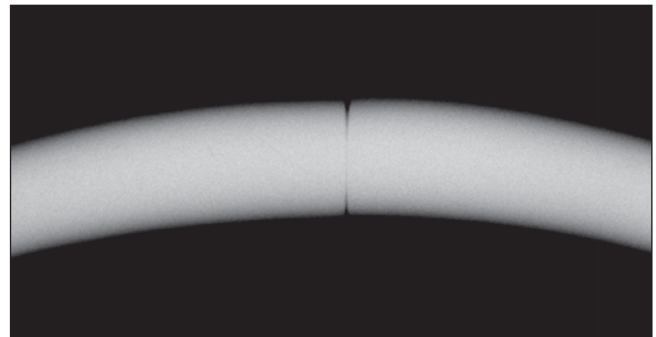
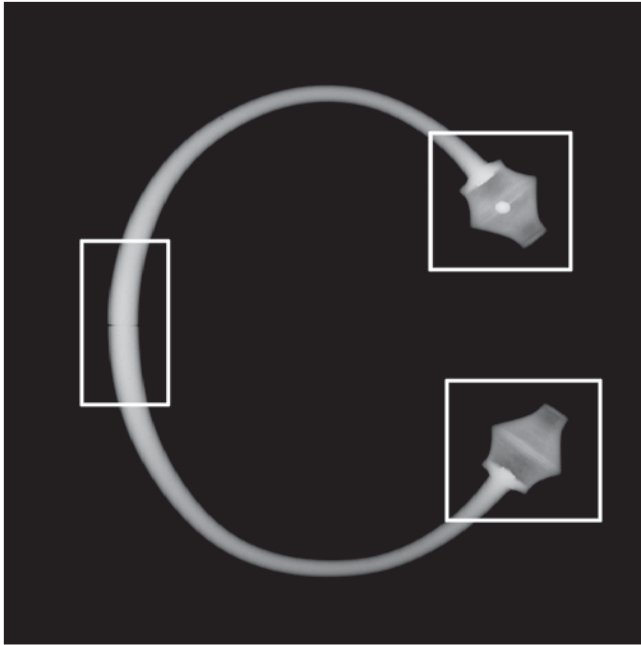


Figura 2. Deficiencia de la soldadura que intenta disimular el corte.

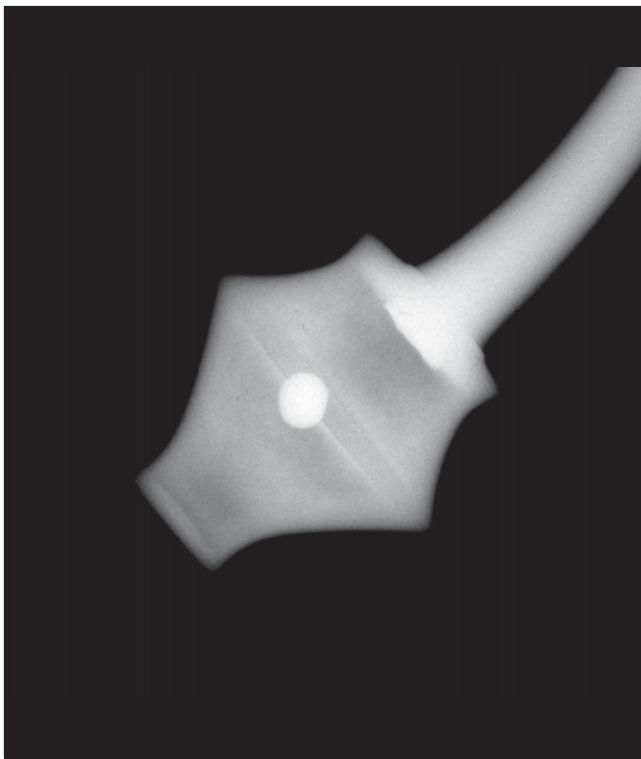


Figura 3. Composición de las piezas que conforman una doble escoria y bolita en su interior.

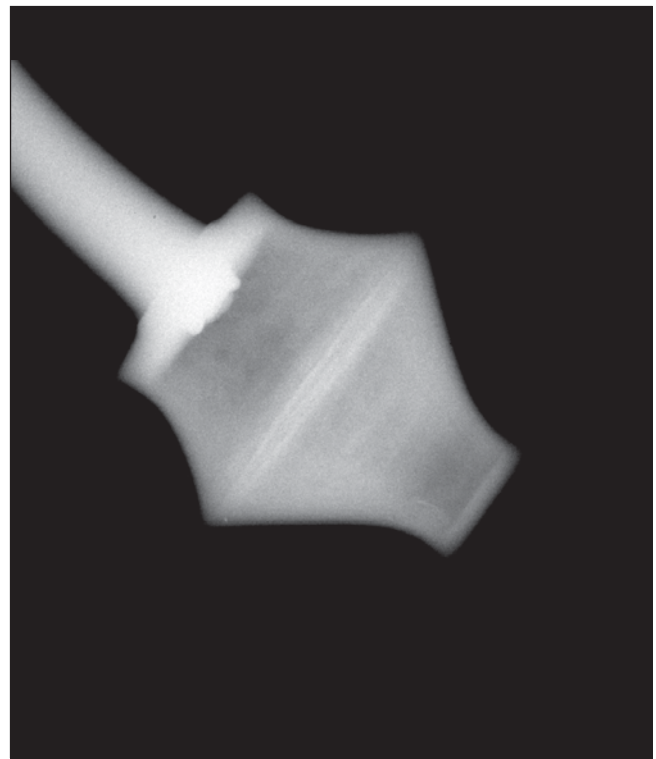


Figura 4. Sistema de soldadura del brazo en el interior de una doble escoria.

Comentario radiográfico

La imagen radiográfica de este torques confirma que el cuerpo es macizo (Fig. 1). Justo en el centro de la pieza se aprecia un corte que, por su calidad, parece indicar que se llevó a cabo en tiempos modernos, tras su hallazgo. La soldadura para disimular dicho corte es de muy mala calidad, con acusada falta de penetración y de fusión (Fig. 2). El resto del cuerpo es de una calidad excelente.

Los extremos del torques se rematan con dos dobles escocias —que están constituidas por dos cuerpos de forma tendente a troncocónica soldados por su mayor diámetro—, y otros dos planos circulares que cierran el conjunto (Fig. 3). Este procedimiento de unión del torques a las dobles escocias, y el de fabricación de las mismas, es idéntico a otros ejemplares de la misma colección, con la salvedad de

que en el presente caso las dobles escocias no tienen ningún defecto de soldadura. En el interior de una de ellas se aprecia una bolita esférica que produce un sonido de cascabel, casi con seguridad introducida voluntariamente. Se observa también cómo el extremo del torques penetra en la primera pieza plana donde queda soldado (Fig. 4).

Bibliografía

- Oro. *Orfebrería antigua en Hispania*, Madrid, 1999.
Torques. Belleza y poder, catálogo de exposición, Madrid, 2002.
 MARTÍN, A. *et alii.*:
 «Aspectos constructivos de algunos torques españoles determinados mediante análisis radiográfico», en *II Simposio sobre Minería y Metalurgia Históricas en el Sudoeste Europeo*, Madrid, 2005, pp. 155-161.

7 Espada

**Museo de Mas de las Matas
(núm. reg. 540) Puente del Arenal
(Aguaviva, Teruel)**

Hierro.

Longitud máxima: 44,7 cm.

Ancho máximo hoja: 3,3 cm.

S. III-II a.C. Ibérico

Núm. registro IPCE: S/N (sin número)



68

Descripción

Espada de hierro con hoja recta de un solo filo, hombros caídos y espiga solidaria que forma el esqueleto de la empuñadura en la actualidad perdida, muy probablemente confeccionada con material orgánico. Tan sólo se conserva del empuñadura restos de cobre que bien podrían corresponder a la guarda que se sostendría a la hoja por medio de clavos como lo demuestran los dos orificios. El extremo de la empuñadura se remata con una anilla, hecho que la hace peculiar. La vaina no ha llegado hasta nuestros días pero pudo realizarse con cuero o madera a partir de un armazón metálico del que se suspendería un sistema de anillas de sujeción a la correa que colgaba del hombro y que cruzaba el pecho.

Por su fisionomía, podría tratarse de una versión local del *gladius hispaniensis*, espada corta del ejército romano empleada como arma tajante y punzante para la lucha cuerpo a cuerpo, generalmente con movimientos en arco de abajo a arriba mientras se protege del golpe del adversario con el escudo.

Su origen parece rastrear en la falcata y en la espada de antenas, armas blancas utilizadas en la

Península Ibérica y de las que tuvieron conocimiento los romanos a través de los mercenarios hispánicos que colaboraron bajo Aníbal en algunas de las guerras púnicas. Por las fuentes escritas se sabe que gozaron de fama entre la tropa romana por la excepcional calidad y factura del acero.

Poco se conoce del contexto arqueológico salvo que fue hallada en 1982 tras los trabajos realizados por una excavadora con la finalidad de allanar una ampliación de tierras de cultivo. El arma, según fuentes orales, apareció junto a unos restos óseos bajo una gran piedra que hizo de losa. Fragmentos de espadas similares se conservan en el Monasterio de Veruela (Zaragoza) procedentes de varios yacimientos del entorno como Oruña (hoy Gruña). Este poblado minero tiene indicios fiables de que pudo albergar un horno de reducción. La que nos ocupa no debería sorprender por su cercanía a las minas de mineral de hierro —contemporáneas al arma— de Valdestrada y de Masada del Torreta, en el cercano término municipal de Seno (Teruel), así como al inmediato poblado ibérico de Monte Catma, con notables escoriales férricos.

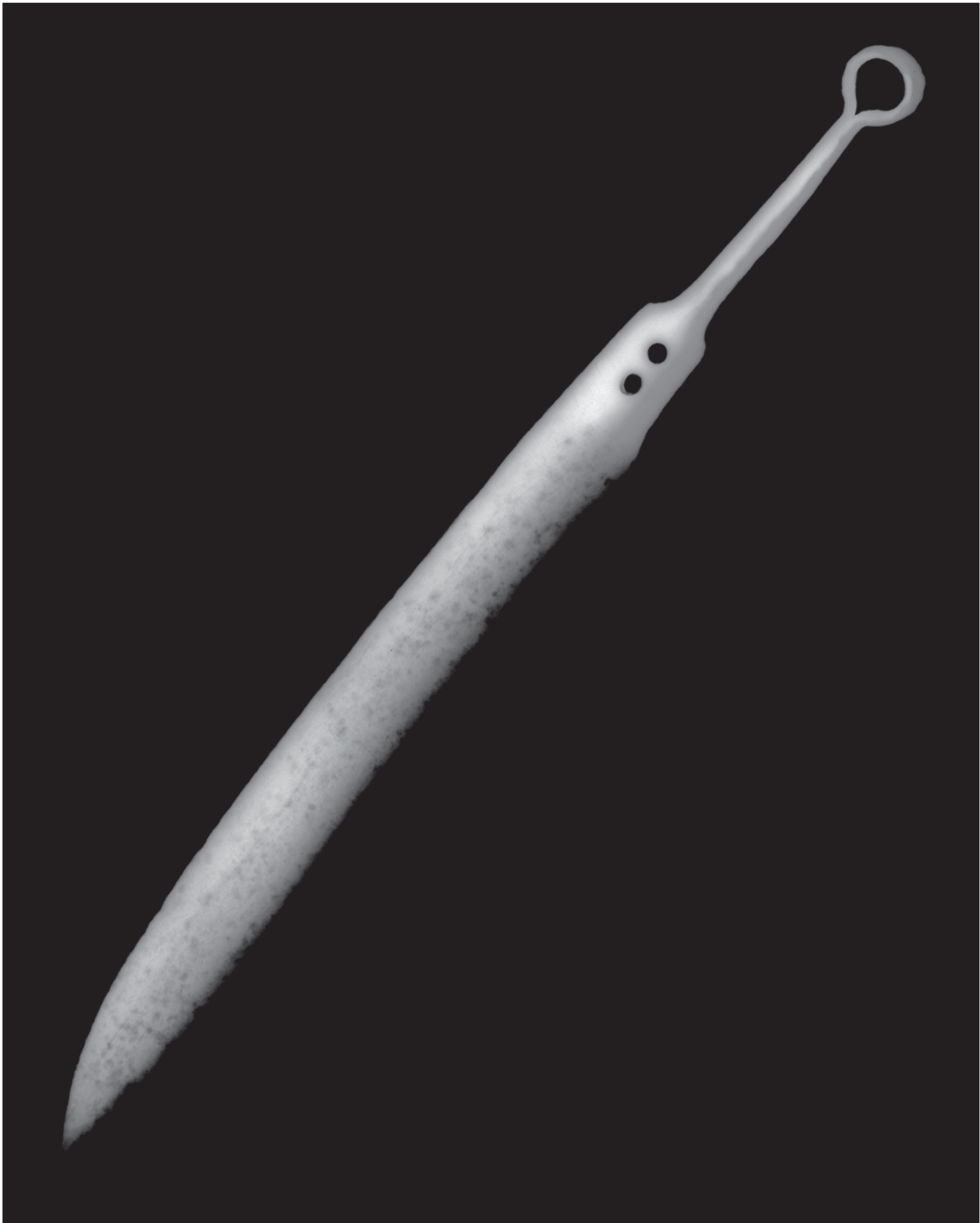


Figura 1. Imagen radiográfica completa.

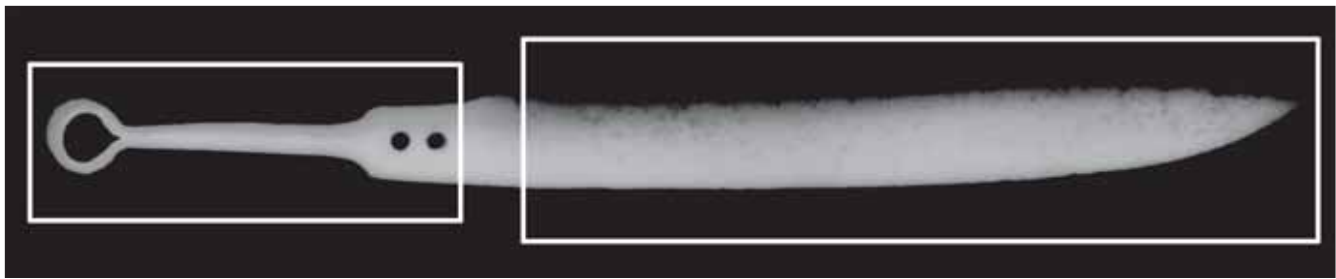


Figura 2. Pliegues de forja en el conformado de la empuñadura.

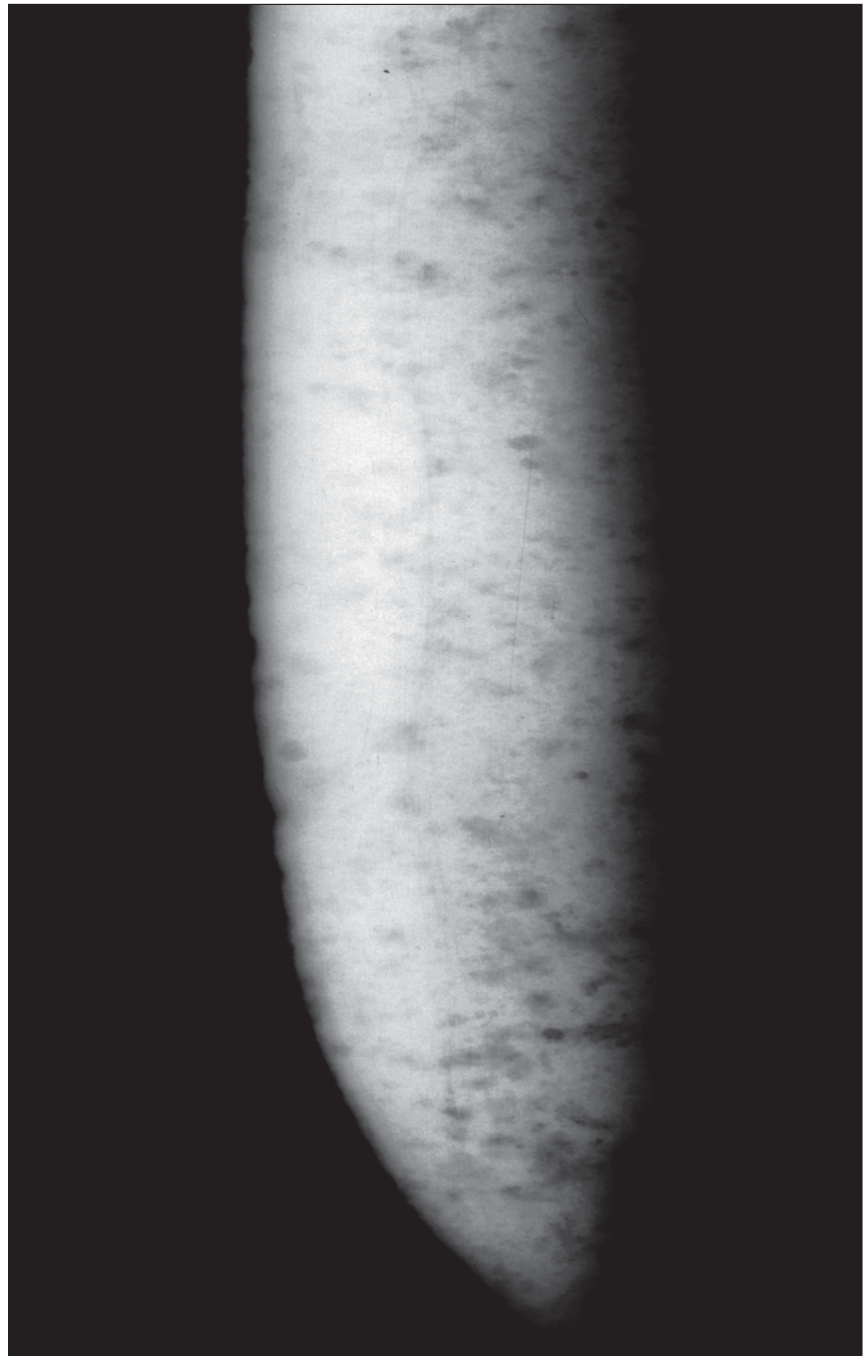


Figura 3. Pliegues de forja con inclusiones alineadas de escoria e imágenes de proceso de corrosión.

Comentario radiográfico

La imagen radiográfica completa (Fig. 1) confirma que la espada férrea está fabricada de una sola pieza por conformado en caliente, de hecho, es en la empuñadura donde se ve claramente este tipo de trabajo: a partir de la hoja se origina la espiga de sección troncopiramidal rematada con una anilla que regresa hacia la hoja. Ésta es la razón por la que se ve un pliegue que desde el orificio superior va hasta la parte media de la empuñadura (Fig. 2).

Todo este conjunto —de basto conformado— quedaría disimulado por las cachas de la empuñadura de material base cobre según las huellas que han quedado.

En el extremo de la hoja (Fig. 3), se aprecian en sentido longitudinal los pliegues paralelos de forja que limitan, a su vez, oclusiones alineadas muy finas de escoria.

Se manifiesta una pérdida uniforme de falta de material y otra, por corrosión, de formas aproximadamente circulares uniformemente distribuidas por toda la superficie. Estas faltas de material tienen su origen en procesos de corrosión debidos al par galvánico formado por el material base cobre de la empuñadura y el conjunto férreo de la espada, en el que se sacrificó esta última. Debido a que se colocó el arma bajo una piedra de considerables proporciones, la es-

casa humedad del medio circundante evitó una degradación mucho más severa de la parte férrea.

Bibliografía

- BISHOP, M. C. y COULSTON, J. C. N.:
Roman Military equipment. From the Punic Wars to the Fall of Rome, Oxford, 2006.
- BONA, I. J. *et alii.*:
«Catálogo de la colección arqueológica del Monasterio de Veruela», *Turiaso IV*, 1983, pp. 9-82.
- GARCÍA, G.:
Entre iberos y celtas: las espadas de tipo La Tène del noreste de la Península Ibérica, Madrid, 2006.
- MARTÍN, A.:
«Diversos hallazgos arqueológicos superficiales en la zona de Mas de las Matas (Teruel)», *Mas Matas VIII*, 1988, pp. 23-43.
- MARTÍN, A. *et alii.*:
«Arqueometalurgia del poblado ibérico Monte Catma (La Ginebrosa, Teruel)», *Mas Matas XIII*, 1993, pp. 241-281.
- QUESADA, F.:
Armas de Grecia y Roma forjaron la Historia de la Antigüedad, Madrid, 2008.
- QUESADA, F.:
«¿Qué hay en un nombre? La cuestión del gladius hispaniensis», *Boletín de la asociación española de amigos de la Arqueología*, núm. 37, 1997, pp. 41-58.

8 Tenazas

Museo Arqueológico Nacional.
Madrid (núm. inv. 10.598)
Purullena (Guadix, Granada)

Hierro.

37,5 × 5,5 cm

S. III a.C.-V d.C. Romano

Núm. registro IPCE: 21.343



72

Descripción

Instrumento férreo, que consta de dos brazos largos simétricos unidos por un eje cuyos extremos constituyen la boca. La unión de los mismos con el eje en posición cerrada es redondeada. La forma de la boca viene determinada por el tipo de objeto que sostiene; en esta tenaza uno de los extremos tiene forma acanalada longitudinal y el otro se remata de forma aproximadamente rectangular. Ambos en posición cerrada encajan uno dentro del otro, sirviendo para oprimir fuertemente la pieza a trabajar.

Pese a que fue hallada en un poblado de época romana con probada actividad metalúrgica (la antigua *Purullius*), cabe destacar que este tipo de útil pervive hasta nuestros días, sin apenas cambios.

Las tenazas de forja (*forcipes*) son utensilios empleados para sujetar el objeto previamente calentado en la fragua, para transportarlo al yunque, para introducirlo en la cubeta para su templado, así

como para sujetarlo mientras se procede al forjado. Son normalmente de hierro y su longitud varía en función de la forma y el tamaño de la pieza que ha de sujetarse; pueden llegar a medir un metro de longitud.

Es frecuente encontrar en poblados, campamentos y en *villae* romanos recintos dedicados a actividades económicas artesanales complementarias a la agrícola o la ganadera; tal es el caso de las herrerías. No es casualidad que el hierro, por sus propiedades y por su abundancia, se use desde el principio para objetos de carácter doméstico, útiles de labranza, instrumentos de oficio o armas sin apenas decoración, hecho que no sucede con otros metales.

La transformación de minerales a metales, y por tanto la profesión del herrero, siempre ha despertado fascinación. La soledad, la transmisión oral entre generaciones y el carácter sumamente empírico del trabajo han contribuido a darle una connotación mágica entre la población.

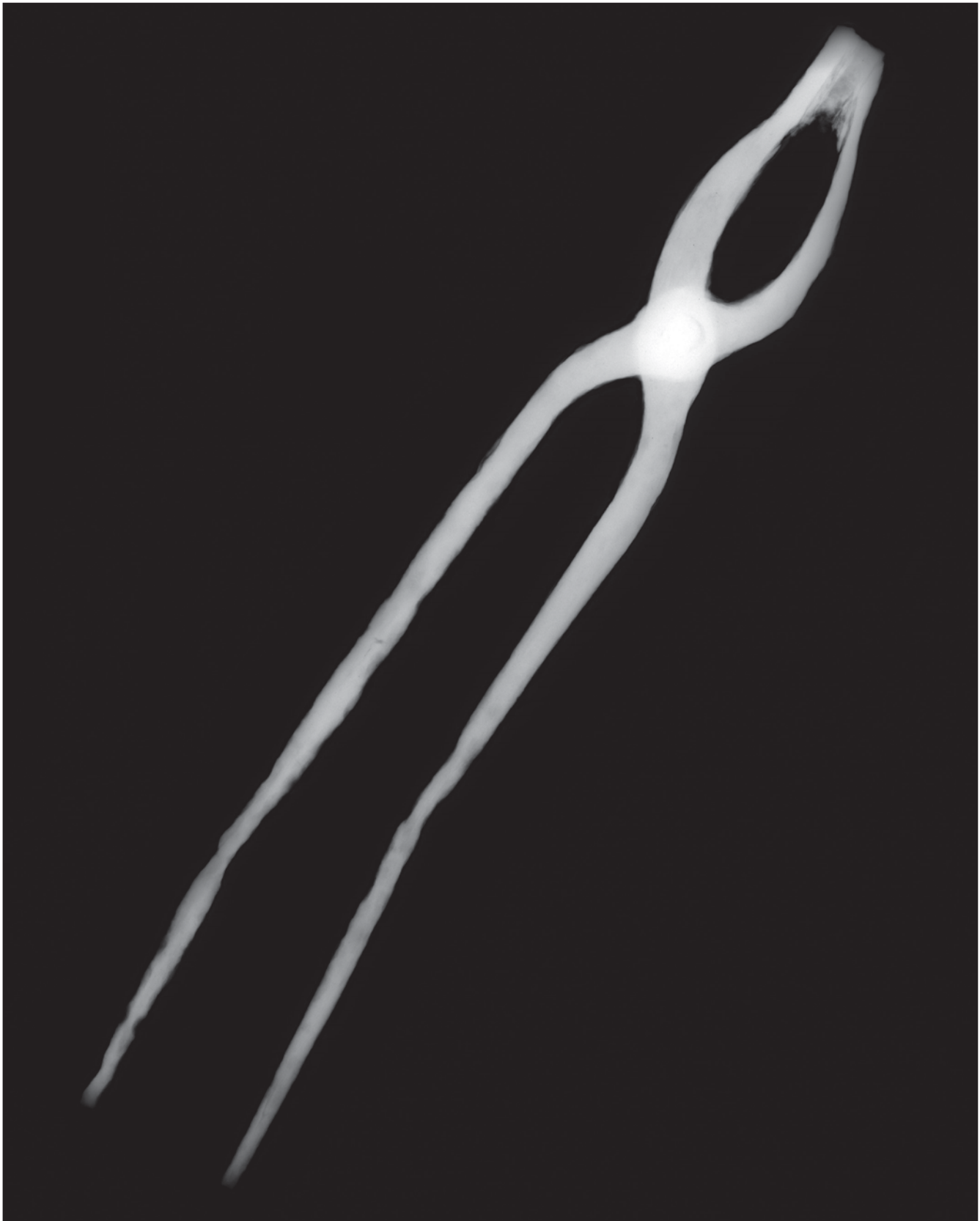


Figura 1. Imagen radiográfica completa.

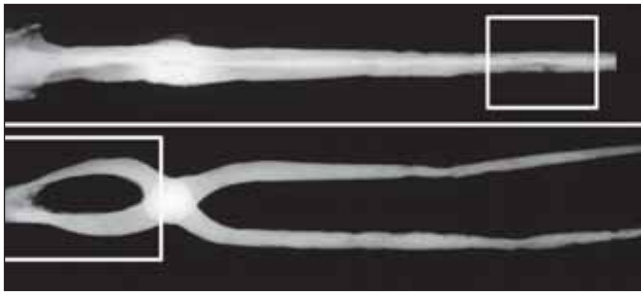


Figura 2. Radiografía con vista perpendicular a la anterior.

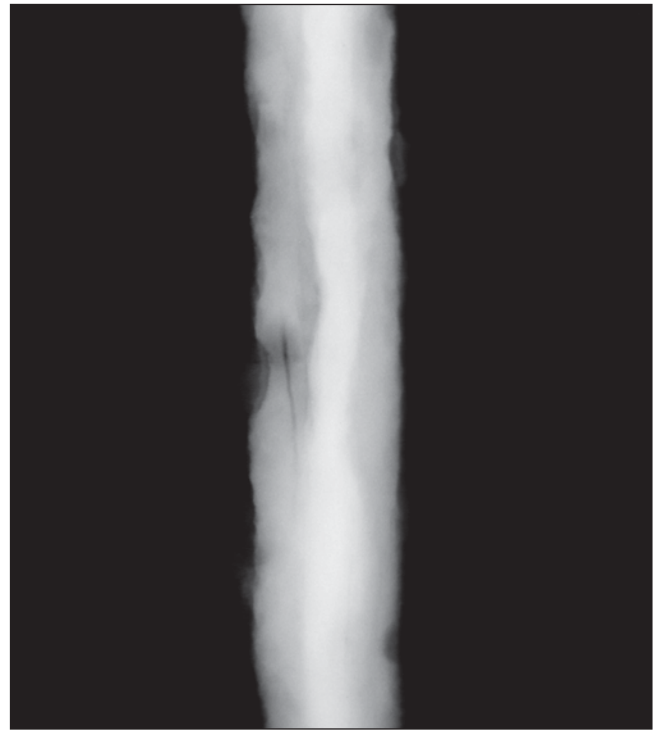


Figura 3. Aspecto de los pliegues de forja.



Figura 4. Escamación producida por degradación por corrosión.

Comentario radiográfico

Las dos imágenes radiográficas de vistas perpendiculares entre sí (Figs. 1 y 2) revelan el estado interno de las tenazas. Este objeto, representativo de un trabajo de forja, muestra elevada pérdida de material por corrosión. Presenta los ejemplos típicos de su modo de fabricación y una degradación que en buena medida se asocia a las características de dicho proceso.

Una inclusión de escoria longitudinal y las con-sabidas líneas oscuras que corresponden a los pliegues de forja se pueden observar en la figura 3, al tiempo que la diferente tonalidad del núcleo ejemplifica cómo la corrosión se produce siguiendo estas líneas. La notoria irregularidad de las superficies es ilustrativa de la considerable pérdida de material por corrosión. En la figura 4 se ve una clara escamación

que pone de relieve que el ataque de corrosión se produce preferentemente siguiendo los pliegues creados en el conformado por martillado en caliente. La forma laminar de ambos extremos ha propiciado este ataque severo.

Bibliografía

ALCALÁ-ZAMORA, L.:

La necrópolis ibérica de Pozo Moro, Madrid, 2004.

De lo útil a lo bello. Forja tradicional en Teruel, catálogo de exposición, Teruel, 1993.

MORCILLO, M. A.:

La forja, Madrid, 1982.

REVILLA, V. *et alii.*:

«Estructuras y funcionamiento de una herrería rural romana del siglo I d.C.», *Revista de Arqueología*, núm. 182 (junio), Madrid, 1996, pp. 22-29.

9 Baco

Museo Arqueológico y Etnológico
de Córdoba (núm. inv. 27.093)
Las Minas (Aguilar de la Frontera, Córdoba)

Material base cobre.

60 cm de altura

S. II. Romano altoimperial

Núm. registro IPCE: 23.106/35



76

Descripción

Escultura hueca de bulto redondo que representa a Baco o a Dionisos juvenil desnudo, de pie, apoyado sobre su pie derecho. La cabeza y el rostro, de facciones infantiles, giran ligeramente hacia su derecha. El cabello ondulado y peinado con una raya en medio, se recoge por detrás dejando algunos bucles que caen sobre los hombros. Sólo conserva el brazo derecho, levantado y doblado a la altura de la cabeza, con la mano cerrada como si sostuviera un *thyrsus* (cetro vegetal). Calza sandalias y el soporte sobre el que apoyaba su pie izquierdo se ha perdido. Se aprecian restos del dorado aplicado en superficie en la zona del abdomen y en los muslos. Los globos oculares y los pezones no han llegado hasta nuestros días.

Algunos paralelos iconográficos y formales se encuentran en el Baco de Ostia custodiado actualmente en el British Museum (Londres), al que también le falta el brazo izquierdo, aunque se observa sobre su hombro parte de una *nebris* (piel de animal), en el de Ambelokipi del Museo Nacional de Atenas, en el que podemos relacio-

nar la posición del brazo izquierdo con nuestra escultura, o en el desaparecido del Museo Nacional de Roma (conocido por un dibujo) en el que además de la piel se conserva el racimo de uvas que sostenía en la mano izquierda, así como la pantera sobre la que apoyaba su pie izquierdo. A diferencia de otras representaciones escultóricas del ámbito romano, no se han hallado paralelos en soporte pétreo, por lo que algunos historiadores como Manfrini-Aragno han sugerido la posibilidad de que este modelo iconográfico sea característico de esculturas de pequeño formato de bronce (entre 50 y 60 centímetros de altura).

Se ubica cronológicamente en época romana altoimperial porque los paralelos mencionados pertenecen a este período.

El gusto por esculturas y otras obras de arte procedentes de Grecia en el Imperio romano tuvo su auge a partir del siglo II a.C., y eran encargadas para proyectos urbanos (las de grandes dimensiones) o como decoración de *villae* privadas de clases altas, especialmente las de carácter mitológico o divino. Su presencia demuestra un gusto por el mundo helénico entre los romanos que produjo en ocasiones el traslado de talleres

o artífices de renombre desde Grecia. La parquedad de datos en el momento de su descubrimiento no permite precisar con exactitud su contexto arqueológico, aunque se tiene noticia de

que apareció junto con una cabeza broncea entre restos de fundición, lo que podría indicar su relación con un taller pese a que no se conoce ninguno de esta época en Hispania.



Figura 1. Imagen de perfil de la mitad superior de la escultura.

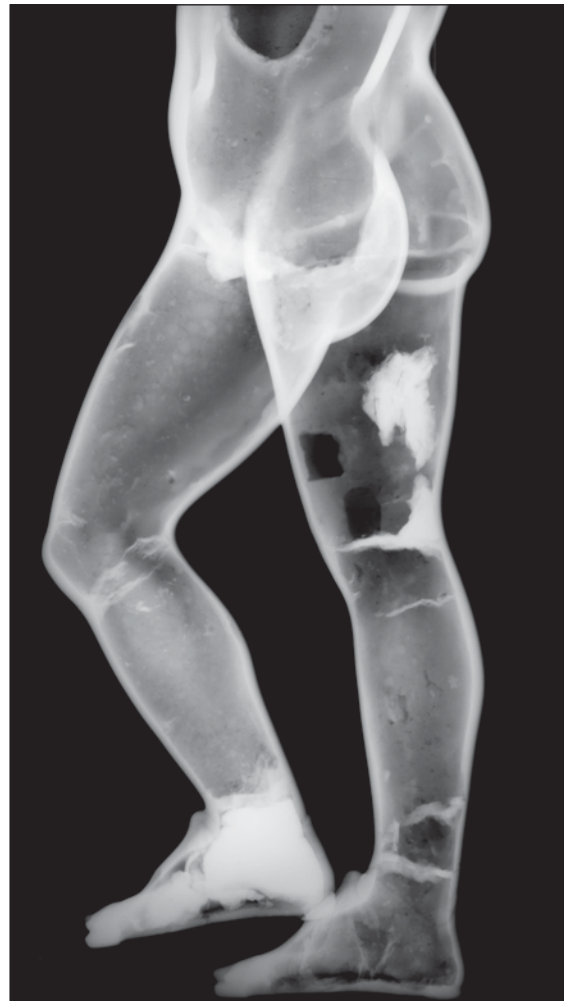


Figura 2. Radiografía de perfil de la mitad inferior.



78

Figura 3. Aspecto frontal de la mitad superior.

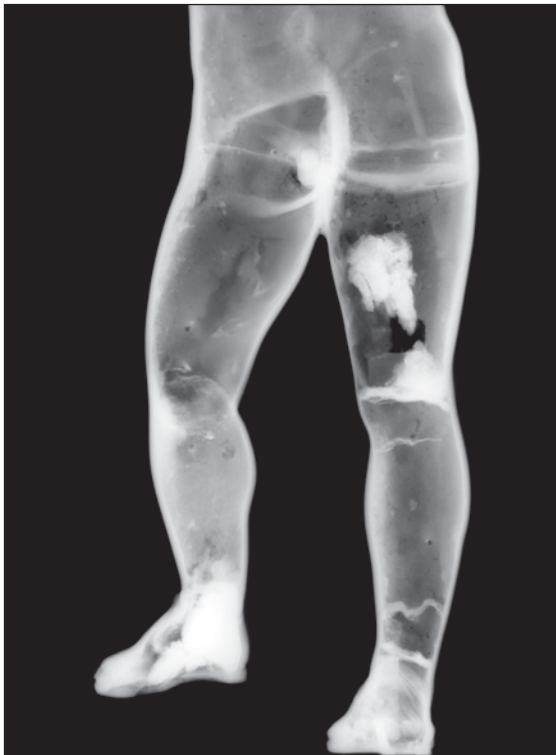


Figura 4. Vista frontal de la mitad inferior.

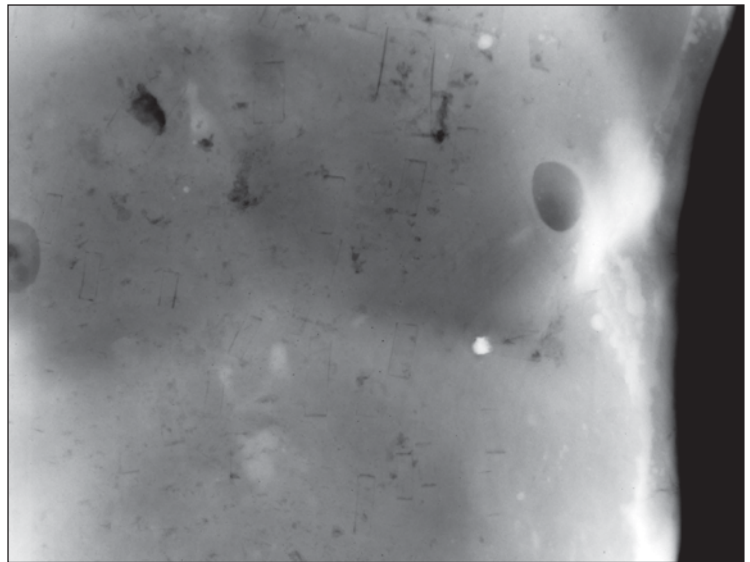


Figura 5. Detalle de los defectos en el torso.

Comentario radiográfico

Las imágenes radiográficas generales de la escultura —de excelente aspecto externo—, cuyo frente y perfil se obtienen en cuatro exposiciones (Figs. 1-4), muestran una fundición de mala calidad y ponen de manifiesto la existencia de uniones soldadas.

En la vista frontal de la mitad superior (Fig. 3), en concreto en la cabeza, apenas se observan detalles debido a la superposición de los diversos espesores y a que el interior está relleno en más de un tercio de su volumen. La extremidad superior muestra también abundante depósito de material fundido desde la muñeca hasta la axila. Además se aprecian algunos poros de escasa entidad así como el cordón de soldadura que une el brazo al cuerpo —con falta de material de aporte en su mitad inferior—. A ambos lados del codo se ven huecos para dos teselas.

El torso presenta abundante porosidad tanto esférica como vermicular, así como la imagen débil de algunas teselas (Fig. 5). El pecho derecho tiene dos oquedades de falta de material y bajo el izquierdo unas fisuras de trayectoria irregular así como abundantes salpicaduras del metal fundido adheridas en el interior.

La vista frontal inferior (Fig. 4) muestra en la zona inguinal varios grupos de poros de pequeño tamaño distribuidos aleatoriamente, así como abundantes salpicaduras adheridas en el interior. En esta misma vista, aparecen muy bien definidas las dos soldaduras de unión de las piernas y un hueco de clavo de separación de los moldes en cada uno de dichos depósitos.

En la pierna derecha, en su mitad superior, se detectan formas irregulares de material adherido al interior, así como abundante porosidad globular,

una tesela y el hueco de otra junto a la anterior (Figs. 2 y 4). En su mitad inferior se ven, principalmente, los huecos de dos clavos de separación de moldes y un relleno abundante de material en el pie en el que se aprecia, además, una pieza vertical de forma rectangular que parece ser de sujeción de la escultura (Fig. 4).

La pierna izquierda es una fundición de mejor calidad, en la que aparte de una zona con escasez de material en el muslo se localizan los huecos de tres clavos y el pie con un relleno de material con elevada absorción, posiblemente plomo. En ambas existen rebabas internas.

Bibliografía

BLANCO, B. *et alii.*:

«Escultura en bronce: cuando los tratamientos de conservación-restauración resultan ineficaces», en BARRIO, J. y CANO, E. (ed.), *MetalEspaña'08. Congreso de conservación y restauración del patrimonio metálico*, Madrid, 2009.

Hispania romana. Desde tierra de conquista a provincia del Imperio, catálogo de exposición, Madrid, 1997.

Los bronces romanos en Hispania, catálogo de exposición, Madrid, 1990.

LOZA, M. L.:

«Esculturas romanas en bronce del sur de la provincia de Córdoba», Actas de la *II Reunión sobre escultura romana en Hispania*, Tarragona, 1996.

MADROÑERO, A. *et alii.*:

Estudio arqueometalúrgico de algunos materiales romano-imperiales de Aguilar de la Frontera (Córdoba), Informe inédito, Museo Arqueológico Nacional (Madrid), 1992.

10 Torques

Museo Arqueológico Nacional
(núm. inv. 1.955/63/3,12 y 13)
Cerro de Miranda (Palencia)

Plata.

Diámetro: 14,4 cm.

Grosor: 1,1-1,7 cm.

Peso: 287,7 g

S. II-I a.C. Celtibérico

Núm. registro IPCE: 23.106/35



80

Descripción

Collar rígido constituido por tres varillas metálicas macizas y tres alambres torsionados entre sí. El aro que forma dicho sogueado se hace más estrecho hacia sus extremos tubulares rematados con dos elementos piriformes huecos. De ambos remates penden sendas cadenas de eslabón que cierran el collar mediante un pasador. Este hecho permite deducir que el collar colgaba sobre el pecho, no alrededor del cuello.

Este modelo de torques hallado en tierras palentinas, conocido también como torques funicular o sogueado, es característico de la Meseta Norte, donde se desarrolla principalmente la cultura celtibérica. Por ello recoge tipologías de las culturas coetáneas (en especial la castreña y la ibérica). Sus hallazgos están relacionados con depósitos de ocultación acompañados de otras joyas como brazaletes y objetos inutilizados, lingotes, monedas y los recipientes en donde se albergaban. La mayoría han sido loca-

lizados en las cercanías de los *oppida* (poblados) destruidos durante la conquista romana. Conjuntos similares son los tesoros hallados en Arrabalde (Zamora), Padilla de Duero (Valladolid) o en Roa (Burgos), entre otros.

Esta joya fue adoptada también en el sur peninsular, casi exclusivamente de plata, y se constata su uso tanto por hombres como por mujeres, según confirman los exvotos humanos hallados en algunos santuarios o lugares naturales con un sentido claramente sagrado. En estos casos se encuentra también acompañado de otros objetos. Posteriormente, en época romana se convierte en condecoración militar.

El torque de Cerro de la Miranda fue un hallazgo fortuito durante las labores realizadas en un pozo en las inmediaciones de la ciudad de Palencia. Fue comprado a un anticuario entre los años 1955 y 1956 por el museo junto con otras joyas y monedas pertenecientes al mismo hallazgo que había sido dividido en tres lotes (dos de los tres se custodian en el museo).

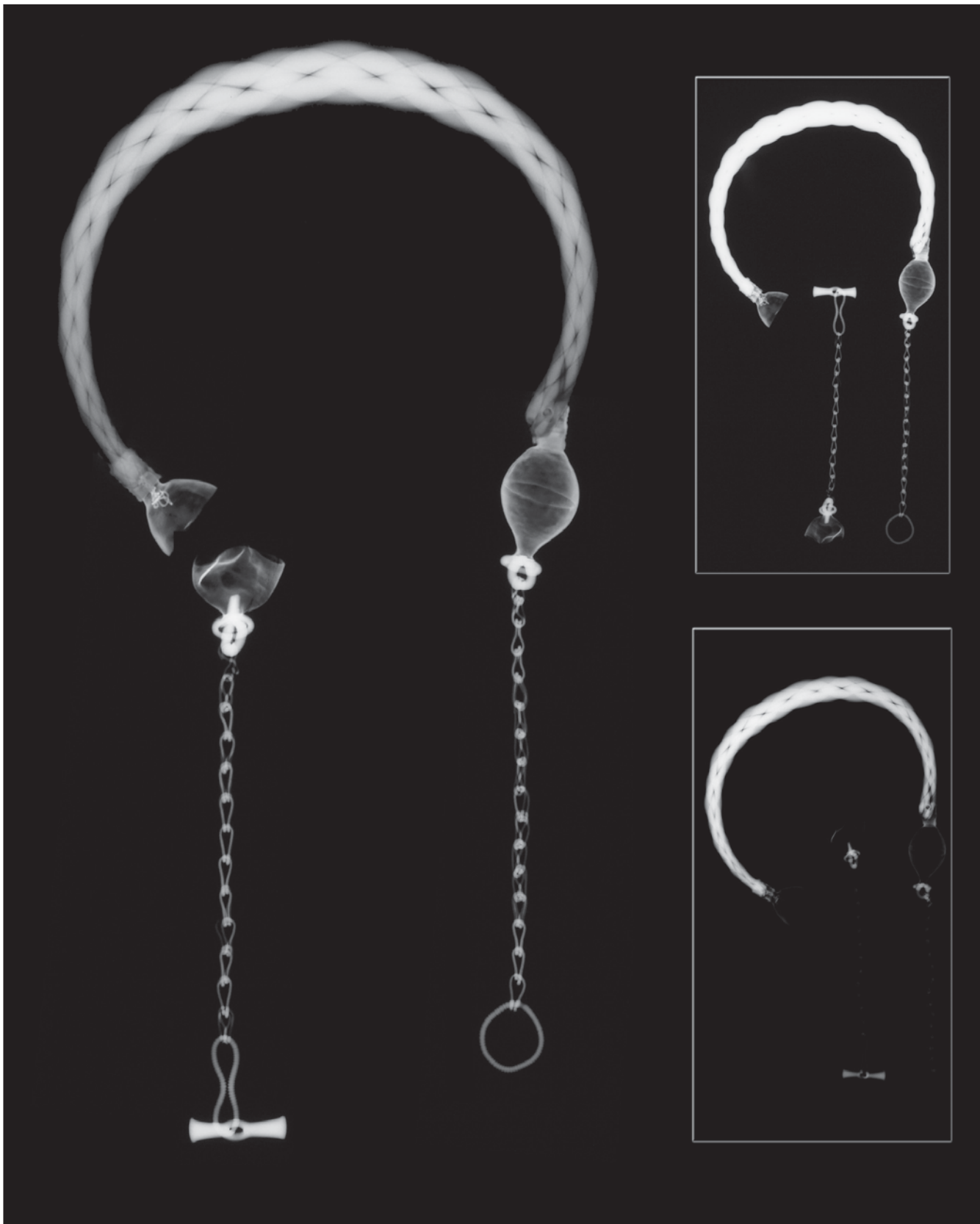


Figura 1. Composición digital del conjunto del torques.

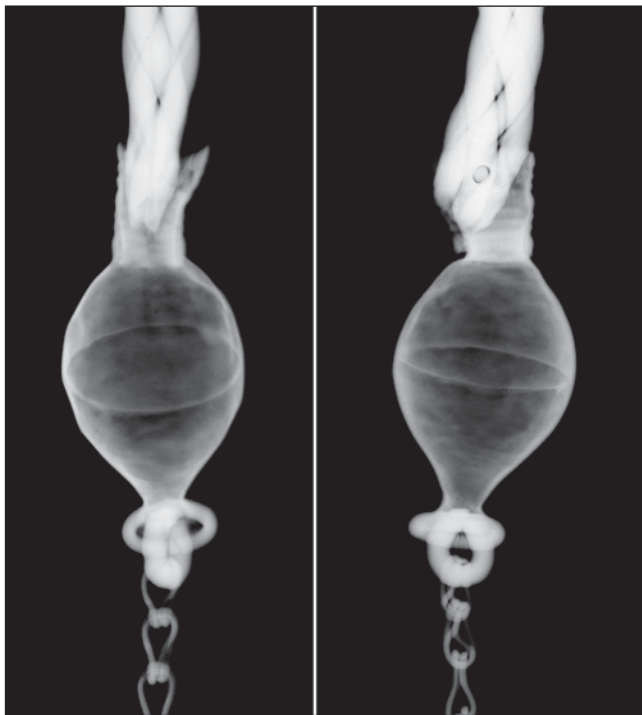
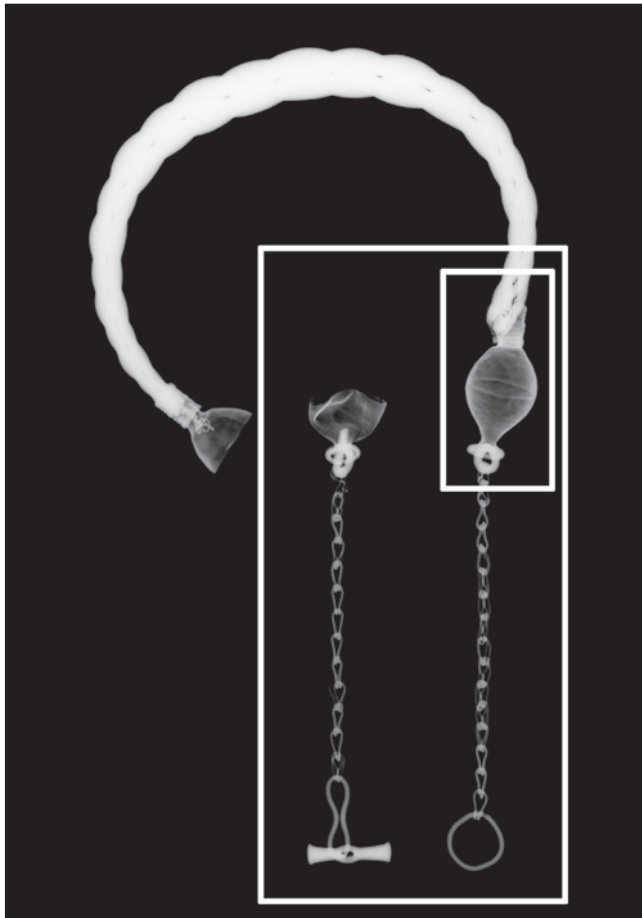


Figura 3. Sistema de unión del cuerpo del torques a una perilla mediante un pasador.



Figura 2. Imagen de composición de las perillas.

Comentario radiográfico

Este torques, compuesto por una serie de elementos de diferente radio-opacidad —elevada en la base del torques y baja en la cadena— ha obligado a efectuar varias radiografías con diversas diferencias de potencial eléctrico. Por ello la figura 1 es el resultado de una composición digital en la que se han seleccionado las partes más fáciles de interpretar de cada una de las tomas. No obstante, para evitar el equívoco se adjuntan las imágenes originales en un formato menor.

El material de todos los elementos que constituyen el torques (cuerpo, perillas, cadenas y cierre), por su uniformidad, manifiesta que se trata de un producto de gran calidad, algo que se pone de relieve, también, en la aceptable manufactura de la soldadura perimetral de la perilla que se conserva completa (Fig. 1).

Otros aspectos destacables de la inspección radiográfica de esta joya es que el sistema de unión de los límites del torques con las perillas se realizó a través de un manguito soldado a los mismos, por el que se introducían los extremos

del cuerpo del torques (Figs. 2 y 3). En un momento indeterminado, el extremo correspondiente al manguito de esta perilla completa quedó fracturado, y en la recomposición posterior se acoplaron ambas piezas mediante un pasador de material disímil que las une de forma grosera a través del manguito deteriorado y del extremo de los vástagos enrollados (Fig. 3). En esta imagen, con dos puntos de vista, se aprecian muy bien las uniones soldadas de la perilla al manguito y a la pieza opuesta, así como la soldadura perimetral —de muy buena calidad— que une las dos mitades de la perilla.

Bibliografía

MARTÍN, A. *et alii.*:

- «Aspectos constructivos de algunos torques españoles determinados mediante análisis radiográfico», en *II Simposio sobre Minería y Metalurgia Históricas en el Sudoeste Europeo*, Madrid, 2005, pp. 155-161.
- Oro. Orfebrería antigua en Hispania*, Madrid, 1999.
- Torques. Belleza y poder*, catálogo de exposición, Madrid, 2002.

11 Placa de Botorrita

**Museo de Zaragoza
(núm. inv. 92.85.1)
Contrebia Belaisca.
Cabezo de las Minas
(Botorrita, Zaragoza)**

Aleación de bronce ternario
(cobre, estaño y plomo). 52,1 × 73,6 cm.
Grosor: 0,4-0,6 cm aprox.
S. II-I a.C. Romano (época tardorrepublicana)
Núm. registro IPCE: S/N (sin número)



84

Descripción

Plancha rectangular de bronce escrita en su anverso en lengua celtibérica y caracteres ibéricos mediante punteado. El contenido del texto no se ha podido interpretar correctamente porque hasta la actualidad es una lengua mal conocida; algunos autores como Beltrán, Hoz y Untermann apuntan que tras dos filas a modo de encabezamiento se enumera dispuesto en cuatro columnas alineadas a la izquierda, un elenco de dos centenares de nombres personales (tanto masculinos como femeninos). Sorprende que el texto acabe en la cuarta columna quedando el tercio derecho del documento vacío.

La cronología del documento es imprecisa, pero se sabe que la localidad sufrió una destrucción en torno a los años 70 a.C. durante las guerras sertorianas que se produjeron en el valle del Ebro. Su peso es de 9.395,3 g, y estuvo probablemente fijado a una pared para su contemplación pública debido a la presencia de cuatro grapas en los orificios de sujeción en los márgenes.

El listado de tantas personas carece de paralelos en la epigrafía del Mediterráneo occidental, por lo que parece lógico pensar en un ejemplo de adop-

ción de costumbres romanas integradas y adaptadas al mundo indígena (uso de bronce como soporte, de la técnica de punteado en la escritura, composición formal, etc.).

Otros bronce epigráficos republicanos similares son el *bronce de Ascoli*, del 89 a.C., descubierto en Roma, que recoge el decreto de Pompeyo Estrabón por el que se concede la ciudadanía romana a treinta jinetes de la localidad ibérica de Salduie (Zaragoza) escritos en cuatro columnas. Además, en el encabezamiento se añaden los nombres de otros 60 personajes públicos. Otros paralelos coetáneos son los bronce aparecidos en Cabezo de Alcalá (Azaila) y en La Caridad de Caminreal, ambas en Teruel, o Andelos (Muruzábal de Andino) en Navarra.

Aparecida en el curso de unas obras de acondicionamiento de un aparcamiento, en octubre de 1992, estaba fragmentada en dos pedazos grandes y más de cuatrocientos menores. Está considerada como la mayor inscripción conocida de estas características.

Este bronce es el tercero de los excavados en este yacimiento. El primero, el denominado bronce de Botorrita, que parece tratarse de un texto legal escrito en celtibérico, se halló en 1970 bajo una vivienda

tardorrepublicana. El segundo, la *Tabula Contrebiensis*, en latín, apareció en 1979 fruto de incursiones clandestinas en la zona alta del yacimiento y plasma un texto jurídico que hace referencia a la venta de un terreno para el levantamiento de un canal o acequia. Otro bronce, exhumado fortuitamente en 1994, con

inscripción en ambas caras, completa el conjunto epigráfico bronceo. Estos hallazgos convierten a este yacimiento en la única ciudad indígena de la Hispania tardorrepublicana en la que se ha documentado un conjunto de epígrafes públicos de gran formato dentro del Occidente europeo.

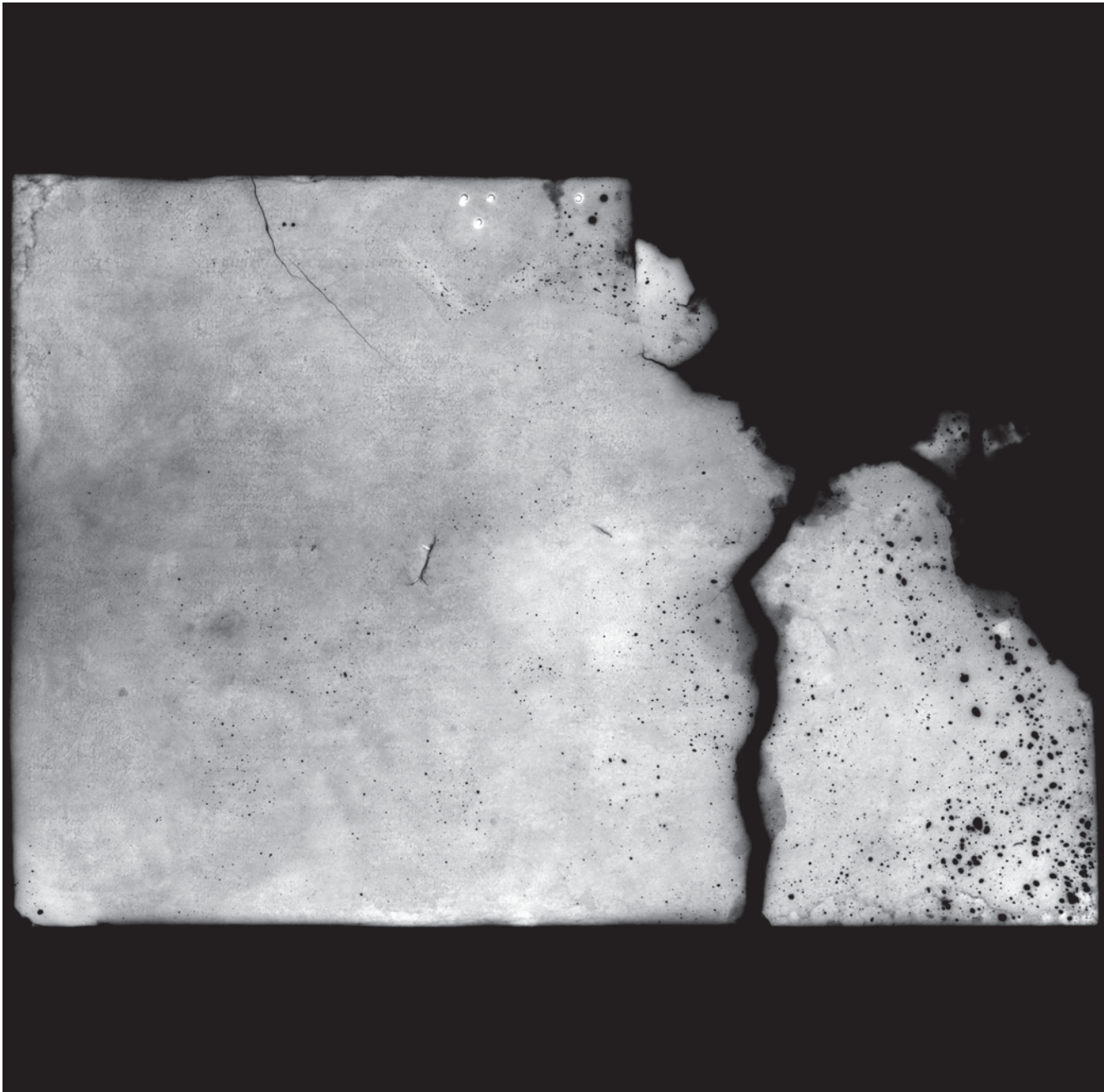


Figura 1. Vista general incompleta de la plancha.

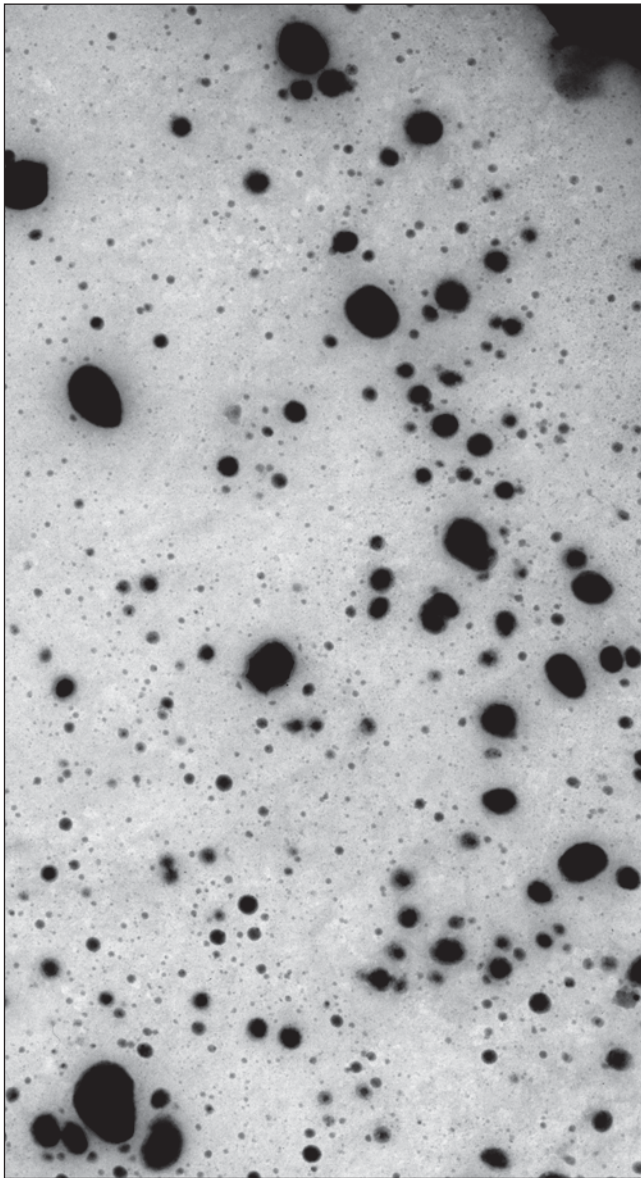
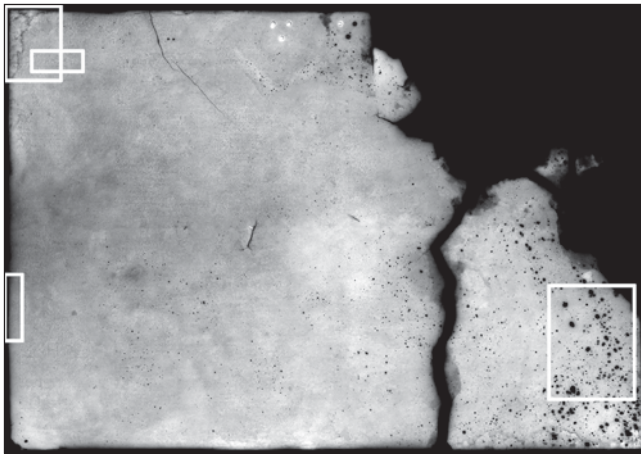


Figura 2. Poros de diversos tamaños en la zona derecha.



Figura 3. Diversos defectos en una zona cercana al borde.



Figura 4. Otros defectos en una zona cercana al borde.

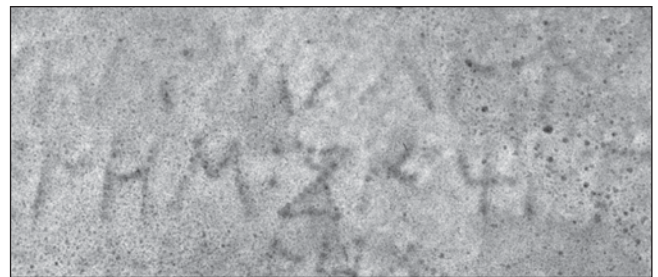


Figura 5. Imagen de algunos signos en el material de base y en el degradado.

Comentario radiográfico

La plancha, inicialmente de forma rectangular, se encuentra incompleta y en un estado de deterioro muy avanzado (Fig. 1). Presenta una rotura transversal en su lado derecho así como otra múltiple en la zona superior derecha que dio lugar a la formación de numerosos fragmentos que no aparecen en la radiografía. En la parte superior tiene dos grupos de tres taladros cada uno formando triángulos. Cuatro de estos taladros conservan los remaches y los otros dos los han perdido.

Cabe destacar que la calidad de la fundición difiere considerablemente de unas zonas a otras; mientras que en la parte izquierda ésta es de buena calidad, y únicamente presenta algunos poros esféricos de pequeño tamaño, en la derecha, especialmente en la zona más cercana al borde, se halla gran cantidad de poros tendentes a esféricos de diversos tamaños (Fig. 2). Éste podría ser el motivo por el que no existe inscripción alguna en esta área.

Se encuentran también fisuras de dos tipos diferentes: unas muy pequeñas en los bordes, transversales a éstos, producidas por contracción en la solidificación del caldo metálico, y otras de considerable tamaño en el borde superior, aproximadamente en el centro y a

partir de las zonas de rotura del lado derecho; esta última fisuración no está relacionada con el proceso metalúrgico sino que se ha producido con posterioridad.

Las zonas inmediatas a la rotura muestran pérdidas de material corroído en forma de exfoliaciones, algo que se repite en los bordes, fundamentalmente en el ángulo superior izquierdo y en el borde superior (Figs. 3 y 4).

La imagen que ofrece un detalle del texto en el que se manifiestan signos ibéricos muy nítidos (Fig. 5), indica que se hallan en la superficie del metal base. Por el contrario, se observan otros signos cuya definición es notoriamente menor que la de los anteriores, en este caso porque dichas letras no se hallan en la superficie metálica sino que son huellas remanentes de los signos originales en los productos de corrosión.

Bibliografía

- BELTRÁN, F. *et alii.*:
El tercer bronce de Botorríta (Contrebia Belaisca),
 Zaragoza, 1996.
Hispania romana. El legado de Roma en el año de Trajano,
 catálogo de exposición, Zaragoza, 1998.

12 Escultura denominada *Doríforo*

Colección particular
Procedencia desconocida

Material base cobre.
215 cm de altura.
169.000 g
S. II a.C.-S. XVI. Clásico
Núm. registro IPCE: 21.874



88

Descripción

Escultura hueca de bulto redondo de un joven desnudo de pie con el brazo izquierdo plegado hacia delante y el derecho que pende a lo largo del cuerpo. Se apoya en la pierna derecha que avanza mientras el pie izquierdo se retrasa levemente en un gesto de abandono. Su cabeza imberbe, ligeramente inclinada, gira del lado de la pierna portante.

Esta escultura tiene la peculiaridad de ser la única de estas características que se conserva en metal, ya que los únicos modelos similares que se conocen como el del Museo Arqueológico de Nápoles (procedente de la *Palestra Sannitica* de Pompeya), los dos de la Galería de los Uffizi (Florencia), una del museo Nacional del Prado (Madrid) y el del Vaticano (que inicialmente se confundió con un discóbolo) son mármoleos.

Desde mediados del siglo XIX, pese a que no conservan los atributos que los identifica, se cree que todas representan al *Doriforos* («portador de lanza»), conocido por las fuentes, que realizó en bron-

ce el escultor griego Policleto para su ciudad natal Argos.

Desde hace escasos años se está dudando de esta identificación. Franciosi ha observado en la escultura del Museo de Nápoles que la posición de los dedos de la mano izquierda no indica que sostuviese una lanza como siempre se había apuntado sino un escudo. Este hecho viene reforzado por los restos de oxidación metálica que todavía se encuentran en el interior de la mano. La diestra, además, no está inerte sino que sostiene en tensión otro objeto, muy probablemente la empuñadura de una espada, también perdida. Por tanto, lo que conocemos actualmente como el *Doriforos* no corresponde a la descripción que de él hizo Plinio. Tras revisar los diarios de excavación y estudiar el contexto arqueológico en el que apareció se propone la representación de Teseo, el héroe de los efebos que se enfrentó a Minotauro.

En lo que respecta a nuestro ejemplar, se desconoce el contexto arqueológico, y por tanto su cronología no es segura pero parece ser una copia romana del original griego realizado en el siglo V a.C.

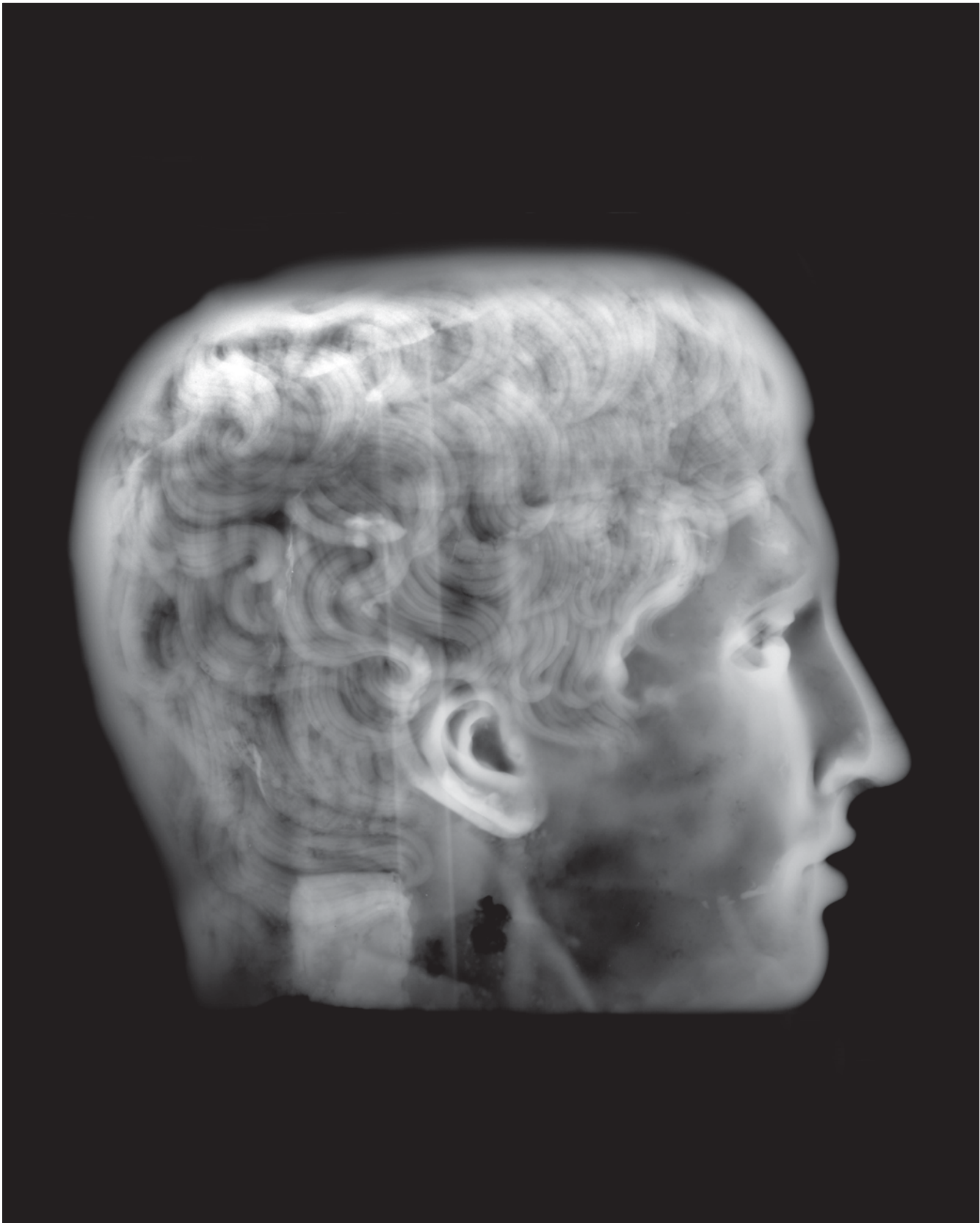


Figura 1. Imagen de la cabeza de la escultura.



Figura 2. Detalle de uno de los hombros.

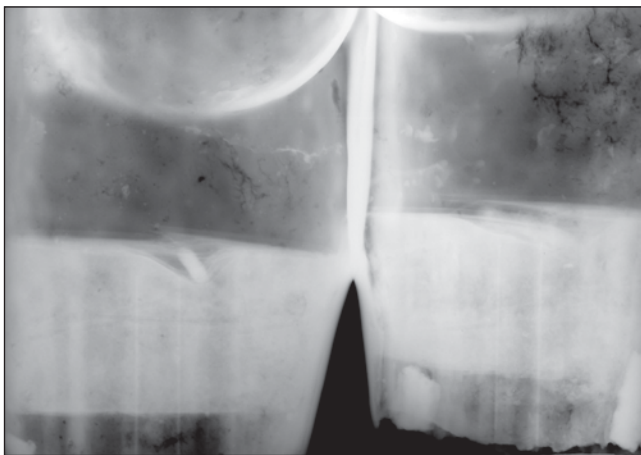


Figura 3. Zona de los glúteos.

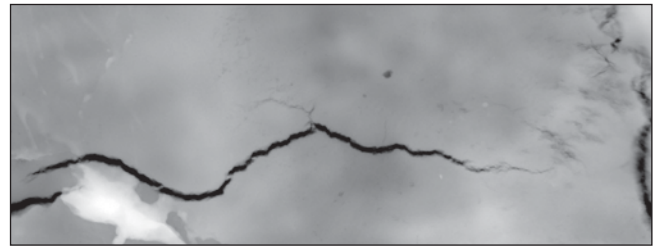


Figura 4. Diversos defectos en la zona del torso.

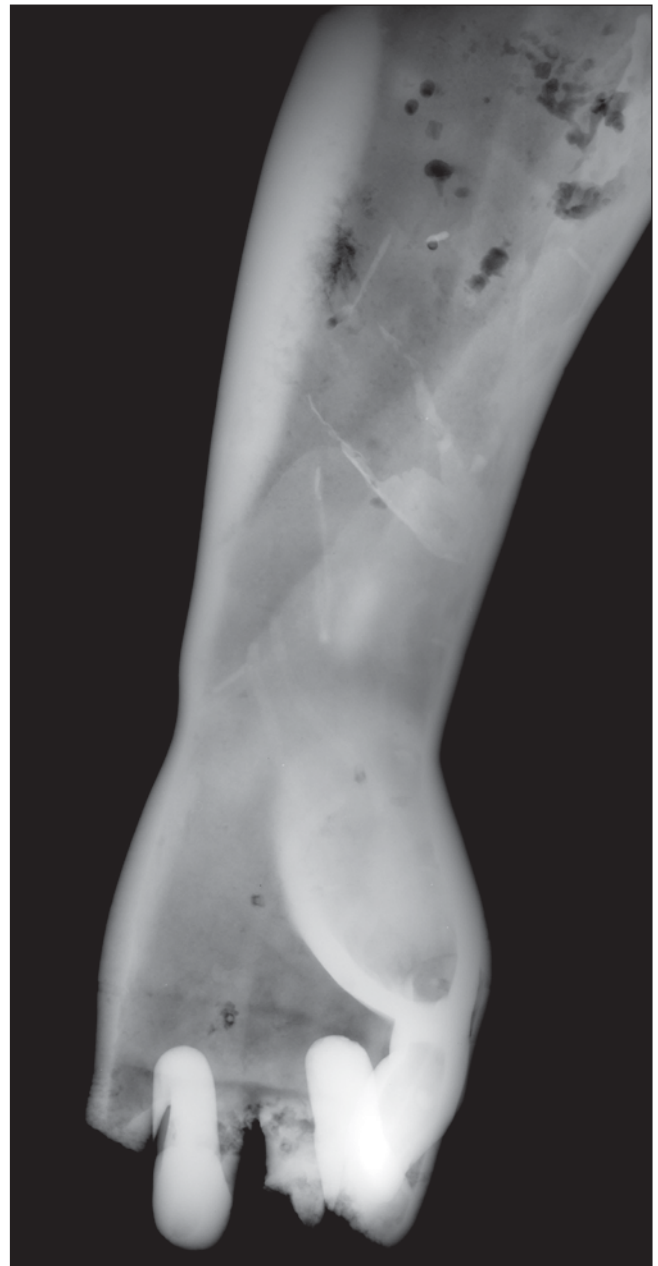


Figura 5. Antebrazo y mano derecha de la escultura.

Comentario radiográfico

La escultura, de gran tamaño, está confeccionada de latón según los microanálisis realizados con microscopio electrónico y microsonda electrónica de barrido. Tanto el aspecto visual externo como las radiografías y la caracterización metalúrgica, realizados en el Instituto del Patrimonio Cultural de España y en el Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, indican que se trata, en el caso del torso, de parte original, y en el caso de las extremidades y la cabeza, de refundiciones a partir de los fragmentos originales, ya que tanto las proporciones como el acabado en las zonas de unión son exactas con respecto al torso. Se ofrecen varias radiografías representativas de conjunto (Figs. 1-3).

Una de las mayores dificultades de la interpretación de radiografías de figuras de bulto redondo, es la superposición en la imagen de sus paredes. En el presente caso (Fig. 4), aunque con dificultad, se pudo introducir una placa en el interior de la escultura, con lo que se consiguió radiografiar una de ellas y evitar la interferencia de la opuesta. Esta radiografía, de un detalle del torso, pone de manifiesto una amplia grieta en sentido transversal en la zona de separación del tórax con el abdomen. Desde una zona con notorios rechupes de contracción, que parecen ser su origen, la grieta se propaga por otros lugares adoptando un trazado sinuoso. De ella

parten fisuras de trayectoria transversal. También se observa un poro tubular de tamaño medio, y distribuidos por la superficie en muy escasa medida, otros poros globulares de muy pequeño tamaño. A la izquierda se ven restos del cordón perimetral de soldadura que une las dos partes del torso, que se identifica como una mancha blanquecina.

La siguiente imagen corresponde al antebrazo y a la mano derecha (Fig. 5). Es una fundición de pésima calidad en la que se manifiestan faltas de material producidas por arrastres en el molde interno, porosidad de todos los tamaños ampliamente distribuida, algunos rechupes, adherencias internas de forma globular y otras de contornos irregulares. Es notable la falta casi total de material metálico en los dedos corazón y meñique, al punto de quedar constituidos por una lámina que fue rellena con un material no metálico para conformar el volumen.

Bibliografía

ANTELO, T. *et alii.*:

«Estudio radiográfico de una escultura de aleación base cobre que representa al Doríforo de Policeto», *X Congreso Nacional de Ensayos No Destructivos, Cartagena*, 2003, pp. 103-109.

FRANCIOSI, V.:

«*Il Doriforo*» di Policeto, Nápoles, 2006.

13 Estuche médico

Museo Nacional
de Arte Romano (Mérida)
Emerita Augusta,
Mérida (Badajoz)

Material base cobre.

11,8 × 6,2 × 2 cm.

S. I-II. Romano altoimperial

Núm. registro IPCE: 23.170



92

Descripción

Caja metálica rectangular con cinco compartimentos en su interior con tapa y asa abatible cada una. Uno de los costados menores muestra el cierre que sujeta la tapa superior deslizante. Pese a que en este caso no se aprecia ornamentación alguna, otros estuches conservados presentan la tapa con decoración incisa (rectángulos concéntricos, elementos florales y vegetales, etc.).

Este estuche contenía las muestras de sustancias médicas como drogas, ungüentos o polvos con los que el médico trabajaba en el domicilio del paciente, por lo que algunos autores como Cruse consideran este estuche como el precursor del actual «maletín de doctor». En el momento de su hallazgo, en la necrópolis oriental de *Emerita Augusta* (actual Mérida), algunos de sus compartimentos todavía conservaban restos de bolitas de diferentes tierras que habían sido amasadas para tal fin.

Como en el caso que nos ocupa, muchos formaban parte de ajuares procedentes de tumbas de médicos en necrópolis como las de *Canama* (actual Alcolea del Río), otros han aparecido en espacios

reservados para curar las heridas dentro de teatros o anfiteatros, como en los de *Emerita Augusta*, o en casas vinculadas con médicos como la de *Numancia* (Soria) o la de *Ercávica* (Cuenca). En todos estos casos se acompañan de instrumental médico y quirúrgico, así como paletas o morteros para preparar los medicamentos.

Este modelo está estandarizado puesto que se han localizado otros que poseen la misma forma y análogas dimensiones, variando el número y la disposición de los departamentos. Similares a este estuche son los hallados en la necrópolis del municipio de *Canama* (actual Alcolea del Río) conservado en el Museo Arqueológico de Sevilla, o los pertenecientes a colecciones internacionales del British Museum, del Ashmolean Museum (Oxford) o del Museo Nacional de Nápoles, procedentes de los excepcionales hallazgos de Pompeya y Herculano.

Otros estuches de médico frecuentes en la necrópolis de Mérida son de forma cilíndrica, también compartimentados, como el que se conserva en el Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba, aparecido en Baena.

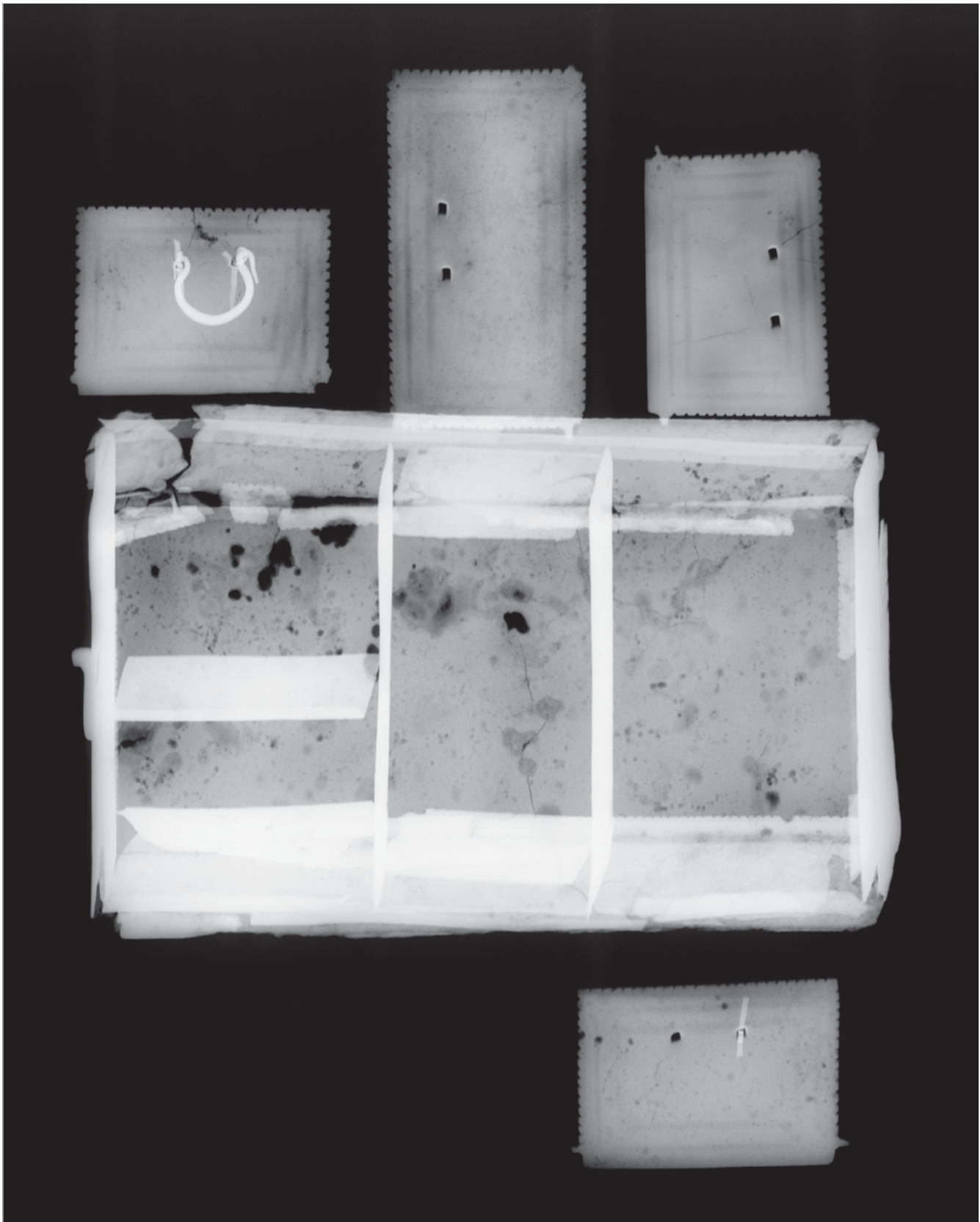


Figura 1. Aspecto general del estuche.

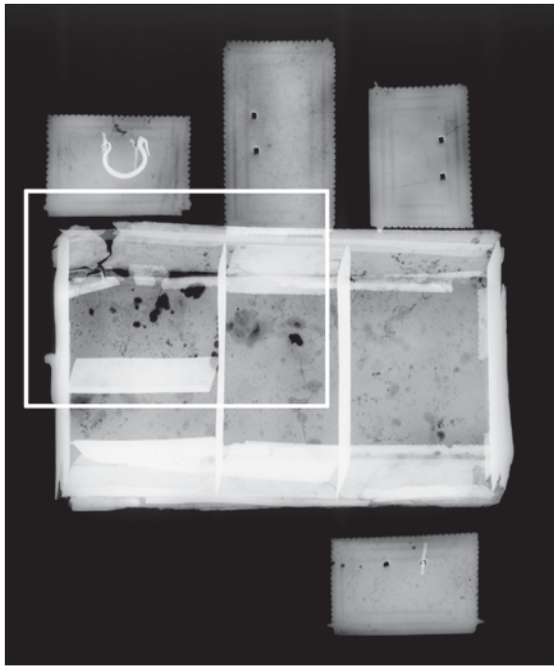


Figura 3. Imagen de la tapa con fracturas, pérdidas de material, etc..

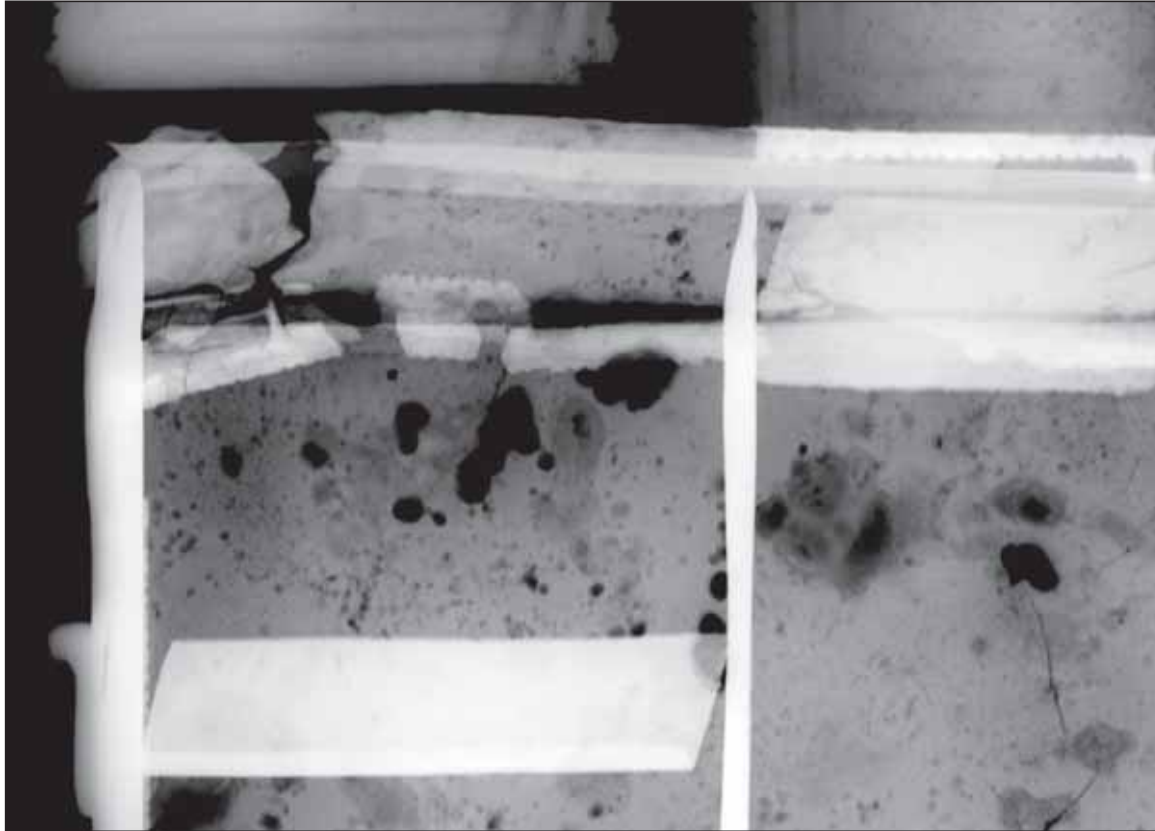


Figura 2. Detalle de defectos por corrosión severa.

Comentario radiográfico

En la imagen general (Fig. 1) se puede apreciar el estado de conservación del conjunto de la caja. La radiografía de las cuatro tapitas sueltas que se conservan muestra con más claridad los motivos incisos de doble rectángulo alrededor de los bordes denticulados producidos también por incisión. Igualmente, se perciben diversas pérdidas de material de superficie por corrosión además de fisuras rectilíneas, y alguna perforación por pérdida total de la masa metálica. Sólo una tapa conserva la asita primitiva y otra una de las piezas de sujeción del asa.

La caja está formada por diversas chapas, con delimitación interna de cuatro espacios. El conjunto presenta muy mal estado de conservación, apreciándose en las radiografías, aparte de roturas y considerables faltas de material, las huellas de un severo ataque por corrosión que se muestra en forma de picaduras y de superficies de distinto tamaño con diferentes tonalidades de densidad dependiendo de la severidad del ataque (Fig. 2). Se divisan, también, abundantes fisuras de trazo recto que, sin duda, fragilizan en gran medida el material.

La figura 3 es la imagen de la tapa deslizante. Esta imagen pone de manifiesto fracturas en los bordes y pérdida de abundante material, que muestra el consabido ataque de corrosión generalizada y por

picaduras, abundantes fisuras de diversos tamaños y zonas con diferente densidad radiográfica que indican espesores remanentes diversos de la chapa. Las líneas claras corresponden al adhesivo con el que se pegaron los distintos fragmentos.

Bibliografía

BOROBIA MELENDO, E.:

Instrumental médico-quirúrgico en la Hispania romana, Madrid, 1988.

CRUSE, A.:

Roman medicine, Gloucester Shire, 2004.

Hispania Antiqua. Da terra di conquista a provincia dell'Impero, catálogo de exposición, Roma, 1997.

Los bronceos romanos en Hispania, catálogo de exposición, Madrid, 1990.

MILNE, J. S.:

Surgical Instruments in Greek and Roman Times, Chicago, 1976.

VICENTE, J. V.:

«Análisis del material contenido en los compartimentos de un estuche médico romano procedente de excavación en la necrópolis oriental de Mérida», *Informe inédito, Instituto del Patrimonio Cultural de España*, Madrid, 2007.

VICENTE, J. V.:

«Análisis del metal en un estuche romano procedente de excavación en la necrópolis oriental de Mérida», *Informe inédito, Instituto del Patrimonio Cultural de España*, Madrid, 2007.

14 Bronce de Bembibre

Museo Provincial de León
(núm. inv. 1.999/28)
Castro del Chanillo,
Bembibre (El Bierzo, León)

Aleación de bronce ternario
(cobre, estaño y plomo).
24,4 × 15,3 × 0,2 cm.
Peso: 336 g
Año 15 a.C. Romano
Núm. registro IPCE: 21.303



Descripción

96 Placa rectangular de bronce ternario con un texto inciso en latín en el anverso. El borde se decora con un marco realizado con dos líneas incisas paralelas. En el centro del borde superior se encuentra una anilla de suspensión, decorada con cuatro círculos concéntricos incisos, para ser expuesta en público.

El texto jurídico, que consta de 27 líneas, escrito en letra capital, se divide en una pequeña introducción en la que se alude a los títulos del emperador Octavio Augusto, seguida de la decisión imperial (edicto) enunciada en dos apartados y una parte final en la que se hace referencia al lugar y fecha de expedición del documento (14 y 15 de febrero del año 15 a.C., en la antigua Carbona).

Esta *tabula* se enmarca en el contexto de las guerras cántabras surgidas de la dominación romana en el noroeste peninsular. En un clima de dura resistencia local, una población del grupo de los *Susarri*, los *Paemeiobrigenses* —*habitantes del castro Paemeiobriga*—, se mantuvo fiel a Roma. Por ello Augusto le otorga una serie de privilegios consistentes en la ampliación de su territorio en perjuicio de los vecinos y la concesión de una serie de privilegios que les eximía de algunas prestaciones de los deberes públicos.

Este tipo de honores concedidos por la voluntad del emperador a través de los *edicta* fue frecuente durante el proceso romanizador, en el que poblaciones indígenas leales son recompensados con cambios

de estatus jurídico (municipios, colonias), con homenajes públicos a personajes destacados (monumentos erigidos, epígrafes honoríficos, premios en metálico) o incluso con promociones a cargos de relevancia en los núcleos urbanos. Estos privilegios, en ocasiones, tenían una duración ilimitada.

La repercusión de este polémico documento radica en que arroja luz sobre la realidad geográfica del noroeste peninsular (lo que en la actualidad se identifica con Galicia, Asturias y Cantabria) y sus gentes. Se menciona la provincia *Transduriana*, desconocida hasta el momento, y objeto de controversia entre los investigadores ya que algunos la consideran una división provincial más de las tradicionales *Hispania Citerior (Tarraconense)* e *Hispania Ulterior (con dos provincias: Bética y Lusitania)* constituidas a partir del año 27 a.C., mientras otros aluden a una delimitación geográfica ubicada al norte del río Duero con cierta identidad dentro de la administración imperial.

Entre los bronce hallados en la misma zona, el más parecido estilísticamente es la *Tabula de Castrotao*, del Museo Provincial de Ourense, no obstante el edicto augusteo tiene la particularidad de tratarse del texto epigráfico más antiguo aparecido en el norte de España.

La pieza fue localizada por un particular en 1999 desconociéndose el lugar exacto de su descubrimiento, y por tanto su contexto arqueológico. Este hecho, además de su singularidad formal, ha hecho dudar a algunos investigadores de su autenticidad.

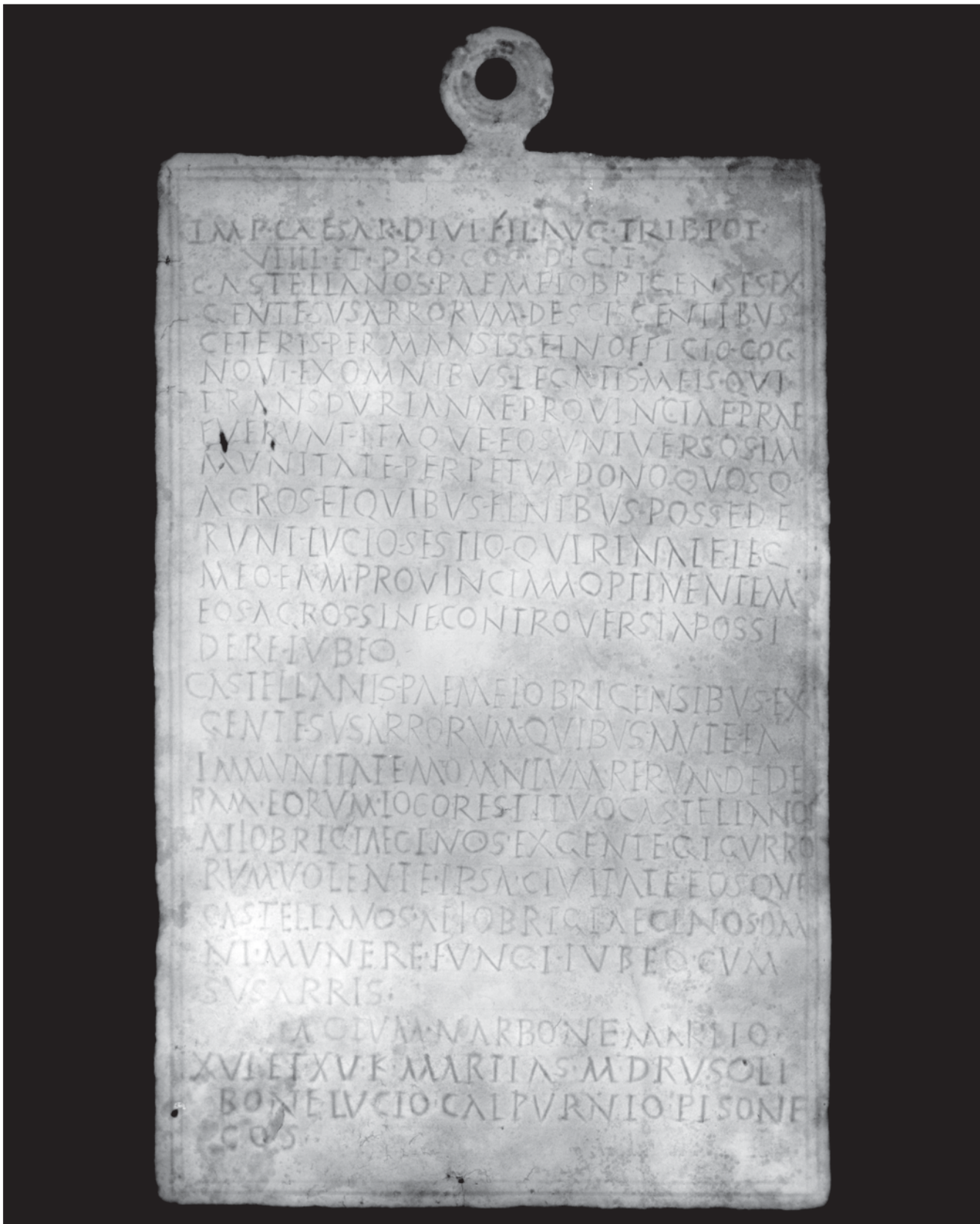
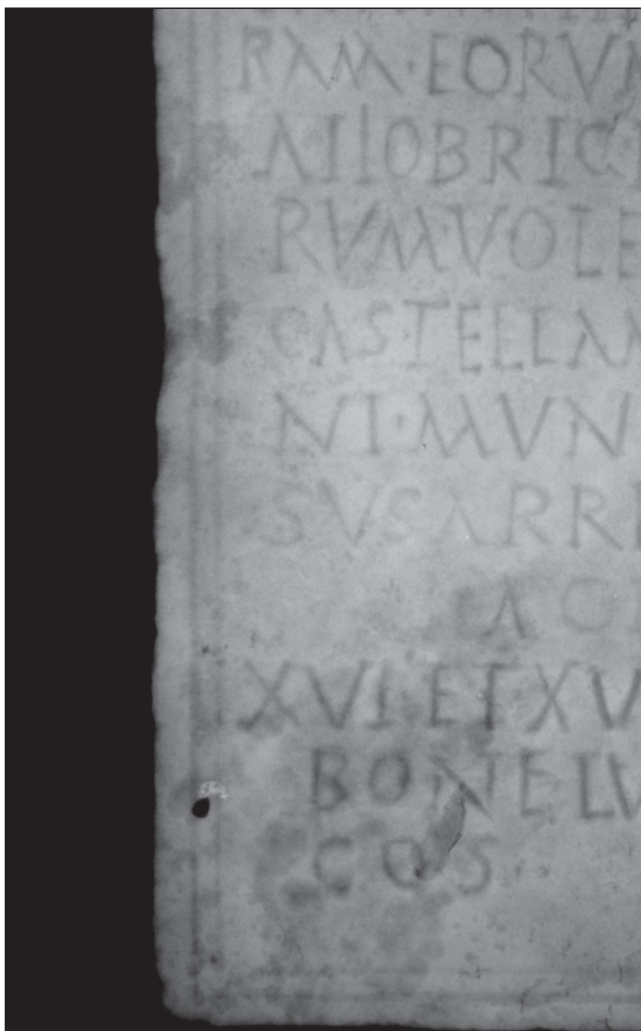
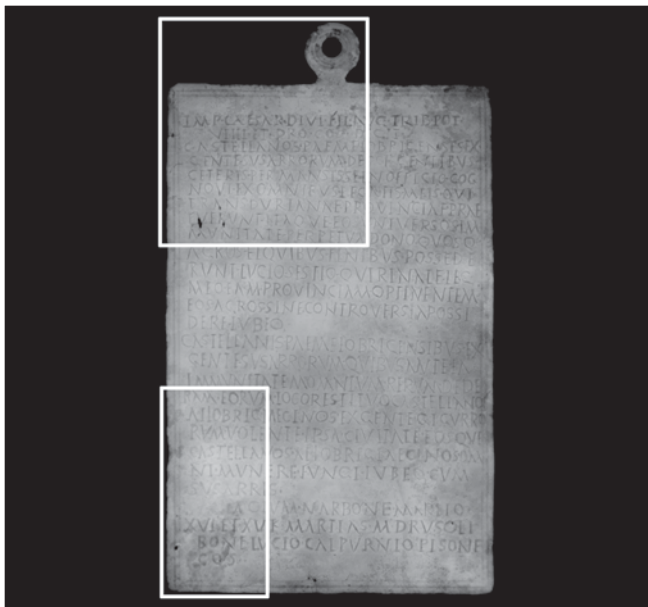


Figura 1. Vista general de la placa.



98

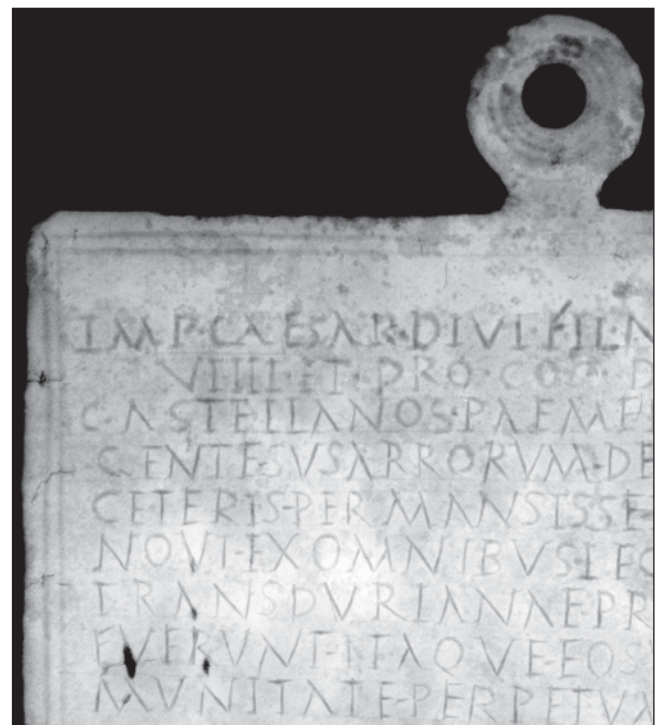


Figura 3. Escasos poros distribuidos aleatoriamente.

Figura 2. Aspecto de ligeras pérdidas de material por corrosión.

Comentario radiográfico

La radiografía de la pieza completa muestra una placa de forma rectangular que como sistema de suspensión tiene una gruesa anilla en la parte superior en continuación de la placa, y tres finos taladros uno centrado en la parte inferior y dos en el lateral izquierdo, cercanos a los ángulos (Fig. 1). La fundición es de notable calidad, con diferencias muy ligeras de densidad radiográfica que indican un espesor muy uniforme (Fig. 2). Únicamente en zonas cercanas a los bordes se acentúan estas diferencias debido a una mayor degradación por corrosión.

Como defectos más notables cabe reseñar un grupo de tres poros tubulares y otros aislados, estos últimos esféricos, muy escasos y distribuidos de forma aleatoria (Fig. 3). En algunas zonas de los extremos destacan fisuras que son mucho más acusadas en el orificio supe-

rior lateral izquierdo y en el orificio inferior; en éstos la fisuración es de desarrollo radial. Igualmente, en el cuello de la anilla de suspensión aparece el inicio de una fisura de desarrollo horizontal.

La ejecución, tanto de los caracteres epigráficos como de la decoración perimetral, fue muy cuidada ya que ha afectado muy poco al estado de conservación de la pieza; el deterioro más significativo achacable al citado trabajo, es una grieta en forma de T tumbada, situada en la octava línea en el *ductus* de una V.

Bibliografía

El bronce de Bembibre. Un edicto del emperador Augusto del año 15 a.C., Museo de León, Estudios y catálogos núm. 11, Valladolid, 2001.

Hispania romana. Desde tierra de conquista a provincia del imperio, catálogo de exposición, 1997, Madrid.

15 *Missorium*

Real Academia de Historia.
Madrid (núm. inv. 176)
Almendralejo (Badajoz)

Plata dorada.
74 cm de diámetro.
Peso: 13.350 g
S. IV-V. Romano
Núm. registro IPCE: A-4.879



100 Descripción

Pátera circular de plata sobredorada que representa, en altorrelieve, la fachada de una construcción (el *palatium*) con cuatro columnas de fuste estriado y capitel corintio, rematada con un arco de medio punto y enmarcado a su vez por un frontón triangular. En las enjutas, dos *putti* enfrentados portan en sus manos un tejido y flores. El edificio está flanqueado por dos parejas de personajes masculinos, representados en posición frontal, que portan escudo y lanza (la guardia personal germánica). Dentro del recinto arquitectónico se distinguen, también de frente, tres personajes masculinos entronizados con los pies apoyados sobre escabeles. Pese a que el personaje central (el emperador) es de dimensión superior a los otros dos, todos visten túnica bordada y clámide lisa recogida en sus hombros derechos, y están tocados con corona. Otro personaje masculino (un funcionario) recoge de manos del personaje central un documento de nombramiento (un *codicillum* o un *liber mandatorum*). Bajo la línea de exergo, un personaje femenino (*Tellum* o Tierra) con corona de laureles, recostada sobre su codo derecho apoya su cabeza

sobre la mano diestra y sostiene un cuerno de la abundancia lleno de frutos. A su alrededor se distinguen espigas y personajes infantiles alados que portan flores y cestos.

En el contorno, hacia dentro, una leyenda en relieve dice: *D[ominus] N[oster] THEODOSIVS PERPE[tuus] OB DIEM FELICISSIMVS X (decennaliu[m])*. El reverso es liso y aparece grabado: *MOC IN MET*, y el peso de la pieza en numeración griega: 15.344,7 g.

La interpretación de la fecha y lugar de fabricación del disco, así como la identidad de los personajes representados, varía en función del autor consultado pero parece que la propuesta más aceptada se decanta por Teodosio I, Valentiniano II y Arcadio, en torno al 388. Fabricada con la denominada técnica de fundición «a la arena» probablemente en taller imperial, quizás formó parte de una vajilla de lujo de varias piezas, regalo del emperador a un alto cargo militar o civil con motivo de alguna conmemoración o evento festivo.

Fue un hallazgo fortuito, el 25 agosto de 1847 en una tierra de labor, junto con otras tres piezas hoy desaparecidas. Se encontraba doblada por la mitad para ser probablemente fundida.

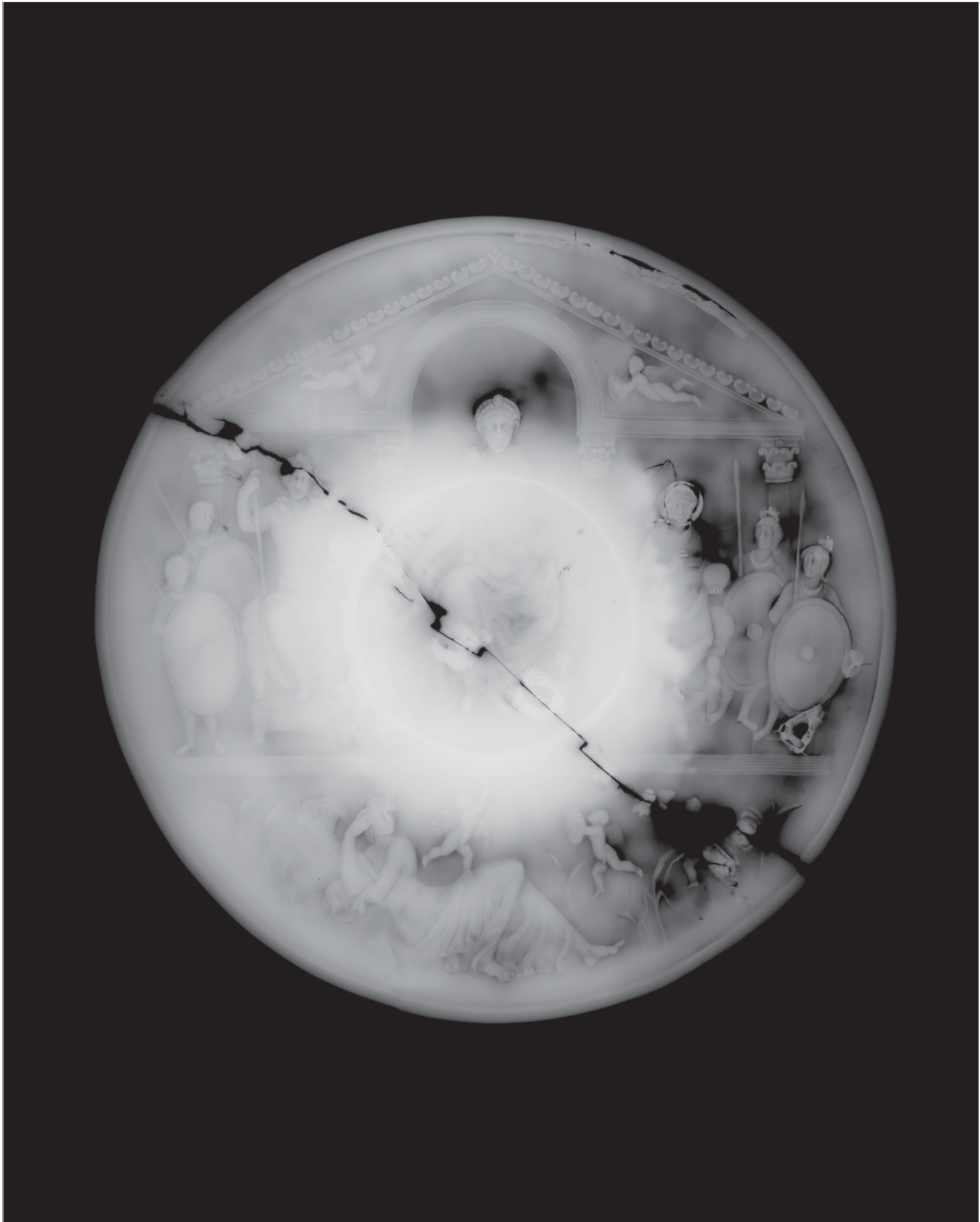


Figura 1. Imagen radiográfica general de la pieza.

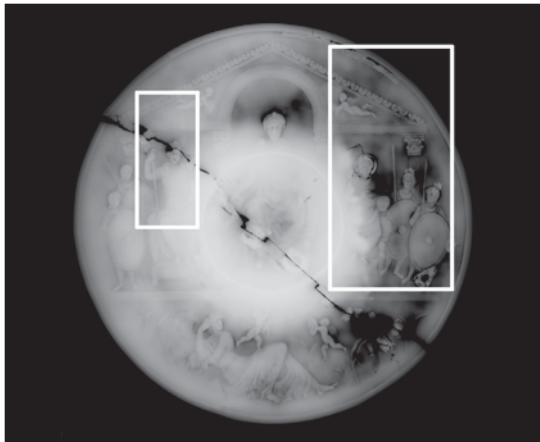


Figura 2. Plaquetas de unión de las dos mitades tras el hallazgo.

Figura 3. Líneas de fractura y puntos de soldadura en las cabezas de los lanceros.

Comentario radiográfico

La figura 1 muestra diversas densidades radiográficas que indican diferentes espesores de pared, siendo mayores en la mitad izquierda que en la derecha. En torno al pie anular, en una amplia banda bastante uniforme, también se manifiesta un considerable sobreespesor que queda muy bien definido en la radiografía.

En sentido transversal a la zona de rotura se ven unas láminas de diversos tamaños que, soldadas, unen las dos mitades (Fig. 2). En algunas partes se aprecian pequeñas grietas.

En las cabezas de los lanceros aparecen líneas de fractura que se intentaron fijar con dos puntos de soldadura (Fig. 3). También se emplearon en dichos refuerzos pequeñas láminas poligonales.

El personaje que se halla junto a los lanceros muestra una fractura completa de la cabeza de la que parte además una fisura en ángulo recto; la lámina empleada para su corrección parece una orla que la rodea casi en su totalidad. En el escudo más cercano al borde, centrado en el extremo derecho, se detecta un depósito o punto de soldadura, de plata como todos ellos, de mala calidad, que intenta fijar la mitad derecha cuyo borde se halla longitudinalmente agrietado. En la parte inferior de este escudo vemos un cordón triangular de solda-

dura de muy baja calidad, con abundante porosidad y fisurado en sus lados inferior e izquierdo. Todos estos defectos que se intentaron corregir posteriormente se deben al muy escaso espesor de material en esta mitad derecha y, probablemente, a una fundición con el caldo a menor temperatura de la adecuada.

El reborde superior derecho, cerca de la parte más alta del frontón, muestra una rotura longitudinal a dicho reborde y un cordón de refuerzo de soldadura que intenta unir dicha grieta entre la parte interna del reborde y el cuerpo del disco. Este cordón de soldadura ofrece abundante porosidad en buena parte de su longitud. También en esta mitad se observan, en algunas zonas, pequeñas grietas similares a las antes mencionadas.

Bibliografía

- Bizancio en España. De la Antigüedad tardía a El Greco*, catálogo de exposición, Madrid, 2003.
- VV.AA. *El Disco de Teodosio*, Madrid, 2000.
- Entre dioses y hombres*, catálogo de exposición, Madrid, 2008.
- Hispania romana. Desde tierra de conquista a provincia del Imperio*, catálogo de exposición, Madrid, 1997.
- Hispania romana. El legado de Roma en el año de Trajano*, catálogo de exposición, Zaragoza, 1998.

16 Broche de cinturón

Museo Arqueológico Nacional.
Madrid (Caja 32 núm. 1.
[Sobre sala 2.^a vit. 14
entrepaño 2.^o Villel,
sep. 42 p. 75 y 72])
Castiltierra (Segovia)

Material base cobre.

12 × 6 cm. Peso: 169,4 g

S. VI-VIII. Tardorromano/visigodo

Núm. registro IPCE: 21.652/1



104

Descripción

Broche de cinturón formado por una placa rectangular articulada por medio de una charnela a una hebilla oval con decoración lineal y aguja ornada con un cabujón hoy perdido. La placa presenta en su cara anterior, mediante incisión y de forma esquemática, un animal cuadrúpedo (carnicero) rodeado por un marco que contiene, alternándose, hojas de vid y piñas/racimos unidos por una rama que ondula entre ellas. Esta pieza formaba parte de uno de los extremos de la tira de cuero de la correa con que se ceñía la túnica.

Este tipo de broches abundan a partir del período arriano (s. VI) previo a la conversión de Recaredo al catolicismo en el año 586 y se localizan en su mayoría en las necrópolis del área meseteña. En este contexto formaba parte de la indumentaria del difunto, enterrado en una fosa simple de inhumación, junto con otras piezas pertenecientes a la to-reútica visigoda como fibulas, collares, pendientes, sortijas, *bullae* (amuletos), etc. Esta joyería tiene una marcada influencia romana por lo que es un claro ejemplo de cómo ciertos modelos del pasado pueden pervivir en el tiempo y ser reinterpretados con elementos iconográficos de carácter cristiano.

La pieza objeto de estudio pertenece a la necrópolis de Castiltierra, localidad cercana a Sepúlveda (Segovia), donde se exhumaron entre los años cuarenta y cincuenta del siglo pasado más de medio millar de enterramientos. Este hecho indica que dicho cementerio tuvo un uso continuado y dilatado en el tiempo. Piezas similares se han hallado en otros yacimientos funerarios como el de Herrera del Pisuerga (Palencia), Carpio de Tajo (Toledo), Tiermes (Soria), Poveda de la Sierra y Azuqueca (ambos en Guadalajara), algunas de ellas están custodiadas en el Museo Arqueológico Nacional (Madrid). Todas se caracterizan por hallarse formadas por placas constituidas a base de superponer hasta tres láminas metálicas y en algún caso tienen las hebillas con decoración repujada.

En el Museo Lázaro Galdiano (Madrid) se conservan broches muy similares, decorados con animales enmarcados con una cenefa vegetal; se creen falsos.

Sin duda, los broches de cinturón más conocidos de época visigoda son los decorados con un mosaico geométrico de celdillas rellenas de pasta vítrea normalmente en torno a uno o varios cabujones centrales, o los de forma aquiliforme, ambos coetáneos al ejemplo más modesto aquí citado.

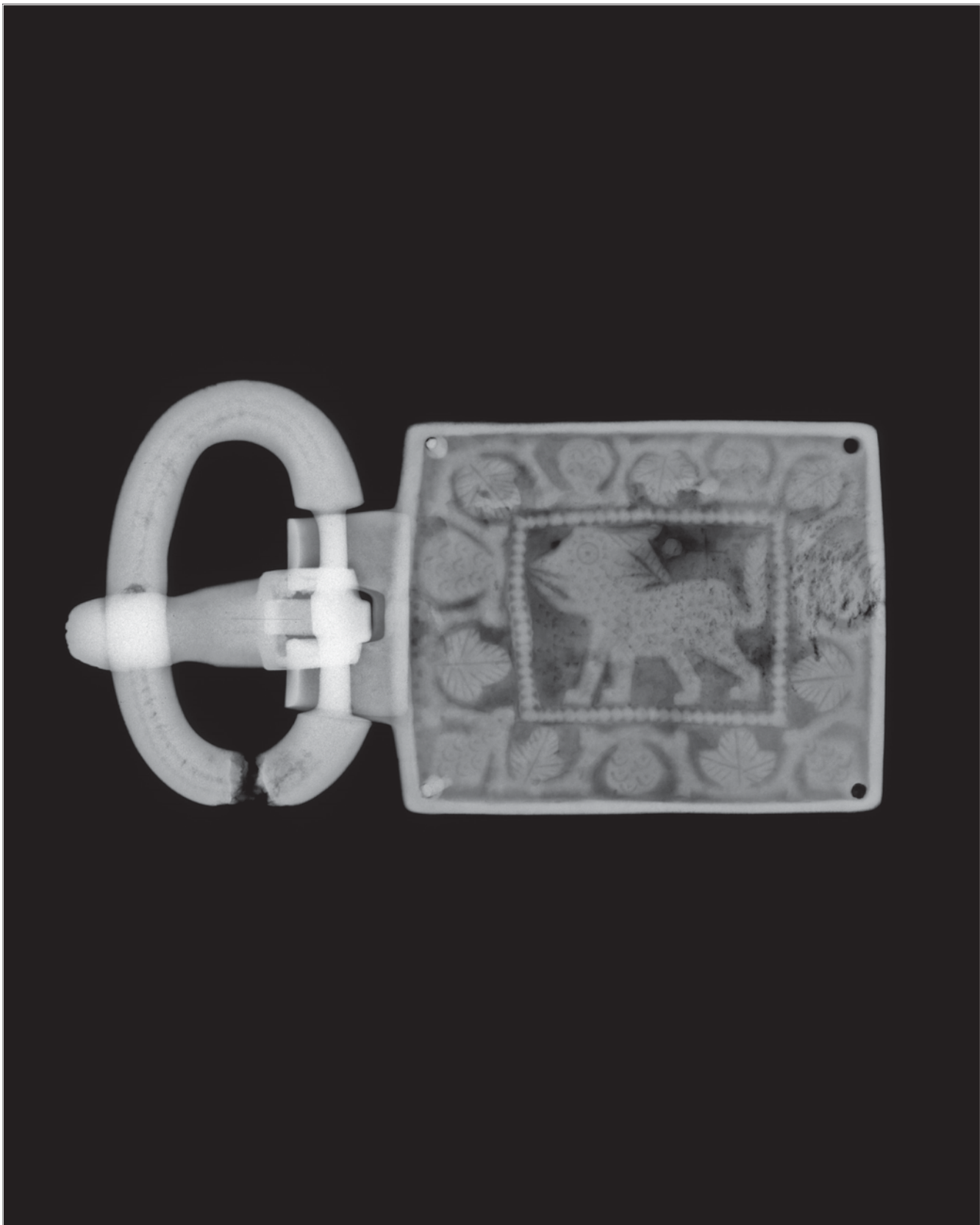


Figura 1. Vista constitutiva del conjunto del broche.

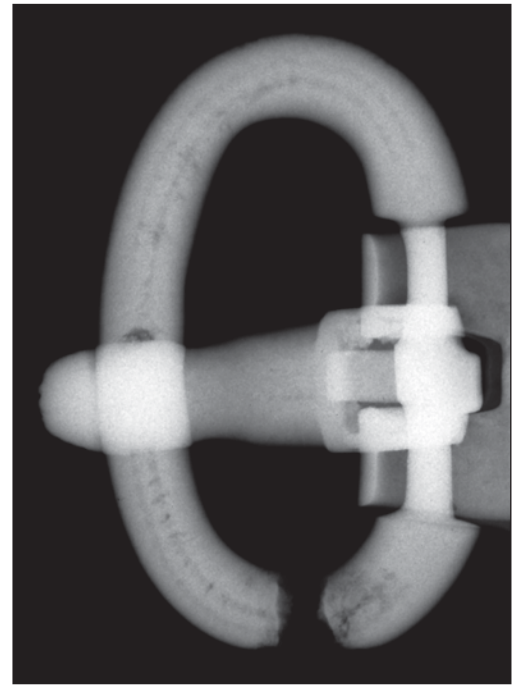
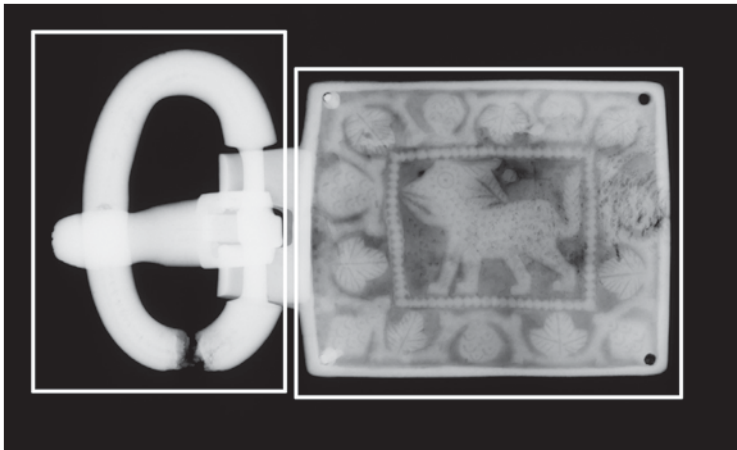


Figura 2. Detalle de la anilla.

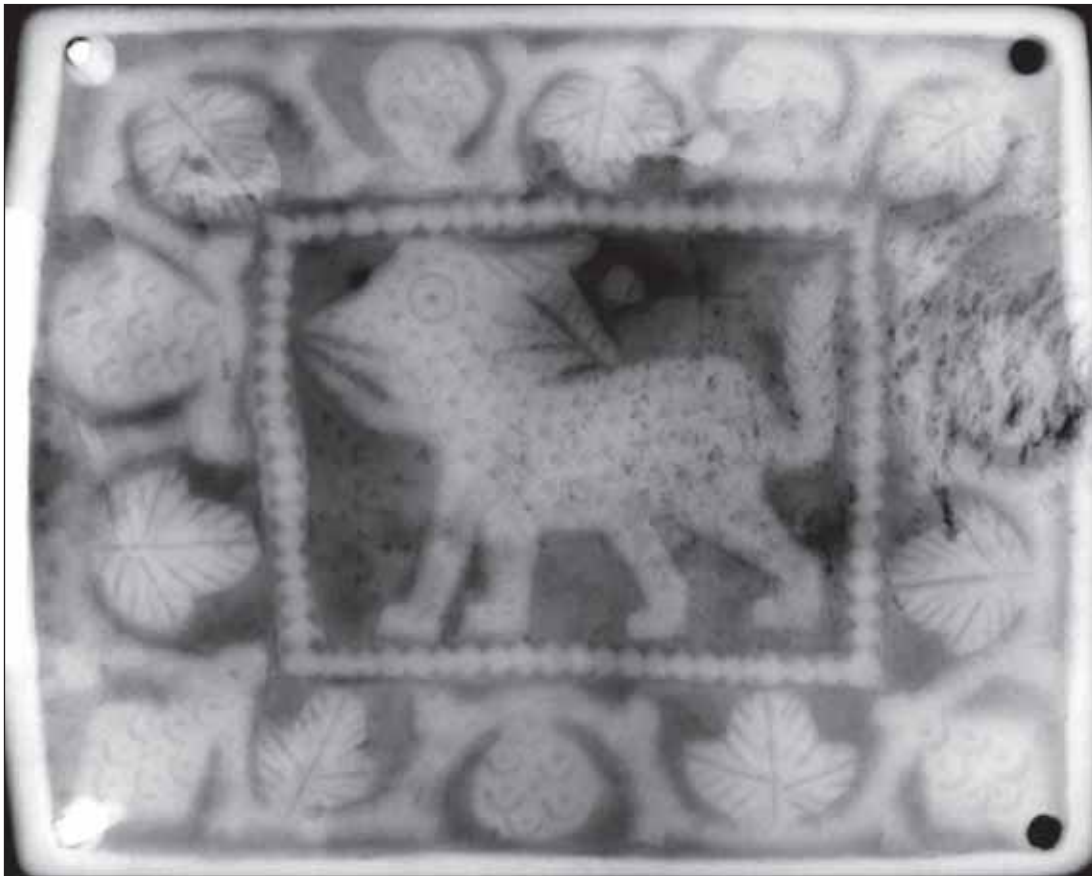


Figura 3. Aspecto radiográfico de la placa decorada.

Comentario radiográfico

Como puede verse en la figura 1, el broche está constituido por la hebilla y dos placas metálicas, ornamentada la exterior y sin decoración la interior. Entre ambas, para conseguir el grosor adecuado, se colocó una placa de material disímil y se fijaron todas mediante cinco remaches, cuatro en los ángulos y uno en el centro, de los que quedan tres. Junto al remache central aparece un motivo inciso cruciforme.

En la anilla de la hebilla (Fig. 2) se aprecian longitudinalmente alineaciones más oscuras correspondientes a motivos decorativos incisos. También se observa en la parte inferior pérdida total de material, con los bordes irregulares, fenómeno que se debe a la corrosión del metal, probablemente por contacto con otro más noble.

La fundición de esta hebilla es de muy buena calidad.

En lo que corresponde a la placa decorada (Fig. 3) se manifiestan fundamentalmente en el lado derecho, en la parte central y alrededor del remache del centro, unas zonas muy definidas de diversas densidades radiográficas. Ello se debe a la pérdida de material en el interior, entre ambas placas, por un fenómeno de severa corrosión originado por la formación del par galvánico.

Bibliografía

PALOL, P. y RIPOLL, G.:

Los godos en el occidente europeo: ostrogodos y visigodos en los siglos V-VIII, Madrid, 1988.

Catálogo on-line: www.flg.es/bus_listado.asp

17 Espada llamada *Tizona*

Catedral de Burgos
Taller andalusí.
Herencia del marqués de Falces

Acero y madera.
Longitud máxima: 93 cm.
Ancho máximo hoja: 4,5 cm.
Peso: 1.150 g
Año 1002. Alta Edad Media
Núm. registro IPCE: D-2.605

Descripción

Espada larga de acero con hoja recta de doble filo, punta ligeramente redondeada, vaceo central hasta la mitad y guarnición formada por puño corto de madera, gavilanes con decoración vegetal calada hasta cubrir el inicio de los filos de la hoja y pomo piriforme aplanado también calado. Uno de los vaceos reza en latín *AVE MARIA GRATIA PLENA DOMINUS MECUM* y en el opuesto otra inscripción en castellano antiguo dice *IO SOI TISONA FUE FECHA EN LA ERA DE MILE QUARENTA*.

Según la tradición, esta es una de las famosas espadas que perteneció en vida a Rodrigo Díaz de Vivar, conocido como el Cid. La primera referencia escrita está en el *Cantar del Mio Cid* donde se dice que fue arrebatada al rey almorávide Búcar de Marruecos tras darle muerte el Cid con la *Colada* en las playas de Valencia. Siguiendo la misma fuente, posteriormente son regaladas como dote a sus dos hijas doña Sol y doña Elvira, pero tras abandonarlas los infantes de Carrión —sus esposos—, el Cid reclama su propiedad al rey. Una vez devueltas, la *Tizona* es regalada a su sobrino don Pedro Bermúdez, mientras la *Colada* la regala a su vasallo Martín Antolínez.

Desde entonces, los especialistas no se ponen de acuerdo en el modo en que llegó a manos de la reina Isabel la Católica, puesto que la siguiente mención está en el inventario realizado en el año 1503, por parte de Gonzalo de Bricio, de las armas



custodiadas en el Alcázar de Segovia. Entre los años 1560 y 1621, Fray Prudencio de Sandoval, en su *Crónica de los Reyes de Castilla y León*, alude a la cesión de la espada por parte de Fernando el Católico al Marqués de Falces como premio a los servicios prestados durante la conquista de Granada. Esta propiedad permanece hasta la Guerra Civil de 1936, fecha en la que se pierde su pista. Tras la contienda es recuperada e ingresa como depósito en el Museo del Ejército (Madrid) desde 1944.

Con motivo del traslado de la sede del museo a Toledo el propietario, el actual marqués de Falces, puso a la venta la pieza. Finalmente, tras el rechazo del Ministerio de Cultura fue comprada por un valor de 1,6 millones de euros por la Junta de Castilla y León y la Cámara de Comercio e Industria de Burgos en 2007. En la actualidad se encuentra depositada en la Catedral de Burgos, lugar donde se hallan los féretros del Cid y de su esposa Jimena.

Pese a que el arma tiene una fecha (era 1040, que en realidad corresponde con el año 1002) la mayoría de autores coincide en que la fecha aproximada de la empuñadura está más cercana a las espadas del siglo xv que a las medievales. No obstante la hoja, de factura excepcional, parece del siglo xi, por lo que formaría parte de una espada tizón o tizona de procedencia andalusí, por tanto compatible con la época del Cid. Siglos más tarde se marcaron las inscripciones que conocemos.

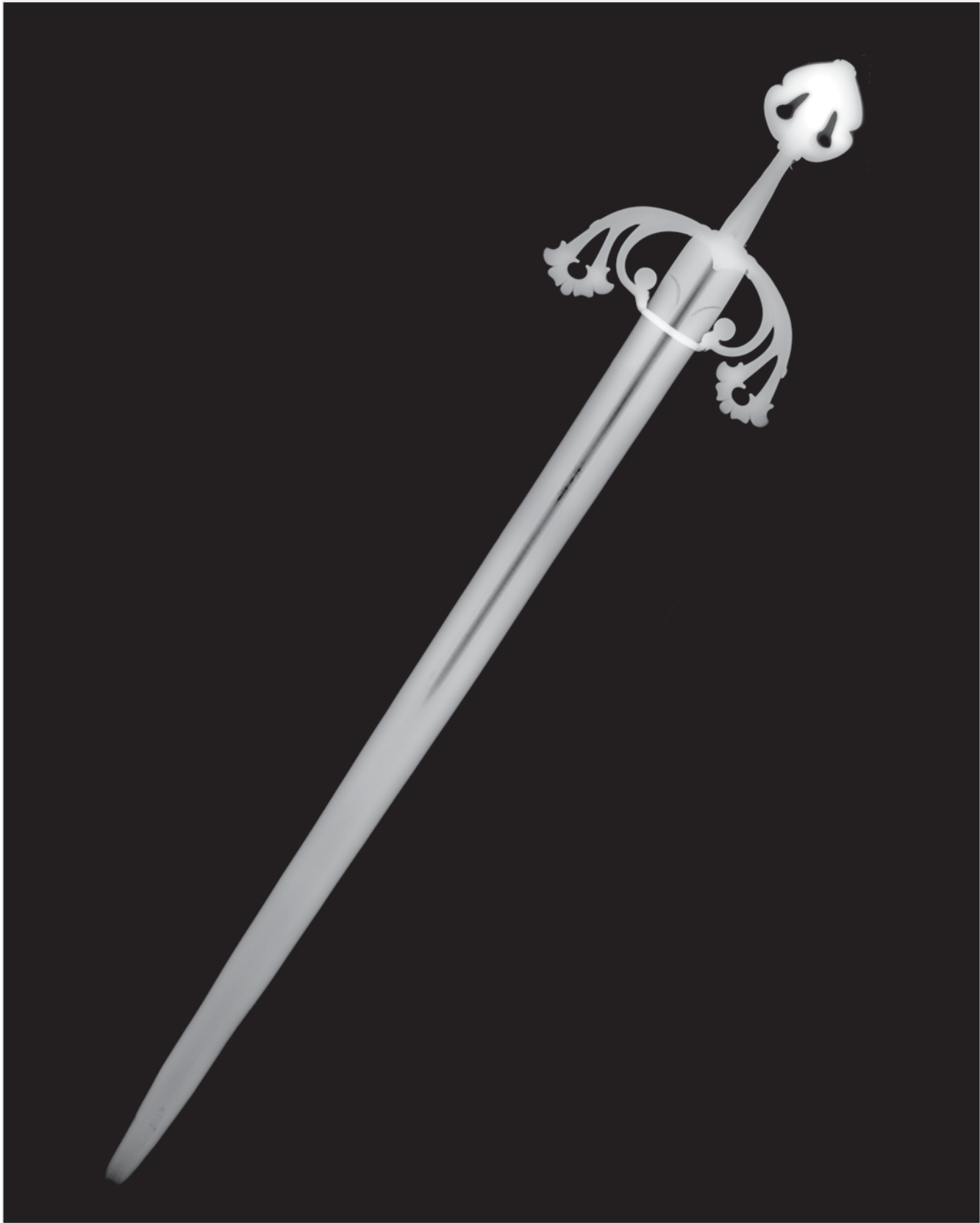
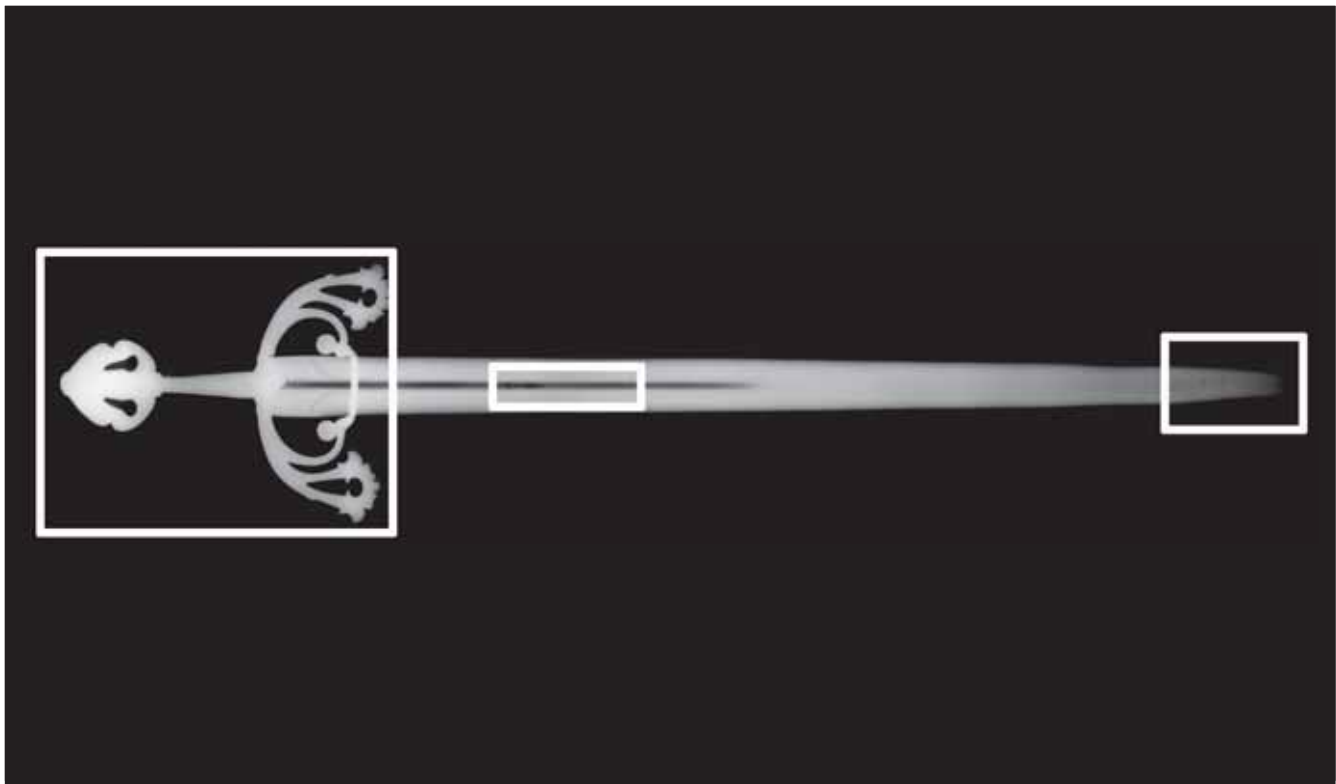


Figura 1. Imagen radiográfica general del arma.



110



Figura 2. Detalles en uno de los vaceos.

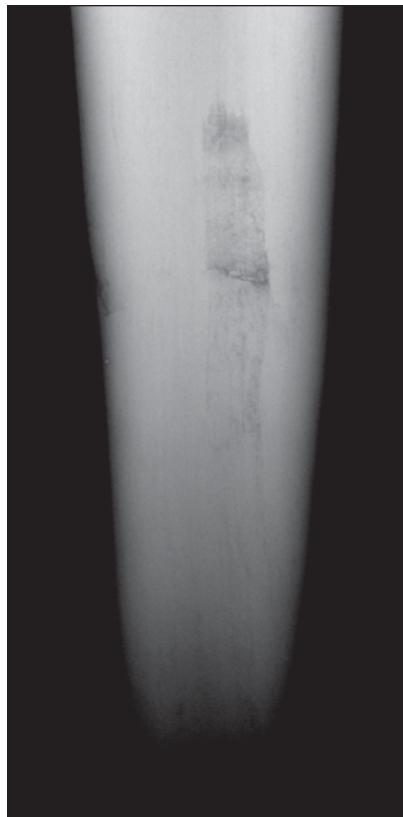


Figura 3. Aspecto de los defectos producidos en la reparación de la hoja.

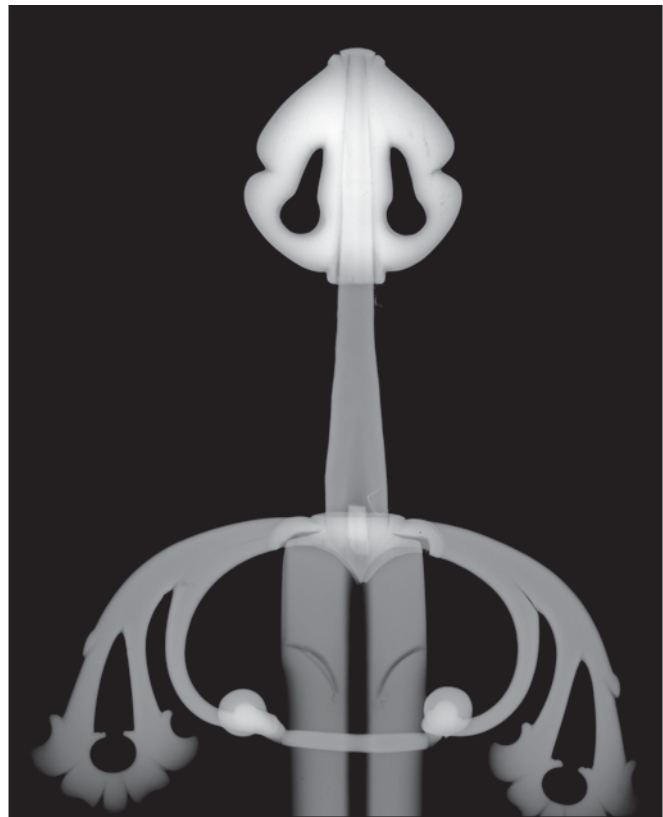


Figura 4. Vista radiográfica del conjunto de la empuñadura.

Comentario radiográfico

La zona superior de la hoja (Figs. 1 y 2) de aspecto muy homogéneo, permite observar con claridad uno de los grabados existentes en un vaceo. También se aprecian pequeños tramos longitudinales que corresponden a pliegues de forja.

En el tercio inferior de la citada hoja, al tiempo que ésta se estrecha progresivamente, las líneas de forja y de escoria se hacen más nítidas. Ésta revela un estrechamiento lateral indicativo de que sufrió un doblado que se corrigió mediante un nuevo tratamiento de martillado en caliente. Visualmente se observa en dicha zona una grieta transversal que radiográficamente se muestra como una cavidad interior mucho más considerable (Fig. 3).

La espiga de la hoja tiene aspecto piramidal truncado (Fig. 4). La empuñadura, constituida por el pomo fijado con un tapón, presenta fisuras probablemente producidas en la colocación. Ambos gavilanes muestran fisuras longitudinales entre éstos y las piezas de forma circular que los cierra por debajo. En el puño dos hilitos muy claros son restos del hilo embellecedor (torzal) que lo cubrió, posiblemente oro u otro metal noble dada su elevada absorción radiográfica.

Mediante la radiografía se ha podido determinar que la guarnición está constituida por un conjunto de, al menos, ocho piezas.

Bibliografía

CABEZÓN, M. L.:

La Tizona. Espada del Cid Campeador, Informe inédito, Museo del Ejército (Madrid), sin fecha.

«Castilla y León adquiere la espada Tizona por 1,6 millones de euros», en *abc.es* del día 23/05/2007.

«Castilla y León compra la espada del Cid», en *elpais.com* del día 24/05/2007.

DUEÑAS, G.:

«Las espadas nazaríes: entre el arma y la joya», en OLLERO y RAMOS (ed.), *Tesoros del Museo del Ejército*, Madrid, 2007.

«El Museo de Burgos defiende la compra de la Tizona y Cultura cree que es falsa», en *elmundo.es* del día 25/05/2007.

«La Tizona y un hueso del Cid, grandes atractivos de la exposición de Burgos», en *nortecastilla.es* del día 18/09/2007.

MARTÍN COSTEA, A. *et alii.*:

Informe radiográfico de la espada denominada Tizona, informe inédito, Instituto del Patrimonio Cultural de España (Madrid), 1993.

18 Relicario

Museo de la Real Colegiata
de Roncesvalles, Navarra
Montpellier (Francia)

Plata dorada, madera,
cristal de roca y esmalte.

47 × 57 cm.

Mediados del s. XIV. Baja Edad Media

Núm. registro IPCE: 20.582



112

Descripción

Tablero rectangular de alma de madera recubierto de láminas de plata. Está constituido por sesenta y tres casillas, distribuidas en siete filas horizontales, en las que alternan las que se decoran con esmalte sobre plata y las que se protegen con cristal de roca (más anchas). Éstas últimas encierran diferentes tipos de reliquias, cuya procedencia e incorporación se desconoce —quizá procedentes de diversos lugares de peregrinación—, con etiquetas a la vista y conservadas en envoltorios de tela dorada. El conjunto del tablero se enmarca con veinte escenas que representan a diferentes personajes del Antiguo Testamento y apóstoles presididos en su parte inferior por dos escenas que plasman el martirio de San Esteban.

Los colores que predominan en el esmalte son el naranja, el verde y el morado sobre un fondo azul muy vivo.

Según Martín y Heredia, el programa iconográfico es una síntesis del tema de la Redención del hombre, desde la Anunciación hasta el Juicio Final.

Esta obra, conocida popularmente como el *Ajedrez de Carlomagno*, procede del taller de Montpellier por la marca que aparece en uno de los laterales del marco: *MOP*. Su cronología oscila entre 1340 y 1382.

Hay que tener presente que entre los siglos XIV y XV Navarra fue un pequeño reino vinculado a Francia por razones políticas; este hecho explicaría el ingreso de esta pieza en la colegiata procedente de un encargo.

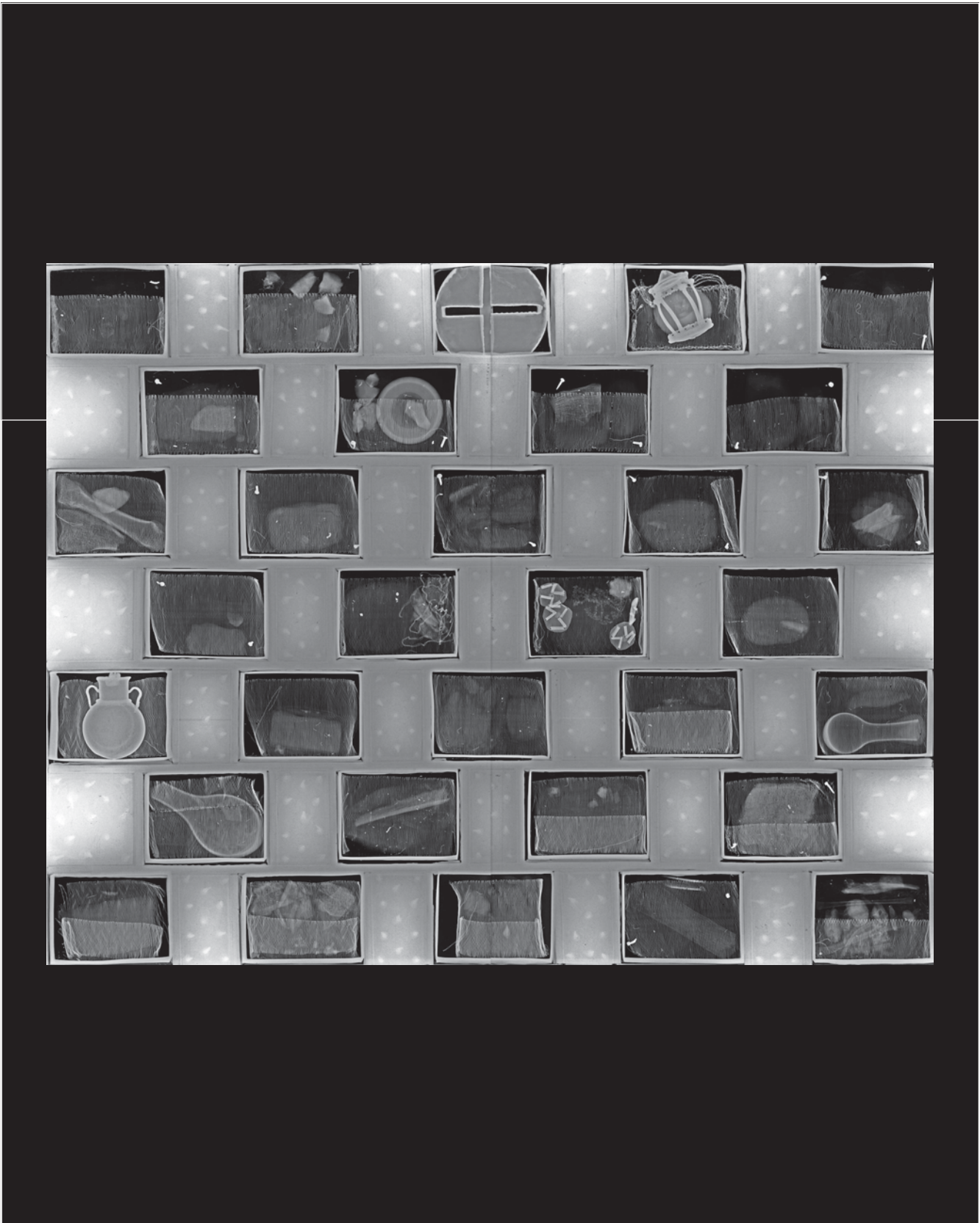


Figura 1. Radiografía tratada digitalmente del conjunto de la pieza.

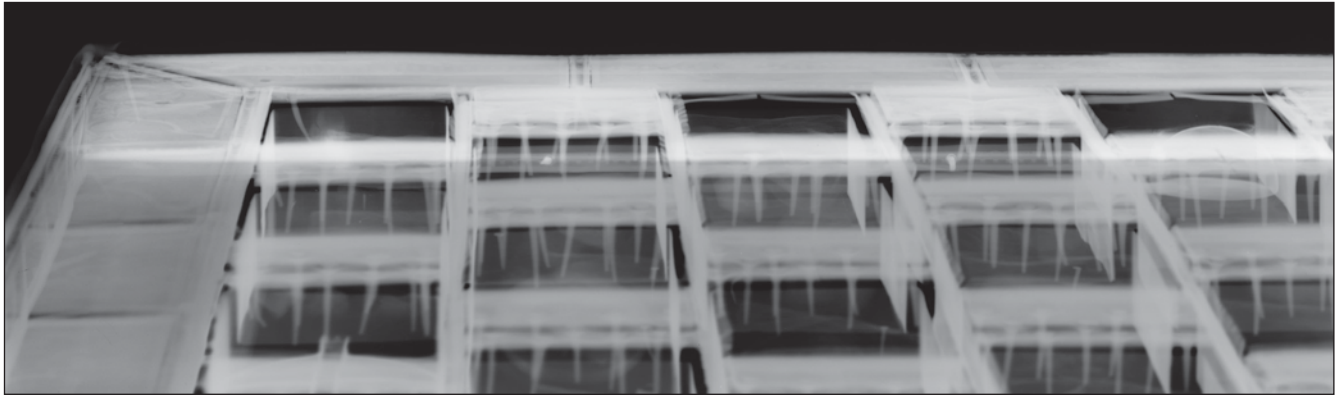


Figura 2. Vista oblicua en la que se aprecia el sistema constructivo.

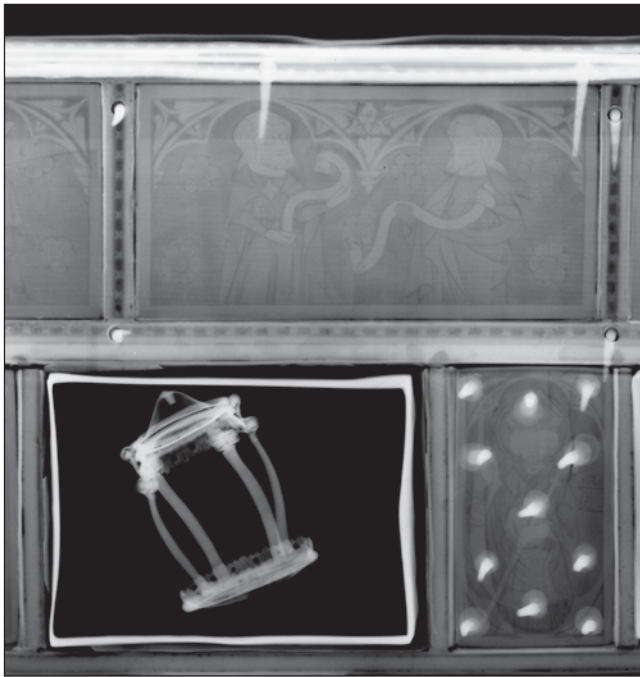


Figura 3. Disposición de algunos componentes.

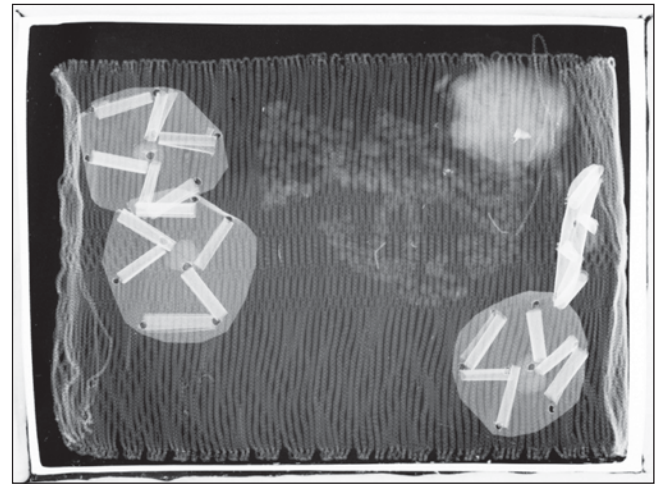


Figura 4. Detalle de conjunto de una de las casillas.

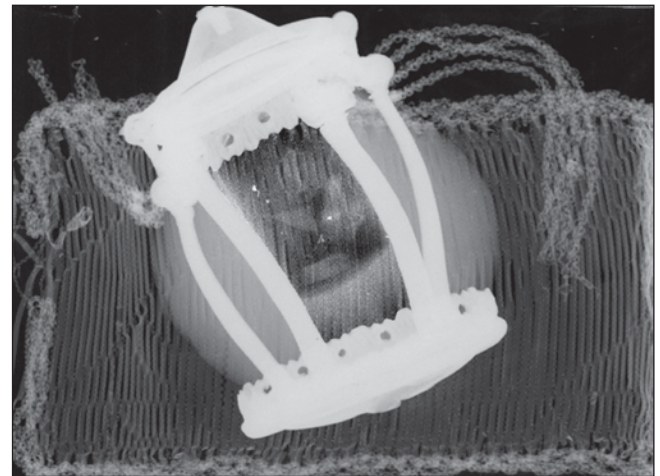


Figura 5. Detalle de otra de las reliquias.

Comentario radiográfico

En este caso, debido a la gran diferencia de absorción radiográfica de los distintos elementos constitutivos de la obra, se hicieron dos radiografías de vista general con dos tipos de exposición diferentes. En una se trataba de averiguar el contenido de las casillas y en la otra el trabajo del metal. Para la presente obra se ha tratado digitalmente una radiografía que sea representativa de los dos aspectos antedichos (Fig. 1). En el segundo caso se evidenció un sistema constructivo bastante complejo (Fig. 2); en alguna imagen de detalle (Fig. 3), se aprecia claramente el marco de madera totalmente recubierto por los esmaltes. Los extremos, en su totalidad, quedan disimulados por plaquitas rectangulares de plata con decoración de cordoncillo que, además de disimular las uniones, fijan los esmaltes mediante el claveteado de las chapas peri-

metrales externas se fijan del mismo modo con clavos de mayor longitud.

En el interior de las casillas, de menor absorción radiográfica, se observan cajitas que contienen una o varias reliquias cubiertas por un tejido en el que algunos hilos son entorchados (Figs. 4 y 5). Los espacios entre ellas se encuentran ocupados por plaquitas de esmalte de formas tendentes a cuadradas o rectangulares fijadas, cada una, por múltiples clavos; éstas también se hallan sobre espacios limitados por cajitas.

Bibliografía

MARTÍN, M.L.:

Esmaltes en España, Madrid, 1984.

Obras maestras recuperadas, catálogo de exposición, Madrid, 1998.

19 Casco

Instituto Valencia de Don Juan.
Madrid (núm. inv. 3.101)
Procedencia desconocida

Acero, oro y plata.

49 × 23 cm.

Peso: 2.270 g

S. XV (1444-1446). Bajomedieval islámico

Núm. registro IPCE: 22.897/35



116

Descripción

Almete de acero gallonado con remate cónico, protector nasal exento y malla de cadena que pende del borde inferior (alpartaz). El casquete se decora con dos frisos lisos, uno en la parte superior y otro en la inferior, que contienen inscripciones arabescas damasquinadas en plata sobre fondo dorado.

De ambos arranca una decoración vegetal incisa y damasquinada en oro y plata que se extiende hacia el centro. La cimera, de forma cónica, se remata con una pieza poligonal y un elemento tubular, donde se colocaría el penacho perdido en la actualidad.

En el borde inferior, correspondiente a la parte frontal del casco, se forman dos arcos que coinciden con la forma de los ojos, y entre ambos se adosa un

protector nasal plano que se adapta a la curvatura con el extremo superior piriforme ornado también con arabescos.

Sabemos que fue fabricado por *Alí Ibn Qa lu Med*, para el sultán *Mubammad II*, más conocido como *Mehmet II El Conquistador*, puesto que así lo expresa la grafía de la parte frontal del casco. Este apodo se debe a que fue el responsable del asedio —durante un mes y medio— y posterior toma de Constantinopla, capital del Imperio Romano de Oriente o Imperio Bizantino, el 29 de mayo de 1453. Al día siguiente, la ciudad pasó a denominarse Estambul.

Apenas se conocen datos de la procedencia o del contexto arqueológico, salvo que fue adquirido en el mercado de antigüedades.

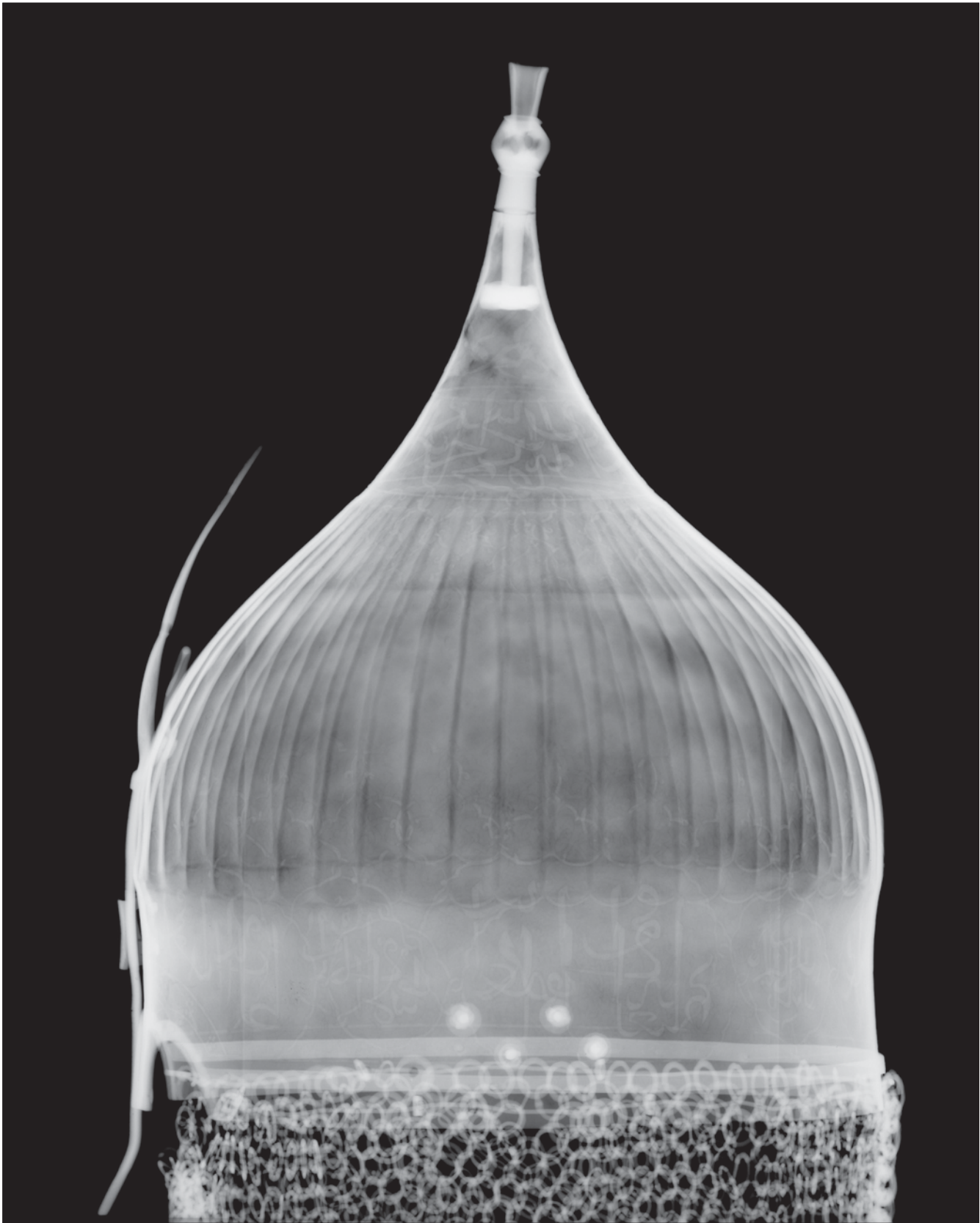


Figura 1. Imagen general del casco.

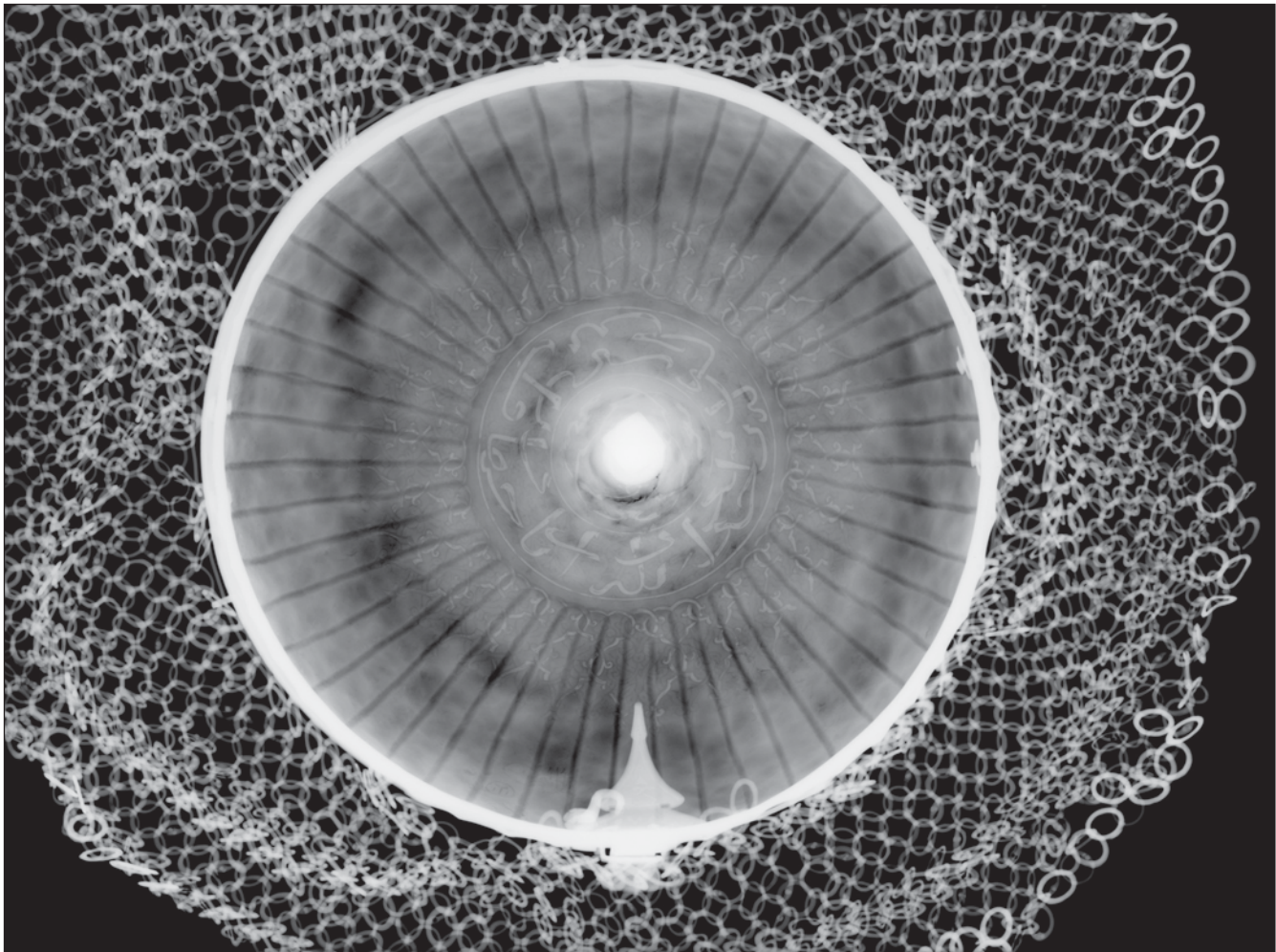


Figura 2. Vista cenital desde el interior.

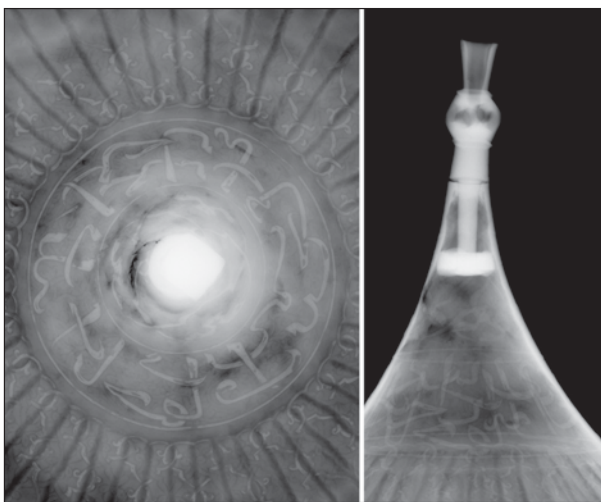


Figura 3. Sistema constructivo del remate del casco y defectos inducidos.

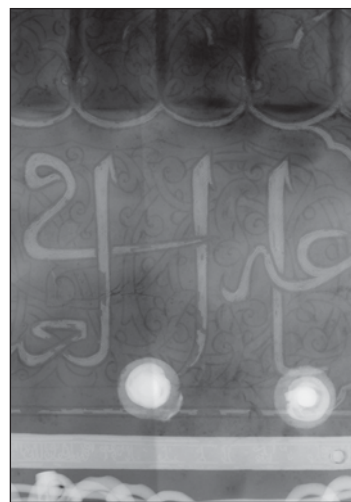


Figura 4. Dos de los remaches y un grupo de fisuras.



Figura 5. Ampliación de los motivos incisos identificativos del casco.

Comentario radiográfico

En la imagen radiográfica general del casco destacan los distintos elementos que lo conforman: el remate, el protector nasal y la malla colgante que lo circunda (Fig. 1).

En la vista cenital del casco (Fig. 2) se aprecia, en una amplia banda irregular, una zona de menor densidad radiográfica que se corresponde con un área de menor espesor de material producido durante su conformado por batido.

Este mismo defecto se produce en la parte superior, en la que también vemos una grieta de contornos irregulares, producida al fijar el remate en la compresión con la pieza interior (Fig. 3).

En el extremo inferior del casco, a derecha e izquierda, se ven dos grupos de dos remaches cada uno, y cada remache con una arandela; asimismo, se aprecia un grupo de fisuras producto del conformado por batido del casco (Fig. 4).

Además, la figura 2 permite observar la disposición del remate con su pieza interior de fijación, así como, en detalle, los diversos elementos que constituyen el protector nasal. A la izquierda del citado protector se ven, incisos, los dos motivos que se identifican como «... las armas de Mohamed II y la armería...» (Fig. 5).

Bibliografía

- Los Reyes Católicos y Granada*, catálogo de exposición, Granada, 2004.
- Mediterraneum. Splendour of the Medieval Mediterranean. 13th-15th Centuries*, catálogo de exposición, Barcelona, 2004.
- SÁNCHEZ CATÓN, F. J.:
Catálogo de las pinturas del Instituto Valencia de Don Juan, Madrid, 1923.

20 Matrimonio desigual

Museo Lázaro Galdiano.
Madrid (núm. inv. 2.022)
Francisco de Goya y Lucientes
(atribuido).
Herencia de Francisco de Goya

Óleo sobre plancha
de material base cobre.
0,32 × 0,41 cm
S. XIX (ca. 1819)
Núm. registro IPCE: S/N (sin número)



120

Descripción

Plancha rectangular metálica sobre la que se plasma al óleo una escena de carácter costumbrista que se desarrolla en el interior de un recinto eclesiástico; en el centro una pareja de novios arrodillada frente a un altar recibe el sacramento de manos de un sacerdote ayudado por un monaguillo colocado a su izquierda, de pie. En el ángulo inferior izquierdo, detrás del grupo central, se arrodilla otro personaje masculino. En la pared del fondo se concentran esbozados otros asistentes a la ceremonia, y sobre ellos una ventana deja pasar la luz del sol que incide sobre los protagonistas. Los recién casados visten indumentaria típica goyesca y el velo nupcial cubre sus hombros.

Esta pintura ha recibido otras denominaciones como *Matrimonio ridículo* o *Boda grotesca*, ya que el pintor muestra un matrimonio por interés entre un novio casi anciano y una novia muy joven. La representación de escenas de crítica social fue habitual en la época, y muy especialmente en pintores de la talla de Goya y su entorno.

Se conocen copias y versiones muy similares de esta obra como el pequeño lienzo del Museo Romántico (Madrid) o como la del Museo del Louvre (París), esta última sobre hojalata. El pequeño formato, el soporte (plancha de cobre o de hojalata), la disposición de los personajes, la luz y el ambiente donde se desarrolla la escena recuerda a un conjunto de obras —muchas de mano de Goya y otras réplicas o copias de Eugenio Lucas, Mariano Fortuny y coetáneos— como *La misa de parida* (Museo Lázaro Galdiano, colección privada), *La comunión* (Clark Art Institute de Washington) o incluso *La última comunión de San José de Calasanz* (Museo Bonnat de Bayona).

Pese a que algunos investigadores no la atribuyen a Goya, perteneció a la familia del pintor; fue heredado por su hijo Javier, y posteriormente adquirido por varios coleccionistas, y más tarde comprada por José Lázaro Galdiano en una fecha anterior a 1913. La obra sufrió en 1863 un proceso de restauración en el que se decidió incorporarle un engatillado.

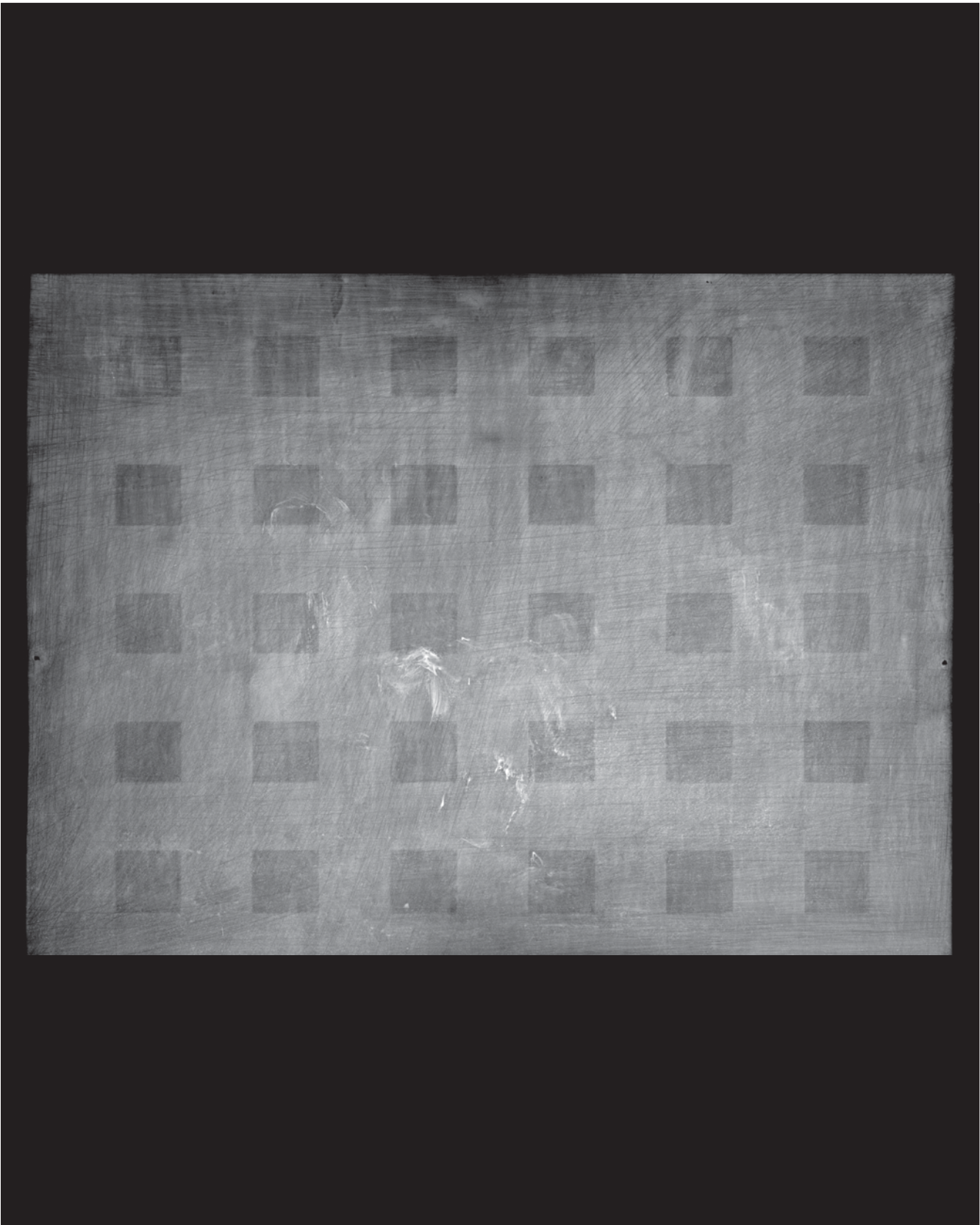


Figura 1. Imagen radiográfica del conjunto de la obra.

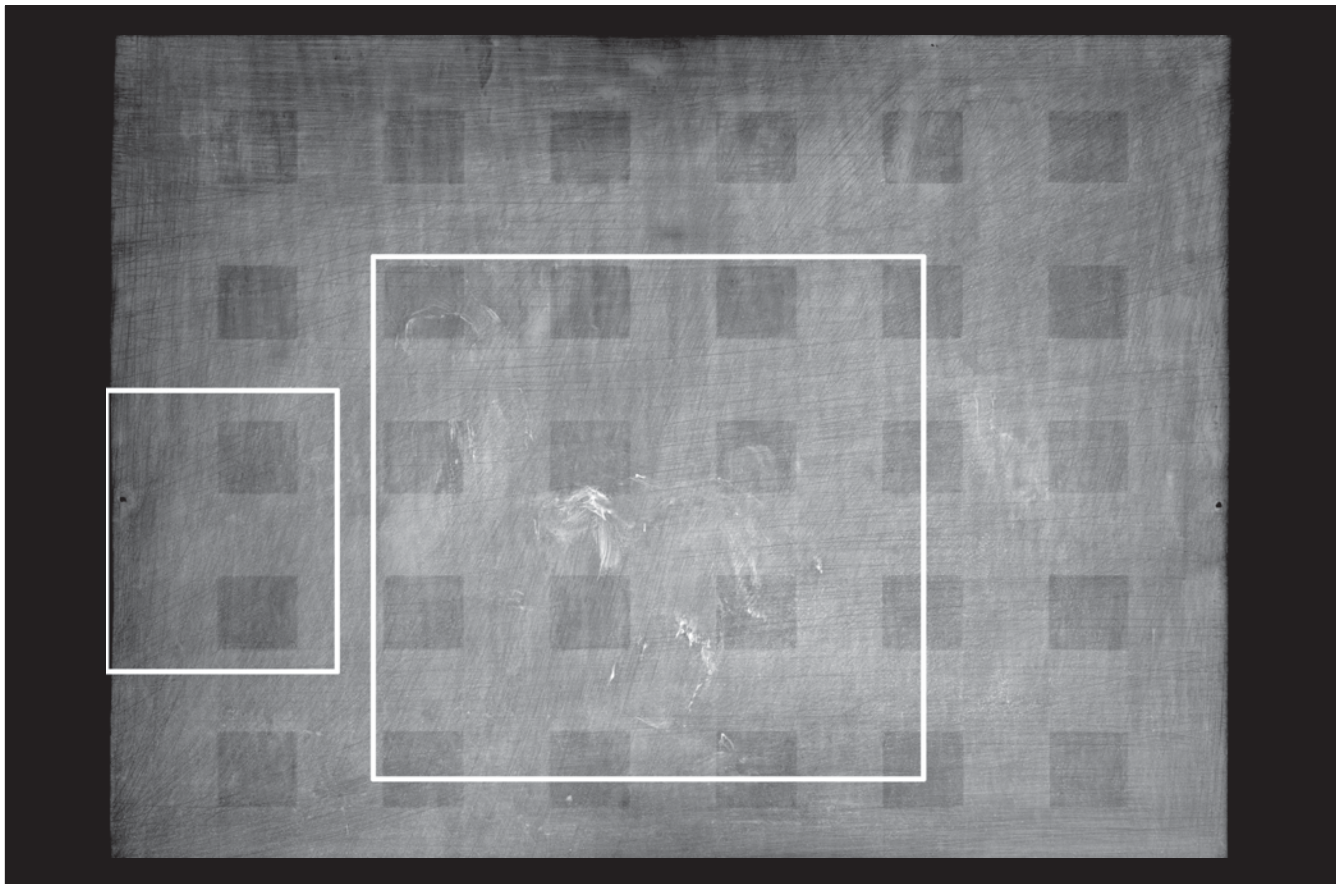


Figura 2. Detalle de preparación del soporte.

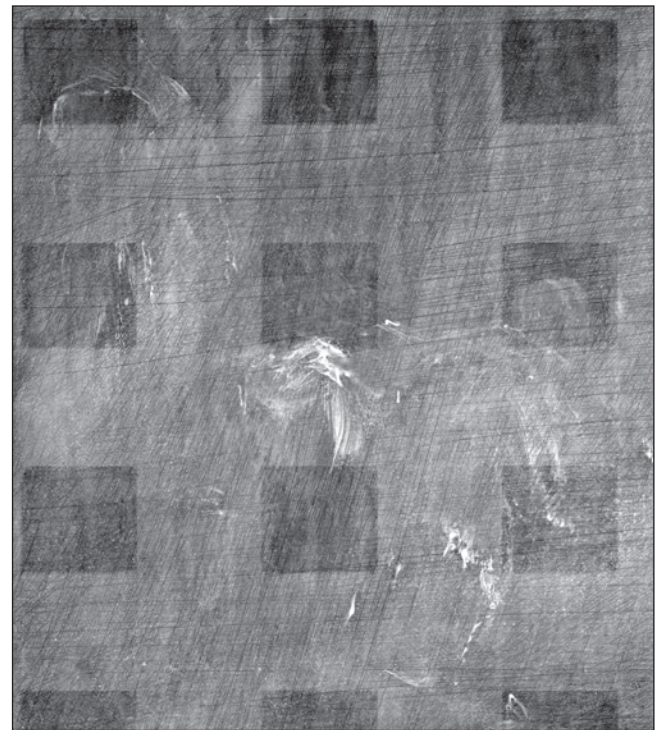


Figura 3. Aspecto de los toques de empaste.

Comentario radiográfico

En el contexto de esta publicación interesa esta obra porque el soporte es metálico, por lo que las condiciones de radiografiado seleccionadas, al estar en función de este tipo de material, son mayores que las habitualmente utilizadas en pintura de caballete —con otros soportes—. La elevada absorción de la placa metálica en comparación con la de la ejecución pictórica produce en la imagen radiográfica una notable pérdida de la segunda, menos radiopaca (Fig. 1). A pesar del escaso grosor de la plancha, se han podido detectar diferencias de densidad radiográfica que corresponden a ligeras variaciones de espesor del material base cobre.

Por otro lado, la citada imagen radiográfica ya indica algunas pautas seguidas por el pintor en la preparación de la base (Fig. 2). Desde el punto de vista técnico, para facilitar la adherencia de la preparación, la superficie sobre la que posteriormente se pinta se raya finamente con líneas entrecruzadas. Este rayado se realizó probablemente con un cepillo de púas metálicas.

Este soporte ha sido reforzado, en un momento posterior, con un engatillado de madera que se manifiesta como un cuadrículado uniforme.

Centrados en los dos extremos laterales aparecen dos taladros de contornos irregulares que servirían para dos clavos de sujeción.

Todos estos condicionantes contribuyen a dificultar la apreciación de la imagen radiográfica de la escena, ya que el predominio de la absorción radiográfica del soporte frente a las livianas capas de pintura hace que sea difícil reconocerla. Sólo es posible apreciar toques de mayor empaste empleados para significar las luces (Fig. 3). De esto se deduce, a falta de análisis, que podría haberse utilizado el blanco de plomo.

Bibliografía

CANO, M.:

Goya en la Fundación Lázaro Galdiano, Catálogos de la Fundación Lázaro Galdiano I, Madrid, 1999.

Goya y lo goyesco en la Fundación Lázaro Galdiano, catálogo de exposición, Madrid, 2003.

MORALES, J. L.:

Goya. Catálogo de la pintura, Zaragoza, 1994.

Catálogo on-line: www.flg.es/bus_listado.asp.

Capítulo 3

Relación de discontinuidades en imágenes radiográficas de objetos metálicos con valor histórico-artístico

La radiografía es uno de los procedimientos analíticos no destructivos más importantes para el conocimiento del estado de conservación o para el estudio previo a la restauración de cualquier objeto metálico con valor histórico-artístico.

No se entra aquí en disquisiciones sobre qué procedimiento de obtención de la imagen es más adecuado a cada caso —rayos X, radioisótopos, etc.—, considerándose únicamente que la imagen a analizar tiene la calidad adecuada.

Tampoco se hace diferenciación sobre el tipo de material metálico (férreo, de base cobre, áureo, argénteo) analizado, pues aunque alguna de las discontinuidades tales como pliegues de forja o alineaciones de escoria casi siempre van a ser privativas de objetos férreos conformados mecánicamente, se sobreentiende que a la vista del objeto radiografiado quien interprete las imágenes obtenidas será conocedor tanto de la defectología que pueda aparecer debido al metal constitutivo como de los procesos

de obtención de la pieza que, éstos sí, influyen en gran medida en la calidad final.

Por todo ello, aquí únicamente se ofrece una relación, en orden alfabético, de las diferentes discontinuidades o defectos que pueden presentar objetos metálicos con valor histórico-artístico, sin que ello intente ser, en ningún caso, un catálogo exhaustivo.

Se sobreentiende que las discontinuidades o defectos son detectables si con respecto al haz de radiación tienen un tamaño suficiente y, en algunos casos, la orientación es adecuada. En todo caso se ponen de manifiesto por diferencia de densidad radiográfica que depende de la absorción de radiación que presente la discontinuidad.

Finalmente, cabe hacer notar que nuestra experiencia, en la mayoría de los casos, se refiere a la observación de radiografías de objetos arqueológicos de diversas épocas y, por lo tanto, basándonos en dicha experiencia se ha confeccionado la siguiente relación.

Relación de discontinuidades

Adherencias (internas)

Salpicaduras —globulares o no— que aparecen en el interior de piezas, fundamentalmente esculturas, fundidas por partes y soldadas mediante cordones perimetrales.

Bebedero

Espacio que se deja en la parte superior de un molde de fundición, en la zona de vertido, para que al solidificar este metal en último lugar queden en él los últimos defectos, tales como grietas de contracción, etc., que se eliminarán al quitar este metal, denominado mazarota.

Borde de rotura

Se halla en extremo de pieza o en borde de grieta, con propagación intergranular o intragranular. Se distingue por su propagación quebrada —siguiendo los bordes de grano— o lineal —a través de los granos—.

Cavidades de contracción

Discontinuidad del material, normalmente en superficie o en las zonas de vertido del caldo metálico, originada por pérdida de volumen en el último lugar de solidificación. A veces son el origen de formación y propagación de grietas o fisuras. Cuando la pieza es de un determinado grosor, este tipo de cavidades se puede producir en el interior de la masa metálica al quedar una parte del material fundido o pastoso limitado por un entorno ya solidificado. Se denominan, también, rechupes o microrrechupes dependiendo de su tamaño.

Clavos

En determinados procedimientos de fundición, los moldes interno y externo quedan separados por los denominados clavos. Dependiendo del tipo de material de que están hechos éstos se funden o pueden

quedar ocluidos en el material vertido y después más o menos disimulados tras los trabajos de la superficie externa. Se manifiestan en la imagen de diferentes maneras, dependiendo de que haya quedado su hueco o de que hayan quedado ocluidos.

Conformado (imagen del)

Modo en el que se ha realizado un objeto o pieza que se manifiesta en la radiografía: maciza, hueca, por enrollamiento de pletinas o alambres, etc. También referido al proceso de obtención o acabado.

Corrosión de superficie

Cuando el proceso de degradación de la superficie no es uniforme y sí más o menos acusado, el defecto se determina en la imagen radiográfica con ligeras variaciones de contraste, correspondientes con los diversos espesores de pared. Este tipo de imagen no se debe confundir con la producida por diferencias de espesor creadas en el conformado.

Corrosión por picaduras

A veces, debido a determinadas características del material metálico y del medio que rodeó a la pieza, la corrosión se presenta en forma de picaduras que se muestran en la imagen como pequeñas zonas oscuras, de distribución aleatoria, bien delimitadas por contornos irregulares.

Defecto de hoja

Solidificación de un material sobre otro ya solidificado previamente. Se manifiesta como una amplia zona con falta de fusión de contornos no bien definidos cuando se observa en sentido perpendicular, o por una fina línea oscura cuando aparece en sección transversal.

Estrías

Defecto del acabado superficial, que se manifiesta radiográficamente como líneas paralelas de densidad diferente, más o menos acusada dependiendo de su

profundidad. No se debe confundir con el efecto producido por motivos decorativos incisos labrados superficialmente.

Falta de fusión

Entre piezas a unir por soldadura, zonas limitantes de ambas en las que el aporte energético no ha sido suficiente para fundirlas quedando una discontinuidad entre ambas. Se puede producir tanto en soldadura por forja como por depósito de metal fundido, así como en las sueldas. Se manifiesta radiográficamente como manchas de mayor densidad en las que son fácilmente adivinables los contornos de las zonas a unir.

Falta de penetración

Se produce entre piezas a unir a tope mediante soldadura con depósito de material fundido. La falta de aporte energético suficiente entre las piezas a unir y/o un caldo fundido a una temperatura insuficiente, propician que este material no llegue a fundir en su totalidad los bordes de ambas piezas en la parte opuesta al vertido, de forma que en la radiografía aparece nítidamente la zona enfrentada de una o de ambas piezas que no llegaron al punto de fusión.

Fisuras

Discontinuidad bidimensional producida por rotura del material. Microfisuras son las de muy pequeño tamaño, muchas veces difíciles de detectar radiográficamente. Las denominamos grietas cuando son de considerable tamaño, en muchos casos abiertas al exterior, llegando incluso a la partición del metal en todo su espesor y en una longitud variable. Se producen en el metal solidificado —por acumulación de tensiones— o en el metal en estado líquido o pastoso —por contracción—. En radiografía se manifiestan como líneas muy bien definidas, de trazado más o menos irregular.

Goterones

Adherencias de forma irregular que quedan pegadas o soldadas involuntariamente a la superficie metáli-

ca. Se hallan normalmente en objetos huecos y, más comúnmente, en procesos de soldeo debido a la salpicadura del caldo fundido de unión o por descolgadura interna. Se muestran en la imagen como manchas de contornos irregulares de una absorción mucho más elevada que su entorno. También se denominan salpicaduras.

Inclusiones

Materiales, comúnmente no metálicos, que quedan ocluidos en la matriz. En radiografía se observan como zonas de diferente densidad radiográfica que el entorno, con límites de trazado irregular con bordes bien definidos.

Inclusiones de escoria

En objetos férreos trabajados mecánicamente —normalmente por forja— cuyo material ha sido obtenido por reducción (no por fusión), en sección longitudinal se muestran alineaciones de escoria de tonalidades oscuras entre los pliegues producidos en el batido. Es una característica muy común en los aceros obtenidos antes de la existencia del horno alto.

Inclusiones de arena, de sulfuros, etc.

En los materiales de base cobre obtenidos por moldeo, a veces se hallan ocluidas pequeñas masas de arena procedentes de arrastres del molde o inclusiones de sulfuros que no se eliminaron en la tostación previa del mineral cuprífero ni llegaron a fundir, por ser su punto de fusión más elevado que el del caldo de colada. En la mayoría de los casos las inclusiones piríticas suelen ser de tamaño microscópico y, por lo tanto, no detectables radiográficamente.

Irregularidades de superficie

Es común en determinados objetos o piezas antiguas de forma laminar, que el espesor de las paredes no sea uniforme. Ello se traduce en la imagen en leves diferencias de densidad radiográfica relacionadas con las zonas de mayor o menor espesor. No se debe confundir con la imagen mostrada por

el efecto de corrosión más o menos uniforme de superficie.

Líneas de forja

En el conformado mediante martillado en caliente de determinadas piezas, fundamentalmente en las férreas cuyo acero se ha obtenido por reducción, se producen unas alineaciones o pliegues en el sentido del estirado de la masa metálica cuya imagen en sección longitudinal muestra un bandeo entre cuyos límites suelen aparecer inclusiones de escoria alineadas.

Líneas de macizado

Algunas veces en objetos formados por alambres, pletinas, barras, etc. enrolladas helicoidalmente, los extremos se macizaron en un solo cabo mediante una refusión. Si el proceso no ha sido correcto por insuficiente aporte energético, por un conformado en caliente no adecuado, etc., pueden aparecer radiográficamente linealidades oscuras longitudinales que no son otra cosa que faltas de fusión parciales entre las partes a unir.

Mazarota (defectos en la)

A partir de una Edad del Bronce avanzada es común hallar en los moldes bivalvos, bien de piedra silíceas o metálicas, un bebedero en la zona de llenado del caldo metálico, que tenía la misión de producir una mazarota en la cual se congregaran los defectos originados en la última solidificación. En dicha mazarota se producían, fundamentalmente, rechupes de contracción de los que a veces parten fisuras o microfisuras de desarrollo radial. Aunque esta mazarota se eliminaba en el acabado de la pieza, no es difícil hallar algunos objetos que aún la conservan como en el caso de conjuntos escondidos de hachas de talón y anillas del Bronce Final.

Pegaduras

En los procesos de moldeo, normalmente por hallarse el molde a una temperatura demasiado baja, el caldo metálico en contacto con algunas partes de

la pared interna del molde solidificaba con gran rapidez y sobre el mismo, posteriormente, solidificó el resto del caldo de colada, creando discontinuidades. Muchas veces los contornos de las pegaduras son identificables a simple vista. En radiografía se muestran como líneas sinuosas que marcan los límites del defecto.

Porosidad esférica

Cavidades gaseosas atrapadas en el interior de la masa metálica, la mayoría de las veces de forma tendente a la esfericidad, que se pueden presentar aisladas, agrupadas o uniformemente distribuidas. En los objetos moldeados se suelen producir por una deficiente canalización de evacuación de los gases en los moldes. En la radiografía el poro se muestra como una manchita cuasi globular de menor absorción radiográfica que el material circundante.

Porosidad vermicular

Inclusiones gaseosas de morfología alargada, pudiendo manifestarse aisladas o agrupadas. También se denomina porosidad tubular.

Rebabas

Defecto que se manifiesta ya a simple vista, sobre todo en piezas fundidas con molde bivalvo en las que la superficie no ha sido convenientemente trabajada. Consiste en protuberancias producidas en el relleno de huecos existentes en la unión longitudinal interna de las valvas. La determinación visual con respecto a la radiográfica no ofrece dudas. También aparecen, sin eliminar en la parte interna, en piezas fundidas con molde y contramolde.

Rellenado

En el moldeo de piezas de determinado volumen, a veces en superficie quedaban oquedades que se rellenaban calentado el material de base y vertiendo en la zona a rellenar metal fundido cuyo excedente posteriormente se eliminaba. En radiografía se suelen determinar bien los bordes de la zona

rellenada por quedar ligeras faltas de fusión entre ambos materiales. El relleno se suele manifestar, también, por una pequeña diferencia de densidad radiográfica ya que la eliminación del material sobrante no es perfecta y suele quedar un ligero sobreespesor.

Segregaciones

Solidificación de un material no miscible, principalmente en límites de grano. El ejemplo más corriente en los materiales históricos se produce en las aleaciones ternarias de cobre-estaño-plomo. Este último, no miscible en la aleación cobre-estaño, queda segregado y por su elevada absorción de la radiación cuando se halla a partir de cantidades un poco elevadas se manifiesta en las radiografías con una baja densidad radiográfica. Si el valor porcentual del plomo es muy elevado, puede darse el caso de que una parte del objeto obtenido se halle constituido casi únicamente por plomo.

Sobreespesores

En las uniones soldadas y en la reparación de algunos defectos mediante aportación de material, en la superficie vista el excedente no se solía eliminar hasta hacer imperceptible la zona de unión, de forma que suele quedar un ligero sobreespesor. En las esculturas huecas de considerable formato, fundidas por partes, la unión se solía llevar a cabo por depósito desde el interior de un cordón de unión mediante vertido del metal fundido de una aleación idéntica a la de la matriz. En el interior, lógicamente, no se eliminaba el excedente que se pone de relieve en radiografía como un voluminoso e irregular cordón junto al cual se hallan múltiples salpicaduras adheridas.

Tesela (imagen de)

En la estatuaria antigua de gran formato era común que se produjeran en la superficie vista algunos defectos tales como poros abiertos, pegaduras, rechupes, etc., que se eliminaban rebajando el metal de dicha zona y el inmediato

circundante. El hueco se rellenaba mediante una tesela —de forma ovalada o poligonal— adherida al metal base y trabajada la superficie intentando hacerla pasar lo más desapercibida posible. En radiografía se suelen mostrar bien definidos los contornos de las teselas y una ligera variación de la densidad radiográfica de la zona que ocupa.

Unión soldada por deposición de material fundido (imagen de)

Procedimiento de unión por partes de una misma pieza, normalmente utilizado en esculturas de base cobre de considerable tamaño. Se realizaba mediante el afrontamiento y calentamiento de las zonas a unir en las que se vertía desde el interior un cordón de metal similar fundido; con posterioridad, por la cara externa el excedente era rebajado intentado dejarlo a ras con el material base. Se producen sobreespesores y también se pueden introducir faltas de penetración, porosidad y abundantes goterones adheridos en el interior.

Unión soldada por forja —o martillado en caliente— (imagen de)

Procedimiento de unión común de piezas férreas, mediante calentamiento y martillado hasta la fusión de las superficies en contacto. En radiografía se suele manifestar con diferente densidad de las zonas inmediatas, debido normalmente a que quedan ligeras diferencias de espesor y a la modificación de la microestructura sufrida en el proceso que se manifiesta por una absorción diferente de la radiación. A veces no toda la superficie a unir quedaba soldada, observándose la discontinuidad como una falta de fusión.

Unión por soldadura blanda —suelta— (aspecto radiográfico de la)

Con este procedimiento las partes quedan unidas mediante un metal fundido que tiene un punto de fusión mucho más bajo que el de las partes a unir. En radiografía se pone de manifiesto, casi siempre, por sobreespesores, falta de fusión y falta de penetración.

Capítulo 4

Sirvan de ejemplo...

... Los trabajos realizados en el IPCE

Se ofrece, a continuación, una relación incompleta de los objetos metálicos con valor histórico estudiados radiográficamente en el IPCE, para que el lector se haga una idea, si no total aproximada, del tipo de piezas que, con estos materiales, se analizan en este laboratorio.

Aunque en la documentación del Archivo los datos por pieza son mucho más numerosos, para este caso se ha considerado que con la información de los campos de REGISTRO, TÍTULO, SOPORTE y PROCEDENCIA es suficiente.

Como bien se puede deducir de la lectura de esta relación, la dificultad que comporta el estudio radiográfico de muchas de estas piezas es notable, si se tienen en cuenta los diferentes tipos de material, la forma y la técnica de obtención.

Considerando todo ello se llega a la conclusión del importante avance que en el tratamiento radiográfico de estas piezas se ha conseguido en el IPCE.

Por otra parte, para la interpretación de los resultados radiográficos de cada una de ellas se precisa conocer el alcance tecnológico y de los materiales metálicos en cada período cultural prehistórico e histórico, las técnicas metalúrgicas de cada uno de estos momentos y la conformación específica de cada uno de los objetos.

Como es obvio deducir, los resultados obtenidos de la aplicación del procedimiento técnico de obtención de la imagen y de la interpretación de los resultados facilitarán en gran medida la posterior intervención tanto del restaurador como del conservador.

Registro único	Título	Soporte	Procedencia
A-2.661-1	Posible anillo y escarabeo	Material base cobre, piedra semipreciosa, madera	Barco fenicio-Mazarrón. Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
A-2.661-2	Posible anillo y escarabeo	Material base cobre y piedra semipreciosa	Barco fenicio-Mazarrón. Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
A-2.661-3	Posible anillo y escarabeo	Concreción mineral de hierro	Barco fenicio-Mazarrón. Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
A-2.661-4	Posible anillo y escarabeo	Material base cobre	Museo de Mérida. Badajoz
A-2.885	Sacerdote o magistrado	Material base cobre	Museo de Mérida. Badajoz
A-2.887	Figura masculina togada	Material base cobre	Museo de Mérida. Badajoz
A-3.289	Placa rectangular	Hierro	Necrópolis de Ucero. Museo Numantino. Soria
A-3.290	Aplique	Hierro y plata	Necrópolis de Ucero. Museo Numantino. Soria
A-3.571	Manilla de escudo de hierro con remache	Hierro	Yacimiento de Cástulo. Museo Arqueológico de Linares. Jaén
A-3.576	Espada de antenas	Damasquinado en plata	Yacimiento de Cástulo. Museo Arqueológico de Linares. Jaén
A-3.579	Fragmento de flecha «punta de regatón»	Hierro	Yacimiento de Cástulo. Museo Arqueológico de Linares. Jaén
A-3.586	Funda de espada decorada	Hierro	Yacimiento de Cástulo. Museo Arqueológico de Linares. Jaén
A-3.588	Conglomerado con elemento pasivo. Broche cinturón	Cobre, nielados de plata	Yacimiento de Cástulo. Museo Arqueológico de Linares. Jaén
A-3.589	Conglomerado con elemento activo. Broche cinturón	Cobre, nielados de plata	Yacimiento de Cástulo. Museo Arqueológico de Linares. Jaén
A-3.750	Fíbula anular	Material base cobre	Museo de Burgos
A-3.751	Fíbula de torrecilla	Material base cobre	Villanueva de Teba T-35 K-17. Museo de Burgos
A-3.752	Fíbula de cazoleta	Material base cobre	Museo de Burgos
A-3.753	Fíbula de torre	Material base cobre	Villanueva de Teba T-26 K-17. Museo de Burgos
A-3.754	Puente de fíbula estriado	Material base cobre	Museo de Burgos
A-3.755	Fíbula anular	Material base cobre	Villanueva de Teba T-23 K-17. Museo de Burgos
A-3.756	Fíbula de puente acampanada	Metálico	Museo de Burgos
A-3.757	Fíbula anular	Material base cobre	Museo de Burgos
A-3.758	Fíbula de arco con forma de campana (Fíbula de cazoleta)	Material base cobre	Villanueva de Teba T-28 K-17. Museo de Burgos
A-3.759	Fíbula anular	Material base cobre	Villanueva de Teba T-29 K-17. Museo de Burgos
A-3.760	Fíbula anular	Material base cobre	Villanueva de Teba T-20 K-17. Museo de Burgos
A-3.761	Fíbula anular	Material base cobre	Villanueva de Teba T-29 K-17. Museo de Burgos
A-3.762	Fíbula de torre	Material base cobre	Villanueva de Teba T-31 K-17. Museo de Burgos
A-3.763	Fíbula de torre	Material base cobre	Villanueva de Teba T-31 K-17. Museo de Burgos
A-3.782	Sonaja	Material base cobre	Museo de América. Madrid
A-4.073	Figura de Hermes	Material base cobre y plomo	Museo Municipal de Cartagena
A-4.299	Escudo (rodela) de Indochina	Metálico	Museo Naval. Madrid
A-4.269	Fíbula aquiliforme	Material base cobre	Castillo de Bayuela. Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.270	Fíbula aquiliforme	Material base cobre	Castillo de Bayuela. Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.271	Broche de cinturón	Material base cobre	Castillo de Bayuela. Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.272	Broche pequeño	Material base cobre	Vegas de Puebla Nueva. Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.273	Broche	Material base cobre	La Horca (Pantoja). Museo de Santa Cruz. Toledo

Registro único	Título	Soporte	Procedencia
A-4.274	Broche	Material base cobre	Carpio de Tajo (Sepultura 140). Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.275	Broche	Material base cobre	Carpio de Tajo (Sepultura 258). Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.276	Fíbula	Material base cobre	Carpio de Tajo (Sepultura 258). Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.277	Fíbula	Material base cobre	Carpio de Tajo(Sepultura B). Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.278	Fíbula	Material base cobre	Carpio de Tajo(Sepultura B). Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.279	Fíbula	Material base cobre	Carpio de Tajo (Sepultura 194). Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.280	Fíbula	Material base cobre	Carpio de Tajo (Sepultura 194). Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.281	Ganchos de fíbula (2)	Material base cobre	Carpio de Tajo(Sepultura B). Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.282	Broche de cinturón	Material base cobre	Carpio de Tajo (Sepultura A). Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.283	Hebillas (2)	Material base cobre	Carpio de Tajo. Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.321	Puñal de remaches	Material base cobre	Cerro del Bú. Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.339	Pinzas	Material base cobre	Paredes de Nava. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
A-4.340	Alfiler de dos extremos	Material base cobre	Paredes de Nava. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
A-4.375	Carro triunfal	Coral, metal (cobre y plata dorada), madera, corcho	Hospital de los Venerables Sacerdotes. Sevilla
A-4.376	San José con el niño	Metal, lacre, pastas coloreadas, coral	Hospital de los Venerables Sacerdotes. Sevilla
A-4.518	Ángel. Reja de San Juan de la Penitencia	Hierro	Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.570	Apolo de Pinedo y fragmento (pierna y pie)	Material base cobre	Museo de Prehistoria de Valencia
A-4.656	Casco	Material base cobre	
A-4.667	Placa rectangular con escotadura semicircular (aplique)	Material base cobre	Yacimiento de las Morerías. Mérida
A-4.668	Placa con decoración de motivos vegetales	Material base cobre	Yacimiento de las Morerías. Mérida
A-4.669	Placa rectangular con ornamentación calada	Material base cobre	Yacimiento de las Morerías. Mérida
A-4.747	Cristo Majestad	Material base cobre dorado	Convento de Santa Juana. Cubas de la Sagra
A-4.748	Medalla y rosario	Metálico	Convento de Santa Juana. Cubas de la Sagra
A-4.759	Amuleto y placa	Plata	Real Academia de la Historia. Madrid
A-4.760	Amuleto	Oro	Real Academia de la Historia. Madrid
A-4.778	Fragmento de casco	Material base cobre (98% cobre)	Museo Arqueológico Nacional. Madrid
A-4.784	Casco corintio	Material base cobre	Real Academia de la Historia. Madrid
A-4.788	Actor	Material base cobre	Excavación Calle Roque Chabas. Ayuntamiento de Valencia
A-4.879	Disco de Teodosio (Missorium)	Plata	Real Academia de la Historia. Madrid

Registro único	Título	Soporte	Procedencia
A-4.894	Hércules	Material base cobre	Real Academia de la Historia. Madrid
A-4.895	Fragmento de escultura (pierna)	Material base cobre dorado	Excavaciones Talavera de la Reina. Museo de Santa Cruz. Toledo
D-2.605	Tizona	Acero y madera	Museo del Ejército. Madrid
D-2634	Placa visigoda. Posible broche de cinturón	Material base cobre	Museo Arqueológico Nacional. Madrid
D-2.664-1	Objeto arqueológico sin identificar	Metálico	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-10	Objeto arqueológico sin identificar	Metálico	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-11	Objeto arqueológico sin identificar	Metálico	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-2	Espuela	Metálico	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-3	Anillo	Metálico	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-4	Puñal o funda de puñal	Metálico	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-5	Objeto arqueológico sin identificar	Metálico	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-6	Objeto arqueológico sin identificar	Metálico	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-7	Objeto arqueológico sin identificar	Metálico	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-8	Objeto arqueológico sin identificar	Metálico	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-9	Objeto arqueológico sin identificar	Metálico	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.674	Divinidad egipcia con cabeza de leona	Material base cobre	Museo Arqueológico Nacional. Madrid
D-2.697	Puñal afalcado	Hierro y nielado de plata	Museo de Ibiza
D-2.706	Muestras arqueológicas (Cata-pulta de la Caridad)	Metálico	Caminreal. Museo de Teruel
O-151	Espada con vaina de Boabdil	Hierro, plata dorada y cuero	Museo del Ejército. Madrid
O-152	Estoque con vaina de Boabdil	Hierro, plata dorada y cuero	Museo del Ejército. Madrid
O-153	Portapaz (Virgen con niño)	Cobre, marfil, madera	Museo Catedralicio. Gerona
O-154	Custodia procesional	Plata dorada y madera	Catedral Santo Domingo
O-156	Custodia de la Almudena. Figura de la Fe	Metálico	Arzobispado. Madrid
O-294	Cáliz	Plata dorada	Monasterio de Santo Domingo de Silos. Burgos
O-295	Patena ministerial	Metálico	Monasterio de Santo Domingo de Silos. Burgos
O-329	Cruz	Madera, plata y material base cobre dorado	Cofradía de Nuestro Padre Jesús Nazareno. Puente Genil. Córdoba
O-330	Placa de cruz	Plata	Hermanidad del Santísimo Cristo de la Salud y de las Aguas de Antequera. Málaga
O-331	Espada de Aliatar	Acero, hierro, pan de oro y marfil	Museo del Ejército. Madrid
O-341	Báculo	Cobre dorado y esmaltes	Monasterio de las Benedictinas de San Plácido
O-385	Custodia, asiento de tres pisos	Metálico	Alcalá de Henares. Madrid

Registro único	Título	Soporte	Procedencia
S/N	Colgante en forma de disco calado con figura central	Cobre	Museo de América. Madrid
S/N	Boleadora	Material base cobre	Museo de América. Madrid
S/N	Espada denominada de Agua-viva	Hierro	Museo Mas de las Matas. Teruel
S/N	Figura femenina	Material base cobre	Zamora
S/N	Tesorillo	Metálico	
S/N	Acetre (plato)	Material base cobre	Yacimiento Cerro de Alarcos. Ciudad Real
S/N	Punzón	Hierro	Necrópolis de Numancia
S/N	Brida	Metálico	La Lloseta. Museo Arqueológico
S/N	Espada puño macizo	Bronce	La Lloseta. Museo Arqueológico
S/N	Pectoral de varilla	Material base cobre	La Lloseta. Museo Arqueológico
S/N	Alfiler de cabeza esférica	Metálico	Santa Maria de Camí
S/N	Machete de puño macizo	Material base cobre	Les Salines. Museo Arqueológico. Mallorca
S/N	Figurilla incaica	Plata	Museo de América. Madrid
S/N	Fragmentos de Thymiaterion	Material base cobre	Calaceite. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
S/N	Cuchillo	Material base cobre	Museo de Ibiza
S/N	Espada de lengua de carpa	Material base cobre	Salto de San Esteban. Río Sil
S/N	Fragmento de forma tubular	Metálico	Cartagena
S/N	Puñal sin mango	Metálico	Yacimiento de Cástulo. Museo Arqueológico de Linares. Jaén
S/N	Fragmentos de la vaina de una espada	Hierro	Necrópolis de Cigarralejo. Mula (Murcia). Museo de América. Madrid
S/N	Fragmento de soliferrum	Hierro	Necrópolis de Cigarralejo. Mula (Murcia). Museo de América. Madrid
S/N	Fragmento de punta de lanza	Hierro	Necrópolis de Cigarralejo. Mula (Murcia). Museo de América. Madrid
S/N	Fragmento de falcata	Hierro	Necrópolis de Cigarralejo. Mula (Murcia). Museo de América. Madrid
S/N	Fragmentos de punta de regatón (2)	Metálico	Necrópolis de Cigarralejo. Tumba 2. Mula (Murcia). Museo de América. Madrid
S/N	Pieza	Cobre arsenial	Museo de América. Madrid
S/N	Figura hueca	Plata	Museo de América. Madrid
S/N	Falcata	Hierro	Necrópolis Ibérica del Cigarralejo. Mula (Murcia). Museo de América. Madrid
S/N	Espada	Material base cobre	Pica de Huelva (Huelva). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
S/N	Chatón	Plata	Museo Arqueológico
S/N	Pieza	Material base cobre	Museo de América. Madrid
S/N	Disco	Material base cobre	Museo de América. Madrid
S/N	Fragmentos de piezas	Material base cobre	Museo de América. Madrid
S/N	Fragmentos (2)	Material base cobre	Museo de América. Madrid
S/N	Pieza	Cobre	Museo de América. Madrid
S/N	Puñal	Hierro	Zamora
S/N	Soliferrum	Hierro	
S/N	Pico	Hierro	
S/N	Cuchillo	Hierro y hueso	Museo de Huelva
S/N	Punzón hierro	Hierro	

Registro único	Título	Soporte	Procedencia
S/N	Cuchillo afalcatado	Hierro	
S/N	Clavo roto	Hierro	
S/N	Clavo largo	Hierro	
S/N	Hoz	Hierro	
S/N	Varios	Hierro	
1.251	Pistola	Hierro y madera	Museo de Artes Decorativas. Molina de Aragón. Guadalajara
20.063	Figura	Material base cobre	Yacimiento de las Morerías. Mérida
20.069	Disco	Hierro	Museo de Navarra
20.323	Cruz Procesional	Plata	Iglesia de San Martín. Helechosa de los Montes
20.357	Puñal	Hierro	Necrópolis de Numancia (Soria). Campaña 1989/90. Universidad Autónoma de Madrid
20.358	Puñal	Hierro	Necrópolis de Numancia (Soria). Campaña 1989/90. Universidad Autónoma de Madrid
20.359	Punta de flecha	Hierro	Necrópolis de Numancia (Soria). Campaña 1989/90. Universidad Autónoma de Madrid
20.360	Punta de flecha	Hierro	Necrópolis de Numancia (Soria). Campaña 1989/90. Universidad Autónoma de Madrid
20.361	Punta de flecha o lanza	Hierro	Necrópolis de Numancia (Soria). Campaña 1989/90. Universidad Autónoma de Madrid
20.362	Fragmentos de hoja	Hierro	Necrópolis de Numancia (Soria). Campaña 1989/90. Universidad Autónoma de Madrid
20.462	Anillo	Material base cobre	Yacimiento Jebel Mutawwag. Jordania
20.582	Ajedrez de Carlomagno (relicario)	Plata y esmalte	Museo de la Colegiata de Roncesvalles. Navarra
20.590	Custodia de sol	Material base cobre dorado, coral y esmalte	Museo Diocesano y Catedralicio. Valladolid
20.600	Ángel	Material base cobre sobredorado a fuego	Capilla del Santísimo Cristo. Parroquia de San Ginés. Madrid
20.773	Jarra de metal	Plata	Museo Arqueológico Municipal de Villena. Alicante
20.798	Cruz Procesional	Material base cobre, hierro, madera	Iglesia Parroquial. Uncastillo (Zaragoza)
20.861	Custodia tipo arquitectónico	Plata con doble templete	Museo de Santa Cruz. Toledo
20.871	Placa	Material base cobre	Yacimiento de Botorrita. Zaragoza
20.892	Cruz Procesional	Plata, plata dorada y alma de madera	Museo Arqueológico Nacional. Madrid
20.912	Arqueta de reliquias	Madera, piel y metal	Iglesia de San Miguel Arcángel. Tazacorte. Isla de La Palma
20.915	Falcata A	Hierro	Necrópolis de Pozo Moro (Albacete). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
20.915	Falcata B	Hierro	Necrópolis de Pozo Moro (Albacete). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
20.919	Platos (2)	Material base cobre	Yacimiento de los Vascos (Talavera). Museo de Santa Cruz. Toledo
20.963	Cruz Procesional latina	Plata y madera	Parroquia de Santa Cristina
21.077	Mascarón	Material base cobre	Museo de Zamora
21.078	Mascarón	Material base cobre	Museo de Zamora

Registro único	Título	Soporte	Procedencia
21.079	Cruz procesional	Plata	Cofradía de las Playas. Sepúlveda (Escuela de Restauración)
21.094	Retablo de la pasión	Esmaltes sobre metal	Real Colegiata de Roncesvalles. Navarra
21.096	Hebilla de cinturón	Hierro y plata	Museo Arqueológico Nacional. Madrid
21.103	Pinjante de salamandra	Oro, esmaltes, esmeraldas y rubíes	Instituto Valencia de Don Juan. Madrid
21.112	Díptico devocional	Esmalte sobre plata	Instituto Valencia de Don Juan. Madrid
21.113	Hércules	Material base cobre	Museo Arqueológico Nacional. Madrid
21.156	Cruz procesional	Plata y cristal de roca	Medina de Rioseco. Valladolid
21.171	Jarro tartésico	Material base cobre	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
21.300	Armadura del Datto de Illigan y su conjunto de armas: campilán y vaina	Metal y madera	Museo del Ejército. Madrid
21.303	Edicto de Augusto	Material base cobre	Bembibre. Museo de León
21.307	Tesorillos de La Garrucha y de Loja.	Probablemente aleación de plata y de oro las pequeñas y de plata las pulseras	Instituto Valencia de Don Juan. Madrid
21.343	Tenazas	Hierro	Museo Arqueológico Nacional. Madrid
21.537	Armadura (cuello)	Tejido y metal	Museo del Ejército. Madrid
21.593	Figura de Isis Lactante	Metálico	Museo Arqueológico Nacional. Madrid
21.604	Figurita de Ureus	Metálico	Museo Arqueológico Nacional. Madrid
21.633	Fragmentos metálicos (hilos)	Hierro y cobre	Necrópolis de Castiltierra (Segovia). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
21.647	Broche de cinturón	Metálico	Necrópolis de Castiltierra . Museo Arqueológico Nacional. Madrid
21.648/52	Diferentes piezas	Metal probablemente hierro	Necrópolis de Castiltierra . Museo Arqueológico Nacional. Madrid
21.651	Broche de cinturón	Metal	Necrópolis de Castiltierra . Museo Arqueológico Nacional. Madrid
21.693	Estoque del Segundo Conde de Tendilla, D. Iñigo López de Mendoza	Plata	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
21.739	Fragmento de morillo	Hierro	Museo Regional de Prehistoria y Arqueología. Alcalá de Henares. Madrid
21.742	Morillo	Hierro	Museo Regional de Prehistoria y Arqueología Alcalá de Henares. Madrid
21.745	Escultura yacente del Obispo Don Mauricio	Madera, cobre dorado y esmaltado y pedrería	Catedral de Burgos
21.766	Espada Fernando III	Hoja de hierro y empuñadura de plata, cornalina y cristal de roca	Catedral de Santa María. Sevilla
21.852	Incensario	Metal y esmalte	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
21.853	Báculo	Metal y esmalte	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
21.874	Escultura que representa al Doríforo, de Policleto	Material base cobre	Granada
22.025	Remate de torques	Oro	Cangas de Onís (Asturias). Museo Arqueológico Nacional
22.025	Torques	Oro	Lugo. Museo Arqueológico Nacional. Madrid

Registro único	Título	Soporte	Procedencia
22.025	Torques funicular	Plata	Mogón (Jaén). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Torques macizo	Plata	Mogón (Jaén). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Torques de corazones	Oro	Santa María de Oís. (La Coruña). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Torques con sonajero	Oro	Cangas de Onís (Asturias). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Fragmento de varilla de torques	Oro	Cangas de Onís (Asturias). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Torques con sonajero	Oro	Ribadeo (Lugo). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Torques con clavos/remates	Plata	Cerro de la Miranda (Palencia). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Torques formado por cuatro hilos	Plata y cobre	Cerro de la Miranda (Palencia). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Torques decorado con cabezas de caballo	Plata	Cerro de la Miranda (Palencia). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Torques circular abierto	Plata	Cerro de la Miranda (Palencia). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Torques con ochos	Oro	La Madorra (Pontevedra). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.363	Lote de placas de los Doce Césares	Cobre y esmalte	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
22.365	Relicario	Material base cobre y cristal	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
22.374	Corona de la Virgen de los Desamparados	Plata dorada	Museo de Santa Cruz. Toledo
22.394	Mano de escultura ecuestre	Material base cobre	Yacimiento de Valeria (Cuenca). Departamento de Prehistoria y Arqueología (UAM)
22.395	Cencerro	Hierro y material base cobre	Yacimiento de El Saucedo (Toledo). Departamento de Prehistoria y Arqueología (UAM)
22.396	Hoz	Hierro	Yacimiento de El Saucedo (Toledo). Departamento de Prehistoria y Arqueología (UAM)
22.397	Objeto indeterminado	Hierro	Yacimiento de El Saucedo (Toledo). Departamento de Prehistoria y Arqueología (UAM)
22.398	Morillo	Hierro	Sigüenza (Guadalajara). Departamento de Prehistoria y Arqueología (UAM)
22.399	Hoz	Hierro	Calatrava la Vieja (Ciudad Real). Departamento de Prehistoria y Arqueología (UAM)
22.400	Hoz larga	Hierro	Calatrava la Vieja (Ciudad Real). Departamento de Prehistoria y Arqueología (UAM)
22.401	Cruz y fragmento	Material base cobre	Calatrava la Vieja (Ciudad Real). Departamento de Prehistoria y Arqueología (UAM)
22.405	Hacha de talón y anilla	Material base cobre	Cangas de Onís. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.406	Hacha de talón y dos anillas	Material base cobre	Diezma. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.407	Hacha de talón y dos anillas rotas	Material base cobre	Redondela. Museo Arqueológico Nacional. Madrid

Registro único	Título	Soporte	Procedencia
22.408	Hacha de talón y dos anillas rotas	Material base cobre	Granada. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.409	Hacha de talón y dos anillas rotas	Material base cobre	Pruneda (Asturias). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.410	Hacha de talón y dos anillas	Material base cobre	Monforte de Lemos. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.411	Hacha de talón y anilla	Material base cobre	Reinosa. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.412	Hacha de talón y dos anillas	Material base cobre	Coruña del Conde. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.413	Hacha de talón y anilla	Material base cobre	Meco. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.414	Hacha de talón y dos anillas	Material base cobre	Vara. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.415	Hacha de talón y dos anillas	Material base cobre	Vara. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.416	Molde para hacha de talón	Material base cobre	Linares de Riofrío (Salamanca). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.437	Contera de funda de espada	Plata y oro	Necrópolis de Castiltierra (Segovia). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.437	Broche de cinturón 1	Material base cobre	Necrópolis de Castiltierra (Segovia). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.437	Broche de cinturón 2	Material base cobre	Necrópolis de Castiltierra (Segovia). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.442	Moneda	Material base cobre	Yacimiento de Atayuelas
22.456	Fragmento de radio de rueda ibérica	Hierro	Lezuza (Libisosa). Albacete
22.546	Cotilla	Metal, seda, lino	Museo del Traje. CIPE. Madrid
22.547	Cotilla	Seda, lino, celuloide, metales	Museo del Traje. CIPE. Madrid
22.548	Corsé	Seda, encaje, cuero, algodón, celuloide, metal	Museo del Traje. CIPE. Madrid
22.549	Corsé	Celuloide, metal, algodón, seda, goma	Museo del Traje. CIPE. Madrid
22.550	Corsé	Seda, algodón, nácar, metal	Museo del Traje. CIPE. Madrid
22.558	Cruz Procesional	Plata, cristal de roca y esmalte	Iglesia Parroquial de Mallén. Zaragoza
22.650-53	Cuatro puntas de lanza	Material base cobre	Museo Arqueológico José María Soler de Villena. Alicante
22.662	Colgante y cuenta	Metal y cuarzo	Yacimiento Tell Halula. Siria
22.731	Joyero	Metálico	Atienza. Guadalajara
22.813	Arqueta de San Eugenio	Plata, madera y cristal de roca	Catedral de Toledo
22.813	Arqueta de San Eugenio	Metal (piezas metálicas: clavos)	Catedral de Toledo
22.817	Cruz procesional	Madera, plata y plata dorada	Obispado de Tarazona
22.897/1-13	Arreos de caballo	Esmalte sobre metal	Instituto Valencia de Don Juan. Madrid
22.897/31	Puñal votivo	Material base cobre	Instituto Valencia de Don Juan. Madrid
22.897/32	Vaso litúrgico	Material base cobre	Instituto Valencia de Don Juan. Madrid
22.897/35	Casco del Sultán Mehmet II	Metálico	Instituto Valencia de Don Juan. Madrid
22.907	Vaso	Plata	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba
22.909	Fíbula	Plata	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba
22.910	Fíbula	Plata	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba
22.911	Fíbula	Plata	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba
22.913	Fíbula	Plata	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba

Registro único	Título	Soporte	Procedencia
22.914	Vaso	Plata	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba
22.915	Cuentas de collar y pulsera	Metálico	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba
22.916	Cuentas de collar y broche de oro	Metálico	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba
22.917	Brazo de escultura	Material base cobre	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba
22.918	Cabeza de Efebo	Material base cobre	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba
23.049	Amasijo de hierros con diferentes piezas pegadas	Hierro	Museo de los Concilios y la Cultura Visigoda. Toledo
23.072/1	Placa	Esmalte sobre metal	Museo de Santa Cruz. Toledo
23.072/2	Placa	Esmalte sobre metal	Museo de Santa Cruz. Toledo
23.074	Espada de Daganzo	Hierro	Museo de San Isidro. Madrid
23.106/35	Escultura de Baco adolescente	Metal de época romana	Museo Arqueológico de Córdoba
23.139	Casco de Zama	Material base cobre	Museo de Albacete
23.140	Espada de frontón	Hierro	Yacimiento de El Tesorico (Hellín). Museo de Albacete
23.152	Fíbulas anulares (22)	Metálico	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
23.152	Exvotos (48)	Material base cobre	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
23.152	Fíbulas de distinta tipología (10)	Metálico	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
23.152	Piezas arqueológicas (8)	Metálico	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
23.152	Broches de cinturón (2)	Metálico	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
23.170	Estuche médico con compartimentos	Material base cobre	Necrópolis oriental de Mérida. Badajoz
23.172	Virgen del Tesoro	Plata, plata dorada y policromía	Catedral de Toledo
23.226	Cruz florenzada	Metal, madera y pasta vítrea	Abadía cisterciense Santa María de la Oliva. Cascastillo. Navarra
23.418	Relicario de Santa Lucía	Plata	Catedral de Toledo
23.549	Custodia de los Corporales	Plata sobredorada, esmaltes y madera	Pedro Moragues, 1348. Iglesia Colegial. Daroca. Zaragoza
23.551	Casco de guerrero	Material base cobre	Yacimiento arqueológico «Los Canónigos». Arcas del Villar. Cuenca

Bibliografía

- ANTELO, T. *et alii*. *El tercer bronce botorrita*, Gobierno de Aragón, 1996.
- ANTELO, T. y GABALDÓN, A. «Estudio radiográfico de la pieza», en OLCINA, M. (ed.), *El báculo y la espada. Sobre un fragmento de escultura monumental romana de bronce de Lucentum*, Alicante, 2007.
- ANTELO, T., A. GABALDÓN, A., MARTÍN-COSTEA, A. y LÓPEZ, V. «Estudio radiográfico de una escultura de aleación base cobre que representa al Doríforo, de Policeto», en *10.º Congreso Nacional de Ensayos No Destructivos*, Cartagena, 18-20 junio de 2003, pp. 103-109.
- ANTELO, T., GABALDÓN, A., MARTÍN-COSTEA, A. y VEGA, C. «Aspectos constructivos de algunos torques españoles determinados mediante análisis radiográfico», en PUCHE, O. y AYARZAGÜENA, M. (eds.), *Minería y Metalurgia Históricas en el Sudoeste Europeo* (Libro de Actas del II Congreso), Madrid, 2005, pp. 155-161.
- ANTELO, T., GABALDÓN, A., MARTÍN-COSTEA, A. y VEGA, C. «El procedimiento radiográfico como técnica de estudio de los metales históricos», *2.º Congreso latinoamericano de restauração de metais*, MAST, Río de Janeiro, 2005.
- ANTELO, T., GABALDÓN, A. y VEGA, C. «La información obtenida por métodos radiográficos en el estudio de metales», en *Patrimonio metálico, tecnología y conservación*, Universidad de Alcalá de Henares, 2006.
- ANTELO, T., GABALDÓN, A. y VEGA, C. «Proyecto VARIM (Visión Artificial aplicada a la Reflectografía de Infrarrojos) y sus aplicaciones», *Tecnología y Qualidade*, núm. 50, Oporto, 2004.
- ANTELO, T., GABALDÓN, A. e YRAVEDRA, M. «Estudio radiográfico» en VV.AA., *Goya en la Fundación Lázaro Galdiano*, Madrid, 1999.
- AÑÓN SERRANO, A. y MARTÍN COSTEA, A. «Sobre la restitución de varios elementos perdidos en la fachada de la Iglesia Parroquial de Mas de las Matas (Teruel)», *Mas Matas* (X), 1990, pp. 161-180.
- CABRERA ORTÍ, M. A. *Los métodos de análisis físico-químicos y la historia del arte*, Granada, 1994.
- CHAMÓN, J., BARRIO, J., ARROYO, M., PARDO, A. I., ÁVILA, A. L., GABALDÓN, A., ANTELO, T. y BUESO, M. «Inspección radiográfica de objetos dorados medievales de procedencia arqueológica», *Boletín de la Asociación Española de Ensayos no Destructivos*, núm. 42, Madrid, 2007.

- CILIBERTO, E. y SPOTO, G. *Modern Analytical Methods in Art and Archaeology*, Nueva York, 2000.
- CLARK, G. L. *Applied X-Rays*, Nueva York, 1955.
- CREAGH, D. C. y BRADLEY, D. A. *Radiation in Art and Archeometry*, Amsterdam, 2000.
- FERRETTI, M. *Scientific investigations of works of art*, Roma, 1993.
- GABALDÓN, A. «Líneas de investigación en el Departamento de Estudios Físicos del IPHE en 2006», en *Arbor. Ciencia, pensamiento, cultura*, vol. CLXXXII, núm. 717, Madrid, 2006.
- GABALDÓN, A. «Técnicas de análisis físico: radiografía y reflectografía de infrarrojos. Aplicaciones al estudio de los bienes culturales», en *Arbor. Ciencia, pensamiento y cultura*, Madrid, 1999.
- GABALDÓN, A., ANTELO, T., VEGA, C. y BUESO, M. «Un espacio para lo invisible», *Ciencia y Arte*, Madrid, 2008.
- GILARDINI, A. *et alii. I raggi X nell'arte*, Como, 1977.
- GÓMEZ GONZÁLEZ, M. L. *Examen científico aplicado a la conservación de obras de arte*, Madrid, 1994.
- 142 GONZÁLEZ RAFAEL, C. *Digital image processing*, Addison-Wesley Publishing company Inc, 1987.
- LANG, J. y MIDDLETON, A. *Radiography of Cultural Material*, Londres, 1997.
- LÓPEZ, V., OTERO, E., MARTÍN-COSTEA, A. y GABALDÓN, A. «Estudio metalúrgico de un casco griego», *2.º Congresso latinoamericano de restauração de metais*, MAST, Río de Janeiro, 2005.
- MARTÍN-COSTEA, A., MADROÑERO, A. y LÓPEZ, V. «Arqueometalurgia del poblado celtibérico de Los Castellares, de Herrera de los Navarros (Zaragoza)», *Kalathos* (11-12), 1995, pp. 233-266.
- MADROÑERO, A., MARTÍN-COSTEA, A., LÓPEZ, V., GARCÍA, F. y ARLEGUI, M. «Estudio arqueometalúrgico de útiles y restos minerometalúrgicos de hierro del yacimiento celtibérico de «Castilmon-tán» (Somaén, Soria)», *Bol. Museo de Zaragoza* (11), 1992, pp. 47-88.
- MADROÑERO, A., MARTÍN-COSTEA, A., LÓPEZ, V. y GARCÍA, F. «Arqueometalurgia del poblado ibérico Monte Catma (La Ginebrosa, Teruel)», *Mas Matas* (13), 1993, pp. 241-293.
- O'CONNOR, S. y BROOKS, M. *X-Radiography of Textiles, Dress and Related Objects*, Amsterdam, 2007.
- RUIZ ZAPATERO, G. y MARTÍN-COSTEA, A. «Las Terraceras I (Mas de las Matas, Teruel): un yacimiento de la Primera Edad del Hierro», *Kalathos* (2), 1982, pp. 7-32.
- SCOTT, D. *Ancient copper alloys: some metallurgical and technological studies of Greek and Roman Bronzes*, Malibú, 1990.
- TORRES, J., POSSE, A., MENÉNDEZ, J. M., GABALDÓN, A., VEGA, C., ANTELO, T., DEL EGIDO, M. A. y BUESO, M. «VARIM: A Useful System for Acquiring and Composing Images in Paintings Analysis Techniques» (ISSN: 1646-9283), *e_conser-vation. The online magazine*, núm. 4, abril 2008, pp. 27-42.
- TORRES, J., POSSE, A., MENÉNDEZ, J. M., GABALDÓN, A., VEGA, C., ANTELO, T., DEL EGIDO, M. A. y BUESO, M. «VARIM: A Computer Vision System for the Automatic Creation of High Resolution Reflectographic Mosaics», en el *Congreso ELMAR*, en prensa.

Este libro
se terminó de imprimir
en los talleres de Lucam
en diciembre de 2010

Radiographic Technique of Historic Metals

Ministry
of Culture



Radiographic Technique of Historic Metals

www.mcu.es
www.060.es

Texts

Tomás Antelo, Instituto del Patrimonio Cultural de España
Miriam Bueso, Instituto del Patrimonio Cultural de España
Araceli Gabaldón, Instituto del Patrimonio Cultural de España
Antonio Martín Costea, Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CSIC)

Translation spanish-english

Mike Boone y Mary Black

Digitalisation

Ángeles Anaya

Collaboration of

Tamara Alba y Carmen Vega

Photographs

Fundación Lázaro Galdiano, Instituto del Patrimonio Cultural de España y Museo de Burgos



MINISTRY OF CULTURE

Published by:

© Technical General Secretariat,
Department General of Publications,
Information and Documentation

© Of the texts and the photographs: the authors

NIPO: 551-10-114-9

Legal deposit: M-5953-2011



MINISTRY
OF CULTURE

Ángeles González-Sinde
Minister of Culture

Mercedes E. del Palacio Tascón
Undersecretary of Culture

Ángeles Albert
Director General of Fine Arts and Cultural Assets

INDEX

	Pages
Introduction	15
Chapter 1. Radiographic technique and behavioural protocol at the Institute of Cultural Heritage of Spain	17
Chapter 2. Catalogue of pieces and their radiographic interpretation	41
1 Spear-points	43
2 Palstave axe with double loops	47
3 Mould for palstave with double-loops	51
4 Tartessian Pitcher	55
5 Votive dagger	59
6 Torque	63
7 Sword	67
8 Pincers	71
9 Bacchus	75
10 Torque	79
11 Botorrita Plaque	83
12 Sculpture called <i>Doryphoros</i>	87
13 Doctor's case	91
14 Bronze from Bembibre	95
15 <i>Missorium</i>	99
16 Belt clasp	103
17 Sword called <i>Tizona</i>	107
18 Reliquary	111
19 Helmet	115
20 Matrimonio desigual (Unequal wedded couple)	119
Chapter 3. List of discontinuities in radiographic images of metal objects of historical-artistic value	125
Chapter 4. Serving as example	131
Chapter 5. Bibliography	141

“... So until now neither gold, nor silver, nor copper, nor iron has been found anywhere on earth that is produced in such vast amounts nor with such high quality...” (Geography III 2,8).

With these words spoken two thousand years ago, Strabo praised Iberia’s outstanding mining and metallurgy. Two millennia later, science and technology are capable of extracting extremely valuable information about those objects and works of art crafted with care by artisans, which have survived until today, and they are on display in many of our museums. This is the goal of this publication: to return to the past the splendour of the metallurgical activity for which our land was admired.

To accomplish this, we have had to bring together experts from two institutions with a long-standing tradition in studying metals to join forces. The outcome of this outstanding collaboration—forged decades ago—is this publication, so often dreamed of by its authors. These institutions are the Institute of Cultural Heritage of Spain (IPCE), a centre that promotes the conservation of cultural assets, and the National Centre of Metallurgical Research—CSIC—the top centre on metallurgical studies in our country. In short, science and history fuse to create a study that aims to make an in-depth examination of metal cultural assets from an extremely enriching interdisciplinary vantage point.

In these days when technology is adapted and applied at breakneck speed in the diagnosis, knowledge and conservation of the cultural assets that are part of our heritage, the IPCE always focuses on the commitment that conserving our historical and artistic heritage must cross borders.

Only for this reason is it capable of efficiently collaborating with other specialised institutions like CENIM.

Nor should we forget that unfortunately there are very few publications, especially in Spanish, revolving around studies of such a fascinating patrimony as metal objects, especially from such a technical standpoint. Thus, with this publication we also aim to cover an incomprehensible void.

Finally, the IPCE has a steadfast commitment to disseminating and spreading the word about the results of its studies; for this reason, a concerted effort has been made to publish this work in a bilingual Spanish-English edition.

For all of these reasons, we believe that this publication is actually a wonderful opportunity for laypeople who would like to learn more about the fascinating world of X-ray techniques, as well as for people who would like to gain more in-depth knowledge about a technique which, though traditional, offers an inexhaustible source of knowledge.

Alfonso Muñoz Cosme
Deputy General Manager of IPCE

The collaboration with CENIM in archaeology-related research, studies and projects has always been constant and fruitful. The study of bronzes found in Tielmes, the restoration of the Giraldillo, the restoration of the fountains in the gardens of the Palacio de la Granja and the analysis of the treasure from Carambolo and its wonderful pieces achieved with soldering through atomic diffusion are just a small sample of other systematic studies which were not only published in major international journals but also gave rise to the Congress on Conservation and Restoration of the Metallic Heritage, *MetalEspaña 08*, which was held on the 10th, 11th and 12th of April 2008 at the campus of the Autonomous University of Madrid. This congress was organised with the goal of serving as a forum for communication and interaction for all professionals, restorers, conservators, archaeologists, art historians, and researchers who work in Spain in the field of conservation and restoration of the metallic heritage.

From this perspective, it aimed to be the first means and context to present to the public at large the achievements of the most prominent intervention projects and the latest advances in technological and research innovation applied to the conservation of objects and works crafted of metal conducted in Spain in recent years. Within this context, we are pleased to point out that early in the 1980s, what was then called the Institute for the Conservation and Restoration of Works of Art (Ministry of Culture) and the School of Restoration – which lacked proper facilities and means – asked the National Centre of Metallurgical Research (Spanish National Research Council) to perform and interpret X-rays of metallic objects that they were handling at our organisation's industrial radiology facilities. Thus began CENIM's disinterested collaboration with the Institute of Cultural Heritage of Spain which, in an effort to ensure continuity, remains in place today. It is worth noting that there are virtually no publications on the subject of X-raying metals from our cultural heritage; there are hardly any reports on them in Spain and very few internationally.

At that time, in addition to getting the radiological documents and their interpretation, the staff members of both requesting organisations were taught these techniques. As a result, some of the pieces regarded as the most valuable from the metallic cultural heritage in Spain came through the CENIM facilities, including the bronzes of Azaila, the thymiaterion of Calaceite, the treasure from Delfin and many more.

In the early 1980s, too, the first studies in archaeometallurgy were published in *Revista de Metalurgia* (the tool used to disseminate the scientific studies of this centre and the only journal in Spanish included in the official assessment standards), a pioneering publication of its kind in Spain. Likewise, other organisations and professionals linked to archaeology and conservation requested a number of analyses and official reports.

All of this meant that a technological centre like CENIM got deeply involved in the analysis and study of Spain's metallic cultural heritage. The outcome of this ongoing collaboration with IPCE has been not just X-ray studies but also the publication of numerous studies and the delivery of papers at diverse national and international congresses by staff from both organisations.

The book we are presenting here is the culmination of this fruitful collaboration, which we fondly hope will continue in the future, giving rise to results in both the field we are concerned with here and in all the fields where we can be of use. The study in this book is the result of arduous professional efforts that demonstrate the potential of joining technology with art. We are pleased to have taken part in much of the effort that went into it, which will benefit our society's cultural heritage.

Dr. Manuel Carsí Cebrián
Director of CENIM (CSIC)

When we began our radiographic journey at the old Institute of Conservation of Art Works (ICROA), we found that we could not meet the frequent demand for radiographic studies from the Archaeology restoration department. Although we had adequate X-ray equipment available to us for working at high voltages, and therefore for radiographs of metals, it could not be used as we did not have adequate premises. On the other hand, we did not have experience in that field.

The restorers explained to us that they had had sporadic collaboration with the National Centre of Metallurgical Research (CENIM-CSIC) and they told us of the quality of the professionals who were at that institution, and this inspired us to go to its Director and request assistance.

Our surprise did not come from finding ourselves surrounded by magnificent professionals, as we already knew they existed, but in finding out about the huge amount of training that some of them had undergone in the field of Fine Arts and, more specifically, Archaeology —areas which we thought were quite far removed from the usual ones at CENIM.

Among these professionals, Antonio Martín Costea stood out because of his vast knowledge of

radiographic technique and of the methods for manufacturing ancient metal objects. From the first moment in which he made all his knowledge available to us, he did not cease to assist us throughout the years, and not only us, but also our friends from restoration who had requested his support. This allowed us to go into the difficult field of radiographic analysis of metal objects, and to decide to confront the difficult task of writing this book, which, without his participation, we would probably not have dared to execute.

So, we would like once more to send you these few lines of thanks, to the person who has helped us all so much to advance in this field.

Tomás Antelo y Araceli Gabaldón
IPCE. Area of Laboratories.
Physical Studies Department

Introduction

There are hardly any publications on the subject of X-rays applied to metal objects from our cultural heritage; we are unaware of any publication of this kind in Spain, and there are very few internationally.

The international publications on this topic that do exist are very general; conversely, what we are presenting herewith is specifically about Spain's metallic cultural heritage, and even more specifically about the materials of this kind that are studied using X-rays by the Institute of Culture Heritage of Spain (IPCE).

However, its value is even further enhanced by the selection of a set of pieces that largely cover the entire period spanning from the Late Atlantic Bronze Age to the late 18th and early 19th centuries.

We have also decided that this study should include all the prehistoric and historic metals; for this reason, it includes pieces made of gold, silver, copper-based materials (which are obviously the majority) and iron objects.

We could have chosen much more spectacular pieces (although some of the ones examined here are truly amazing), but we preferred not only to choose items made of different metals, but for them to have been manufactured using a variety of procedures which are clearly characteristic of each period. Thus, sacrificing the spectacularness or beauty

of the object is offset by the interest inherent in the broad technical value contained in the variety of pieces examined in this book, which is what will be of the most interest to both restorers or conservators and researchers.

Yet the technical facet of this publication is not the only one that matters, even though it does fill a huge void in studies on our cultural heritage. Rather this book also showcases aspects related to the methodology, interdisciplinary studies and organisation that the IPCE uses for this purpose. Everything presented in this book can serve as a guideline for other organisations and institutions (part of whose efforts revolve around conserving and restoring metallic objects with historical value) to yield better planning and results of these efforts, as for years the IPCE has demonstrated the validity and solid method of its action protocols in these analyses and studies.

Furthermore, we must bear in mind the outstanding results achieved through collaboration among diverse organisations, in this case the IPCE and the National Centre of Metallurgical Studies (CSIC). For this study, the latter has provided the radiographic interpretation of these items for which it needed to ascertain the materials and process of obtaining each piece within its timeframe and cultural context.

Chapter 1

Radiographic Technique and Behavioural Protocol at the Institute of Cultural Heritage of Spain

Radiographic Technique and Cultural Assets

Since the creation of the Instituto del Patrimonio Cultural de España (Institute of Cultural Heritage of Spain, IPCE), with the name of the Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte (Institute of Conservation and Restoration of Works of Art, ICROA), great importance has been given to studies prior to the conservation-restoration processes, considering radiography as one of the techniques that provides better information at the time of analysing the restoration process to which the Cultural Asset must be subjected. Thanks to this advanced view, radiographs of a large variety of metal objects exist at the bottom of a radiographic archive at the IPCE.

The collective group of restorers and archaeologists has been very important in the shaping of this archive, being one of the first to appreciate the importance that radiography has in the study of the pieces that were appearing in their excavations.

With this technique, signs can be detected that provide links to the manufacturing processes, types

of welding, discontinuity in the tapping, etc. The radiographic documents obtained on metal parts, whose decor is covered by layers of surface corrosion, are usually spectacular as well as illustrative. The decoration on the plate remains clear with greater or lesser intensity. This depends, on the one hand, on the different absorption of material from the base of the plate and of the decoration, on the other hand, of the depth of the incision. It may occur that, although an image is clearly determined on the radiograph, if that image is darker than its environment, the incision must be for a decorative reason, which can sometimes be demonstrated following cleaning.

Buried materials frequently appear covered with concretions which do not allow the object type to be recognised; therefore its classification becomes very complicated. In order to recognise them they must be cleaned so that these deposits, which can occasionally triple the size of a piece, are eliminated. The cleaning, which is of course difficult, is made worse in those cases in which the range of the covering layer is not known, so the radiograph provides valuable assistance. This is the reason why the restorers, since the founding of the Institute,

have been asking for radiographic analysis. With radiography, the case has been put forward that, were it to discover that no valuable archaeological piece existed underneath some sediments—and that what was detected was a bottle top—, then this would save the restorer a fruitless task.

On the other hand, it is always interesting to know the state of conservation of a Cultural Asset. Analysis of the radiographic plate can allow changes to be observed throughout the life of the material, such as cracks, fissures, breaks, etc., as well as reconstructions carried out during ancient restorations with very different criteria than those of today.

These restorations, in many cases unnoticed by the non-specialist public, do not escape detection by the restorer who, on visual inspection, notices a series of signs which give him to understand that the piece is reconstructed.

In summary, this technique informs us of its internal condition, invisible deterioration, possible restorations and assists in telling apart the different materials which make up this object. It is very important to emphasise that this technique does not classify materials—another kind of analysis is needed to do this.

Studies of metal objects, as well as covering those originally formed from metal—either because they were from the very beginning or because only their metal parts were conserved—comprise a very wide field: gold/silver pieces, reliquaries, weapons, tools, clothing, etc.

Another group is made up of those pieces in which the metal is an additional part of the Cultural Asset; an example would be an easel painting over a metal support. This pictorial procedure has been used during different eras; Francisco de Goya is an example. In their eagerness to research, contemporary painters used metal as a whole or a part of their work, which has come to be known as mixed technique.

According to what has been concluded, the object which is not allowed to be x-rayed is rare, and therefore dealing with the analysis and study of ra-

diographic documents is hugely complicated. Owing to this, it is considered essential to gain the opinion of specialists in other fields.

The diversity of shapes and compositions which radiology is confronted with means that, in contrast to what occurs in medicine and industry, for radiography of artistic objects there is no specific rule nor any established work protocols. For this reason, when mention is made of any phase of the process, it is understood that the regulations drafted for the previous fields will be applied: DIN, ASTM, etc.

In view of the above, importance can be placed—at the time of evaluating a radiograph—on having the best information possible, especially that referring to procedure, or to the way in which the radiographic technique has been applied.

The behavioural protocol followed in the Laboratory Area of the IPCE consists of three phases: *Study request phase*, the information obtained is shown in the “*record of request*” (Fig. 1); *X-ray execution phase*, the information is shown in the “*execution record*” (Fig. 2); and *Results phase*, which is shown in the relevant “*report*” (Fig. 3).

The study request record examines the record number of the IPCE and the administrative information provided by the requesting body: name of the piece and inventory number, information on the nature of the object, attribution, dating, nature of material (if there are previous analytical results), measurements, weight, etc. and, ultimately, specifications of the request.

This final piece of information is very important, as the analysis is made depending on it, which may be increased if, during the course of the laboratory work, other information is observed which is considered worthy of interest.

The following step is a description of the work for the specific purposes of taking the x-ray, and of searching for stylistic parallels in order to have a reference at the time of determining the parameters of the shot.

Once the previous information is known it is passed to the execution phase of the radiograph.

 MINISTERIO DE CULTURA		DIRECCIÓN GENERAL DE BELLAS ARTES Y BIENES CULTURALES SUBDIRECCIÓN GENERAL DEL INSTITUTO DEL PATRIMONIO CULTURAL DE ESPAÑA	
PETICION AL LABORATORIO			
IDENTIFICACION DE LA OBRA		Nº DE REG. 23106/35	
Naturaleza: Metálica			
Título: Escultura de Baco adolescente			
Atribución: Época romana		Datación: Desconocida	
Procedencia: Museo Arqueológico de Córdoba			
Localidad: Córdoba		Com.Aut: Andalucía	
(Si necesita traslado) Dimensiones: 60 cm de alto		Peso: Kg	
INFORMACION QUE SE SOLICITA			
Placas radiográficas para determinar el método de fabricación y el estado de conservación del sustrato metálico			
ARGUMENTACION DE LA SOLICITUD (Documentación, restauración,...)			
Restauración / Documentación			
OBSERVACIONES			
Solicitud cursada por: Soledad Díaz Martínez			
Servicio: Bienes Muebles	Area: Arqueología	Tfno.: ext. 518/520	
Fecha: 26 /09/ 2007	Conforme: Jefe de Servicio	VºBº Jefe de Servicio Labs	
Firma:			
Informe encomendado a: Araceli Gabaldón /Tomás Antelo			

Figure 1. Image of the Request file to Laboratories.



DIRECCIÓN GENERAL
DE BELLAS ARTES
Y BIENES CULTURALES

SUBDIRECCIÓN GENERAL DEL
INSTITUTO DEL PATRIMONIO
CULTURAL DE ESPAÑA

N.R.I.: 23106/35

OBRA: Baco

PROCEDENCIA: Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba

AUTOR: anónimo

EPOCA: romana

SOPORTE: metal (aleación de base cobre)

MEDIDAS: 60 cm de altura

TECNICA:

PROBLEMAS A ESTUDIAR: Método de fabricación y estado de conservación del sustrato metálico

OBSERVACIONES:

FECHA DE RX: 22-04-2008

Departamento: Bienes Muebles. Arqueología

Restaurador: Soledad Díaz

Condiciones de trabajo.

Área	Equipo	kV	mA	d(m)	T (seg)	exp	chasis	pantalla	filtro	película	revelado
Mitad superior (prueba)	320	250	10	2,2	90					D-7	30°-8'
Mitad superior (frente)	320	310	10	2,2	90					D-7	30°-8'
Mitad inferior (frente)	320	310	10	2,2	90					D-7	30°-8'
Mitad inferior (perfil)	320	310	10	4,7	350					D-7	30°-8'
Mitad superior (perfil)	320	310	10	4,7	350					D-7	30°-8'
pecho	320	220	4	1,65	68				FF2	D-7	30°-8'

Figure 2. Image of the Execution file.



Figure 3. Image of an update report.

General background

It seems appropriate to start with a short history of the use of X-rays in the field of Cultural Assets. Their introduction into these studies occurred almost at the same time of their discovery.

In 1895, W.C. Röntgen discovered X-rays by chance. While working with the radiant spectrum emitted by a cathode ray tube, he observed that fluorescence was being induced on a barium platinum cyanide screen, in spite of the fact the cathode ray tube was covered in black paper. Now in that same year he made the first radiograph of an easel painting. The engineers Connot, Kollé and Stewardt improved the systems and carried out radiographs in which they analysed metal objects, identifying welds, fissures, etc.

The high temperature of the tube forced them to have very short exposure times, which seemed to be the main problem. It was resolved by Coolidge, in 1913, when he invented the air-cooled hot anode tube. One year later, in 1914, Faber began to use this technique more systematically on works of art, so that it slowly began to be introduced into the cultural environment until the present day.

Since that time, it has advanced considerably. Today, equipment of constant voltage is used most in the field of radiographic analysis of Cultural Assets.

In the case at hand, the IPCE, conscious of the importance of this technique, relied on a radioactive installation in the 1960s, following its creation. It consisted of three pieces of X-ray generating equipment: one transportable, for medical use, and two industrial. This equipment was in operation until just a few years ago, when it was replaced with other more modern units.

The alternative to X-rays was achieved with the discovery of radiation, which began to be used for industrial purposes in the United States in the 1920s. Its use is only advisable on Cultural Assets in order to analyse very absorbent objects, either due to their greater thicknesses or the constituent material.

The IPCE does not have equipment with radioisotope sources; if they need them on a case by case basis, they go to other institutions so that the radiographs can be made.

Short introduction to the radiographic technique on cultural assets

The radiographic procedure

Physical type radiography is the most important analytical procedure for finding out the state of conservation or for studies prior to the conservation-restoration processes; it uses electromagnetic radiation, capable of going through bodies, offering a permanent record for study. This analysis does not need to collect samples and the document obtained allows us to see the different objects, telling us about its execution technique and its state of conservation.

In spite of the fact that we will not be entering into the underlying physics of this technique, it is worth remembering that, as stated by Plank, the energy is emitted or absorbed according to a whole multiple of the frequency, that is, the radiation not only behaves like a wave but also has a material character —wave-corpuscule duality—, so these “grains” of radiation were given the name photons. The greater its wavelength, the smaller its corpuscular effect will be.

It must also be remembered, that analysis of the electromagnetic spectrum establishes the relative position in frequencies or in wavelengths between the so-called visible light and the rest of the radiation most used in the techniques applied to the study of the Cultural Assets; in decreasing order of their wavelength, they are: infra-red, visible, ultraviolet, X-rays and γ (gamma) radiation (the latter overlap in different areas, but the γ rays are those which can have greater energy). It is important to know that a divisive line cannot be set up between each of these radiations, given that each one of them is superimposed onto its adjacent one. (Fig. 4).

X and γ rays, like all other electromagnetic radiation, propagate in a straight line, reflect, refract, diffract (through a crystal lattice), go through material, are ionised and can destroy living cells. Of all these properties, radiography is based on those which, as has been commented previously, are capable of crossing through bodies; penetration depends on their frequency and on the nature of the materials being penetrated.

To make this easier to understand, it could be said that the process is similar to traditional pho-

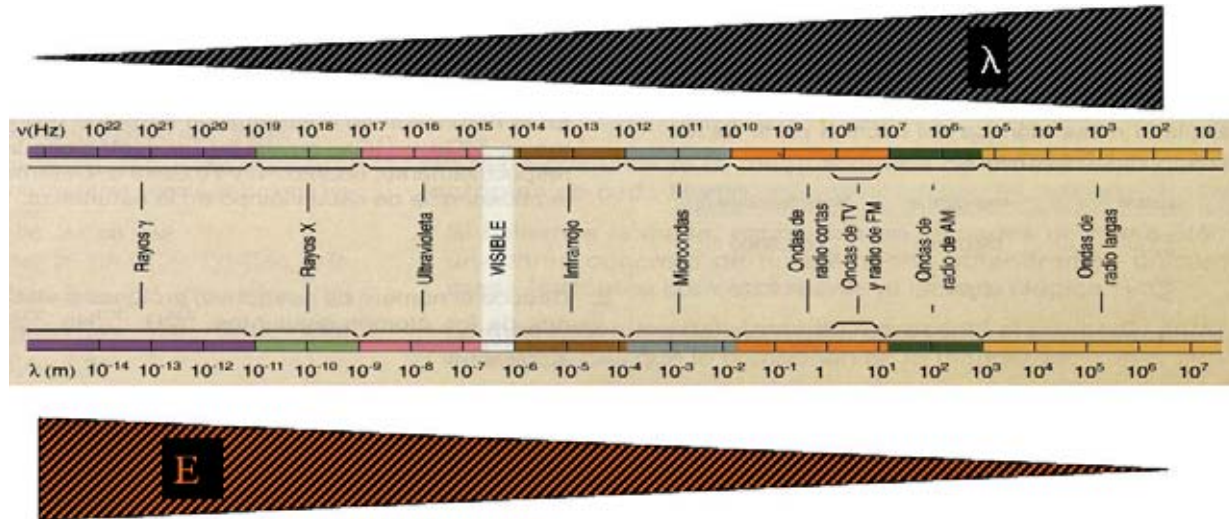


Figure 4. Graph that specifies wavelengths corresponding to each spectrum.

tography, with the difference being that in order to print the film, X or γ rays are used. To do this, the different phases of the process would be: **irradiation** (illumination of the object in the case of photography), **capture** (printing of the negative or capture by digital camera) and **processing** of the image (by developing or by transfer of the data to a computer).

From this, it can be deduced that the basic elements for obtaining a “conventional” radiograph are:

- Generating sources of ionising radiations (X-ray generating equipment or source of γ radiation).
- Image capture system (film, digital or analogue camera, etc.) and processing of the image for film.
- Viewing for films.

Generating sources of ionising radiations

The X-rays produced by electronic devices, and γ rays by natural or artificial radioactive sources. At the time of deciding whether to use one or another, it is important to know the advantages and disadvantages of each.

- **The X-ray generating equipment**, after a complicated physical phenomenon, X-ray photons are produced whose energies are shared out continuously over a spectrum. This property allows us to obtain contrasting images.

The energy from the radiation emitted is variable, that is, the acceleration voltage of the electrons can be varied, a fact which in the argot is known as variation of the “*kilovolt*”, a very important piece of information given that minimum variation of this voltage can allow detection of the sought-after discontinuity.

The physical characteristics of the system remain constant throughout the whole time, in order to understand them better: the tube does not wear out.

It must be handled by personnel duly authorised by the Nuclear Safety Council. With the necessary safety measures, their effects are easily controllable. They can be compared with a bulb —when turned off with a switch, the light goes out; in the case of X-rays the equipment stops emitting.

Economically, they are very costly.

They are very heavy, given that, with the exception of the area called the window, where

the X-ray beam goes out from, the remaining area is usually lined with lead.

- **The γ radiation** is produced by spontaneous atomic disintegration of a radioisotope, generated by natural or artificial radioactive sources which irradiate with very specific energy which cannot be modified, producing discreet spectrums that give rise to slightly contrasted images.

Their activity varies regarding their half life.

The sources most used for radiography (^{170}Tm , ^{192}Ir , ^{60}Co , etc.) emit with intermediate or high energy.

They present good results with objects of a high atomic number and thickness.

The equipment is not very heavy, of reduced size and easily handled, which means it can be inserted into tight spaces.

Just as for the X-ray generating equipment, they must be handled by personnel duly authorised by the Nuclear Safety Council.

Unlike the X-ray equipment, it emits continuously, therefore as protection, the sources are hermetically sealed and the containers have a safety lock which is operated in order to open the container when the exposure is going to be affected. Its handling is a little bit more delicate owing to its small size and to the fact that, unlike X-rays, it does not cease to emit, therefore they must be used so that there is no possibility of losses or leaks of radiation, due to insufficient leaktightness, that can irradiate towards people.

Finally, its financial cost is low compared with the X-ray equipment.

The decision on whether to use X-rays or γ rays as a source, depends on the characteristics of the object to be studied. If we are talking about pieces manufactured with materials of a high atomic number and considerable thickness, on which the power of X-ray equipment is insufficient, then radioisotopes can be selected. In the rest of the cases, the experience acquired at the IPCE has stated that it is more appropriate to use X-ray equipment.

Systems for capture, processing, viewing and reproduction of images

Capture

Films

At the present time, and within the scope of activity that concerns our laboratory, film is being used as a means to capture radiographic images. In other fields —such as medicine and industry— in which technical developments are more advanced than ours, the digital image is slowly making a breakthrough and will probably —in the not too distant future, when these systems improve their resolution and prices come down— be used for the analysis of Cultural Assets. As research goes, it is believed that metallic objects of small size shall be the first to benefit from these advances.

Films are very similar to photographs, with printing and development processes similar to both, therefore we are not going to describe them. Of course it is interesting to report that radiographic films can have emulsion on both sides and, in fact, these are the ones that are used the most.

The industry divides films into medical and industrial. In order to study Cultural Assets, among those in which metals are found, it is advisable to use industrial films that are of finer grain, given that this type of radiography does not have the determining factor of restriction on the radiation dose, essential in medicine.

The grain of the industrial films can have different sizes and are controlled by different regulations; of these, the most used are the DIN and the ASTM, the first establishes four groups: G_1 , G_2 , G_3 , G_4 and the second three groups: *special*, 1 and 2, but none makes reference to the ISO regulation.

In each case the type of film must be decided upon with respect to the problem for study. Those which are usually used in the IPCE are those of type 2 or G_3 with which good results are achieved with smaller radiation doses.

In radiographs of metals, in which the object can have a considerable difference in thickness within its different areas, two films of different sensitivity can be used (types 1 and 2 or G_2 and G_3 , overlaid, which allow more complete information on the object to be offered in a single exposure.

Industrial films are marketed in reels or plate format. The reels can have a length of up to 60m and a width of up to 40cm. This film is protected by cardboard which does not allow light to enter, and those of lesser width can have lead screens inserted. In order to use the rolls format select the length needed by cutting and sealing the entrance with tape so as light cannot get inside.

The plates, with a maximum size of 30 × 40 cm are presented in boxes of two varieties: naked—to be inserted into film carriers or plate holders—or individually capped like the rolls, in such a way that these second ones can be accompanied with screens. In order to work with them some light-tight envelopes will be needed, which will show the plate holder name, have the same formats as the films and can be either plastic or metal. In the past, when IPCE was still not working with the rolls format, custom envelopes were manufactured for sizes larger than 30 × 40 cm, but this system was abandoned.

Reinforcing screens, also called intensifiers

These are sheets that are placed on both sides of the radiographic film, in intimate contact with it, with the objective of achieving a greater yield of the film; they are used both in the medical and industrial fields. They are classified into two groups: salt and metal.

The salts are formed by a base and a polyester support, over which a very reflective white layer of titanium dioxide extends. Over this, another layer of a phosphorescent material is placed which causes—thanks to the phosphorescence originated by the radiation falling on it—a greater level of darkening on the radiographic plate to be obtained, with a considerable decrease in the exposure time but with a certain loss of sharpness in the image, therefore it is not advisable to use it in the Cultural Assets field.

The metals which, due to their results, are used in the radiography of metals, are also formed by a base—in this case card—over which is glued a fine layer of metal, lead in the majority of cases, (between 0.1 and 0.001 mm thickness), yet it has been proved that the efficiency of these screens increases with the atomic number of the constituent material.

Of the two screens, the one which is located between the beam and the film, or in front of the film, has a double effect: on the one hand it filters the scattered radiation coming from the object, and on the other, it acts as an intensifier. As it is a metal with a high atomic number, the incident beam, depending on its energy, produces photoelectrons and *comptom* electrons. It is from 120 kV when its reinforcing effect as well as filtering effect of the diffuse radiation is exploited, however it can start to be used from 90 kV as a filter of the aforementioned diffuse radiation and in this way, sharper images are obtained; this effect is more notable in the projection over the plate of the edges of the object.

As far as the rear screen is concerned, its function is to act as a filter of the diffuse radiation coming from the reflection of the radiation on objects, walls, etc. located behind the film.

Processing

Radiographic films sensitive to ambient and yellow light—the latter used habitually in photographic laboratories—must be operated only with amber blue light. Although it seems obvious, experience tells us that using a red laboratory bulb is not the same thing as using a bulb painted red.

The process may be manual in a tray or automatic in a processor. With plates of small size, either manual or automatic can be used, but with large formats automatic should be used.

In order to achieve a smooth developing it is essential to insert each plate immediately after the previous one, therefore the quantity of fixer and developer that will be used during the process must be calculated previously.

There are three types and makes of processor on the market, and the best ones are those with a deep tank, which have a stop bath between the developer and the fixer. It must be taken into account that processors used for medical films cannot serve as industrial ones, but the processors used for industrial films can serve as medical ones, given that industrial films usually have several operating programs and can be adapted to the needs of the medical films.

Viewing

Once processed, the radiographic image is converted into a visible image, and all the photographic principles are applied to its viewing, therefore it will be governed by the sensitometric principles, from which we shall remember two of the concepts which will be repeated in these lines: photographic density and contrast.

Photographic density is defined as the decimal logarithm of the quotient between the intensity of the incident light and the intensity of the transmitted light, therefore it is a non-dimensional magnitude. The apparatus used to measure this factor is known as a densitometer. The value may vary between 0, for a completely white area and 4.5 for a completely black area.

Contrast can be defined as the relationship between two values of luminous intensity. Several types of contrast are considered: that of the object, which is linked to unequal radiographic absorption of its different areas, however great their differences, and however common or inherent to the film, which depends on the process to which it has been subjected and shall be greater however small the size of the grain. The mathematical term which quantifies it is called $\bar{\gamma}$.

The equipment used for viewing is known as a negatoscope, with the commercial ones having a larger format than those used in medicine for studying images of the vertebral column, therefore the institutions who are normally dedicated to radiography of Cultural Assets usually build their own negatoscopes with formats of greater size which allow the complete work to be viewed and reproduced.

Although it is a question that the ICSH has been asking for some years, in the field of Cultural Assets there still does not exist —as exists in industry— a regulation which controls the quality which a radiographic document must have, therefore the viewing systems are also not standardised.

Reproduction

Radiographic reproduction films have a maximum format of 30 × 40cm, which allows radiographs of small size objects to be duplicated, but even in these cases our experience would advise against it,

given that from a financial point of view, it is very expensive and a negatoscope is needed to view them which is not always within reach of the scholar.

Until very recent times —discarding the previously mentioned duplicates— the only method of reproduction was by using a conventional photograph. Usually, a general shot is taken and, if the work is of a large size, several are made which are joined later. On the one hand, in order to provide broad information, as many details of the areas of interest are taken as needed. If a good camera is available with formats 9 × 12 or 13 × 18cm good reproductions of these details can be achieved.

More recently, with the appearance of the transparency scanner, they have also started to use these machines but only for radiographs whose format does not exceed size DIN A-3. Any of these machines are capable of obtaining 600 p.p.p., allowing us to reproduce the document to double its size, using an ink printer. As far as the document obtained is concerned, its quality depends on the characteristics of the machine, on the quality of its detector and the range of optical density, which is usually under 3.6.

Today there are systems which allow us to scan rolls continuously with good resolution and a range of optical density that can reach 4.5; this, along with the good characteristics of the new computers, allows us to obtain very good results, even though their elevated cost must be taken into account.

Another method which has been tested in the IPCE, with magnificent results, is capture with a conventional digital camera. The camera is placed at an adequate distance, opposite the upper left part of the radiograph and it is photographed in parts, overlapping a small space. Then, with a program called VARIM (Computer Vision applied to Infra-red Reflectography) the details obtained are joined, and a digital document of great quality is achieved.

Reproduction of the digital documents obtained is carried out with regard to the needs of each case: reference for report, detailed study, diffusion, etc. They can be printed with commercial machines already on the market or, if photographic quality is needed, give the reproduction job to specialised companies that use a digital-chemical method.

The aforementioned VARIM program, developed within the framework of a PROFIT project promoted by the IPCE and in which the Higher Technical School of Telecommunications Engineering has taken part, along with the companies INFAIMON and SERVIMATISMO —taking on the task of the reproductions that the company INTERPHOTO has needed—, it is on the Internet and is freely accessible.

Execution of the radiograph (X-ray)

Radiographic analyses that have been carried out at the IPCE pursue different aims:

- Support for studies prior to the conservation-restoration processes, usually requested by the restorer responsible for the aforementioned process.
- Studies inherent to the activity itself of the X-ray laboratory.
- As part of a research project.

Once the Cultural Asset is in the laboratory, it is observed at length before carrying out the analysis. The documentation that has previously been collected is examined and, with all of this, the way to proceed. Radiation doses, film, views of interest, etc. are all decided upon. This of course forms part of a research project, and is carried out in accordance with protocol established at the beginning of the project.

Recording begins of what the primary most significant factors are upon which the radiation dose received by the film depends, in order to be printed correctly:

- On equipment:
On the filter of the window, if working at low voltages, it is interesting to note that it is made of beryllium, and that for medium or high voltages an aluminium filter is added to the opening. Clarification must be given that the X-rays are covered by a layer of lead of greater or lesser thickness according to the maximum power that can be reached, except for an output hole that shows the name of the window. In the inside of the tube a vacuum has to be made therefore this window

must have a hermetic seal. This is achieved with different materials: beryllium, due to its low atomic number, is the most adequate for the equipment that will be used with artistic objects.

On the size of the focus transmitter; this is not precise and, although ideally it should be so, it can produce an effect known as penumbra that can manifest itself as a light diffusion on the edges of the object image. The more marked the diffusion, the more separated the film will be from the object.

Although for flat objects or in the areas of the figures that are in contact with the plate, the object and image can be thought to be of equal size, it must not be forgotten that the image obtained is a conical projection of the real image.

On the electron acceleration voltage (the *kilovoltage*) and current intensity (in the argot named *milliamperage*). So that this can be easily understood, it can be described by saying that the first one is responsible for crossing the object and arriving at the film. As far as the second is concerned, it is responsible for the blackening of the aforementioned film.

On the distance between the object and the X-ray equipment; this will vary in a way that is inversely proportional to the square of the distance. There is a minimum focus-film distance below which, due to the effect of penumbra, the radiograph cannot be carried out.

On the location of the focus transmitter with respect to the object, given that, as the X-rays are propagated in a straight line, the projection of the object will vary with respect to the inclination of the beam, therefore the detection of the cause will depend on adequate orientation.

On the separation between the film and the object; the better the contact the better the definition will be achieved.

On the intensification or attenuation produced by the elements interposed between the focus transmitter and the film, such as the reinforcing screens, the material making up the window and the possible filters located on the aforementioned window. Usually, the air absorption is disregarded, how-

ever, if working at very low voltage it can offer slight absorption.

On the different materials that make up the object.

The glossary used can give the sensation of contradiction when making reference to the absorption of the material or to the final radiographic image. In this way, to the areas which appear on the plate with a low level of grey (plus white), allusion can be made to them with respect to the object or the film. (Fig. 5).

With reference to the object, they are named as:

- Areas very absorbent to X-rays.
- Very radio-opaque.
- Of increased radiographic density.

With reference to the film, they are named as:

- Areas of low photographic density¹.

Taking into account all the previously mentioned aspects, begin the analysis. Place the equipment at the distance needed in order for the radiation beam to cover the object, with the focus directed towards the centre of the work, taking special care that the X-ray beam is perfectly perpendicular to the plane of interest. The film is placed in contact with the work, and the latter between the equipment and the film, and it proceeds to irradiate. Then carry out the developing process. Previously, if working with film roll, some small-sized pieces of film were cut with those that will be making a first exposure which we call “test” and which will provide us with an idea of whether or not the constants selected are correct.

Once the constants are decided, and if using film roll, as many strips from the top of the work are mounted as are needed to cover its width and they are joined vertically; in order to keep the test result, it is important to use the same roll with which the test has been carried out. If plates are being used, the definitive ones must be out of the same box as the one used for the test and the same plate holder must be used. The process must be carried out under the same conditions.

If it irradiates at low voltage, on carrying out the final radiograph, the focus-film distance must be maintained as that of the test, but if this varies substantially, although the incidence of air is considered significant, the result may be slightly altered.

Given the huge variety of materials analysed and their thicknesses, no guidelines can be given on the dose (result of the voltage, current, time and focus-film distance) to be applied in each case.

Information which a radiograph can provide

The radiograph of Cultural Assets provides broad information for historians, archaeologists, museum curators, restorers and, it could be said, any lover of the Fine Arts.

It brings us closer to the techniques used for manufacturing objects, their constitution, cultural aspects etc. On occasions —without characterising them— this technique helps to differentiate between the different materials which make up any metal object, etc.

If the metal is one element more than the object it allows it to be differentiated from the rest of the components of the piece, given that they are usually the more radio-opaque elements; a very curious case is that of the corsets, in which it is possible to distinguish between the keratin stays and the metal ones.

As regards ancient restorations, your information is vital at the time of deciding the intervention to be carried out, even trying to differentiate the possible corrections made by the author during the creative process of the restorations *per se*. These reinstatements can clearly be highlighted as large black gaps (low radiographic absorption and high photographic density), which stand out against the white that represents the areas with metal centre (high radiographic absorption and low photographic density).

Continuing to contribute to the restoration, it highlights the discontinuities or defects that have occurred throughout time. It can also bring to light decorations or inscriptions hidden by the deterioration of the piece, not always recoverable during the restoration processes.

¹ Talking about photographic density, given that the image provided by the radiograph is a visible image.



Figure 5. Levels of grey with respect to the object or type of film.

Examples

A series of examples have been selected which can provide information, albeit brief, of what has been exposed in the previous section.

Shape and discontinuities during manufacture of the object

- Shaping through hot hammering is a common method of manufacturing swords and other objects of ferrous material. Radiography allows us to observe the forge lines and slag alignments which occur on the stretched metallic mass.
- It shows the scratching, which, occasionally, was made on the metal support in order to ease the adhesion of the bond.
- It allows us to determine the dissimilarity of materials, with even more reason whenever one of them is metal.

- The study of chests, sarcophagi, etc., is exciting, given that they can be constructed with very different materials, among which it is usual to find metallic elements of obvious significance due to their high radio-opacity compared with the rest.
- In metal objects obtained using a moulding process, different defects can occur which can, on occasion, be the source of crack formation and propagation.
- Sometimes, irregular adhesions are made which remain stuck or welded involuntarily to the metal surface, known as blobs.
- Radiography shows the quality of the smelting of the inspected parts.

On the state of the conservation —not always visible— suffered through the ages

- Corrosion which produces loss of material at different levels.

Repairs and restorations

- Sometimes shows an area of weld for joining the elements. The linearity of the edges can indicate mechanical preparation of the same prior to welding.

Concluding

Generally we have seen, as was commented at the beginning, that radiography is one of the most important non-destructive test procedures in studies prior to the restoration of any object, including historical ones. However, like all techniques it has its limitations and it must be made clear that it does not allow analysis of the chemical constituents of materials nor the dating of objects, although the experience of the radiologist who interprets the images obtained, an expert in materials, manufacturing procedures and the defectology that they might present, together with the visible image, can provide very enlightening information.

It should also be said that in spite of all the information that can be provided by any type of analysis, it can, by itself, provide partial information on the object. So that the information is as complete as possible, the results obtained through various analytical routes must be considered and jointly assessed with the historical-artistic study and visual inspection carried out previously.

Documentary resources from the physical studies laboratory

Since its creation and throughout its forty years of operations, the Physical Studies Laboratory has generated a collection of graphic documents for the purposes of conservation, restoration, documentation and research, which the Institute of Cultural Heritage of Spain (IPCE)² has attributed by definition. In this way, this Section works with the techniques without sampling derived from the exposure of the Cultural Asset to electromagnetic radiation of different wavelengths (close infra-red, visible, ultraviolet, X-rays), which give the final result of an image. The objective is to get this image to offer as much information as possible with the best quality,

given that it provides relevant information on the state of conservation of the piece, and its technical execution.

The IPCE, furthermore, forms part of Spanish Museum System³, a network which tries to promote cooperation between museums and institutions assigned to matters related to the documentation, research, conservation and restoration of funds, as well as for cultural diffusion activities and advancing their personnel. Collaboration with these institutions has allowed the analysis of cultural assets which are part of their collections, through which the Physical Studies Section houses an enormous quantity of graphic documentation.

After all these years of intense work, and not just because of the amount of material generated, but also the speed of growth of the archive, it has been necessary to set out a large-scale remodelling which will attempt to bring the documentation management referred to previously up to date, with the present criteria.

At the present time this company is able to be dealt with, thanks to the larger perspective of knowledge from the contents of the archive, to the technological advances which the techniques related to the image are undergoing, to the massive introduction of IT support which make efficient information management a reality and to the advances carried

² Royal Decree 1132/2008, of 4th July, through which the basic organic structure of the Ministry of Culture is developed. The Deputy General Directorate of the General Directorate of Fine Arts and Cultural Assets of the Ministry of Culture, has assumed a series of functions, among which include:

- **Conservation and restoration:** produces and executes plans for the conservation and restoration of the movable and immovable goods integrated into the historical heritage without prejudice to the operations attributed to the Management of Infrastructures and Cultural Equipment, as well as cooperation with other public Administrations and public or private bodies for the development of said plans and their monitoring.
- **Documentation:** this institution archives and establishes a system for work carried out and documentation available on historical heritage.
- **Research:** establishes priority research lines and studies on criteria, methods and techniques for conservation and restoration of said heritage. It also boosts and promotes Spanish archaeological research projects abroad.
- **Training:** trains technicians and specialists in conservation and restoration of movable and immovable goods that are part of said heritage.

³ Royal Decree 620/1987 of 10th April approving Regulation on the System of Spanish Museums and Museums belonging to the State.

out in establishing working protocols applied to documental management. This progress will have an impact on the quality of attention-giving service to the public and will facilitate its diffusion in all the available resources of the present day.

Once the present situation, it has been decided to commence with the organisation of the radiographic archive (the most numerous of all the documentation generated in this laboratory), in order to continue immediately with the rest of the documentation corresponding to other developed techniques.

The objectives of this project are centred on the following points:

- Revision and updating of the documental management (manuscript) in relation to said archive.
- Remodelling of the space and furniture of the radiographic archive.
- Transfer of new radiographic documents to new containers.
- Continuation with the computerised documental management and digitalisation of the radiographic archive.

The radiographic archive

The radiographic archive of Physical Studies has its origin in 1967, the date when the IPCE was created (becoming ICROA), in exclusive support of the restoration work or intervention of the Cultural Assets. In the present day, it is attached to the Area of Laboratories of the IPCE. It is, therefore, an archive with state title; its funds have been generated by techniques from the Institute, and on several occasions, by other institutions (CENIM, INTA, etc.) or companies contracted to such effect, with all of its funds the property of the IPCE.

This archive has more than 2,000 radiographs made on all types of Cultural Assets:

- Paint: on board, on cloth, on metal plate, on skin etc.
- Sculpture: wood, metal, plaster, fired clay, etc.
- Textiles.
- Archaeological material, ceramic, glass and crystal, metal, stone, bone material etc.

- Graphic document.
- Paleontological remains, etc.

The format of the radiograph plates is very diverse, varying between 10 cm and 5 m in length and, as far as width goes, the grand majority of them are 3 cm, although this can vary between 10 and 40 cm.

The radiographic pieces come from archives, libraries and museums of varying ownership⁴, from ecclesiastical institutions and different public bodies⁵ from domestic sources. On several occasions, and in consideration of the budget of the project, radiographs have generally been taken on privately owned works for changing exhibitions.

The pace of increase in the radiographic collection during all these decades has been growing. In the last seven years, the number of requests have been added to the number of works appearing for update, the designated collections, and the increasing tendency to carry out large format works, altar-pieces as well as surface pieces. The latter is due to projects developed by the IPCE (VARIM and CYDAR, mainly) which have allowed the optimisation of resources during capture and treatment of radiographic images.

Project OMRA (optimisation and modernisation of the radiographic archive)

This project is trying to make the management of the documentation generated by the Physical Studies laboratory more dynamic, from its commencement always in relation to the radiographic archive. It has been divided into three correlated phases:

- Management phase of the technical documentation related to the radiographic process.
- Storage phase which will attempt to deal with the modernisation of the space reserved for radiographic archive and the transfer of the radiographs to new containers.
- Phase which implies the computerised management of all the documentation.

⁴ Public (state, regional, local) and private.

⁵ Universities, royal academies, foundations, research centres.

Management phase for the technical documentation related to the radiographic process

Since the creation of this laboratory, hand-written documentation was guarded in the form of templates, called “*frame cards*”, on which the following information was shown:

- Identification of the cultural asset inspected.
- X-ray equipment used.
- Working parameters used during the X-raying of the pieces (voltage, tube current, distance from focus to the film, use of screens, filters and/or plate holders, etc.).
- Type and format of the film.
- Conditions of the process of the radiographic plates process (mechanical or manual, temperature and time of developing).

These are kept in some blue folders, ordered by type of material (paint, sculpture, metals, bones, etc.) along with the tests of the radiographs and other documentation related to the inspection.

32

In this phase the content of the existing files is reviewed, that is, it is ensured that every piece has its print frame file and that the information related to each X-rayed piece are properly placed in their folder, and the inventory of the blue files also updated accordingly (Fig. 6).

Modernisation phase of the storage space

From the beginning, we have seen the need to reorder the radiographic archive, due to the increase in documents generated throughout the years and the access needs of the same.

This has not been possible until the present time due to administrative problems. Having taken advantage of an opportune time nowadays, it has been possible to carry out this project.

One of the main aspects is adequate conditioning of the space for a work; furthermore, it would be equipped with an appropriate, approved fitting and an environmental study would be carried out in order to confirm that the storage conditions are ideal.



Figure 6. Image of the blue folders placed currently, where the framed files, documentation on the x-rayed work and the tests are kept.

During the conditioning works on the radiographic archive, now concluded, a detailed study was carried out on the space, with views taken on the acquisition of new shelving. From this study, in which the typology of the boxes where the radiographs would be stored, the characteristics of the reduced space where the archive is to be found, and in view of the fact that it is stored in a basement, on steady ground, it was decided to acquire compact cabinets which allow the space to be optimised, as well as to protect the documents from light and possible adverse conditions.

At the same time, taking advantage of the recent acquisition of new environmental measuring equipment by the Preventive Conservation Section of the IPCE, a meter was placed. Since then, in collaboration with the professionals of the aforementioned section, the environmental parameters of relative humidity and temperature of the space are being measured, with the aim of checking their progress. After the first readings of the graphs it was advised to install the mechanised ventilation, which has now been installed.

Transfer of the radiographic documents to new containers was also anticipated; to do this, samples of cardboard boxes from trade were analysed throughout the year 2005. The type of cardboard box was chosen with respect to the advice of the Materials Analysis Section. Once the type of material was decided upon it was purchased.

The size of the containers was considered, taking into account the variable dimensions of the radiographs, and the design was facilitated by this laboratory.

Implementation. Anticipated during this phase is:

- Revision of the content of the actual containers. It should be checked box by box that the preserved radiographs match up with what is shown in the already existent control documents (listed). It should be checked that each radiograph is conserved complete and the identification system of the set of radiographs corresponding to each work is renewed. Regarding this matter, the use of tapes (such as those used on the archives) is being considered in order to secure the covers and place the numbering. Once the radiography is digitised, the number and the measurements of the plates in an *Excel* formatted IT document.
- Revision of the pre-existing inventory of containers; that is, it should be confirmed that the number on the box is the correct one. This numeration, as a control and monitoring tool, is fundamental for embarking on the digitalisation process of the radiographs.
- Transfer to new containers after digitalisation of the document.
- Renewal of the notices on the containers. Taking advantage of the previously produced tables, new lists shall be made which state not only the identification of the cultural asset and the number of the box as was being carried out, but also whether or not the digitalised document exists, and they should be placed both in the inside and the outside). In this way (to date they have only been placed on the outside) it will be hoped to keep the handling of the boxes to a minimum and this is essential once they are placed in the new warehouse.
- Print of the new corrected lists, framed with plastic covers. The framing will allow the covers to be removed at all times, each of them independently. Both documents will serve as a reference: some will be placed on the inside of the archive, as was being done, and another in the warehouse of the framed files.

Computerised management phase of all documentation

Conscious of the fact that we have entered into a digital age, the Physical Studies Laboratory has already, between the years 2005 and 2006, started the CYDAR Project (Cataloguing and Digitalising of the Radiographic Archive) which was trying to deal with, as its name would indicate, an ambitious plan of digitalisation of the whole radiographic archive, with which the quality of service would improve.

This phase implies:

- Digitalisation of the technical documentation.
- Digitalisation of the radiographic archive.

Design and creation was begun on a database in *Access* format, based another already existing one prepared with lists in *Excel* produced annually which showed the radiographs carried out throughout the year, and adding the data contained on the framed files referred to. Currently, its modernisation and adaptation to new laboratory needs is being tried, as well as its updating (Fig. 7).

The objectives proposed for the aforementioned modernisation are as follows:

- Revision of the present database contents. It should be checked that all the data included is correct.
- Revision of the design of the current database. After its study it should be suggested, if necessary, the introduction of new fields: total number of plates, sequential number on each record, reference to publications etc.
- Production of a glossary of terminology (key words) which will allow specific references to be made.
- Study into the possibility of inserting documents into the database:
 - Framed files with radiographic working conditions.
 - Files with characteristics of the plates made.
 - Files for materials with characteristics able to be described of the cultural asset.
 - Reports, both those produced by the latter and those from the rest of the laboratories.

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA ORIGINAL				DESCRIPCIÓN DEL DOCUMENTO RADIOGRÁFICO					
Nºorden	0420_02	RG General/ RG Único	21171	Organismo productor	IPHE	Fecha RX	20/01/2000		
Título	Jarro tartesico			Área radiografiada	Perfil				
Atribución				Nº placas		Formato placa	30x40		
Cronología	S.VI a. de C.			Imagen A		Imagen B			
Soporte	Bronce			Detalle A		Detalle B			
Procedencia	Fundacion Lazaro Galdiano. Museo			Digital visible		Composición digital			
Provincia	Madrid			Condiciones operativas de la toma					
Dimensiones	24,5 cm./14 cm. diametro			Equipo utilizado	320 PHILIPS, modelo MG 324		Tipo de película	D-7	
Espesor medio	4mm	Peso		Tensión (Kv)	250	Intensidad (mA)	4		
Nºtravesaños		Preparación		Distancia (m)	2	Tiempo (sg)	60		
Espesor travesaños		Técnica		Revelado	30° 8'	mA x sg.t2	240		
INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA				Chasis	si	Pantalla	si	Filtro	Al
Peticionario	Araceli Pereda			LOCALIZACIÓN DEL DOCUMENTO RADIOGRÁFICO					
Observaciones	Nº Inv.Museo:L5285			Signatura-Ubicación	CUSTODIA CALICES				
Materiales relacionados	Informe del Laboratorio de Estudios Fisicos Otras tecnicas empleadas: -Inspeccion Endoscopica			Clasificación	ORFEBRERIA				
Equipo de trabajo (orden alfabético)	Tomas Antelo, Araceli Gabaldon			GLOSARIO DE TÉRMINOS					
LAS PALABRAS CONTENIDAS EN LA BASE DE DATOS NO ESTÁN ACENTUADAS				MANUAL DE USUARIO					

34

Figure 7. Design of the current database.

Also being considered is the inclusion of the restoration reports and others of interest.

- Document published by the laboratory.
- Radiography and photography visible for reference, both in small format.

The CYDAR project is at the same time considering the need for digitalisation of all the radiographs made from the beginning. With this proposal, a new scanner was acquired with which the radiographs produced in the last period, in accordance with what has been produced in the update report, as well as some needed for other proposals (publications, exhibitions, research, external requests, etc.). The actual aim is to complete this work on all radiographs existing in the archive.

It is necessary to put forward how the digitalisation of complete radiographs was carried out up until the present day, in order to understand the

importance of purchasing a new scanner. Initially the general radiography was obtained in the following manner: the radiographic plates were mounted on a negatoscope and were captured with a conventional analogue camera. In the cases in which it was considered necessary, the details were reproduced. The negative obtained (9 × 12 cm, 13 × 18 cm, etc.) was subsequently printed.

With the advance of the IT systems, digitalisation was commenced on the original radiograph using two procedures: with a digital photographic camera or with a flatbed scanner.

The capture with a digital camera was carried out with the same method as the conventional one—that is— after the mounting of the radiograph on the negatoscope, detailed or general images were taken. In the last case and in order to achieve great quality, it was carried out in parts and, following a laborious job with IT image treat-



Figure 8. Placement of the radiographic plates on the negatoscope.

ment programs, it was joined with VARIM (Figs. 8 and 9).

The other system for obtaining a digital radiograph was by using a flatbed scanner, which consists of a photo-electronic CCD device and a cold cathode fluorescent source. The latter admitted plates of a maximum format of 30.5 cm × 22 cm, which made it obligatory to scan those parts which were greater in size, approximately 90% of the scale. The maximum resolution, without interpolation, was of 1,200 p.p. As far as the range of optical density was concerned, it was between 0 and 3.6, a density which remained below the 0 and 4.5 range, which was supplying the analogue densitometer available to it. The spectral depth in the direct capture of levels of grey was 8 bits per pixel, therefore the result of the images, although acceptable, was not quality required. (Figs. 10 and 11).

As stated, the radiographs were initially photographed with film of different formats, using a conventional camera. Occasionally, with the aim of avoiding excessive handling of the negatives, this scanner was also being used to digitalise them whenever, due to the needs of the service, external requests had to be sent to the Laboratories Area.

The great advance was achieved with the purchase and subsequent adaptation of a scanner to our field, in order to read the radiographic documents, equipped with a laser source and photomultiplier impulse sensor. Its most important quality is its optical density of between 0 and 4.7, improving the reading of the high photographic density points considerably, which allows a much more precise analysis to be made of the radiograph. Furthermore, it is capable of exploring pixel sizes between 50-400 μm by optic with its spectral depth during direct capture in grey levels of 8 and 12 bits per pixel. Initially,



36

Figure 9. Capture of the digital image with photographic camera.

another advantage of this equipment was the possibility of scanning films of up to 1m in length in a single pass at the maximum resolution. Therefore, when comparing the quality of the final image obtained by each one of the previously described procedures, it has been seen that this scanner's performance improves considerably compared to the rest and reaches levels of detail, with the possibility for enlargement only when obtained previously on seeing them with a magnifier.

From the beginning, conscious of its potential at the time of purchase, and within the framework of technological innovation developed in the laboratory, successive modifications have been suggested at the trading house which have permitted notable improvements. The most important ones are:

- Possibility of scanning strips of unrestricted length. The execution of large format radio-

graphs, one of the current lines of investigation in the area, demands equipment capable of digitalising strips of great length in one go. With this modification, it has been possible to digitalise plates of 5 m length and 30 cm width.

- Guides or strips which direct the path of the plate during scanning. This element is vital when we are talking about plates of great length, as they tend to twist.
- Capture of the image in TIFF format and in JPG format in one single action for plates with a maximum length of 1m. This allows greater versatility in the management and subsequent treatment of the images.
- Predetermination of the scanning conditions for digitalisation of a series of radiographic plates belonging to the same work or set.
- Minimisation of the dazzle effect. There is a phenomenon that is common to all the scan-



37

Figure 10. Flatbed scanner.

ners, known as flare⁶, which occurs on radiographic plates in their outline and in the areas where there is a heightened difference in photographic density. Conscious of this, the Physical Studies laboratory technicians carried out an exhaustive study of the reports published by the *Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM). Laboratory VIII.31 "Radiation Techniques"* is a German independent institution which carries out comparative studies of this type of equipment. In these reports, it is shown that this scanner, at this time, produced less dazzle than the ones on the market, therefore this was another determining factor when choosing this machine. This dazzle goes unnoticed in other fields; in our field, it is made clear on the joining lines of each plate

that the complete image is made up. Solving this problem was vital for presenting the final image, therefore the possibility occurred to the laboratory technicians of adapting the area of transmission to the width of the radiographic plate. For this to happen, a physical modification was requested from the company that would solve this problem, given that this laboratory was informed that using *software* was not viable.

While the solution was being studied, a first modification was made which allowed scanning without dazzle on plates of 30 cm width. At the present time, there is a mechanical system developed, a mask of variable width manufactured robustly, which can be easily assembled and dismantled, and which will be purchased by the IPCE.

⁶ flare, optical flare or light flare.



38

Figure 11. Medical scanner for radiographs.

This action has been converted, currently, into the only scanner in the world with this performance. Now, within the framework of adaptation that has been described previously, it is thought that the system can and must be improved.

With this scanner, individual images can be obtained of great size, and therefore difficult to manage. At this time, with the current IT system, strips can be analysed separately, but if they were to be joined it would be impossible to handle them. For this reason, the need is created, with a view to the join, of reducing its size with the usual loss of detail. The modifications planned are aimed at solving this problem:

- Contribution of a *driver* for managing the scanner, valid for working in 64 bit technology.
- Change of licence of the *I-rad software* for working in 64 bit technology under the *Win-*

dows Vista Business (x64) operating system. This version allows management of large size images, which includes:

- Radiographs of 5 m or greater on opening and handling (additional filters).
 - Composition of frames of large size to maximum resolution (50 $\mu\text{m}/12$ bits/4.7OD). With the characteristics of the computer proposed it would manage and join 12 radiographs of 5m at maximum resolution. With more RAM memory (for example 32 GB) the capacity and performance in joining and treating would increase by approximately 60%.
- IT system with architecture of 64 bits that includes the following configuration:

- Dual Core 2.5 GHz.
- 16 GB RAM memory.
- Hard disk technology SAS 15,000 r.p.m.
- Monitor with colour calibrations 20" 2 Mpx.

The digitalisation of the radiographic archive will guarantee the following objectives:

- **Conservation of the radiograph.**

The radiograph is a single document in itself, and it provides information on the state of the work at a specific time of its material life. It has been observed that, owing to the manual processing of the radiographic film, the oldest plates are suffering a natural degradation process (yellowing). In the present day it is attempted to scan radiographic plates immediately after being developed, therefore the image obtained will always be prior to its possible deterioration. On the other hand, it is important to bear in mind that the radiograph is a working document, therefore it is essential to handle it. It has been proved that excessive handling will deteriorate the surface, causing scratching, fingerprints, remains of adhesive from the tape used for mounting the plate on the negatoscope, bending, especially when mountings of large format radiographic plates are handled, etc. The creation of a good quality digital image would prevent its constant handling, and its exposure to light etc.

- **Backup of the archive.**

The possibility of saving more than one archive for the backup of each digitalised document, in a different place, guarantees its conservation faced with any natural or artificial incident. Its digitalisation would allow a digital archive to be obtained, which, although distanced from the original support, would not lose its facsimile character.

- **Quality of the radiograph.**

This quality has been shown in the previous sections.

- **Accessibility and agility in documental management.**

Without the need to create a printed image, always of lower quality, the user (proprietary institution of the asset, researcher, restorer, architect, curator.) will be able to consult the im-

age in actual size at any time and place. Likewise, it improves the agility of the image transfer service.

- **Technical and specialised training of department personnel.**

This effort reverts to the development of its infrastructure and in the updating of the technological innovations related with the sector.

- **Collaboration with other similar institutions.**

Owing to the fact that this phase is expected in the long term, this impulse would attempt to share common interests with other institutions in order to create virtual collections and increase access to international level.

This project will count on the technical collaboration of the IT Service of the IPCE and the assessment of the Documents Reproduction Service (Deputy General Directorate of State Archives), whose experience in the production of guidelines for digitalisation projects of collections and covers of public domain, in particular for those guarded in libraries and archives, can really be enriching.

The proposed work protocol is as follows:

39

- Detailed revision of the state of conservation of each one of the radiographic archive plates, and inspection if appropriate.
- Checking of the record numbers of the IPCE through reference to the databases created in Records and Photographic Library.
- Revision of the catalogue number of the radiographic plates:

- Checking of the individual engraving of each plate which should consist of the following information:

Rec. No IPCE + Plate No/total No plates
(whenever possible, at a lower right angle of the plate). If any of this information is missing, it should be added with indelible marker.

- Checking of the signature on the cover:

IPCE rec. No

Title of the work

Attribution

Period

Origin (institution and town/city)

Plate No1 /Tot. No of plates

Allusion to type of shot: front, profile, zenithal, oblique, 45 degrees, etc.

Whenever possible, on the side of the cover that does not contain printed letters.

- Creation of a digital folder where all the documents related to the radiograph of the work are stored. Some pieces for which reports were produced conserve old digitalised radiographic images. These images shall be kept in these folders under the name of Photos Rx in order to distinguish them from those that are digitalised, which will be then be known as *Array RX*.
- Digitalisation of the radiograph. As a rule, it is digitalised at a resolution of 50 μm , level of optical density reading between 0 and 4.7 and 12 bits of depth per pixel, that is, at maximum quality.

If the plate measures more than a metre in length, the scanner will generate a TIFF format image automatically at 12 bits.

If it measures less than a metre the scanner will generate, as well as the TIFF image at 12 bits, another JPG at 8 bits.

Subsequently, if it is necessary the document will be managed with the most ideal image treatment program, and if the radiograph consists of several plates, it will be joined with the VARIM program.

In parallel, the creation of several documents is expected:

- File of characteristics of the scanned radiographic plates; where there is evidence of the number of plates which the radiograph consists of, their dimensions, the type of view taken (front, side, profile, zenithal, in perspective, detail, etc.) as well as the scanner data and the scanning conditions.
Views in miniature; where the number of digital images generated is shown. This document will try to be inserted into the boxes where the radiographs are stored. In this way, without the need to handle the plates, the content will be recognised visually.
Full image of the shots most representative in small format, expected to be inserted into the database as a reference image.



Figure 12. Example of nomenclature of digital radiographic documentation.

- Storage of the digital images:
Disk of external storage.
Backup copy on external disk.
Backup copy on CD/DVD, when deemed necessary.
Example for sending to owner of the x-rayed cultural asset (CD/DVD).

The nomenclature of these digital archives is fundamental for their correct storage and shall be in accordance with the rest of the documentation generated by this laboratory.

To do this, as has been done for many years, a main folder is created whose title consists of the record number and the word or key words (chosen by agreement) which identify the record or Cultural Asset. Within, the subfolder is found which is related to the radiographic documentation, which houses both the original plates and those which have been treated with IT programs (join, touch-up, details, etc.) Both the subfolders and the individual archives shall have their record number and a key word that identifies them. As a rule, it is established that each scanned radiographic plate will be numbered (1, 2, 3, 4... and so on sequentially) and the conditions of the previously mentioned scan (μm , density, bits) (Fig. 12).

Chapter 2

Catalogue of Pieces and their Radiographic Interpretation

Introduction to the radiographic catalogue

Radiography, or X-rays, is extremely helpful for restorers to gain knowledge about historical metallic objects prior to the intervention.

It enables them to:

- Gain an in-depth understanding of the state of conservation of these objects,
- Determine the flaws introduced in their manufacturing, and
- In complex objects, discern the different components of the object and how they are assembled.

Bearing these premises in mind, 20 metallic pieces that are representative of all of the ones studied radiographically at the Instituto del Patrimonio Cultural de España (Institute of Cultural Heritage of Spain) have been chosen in an attempt to prove the statement above.

Consequently, we have tried to ensure that these 20 pieces come from different historic and prehistoric time periods in Spain and that they in turn represent different manufacturing models, meaning

a diverse range of flaws and unique manufacturing and assembly processes, coupled with widely varied states of conservation.

It is obvious that the information provided on these objects could have been much broader (in some of them, much more extensive), but what we have sought is not to conduct an exhaustive radiographic study but to point out the most salient aspects of each of them and for the objects as a whole to show a good number of different manufacturing flaws and examples of interpretation of the manufacturing procedures in others.

It might occur that not all the details mentioned in the corresponding text are visible in the paper reproduction of some of the X-rays. This is due to the fact that when transferring an X-ray image to paper, some of the quality is lost, as well as to the reduction in the size of the X-ray for it to fit into the page size in the book reproduction.

The registration number of each of the pieces corresponds to the identification number of the X-rays in the Institute of Cultural Heritage of Spain.

We hope that these examples are useful for restorers to help them expand their knowledge of the state they can find in the pieces they will handle, for conservators to provide them with additional in-

formation to determine the conditions that lead to lower deterioration over time, and for everyone to learn about the possibilities and limitations of X-ray technology in the study of historical metals.

It is worth noting that the terminology used in the X-ray interpretations can be checked, for further knowledge, in the glossary of terminology at the end.

Characteristics of the X-rays of the different pieces

Catalogue File	IPCE registration	Title		kV	mA	Dfp, m	t, s			Filters	Screens
1	22.650-22.653	Spear-points	*	235	2	1,3	50	#	⊖	Al	Pb
2	22.414	Palstave-axe with double-loops	*	318	4	1	42	#	⊖	Al	Pb
3	22.416	Mould for palstave-axe	*	280	4	1	42	#	⊖	Al	Pb
4	21.171	Tartessian pitcher	*	320	4	2	60	#	⊖	Al	Pb
5	22.897/31	Votive dagger	*	120	5	1	90	#	⊖		
6	22.025	Golden torque	*	320	4	1	15	#	⊖	Al	Pb
7	S/N	Sword from Aguaviva	*	130	10	1	30	##	⊖		
8	21.343	Pincers	*	180	5	1,7	25	#	⊖	Al	
9	23.106/35	Bacchus	*	200	10	2,2	1,3	#	⊖	Al	Pb
10	22.025	Silver torque	*	270	4	0,7	11	#	⊖	Al	Pb
		– Side view		250	4	1	20	#	⊖	Al	Pb
		– Chain	*	170	4	1	20	#	⊖	Al	Pb
11	S/N	Botorrita plaque	*	115	7	1,9	7	#	⊖		
12	21.874	Sculpture called <i>Doryphoros</i>	*	□□	4			#	⊖	>	
13	23.170	Doctor's case	*	85	5	1,9	111	#	⊖		
14	21.303	Bronze from Bembibre	*	105	7	1,98	733	#	⊖⊖		
15	A-4.879	Missorium	*	220	10	1,6	70	#	⊖⊖⊖⊖	Al	
16	21.652/1	Belt clasp		130	5	0,9	60	#	⊖		Pb
17	D-2.605	Sword called <i>Tizona</i>	*	200	10	1,6	75	##	⊖	Al	
		– Other shot	*	140	10	1,6	85	##	⊖	Al	
18	20.582	Reliquary	*	319	5	1,92	53	###	⊖	Al	
		– Other shot	*	150	5	1	22	###	⊖	Al	
19	22.897/35	Helmet	*	□	5	0,60 a 3	Ç	#	⊖	>	
20	S/N	Painting by Goya	**	80	10	2	150	#	⊖⊖⊖⊖		

* 320 kV equipment.
 ** 160 kV equipment.
 # Agfa D-7 film.
 ## Kodak AX film.
 ### Kodak M film.
 ⊖ Automatic 8' developing at a temperature of 30 °C.
 ⊖⊖ Automatic 8' developing at a temperature of 35 °C.
 ⊖⊖⊖⊖ Automatic 12' developing at a temperature of 33 °C.
 □ Depending on the exposure shot is has varied between 80 and 260 kV.
 > Above 90 kV.
 □□ Depending on the exposure shot it has varied between 130 and 320 kV.
 Ç Variable between 60 and 258 s.

1 Spear-points

José María Soler Archaeology Museum.
Villena, Alicante (inv. no. CR/03/1-4)
Cabezo Redondo (Villena, Alicante)

Copper-based material.

18.3 × 4.3 cm; 25 × 4.4 cm;

26.5 × 4 cm; 22.5 × 3.6 cm

13th – 10th centuries BC. Bronze Age

IPCE registration number: 22.650-22.653



44

Description

These are four spear-points of varying lengths which include a double-edged blade and conical hub that extends towards the blade, forming a central round rib on both sides. The metal's state of conservation does not show whether the hub has a vertical groove. Likewise, the corrosion prevents us from ascertaining whether they might have some kind of orifice where nails or wires went to strengthen the attachment to the haft. They are usually accompanied by a tip or chape, a piece also made of metal that prevented the wood of the shaft from being worn down, served as a counterweight and could even be used as a weapon should the spear be broken.

This is one of the most ancient weapons that was used frequently throughout the entire Mediterranean region. It is an offensive weapon used for body-to-body combat protected with a shield, prior to the use of the sword or dagger.

Manufactured in a copper-based alloy, it appeared on the Iberian Peninsula in the Bronze Age and lasted through much of the Iron Age,

combined with other similar weapons made of iron, such as the javelin, the *soliferreum* or the *pilum*. It was grasped on the lower third of the shaft and used with movements from the shoulder downward if the goal was to injure the upper part of the adversary's body, or from the shoulder frontward to wield low blows. Nevertheless, in some cases it could also be used as a throwing weapon.

The samples in the image appeared at the site in Cabezo Lucero, a very successful settlement in southeast Spain which during the Bronze Age played a key role in centralising the surpluses from the neighbouring settlements and distributing them towards the main trade circuits between eastern Spain, central Spain and the northern part of the Iberian Peninsula. This fact is demonstrated by the discovery of numerous troves of pieces mainly made of gold, like the exceptional Treasure of Villena. This privileged location would gradually lose prominence as the Iron Age marched forward, which marked the arrival of Phoenician maritime trade and the development of the culture of Tartessos.

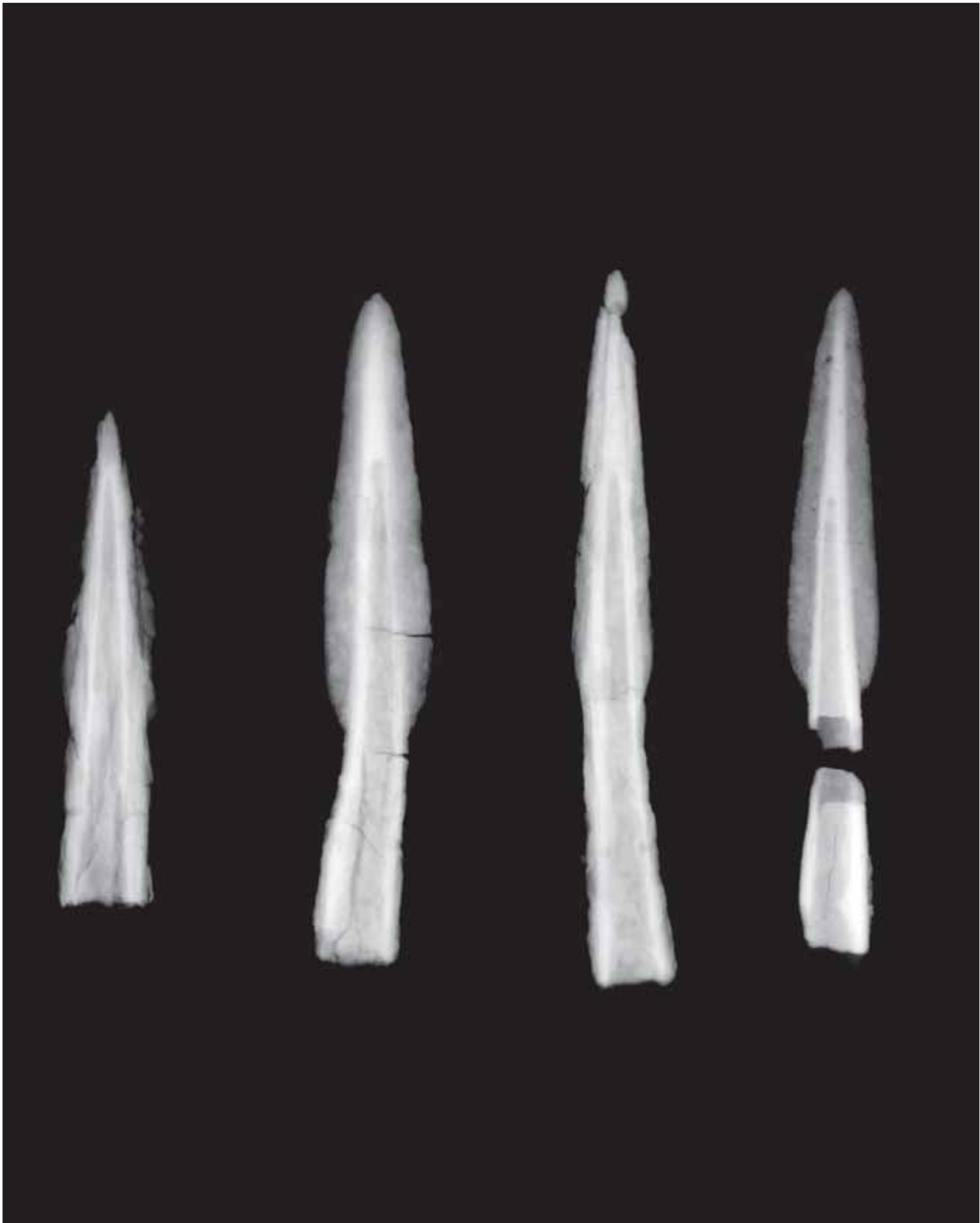


Figure 1. X-ray image of all four spear-points.

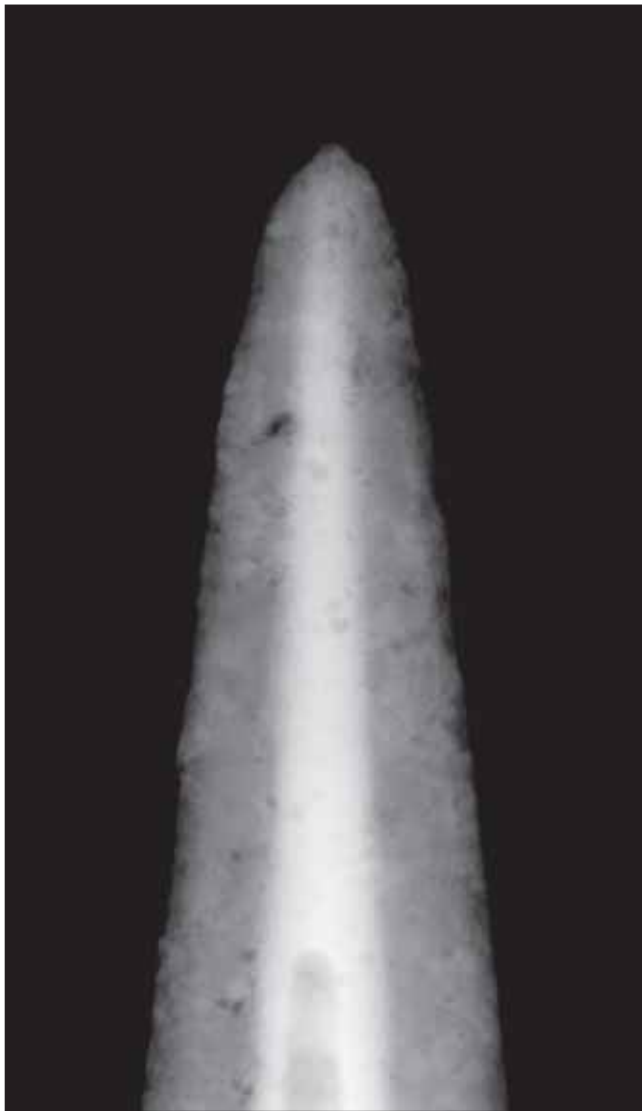
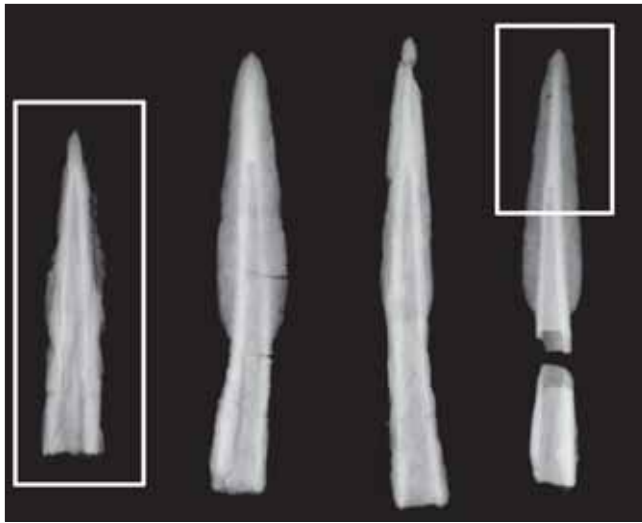


Figure 2. Close-up of spear-point D with occluded pores.

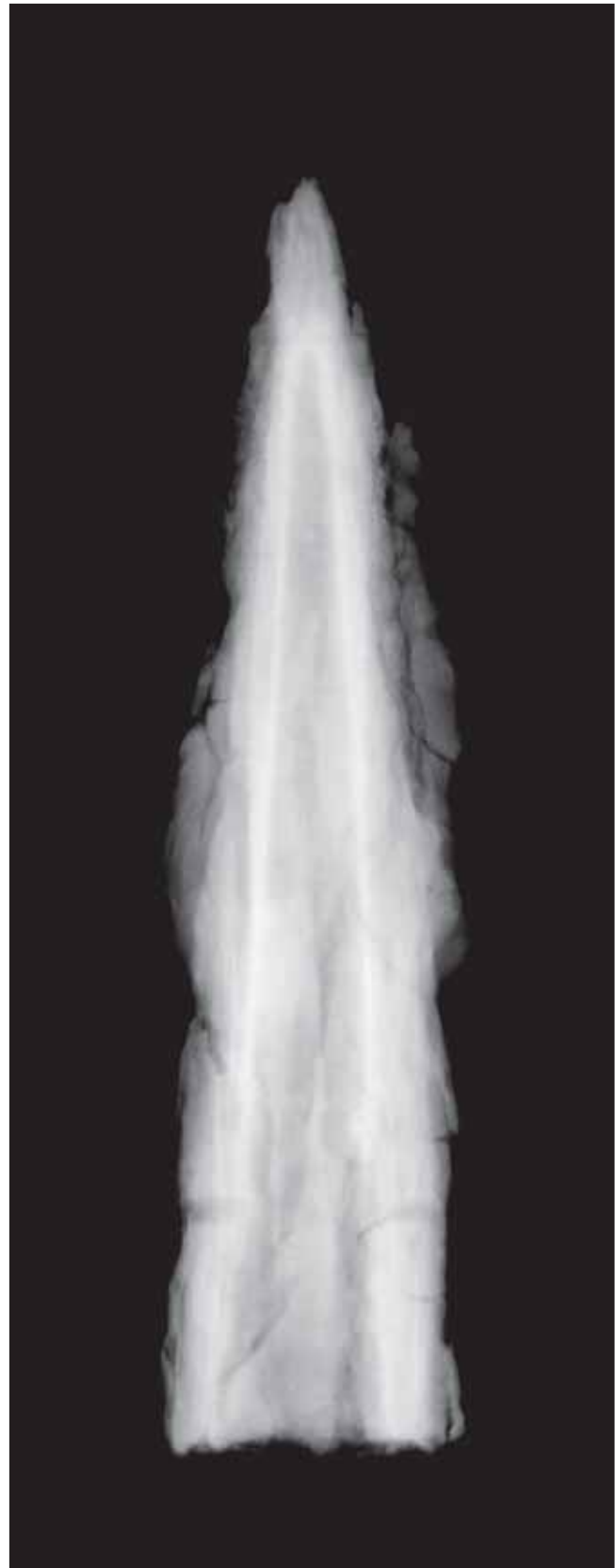


Figure 3. Close-up of spear-point A with the loss of much material through deterioration.

Radiographic commentary

As shown in the X-ray image of the weapons (Fig. 1), all four spear-points show such an advanced state of deterioration that there is hardly any metallic material remaining, especially on Piece A.

On spear-point D (Fig. 2), you can see a considerable number of spherical pores on the metallic material, which were occluded in the smelting process due to a poor design of the gas escape channels in the moulds.

You can see a greater loss of material from corrosion in spear-point A (Fig. 3), to such an extent that the thinnest areas of the spear have disappeared. In this piece, you can also see multiple breakages in all directions, although there are more

lengthwise ones. This degree of deterioration means a total loss of metallic mass to such an extent that the remainder is the product of corrosion and muddy adherences.

Bibliography

QUESADA, F.:

El armamento ibérico. Estudio tipológico, geográfico, funcional, social y simbólico de las armas en la cultura ibérica (s. IV-I a.C), Madrid, 1997.

QUESADA, F.:

Armas de Grecia y Roma forjaron la Historia de la Antigüedad, Madrid, 2008.

Villena. Arqueología y museo, exhibition catalogue, Alicante, 2005.

2 Palstave axe with double loops

**National Archaeology Museum.
Madrid (inv. no. 35.370)
Vara (Lugo)**

Copper-based material.

23.2 × 5.3 cm

10th – 7th century BC. Late Bronze Age

IPCE registration number: 22.414



48

Description

This is a trapezoidal-shaped axe made up of an elongated blade with a slightly convex edge and a central rib which is quite marked until the middle, a straight end from which two semicircular rings and an elongated rectangular butt emerge on the sides. The outline of the piece conserves remains of the burr from the bivalve smelting mould.

This kind of axe is called a palstave, and they are recognisable because they usually have one or two loops to tie the blade to the haft, and at times one or several ribs on the blade. They are characteristic of the Late Bronze Age and are mainly scattered about the northern Atlantic coast of the Iberian Peninsula —a zone particularly rich in metals— and tend to date from between the 10th and 7th centuries BC.

However, today it is not clear what they may have been used for; some researchers believe they

may have been weapons of war, while others point to hunting or even votive uses, as many of them have been found in deposits along with other weapons (lances, swords and daggers, etc.). In this sense, what stands out is the low quality of the technology, as a higher percentage of lead in composition is added to the tin and copper alloy, which renders the metal largely useless for cutting. This might demonstrate that they are more luxury items or signals of power than utilitarian pieces, which would be common to find in a hierarchical society.

Numerous similar palstaves with double-loops are conserved in the Provincial Museum of Pontevedra, most of which come from deposits or accumulations linked to the ruins of ancient fortifications in the region, and in a more isolated fashion as part of the burial goods of prominent individuals. Some axes from these sites still have the stub ends from smelting and the burrs from the two valves on the mould.

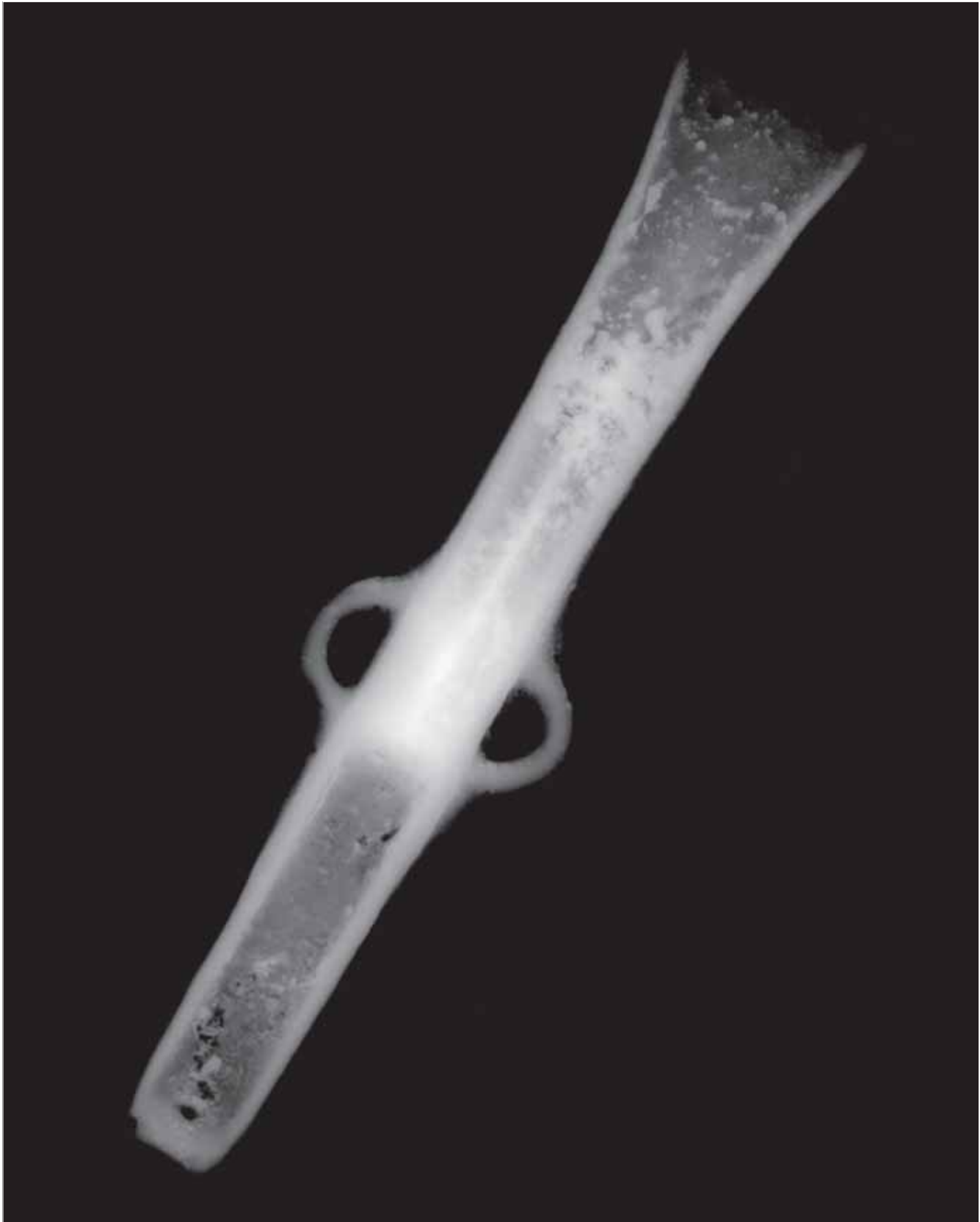


Figure 1. Overall X-ray image of the palstave-axe with double loops.

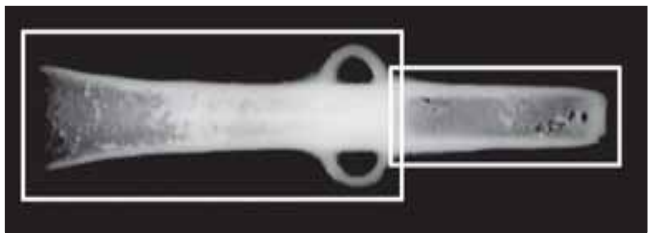


Figure 2. Occluded lead in the bronze metal mould.

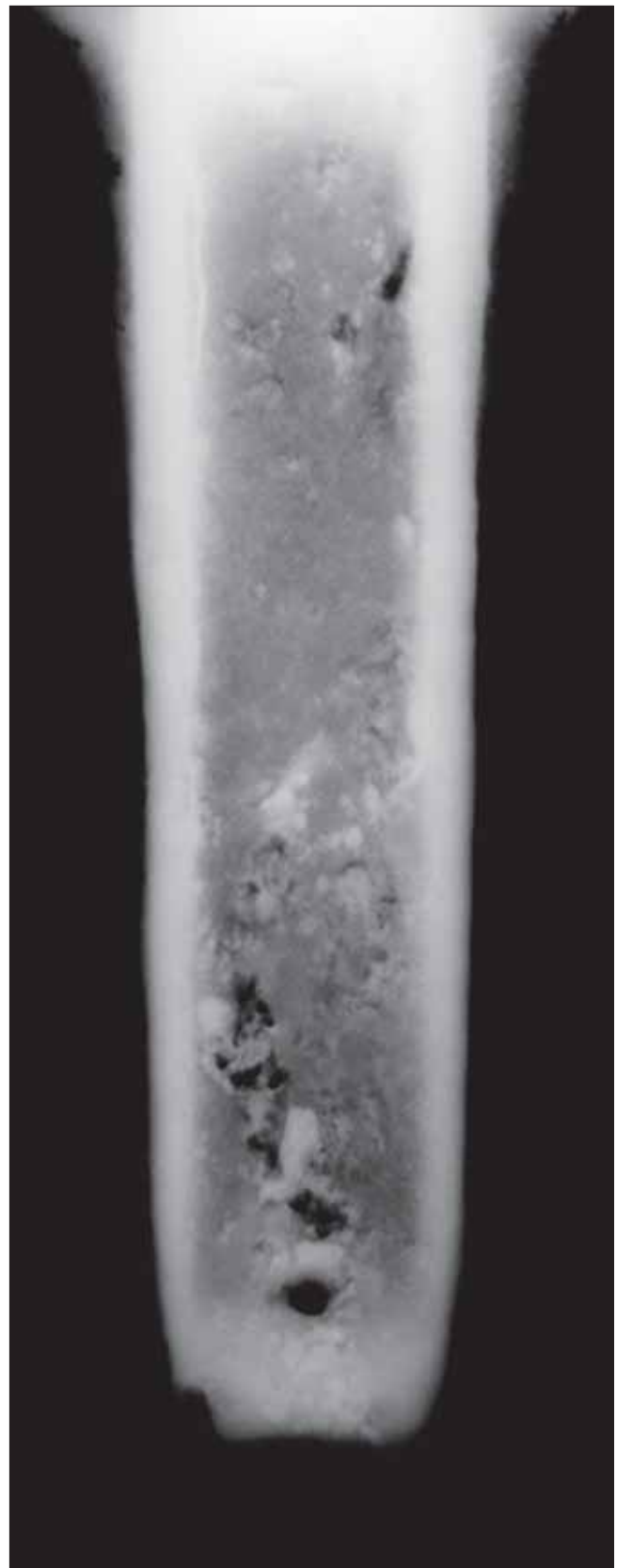


Figure 3. Several additions and other flaws in the butt area.

Radiographic commentary

From the radiographic standpoint, this piece displays very low technical quality (Fig. 1). You can see areas and small clusters with very high radiographic density, which correspond to additions of immiscible lead to the copper and tin alloy (Fig. 2). This indicates that it must have been one of the last axes to be moulded with the crucible culture in which lead, because of its density and not because it was part of the alloy, remained in the bottom of the crucible and was gradually poured in larger amounts. You can detect a number of fissures in the area where the butt meets the blade.

In the butt (Fig. 3), where there is less lead, there are many irregular outlines that correspond to the slag occluded in the metallic mould, as well as porosity and shrinkage zones most likely produced by the lack of culture to fill the sprue.

Bibliography

- ALMAGRO-GORBEA, M. *et alii.*:
Prehistoria. Antigüedades españolas I, catalogue of the Cabinet of Antiquities of the Royal Academy of History, Madrid, 2004.
- DELIBES, G. and FERNÁNDEZ, J.:
 «Bronce Final Atlántico en el noroeste de la cuenca del Duero», en *Actas do Coloquio Interuniversitário de Arqueología do noroeste, Portugalia* 2.^a, 4-5, 1984, pp. 111-119.
- La guerra en la antigüedad. Una aproximación al origen de los ejércitos en Hispania*, exhibition catalogue, Madrid, 1997.
- RODRÍGUEZ, J. and HIDALGO, J. M.:
 «Nuevos hallazgos de la Edad de Bronce en Vigo: el depósito de hachas de Estea-Saiáns», *Castrelos* 3/4, 1993, pp. 65-83.
- SIERRA, J. C. *et alii.* «El depósito del Bronce Final de Samieira: estudio sobre hachas de bronce protohistóricas con un contenido alto en Pb a la luz del diagrama ternario Cu-Sn-Pb. Investigación arqueoanalítica y experimental». *Boletín Auriense*, Appendix 2, Orense, 1984.

3 Mould for palstave with double-loops

**National Archaeology Museum.
Madrid (inv. no. 35.371)
Linares de Riofrío
(Salamanca)**

Copper-based material.
25.2 × 6 cm
10th – 7th centuries BC. Late Bronze Age
IPCE registration number: 22.416



52

Description

This is a rectangular-shaped metallic mould slightly wider in the middle than the ends, with the opening for a palstave with double-loops similar to the one described above. On one of the ends, you can see the hole of the stub end where the molten metal was poured.

The appearance of this kind of piece in the Bronze Age, especially during the Late Bronze Age, indicates the development of a certain kind of economic activity that is complementary to the traditional activities, such as agriculture and livestock. This points to the fact that the settlements from this period had some degree of socio-economic specialisation.

The development of metallurgy at this point in history is due to the gradual exploitation of the

plentiful ore available on the Iberian Peninsula. The presence of tin in the northwest and copper in the southeast and south, both of them necessary to yield high-quality bronze alloys, marked the start of commercial itineraries in two opposite directions: the Mediterranean and the Atlantic. This route was responsible for the fact that for centuries afterwards a variety of cultures like the Phoenicians and Greeks came to Spain in the quest for these and other metals such as iron and silver.

This piece was exhumed with another mould (which completes this one), also made of metal, and its discovery might reveal the existence of a workshop specialised in the mass-smelting of tools linked to this kind of agricultural and livestock activities.



Figure 1. Overall X-ray image of the valve with porous additions and slag.

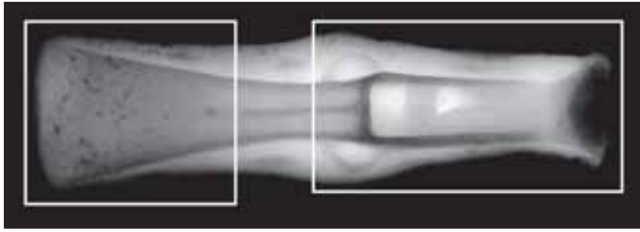


Figure 2. Close-up of the pores and slag additions on one side.



Figure 3. View of the stains corresponding to the outside ring of the mould.

Radiographic commentary

This mould, which shows low technical quality, has a huge number of pores of different sizes and morphology throughout almost the entire metal mass, which is also concentrated with occluded slag, on the cutting end of the axe and along one of its sides (Figs. 1 and 2). This porosity comes from insufficient channels for gas to escape from the mould when this piece was smelted.

In the butt (Fig. 3), the two stains which show notable radiographic density correspond to the remains of a ring outside the mould which was used to facilitate the joining of both sides during the filling process.

On both sides of the mould cavity, there are two series of aligned grooves whose lower radiographic density indicates that they are hollows that were used to match up the two sides. Worth pointing out is the extreme thinness of the wall in the sprue which can be seen from its low radiographic density.

Bibliography

- DELIBES, G. y FERNÁNDEZ, J.:
«Bronce Final Atlántico en el noroeste de la cuenca del Duero», in *Actas do Coloquio Interuniversitário de Arqueología do noroeste, Portugalia 2.*³, 4-5, 1984, pp. 111-119.
- RODRÍGUEZ, J. and HIDALGO, J. M.:
«Nuevos hallazgos de la Edad de Bronce en Vigo: el depósito de hachas de Estea-Saiáns», *Castrelos 3/4*, 1993, pp. 65-83.
- SIERRA, J. C. *et alii.*:
«El depósito del Bronce Final de Samieira: estudio sobre hachas de bronce protohistóricas con un contenido alto en Pb a la luz del diagrama ternario Cu-Sn-Pb. Investigación arqueoanalítica y experimental». *Boletín Auriense*, Appendix 2, Orense, 1984.

4 Tartessian Pitcher

Lázaro Galdiano Museum.
Madrid (inv. no. 5.285)
Provenance unknown

Copper-based material.
24.5 × 14 cm
6th century BC. Tartessian
IPCE registration no.: 21.171



56

Description

Pitcher with a pear-shaped body decorated with an etched strip of triangular shapes and a band in high-relief, a slightly elongated neck whose upper part is decorated with downward-hanging etched lotus buds and the opening finished with a feline mouth in relief with the teeth bared and the tongue hanging out. The handle is flat and has a snake's head on the upper end and a cane on the lower.

This kind of piece imitates the ones that were imported by Phoenician traders, and they were used for libations made in ceremonies related to burials, so they are usually found alongside braziers (for burning scents) and saucers. For this reason, the iconographic motifs portrayed in these pitchers allude to the afterlife.

Their geographic dispersion is particularly concentrated in the southwest of the peninsula. They

can also often be found in necropolises dating from the same period in Cyprus and Etruria. They primarily stand out for their ornamental richness within their Orientalising context.

Even though some samples found on the Iberian Peninsula were most likely brought over from the East, examples soon emerged that were crafted in local workshops in the southwest, especially in the areas near Cadiz and Extremadura.

Parallel models in copper-based material with other kinds of decoration at the mouth (zoomorphic, mythological, etc.) are conserved, such as at the Provincial Archaeology Museum of Badajoz and the necropolis at La Hoya (Huelva), and in models made of different materials such as rock crystal coming from the treasure of La Aliseda (Cáceres) or ceramic, the latter a more modest model.



Figure 1. Overall X-ray image of the piece.



58

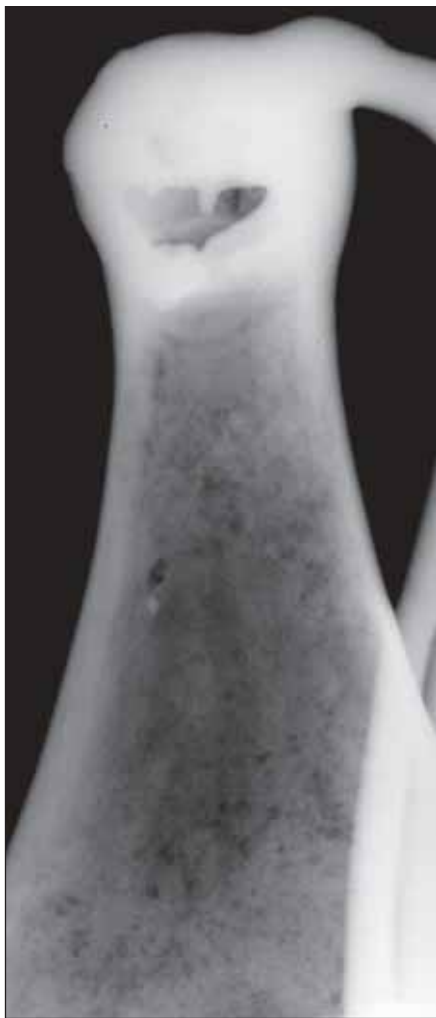


Figure 2. Close-up of an accidental incision on the surface.



Figure 3. Appearance of material loss due to corrosion and flaw in the perimeter soldering on the base.

Radiographic commentary

In the neck area of this pitcher you can see an elongated mark that corresponds to an accidental incision on the surface (Figs. 1 and 2). A uniform series of small, circular-shaped marks can also be seen, the result of corrosion due to pockmarks most likely produced inside the pitcher. Some of them, larger and more irregular-shaped, are due to flaws in the material caused by defects in the inner surface of the mould.

In the middle (Fig. 3), you can see the same flaws from corrosion and a lack of analogous original material as in the previous figure, although here they are even more pronounced. On the base, a stain with low radiographic intensity and straight outlines correspond to a lack of material, which most likely affects the thickness of the entire wall.

Where the base joins the back, on the right, you can see the lack of fusion with a severe dearth of material joining both parts, the base and back of the pitcher.

Bibliography

Argantonio. Rey de Tartessos, exhibition catalogue, Madrid, 2000.

Hispania. El legado de Roma en el año de Trajano, exhibition catalogue, Zaragoza, 1998.

Obras maestras de la colección Lázaro Galdiano, exhibition catalogue, Madrid, 2002.

On-line catalogue: www.flg.es/bus_listado.asp

5 Votive dagger

Instituto Valencia de Don Juan.
Madrid (inv. no. 2.822)
Provenance unknown

Copper-based material.

16.7 × 3.8 × 4.4 cm.

Weight: 256 g

5th century BC. Celtic

IPCE registration no.: 22.897/31



Description

60 A metallic, rectangular-shaped plate whose left end is rounded and right end is finished with a protome depicting the profile of a bull. The base is flat and there is a series of freestanding figures along the back, which alternate humans (males) and animals (adults with their offspring behind them), along with a variety of objects arranged on a slight diagonal. From right to left, you can make out a cauldron and a necklace on the ground, followed by a character wearing a necklace around his neck and resting his hands on the edge of the cauldron located to his left and on the back on a ram located to his right. Then another person with a necklace carries a short white weapon aimed at the ram's head in his right hand, and a difficult to identify animal (young wild boar or pig?) is behind him. After him, another male figure is resting his hands on the back of a wild boar or pig on his left, and on the neck of a goat on his right, and behind him is another difficult to identify animal (a small pig or lamb?). Finally, another figure (whose feet are the only thing that remains) seems to be holding a halter that runs around the head of a bear to his right. Behind him is the suckling of an unidentifiable quadruped and the remains of bird legs. On the lower edge of the plate, between the cauldron and the ram, an axe held by two cords made of the same metal juts out. The rounded end has a ring for hanging the object.

The circumstances in which this item was discovered are unknown, although it belonged to F. Mateos

Aguirre starting in 1921, and nine years later it entered the Instituto Valencia de Don Juan after the Marquis de Valverde de la Sierra purchased it for 3,750 pesetas.

This kind of piece is also known as a sacrificial bronze, and geographically they are spread around a zone characterised by the presence of fortified villages (Castro culture) in the northwest and northern plateau of the Iberian Peninsula in a timeframe that spans from the 7th to 1st centuries BC. They likely have a ritual or symbolic meaning, but today some authors refute their use as a votive knife.

Other formal and iconographic parallels with this piece are the Portuguese one from Celorico do Basto (Castelo de Moreira), two at the National Archaeology Museum, one at the Museum of Pontevedra and an axe from the Museum of the Castillo de San Antón in Cariño (La Coruña).

At some archaeological sites like the one in Capote (Badajoz) testimony has been found of mass animal sacrifices which are somehow similar to the scene portrayed in these bronzes; the interest of this find lies in the fact that the banquet that ensued the sacrificial ceremony was interrupted at that time by the onslaught of Roman troops (in the mid-2nd century BC), based on the remains that were still found in situ at the time of the exhumation. Likewise, epigraphic inscriptions have been found like the one in Cabeço das Fráguas (Guarda) which mention a series of deities who were offered sacrifices of different animals: a sheep for *Trebopala*, another for *Trebaruna*, a *comaiam* for *Loiminna*, a pig for *Laebo* and a bull for *Reve Tre...* (incomplete name).



Figure 1. Overall X-ray image from above.

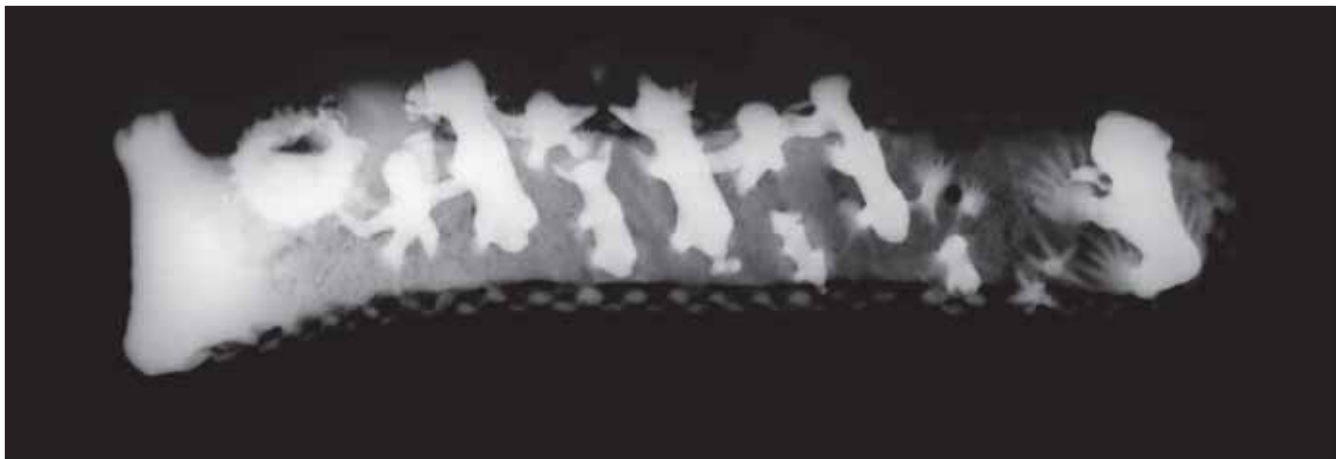


Figure 2. X-ray that shows that the piece was made using a mould.

62

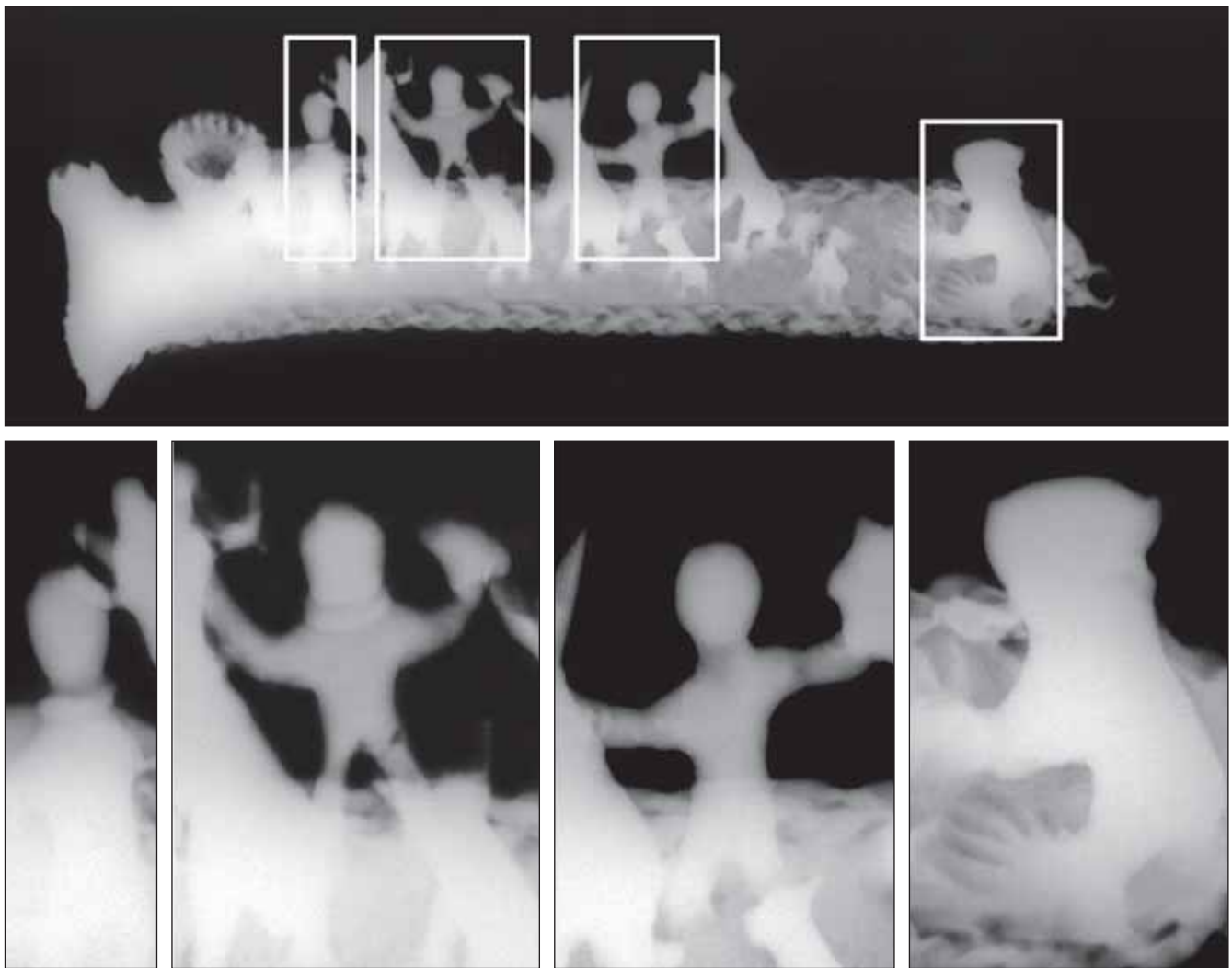


Figure 3. Composition of the figures, which show major differences in density due to variations in the thickness and flaws in the base.

Radiographic commentary

The general X-ray images (Figs. 1 and 2) show that the knife was made using a mould.

Starting with the protome, which shows high-quality smelting, as we move towards the other end we gradually begin to see smelting flaws corresponding to different thicknesses. Other aspects with the same cause are the spherical pores detected at the feet of some of the figures.

Likewise, to the right of the goat (Fig. 2), you can make out a broad discontinuous zone running crosswise along the piece. This extends from between the legs of the animal to the other side until the feet remaining of the next human figure, between which you can see an orifice whose provenance is unknown. Continuing to the rounded end of the knife, you can see another even larger broad discontinuous crosswise zone near the apparent shrinkage from contraction.

The figures arranged on the plate seem to display high-quality smelting as a whole (Fig. 3). Nonetheless, there is a series of particularities that has been revealed thanks to the X-ray inspection: the

dark strip between the head and necklace of the first human figure —next to the cauldron— is associated with an area with scant material; in the next human figure —between two animals— you can detect discontinuity in each of his right extremities, as well as in the arms of the third human figure, which also stands between two animals. Finally, in the animal located at the ring end, you can see two incipient parallel lines with lower radiographic density on the neck, which also mean a thinner layer of material.

Bibliography

- ARMADA PITA, X. L. and GARCÍA VUELTA, O.:
«Bronces con motivos de sacrificio del área noroccidental de la Península Ibérica», *AespA*, no. 76, Madrid, 2003.
- BERROCAL, L.:
El altar prerromano de Capote. Ensayo etnoarqueológico de un ritual céltico en el suroeste peninsular, Madrid, 1994.
- OLMOS, R.:
«Narration et symbole dans l'art Ibérique». *Acta Musei Nationalis Pragae*, LVI (1-4), 2002.

6 Torque

National Archaeology Museum.
Madrid (inv. no. 1.943/19)
Near Ribadeo (Lugo)

Gold. Diameter: 15.7 cm.
Thickness: 0.8-1.1 cm.
Weight: 287.7 g
4th – 2th centuries BC. Celtic
IPCE registration no.: 22.025



64

Description

Gold torque made up of a solid, rigid rhomboidal, C-shaped hoop with no decoration, whose thickness diminishes as it nears the double-Scotia terminals.

This kind of jewellery is usually associated with symbols of rank or power; they were probably worn by prominent personages for personal adornment. They were mainly made of solid gold and silver, but some copper alloy pieces have been found as well. In the Castro culture in the northwest Iberian Peninsula (Galicia and northern Portugal), gold was extremely abundant and was mined until the Roman period, the reason why the majority of pieces are crafted out of this metal.

They appeared on the Iberian Peninsula in the Bronze Age, at a time when trade relations with the Atlantic were quite intense, so they imitate the typology and technology of the Atlantic models. However, the peak period for these objects was the Iron Age. Most of

the torques from this zone have been found in exceedingly simple deposits or caches. The lack of an archaeological context makes it difficult to not only date them but also determine their social function. In fact, the possibility that they served as funeral or votive offerings has been discarded, as they have not been found in this kind of setting. Nor do we know whether they were worn by males or females (because of their small diameter). Some scholars believe that they detect signs of ethnicity in the different typologies, which would shed light on the concentration of certain models in certain areas. The possibility has also been put forth that they were used as goods or currency for barter.

Other torques similar to the one from Ribadeo, sometimes called *flavienses*, are conserved in the Provincial Museum of Lugo and come from A Recaldeira or Mélide.

This piece was part of a batch that the museum purchased from a private individual (Mr Apolinar Sánchez Villalba) in 1943.

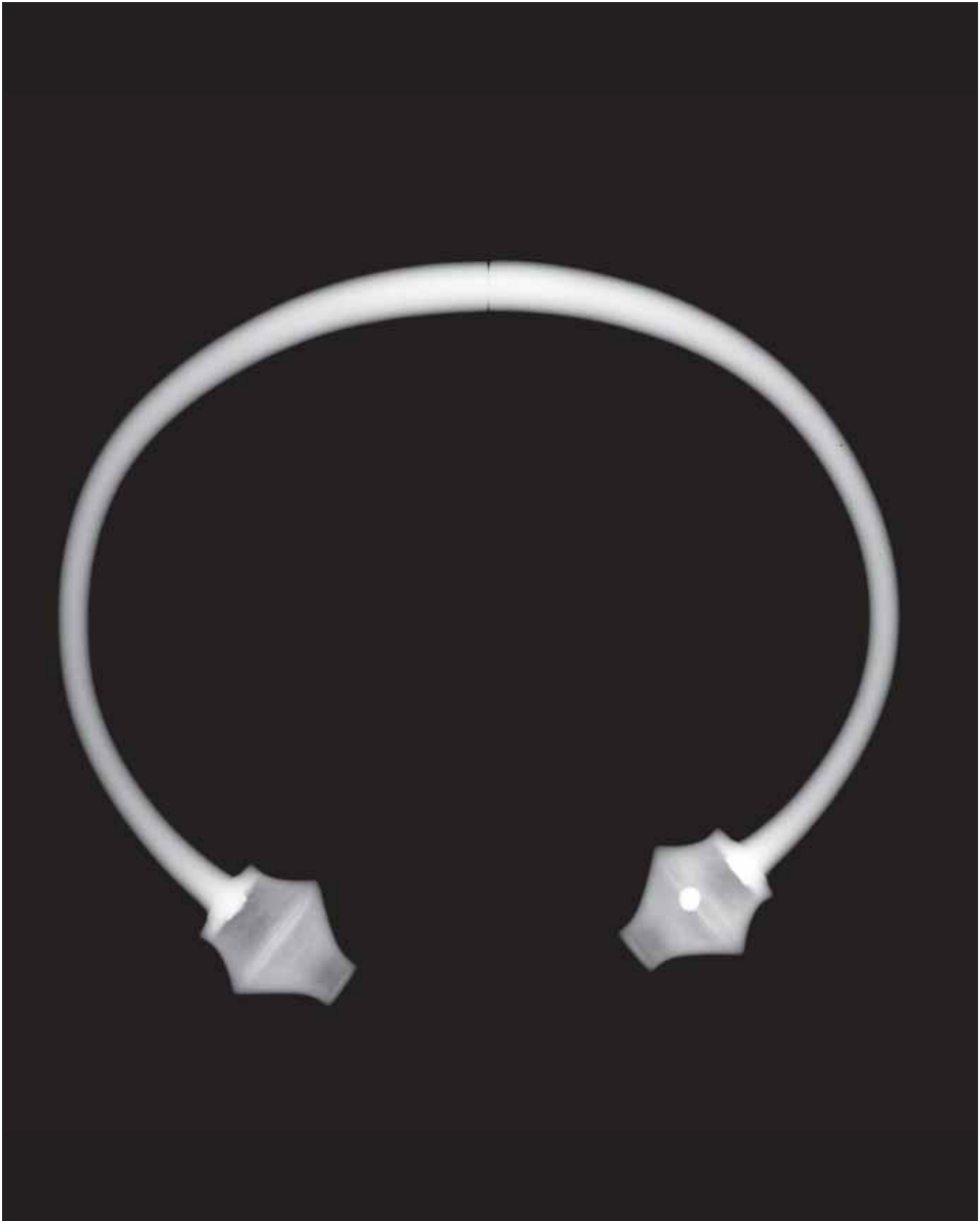


Figure 1. Overall X-ray image of the solid body.

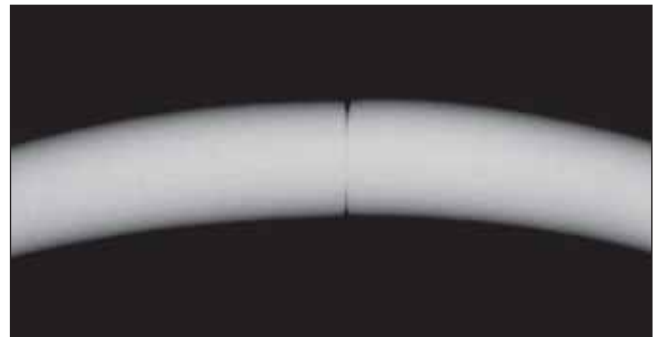
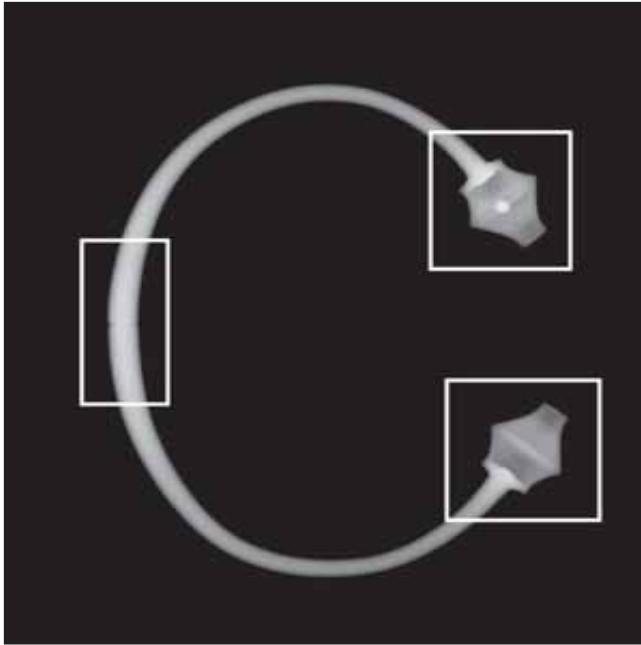


Figure 2. Soldering deficiency which tries to hide the cut.

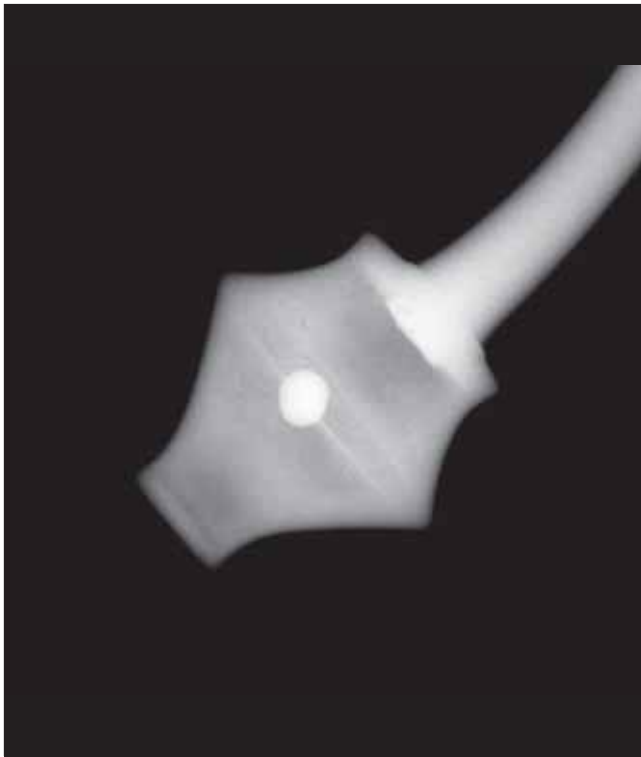


Figure 3. Composition of the pieces making the double scotia terminal and tiny ball inside it.

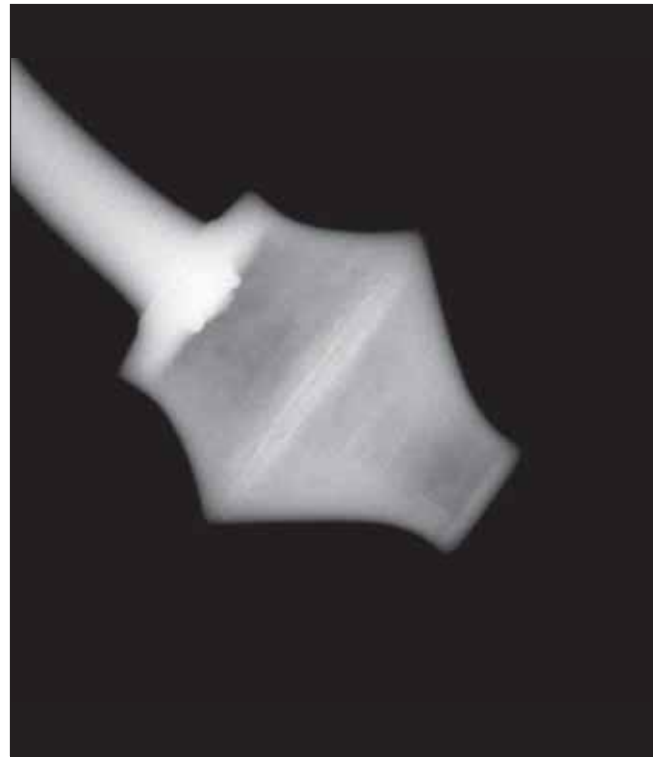


Figure 4. Soldering system of the arm inside a double scotia.

Radiographic commentary

The X-ray image of this torque confirms that the body is solid (Fig. 1). Right in the middle of the piece you can see an incision whose quality seems to indicate that it was made in modern times after being discovered. The soldering to conceal this incision is extremely poor quality, with a noticeable lack of penetration and fusion (Fig. 2). The rest of the body displays outstanding quality.

The ends of the torque have two double scotia terminals which are made of two tapered masses soldered at their greatest diameter, along with two other flat, circular ones that close the torque (Fig. 3). This procedure for joining torques with double scotia terminals, and their method of manufacture, is identical to other pieces from the same collec-

tion, except that in this case the double scotia terminals show no soldering flaws. Inside one of them you can see a tiny spherical ball that rings like a bell, almost certain inserted on purpose. You can also see how the end of the torque penetrates the first flat piece at the point where it is soldered (Fig. 4).

Bibliography

- Oro. Orfebrería antigua en Hispania*, Madrid, 1999.
Torques. Belleza y poder, exhibition catalogue, Madrid, 2002.
 MARTÍN-COSTEA, A. *et alii.*:
 «Aspectos constructivos de algunos torques españoles determinados mediante análisis radiográfico», in *II Simposio sobre Minería y Metalurgia Históricas en el Sudoeste Europeo*, Madrid, 2005, pp. 155-161.

7 Sword

**Mas de las Matas Museum
(reg. no. 540) Puente del Arenal
(Aguaviva, Teruel)**

Iron.

Maximum length: 44.7 cm.

Maximum blade width: 3.3 cm.

3th – 2th century BC. Iberian

IPCE registration no.: NONE



68

Description

Iron sword with a straight, single-edged blade, sloped shoulders and solid shaft that is a skeleton of the hilt, which is lost today and was quite possibly made of organic matter. Only remnants of copper remain of the haft, which might correspond to the guard that held the blade in place with studs, as demonstrated by the holes. The tip of the hilt has a ring, which is a peculiar feature. The scabbard does not survive, but it might have been made of leather or wood over a metallic structure to which a system of rings was attached to hold the strap that hung from the shoulder and crossed the chest.

Judging from its physiognomy, this sword might be a local version of the *gladius hispaniensis*, a short sword that the Roman army used as a cutting and piercing weapon for body-to-body combat, generally using upward arching movements while protecting oneself from a blow from an adversary with a shield.

Its origin seems to trace back to the falcate and the antenna sword, steel weapons used on the Ibe-

rian Peninsula which the Romans discovered from the Hispanic mercenaries who collaborated in several Punic Wars under Hannibal. Based on written sources, we know that they were quite famous among the Roman troops because of the exceptional quality and crafting of the steel.

We have little information about the sword's archaeological context except that it was found in 1982 from an excavator's efforts to flatten an expanse of crop land. According to oral sources, the weapon appeared next to bone remains under a large stone that served as a flagstone. Fragments of similar swords from several nearby archaeological sites like Oruña (today Gruña) are conserved at the Veruela Monastery (Zaragoza). This mining settlement has reliable indicators that it might have housed a reduction oven. The one we are concerned with should not be surprising because of its proximity to the iron ore mines—dating from the same period as the weapon—in Valdestrada and Masada del Torreta, in the neighbouring township of Seno (Teruel), as well as the nearby Iberian settlement of Monte Catma, which has notable iron slag heaps.

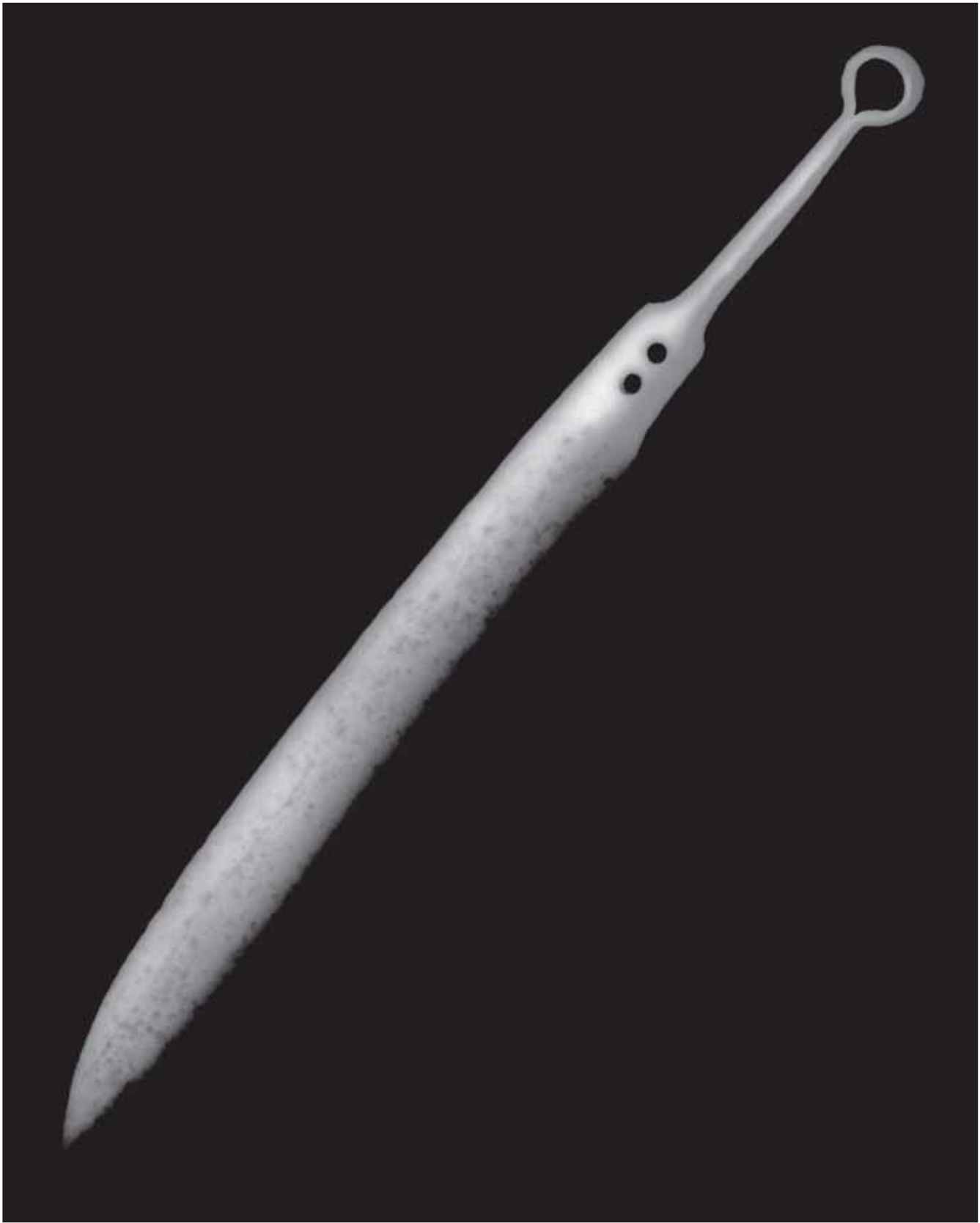


Figure 1. Complete X-ray image.

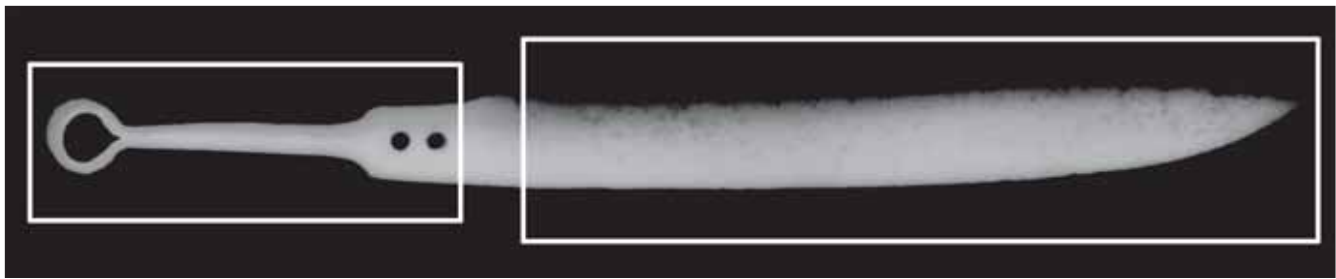


Figure 2. Smelting folds made when shaping the hilt.

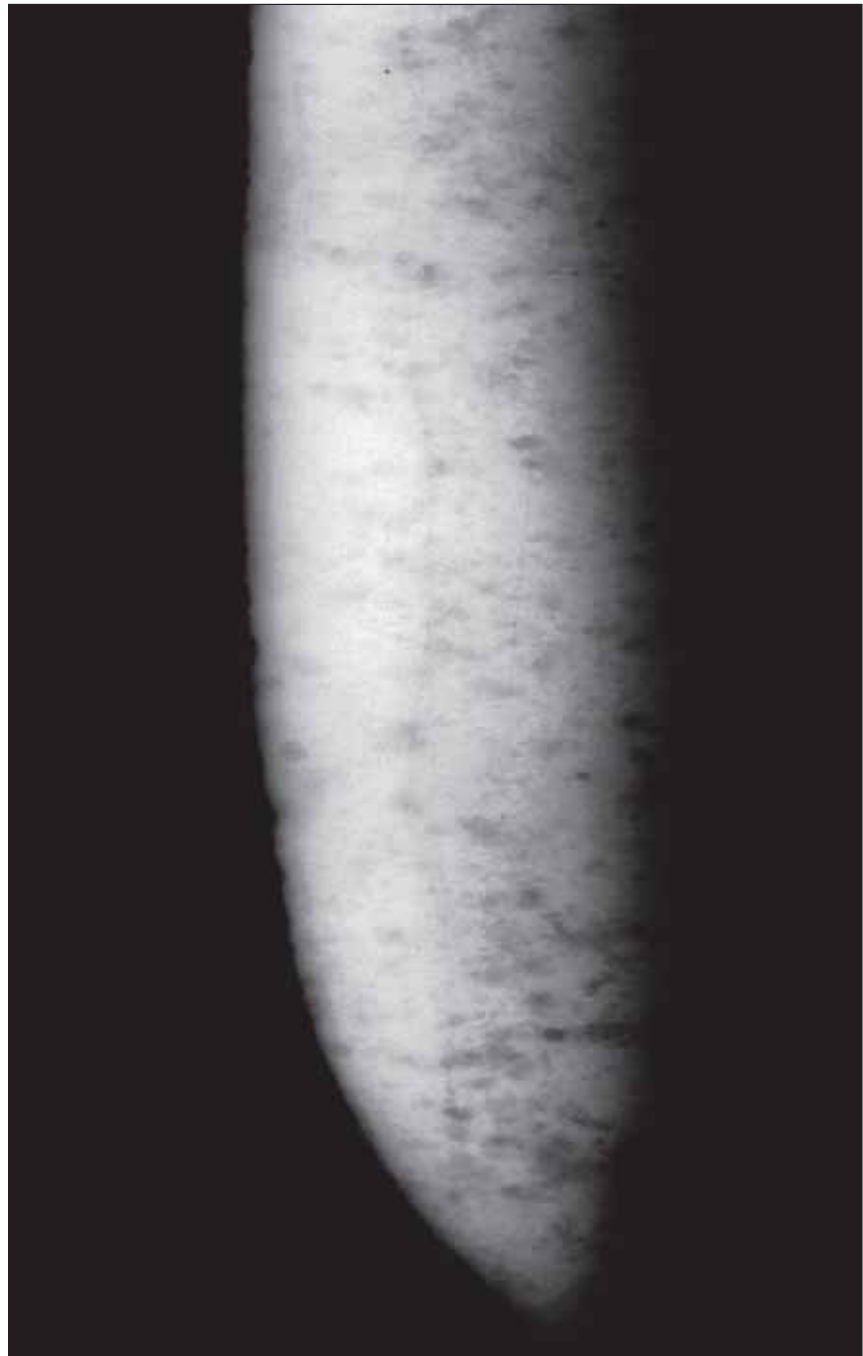


Figure 3. Smelting folds with aligned inclusions of slag and corrosion process.

Radiographic commentary

The complete X-ray image (Fig. 1) confirms that this iron sword was manufactured from a single piece and shaped when hot; in fact, this kind of work can particularly be seen in the hilt: the tapered shaft begins from the blade and ends with a ring that goes back towards the blade. This is why you can see a fold running from the upper orifice to the middle of the hilt (Fig. 2).

The entire part, which is coarsely shaped, would be hidden by the side of the hilt made of a copper-based material according to the fingerprints that remain.

At the end of the blade (Fig. 3), you can see parallel lengthwise folds from the forging process which in turn bound very fine aligned occlusions of slag.

You can see a uniform loss of material due to a lack of material and further loss due to corrosion in approximately circular shapes laid out uniformly along the entire surface. This lack of material stems from corrosion processes due to the galvanic couple made up of the copper-based material of the hilt and the iron of the sword, in which the latter suffers. Due to the fact that the weapon was found under a large stone, the scarce moisture in its sur-

roundings staved off much more severe deterioration of the iron party.

Bibliography

- BISHOP, M. C. and COULSTON, J. C. N.:
Roman Military equipment. From the Punic Wars to the Fall of Rome, Oxford, 2006.
- BONA, I. J. *et alii.*:
 «Catálogo de la colección arqueológica del Monasterio de Veruela», *Turiaso IV*, 1983, pp. 9-82.
- GARCÍA, G.:
Entre íberos y celtas: las espadas de tipo La Tène del noreste de la Península Ibérica, Madrid, 2006.
- MARTIN-COSTEA, A.:
 «Diversos hallazgos arqueológicos superficiales en la zona de Mas de las Matas (Teruel)», *Mas Matas VIII*, 1988, pp. 23-43.
- MARTIN-COSTEA, A. *et alii.*:
 «Arqueometalurgia del poblado ibérico Monte Catma (La Ginebrosa, Teruel)», *Mas Matas XIII*, 1993, pp. 241-281.
- QUESADA, F.:
Armas de Grecia y Roma forjaron la Historia de la Antigüedad, Madrid, 2008.
- QUESADA, F.:
 «¿Qué hay en un nombre? La cuestión del gladius hispaniensis», *Boletín de la asociación española de amigos de la Arqueología*, no. 37, 1997, pp. 41-58.

8 Pincers

National Archaeology Museum.
Madrid (inv. no. 10.598)
Purullena (Guadix, Granada)

Iron.

37.5 × 5.5 cm

3th century BC – 5th century AD. Roman

IPCE registration no.: 21.343



72

Description

This iron instrument has two long symmetrical arms joined by an axel whose tips make the jaws. Their joint with the axel is round in the closed position. The shape of the jaws is determined by the kind of object it held; in these pincers one of the ends has a fluted shape lengthwise, and the other has an approximately rectangular tip. In the closed position, they fit inside each other and can be used to press heavily on the piece being handled.

Despite the fact that it was found in a settlement dating from the Roman period with known metallurgical activity (the former *Purullius*), it should be pointed out that this kind of tool survives down to our day with hardly any changes.

Wrought pincers (*forcipes*) are tools used to hold an object prior to heating it in the forge, to transport it to the anvil, to introduce it into the pail for temper-

ing as well as to hold it during the forging process. They are usually made of iron and their length varies according to the shape and size of the piece to be held. They can measure up to one metre long.

They can often be found in settlements, encampments and Roman *villae* devoted to crafts that are complementary to agriculture or livestock; this is the case of ironworks. It is no coincidence that because of its properties and abundance, iron was used from the beginning for household items, farm implements, trade instruments or weapons with hardly any decoration, something that does not hold true with other metals.

The transformation of minerals to metals, and therefore the profession of blacksmithing, has always aroused fascination. The solitude, the oral transmission from one generation to the next and the wholly empirical nature of the work have contributed to conferring magical connotations on this profession.

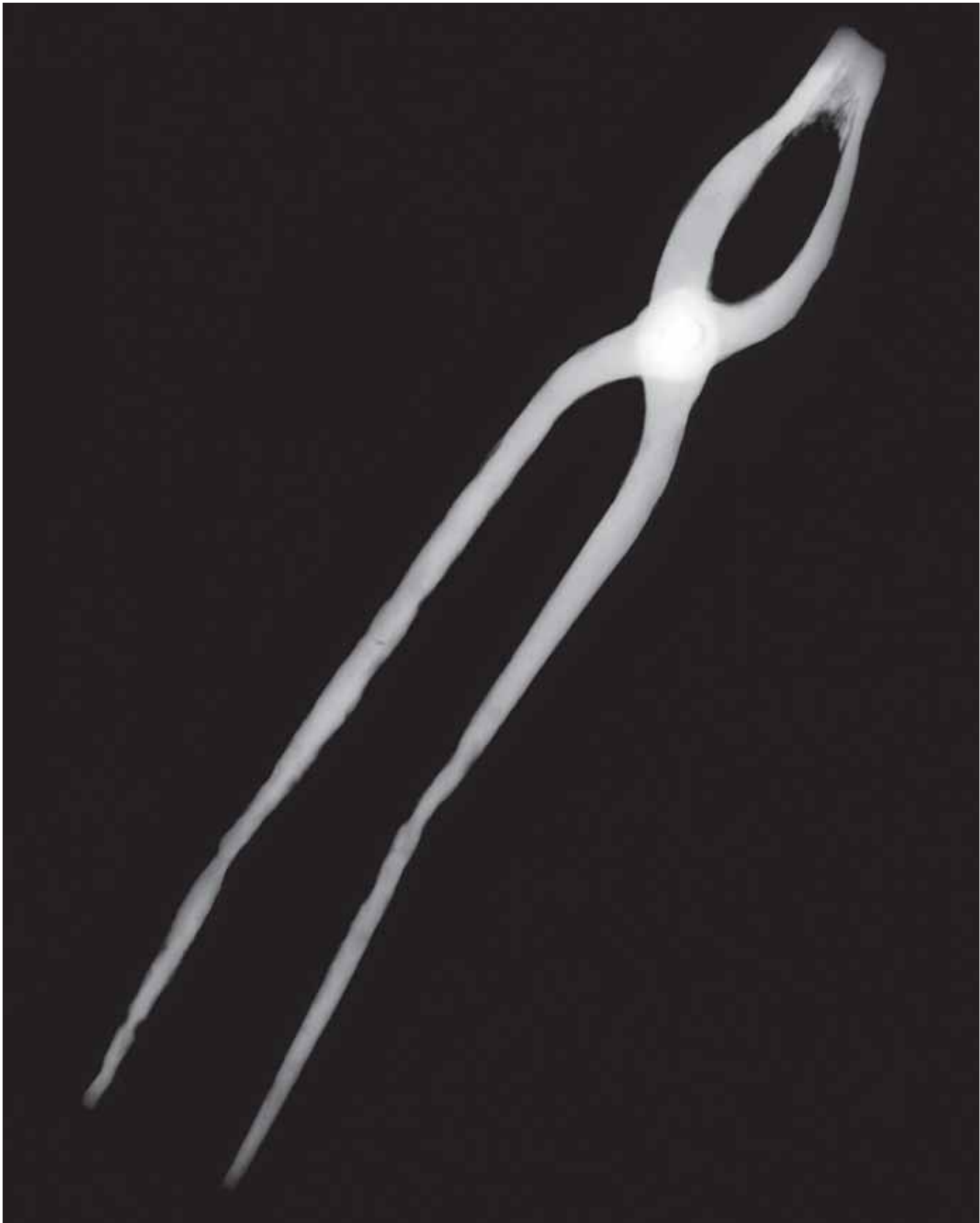


Figure 1. Overall X-ray image of the piece.

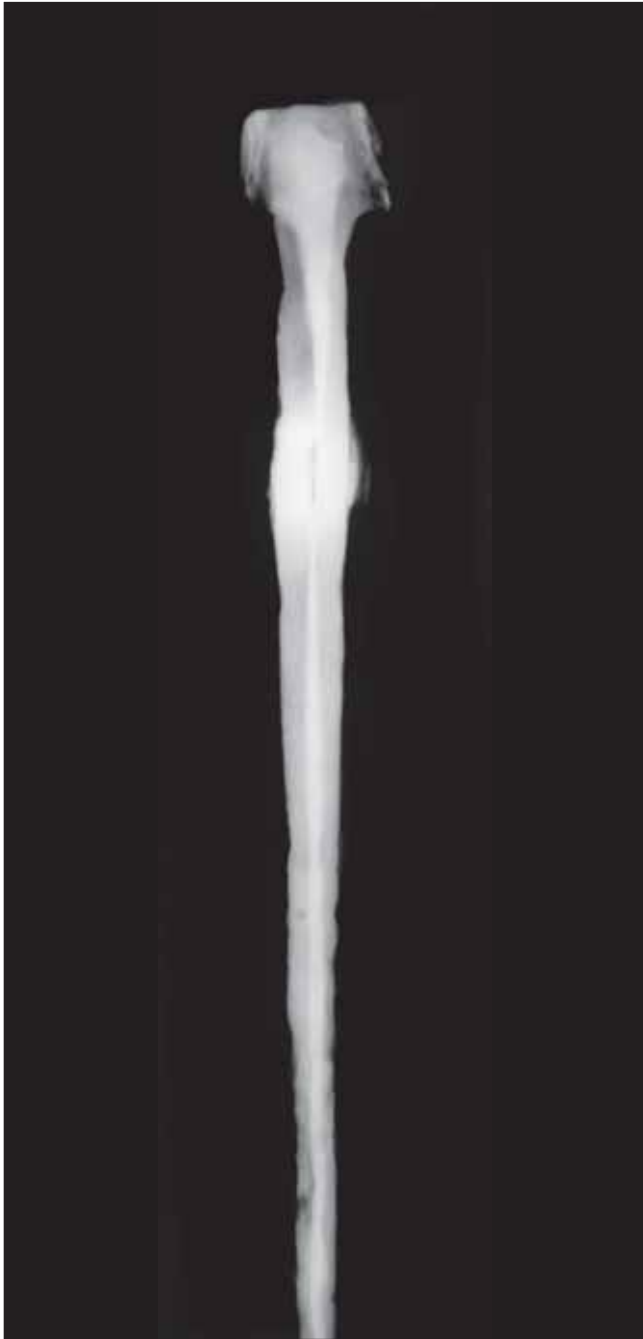
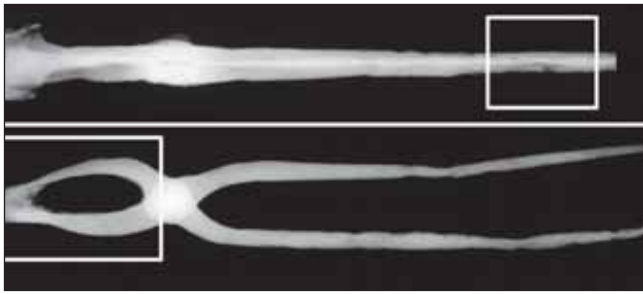


Figure 2. X-ray with view perpendicular to the front.

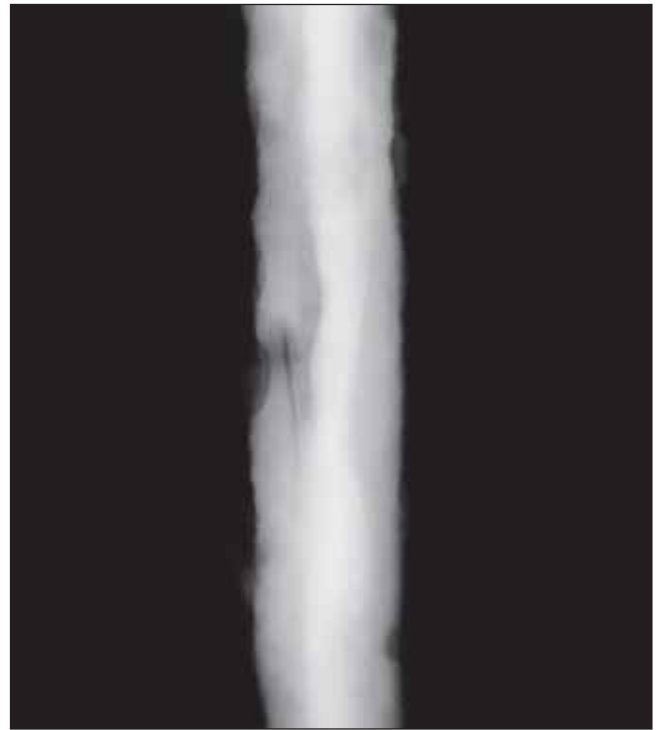


Figure 3. View of the smelting folds.



Figure 4. Scaling produced by deterioration from corrosion.

Radiographic commentary

both X-ray images of perpendicular views (Figs. 1 and 2) reveal the internal state of the pincers. This tool, which is representative of forging work, shows a high loss of material from erosion. It shows typical examples of its method of manufacture and deterioration, which is largely associated with the characteristics of this process.

The inclusion of lengthwise slag and the aforementioned dark lines that correspond to the folds in the forging can be seen in Figure 3, while the different tones of the nucleus exemplify how the corrosion followed these lines. The noticeable irregularity of the surfaces is illustrative of the considerable loss of material from corrosion. Figure 4 shows clear

scaliness that highlights the fact that corrosion preferentially attacks following the folds created by the hammering when hot. The laminar shape of both ends has fostered this severe attack.

Bibliography

ALCALÁ-ZAMORA, L.:

La necrópolis ibérica de Pozo Moro, Madrid, 2004.

De lo útil a lo bello. Forja tradicional en Teruel, exhibition catalogue, Teruel, 1993.

MORCILLO, M. A.:

La forja, Madrid, 1982.

REVILLA, V. *et alii.*:

«Estructuras y funcionamiento de una herrería rural romana del siglo I d.C.», *Revista de Arqueología*, no. 182 (June), Madrid, 1996, pp. 22-29.

9 Bacchus

Archaeology and Ethnology Museum
of Córdoba (inv. no. 27.093)
Las Minas (Aguilar de la Frontera, Córdoba)

Copper-based material.
60 cm tall
2th century. Late Roman Empire
IPCE registration no.: 23.106/35



76

Description

This is a hollow sculpture in the round that depicts a young, nude Bacchus or Dionysus standing on his right foot. The head and face, showing childlike features, are turned slightly to the right. The wavy, middle-parted hair is gathered in the back, leaving a few curls to fall upon the shoulders. Only the right arm remains, lifted and bent at head level with the hand closed as if he were holding a *thyrsus* (a sceptre made of plant matter). He is wearing sandals, and the base upon which his left foot was resting has been lost. You can see remnants of gilding applied on the surface in the abdomen and thighs. The eyeballs and nipples do not survive.

Some iconographic and formal parallels can be found in the Bacchus of Ostia, held by the British Museum (London), which is also missing its left arm, although you can see part of a *nebris* (animal pelt) on his shoulder; in the Ambelokipi at the National Museum of Athens, whose left arm position can be related to this sculpture; and in the vanished piece from the National Museum of Rome (known from a drawing) in which in addi-

tion to the pelt a bunch of grapes held in his left hand also survives, as well as a panther on which his left foot rests. Unlike other sculptural depictions from the Roman world, no parallels have been found made of stone, leading some historians like Manfrini-Aragno to suggest the possibility that this iconographic model is characteristic of small bronze sculptures (between 50 and 60 cm tall).

Chronologically, it dates from the Late Roman Empire because the parallels mentioned above also come from this period.

The Roman Empire's taste for sculptures and other works of art from Greece peaked in around the 2nd century BC, and they were commissioned for urban planning projects (the large-sized ones) or to decorate upper-class private *villae*, especially the ones with mythological or divine motifs. Their presence demonstrates the Romans' taste for the Hellenic world, which often led renowned workshops or craftsmen to be brought over from Greece. The scant information when it was discovered prevents us from providing precise information on its archaeological setting, although we do know that it appeared along with

a bronze head among foundry remains, which might indicate its relationship with a workshop

despite the fact that we are unaware of any such workshops in Hispania dating from this period.



Figure 1. Profile view of the upper half of the sculpture.



Figure 2. X-ray of the profile of the lower half.



78

Figure 3. Front view of the upper half.



Figure 4. Front view of the lower half.

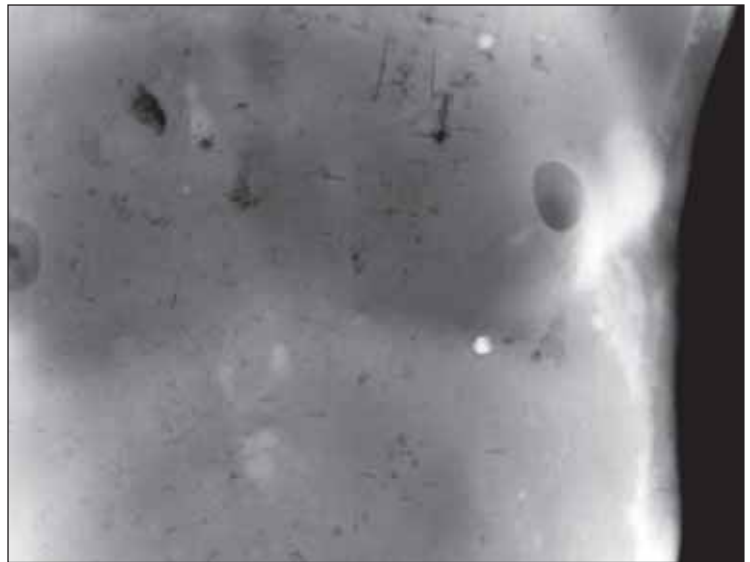


Figure 5. Close-up of the flaws on the torso.

Radiographic commentary

The overall X-ray images of this sculpture—with an excellent outside appearance— whose forehead and profile are yielded in four displays (Figs. 1 to 4), show poor-quality smelting and reveal the existence of soldered joints.

In the frontal view of the upper half (Fig. 3), specifically the head, you can barely see the details due to the superimposition of different thicknesses and because more than one-third of the inside is filled. The upper extremity also shows a profuse deposit of smelted matter from the wrist to the underarm. Plus, some minuscule pores can be seen, as well as the soldering seam that joins the arm to the body, with a lack of material in the lower half. You can see the openings for two metal-made-tesseras (small mosaic tiles) on either side of the elbow.

The torso has a profuse number of pores, both spherical and vermicular, as well as the faint image of some metal-made tesseras (Fig. 5). The right breast has two hollows caused by a lack of material, and under the left one there are irregularly-running fissures as well as many pockmarks from the smelted metal fused inside.

The lower frontal view (Fig. 4) shows several groups of small randomly-distributed pores in the groin area, as well as many pockmarks inside. In this same view, you can clearly see the two lines of soldering joining the legs and a nail hole used to separate the moulds in each of the deposits.

On the upper half of the right leg, you can see irregularly-shaped material attached inside, as well

as abundant globular porosity, a metal-made tessera and the hole for another one next to the previous one (Figs. 2 and 4). On the lower half, you can mainly see the holes of two nails used to separate the moulds and abundant material filling the foot, where you can also see a vertical, rectangular-shaped piece that seems to brace the sculpture (Fig. 4).

The left leg shows higher quality smelting; besides the area with little material on the thigh you can see the holes of three nails and the foot filled with highly absorbent material, possibly lead. There are burrs inside both.

Bibliography

BLANCO, B. *et alii.*:

«Escultura en bronce: cuando los tratamientos de conservación-restauración resultan ineficaces», in BARRIO, J. and CANO, E. (ed.), *MetalEspaña'08. Congreso de conservación y restauración del patrimonio metálico*, Madrid, 2009.

Hispania romana. Desde tierra de conquista a provincia del Imperio, exhibition catalogue, Madrid, 1997.

Los bronceos romanos en Hispania, exhibition catalogue, Madrid, 1990.

LOZA, M. L.:

«Esculturas romanas en bronce del sur de la provincia de Córdoba», *Actas de la II Reunión sobre escultura romana en Hispania*, Tarragona, 1996.

MADROÑERO, A. *et alii.*:

Estudio arqueometalúrgico de algunos materiales romano-imperiales de Aguilar de la Frontera (Córdoba), unpublished report, National Archaeology Museum (Madrid), 1992.

10 Torque

National Archaeology Museum.
Madrid (inv. no. 1955/63/3, 12 and 13)
Cerro de la Miranda (Palencia)

Silver.

Diameter: 14.4 cm.

Thickness: 1.1-1.7 cm.

Weight: 287.7 g

2th – 1th centuries BC. Celtiberian

IPCE registration no.: 23.106/35



80

Description

A rigid torque made of three solid metal bars and three twisted wires. The hoop that shapes this cable moulding becomes narrower towards the tubular ends which terminate with two hollow pear-shaped pieces. Link chains hang from either end to close the torque with a clasp. From this we can deduce that the torque hung over the chest, not around the neck.

This kind of torque found near Palencia, also known as a funicular or cable moulding torque, is characteristic of the northern plateau, where the Celtiberian culture predominated. For this reason it includes typologies from its contemporary cultures (especially the Castro and Iberian cultures). Its sites are related to cache deposits accompanied by other jewellery items like bracelets and unused objects, ingots, coins and the recipients holding them. The majority have been found near the *oppida* (settlements) destroyed during the Ro-

man conquest. Similar sets include the treasures found in Arrabalde (Zamora), Padilla de Duero (Valladolid) and Roa (Burgos), among others.

This kind of jewellery was also adopted in the southern peninsula, almost exclusively made of silver, and there is proof that they were worn by both men and women, as confirmed by the human votive offerings found in some sanctuaries or natural sites with clearly sacred purposes. In these cases, they are also found accompanied by other objects. Later, they became a kind of military decoration in the Roman period.

The torque from Cerro de la Miranda was a fortuitous find during the construction of a well near the city of Palencia. The museum purchased it from an antiquarian between 1955 and 1956, along with other jewellery items and coins from the same site, which had been divided into three batches (two of the three are in the museum's holdings).

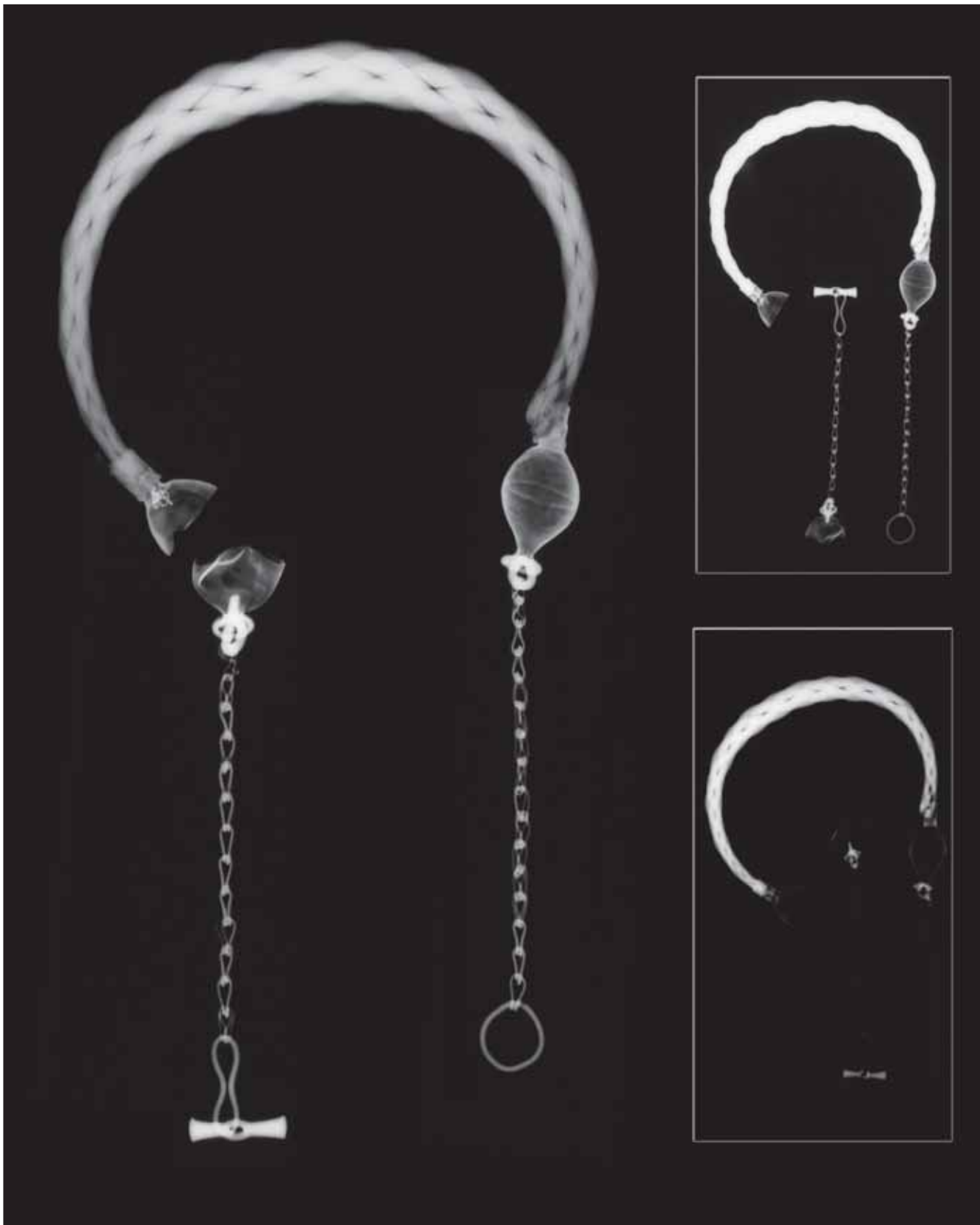


Figure 1. Digital composition of the entire torque.

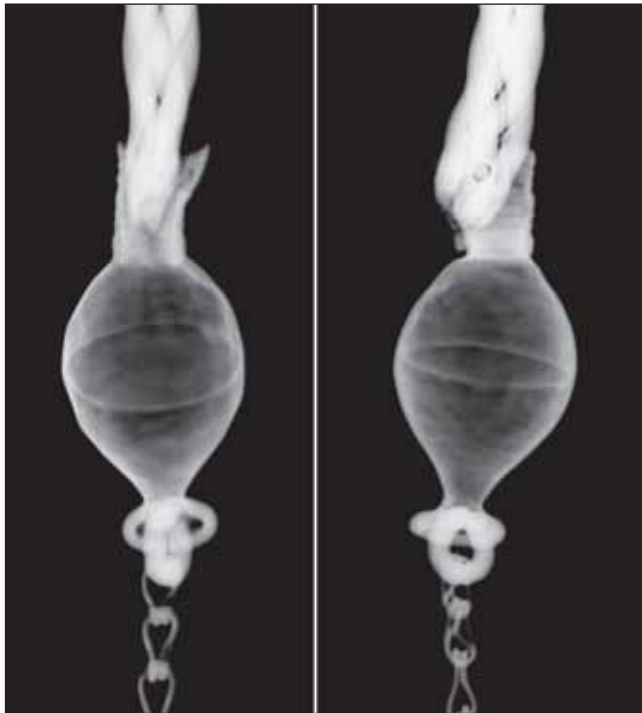
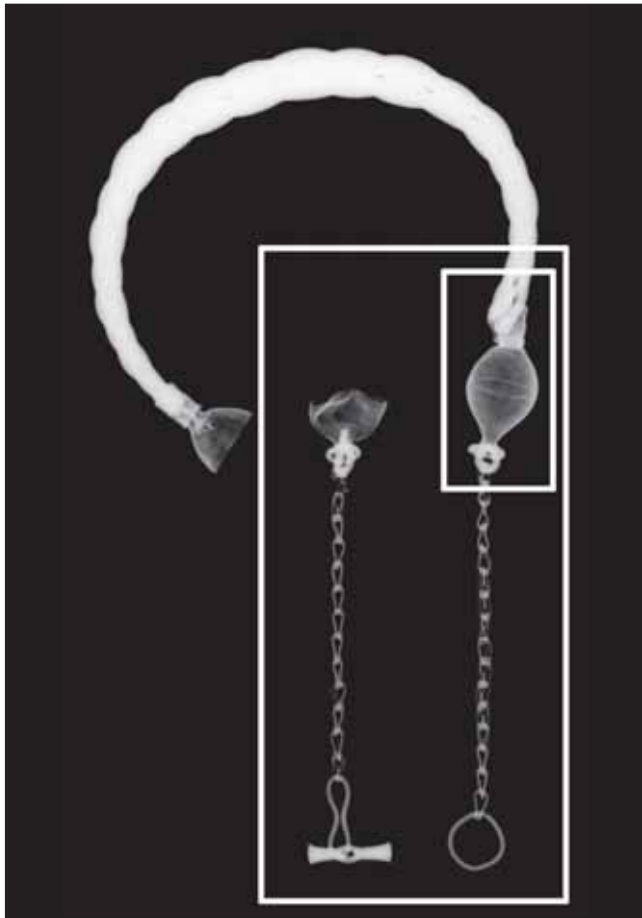


Figure 3. System of joining the body of the torque to a knob using a pin.

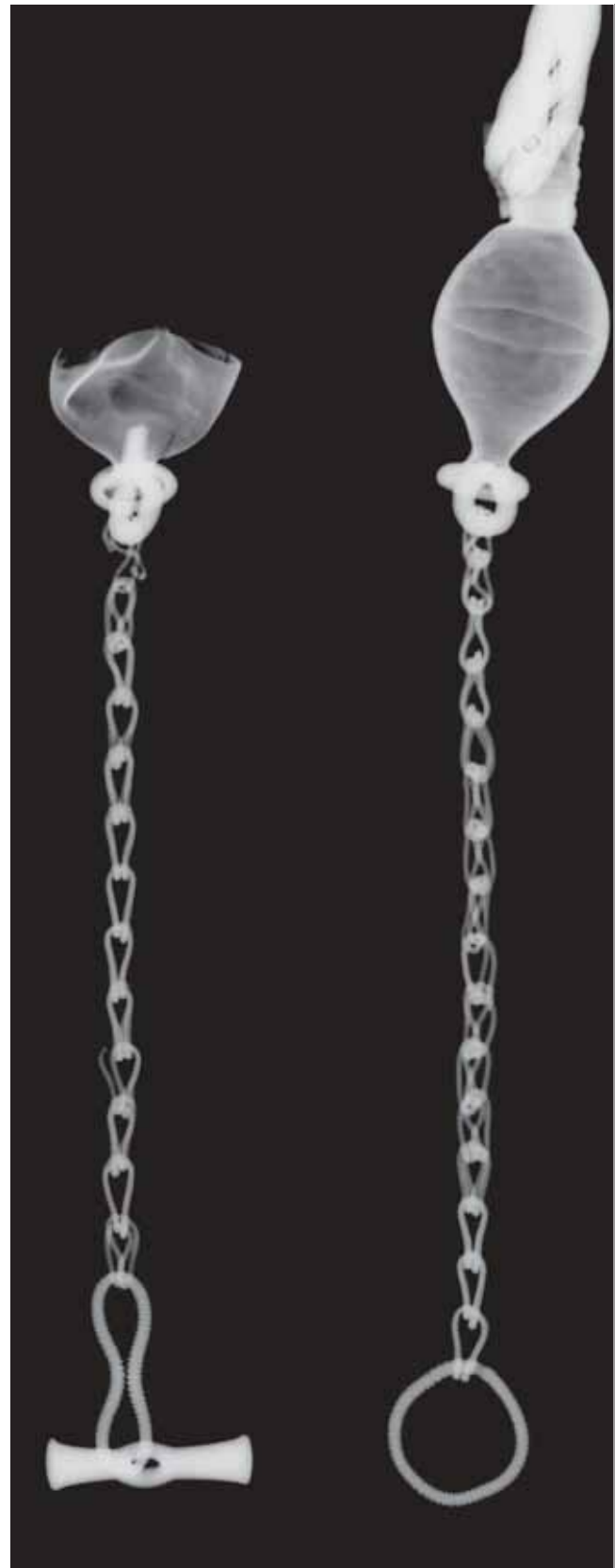


Figure 2. View of the composition of the knobs.

Radiographic commentary

This torque, made up of a series of elements with different radio-opacity —high at the base of the torque and low on the chain— made it necessary to take several X-rays with many differences in electric power. For this reason, Figure 1 is the result of a digital composition featuring the easiest parts to interpret in each of the shots. Nevertheless, to avoid mistakes the original images are also presented in a smaller format.

Because of its uniformity, the material of all the elements making up the torque (body, knobs, chains and clasp) reveals that this is a high-quality product, something that is also demonstrated by the sound craftsmanship of the perimeter soldering of the pomel, which is conserved in its entirety (Fig. 1).

Other noteworthy aspects of the X-ray inspection of this piece of jewellery is the system of joining the ends of the torque with the knobs, which is done through a shaft soldered to them through which the

ends of the body of the torque were inserted (Figs. 2 and 3). At some undetermined time, the shaft end of this knob was totally fractured, and in the later re-composition both pieces were fitted together through a pin made of concealed material that roughly joins them through the deteriorated shaft and the end of the rolled-up shoots (Fig. 3). In this illustration, which shows two viewpoints, you can clearly see the soldering joining the knobs to the shaft and the opposite piece, as well as the perimeter soldering —very high quality— that joins both halves of the knob.

Bibliography

MARTIN-COSTEA, A. *et alii.*:

«Aspectos constructivos de algunos torques españoles determinados mediante análisis radiográfico», in *II Simposio sobre Minería y Metalurgia Históricas en el Sudoeste Europeo*, Madrid, 2005, pp. 155-161.

Oro. Orfebrería antigua en Hispania, Madrid, 1999.

Torques. Belleza y poder, exhibition catalogue, Madrid, 2002.

11 Botorrita Plaque

**Museum of Zaragoza
(inv. no. 92.85.1)
Contrebia Belaisca.
Cabezo de las Minas
(Botorrita, Zaragoza)**

Ternary bronze alloy
(copper, tin and lead). 52.1 × 73.6 cm.
Thickness: approx. 0.4-0.6 cm.
2th – 1th century BC. (Late Roman Republic)
IPCE registration no.: NONE



84

Description

This is a rectangular bronze plaque with stippled writing on the back in a Celtiberian language and Iberian characters. The content of the text has not yet been properly interpreted because to date it is a language about which little is known. Some authors like Beltrán, Hoz and Untermann state that after two rows that serve as a heading there is a four-column left-aligned list that contains a catalogue of 200 personal names (both male and female). It is surprising that the text ends in the fourth column, while the right third of the document is empty.

The precise date of this document is unknown, but we do know that the town was destroyed in around 70 BC during the Sertorian Wars that were waged in the Ebro River valley. It weighs 9,395.3 g and was probably attached to a wall for public viewing due to the presence of four staples in the attachment orifices on the edges.

The list of this many people lacks any parallels in the history of western Mediterranean epigraphy, meaning that it is logical to assume that it is an example of the adoption of Roman customs integrated into and adapted to the local world (the use of

bronze as a background, the stippling technique in the writing, the formal composition, etc.).

Other epigraphic bronzes from the Republican period include the Bronze of Ascoli dating from 89 BC; it was discovered in Rome and contains the decree issued by Pompeius Strabo granting Roman citizenship to 30 riders from the Iberian town of Salduie (Zaragoza) written in four columns. Plus, the names of 60 public figures were added to the heading. Other contemporary parallels include the bronzes found Cabezo de Alcalá (Azaila) and at La Caridad de Caminreal, both in Teruel, and at Andelos (Muruzábal de Andino) in Navarra.

When it appeared while a car park was being built in October 1992, it had broken into two large pieces and more than 400 smaller fragments. It is regarded as the most important known inscription with these characteristics.

This bronze is the third one excavated at this site. The first one, called the Botorrita Bronze, which seems to be a legal text written in Celtiberian, was found in 1970 under a Late Republican house. The second, called the *Tabula Contrebiensis* and written in Latin, appeared in 1979 as the result of clandestine incursions into the upper part of the archaeo-

logical site; it contains a legal text that refers to the sale of land to build a canal or watering channel. Another bronze exhumed by chance in 1994, with inscriptions on both sides, completes the group of

epigraphic bronzes. These finds turn this site into the only indigenous city from Late Republican Hispania in Western Europe in which a set of large public epigraphs has been documented.

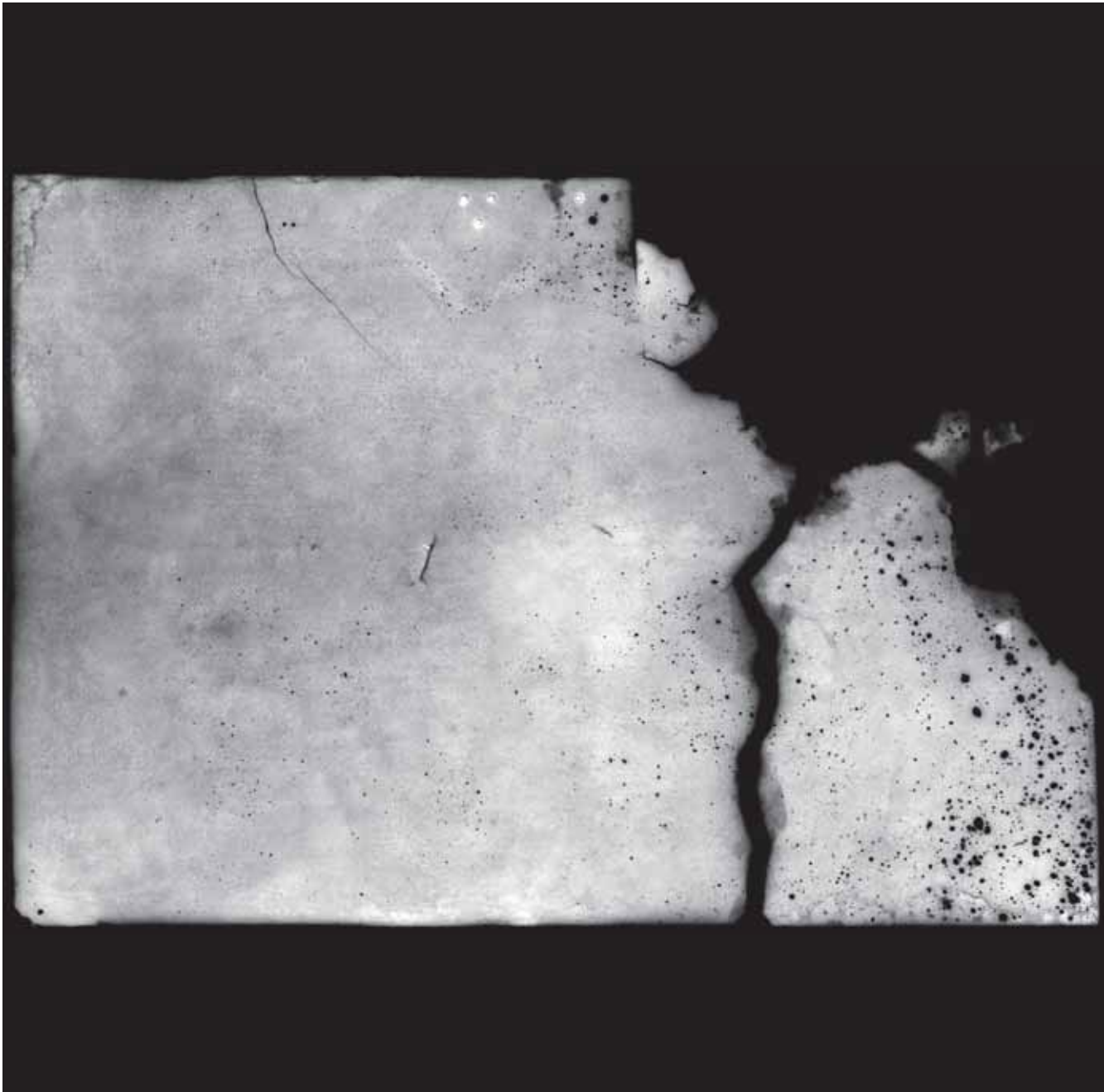


Figure 1. Overall incomplete view of the plaque.

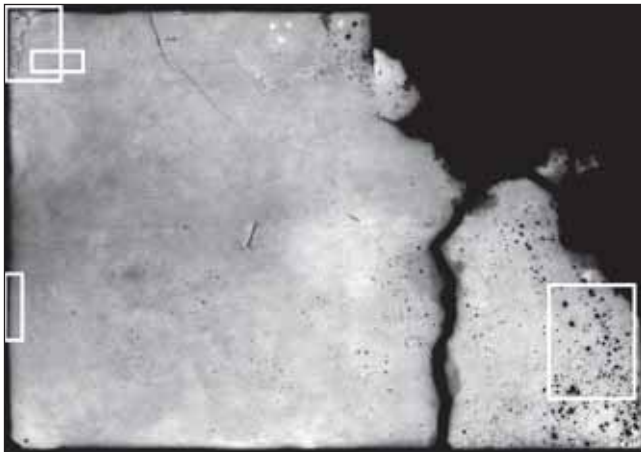


Figure 2. Pores of differing sizes on the right side.



Figure 3. Several flaws in an area near the edge.



Figure 4. Other flaws in an area near the edge.

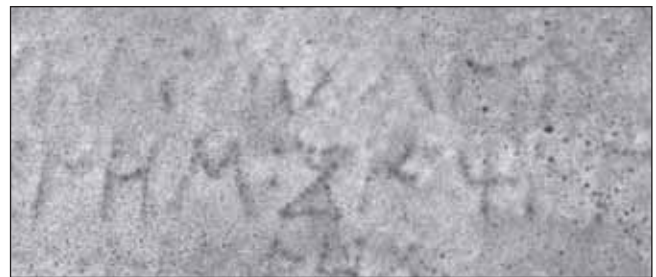


Figure 5. Image of signs in the material on the base and in the gradient colour.

Radiographic commentary

The plaque, initially rectangular in shape, is incomplete and in an advanced state of decay (Fig. 1). It shows a crosswise break on the right side as well as several others on the upper right, which caused the formation of numerous fragments that do not appear in the X-ray. On the upper part it has two groups of three drill holes, each in the shape of a triangle. Four of these drill holes still contain the rivets, while the other two have been lost.

It is worth noting that the quality of the smelting differs considerably from one zone to the next. While on the left side the quality is good and only displays a few small spherical pores, on the right side, especially in the area closest to the edge, there is a vast number of spherical-like pores of differing sizes (Fig. 2). This might be why there is no inscription in this area.

There are also two different kinds of fissures: very small ones at the edges, perpendicular to the edges, produced by contractions when the metal solidified, and other considerable-sized ones on the upper edge, approximately in the centre and starting at the broken zones on the right side. The latter fis-

tures are not related to the metallurgic process but took place at a later date.

The areas immediately surrounding the break show losses of corroded material in the guise of exfoliations, something that is repeated on the edges, primarily on the upper left corner and the upper edge (Figs. 3 and 4).

The picture showing a close-up of the text in which you can see very clear Iberian symbols (Fig. 5) indicates that they are found on the surface of a metal base. Conversely, other signs can be seen in much lower definition than the previous ones, in this case because the letters are not found on a metal surface but are the marks remaining from the original symbols that have been lost through corrosion.

Bibliography

- BELTRÁN, F. *et alii.*:
El tercer bronce de Botorrita (Contrebia Belaisca),
 Zaragoza, 1996.
Hispania romana. El legado de Roma en el año de Trajano,
 exhibition catalogue, Zaragoza, 1998.

12 Sculpture called *Doryphoros*

Private collection
Provenance unknown. Granada

Copper-based material.
215 cm tall.
169,000 g
2th century BC – 16th century. Classical
IPCE registration no.: 21.874



88

Description

Round, three-dimensional sculpture of a young nude man standing with his left arm bent in front and his right arm hanging down along his body. He is resting on his right leg, which is moving forward, while his left foot is behind and slightly lifted as if leaving the ground. His beardless head, slightly inclined, is turned toward his weight-bearing leg.

This sculpture has the peculiarity of being the only one of its kind conserved in metal, as the only similar models we are aware of, like the one in the Archaeology Museum of Naples (coming from the *Palestra Sannitica* of Pompeii), the two at the Uffizi Gallery (Florence), the one at Prado National Museum (Spain) and the one at the Vatican (which was initially confused with a discobolus) are made of marble.

Since the mid-19th century, even though the attributes identifying it are missing, they have all been believed to represent the Doryphoros (spear-bearer)

known through sources, which the Greek sculptor Polykleitos made for his hometown of Argos.

A few years ago doubt was cast on this identification. Franciosi has noted in the sculpture at the Museum of Naples that the position of the fingers on the left hand indicate that he was not holding a spear as had always been claimed but a shield. This claim is reinforced by the rusted metal remains that are still found inside the hand. Furthermore, the right hand is not inert but it holds another object in tension, quite probably the hilt of a sword, also lost. Therefore, what we know today as the *Doryphoros* does not fit with Pliny's description of it. After reviewing the excavation diaries and studying the archaeological setting in which it was found, it has been proposed that the sculpture actually depicts Theseus, the hero of the Ephibeans who faced down the Minotaur.

With regard to our sculpture, its archaeological setting is unknown and therefore we cannot precisely date it, although it appears to be a Roman copy of the original Greek sculpture rendered in the 5th century BC.



Figure 1. Image of the head of the sculpture.



Figure 2. Close-up of one of the shoulders.



Figure 3. Gluteus area.

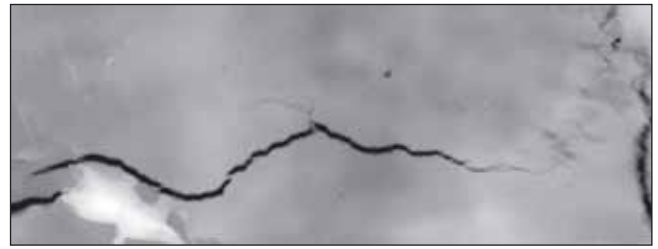


Figure 4. Several flaws in the torso area.



Figure 5. Forearm and right hand of the sculpture.

Radiographic commentary

The sculpture, which is quite large in size, is made of brass according to the micro-analyses performed with an electron microscope and scanning electron microsound. Both the external visual appearance and the X-rays and metal descriptions, performed at the Institute of Cultural Heritage of Spain and the National Centre for Metallurgical Studies, indicate that the torso is the original and that the extremities and head were re-smelted from the original fragments, as both the proportions and the finishes in the joints fit in exactly with the torso. Several representative X-rays of the sculpture are shown (Figs. 1 to 3).

One of the greatest difficulties in interpreting X-rays of figures in the round is that the walls are superimposed in the image. In this case (Fig. 4), even though it is difficult, it was possible to insert a plaque inside the sculpture, enabling us to X-ray one of the walls while preventing interference from the other. This X-ray, which shows a close-up of the torso, reveals a wide crosswise crack in the zone separating the thorax from the abdomen. From an area showing clear shrinkage from contraction, which seems to be its origin, the crack spreads around other areas taking on a sinuous line. Cross-

wise fissures branch off from it. You can also see a medium-sized tubular pore and other very small globular pores scattered scantily about the surface. On the left you can see the remains of the perimeter soldering seam which joins both parts of the torso, which can be identified by a whitish stain.

The next image shows the forearm and the right hand (Fig. 5). It is extremely poor-quality smelting in which you can see the scarcity of material caused by dragging in the internal moulding, along with the broadly distributed porosity of all sizes, some shrinkage, internal globular-shaped adherences and others in irregular shapes. Worth mention is the almost total lack of metal material in the middle and pinkie fingers, so much so that they are made of a sheet that was filled with a non-metallic material to shape the volume.

Bibliography

ANTELO, T. *et alii.*:

«Estudio radiográfico de una escultura de aleación base cobre que representa al Doríforo de Policeto», *X Congreso Nacional de Ensayos No Destructivos, Cartagena*, 2003, pp. 103-109.

FRANCIOSI, V.:

«*Il Doriforo di Policeto*», Naples, 2006.

13 Doctor's case

**National Museum
of Roman Art
(Mérida) Emerita Augusta,
Mérida (Badajoz)**

Copper-based material.

11.8 × 6.2 × 2 cm.

1th – 2th century. Late Roman Empire

IPCE registration no.: 23.170



92

Description

This is a rectangular metal box with five compartments inside, each with a lid and folding handle. One of the smaller sides shows the closure that held the upper sliding lid. Despite the fact that this item has no visible ornamentation, other cases conserved do have lids with decorations carved into them (concentric rectangles, floral and plant motifs, etc.).

This case contained the samples of medical substances like drugs, ointments and powders which the doctor used when working at the patient's home, leading some authors like Cruse to view this case as the forerunner of today's "doctor's bag". When it was discovered at the eastern necropolis of *Emerita Augusta* (today the city of Mérida), some of its compartments still held the remains of grains of different clays that had been mixed for this purpose.

Just like in this case, many doctor's cases were part of the funeral goods from the tombs of doctors in the necropolis, like the ones in *Canama* (today Alcolea del Río), while others have appeared in places reserved for curing wounds within theatres or

amphitheatres, such as the ones in *Emerita Augusta*, or in houses linked to doctors such as the one in *Numancia* (Soria) or in *Ercávica* (Cuenca). All of these cases are accompanied by medical and surgical instruments, as well as small sticks or mortars for preparing the medicines.

This model is standardised, given that others have been found in the same shape and similar dimensions, although the number and arrangement of the compartments changes. Similar to this case are the ones found in the necropolis of the town of *Canama* (today Alcolea del Río) conserved in the Archaeology Museum of Seville, and the ones belonging to international collections at the British Museum, the Ashmolean Museum (Oxford) and the National Museum of Naples, the latter coming from the exceptional finds in Pompeii and Herculaneum.

Other doctors' cases frequently found at the necropolis in Mérida are cylindrical-shaped with compartments, too, such as the one conserved at the Archaeology and Ethnology Museum of Córdoba, which was found in Baena.

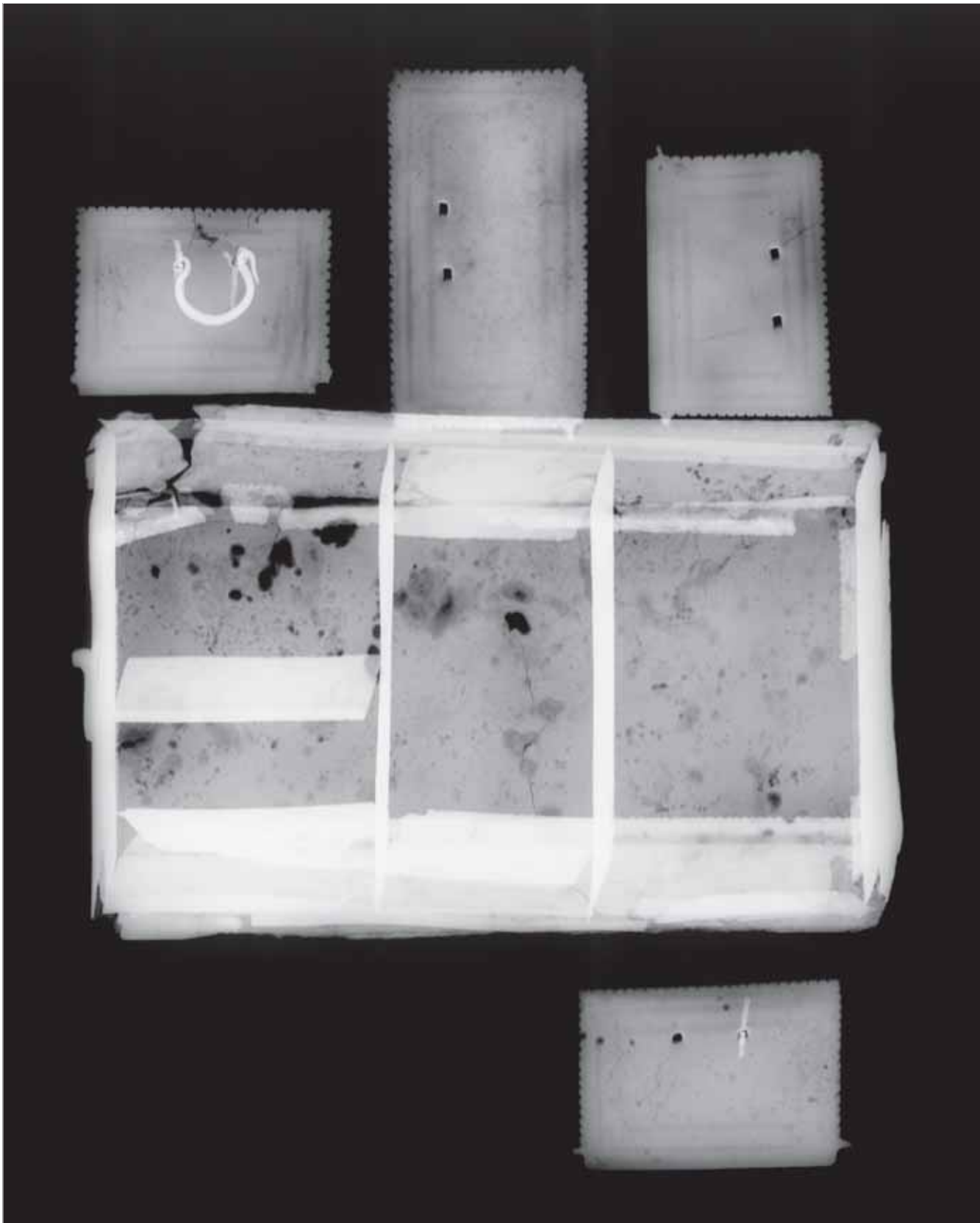


Figure 1. General view of the case.

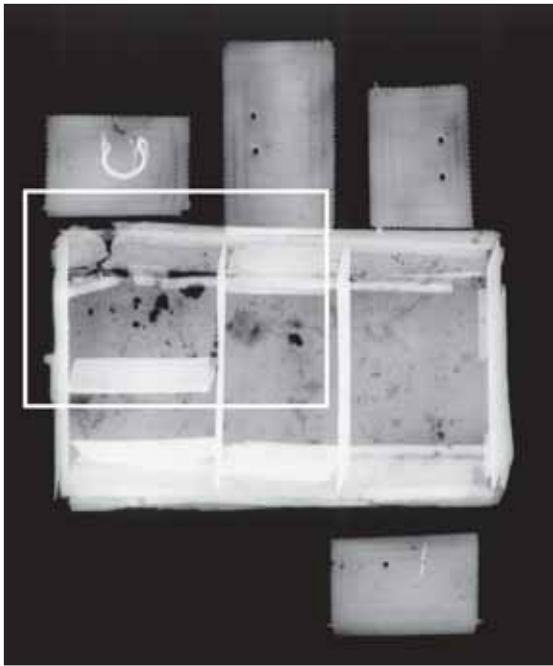


Figure 3. Image of the lid with fractures, losses of material, etc..

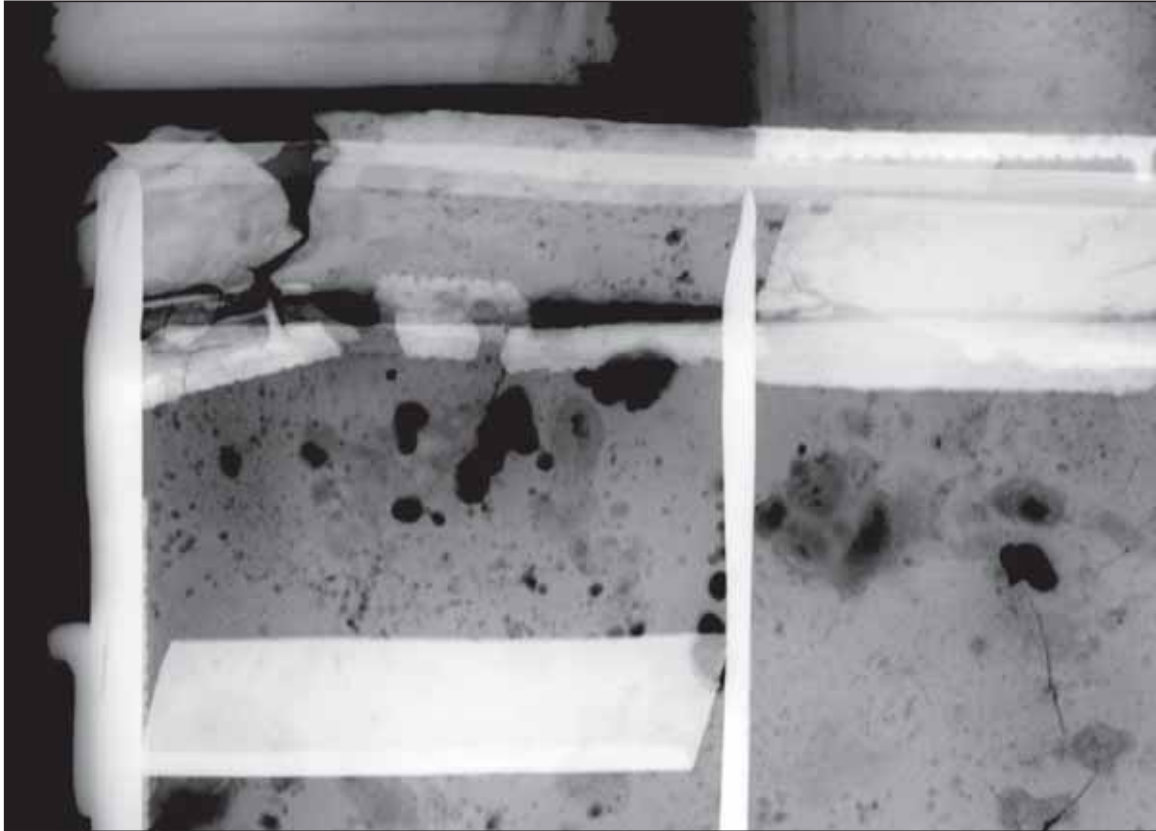


Figure 2. Close-up of the flaws due to severe corrosion.

Radiographic commentary

In the general view (Fig. 1), you can see the state of conservation of the entire box. The X-ray of the four removed lids remaining more clearly shows the double-rectangle motifs carved along the serrated edges, also produced by incisions. Likewise, you can see losses of material on the surface due to corrosion, in addition to rectilinear fissures and a few perforations due to an overall loss in metallic material. Only one lid still has the original handle and another has one of the parts that holds the handle.

The box is made up of several sheets with an internal division into four areas. The case is in a very poor state of conservation, as the X-rays show not only breaks and considerable lack of material but also the traces of a severe attack of corrosion which can be seen in the guise of pockmarks and areas of differing sizes with different tones of density depending on the severity of the attack (Fig. 2). You can also see numerous straight fissures which unquestionably make the material much more fragile.

Figure 3 is an image of the sliding lid. This picture shows the fractures on the edges and the abundant loss of material, which demonstrates the aforementioned overall attacks of corrosion and pockmarks, as well as the many fissures of differing sizes and

areas with differing radiographic densities, which indicate diverse remaining thicknesses of the sheet. The light lines correspond to the adhesive with which the different fragments were glued together.

Bibliography

BOROBIA MELENDO, E.:

Instrumental médico-quirúrgico en la Hispania romana, Madrid, 1988.

CRUSE, A.:

Roman medicine, Gloucestershire, 2004.

Hispania Antiqua. Da terra di conquista a provincia dell'Impero, exhibition catalogue, Rome, 1997.

Los bronzes romanos en Hispania, exhibition catalogue, Madrid, 1990.

MILNE, J. S.:

Surgical Instruments in Greek and Roman Times, Chicago, 1976.

VICENTE, J. V.:

«Análisis del material contenido en los compartimentos de un estuche médico romano procedente de excavación en la necrópolis oriental de Mérida», unpublished report, *Instituto del Patrimonio Cultural de España*, Madrid, 2007.

VICENTE, J. V.:

«Análisis del metal en un estuche romano procedente de excavación en la necrópolis oriental de Mérida», unpublished report, *Instituto del Patrimonio Cultural de España*, Madrid, 2007.

14 Bronze from Bembibre

Provincial Museum of León
(inv. no. 1999/28)
Castro del Chanillo,
Bembibre (El Bierzo, León)

Ternary bronze alloy
(copper, tin and lead).
24.4 × 15.3 × 0.2 cm.
Weight: 336 g
15 BC. Roman
IPCE registration no.: 21.303



Description

96 This is a rectangular ternary bronze plaque with a text etched in Latin on the back. The edge is decorated with a frame made of two parallel etched lines. In the middle of the upper edge, there is a ring for hanging decorated with four etched concentric circles to display the plaque in public.

The 27-line legal text written in upper-case letters is divided into a small introduction which alludes to the titles of Emperor Octavius Augustus, followed by the imperial edict outlined in two sections and a final part, which refers to the place and date that the document was issued (14th and 15th of February, 15 BC in what used to be known as Carbona).

This was *tabula* framed in the context of the Cantabrian Wars which emerged from Roman domination of the northwest Iberian Peninsula. In a climate of harsh local resistance, a settlement from the *Susarri* group, the *Paemeiobrigenses*—inhabitants of the fortress of *Paemeiobriga*— remained faithful to Rome. For this reason, Augustus granted it a series of privileges which consisted of expanding their land at the cost of the neighbours' lands and granting a series of privileges that exempted them from certain public duties.

This kind of honour granted by the emperor's will through *edicta* were common during the Romanising process, in which faithful indigenous settle-

ments were rewarded with changes in their legal status (municipalities, colonies), with public tributes to prominent figures (monuments erected, honorific epigraphs, metallic prizes) and even with promotions to important posts in the urban nuclei. At times these privileges lasted indefinitely.

The repercussions of this controversial document lie in the fact that it sheds light on the geographic reality of the northwest of the peninsula (which currently falls within Galicia, Asturias and Cantabria) and its peoples. It mentions the province of *Transduriana*, unknown until now and the subject of controversy among researchers because some of them believe it is yet another provincial division of the traditional *Hispania Citerior (Tarraconense)* and *Hispania Ulterior* (with two provinces: *Betica* and *Lusitania*) set up in 27 BC, while others posit a geographic delimitation located north of the Duero River with a certain identity of its own within the imperial administration.

Among the bronzes found in the same zone, the most similar stylistically is the *Tabula de Castrotao* in the Provincial Museum of Ourense; however, the Augustan edict has the particularity of being the most ancient epigraphic text found in northern Spain.

This piece was discovered by a private individual in 1999, although the exact site of its discovery and therefore its archaeological context is unknown. This fact, along with its formal singularity, has led some researchers to question its authenticity.

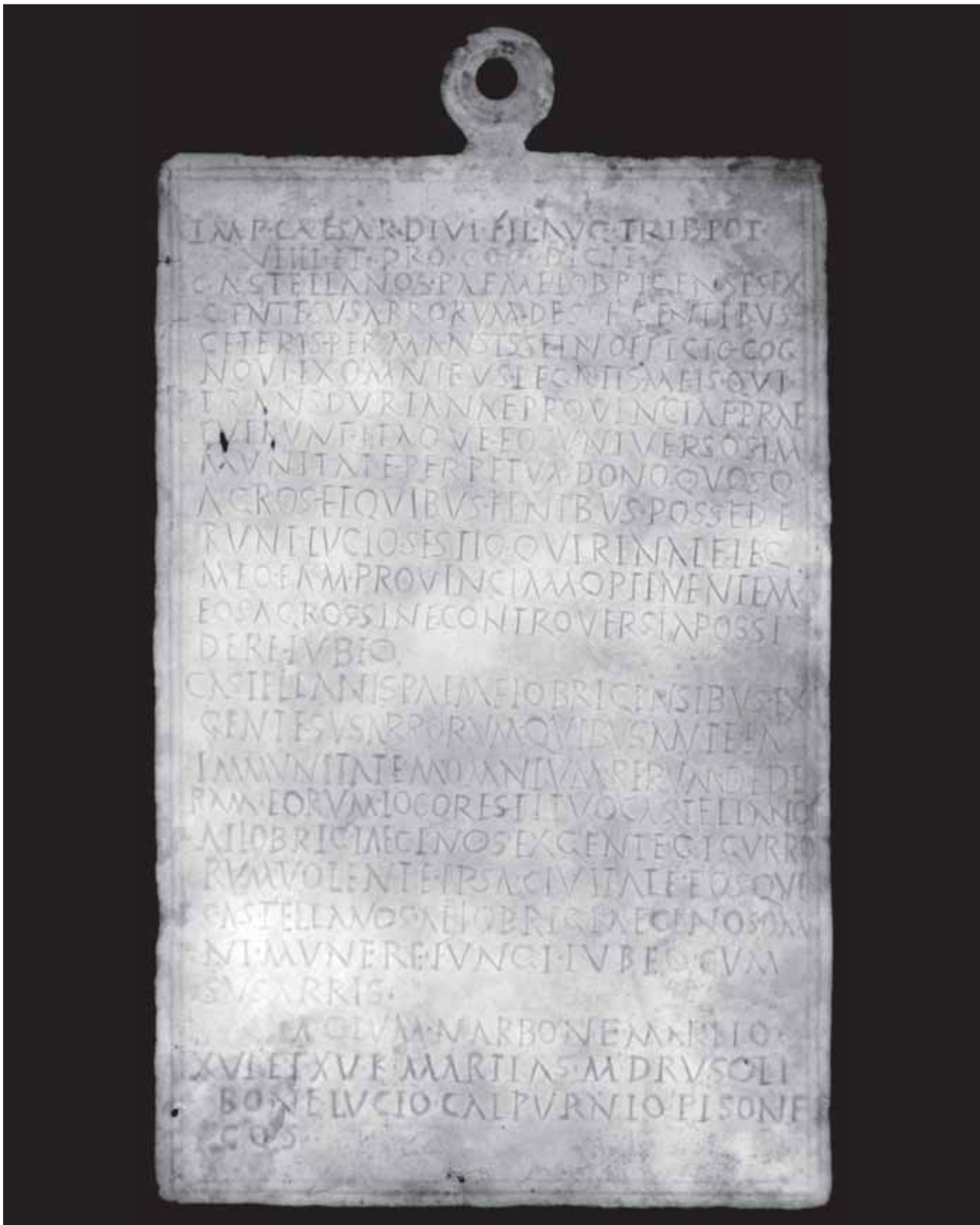


Figure 1. General view of the plaque.



98

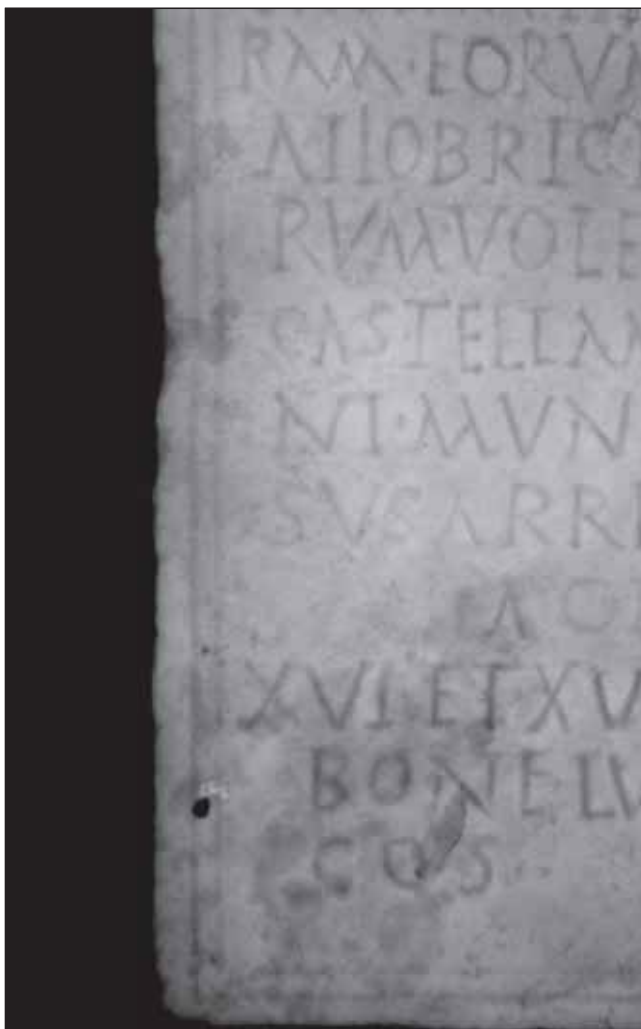


Figure 2. Appearance of minor losses in material due to corrosion.



Figure 3. Few, randomly scattered pores.

Radiographic commentary

The X-ray of the entire piece shows a rectangular-shaped plaque which has a thick ring jutting up above the upper part of the plaque as a means of hanging it, and three fine drill holes, one centred on the lower part and two on the left side near the corners (Fig. 1). The quality of smelting is quite high, with very slight differences in radiographic density, indicating a very uniform thickness (Fig. 2). Only in the areas near the edges are these differences accentuated due to further deterioration from corrosion.

The most significant flaws include a group of three tubular pores and other isolated pores, the latter spherical in shape, very scarce and scattered about randomly (Fig. 3). In some zones on the ends there are fissures that are much more pronounced in the upper left orifice and in the lower orifice; in

them, the fissures radiate out. Likewise, the start of a horizontal fissure can be seen on the neck of the ring for hanging.

The execution of both the epigraphic characters and the perimeter decoration was extremely painstaking, as it has hardly affected the piece's state of conservation; the most significant deterioration attributable to this work is a horizontal T-shaped crack located on the eighth line in the *ductus* of a "V".

Bibliography

El bronce de Bembibre. Un edicto del emperador Augusto del año 15 a.C., Museum of León, Studies and catalogues no. 11, Valladolid, 2001.

Hispania romana. Desde tierra de conquista a provincia del imperio, exhibition catalogue, 1997, Madrid.

15 *Missorium*

Royal Academy of History.
Madrid (inv. no. 176)
Almendralejo (Badajoz)

Glided silver.

74 cm in diameter.

Weight: 13,350 g

4th – 5th century. Roman

IPCE registration no.: A-4.879



100

Description

This is a round gilded silver dish which depicts the facade of a building (the *palatium*) in high relief, with four fluted wooden columns with Corinthian capitals finished with a semicircular arch and framed in turn by a triangular pediment. In the spaces left by the circle inside the square, two *putti* facing each other are carrying fabric and flowers in their hands. The building is flanked by two pairs of male figures shown in frontal positions, carrying a shield and spear (Germanic bodyguards). On the architecture depicted, we also have views of two male figures sitting on thrones with their feet resting on footstools. Despite the fact that the middle figure (the emperor) is larger than the other two, they are all wearing embroidered tunics and plain *chlamys* gathered on their right shoulders, as well as crowns. Another male figure (a civil servant) is taking an appointment document (a *codicillum* or a *liber mandatorum*) from the hands of the central figure. Under the exergue, a female figure (*Tellus* or Earth) wearing a laurel garland and reclining on her right elbow is holding her head with her right hand and a cornucopia filled with fruit. Around her you can

see ears of wheat and children carrying flowers and baskets.

Around the inner edge of the plate there is a legend in relief that says: *D[ominus] N[oster] THEODOSIVS PERPE[tuus] OB DIEM FELICISSIMVS X (decennalium)*. The back is smooth and bears the following engraving: *MOC IN MET* along with the weight of the piece in Greek numerals: 15,344.7 g.

The interpretation of the date and place when the dish was manufactured, as well as the identity of the figures depicted, varies according to authors, but the most widely accepted proposal seems to be Theodosius I, Valentinian II and Arcadius, in around AD 388. Manufactured using the technique called “sand” smelting, most likely in an imperial workshop, it might have been part of a set of luxury tableware made up of several pieces, a gift from the emperor to a senior military officer or civilian for the purpose of a commemoration or festive event.

It was fortuitously found on the 25th of August 1847 in a crop field along with three other pieces whose whereabouts are unknown. It was found folded in half, probably to be melted down.

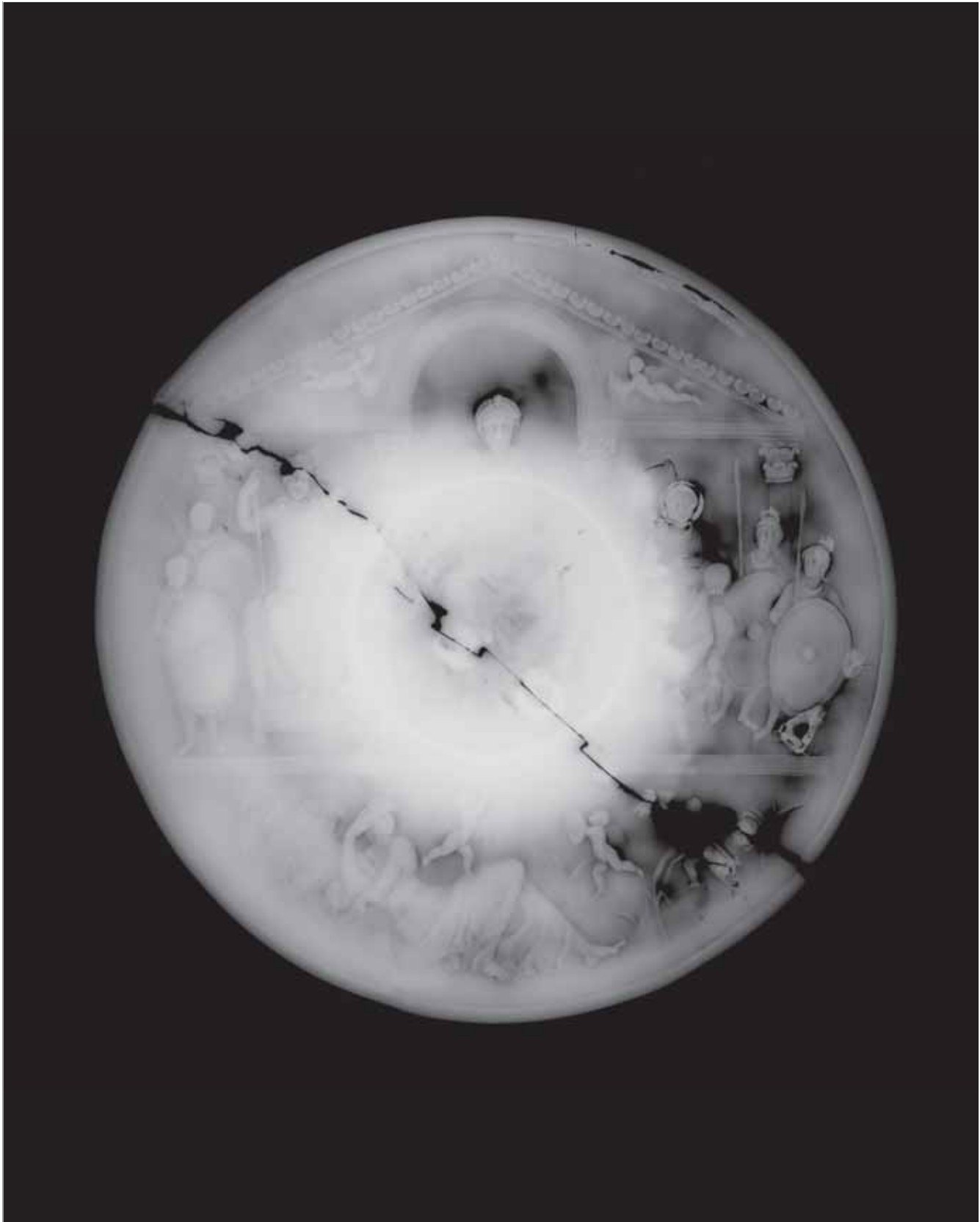
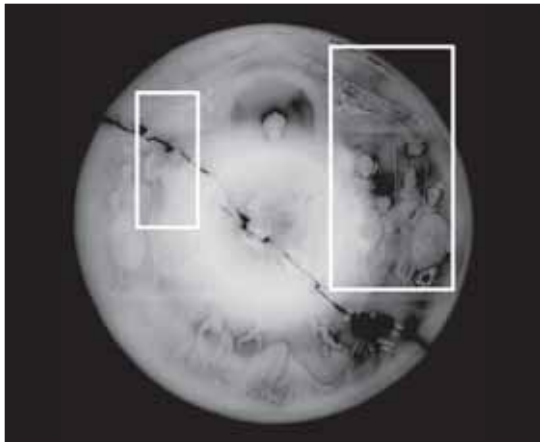


Figure 1. Overall X-ray image of the piece.



102

Figure 2. Plaques joining the two halves after discovery.

Figure 3. Fracture lines and soldering points on the spear-points.

Radiographic commentary

Figure 1 shows several radiographic densities that indicate different wall thicknesses; the ones on the left are thicker than the ones on the right. Around the base of the ring, in a broad and rather uniform band, you can also see considerable thickness that is very clearly captured on the X-ray.

Across from the breakage area, you can see sheets of varying sizes soldered together to join both halves (Fig. 2). In some parts you can see tiny cracks.

There are fracture lines on the heads of the spearmen that someone tried to fix with two points of soldering (Fig. 3). Tiny polygonal sheets were also used in these reinforcements.

The head of figure next to the spearmen is completely fractured and breaks off into a fissure at a right angle; the sheet used to fix this looks like a border that runs almost entirely around it. In the shield closest to the edge, centred in the far right, you can detect a soldering deposit or point, made of silver like all of them, but poor quality, which tries to attach the right half whose edge has lengthwise cracks. On the lower part of this shield you can see a very low quality triangular seam of soldering that is

extremely porous and whose lower and left sides are fractured, here in the right edge of the shield. All of these flaws that someone attempted to fix at a later date are due to the extreme thinness of the materials in this right half, and probably to smelting with the culture at a lower temperature than is ideal.

The upper right rim, near the highest part of the pediment, shows a lengthwise break and a reinforcement soldering seam that tries to fuse the crack between the internal part of the rim and the body of the dish. This soldering seam is extremely porous along much of its length. In this half, too, you can see tiny cracks in some areas, similar to the ones mentioned above.

Bibliography

- Bizancio en España. De la Antigüedad tardía a El Greco*, exhibition catalogue, Madrid, 2003.
- Various authors. *El Disco de Teodosio*, Madrid, 2000.
- Entre dioses y hombres*, exhibition catalogue, Madrid, 2008.
- Hispania romana. Desde tierra de conquista a provincia del Imperio*, exhibition catalogue, Madrid, 1997.
- Hispania romana. El legado de Roma en el año de Trajano*, exhibition catalogue, Zaragoza, 1998.

16 Belt clasp

National Archaeology Museum.
Madrid (Box 32 no. 1.
[Sobre sala 2.^a vit. 14
entrepaña 2.^o
Villel, sep. 42 p. 75 y 72])
Castiltierra (Segovia)

Copper-based material.
12 × 6 cm. Weight: 169.4 g
6th – 8th century. Late Roman/Visigoth
IPCE registration no.: 21.652/1



104

Description

This is a belt clasp made up of a rectangular piece articulated by a hinge at an oval-shaped buckle with linear decoration and a decorated needle and cabochon, missing today. The front of the piece shows an etched schematic illustration of a quadruped (ram) surrounded by a frame that contains, alternately, grape leaves and pinecones/bunches of grapes joined by a branch that undulates between them. The piece was part of one of the ends of the leather strap of a belt that gathered the tunic.

This kind of clasp was plentiful starting in the Aryan period (6th century) prior to King Recaredo's conversion to Catholicism in 568, and they are mainly found in necropolises in the plateau area in central Spain. In this setting, it was part of the deceased person's clothing, as they were buried in a simple inhumation pit along with other pieces belonging to Visigothic toreutics such as buckles, necklaces, earrings, rings, *bullae* (amulets), etc. This jewellery shows a clear Roman influence, so it is a clear example of how certain models from the past can survive over time and be reinterpreted using Christian iconographic elements.

The piece being studied was found in the necropolis in Castiltierra, a town near Sepúlveda (Segovia) where between the 1940s and 1950s more than 500 burial sites were exhumed. This indicates that the cemetery was used continuously over many years. Similar pieces have been found in other funeral sites such as the ones in Herrera del Pisuerga (Palencia), Carpio de Tajo (Toledo), Tiermes (Soria) and Poveda de la Sierra and Azuqueca (both in Guadalajara), some of which are also held in the National Archaeology Museum (Madrid). All are characterised by being made of plates crafted by superimposing three metallic sheets, and some of them have buckles with embossed decoration.

The Lázaro Galdiano Museum (Madrid) holds very similar clasps decorated with animals framed inside a plant border; however, they are believed to be false.

There is no question that the best-known belt clasps from the Visigothic period are the ones decorated with a geometric mosaic of cells filled with glass paste usually around one or several centrally-located cabochons, or eagle-shaped ones, both of them contemporary with the more modest model examined here.

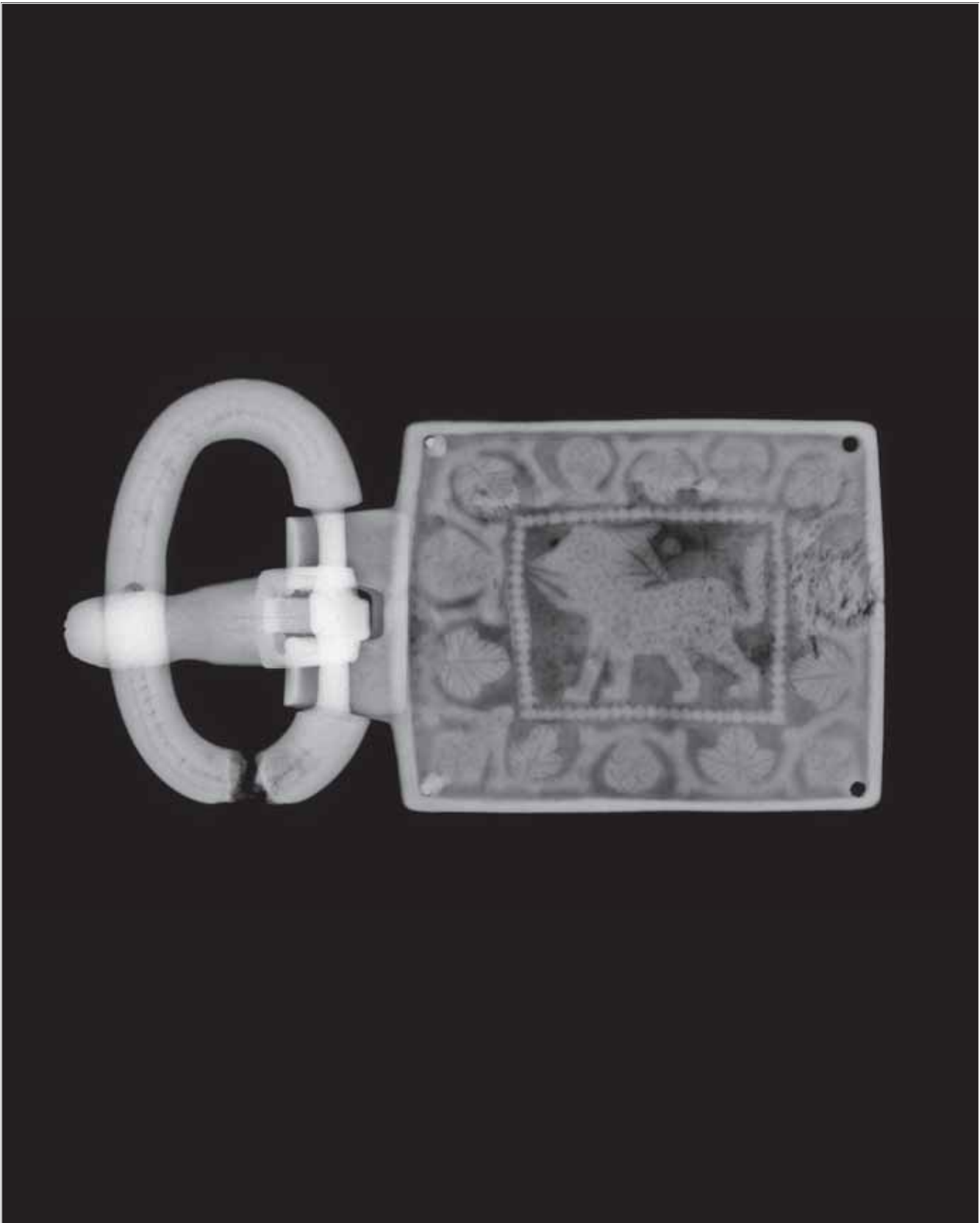


Figure 1. Overview of the belt as a whole.

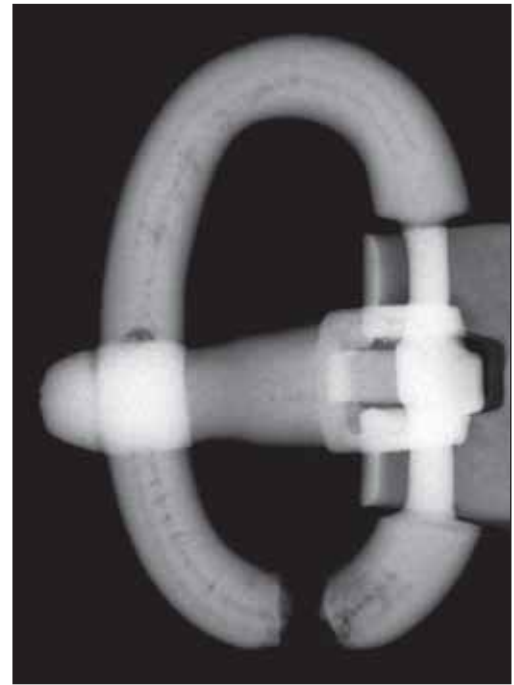
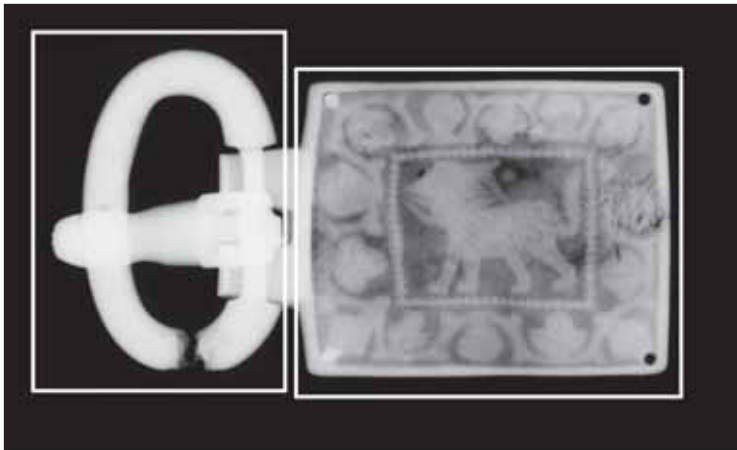


Figure 2. Close-up of the ring.

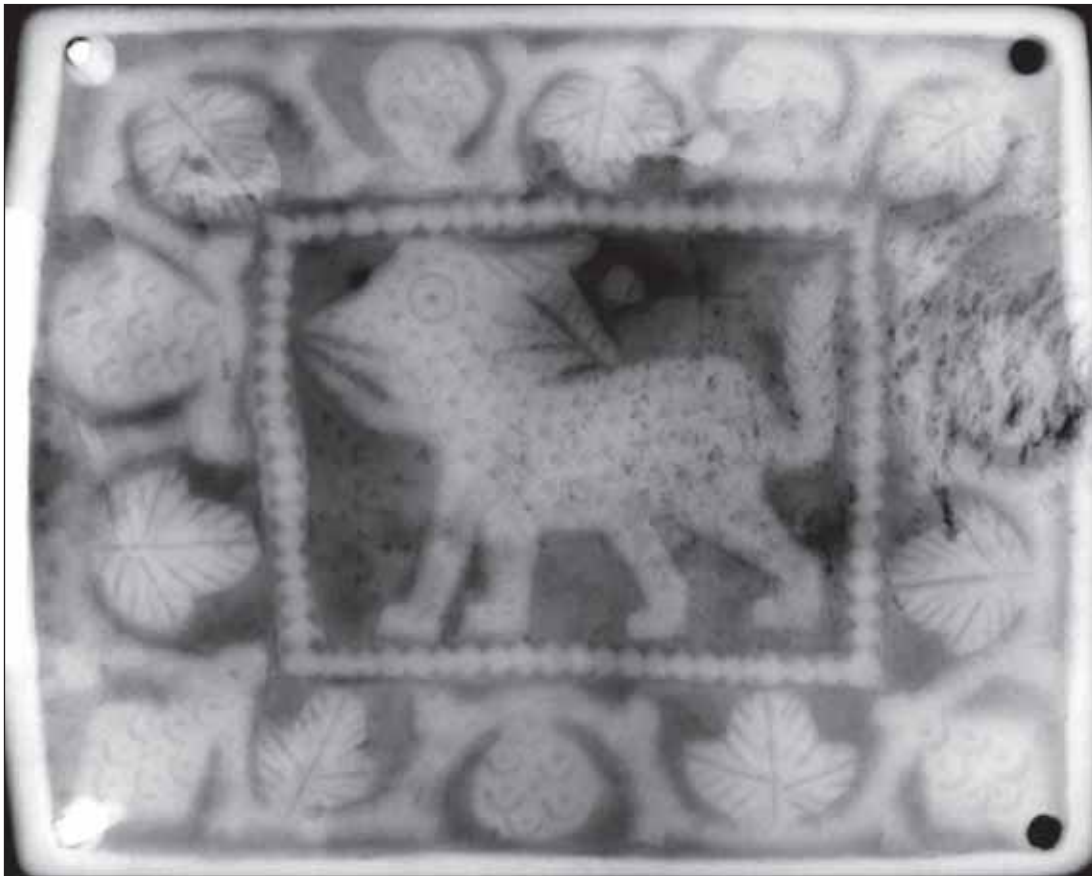


Figure 3. X-ray image of the decorated plaque.

Radiographic commentary

As can be seen in Figure 1, the clasp is made of the buckle and two metal plates, the outside one decorated and the inside one plain. Between the two, a plate made of different material was placed in order to get the right thickness, and all three were attached by three rivets, one on each corner and one in the centre, three of which still remain. An etched cruciform motif appears next to the central rivet.

The ring of the buckle (Fig. 2) shows darker lengthwise lines corresponding to etched decorative motifs. In the lower part, you can also see an overall loss of material with irregular edges, a phenomenon that is due to corrosion of the metal, most likely through contact with another finer me-

tal. The smelting on this buckle displays outstanding quality.

With regard to the decorated plate (Fig. 3), you can see highly defined zones of diverse radiographic densities primarily on the right side, in the middle and around the central rivet. This is caused by a loss of material inside, between both plates, due to severe corrosion triggered by galvanic couple.

Bibliography

PALOL, P. and RIPOLL, G.:

Los godos en el occidente europeo: ostrogodos y visigodos en los siglos V-VIII, Madrid, 1988.

Online catalogue: www.flg.es/bus_listado.asp

17 Sword called *Tizona*

**Cathedral of Burgos
Andalusian workshop.
Inheritance of the Marquis of Falces**

Steel and wood.
Maximum length: 93 cm.
Maximum blade: 4.5 cm.
Weight: 1,150 g
1002. High Middle Ages
IPCE registration no.: D-2.605



Description

This is a long steel sword with a flat, double-edged blade, a slightly rounded tip, a fuller (*va-ceo*) halfway up and trim made up of a short wooden hilt, quillions with decorated with openwork plant motifs until reaching the start of the sword edges, and a flat, pear-shaped openwork pommel. One of the fullers bears the Latin inscription *AVE MARIA GRATIA PLENA DOMINUS MECUM*, and the other another Spanish inscription that reads *IO SOI TISONA FUE FECHA EN LA ERA DE MILE QUARENTA*.

According to tradition, this is one of the famous swords belonging to Rodrigo Díaz de Vivar, known as El Cid. The first written reference is in *Cantar del Mio Cid*, where it says that it was seized from the Almoravid King Bucar of Morocco after El Cid killed him with his sword *Colada* on the beaches of Valencia. Following the same source, they were later given as a trousseau to his daughters Sol and Elvira, but after the Princes of Carrión—their husbands—abandoned them, El Cid reclaimed his property to the king. Once returned, the *Tizona* was given to his nephew Pedro Bermúdez, while *Colada* was given to his vassal Martín Antolínez.

Since then, experts cannot agree on how the sword came into the possession of Queen Isabel the Catholic, given that the next mention of it is in

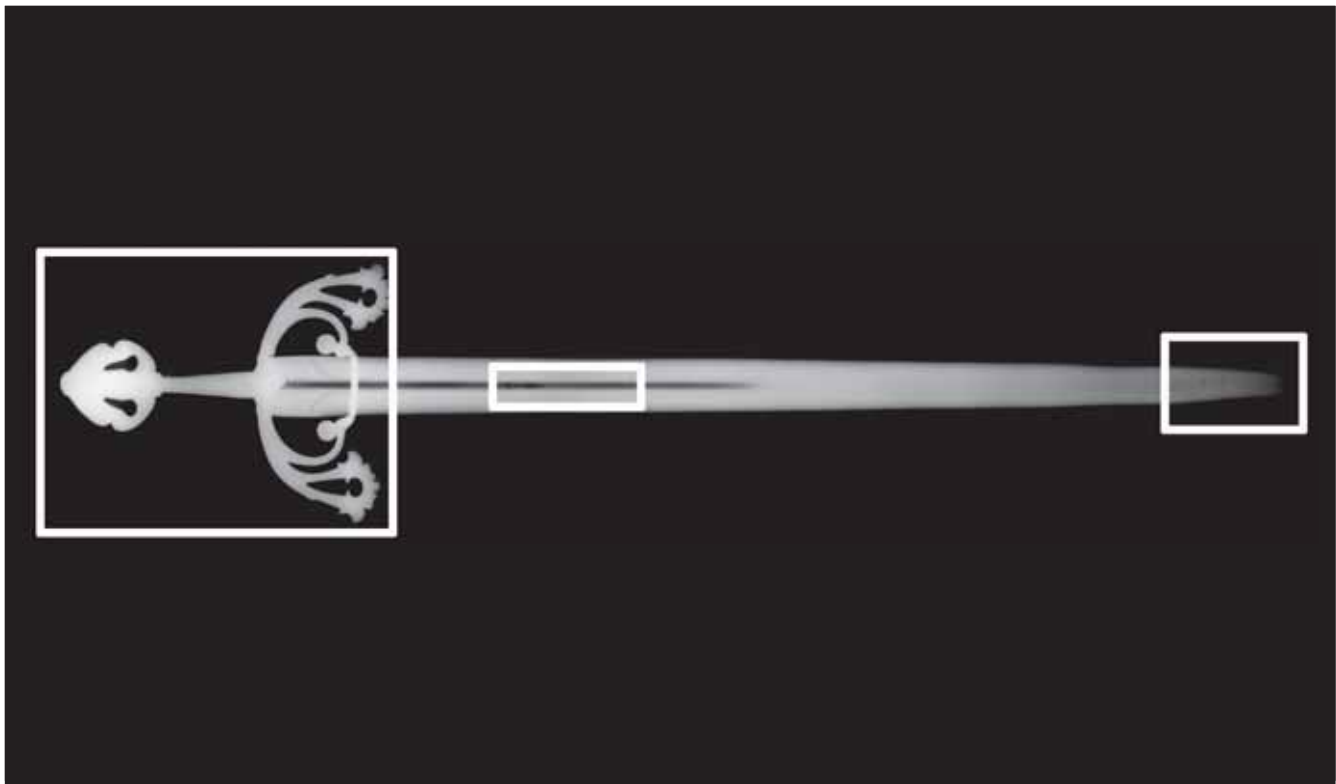
the 1503 inventory conducted by Gonzalo de Bricio of the weapons held at the Alcázar of Segovia. Between 1560 and 1621, Friar Prudencio de Sandoval, in his *Chronicle of the Kings of Castile and Leon*, alludes to the fact that Ferdinand the Catholic lent the sword to the Marquis of Falces as a reward for the services he performed. The sword temporarily disappeared during the Spanish civil war in 1936 and reappeared in 1944 and since then it has been part of the repository at the Museum of the army (Madrid).

Upon the museum's move to Toledo, the owner, the current Marquis of Falces, put the sword up for sale. Finally, after being rejected by the Ministry of Culture, it was purchased for 1.6 million euros by the Regional Government of Castile and Leon and the Chamber of Commerce and Industry of Burgos in 2007. Today it is held at the cathedral of Burgos, where El Cid's casket and that of his wife Jimena are housed.

Despite the fact that the weapon bears a date (1040, which actually means 1002), the majority of authors agree that the approximate date of the hilt is closer to 15th century than to mediaeval swords. Nonetheless, the blade, which shows exceptional craftsmanship, seems to be from the 11th century, meaning that it was part of a burning sword from Andalusia and is thus compatible with El Cid's lifetime. The inscriptions we can see today were added centuries later.



Figure 1. Overall X-ray image of the weapon.



110



Figure 2. Close-ups on one of the fullers.



Figure 3. View of the flaws caused when repairing the blade.

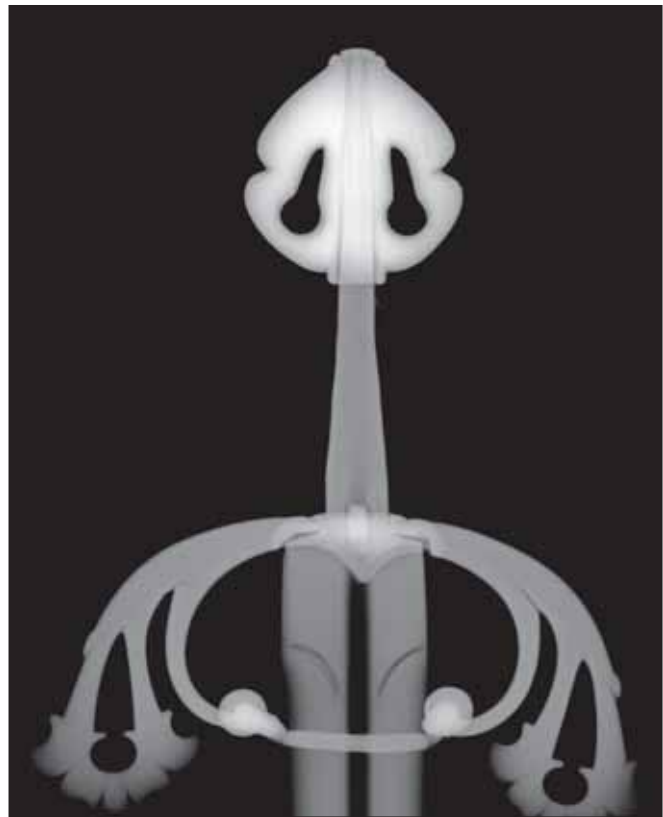


Figure 4. X-ray view of the entire hilt.

Radiographic commentary

The upper part of the blade (Figs. 1 and 2) has a very homogeneous appearance and enable us to clearly see one of the engravings on the fuller. You can also see small lengthwise marks that correspond to the folds from smelting.

On the lower third of this blade, as it gradually narrows, the smelting lines and slag become clearer. This reveals a lateral narrowing which indicates that it was folded, which was corrected by further hammering when hot. Visually, you can see a crosswise crack in this area which in X-rays is revealed to be a much larger inner cavity (Fig. 3).

The tang of the blade is in the shape of a truncated pyramid (Fig. 4). The hilt, made up of a pommel attached with a plug, shows fissures most likely produced when attaching it. Both quillions show lengthwise fissures between them and the circular pieces that close them below. On the hilt, two readily visible threads are the remains of the decorative thread (cord) that covered it, possibly made of gold or another fine metal given its high radiographic absorption.

Through X-rays, we have been able to determine that the trim is made up of a set of at least eight pieces.

Bibliography

CABEZÓN, M. L.:

La Tizona. Espada del Cid Campeador, unpublished report, Army Museum (Madrid), no date.

«Castilla y León adquiere la espada Tizona por 1,6 millones de euros», in *abc.es* on 23/05/2007.

«Castilla y León compra la espada del Cid», in *elpais.com* del día 24/05/2007.

DUEÑAS, G.:

«Las espadas nazaríes: entre el arma y la joya», in OLLERO and RAMOS (ed.), *Tesoros del Museo del Ejército*, Madrid, 2007.

«El Museo de Burgos defiende la compra de la Tizona y Cultura cree que es falsa», in *elmundo.es* on 25/05/2007.

«La Tizona y un hueso del Cid, grandes atractivos de la exposición de Burgos», in *nortecastilla.es* on 18/09/2007.

MARTÍN-COSTEA, A. *et alii.*:

Informe radiográfico de la espada denominada Tizona, unpublished report, Institute of Cultural Heritage of Spain (Madrid), 1993.

18 Reliquary

Museum of the Royal Collegiate Church of Roncesvalles, Navarra Montepellier (France)

Glided silver, wood, rock crystal and enamel.

47 × 57 cm.

Mid 14th century. Late Middle Ages

IPCE registration no.: 20.582



112

Description

This is a rectangular board with a wooden centre clad with sheets of silver. It has 63 compartments divided into seven horizontal rows; those decorated with enamel on silver alternate with those that are protected with rock crystal (broader). The latter hold different kinds of relics whose provenance and date of insertion are unknown – they may come from different pilgrimage sites. They have visible labels and are conserved in gilded cloth wrappings. The tablet is framed with 20 scenes that depict different figures from the Old Testament and the apostles presided on the lower part by scenes that portray the martyrdom of Saint Stephen.

The predominant colours in the enamel are orange, green and purple on a bright blue background.

According to Martín y Heredia, the iconographic programme is a summary of the subject of man's redemption from the Annunciation to the Final Judgement.

This work, known popularly as the *Charlemagne Chess Set*, is from the Montpellier workshops judging from the mark appearing on one of the sides of the frame: *MOP*. It dates from between 1340 and 1382.

It should be borne in mind that between the 14th and 15th centuries, Navarre was a small kingdom linked to France for political reasons: this would explain how this piece entered the collegiate church on commission.

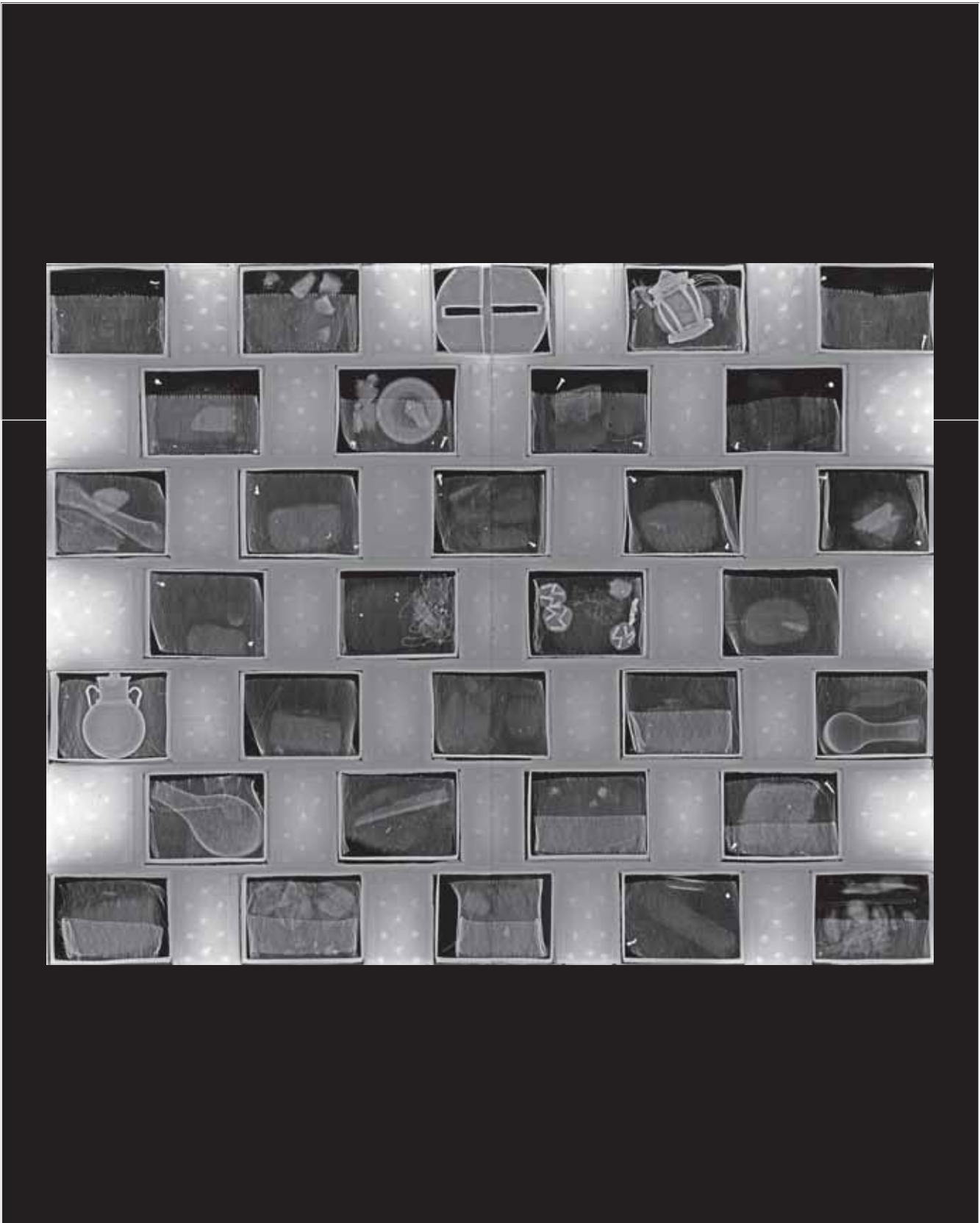


Figure 1. Digitally processed image of the entire piece.



Figure 2. View showing the construction system.



Figure 3. Arrangement of some components.

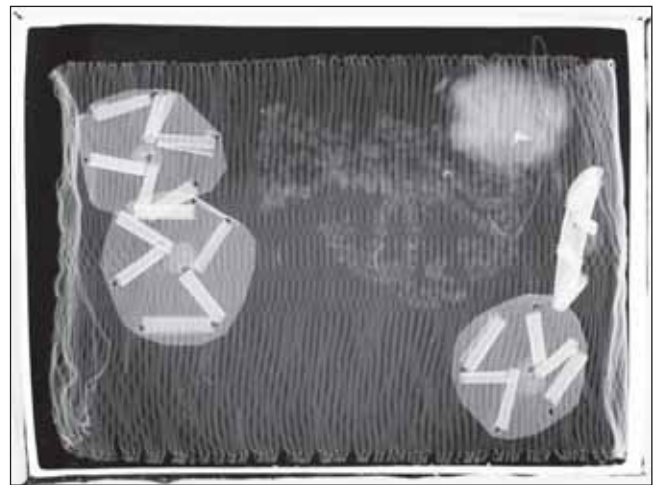


Figure 4. Close-up of the compartments.

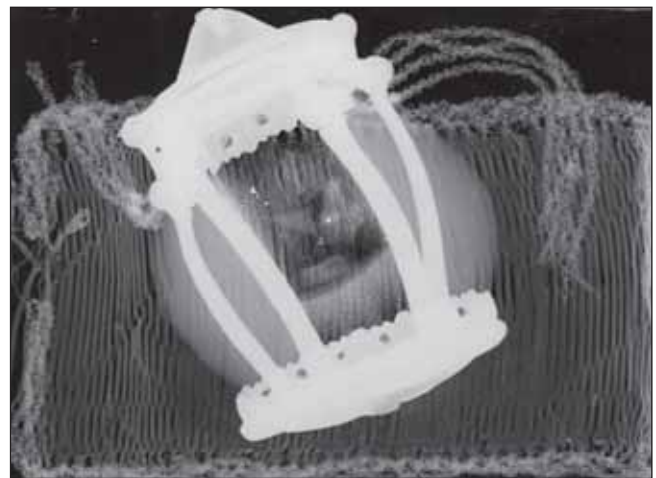


Figure 5. Close-up of another of the relics.

Radiographic commentary

In this case, due to the vast differences in radiographic absorption of the different parts of this piece, two overall X-rays were taken using two different kinds of exposure. The goal of the first was to ascertain the content of the compartments and the second the metalwork. For this book, one X-ray that is representative of these two aspects has been digitally processed (Fig. 1). In the second case it reveals a fairly complicated construction system (Fig. 2). In several close-ups (Fig. 3), you can clearly see the wooden frame totally covered by enamels. The ends are fully concealed by rectangular silver plates decorated with ribbing which both hides the joints and attaches the enamel through studding with tiny metallic plates. The perimeter plates on the outside are attached in the same way using longer studs.

Inside the compartments, where there is lower radiographic absorption, you can see tiny compartments that contain one or several relics covered by a cloth in which some threads are twisted (Figs. 4 and 5). The spaces between them are occupied by enamel plates in square or rectangular shapes, each attached by multiple studs; they are also found over spaces bounded by compartments.

Bibliography

- MARTÍN, M. L.:
Esmaltes en España, Madrid, 1984.
Obras maestras recuperadas, exhibition catalogue, Madrid, 1998.

19 Helmet

Instituto Valencia de Don Juan.
Madrid (inv. no. 3.101)
Provenance unknown

Steel, gold and silver.

49 × 23 cm.

Weight: 2,270 g

15th century (1444-1446). Islamic Late Middle Ages

IPCE registration no.: 22.897/35



116

Description

This is a helmet made of decorated steel with a conical top, a freestanding nose protector and chainmail that hangs from the lower edge (*alpartaz*, or coat of mail). The helmet is decorated with two small borders on the upper part and another one on the lower part which contain damascened arabesque inscriptions in silver on a gold background.

An etched, damascened decoration branches off from both borders with a plant motif made of gold and silver that extends towards the centre. The peak, which is cone-shaped, is surmounted by a polygonal piece and a tubular piece for the plume, whose whereabouts are unknown.

On the lower edge, on the front of the helmet, there are two arches mimicking the shape

of the eyes. Between them a nose protector is attached which fits the curvature with the upper pear-shaped edge also decorated with arabesques.

We know that it was manufactured by *Alí Ibn Qalū Med* for Sultan Muhammad II, better known as the *Mehmet II* Conquerer, given the fact that the writing on the front of the helmet states this. The nickname “Conquerer” came from the fact that he was responsible for the over month and a half long siege and later capture of Constantinople, the capital of the Eastern Roman Empire or the Byzantine Empire, on the 29th of May 1453. The next day, the city was renamed Istanbul.

Little is known about the helmet’s provenance or archaeological setting, except that it was purchased on the antique market.

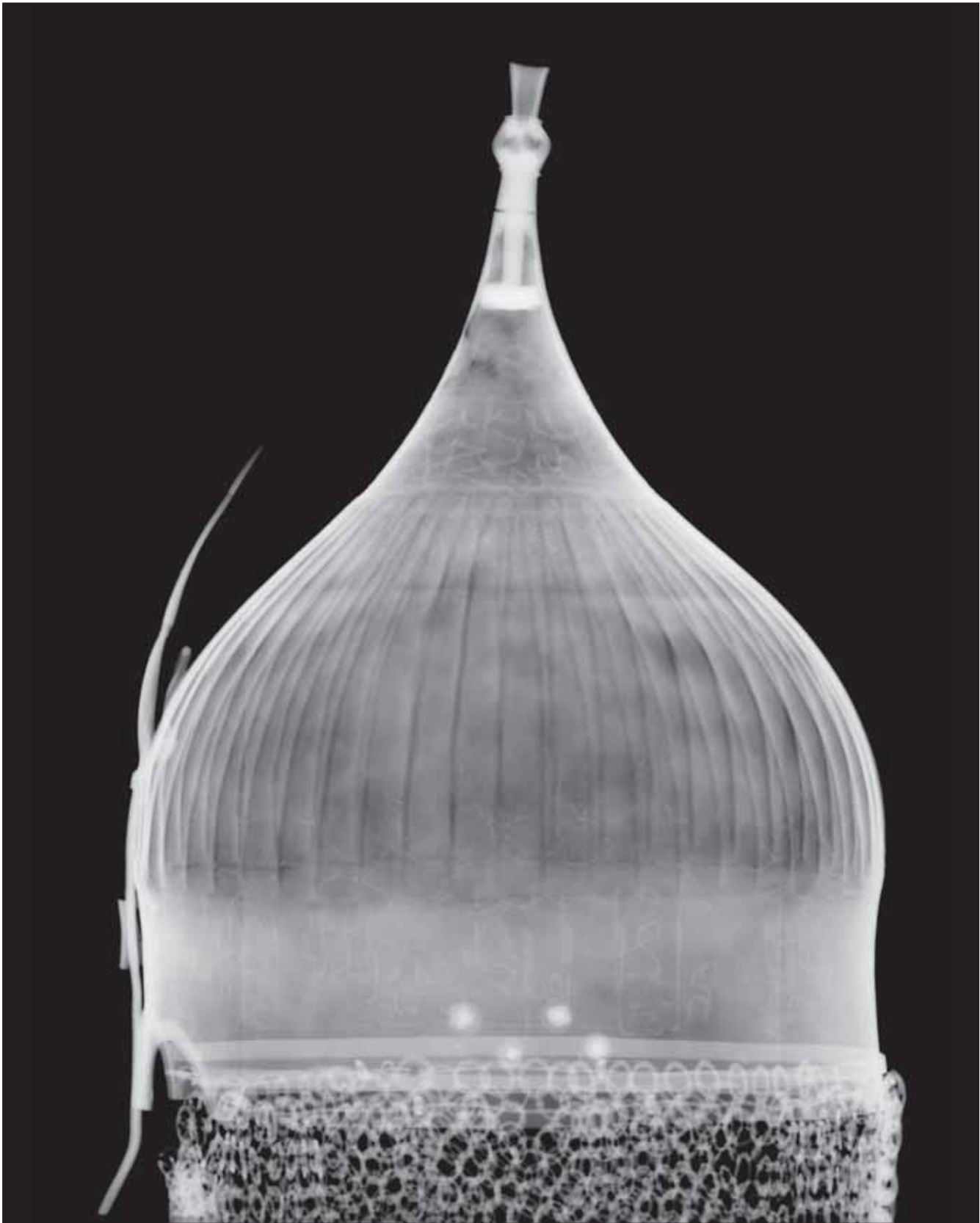


Figure 1. Overall view of the helmet.

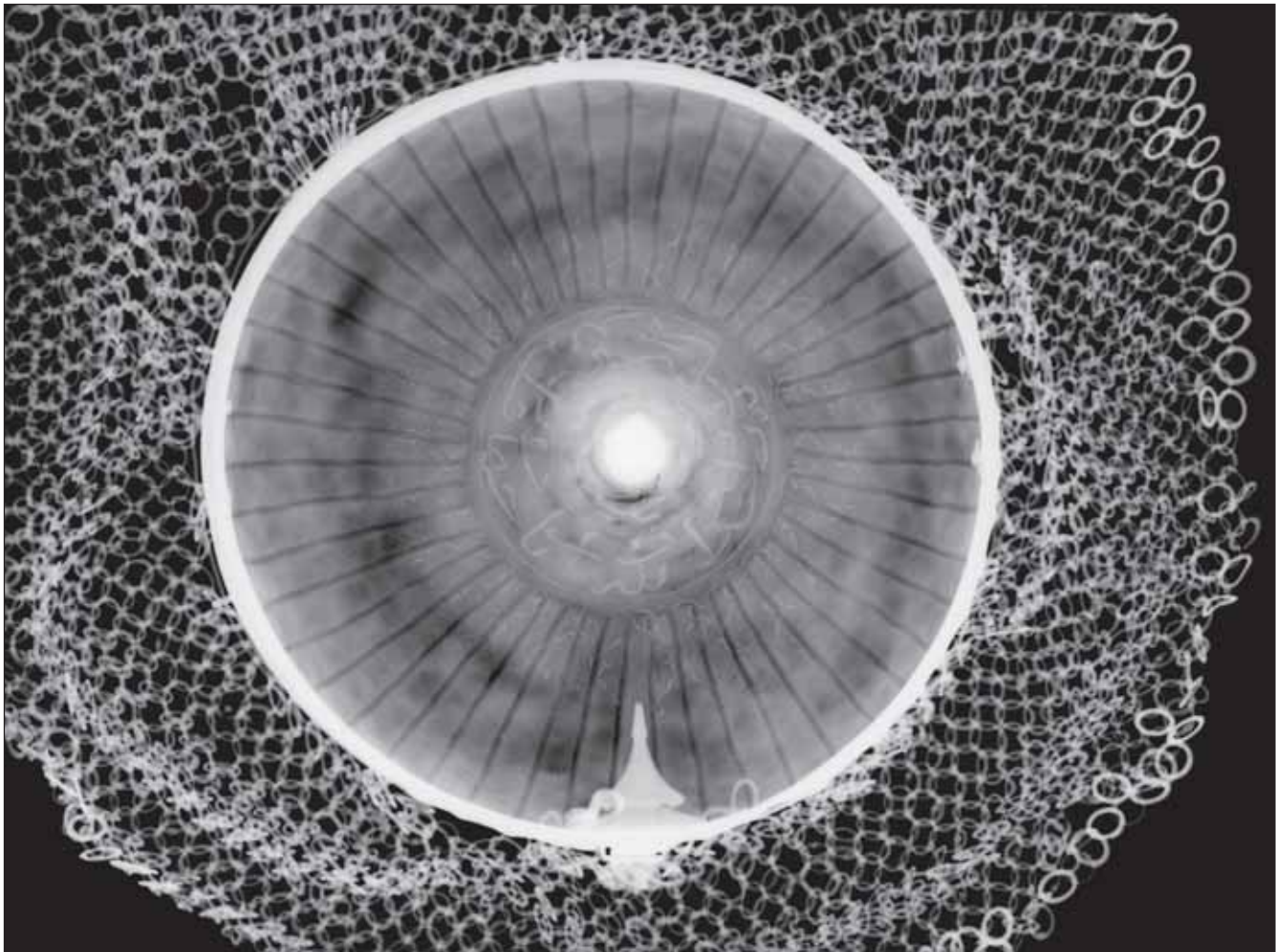


Figure 2. Top view from the inside.



Figure 3. Construction system of the helmet top and flaws caused.



Figure 4. Two of the rivets and a cluster of fissures.



Figure 5. Extension of the identifying motifs etched on the helmet.

Radiographic commentary

The overall X-ray image of the helmet shows its main constituent elements: the top, the nose protector and the chainmail hanging around the lower edge (Fig. 1).

In the top view of the helmet (Fig. 2), you can see a wide irregular strip, an area of lower radiographic density, which corresponds to an area of thinner material produced while the piece was being hammered.

This same flaw can also be seen on the upper part, where you can also see an irregularly-shaped crack made when attaching the top to the lower piece using compression (Fig. 3).

On the lower end of the helmet, from right to left, you can see two groups with two rivets each, and each rivet with a washer. You can also see a group of fissures made while the piece was being hammered (Fig. 4).

Figure 2 also shows the layout of the top with the inner attachment, as well as a close-up of the different parts of the nose protector. To the left of this protector you can see the two etched motifs identifying it as “...*the weapons of Mohammed II and the armoury...*” (Fig. 5).

Bibliography

Los Reyes Católicos y Granada, exhibition catalogue, Granada, 2004.

Mediterraneum. Splendour of the Medieval Mediterranean. 13th-15th Centuries, exhibition catalogue, Barcelona, 2004.

SÁNCHEZ CATÓN, F. J.:

Catálogo de las pinturas del Instituto Valencia de Don Juan, Madrid, 1923.

20 Matrimonio desigual (Unequal wedded couple)

Lázaro Galdiano Museum.
Madrid (inv. no. 2.022)
Francisco de Goya y Lucientes
(attributed). Inheritance
of Francisco de Goya

Oil on a plate of copper-based material.
0.32 × 0.41 cm
19th century (ca. 1819)
IPCE registration no.: NONE



120

Description

This is a rectangular metal plate which bears an oil painting of a costumbrist scene set inside a church building; in the middle is a bride and groom kneeling before an altar receiving the sacrament from the hands of a priest assisted by an altar boy standing to his left. On the lower left corner, behind the central group, another male figure is kneeling. Other people attending the ceremony are sketched on the wall in the background, and above them is a window through which sunlight enters and falls on the main figures. The recently wedded couple are dressed in typically Goyesque clothing and the wedding veil covers their shoulders.

This painting has been called other names, such as *Ridiculous Wedded Couple* and *Grotesque Wedding*, as the painter shows the couple as being an almost elderly groom and a very young bride. The portrayal of scenes of social criticism was quite common in this period, especially in the paintings from the workshops of Goya and his milieu.

Copies and versions very similar to this work are known, such as the small canvas at the Romantic Museum (Madrid) and the one at the Louvre (Paris), the latter painted on a tin plate. The small format, the material (copper or tin plate), the layout of the figures, the light and the atmosphere where the scene takes place are reminiscent of a series of works—many by Goya and others replicas or copies by Eugenio Lucas, Mariano Fortuny and their contemporaries—like *La misa de parida* (The Churching Mass, Lázaro Galdiano Museum, private collection), *La comunión* (The Communion, Clark Art Institute of Washington), and even *La última comunión de San José de Calasanz* (The Last Communion of Saint Joseph Calasantius, Bonnat Museum of Bayonne).

Despite the fact that some researchers do not attribute this painting to Goya, it did belong to the painter's family; it was inherited by his son, Javier, and later purchased by several collectors. Later it was bought by José Lázaro Galdiano sometime before 1913. In 1863, the work underwent a restoration when it was decided to add a clamp.

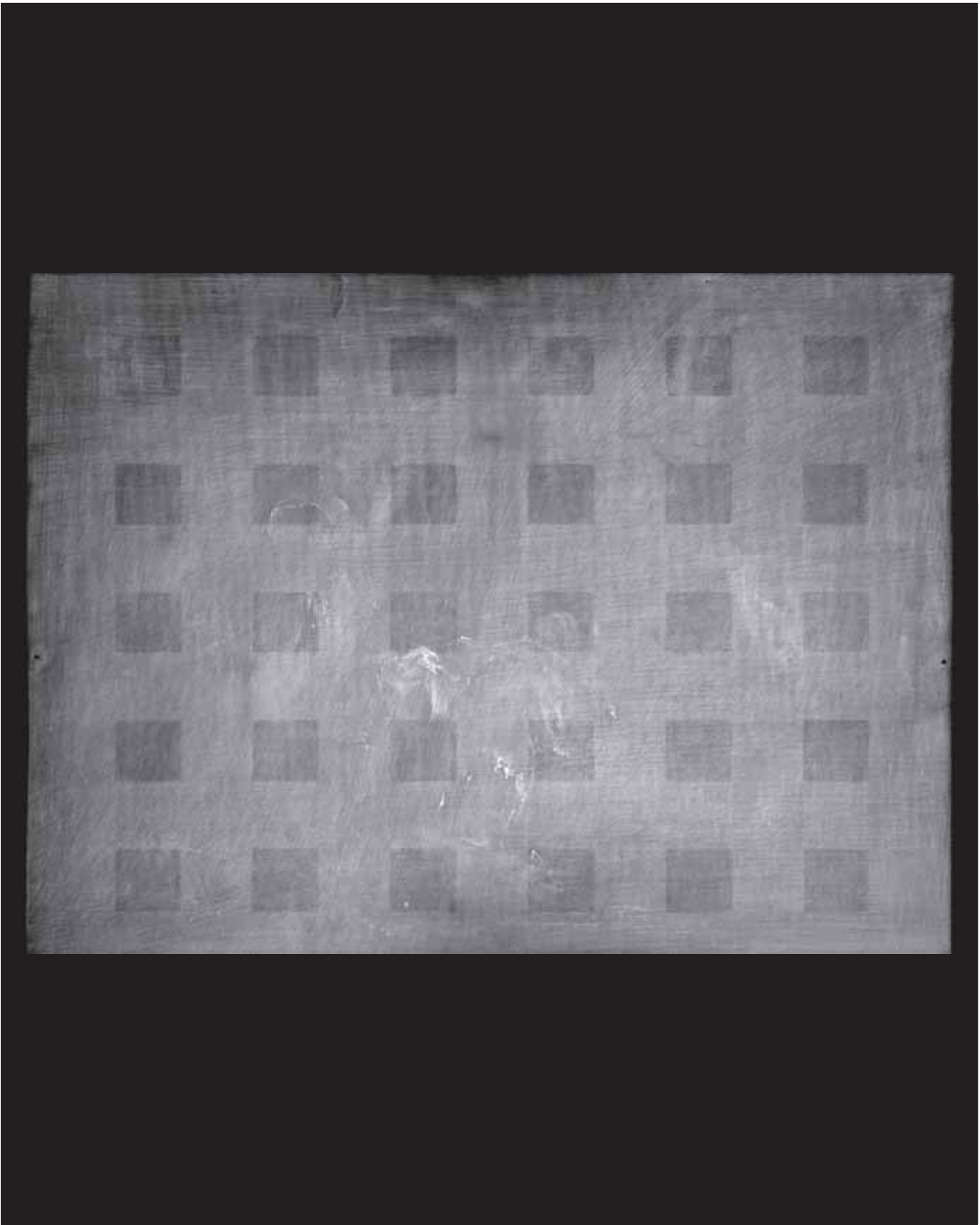
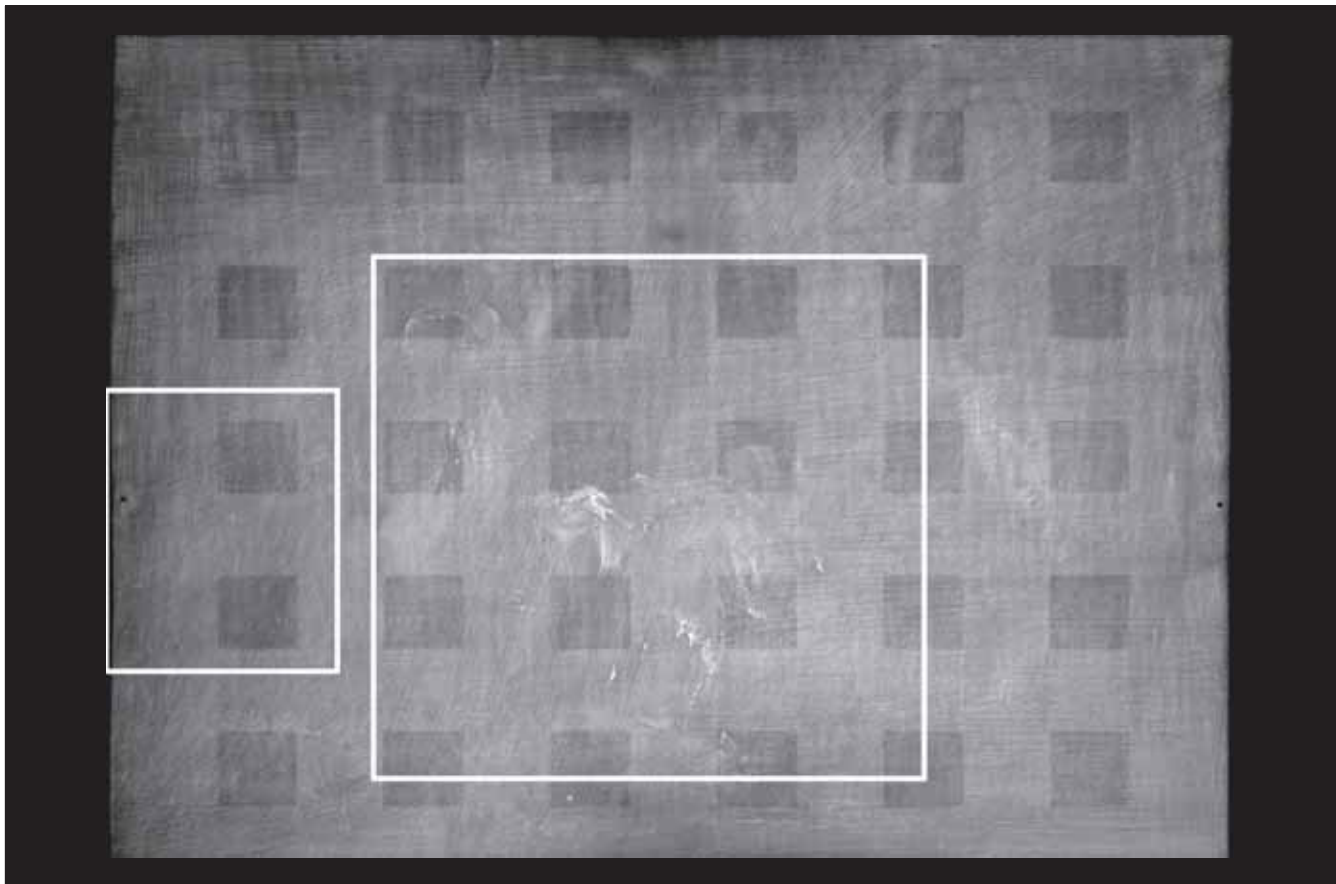


Figure 1. X-ray image of the work as a whole.



122



Figure 2. Close-up of the preparation of the support.

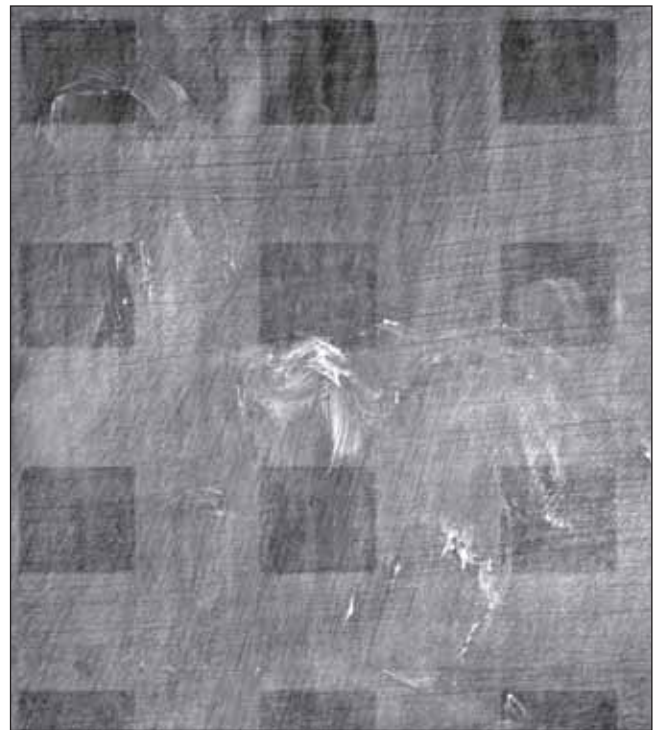


Figure 3. Appearance of the thick paint.

Radiographic commentary

For the purposes of this publication, this work is interesting because the metallic support, meaning that to the X-ray conditions chosen, which depend on this kind of material, are greater than the ones usually used in easel painting on other supports. The metal plate's high absorption compared to the paint produces a notable loss of the latter in the X-ray image, which is less radio-opaque (Fig. 1). Despite the thinness of the plate, we were able to detect differences in radiographic density which correspond to slight variations in the thickness of the copper-based material.

On the other hand, this X-ray image sheds light on some of the procedures used by the painter when preparing the base (Fig. 2). From the technical standpoint, in order to help the preparation's adherence to the surface to be painted later, it is finely scratched with interlocking lines. These scratches were probably made using a brush with metal bristles.

This support was later reinforced with a wood clamp that can be seen as a uniform grid.

There are two irregularly-shaped drill holes centred on either side that were for the nails used to hang it.

All of these conditioning factors hinder us from seeing the scene in the X-ray image, as the predominant radiographic absorption of the metal support over the lighter layers of painting make it difficult to recognise. You can only see the areas with the thickest paint used to depict the lights (Fig. 3). From this, in the absence of an analysis, we can deduce that white lead might have been used.

Bibliography

CANO, M.:

Goya en la Fundación Lázaro Galdiano, Catalogues of the Lázaro Galdiano I Foundation, Madrid, 1999.

Goya y lo goyesco en la Fundación Lázaro Galdiano, exhibition catalogue, Madrid, 2003.

MORALES, J. L.:

Goya. Catálogo de la pintura, Zaragoza, 1994.

Online catalogue: www.flg.es/bus_listado.asp.

Chapter 3

List of discontinuities in radiographic images of metal objects of historical-artistic value

The radiograph is one of the most important non-destructive analytical procedures for finding out the state of conservation or for study prior to the restoration of any kind of metal object with historical-artistic value.

We will not go into lengthy explanations here of what is the most adequate procedure for obtaining an image for each case —X-rays, radioisotopes, etc.—, considering only that the image is of adequate quality.

Nor will we differentiate on the type of metallic material (iron, copper, gold, or silver-based) analysed, although some of the discontinuities, such as forging folds or slag alignments, will almost always be exclusive to iron objects shaped mechanically. From this it can be deduced, on viewing the x-rayed object, that whoever interprets the images obtained will be an expert, both in the defectology that can appear owing to the constituent metal, and in the processes for obtain-

ing the piece which, of course, will greatly influence the final quality.

Therefore, all that is offered here is a list, in alphabetical order, of the different discontinuities or defects that can occur in metal objects with historical-artistic value, without becoming, under any circumstances, an exhaustive list.

It can be deduced that the discontinuities or defects are detectable if, with respect to the radiation beam, they are of sufficient size and, in some cases, the orientation is adequate. In all cases, they are shown by the difference in radiographic density which depends on the absorption of radiation that the discontinuity shows.

Finally, it should be noted that our experience, in the majority of cases, refers to the observation of radiographs of archaeological objects of different ages and, therefore, based on the aforementioned experience, the following list has been made up.

List of discontinuities

Adhesions (internal)

Splashes —globular or not— that appear on the inside of pieces, mainly sculptures, cast in parts and welded using perimetric beads.

Adhesions

In the moulding processes, usually due to placing the mould at too low a temperature, the molten metal in contact with some parts of the inner wall of the mould would solidify very rapidly, and on the latter, the remainder of the molten metal casting solidified, creating discontinuities. Often, the outlines of the adhesions are identifiable to the naked eye. In radiography they are shown as twisting lines that mark the limits of the defect.

Burrs

Defect which shows itself to the naked eye, above all in forged pieces with bivalve mould in which the surface has not been conveniently worked. Consists of protuberances in the hollows at the internal longitudinal join of the valves. The visual determination with respect to the radiograph is not in doubt. They also appear in forged parts with mould and counter mould, without removing them in the inner part.

Contraction cavities

Discontinuity of the material, normally on the surface or in areas for pouring of molten metal, originating due to loss of volume in the final place of solidification. Sometimes they are the origin of formation and propagation of cracks or fissures. When the piece is of a determined thickness, this type of cavity can occur in the inside of the metal mass when a part of the material remains molten or doughy, restricted by an already solidified environment. They are also called contractions or micro-contractions depending on their size.

Corrosion due to cavities

Sometimes, owing to the predetermined characteristics of the metal material and the means by which the piece was surrounded, the corrosion appears as cavities which are shown on the image as small dark areas of random distribution, well defined due to irregular outlines.

Corrosion of surface

When the process of degradation of the surface is not uniform and more or less pronounced, the radiograph will determine the defect with slight variations in the contrast, corresponding to the different wall thicknesses. This type of image must not be confused with the one that is produced due to differences in thickness created during forming.

Defect of layer

Solidification of one material over another previously solidified one. It shows up as a broad area with lack of fusion of outlines that are not well defined when observed perpendicularly, or by a fine dark line appearing on the cross section.

Edge of break

Located on the end of a piece or at the edge of a crack, with intergranular or intragranular propagation. It is distinguished by its broken propagation —following the edges of grain— or linear —through the grain.

Excess thickness

In the welded joints and in the repair of some defects from the use of fill material, on the visible surface excess thickness was not usually eliminated until the join area was made imperceptible, so that usually there remained a slight excess thickness. On sculptures; hollows of considerable size, forged by parts, the join is usually made by deposit from the inside of a joining bead poured from the molten metal of an identical alloy to that of the matrix. In the inside, logically, the excess is not eliminated which is high-

lighted in radiography as a sizable and irregular bead next to which there are multiple adhesive splashes.

Fissures

Bidimensional discontinuity produced by breakage of the material. Microfissures are those of very small size, often difficult to detect radiographically. Those known as cracks, when they are of considerable size, in many cases open to the outside, even coming to divide the metal in all its thickness and at varying length. Solidification occurs in the metal—due to accumulation of tension— or in metal in a liquid or doughy state—due to contraction. In radiography they show up as very well defined lines, with more or less irregular tracks.

Forge lines

During the shaping through hot hammering of specified pieces, mainly on irons whose steel has been obtained by reduction, some alignments or folds occur in the direction of draw of the metal mass whose cross sectional image shows a banded formation, between the limits of which there usually appears aligned slag inclusions.

Forming (Image of)

Method by which an object or piece has been made which shows itself on the radiograph: solid, hollow, by rolling of bars or wires etc. Also refers to the process of obtaining or finishing.

Inclusions

Materials, usually not metal, which remain occluded in the matrix. In radiology they are observed as areas of different radiographic density than the environment, with restrictions on the irregular routes with well defined edges.

Join welded by deposit of molten material (Image of)

Procedure of joining by parts of a same piece, normally used on copper-based sculptures of consider-

able size. It was carried out by facing and heating of the areas to be joined, into which was poured a similar molten metal bead; Subsequently, on the outer side the excess was reduced, attempting to leave it flush with the base material. Excess thicknesses occur and also lack of penetration can be inserted, porosity and abundant drops stuck to the inside.

Join welded by forging –or hot hammering- (Image of)

Common joining procedure of iron pieces, using heating and hammering until fusion of the contact surfaces. In radiography it shows up as different density in the immediate areas, usually owing to the fact that there are slight differences in thickness and to the modification of the microstructure undertaken during the process which shows up as different absorption to the radiation. Sometimes not all the surface to be joined was welded, observing the discontinuity as a lack of fusion.

Joining by soldering –welder- (Radiographic aspect of the)

With this procedure, the parts are joined using a molten metal that has a much lower fusion point than that of the parts to be joined. In radiography, it shows up, almost always, as excessive thicknesses, lack of fusion and lack of penetration.

Lack of fusion

Between pieces to be joined by welding, constraining areas of both pieces on which the energy contribution has not been sufficient to melt them, with a discontinuity between both. It can happen as much in welding by forge as by deposit of molten metal, as well as in welders. It is shown radiographically as stains of larger density on those which are easily made out on the outlines of the areas for joining.

Lack of penetration

Occurs between parts to be joined by butt welding using welding with deposit of molten material. The

lack of sufficient power supply between the pieces to be joined and/or a molten solution at an insufficient temperature, will cause this material not to completely melt the edges of both parts on the part opposite the pouring, so that the area facing one or both parts that did not reach the point of fusion, will show up clearly on the radiograph.

Large drops

Irregular adhesions which remain stuck or welded involuntarily to the metal surface. They are normally found in hollow objects and, more commonly, in welding processes owing to the splashing of the molten solution by joining or by breaking away internally. They show up on the image as stains with irregular outlines from a much higher absorption than its environment. They are also known as splashes.

Mould mark

Space left on the upper part of a casting mould, in the area of pouring, so that when this metal solidifies in its final place, the final defects will remain on it, such as contraction cracks, etc., which will be eliminated on removing this metal, known as the stub end.

Nails

In certain casting procedures, the inner and outer moulds are separated by nails. Depending on the type of material from which they are made, they are smelted or remain occluded in the overturned material and afterwards, more or less disguised following the work on the outer surface. They are manifested in the image in different ways, depending on whether or not their hollow has remained or if they have remained disguised or hidden.

Refill

In the moulding of parts of predetermined volume, sometimes on the surface there would be gaps which would fill up, heating the base material and pouring out in the area to fill with forged metal, whose excess was subsequently eliminated. In radi-

ography, the edges of the filled area can usually be well determined due to slight lack of fusion between both materials. The fill usually shows itself, also, through a small difference in radiographic density, given that elimination of the surplus material is not perfect and a slight excess thickness can remain.

Sand, sulphur inclusions etc.

In copper based materials obtained by moulding, sometimes there will be small masses of sand occluded, which come from dragging the mould, or inclusions of sulphur that were not eliminated during roasting prior to the cupriferous mineral nor were smelted as their fusion point was much higher than that of the molten metal casting. In the majority of cases the pyritic inclusions are usually of microscopic size and, therefore, undetectable radiographically.

Secretions

Solidification of a non-miscible material, mainly within grain limits. The most current example on historical materials occurs in copper-tin-lead ternary alloys. The latter, not miscible in the copper-tin alloy, remains segregated and, due to its heightened absorption of radiation when it has slightly higher quantities, shows up on the radiographs with a low radiographic density. If the percentage value of the lead is very high, it can be the case that one part of the object obtained consists almost solely of lead.

Slag inclusions

In ferrous objects worked mechanically —usually by forging— whose material has been obtained by reducing (not by fusion), shown in longitudinal section are the slag alignments of dark tonalities between the folds produced during beating. It is a very common trait on steel obtained before the existence of furnaces.

Solid lines

Sometimes in objects formed by wire, rods, bars, etc. rolled helically, the ends were filled in a single

stroke using re-melting. If the process has not been correct due to insufficient power supply, or an inadequate hot shaping, etc., dark longitudinal lines can appear radiographically which are nothing other than partial failures in fusion between the parts to be joined.

Spherical porosity

Gaseous cavities trapped in the inside of the metal mass, the majority of times in a shape tending to be spherical, which can occur isolated, grouped or uniformly distributed. It can occur in moulded objects due to insufficient channelling of discharge gases in the moulds. On the radiograph the pore is shown as a quasi-globular blemish with less radiographic absorption than the surrounding material.

Strias

Defect on the surface finish, which is shown radiographically as parallel lines of different density, more or less pronounced depending on their depth. This must not be confused with the effect that occurs due to surface carvings or cuttings/incisions for decorative reasons.

Stub end (Defects in)

From an advanced Bronze, it was common to find a mould mark on the bivalve moulds, in the fill area of the molten metal, whether siliceous or of metal, which had the purpose of producing a stub end in which defects from the last solidification would collect. On this stub end, shrinking contractions would mainly be produced which would sometimes cut fis-

tures or microfissures of radial development. Although this mould mark was eliminated on completion of the piece, it was not difficult to find some objects which still preserve it, as in the case of hidden sets of lugged axes and rings of Final Bronze.

Surface irregularities

It is usual, in certain objects and ancient laminated pieces, that the thickness of the walls is not uniform. This translates on the image as faint differences in radiographic density linked with the areas of greater or lesser thickness. It must not be confused with the image showing the effect of more or less uniform surface corrosion.

Tessera (Image of)

In the ancient statues of large size it was common that on the visible surface some defects appeared such as open pores, adhesions, contractions, etc. which were eliminated by filing the metal of this area and the immediate surrounds. The hollow was filled using a tessera —oval or polygonal in shape— glued to the metal base and the surface worked, attempting to make it as unnoticeable as possible. The radiography normally shows the outlines of the tesseras as well defined and a slight variation in the radiographic density of the area which it occupies.

Vermicular porosity

Gaseous inclusions of elongated morphology, which can appear isolated or in groups. Also known as tubular porosity.

Chapter 4

Serving as example...

... The works carried out in the IPCE

Offered below, is an incomplete list of metal objects with historical value, studied radiographically at the IPCE, so that the reader will have an idea, if not an approximate one, of the type of pieces that are analysed in this laboratory with these materials.

Although the information per piece is much more plentiful in the archive documentation, in this case the information from the RECORD, TITLE, SUPPORT and ORIGIN fields is considered sufficient.

However much can be deduced by the reader from this list, the difficulty which radiographic study of these pieces brings is notable when we take into account the different types of material, the shape and the development technique.

Taking all this into consideration brings us to a conclusion on the important advances that radiographic treatment of these pieces has achieved at the IPCE.

On the other hand, in order to interpret the radiographic results on each one of them, it is necessary to know about the technological advance and the metal materials during each prehistoric and historic cultural period, the metallurgical techniques of each one of these times and the specific forming of each one of the objects.

As is obvious to deduce, the results obtained of the application of the technical procedure for obtaining the image and of interpreting the results will greatly facilitate the subsequent involvement both of the restorer and the conserver.

RG_Único	Title	Support	Origin
A-2.661-1	Possible ring and amulet	Copper based material, semi-precious stone, wood	Barco fenicio-Mazarrón. Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
A-2.661-2	Possible ring and amulet	Copper based material and semi-precious stone	Barco fenicio-Mazarrón. Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
A-2.661-3	Possible ring and amulet	Mineral concretion of iron	Barco fenicio-Mazarrón. Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
A-2.661-4	Possible ring and amulet	Copper based material	Museo de Mérida. Badajoz
A-2.885	Priest or magistrate	Copper based material	Museo de Mérida. Badajoz
A-2.887	Male magistrate figure	Copper based material	Museo de Mérida. Badajoz
A-3.289	Rectangular plate	Iron	Necrópolis de Ucero. Museo Numantino. Soria
A-3.290	Overlay	Iron and silver	Necrópolis de Ucero. Museo Numantino. Soria
A-3.571	Handle of iron shield with rivet	Iron	Site of Cástulo. Museo Arqueológico de Linares. Jaén
A-3.576	Antennae sword	Damascene in silver	Site of Cástulo. Museo Arqueológico de Linares. Jaén
A-3.579	Fragment of arrow "point of tip"	Iron	Site of Cástulo. Museo Arqueológico de Linares. Jaén
A-3.586	Decorated sword case	Iron	Site of Cástulo. Museo Arqueológico de Linares. Jaén
A-3.588	Conglomerate with passive element. Belt clasp	Copper, nielloed in silver	Site of Cástulo. Museo Arqueológico de Linares. Jaén
A-3.589	Conglomerate with active element. Belt clasp	Copper, nielloed in silver	Site of Cástulo. Museo Arqueológico de Linares. Jaén
A-3.750	Ring brooch	Copper based material	Museo de Burgos
A-3.751	Turret brooch	Copper based material	Villanueva de Teba T-35 K-17. Museo de Burgos
A-3.752	Brooch cover	Copper based material	Museo de Burgos
A-3.753	Tower brooch	Copper based material	Villanueva de Teba T-26 K-17. Museo de Burgos
A-3.754	Stretched bridge brooch	Copper based material	Museo de Burgos
A-3.755	Ring brooch	Copper based material	Villanueva de Teba T-23 K-17. Museo de Burgos
A-3.756	Brooch de puente acampanada	Metal	Museo de Burgos
A-3.757	Ring brooch	Copper based material	Museo de Burgos
A-3.758	Arch brooch in bell-shape (Casing brooch)	Copper based material	Villanueva de Teba T-28 K-17. Museo de Burgos
A-3.759	Ring brooch	Copper based material	Villanueva de Teba T-29 K-17. Museo de Burgos
A-3.760	Ring brooch	Copper based material	Villanueva de Teba T-20 K-17. Museo de Burgos
A-3.761	Ring brooch	Copper based material	Villanueva de Teba T-29 K-17. Museo de Burgos
A-3.762	Tower brooch	Copper based material	Villanueva de Teba T-31 K-17. Museo de Burgos
A-3.763	Tower brooch	Copper based material	Villanueva de Teba T-31 K-17. Museo de Burgos
A-3.782	Rattle	Copper based material	Museo de América. Madrid
A-4.073	Figure of Hermes	Copper and lead based material	Museo Municipal de Cartagena
A-4.299	Shield from Indochina	Metal	Museo Naval. Madrid
A-4.269	Aquiliform brooch	Copper based material	Castillo de Bayuela. Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.270	Aquiliform brooch	Copper based material	Castillo de Bayuela. Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.271	Belt clasp	Copper based material	Castillo de Bayuela. Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.272	Small clasp	Copper based material	Vegas de Puebla Nueva. Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.273	Clasp	Copper based material	La Horca (Pantoja). Museo de Santa Cruz. Toledo

RG_Único	Title	Support	Origin
A-4.274	Clasp	Copper based material	Carpio de Tajo (Sepultura 140). Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.275	Clasp	Copper based material	Carpio de Tajo (Sepultura 258). Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.276	Brooch	Copper based material	Carpio de Tajo (Sepultura 258). Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.277	Brooch	Copper based material	Carpio de Tajo(Sepultura B). Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.278	Brooch	Copper based material	Carpio de Tajo(Sepultura B). Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.279	Brooch	Copper based material	Carpio de Tajo (Sepultura 194). Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.280	Brooch	Copper based material	Carpio de Tajo (Sepultura 194). Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.281	Brooch hooks (2)	Copper based material	Carpio de Tajo(Sepultura B). Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.282	Belt clasp	Copper based material	Carpio de Tajo (Sepultura A). Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.283	Clasps (2)	Copper based material	Carpio de Tajo. Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.321	Riveted dagger	Copper based material	Cerro del Bú. Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.339	Tongs	Copper based material	Paredes de Nava. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
A-4.340	Double ended pin	Copper based material	Paredes de Nava. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
A-4.375	Carro triunfal	Coral, metal (cooper and gilded silver), wood, cork	Hospital de los Venerables Sacerdotes. Sevilla
A-4.376	San José con el niño	Metal, sealing-wax, coloured dough, coral	Hospital de los Venerables Sacerdotes. Sevilla
A-4.518	Ángel. Reja de San Juan de la Penitencia	Iron	Museo de Santa Cruz. Toledo
A-4.570	Apolo de Pinedo and fragment (head and foot)	Copper based material	Museo de Prehistoria de Valencia
A-4.656	Helmet	Copper based material	
A-4.667	Rectangular plate with semicircular groove (overlay)	Copper based material	Yacimiento de las Morerías. Mérida
A-4.668	Plate with decoration of plant themes	Copper based material	Yacimiento de las Morerías. Mérida
A-4.669	Rectangular plate with open-work decoration	Copper based material	Yacimiento de las Morerías. Mérida
A-4.747	Cristo Majestad	Copper based material gilded	Convento de Santa Juana. Cubas de la Sagra
A-4.748	Medal and rosary	Metal	Convento de Santa Juana. Cubas de la Sagra
A-4.759	Amulet and plate	Silver	Real Academia de la Historia. Madrid
A-4.760	Amulet	Gold	Real Academia de la Historia. Madrid
A-4.778	Helmet fragment	Copper based material (98% copper)	Museo Arqueológico Nacional. Madrid
A-4.784	Corinthian helmet	Copper based material	Real Academia de la Historia. Madrid
A-4.788	Actor	Copper based material	Excavación Calle Roque Chabas. Ayuntamiento de Valencia
A-4.879	Disc of Teodosio (Missorium)	Silver	Real Academia de la Historia. Madrid

RG_Único	Title	Support	Origin
A-4.894	Hercules	Copper based material	Real Academia de la Historia. Madrid
A-4.895	Sculpture fragment (leg)	Copper based material gilded	Excavaciones Talavera de la Reina. Museo de Santa Cruz. Toledo
D-2.605	Tizona	Steel and wood	Museo del Ejército. Madrid
D-2634	Visigothic plate. Possible Belt clasp	Copper based material	Museo Arqueológico Nacional. Madrid
D-2.664-1	Unidentified archaeological object	Metal	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-10	Unidentified archaeological object	Metal	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-11	Unidentified archaeological object	Metal	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-2	Spur	Metal	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-3	Ring	Metal	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-4	Dagger or dagger sheath	Metal	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-5	Unidentified archaeological object	Metal	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-6	Unidentified archaeological object	Metal	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-7	Unidentified archaeological object	Metal	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-8	Unidentified archaeological object	Metal	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.664-9	Unidentified archaeological object	Metal	Museo Nacional de Arqueología Subacuática. ARQUA. Cartagena
D-2.674	Egyptian deity with head of lion	Copper based material	Museo Arqueológico Nacional. Madrid
D-2.697	Forged dagger	Iron nielloed in silver	Museo de Ibiza
D-2.706	Archaeological samples (Cata-pulta de la Caridad)	Metal	Caminreal. Museo de Teruel
O-151	Sword with Boabdil sheath	Iron, gilded silver and skin	Museo del Ejército. Madrid
O-152	Sword with Boabdil sheath	Iron, gilded silver and skin	Museo del Ejército. Madrid
O-153	Portapaz (Virgen con niño)	Copper, ivory, wood	Museo Catedralicio. Gerona
O-154	Processional mostrance	Gilded silver and wood	Catedral Santo Domingo
O-156	Mostrance. Figura de la Fe	Metal	Catedral de la Almudena. Arzobispado. Madrid
O-294	Chalice	Gilded silver	Monasterio de Santo Domingo de Silos. Burgos
O-295	Ministerial paten	Metal	Monasterio de Santo Domingo de Silos. Burgos
O-329	Cross	Wood, silver and copper based material gilded	Cofradía de Nuestro Padre Jesús Nazareno. Puente Genil. Córdoba
O-330	Cross plate	Silver	Hermanidad del Santísimo Cristo de la Salud y de las Aguas de Antequera. Málaga
O-331	Espada de Aliatar (sword of Aliatar)	Steel, iron, gold leaf and ivory	Museo del Ejército. Madrid
O-341	Walking stick	Glider copper and enamels	Monasterio de las Benedictinas de San Plácido
O-385	Custody, three-tiered seat	Metal	Alcalá de Henares. Madrid

RG_Único	Title	Support	Origin
S/N	Disc shaped hanger with central figure inset	Copper	Museo de América. Madrid
S/N	Ball	Copper based material	Museo de América. Madrid
S/N	Sword from Aguaviva	Iron	Museo Mas de las Matas. Teruel
S/N	Femenine figure	Copper based material	Zamora
S/N	Small treasure	Metal	
S/N	Acetre (plate)	Copper based material	Yacimiento Cerro de Alarcos. Ciudad Real
S/N	Punch	Iron	Necrópolis de Numancia
S/N	Flange	Metal	La Lloseta. Museo Arqueológico
S/N	Solid sword handle	Bronze	La Lloseta. Museo Arqueológico
S/N	Rod Pectoral	Copper based material	La Lloseta. Museo Arqueológico
S/N	Pin with spherical head	Metal	Santa Maria de Camí
S/N	Machete with solid handle	Copper based material	Les Salines. Museo Arqueológico. Mallorca
S/N	Inca small figure	Silver	Museo de América. Madrid
S/N	Fragments of Thymiaterion	Copper based material	Calaceite. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
S/N	Knife	Copper based material	Museo de Ibiza
S/N	Carp-tongue sword	Copper based material	Salto de San Esteban. Río Sil
S/N	Tubular fragment	Metal	Cartagena
S/N	Dagger without handle	Metal	Yacimiento de Cástulo. Museo Arqueológico de Linares. Jaén
S/N	Fragments of the sheath of a sword	Iron	Necrópolis de Cigarralejo. Mula (Murcia). Museo de América. Madrid
S/N	Fragment of soliferrum	Iron	Necrópolis de Cigarralejo. Mula (Murcia). Museo de América. Madrid
S/N	Fragment of lance point	Iron	Necrópolis de Cigarralejo. Mula (Murcia). Museo de América. Madrid
S/N	Fragment of falcata	Iron	Necrópolis de Cigarralejo. Mula (Murcia). Museo de América. Madrid
S/N	Fragment of point of ferrule (2)	Metal	Necrópolis de Cigarralejo. Tumba 2. Mula (Murcia). Museo de América. Madrid
S/N	Piece	Cobre arsenial	Museo de América. Madrid
S/N	Hollow figure	Silver	Museo de América. Madrid
S/N	Falcata	Iron	Necrópolis Ibérica del Cigarralejo. Mula (Murcia). Museo de América. Madrid
S/N	Sword	Copper based material	Pica de Huelva (Huelva). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
S/N	Bezel	Silver	Museo Arqueológico
S/N	Piece	Copper based material	Museo de América. Madrid
S/N	Disc	Copper based material	Museo de América. Madrid
S/N	Fragments of pieces	Copper based material	Museo de América. Madrid
S/N	Fragments (2)	Copper based material	Museo de América. Madrid
S/N	Piece	Copper	Museo de América. Madrid
S/N	Dagger	Iron	Zamora
S/N	Soliferrum	Iron	
S/N	Pick	Iron	
S/N	Knife	Iron and bone	Museo de Huelva
S/N	Punch iron	Iron	

RG_Único	Title	Support	Origin
S/N	Knife sheathed	Iron	
S/N	Broken nail	Iron	
S/N	Long nail	Iron	
S/N	Sickle	Iron	
S/N	Various	Iron	
1.251	Pistol	Iron and wood	Museo de Artes Decorativas. Molina de Aragón. Guadalajara
20.063	Figure	Copper based material	Yacimiento de las Morerías. Mérida
20.069	Disc	Iron	Museo de Navarra
20.323	Processional cross	Silver	Iglesia de San Martín. Helechosa de los Montes
20.357	Dagger	Iron	Necrópolis de Numancia (Soria). Campaña 1989/90. Universidad Autónoma de Madrid
20.358	Dagger	Iron	Necrópolis de Numancia (Soria). Campaña 1989/90. Universidad Autónoma de Madrid
20.359	Arrow head	Iron	Necrópolis de Numancia (Soria). Campaña 1989/90. Universidad Autónoma de Madrid
20.360	Arrow head	Iron	Necrópolis de Numancia (Soria). Campaña 1989/90. Universidad Autónoma de Madrid
20.361	Arrow or lance head	Iron	Necrópolis de Numancia (Soria). Campaña 1989/90. Universidad Autónoma de Madrid
20.362	Fragments of leaf	Iron	Necrópolis de Numancia (Soria). Campaña 1989/90. Universidad Autónoma de Madrid
20.462	Ring	Copper based material	Yacimiento Jebel Mutawwag. Jordania
20.582	Charlemagne chess (relic)	Silver and enamel	Museo de la Colegiata de Roncesvalles. Navarra
20.590	Mostrance	Copper based gilded material, coral and enamel	Museo Diocesano y Catedralicio. Valladolid
20.600	Ángel	Copper based material gilded in fire	Capilla del Santísimo Cristo. Parroquia de San Ginés. Madrid
20.773	Metal jug	Silver	Museo Arqueológico Municipal de Villena. Alicante
20.798	Processional cross	Copper based material, iron, wood	Iglesia Parroquial. Uncastillo (Zaragoza)
20.861	Mostrance	Silver	Museo de Santa Cruz. Toledo
20.871	Plaque	Copper	Yacimiento de Botorrita. Zaragoza
20.892	Processional cross	Silver, gilded silver, wood	Museo Arqueológico Nacional. Madrid
20.912	Small chest of relics	Wood, skin and metal	Iglesia de San Miguel Arcángel. Tzacorte. Isla de La Palma
20.915	Falcata A	Iron	Necrópolis de Pozo Moro (Albacete). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
20.915	Falcata B	Iron	Necrópolis de Pozo Moro (Albacete). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
20.919	Plates (2)	Copper based material	Yacimiento de los Vascos (Talavera). Museo de Santa Cruz. Toledo
20.963	Processional cross latin	Silver and wood	Parroquia de Santa Cristina
21.077	Figurehead	Copper based material	Museo de Zamora
21.078	Figurehead	Copper based material	Museo de Zamora

RG_Único	Title	Support	Origin
21.079	ProceSSIONAL cross	Silver	Cofradía de las Playas. Sepúlveda (Escuela de Restauración)
21.094	Alterpiece passion	Enamels on metal	Real Colegiata de Roncesvalles. Navarra
21.096	Belt clasp	Iron and silver	Museo Arqueológico Nacional. Madrid
21.103	Salamander Pendant	Gold, enamels, emeralds and rubies	Instituto Valencia de Don Juan. Madrid
21.112	Diptych devotional	Enamel over silver	Instituto Valencia de Don Juan. Madrid
21.113	Hercules	Copper based material	Museo Arqueológico Nacional. Madrid
21.156	ProceSSIONAL cross	Silver and rock crystal	Medina de Rioseco. Valladolid
21.171	Tartessian jug	Copper based material	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
21.300	Armour of the Datto de Illigan and its assembly of weapons: kampilan and sheath	Metal and wood	Museo del Ejército. Madrid
21.303	Edict of Augusto	Copper based material	Bembibre. Museo de León
21.307	Small treasures from La Garrucha and Loja	Probably silver and gold alloy the small ones and silver of the bracelets	Instituto Valencia de Don Juan. Madrid
21.343	Tongs	Iron	Museo Arqueológico Nacional. Madrid
21.537	Armour (neck)	Fabric and metal	Museo del Ejército. Madrid
21.593	Figure of Isis Lactante	Metal	Museo Arqueológico Nacional. Madrid
21.604	Small figure of Ureus	Metal	Museo Arqueológico Nacional. Madrid
21.633	Metal fragments (threads)	Iron and copper	Necrópolis de Castiltierra (Segovia). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
21.647	Belt clasp	Metal	Necrópolis de Castiltierra . Museo Arqueológico Nacional. Madrid
21.648/52	Different parts	Metal probably iron	Necrópolis de Castiltierra . Museo Arqueológico Nacional. Madrid
21.651	Belt clasp	Metal	Necrópolis de Castiltierra . Museo Arqueológico Nacional. Madrid
21.693	Sword of the Second Earl of Tendilla, D. Iñigo López de Mendoza	Silver	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
21.739	Fragment of andiron	Iron	Museo Regional de Prehistoria y Arqueología. Alcalá de Henares. Madrid
21.742	Andiron	Iron	Museo Regional de Prehistoria y Arqueología Alcalá de Henares. Madrid
21.745	Sculpture from the Bishop Don Mauricio	Wood, gilded copper enamelled and precious stones	Catedral de Burgos
21.766	Sword Fernando III	Iron sheet and handle of silver, carnelian and rock crystal	Catedral de Santa María. Sevilla
21.852	Censer	Metal and enamel	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
21.853	Walking stick	Metal and enamel	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
21.874	Sculpture that represents the Doryphoros, by Polykleitos	Copper based material	Granada
22.025	Ornamental tip of torques	Gold	Cangas de Onís (Asturias). Museo Arqueológico Nacional
22.025	Torques	Gold	Lugo. Museo Arqueológico Nacional. Madrid

RG_Único	Title	Support	Origin
22.025	Torques funicular	Silver	Mogón (Jaén). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Torques solid	Silver	Mogón (Jaén). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Torques hearts	Gold	Santa María de Oís. (La Coruña). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Torques with rattle	Gold	Cangas de Onís (Asturias). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Fragment of torques rod	Gold	Cangas de Onís (Asturias). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Torques with rattle	Gold	Ribadeo (Lugo). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Torques with nails/closings	Silver	Cerro de la Miranda (Palencia). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Torques formed by four threads	Silver and copper	Cerro de la Miranda (Palencia). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Torques decorated with horse heads	Silver	Cerro de la Miranda (Palencia). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Torques open circular	Silver	Cerro de la Miranda (Palencia). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.025	Torques with stitches	Gold	La Madorra (Pontevedra). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.363	Batch of plates of Twelve Caesars	Copper and enamel	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
22.365	Reliquary	Copper based material and glass	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
22.374	Crown de la Virgen de los Desamparados	Gilded silver	Museo de Santa Cruz. Toledo
22.394	Hand of equestrian sculpture	Copper based material	Yacimiento de Valeria (Cuenca). Departamento de Prehistoria y Arqueología (UAM)
22.395	Cowbell	Iron and copper based material	Yacimiento de El Saucedo (Toledo). Departamento de Prehistoria y Arqueología (UAM)
22.396	Sickle	Iron	Yacimiento de El Saucedo (Toledo). Departamento de Prehistoria y Arqueología (UAM)
22.397	Indeterminate object	Iron	Yacimiento de El Saucedo (Toledo). Departamento de Prehistoria y Arqueología (UAM)
22.398	Andiron	Iron	Sigüenza (Guadalajara). Departamento de Prehistoria y Arqueología (UAM)
22.399	Sickle	Iron	Calatrava la Vieja (Ciudad Real). Departamento de Prehistoria y Arqueología (UAM)
22.400	Long sickle	Iron	Calatrava la Vieja (Ciudad Real). Departamento de Prehistoria y Arqueología (UAM)
22.401	Cross and fragment	Copper based material	Calatrava la Vieja (Ciudad Real). Departamento de Prehistoria y Arqueología (UAM)
22.405	Looped palstave	Copper based material	Cangas de Onís. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.406	Palstave with double loops	Copper based material	Diezma. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.407	Palstave with double broken loops	Copper based material	Redondela. Museo Arqueológico Nacional. Madrid

RG_Único	Title	Support	Origin
22.408	Palstave with double broken loops	Copper based material	Granada. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.409	Palstave with double broken loops	Copper based material	Pruneda (Asturias). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.410	Palstave with double loops	Copper based material	Monforte de Lemos. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.411	Palstave with loops	Copper based material	Reinosa. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.412	Palstave with double loops	Copper based material	Coruña del Conde. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.413	Palstave with loops	Copper based material	Meco. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.414	Palstave with double loops	Copper based material	Vara. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.415	Palstave with double loops	Copper based material	Vara. Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.416	Mould for lugged axe	Copper based material	Linares de Riofrío (Salamanca). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.437	Ferrule cast for sword	Silver and gold	Necrópolis de Castiltierra (Segovia). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.437	Belt clasp 1	Copper based material	Necrópolis de Castiltierra (Segovia). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.437	Belt clasp 2	Copper based material	Necrópolis de Castiltierra (Segovia). Museo Arqueológico Nacional. Madrid
22.442	Coin	Copper based material	Yacimiento de Atayuelas
22.456	Fragment of radio iberian wheel	Iron	Lezuza (Libisosa). Albacete
22.546	Corset	Metal, silk, linen	Museo del Traje. CIPE. Madrid
22.547	Corset	Silk, linen, celluloid, metals	Museo del Traje. CIPE. Madrid
22.548	Corset	Silk, lace, skin, cotton, celluloid, metal	Museo del Traje. CIPE. Madrid
22.549	Corset	Celluloid, metal, cotton, silk, rubber	Museo del Traje. CIPE. Madrid
22.550	Corset	Silk, cotton, nacar, metal	Museo del Traje. CIPE. Madrid
22.558	Processional cross	Silver, rock crystal and enamel	Iglesia Parroquial de Mallén. Zaragoza
22.650-53	Four lance tips/points	Copper based material	Museo Arqueológico José María Soler de Villena. Alicante
22.662	Pendant and bead	Metal and quartz	Yacimiento Tell Halula. Siria
22.731	Jewell	Metal	Atienza. Guadalajara
22.813	Small chest San Eugenio	Silver, wood and rock crystal	Catedral de Toledo
22.813	Small chest San Eugenio	Metal (parts metal: nails)	Catedral de Toledo
22.817	Processional cross	Wood, silver and gilded silver	Obispado de Tarazona
22.897/1-13	Riding tackle	Enamel over metal	Instituto Valencia de Don Juan. Madrid
22.897/31	Votive dagger	Copper based material	Instituto Valencia de Don Juan. Madrid
22.897/32	Liturgical vessel	Copper based material	Instituto Valencia de Don Juan. Madrid
22.897/35	Helmet. Mehmmet II	Metal	Instituto Valencia de Don Juan. Madrid
22.907	Glass	Silver	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba
22.909	Brooch	Silver	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba
22.910	Brooch	Silver	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba
22.911	Brooch	Silver	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba
22.913	Brooch	Silver	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba

RG_Único	Title	Support	Origin
22.914	Glass	Silver	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba
22.915	Beads of necklace and bracelet	Metal	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba
22.916	Beads of necklace and gold clasp	Metal	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba
22.917	Arm of sculpture	Copper based material	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba
22.918	Head of Ephebe	Copper based material	Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba
23.049	Juble of irons with different stuck pieces	Iron	Museo de los Concilios y la Cultura Visigoda. Toledo
23.072/1	Plate	Enamel on metal	Museo de Santa Cruz. Toledo
23.072/2	Plate	Enamel on metal	Museo de Santa Cruz. Toledo
23.074	Sword of Daganzo	Iron	Museo de San Isidro. Madrid
23.106/35	Sculpture of Baco the adolescent	Metal from Roman age	Museo Arqueológico de Córdoba
23.139	Helmet of Zama	Copper based material	Museo de Albacete
23.140	Sword	Iron	Yacimiento de El Tesorico (Hellín). Museo de Albacete
23.152	Brooches ring (22)	Metal	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
23.152	Ex-voti (48)	Copper based material	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
23.152	Brooches of different types (10)	Metal	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
23.152	Archaeological pieces (8)	Metal	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
23.152	Clasps of belt (2)	Metal	Museo Lázaro Galdiano. Madrid
23.170	Medical chest with compartments	Copper based material	Necrópolis oriental de Mérida. Badajoz
23.172	Virgin of the Tesoro	Silver, silver gilded and polychrome	Catedral de Toledo
23.226	Cruz florenzada	Metal, wood and vitreous dough	Abadía cisterciense Santa María de la Oliva. Cascastillo. Navarra
23.418	Reliquary of Santa Lucía	Silver	Catedral de Toledo
23.549	Custodia de los Corporales	Gilded silver, enamels and wood	Pedro Moragues, 1348. Iglesia Colegial. Daroca. Zaragoza
23.551	Warrior's helmet	Copper based material	Yacimiento arqueológico «Los Canónigos». Arcas del Villar. Cuenca

Bibliography

- ANTELO, T. and GABALDÓN, A. “Estudio radiográfico de la pieza”, in OLCINA, M. (ed.), *El báculo y la espada. Sobre un fragmento de escultura monumental romana de bronce de Lucentum*, Alicante, 2007.
- ANTELO, T., A. GABALDÓN, A., MARTÍN-COSTEA, A. and LÓPEZ, V. “Estudio radiográfico de una escultura de aleación base cobre que representa al Doríforo, de Policeto”, in *10.º Congreso Nacional de Ensayos No Destructivos*, Cartagena, 18-20 June de 2003, pp. 103-109.
- ANTELO, T., GABALDÓN, A., MARTÍN-COSTEA, A. and VEGA, C. “Aspectos constructivos de algunos torques españoles determinados mediante análisis radiográfico”, in PUCHE, O. and AYARZAGÜENA, M. (eds.), *Minería y Metalurgia Históricas en el Sudoeste Europeo* (Proceedings of the 2nd Congreso), Madrid, 2005, pp. 155-161.
- ANTELO, T., GABALDÓN, A., MARTÍN-COSTEA, A. and VEGA, C. “El procedimiento radiográfico como técnica de estudio de los metales históricos”, *2.º Congresso latinoamericano de restauração de metais*, MAST, Río de Janeiro, 2005.
- ANTELO, T., GABALDÓN, A. and VEGA, C. “La información obtenida por métodos radiográficos en el estudio de metales”, in *Patrimonio metálico, tecnología y conservación*, Universidad de Alcalá de Henares, 2006.
- ANTELO, T., GABALDÓN, A. and VEGA, C. “Proyecto VARIM (Visión Artificial aplicada a la Refleografía de Infrarrojos) y sus aplicaciones”, *Tecnología y Calidad*, núm. 50, Oporto, 2004.
- ANTELO, T., GABALDÓN, A. and YRAVEDRA, M. “Estudio radiográfico” in VV.AA., *Goya en la Fundación Lázaro Galdiano* (various authors), Madrid, 1999.
- AÑÓN SERRANO, A. and MARTÍN-COSTEA, A. “Sobre la restitución de varios elementos perdidos en la fachada de la Iglesia Parroquial de Mas de las Matas (Teruel)”, *Mas Matas* (X), 1990, pp. 161-180.
- BELTRÁN, F. et alii. *El tercer bronce Botorrita (Contrebia Belaisca)*, Zaragoza, 1996.
- CABRERA ORTÍ, M. A. *Los métodos de análisis físico-químicos y la historia del arte*, Granada, 1994.
- CHAMÓN, J., BARRIO, J., ARROYO, M., PARDO, A. I., ÁVILA, A. L., GABALDÓN, A., ANTELO, T. and BUESO, M. “Inspección radiográfica de objetos dorados medievales de procedencia arqueológica”, *Boletín de la Asociación Española de Ensayos no Destructivos*, núm. 42, Madrid, 2007.

- CILIBERTO, E. and SPOTO, G. *Modern Analytical Methods in Art and Archaeology*, New York, 2000.
- CLARK, G. L. *Applied X-Rays*, New York, 1955.
- CREAGH, D. C. and BRADLEY, D. A. *Radiation in Art and Archeometry*, Amsterdam, 2000.
- FERRETTI, M. *Scientific investigations of works of art*, Rome, 1993.
- GABALDÓN, A. “Líneas de investigación en el Departamento de Estudios Físicos del IPHE en 2006”, in *Arbor. Ciencia, pensamiento, cultura*, vol. CLXXXII, núm. 717, Madrid, 2006.
- GABALDÓN, A. “Técnicas de análisis físico: radiografía y reflectografía de infrarrojos. Aplicaciones al estudio de los bienes culturales”, in *Arbor. Ciencia, pensamiento y cultura*, Madrid, 1999.
- GABALDÓN, A., ANTELO, T., VEGA, C. and BUESO, M. “Un espacio para lo invisible”, *Ciencia y Arte*, Madrid, 2008.
- GILARDINI, A. *et alii. I raggi X nell'arte*, Como, 1977.
- GÓMEZ GONZÁLEZ, M. L. *Examen científico aplicado a la conservación de obras de arte*, Madrid, 1994.
- 142 GONZÁLEZ RAFAEL, C. *Digital image processing*, Addison-Wesley Publishing company Inc, 1987.
- LANG, J. and MIDDLETON, A. *Radiography of Cultural Material*, London, 1997.
- LÓPEZ, V., OTERO, E., MARTÍN-COSTEA, A. and GABALDÓN, A. “Estudio metalúrgico de un casco griego”, *2.º Congreso latinoamericano de restauração de metais*, MAST, Rio de Janeiro, 2005.
- MARTÍN-COSTEA, A., MADROÑERO, A. and LÓPEZ, V. Castellares, de Herrera de los Navarros (Zaragoza)”, *Kalathos* (11-12), 1995, pp. 233-266.
- MADROÑERO, A., MARTÍN-COSTEA, A., LÓPEZ, V., GARCÍA, F. and ARLEGUI, M. “Estudio arqueometalúrgico de útiles y restos minerometalúrgicos de hierro del yacimiento celtibérico de “Castilmon-tán” (Somaén, Soria)”, *Bol. Museo de Zaragoza* (11), 1992, pp. 47-88.
- MADROÑERO, A., MARTÍN-COSTEA, A., LÓPEZ, V. and GARCÍA, F. “Arqueometalurgia del poblado ibérico Monte Catma (La Ginebrosa, Teruel)”, *Mas Matas* (13), 1993, pp. 241-293.
- O’CONNOR, S. and BROOKS, M. *X-Radiography of Textiles, Dress and Related Objects*, Amsterdam, 2007.
- RUIZ ZAPATERO, G. and MARTÍN-COSTEA, A. “Las Terraceras I (Mas de las Matas, Teruel): un yacimiento de la Primera Edad del Hierro”, *Kalathos* (2), 1982, pp. 7-32.
- SCOTT, D. *Ancient copper alloys: some metallurgical and technological studies of Greek and Roman Bronzes*, Malibú, 1990.
- TORRES, J., POSSE, A., MENÉNDEZ, J. M., GABALDÓN, A., VEGA, C., ANTELO, T., DEL EGIDO, M. A. and BUESO, M. “VARIM: A Useful System for Acquiring and Composing Images in Paintings Analysis Techniques” (ISSN: 1646-9283), *e_conservation. The online magazine*, núm. 4, April 2008, pp. 27-42.
- TORRES, J., POSSE, A., MENÉNDEZ, J. M., GABALDÓN, A., VEGA, C., ANTELO, T., DEL EGIDO, M. A. and BUESO, M. “VARIM: A Computer Vision System for the Automatic Creation of High Resolution Reflectographic Mosaics”, at the *ELMAR Congress* at press.

