

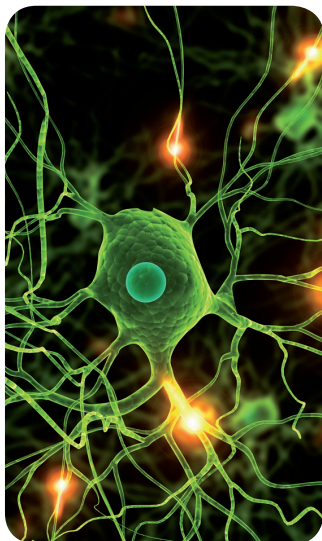
# MÁSTERES de la UAM

Facultad de Filosofía  
y Letras / 15-16

Arqueología  
y Patrimonio



excelencia Campus Internacional  
UAM  
CSIC+



**La Restauración en la  
investigación  
arqueológica:  
Una pieza de bronce  
procedente de  
la necrópolis ibérica  
de El Salobral  
(Albacete)**  
*María Turégano Botija*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

Máster en Arqueología y Patrimonio

Junio 2016

Trabajo de fin de Máster

*La Restauración en la investigación arqueológica:*

*Una pieza de bronce procedente de la necrópolis ibérica  
de El Salobral (Albacete)*

Autora: María Turégano Botija

Tutores: Dr. Joaquín Barrio Martín

Dr. Juan Blánquez Pérez





## **Agradecimientos**

En primer lugar deseo expresar mi agradecimiento a los tutores de este Trabajo de Fin de Máster, Joaquín Barrio Martín, y Juan Blánquez Pérez, por sus enseñanzas, consejos, por el interés mostrado y por el apoyo que me han brindado durante toda esta investigación.

Así mismo, querría dar las gracias al Servicio Interdepartamental de Investigación (SIDI) de la UAM, por los análisis realizados. A mis compañeras M<sup>a</sup> Cruz Medina, Inmaculada Donate y María Mora, del Servicio de Restauración, Conservación y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico (SECYR), por toda la ayuda prestada en este trabajo, especialmente a Cruz, gracias por tu cariño y apoyo diario; y a Inma, por los análisis realizados y tu paciencia infinita, esta investigación tiene una gran parte tuya. De igual manera, me gustaría agradecer a mi compañera de trabajo Ana Isabel Pardo, técnico especialista del Laboratorio Docente, por sus sabios consejos, su paciencia y su apoyo diario. Gracias amigas, sois una parte esencial del equipo interdisciplinar de este estudio.

A mis mejores amigas y compañeras de profesión, Lucía, Alicia e Isabel, gracias por vuestra fuerza, ánimos, consejos y “bailes”. Con vosotras empezó todo.

A mis doctorandos favoritos: Arancha, Gabriel, Filippo y Ángel, gracias por todos esos momentos de desconexión, que espero continúen durante muchos años más.

A mis compañeros de la licenciatura de Historia, del Máster en Patrimonio y Arqueología de la UAM, a mis “telefonistas” y a mis Amigos de Siempre, estéis donde estéis.

Y especialmente a mis padres, por su cariño y apoyo incondicional, y a mi hermano Lope y mis sobrinos Lope y Martín.

Muchas gracias a todos.

# 1. Presentación

## 1.1. Origen y objetivos del trabajo

El presente estudio aspira a ser un ejemplo metodológico de trabajo interdisciplinar dentro de la investigación arqueológica a partir de la restauración y conservación de un arma procedente de un contexto funerario.

La pieza en cuestión venía identificada como “posible casco de bronce”. Fue hallada en la necrópolis ibérica de El Salobral (Albacete) del siglo IV a. C, excavada a mediados de los años 90 del pasado siglo. El arma forma parte de un ajuar funerario de una de las tumbas de la necrópolis, que se cedió para su investigación en el Servicio de Restauración, Conservación y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico (UAM).

La idea de este trabajo de fin de máster surge , por un lado, del interés personal de unir mis dos profesiones, la arqueología y la restauración de los materiales arqueológicos, y por otro lado, de una propuesta previa realizada en 2013 con motivo del proyecto final del curso de Especialización en Patrimonio cultural: Restauración de metales arqueológicos, organizado de manera conjunta entre la Universidad Autónoma de Madrid y la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía “Manuel Castillo Negrete” de México (ENCRyM). Por la fascinación que me suscitó, consideré interesante continuar con su estudio y llevar a la práctica dicha propuesta.

El objetivo principal es demostrar que la restauración es necesaria dentro del campo de la arqueológica. El ICOM define restauración como *todas aquellas acciones aplicadas de manera directa a un bien individual y estable, que tengan como objetivo facilitar su apreciación, comprensión y uso*. Por ello, se quiere remarcar la labor del profesional restaurador como parte integrante de un equipo de investigación arqueológica, pues es quien conoce de primera mano los materiales arqueológicos y cómo actuar sobre las piezas, averiguar datos ocultos por las concreciones y la corrosión mineral y garantizar su conservación futura. Por otro lado, también se pretende recalcar que es posible caracterizar la composición de un objeto a partir de las técnicas instrumentales de análisis no destructivas o microdestructivas. Todo ello nos va a permitir identificar correctamente la pieza, objeto de este estudio.

Otro de mis objetivos era profundizar en los conocimientos del mundo funerario ibérico, el ritual de enterramiento y la panoplia ibérica como elementos del ajuar en las tumbas de los yacimientos arqueológicos de esta cronología conocidos hasta la fecha.

El trabajo consta de una parte teórica y una parte práctica, estructuradas en tres fases distintas. Durante la primera fase se analizan las características principales de la pieza (descripción, medidas, peso, procedencia, técnica de elaboración), se estudia el contexto geográfico y arqueológico y el ritual funerario ibérico. En la segunda fase se lleva a cabo en el laboratorio la parte práctica: por un lado, se da una visión general sobre el metal de base cobre y las causas de deterioro, haciendo hincapié en la corrosión del cobre y la formación de sus productos de alteración; se analiza el estado inicial de conservación de la pieza y se muestran los resultados obtenidos de la aplicación de diferentes técnicas instrumentales de análisis para el estudio físico y químico del objeto. Con la información recopilada y los resultados de ese estudio preliminar, se plantea una propuesta de intervención inicial de acuerdo con los criterios actuales de restauración y conservación, para finalmente llevarla a la práctica. De todo el trabajo realizado se presentan las conclusiones y se abren las puertas a unas futuras líneas de investigación. Finalmente esta tesis de fin de máster se acompaña de una bibliografía y un apartado de anexos.

## 2. Metodología de trabajo

En restauración, toda intervención debe desarrollarse atendiendo a una metodología de trabajo ya preestablecida. En el presente año se ha dado a conocer el Proyecto COREMANS “Criterios de intervención en materiales metálicos” promovido por el Instituto de Patrimonio Cultural de España (IPCE). El objetivo es reunir una serie de criterios y recomendaciones fundamentales a la hora de intervenir en la conservación y restauración de obras u objetos del patrimonio metálico. Se trata de una propuesta de carácter general para la elaboración de un documento deontológico, a partir de la normativa existente sobre la conservación y la restauración de los bienes patrimoniales de carácter metálico recogidos en las convenciones, estatutos, recomendaciones y cartas de organismos internacionales y legislación nacional.

A partir de dicho proyecto, se ha elaborado una metodología de trabajo atendiendo a la particularidad de la pieza metálica, objeto de este estudio. Consta de dos fases:

- Fase 1: parte teórica → Documentación y diagnóstico de la pieza
  - Investigación descriptiva
    - Documentación fotográfica
    - Descripción del objeto
  - Investigación documental
    - Documentación histórico-arqueológica: procedencia de la pieza (contexto geográfico y arqueológico), diario de excavación, croquis, fotografías; consulta de la bibliografía publicada sobre metales antiguos, mundo funerario ibérico (necrópolis, rito funerario) armamento ibérico (biblioteca, hemeroteca, páginas web).
- Fase 2: parte práctica → Restauración y Conservación
  - El Cobre y sus aleaciones: causas de deterioro y tipos de alteraciones
  - Estado de conservación (mapas de alteración, microfotografías)

- Estudio físico y químico: Técnicas instrumentales de análisis
  - Aplicación y resultados
- Criterios de intervención y propuesta inicial de actuación
- Intervención directa: ejecución de los tratamientos de conservación y restauración
  - Limpieza. Métodos de limpieza
  - Integración
  - Estabilización: inhibición, protección final
  - Conservación preventiva
- Resultados finales



### 3. Fase I: Documentación

#### 3.1. Descripción y características técnicas de la pieza

La pieza objeto de esta investigación venía etiquetada desde el yacimiento como “posible casco de bronce” (figura 1). Apareció en la tumba tipo túmulo nº 2 de la necrópolis ibérica de “EL Salobral”, provincia de Albacete, formando parte del ajuar funerario de una urna cineraria.

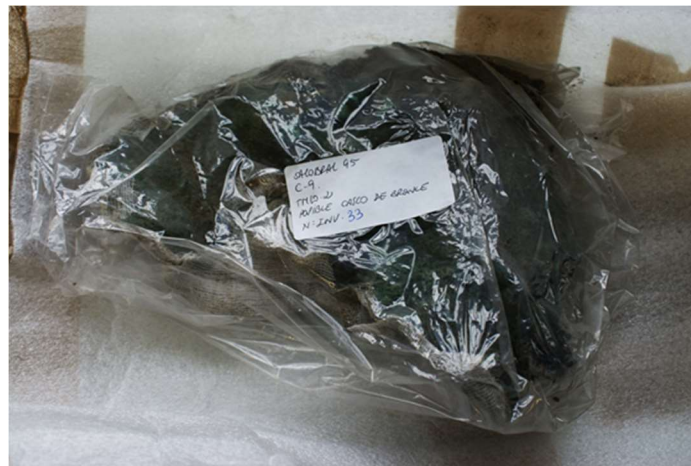
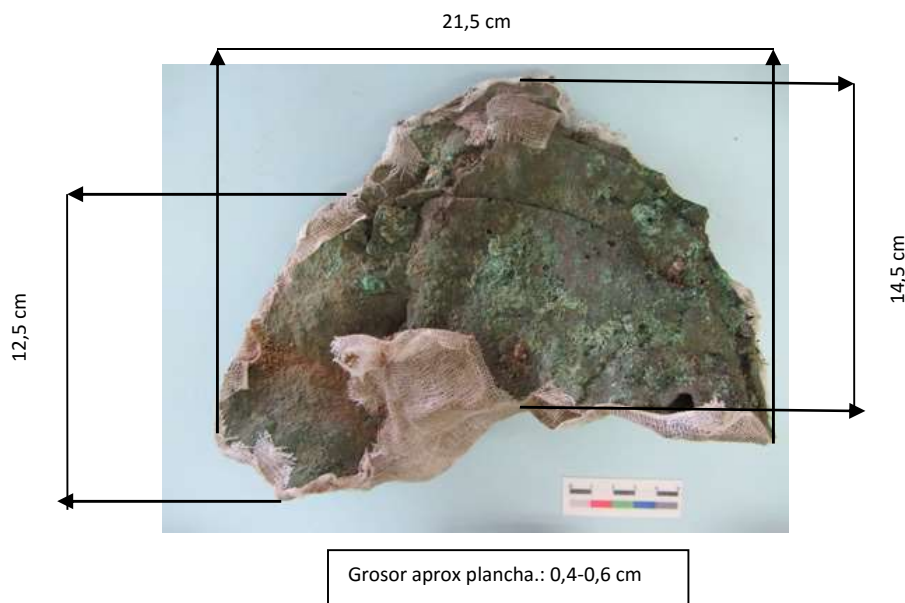


Figura 1. Posible casco de bronce, nº inv. 33, tal y como llegó al laboratorio del SECYR. © SECYR

En la actualidad se encuentra en el Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico (SECYR) de la UAM. Dentro de la base de datos de este laboratorio se le ha asignado el nº 318. Su peso inicial es de 843 gr. y las medidas más representativas se recogen a continuación:



Durante su extracción recibió un tratamiento de consolidación temporal que consistió en la aplicación estratégica de fragmentos de gasa hidrófila con una resina acrílica sintética en disolución orgánica por uno de sus lados (figura 2). La pieza presenta una compleja morfología. Está formada por una plancha metálica de mayor tamaño con forma semicircular y otra aparentemente de menor tamaño, superpuesta encima de la grande, doblada por la mitad y fragmentada. Por el lado que se engasó, se ve el reverso de la primera plancha y lo que parece otro elemento de cobre muy deformado. A priori, se intuyen posibles remaches y agujeros en la superficie de la cara no engasada. Se aprecian multitud de fisuras y grietas, y huecos rellenos de tierra. Debido a la capa de corrosión que presenta, no se aprecia, en principio, decoración. Muestra un alto grado de mineralización en forma de alteración de productos de corrosión del cobre, así como tierras y concreciones de carbonatos depositados por toda la superficie (figura 3). En el apartado 4.2 *Estado de conservación* se hará un análisis más detallado del deterioro del objeto.



Figura 2. Fotografía inicial de la cara B con el engasado realizado en la excavación. ©M. Turégano, 2013



Figura 3. Estado inicial de la cara A. © M. Turégano. 2013

Se documentaron junto al posible casco otros elementos como una urna cineraria, varios fragmentos de cerámica ática, restos de huesos, y objetos de metal como elementos de adorno personal (un anillo de plata, y una gargantilla<sup>1</sup>) y sobretodo armas (varias puntas de lanza, una manilla de escudo, un cuchillo afalcado, un *soliferreum* doblado en forma de “8”, varios remaches de cinturón, tres placas, una falcata, y varios fragmentos de vaina para falcata). Ver el apartado de *ANEXO I*. Se deduce que todos estos objetos corresponderían a la misma tumba, que probablemente perteneció a un individuo (¿varón?) de alto estatus social y poder adquisitivo.

#### Técnica de elaboración:

Como muchas otras piezas de bronce, fue elaborada a partir de las técnicas del batido y martilleado del metal hasta conseguir una plancha metálica plana y de grosor fino, y posteriormente recortada, por lo que parece, en forma de círculo.

---

<sup>1</sup> Según el registro entregado, ésta pareció dentro de la urna

### 3.2. Procedencia: La necrópolis de El Salobral (Albacete)

La pieza SECYR\_318 proviene de la necrópolis de El Salobral, situada en las proximidades de una antigua laguna conocida como Pantano de El Salobral, cercana a la localidad actual de igual topónimo, al sureste de la ciudad de Albacete. Es precisamente en esta zona donde nace la cultura íbera, a caballo entre el sureste de la Meseta, el sureste peninsular y cercana al valle del Guadalquivir (Alta Andalucía).

#### 3.2.1. Contexto geográfico

El área de estudio es la actual provincia de Albacete, situada en el extremo suroriental de la Submeseta Sur de la Península Ibérica (figura 4). Constituye históricamente un cruce de caminos entre la Meseta, el Levante Mediterráneo, y la Alta Andalucía. La región presenta dos unidades bien diferenciadas: al norte la Meseta tabular con extensas llanuras endorreicas, y al sur una zona montañosa de las sierras Prebéticas (JEREZ, 1982, en CIRUJANO *et al.* 1988). En sentido este-oeste, se encuentran el Sector Oriental del Campo de Montiel, la Mancha de Albacete y los Altos de Chinchilla, Pétrola y Carcelén, y en la zona de las sierras, destacan la Sierra de Alcaraz, la sierra del Segura, Campo de Hellín y Altiplano de Almansa. Entre ambas existe una línea tectónica clara que marca la diferenciación entre ambas zonas y que corre paralela con una zona de interesantísimo valor histórico-arqueológico, la antigua vía natural de comunicación conocida como *Vía Heraklea* (BLÁNQUEZ, 1990: 24).



Figura 4. Mapa provincia de Albacete. Fuente: ©2016 Google Maps, 2016. Inst.Geográfica Nacional

Desde un punto de vista geomorfológico, la provincia se encuentra en su mayor parte en el área de sedimentación bética más próxima a la Meseta. La base geológica de esta zona está constituida por un zócalo herciniano, fracturado en bloques por efecto de los empujes producidos sobre un medio rígido. Sobre ese zócalo paleozoico de materiales sedimentarios, se sitúa el Triásico, la base impermeable del sistema hidrogeológico de la región. La evolución geológica de la zona viene determinada por una serie de movimientos tectónicos, procesos erosivos y de sedimentación, así como de transgresiones y regresiones marinas, desde el Paleozoico hasta Cuaternario. Estos movimientos y procesos tuvieron como resultado el levantamiento de todo el territorio actual de la provincia, siendo la orogenia alpina más activa en el Sur, y hacia el Norte, una zona más llana y horizontal, la Meseta, y el encajamiento de la red fluvial. Otra consecuencia fue la deposición y posterior sedimentación de niveles litológicos de origen marino como calizas, dolomías, y margas, y por otro lado, de origen continental como arenas, areniscas, y yesos (SÁNCHEZ ORTEGA, 1995).

La hidrografía de la región albaceteña comprende en la zona de la Meseta una llanura de inundación y ríos Júcar y Segura, mientras que en la zona sur, discurren encajados la cuenca del Guadiana y la del Guadalquivir.

En cuanto al clima actual, predomina el tipo mediterráneo con tendencia al continental, con temperaturas extremas y bastante contrastadas con inviernos fríos y veranos calurosos y secos. Son frecuentes las lluvias otoñales como en la zona levantina, pero durante el resto del año son escasas las precipitaciones.

En lo referente a la vegetación potencial, ésta ha sufrido una reducción debido a la acción antrópica (deforestación, la agricultura, la construcción de canales y acequias de drenaje) que a lo largo del tiempo ha transformado el paisaje natural de esta zona manchega. Gracias a los análisis de los restos vegetales encontrados en los yacimientos de la provincia, se ha podido determinar la existencia de extensas áreas de bosque mediterráneo junto a zonas de secano para cultivo de cereal y de regadío próximas a manantiales abundantes. Los análisis polínicos descubren un paisaje más húmedo que el actual (BLÁNQUEZ, 1999: 58). En la actualidad predominan las zonas de llanuras de inundación, zonas de regadío (acequias) en los Llanos de Albacete, y algunas extensiones de secano. La vegetación es de tipo mediterráneo, monte arbolado (encinas, pinos), monte bajo o matorral (retamas, cascajos,...) y abundantes zonas de cultivos arbóreos y de cereal.

### Los Llanos de Albacete, área de la necrópolis de El Salobral:

La necrópolis ibérica de El Salobral se sitúa en las proximidades de la localidad de El Salobral, junto a una antigua laguna o pantano que formaba parte de esa llanura horizontal endorreica, más conocida como los Llanos de Albacete. Limita con zonas de relieve acusado: al oeste, las estribaciones de la plataforma de los Campos de Montiel y al SE, la Cordillera de Monte Aragón, en las cercanías del Salobral. Las poblaciones más importantes representadas son: la capital de Albacete, Balazote, Argamasón y El Salobral, aparte de numerosos pequeños núcleos agrícolas.

El clima y la vegetación, son tipo mediterráneo continental como en toda la provincia (visto ya en párrafos anteriores).

En cuanto a la red hidrográfica, el cauce fluvial permanente es el del Río Jardín que desemboca en los Llanos de Albacete por infiltración. El resto de cauces de menor caudal son ríos de escorrentías estacionales. Pero lo que sin duda caracteriza a esta zona meseteña de Albacete es el fenómeno de endorreísmo.

Esta comarca presenta una serie de características geomorfológicas (la horizontalidad topográfica, el escaso caudal de los recursos fluviales, la disposición estructural con una alternancia de series litológicas permeables e impermeables y unas condiciones bioclimáticas con tendencia a la aridez e intensa evaporación) que propician el desarrollo de fenómenos endorreicos superficiales en forma de ojos, manantiales, lagunas y charcas tanto temporales como permanentes (figura 5<sup>2</sup>).

Algunas de estas lagunas eran de agua salada, lo que originaba al producirse su evaporación, superficies blancas de salitre. Estos rasgos dan lugar una zona de carácter pantanoso con una hidrografía indeterminada e incapaz de drenar las áreas estancadas. Se trata de un área de descarga del sistema hidrogeológico de Albacete. Los humedales más conocidos son la laguna del Acequión los Ojos de Estacadilla, Ojos de San Jorge y el Pantano del Salobral (*Al-Basit*, nº5: 82-83)

---

- <sup>2</sup> Disponible en

<http://info.igme.es/cartografiadigital/sidimagenes/magna/20790/Fotograf%C3%ADas/Fotograf%C3%ADas.pdf>



Figura 5. Vista del fondo endorreico del Pantano del Salobral, Albacete.  
Fuente: ©ING.

Desde el siglo XV se documentan zonas lacustres al oeste y suroeste de la actual ciudad de Albacete. Se encharcaban en épocas de abundantes lluvias, y provocaban fuertes epidemias para los habitantes. A partir del siglo XVIII se llevaron a cabo obras de desecación y captación de esas aguas subterráneas, por lo que en la actualidad casi todos han sido drenados y son tierras de cultivos. En el s. XIX tiene lugar el comienzo del proyecto de desecación del sector pantanos de Albacete (figuras 6 y 7) con la creación del llamado Real Canal de Albacete, conocido en la actualidad como Canal de María Cristina o Canal de Albacete (MORCILLO, 1995). La obra se realizó en tres fases: 1) 1805-1808; 2)1816-1821; 3)1830-1869. Es en la primera fase cuando se efectúa el canal de desagüe de la laguna del Salobral para llevar las aguas al río Júcar (LÓPEZ BERMUDEZ, 1978). En la actualidad no queda rastro de la antigua laguna.



Figura 6.. Esquema hidráulico de los Llanos de Albacete. Elaborado por José Antonio Fideú Martínez para la publicación de Daniel Sánchez Ortega.

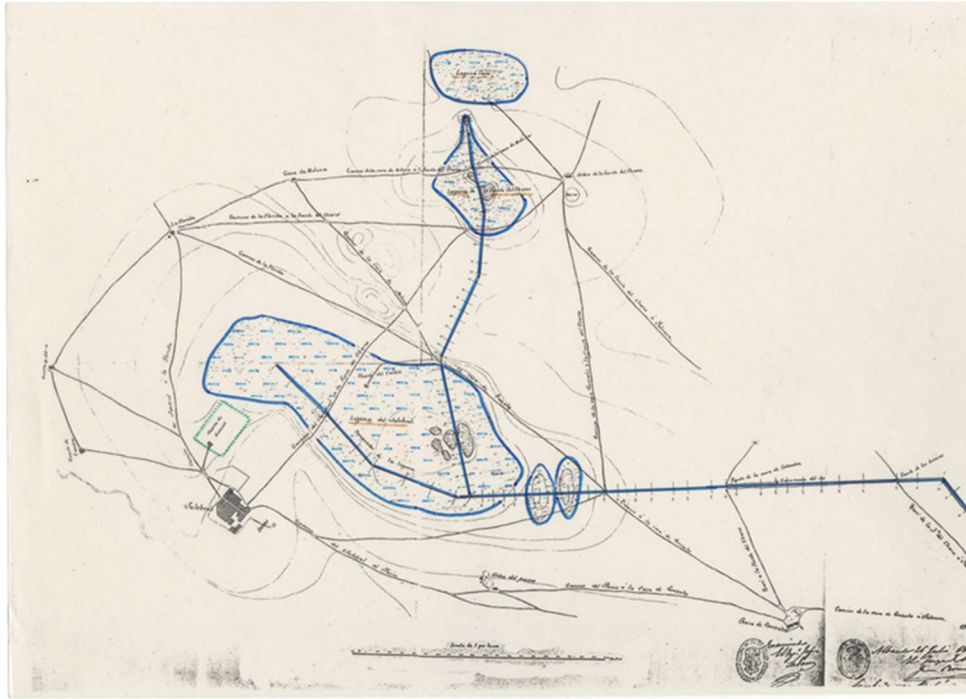


Figura 7.. Diseño de las obras de desagüe de las lagunas de Fuente del Charco y Salobral. Documento incluido en la Memoria descriptiva del Proyecto. 1862.

### 3.2.2. Contexto arqueológico

#### Historiografía de la excavación

Desde comienzos del siglo XX ya se conocía la existencia del yacimiento gracias a los trabajos de investigación en territorio albacetense del erudito francés Pierre Paris, gran coleccionista y aficionado de la Historia. Actuaba como enviado del Museo del Louvre con el fin de adquirir nuevas piezas para aumentar sus colecciones. En España adquirió algunas como la Dama de Elche, dos esculturas de esfinges de Agost en Alicante, y otras dos esfinges (figura 8) encontradas accidentalmente en 1901 durante unas tareas agrícolas en la zona de la necrópolis de El Salobral, que probablemente pertenecieron a un monumento funerario turriforme, así como numerosas piezas cerámicas. Todas ellas pasaron a formar parte del museo del Louvre hasta su posterior devolución al estado español en 1941. Actualmente se encuentran en el Museo Arqueológico Nacional (BLÁNQUEZ, 1995:199-200).





Figura 8. Esfinge de El Salobral. Fotografía de Santiago Relazón, ©Museo Arqueológico Nacional

Pero no será hasta la década de los noventa cuando se lleve a cabo una campaña de excavación dentro del marco del Proyecto de Investigación *Estudio Arqueológico de la escultura ibérica, relaciones entre tecnología, iconografía y contexto*, subvencionado por la DGICYT<sup>3</sup> y que desde 1992 venía realizando un equipo de investigación de la Universidad Autónoma de Madrid. Los trabajos se realizaron en los veranos de 1994 y 1995, y fueron dirigidos por el Dr. Blánquez Pérez. La localización de la necrópolis tuvo lugar debido al desmonte de una loma cercana destinada mayoritariamente al cultivo del maíz desde los años sesenta, lo que ha originado hasta la actualidad un cambio topográfico en el paisaje agrario de la zona y la destrucción de parte del patrimonio arqueológico. Se distinguía una pequeña elevación artificial, dentro de la planicie de la zona, donde se había construido, en el punto más alto, una casa de labor en los años 30 conocida como *la casuta*<sup>4</sup> (figura 9). Se superponía a la necrópolis, en parte destruida por las faenas agrícolas. La cimentación de la casa apenas había alterado la necrópolis pero que sí provocó la aparición de algunas de las urnas y los lugareños comenzaron a llamar a este bancal como *la haza de los muertos*. El labrador de estas tierras cimentó atravesando las tumbas tipo tumular pero por lo que se pudo comprobar durante la excavación, no hubo expolio alguno (BLÁNQUEZ, 1995:200).

---

<sup>3</sup> Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica, Ministerio de Economía

<sup>4</sup> La *casuta* (7,5 x 4,5 m) fue desmontada para la excavación. El basamento era de sillarejo y fue retirado durante la excavación. Aparecieron fragmentos escultóricos reutilizados para su construcción.



*Figura 9. Vista general del paisaje de maizales y la casuta bajo la cual se localizaba la necrópolis de El Salobral. ©Archivo fotográfico de la excavación. CeDAP<sup>5</sup>.*

El área de excavación se delimitó en 150 m<sup>2</sup> y la potencia estratigráfica es de 1,50 m, de los cuales 1,30 m corresponde a la parte arqueológica (figura 10). La necrópolis se vio muy afectada por el desmonte de la loma y las posteriores labores agrícolas. Sólo se ha conseguido recuperar una quinta parte (al menos 11 tumbas), aunque se corresponde con el área más importante de los enterramientos. La excavación permitió diferenciar dos sectores, A y B, en función de la distribución espacial de los enterramientos (zona Este, tumbas tumulares; zona Oeste, tumbas más sencillas cubiertas con barro).

Salieron a la luz estructuras tipo túmulo, similares a las encontradas en otras necrópolis albacetenses. Los túmulos son de planta cuadrangular entre 2 y 3 m de lado y de sección de doble escalón, orientadas en relación a los puntos cardinales. Se realizaron en sillarejo (piedra de las zonas próximas, trabada con barro) y adobe con guijarros como pavimento y delimitación de espacios y unas tumbas más sencillas en abobe o argamasa. El mismo barro se utilizaría como revoco. El estudio espacial y tipológico de las tumbas de esta necrópolis ha permitido diferenciar dos fases sucesivas. De la primera fase apenas quedan vestigios de fragmentos arquitectónicos y escultóricos reutilizados en tumbas posteriores o abandonadas entre éstas, datarían por el ajuar del primer cuarto del s. IV a. (BLÁNQUEZ, 1995)

---

<sup>5</sup> Centro Documental de Arqueología y Patrimonio.



Figura 10. Vista general de la excavación de la necrópolis de El Salobral, Albacete ©Archivo fotográfico de la excavación.1994-95.CeDAP

Se documentaron 4 pilares estela, 11 estructuras tipo t (5 de mampostería, 1 de sillares y 5 más en tapial y adobe), 33 tumbas de cremación en hoyo y 18 basureros de época romana fechados por la *terra sigillata* encontrada.

En cuanto a la cronología, a partir los materiales cerámicos encontrados (cerámicas áticas) y en concordancia con la tipología tumular y escultórica documentada (la esfinge entre otros fragmentos escultóricos), el yacimiento se fecha entre el s. VI y la primera mitad del s. IV a.C., siguiendo la continuidad temporal de otras necrópolis del sureste meseteño como la necrópolis de Los Villares (Hoya Gonzalo), el Tesorico (Agramón-Hellín), La Hoya de Santa Ana y el Llano de la Consolación. Las cerámicas áticas documentadas en las tumbas, unas formarían parte de los rituales funerarios ibéricos y otras del ajuar personal del difunto. Suponen una treintena de piezas entre crátera, escifos o *skyphos*, cónica, cónica-escifo, bolsal, lécito, lecánide o lecané, páteras y platos. Se fechan en torno al 2º cuarto del s. IV a.C. si bien algunas piezas, como el lecánide da una cronología del s. V a.C. (BLÁNQUEZ, 1995: 205), momento de máximo auge comercial de estos productos, como está testimoniado en la Meseta y en la mayor parte de las otras áreas peninsulares, levantina, sureste, etc. Es muy probable que se dieran relaciones comerciales y culturales del territorio meseteño con la Alta Andalucía y el Sureste Peninsular, que se ponen de manifiesto por las urnas con decoración sobre estuco, el uso de cantos rodados, las cerámicas griegas de figuras rojas, etc.

En lo que concierne a la pieza, se halló dentro de la tumba túmulo nº 2, ubicada en el sector A. Durante su excavación de esta área, se constató que la plataforma de

cubrición algunos túmulos como el nº 2 y el nº 3 fue rota para poder introducir nuevas urnas cinerarias, lo que demuestra la reutilización de las tumbas como en otras necrópolis de similar cronología.

En la actualidad el yacimiento se encuentra tapado.

### 3.2.3. La tumba túmulo nº 2

Gracias a la colaboración del Prof. Juan Blázquez, cotutor de este trabajo, y director de la excavación de la necrópolis, se pudo tener acceso a la documentación de las campañas arqueológicas de 1994 y 1995.

Por motivos obvios, nos vamos a ceñir solamente al contexto arqueológico donde se encontró el bronce. Se trata, pues, de la cuadrícula 9 (C-9) donde aparecieron tres túmulos, nº 2, nº 5 y nº 6 (figura 11). El diario personalizado de esta cuadrícula así como los dibujos de los perfiles de la tumba, han aportado una valiosa e ineludible información sobre el contexto arqueológico de la pieza.



*Figura 11.. Vista aérea del sector A. Al fondo, la cuadrícula 9, con los túmulos nº 2, nº 5 y nº 6. ©Archivo fotográfico de la excavación.1995.CeDAP*

A partir de la revisión del diario de excavación de la C-9, redactado por la arqueóloga M<sup>a</sup> Carmen Valenciano Prieto, sabemos que el objetivo de abrir dicha cuadrícula fue la localización de una estructura tumular a la que se denominó **tumba tipo túmulo nº 2**.

La excavación de esta estructura comenzó en julio de 1994; se continuó y finalizó en agosto de 1995. En la primera campaña (figura 12) se delimitaron los perfiles N, S, y E del túmulo y se dejaron a la vista las hiladas de piedras del contorno de la estructura. Se documentaron: la tumba nº 10, restos cerámicos (urna y otros fragmentos), restos óseos humanos quemados, y objetos de ajuar metálicos. En el verano siguiente se retomaron los trabajos en esta zona dejando definitivamente delimitados los perfiles y la zona oeste (figura 13).



Figura 12. Estructura tumular nº 2. Campaña de 1994.: ©Archivo fotográfico de la excavación. 1994. CeDAP



Figura 13. Estructura tumular nº 2. Campaña 1995. ©Archivo fotográfico de la excavación.1995. CeDAP

La estructura tumular nº 2 estaba construida por una hilada de piedras trabadas con arcilla. En el perfil general de la hilada que delimitaba el contorno total del túmulo así como el hoyo de la tumba propiamente dicha, se detectó una ruptura, seguramente realizada por un clandestino.

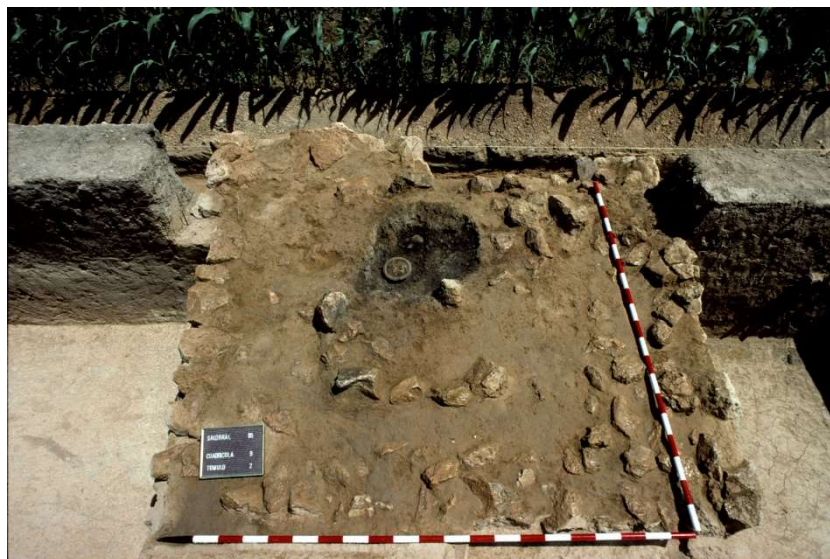


Figura 14. Proceso de excavación de la tumba tumular nº 2. Se aprecia en la fotografía la boca de la urna nº 30. ©Archivo fotográfico de la excavación. 1995. CeDAP

El interior de la tumba estaba recubierto por un revoco, aplicado con los dedos, dato que se obtuvo al conservarse las huellas aún en algunas zonas. El revoco debió quemarse por la cremación de su ajuar. Se documentaron: un hoyo cuadrangular con restos de las cenizas de la cremación en el centro de la tumba, fragmentos de cerámica ática, restos óseos humanos, varios fragmentos de escultura, y tres urnas cerámicas con sus ajuares correspondientes. Dos de las urnas parecen corresponder al mismo momento de la construcción de la tumba ya que aparecieron bajo dos adobes que tapaban las cenizas. La urna tercera se encontró rota por el borde y tapada con una pella irregular de arcilla, al SO de la tumba sin romper el hoyo donde aparecieron los restos de cenizas de la cremación. Se le dio el nº inventario 30 (figuras 14 y 15). En cuanto a la estructura del hoyo donde se encontraba esta urna, la interpretación de la arqueóloga fue la siguiente:

*[...] parece tener dos pisos. Hacen el hoyo, ponen madera y queman parte del ajuar, después ponen adobe en la zona sur y siguen quemando. Más tarde ponen otro adobe, tapan toda la ceniza. Por último, en lo que denominamos primer piso, vuelven a quemar parte del ajuar y cierran la tumba con argamasa de cubrición”.*



Figura 15. Detalle proceso de excavación de la tumba de la urna nº 30. Estratigrafía de la tumba donde ve ven los diferentes niveles de cenizas, tierras y revoco blanco. ©Archivo fotográfico de la excavación.1995. CeDAP

Respecto al ajuar, la mayor parte de los objetos metálicos (casi todo armas, y algunos adornos personales) aparecieron en la esquina NE del hoyo, y las fragmentos de cerámica ática en la esquina SE. Se encontraron también fragmentos de hueso tallado, que podrían haber formado parte de alguna caja no conservada.

El posible casco de bronce con nº inv. 33 (figura16) apareció el sábado 29 de julio de 1995, al este de la urna nº inv. 30, junto con el resto del ajuar depositado (ver listado de los objetos asociados a esta urna en la tabla correspondiente en ANEXO I). Entre las armas y la urna se documentó una separación realizada con arcilla. Al vaciar la urna nº inv.30, aparecieron restos óseos humanos y varios anillos de plata y bronce, una fíbula y una aguja.



Figura 16. Croquis del ajuar de la urna nº 30. Dibujado en verde en la esquina inferior derecha, el bronce nº 33. Realizado por M<sup>o</sup> Carmen Valenciano, 1995. CeDAP

Bajo dos grandes adobes y un nivel de cenizas (figura 17), apareció una segunda urna con pie (nº inv. 96) de imitación ibérica de una crátera griega. En el lado Este, se halló una tercera (nº inv.90) con la boca rota. La interpretación de la arqueóloga fue que primero se hizo la tumba, se dio revoco de arcilla, se quemó parte del ajuar y se colocó uno de los adobes. Continuó quemándose, y se colocó el otro. Tiempo después, se rompe la tumba y se introduce la otra urna. Se documentaron fuera de la urna dos puntas de lanza<sup>6</sup> (nº 91, y 93) bajo esta segunda tumba, un *soliferreum* doblado y muy mineralizado (nº inv. 95) y una fibula anular de bronce (nº inv. 94), así como numerosos fragmentos de cerámica ática, y restos de hueso tallado (figura 18) En el interior de la urna con nº inv.96 aparecieron fragmentos de cerámica ática y varios fragmentos de metal (nº inv. 99). De la urna nº inv. 90, se extrajeron huesos bastante enteros y una gargantilla pequeña.

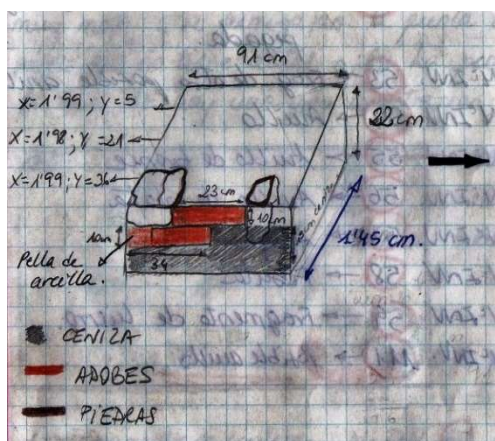


Figura 17. Hallazgo de los dos adobes que cubrían las urnas nº 90 y nº 96 en la estructura tumular nº 2. Croquis dibujado en el diario de excavación realizado por M<sup>a</sup> Carmen Valenciano. 1995. CeDAP.

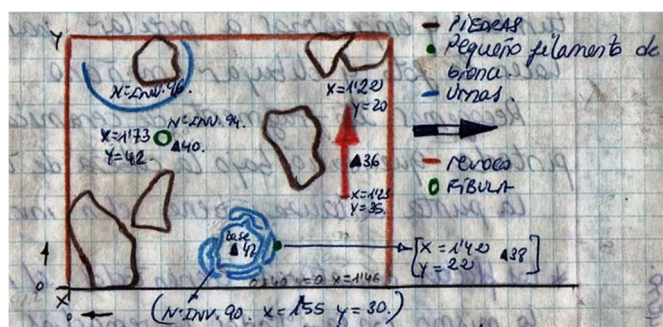


Figura 18. Detalle de la ubicación de las urnas nº 90 y nº 96 en la estructura tumular nº 2 con parte de sus ajuares. Croquis dibujado en el diario de excavación realizado por M<sup>a</sup> Carmen Valenciano. 1995. CeDAP.



Figura 19. Vista general de la cubierta de las tumbas de la necrópolis de El Salobral (Albacete). Fin de campaña. ©Archivo fotográfico de la excavación. 1995. CeDAP.

<sup>6</sup> Una de ellas, la más pequeña conservaba parte del empuñadura de madera.



### 3.2.3.1. El ritual funerario ibérico: la cremación

Los datos obtenidos a partir de las excavaciones de las necrópolis ibéricas confirman que el rito funerario por excelencia en el Mundo ibérico es la cremación del difunto junto con su ajuar. Este rito de enterramiento era común en las culturas mediterráneas. En la península Ibérica también se practicaba ya en fechas anteriores a la Cultura íbera, por un lado en el sur con la cultura Tartésica, y en el noreste peninsular, por influencia de Campos de Urnas. Se puede decir, por tanto, que el origen de este ritual puede estar en esa tradición de Campos de Urnas desde finales de la Edad del Bronce y en las influencias mediterráneas asentadas en el sur península (colonias fenicias y griegas).

Los vestigios arqueológicos más antiguos de la cultura ibérica corresponden con los siglos VI-V a. C. Se trata de tumbas aristocráticas aisladas con ricos ajuares y monumentos funerarios en piedra, decorados con relieves y esculturas, como Pozo Moro (Albacete). Las necrópolis ibéricas, situadas en las cercanías de los poblados, se desarrollan durante el Ibérico Pleno, ss. IV-III a. C., en la zona del Sureste (Albacete, Murcia, Alicante y Valencia) y en la Alta Andalucía (Jaén, Córdoba, Granada). La necrópolis de El Salobral encaja en esa fase del Ibérico Pleno en el sureste peninsular.

A partir de los hallazgos arqueológicos y por paralelos culturales, el ritual funerario ibérico estaría formado por tres etapas: la preparación del cadáver antes de su enterramiento, el entierro en sí y las ceremonias llevada a cabo después de darle sepultura.

La primera fase pre-deposicional es la menos conocida; se realizarían las tareas previas al entierro, como la preparación del cadáver (lavado, vestirle con sus mejores galas), el velatorio con los familiares y amigos, los elogios fúnebres y quizá algún banquete en su honor. La segunda fase es la que mejor se conoce, gracias a los hallazgos arqueológicos. El cadáver junto con sus pertenencias se colocaba sobre una pira funeraria de leña, que ardía durante horas, llegando a alcanzar entre 650°-800°. La incineración no era completa, ya que quedaban restos óseos junto con las cenizas (QUESADA, 2015).

Atendiendo a la deposición de los restos quemados, se distinguen dos tipos de quemaderos: 1) *bustum* o quemadero con deposición primaria o “in situ”, y 2) *ustrinum* o quemadero con deposición secundaria. En los *busta* las cremaciones eran por lo general individuales en la propia tumba donde se colocaba la leña de la pira. Una vez quemado el cadáver, se amontonaban los restos en el interior de la fosa. Este ritual aparece

documentado, con algunas variantes, en las necrópolis de la Joya, Medellín y en las necrópolis de la Alta Andalucía (Los Castellones de Céal, Jaén). En cuanto a los *ustrina*, el cadáver o cadáveres se depositaban en un quemadero, hoyos o fosas excavadas en el suelo de planta ovala, situados fuera o dentro de la necrópolis. Los restos cremados se recogían y se introducían en la urna cineraria o directamente sobre el suelo de la tumba (PEREIRA, en GARCÍA HUERTA, 2001).

Una vez apagada la pira funeraria, normalmente *ustrinum*, los restos óseos y parte de las cenizas eran recogidas y depositadas en una vasija cerámica o caja de piedra, acompañándose a veces del ajuar de pequeño tamaño (fibulas, anillos, broches de cinturón) y se depositaba en un hoyo excavado previamente en el suelo de la tumba. El recipiente se tapaba con una piedra o un plato. Para autores como Blánquez, este acto de tapar la urna suponía el primer cierre dentro de un proceso de cierre-construcción de la cubrición tumular. Alrededor de la urna se depositaba el resto de objetos personales que conformaban por un lado el ajuar funerario (armas, elementos de adorno, cerámicas) y por otro lado, objetos que habrían formado parte de actos o celebraciones llevadas a cabo en su honor durante el entierro (recipientes cerámicos empleados en el *silicernium*). Estos objetos sufrían a menudo un proceso de destrucción. En el caso de las armas, eran dobladas, rotas o aplastadas de manera intencionada como veremos en los siguientes apartados del trabajo.

La fosa se rellenaba con la tierra cenizosa de la cremación (segundo cierre). A causa de la presión del terreno, la reutilización de la tumba o las labores agrícolas posteriores, la tapa de la urna acaba desplazándose o rompiéndose, provocando que meta<sup>7</sup> esa tierra. El sellado de la tumba (fosa y urna) se hacía con un gran adobe y una capa de tierra amarillenta (tercer cierre). Por último, se construía la estructura tumular, la parte visible de la tumba, dando lugar al paisaje funerario característico de las necrópolis ibéricas. Esta estructura en el sureste peninsular consistía en una plataforma empedrada de sección escalonada. Se disponía un círculo de grandes piedras rodeando el hoyo de la tumba y se rellenaba con tierra preparada a modo de argamasa (cuarto cierre). A continuación se quemaba esa superficie del terreno y se colocaba un empedrado, trabado con barro, dando forma a una plataforma de planta cuadrada o rectangular y de sección

---

<sup>7</sup> De ahí que aparezcan en las excavaciones los vasos cinerarios colmatados de ese sedimento que en la excavación aparece como un estrato de relleno cenizoso con restos de carbón (madera de la pira) y huesos.

escalonada (uno o varios escalones), formando un túmulo. En algunos casos, estos túmulos de delimitaban con un muro perimetral. Por último, se daba un revoco de barro por toda la construcción.

En algunas necrópolis ibéricas como en la de los Villares (Hoya Gonzalo, Albacete) o en Pozo Moro (Chinchilla de Monte-Aragón, Albacete), se han documentado encima de estas construcciones funerarias la colocación de pilares-estela de piedra como esculturas zoomorfas (toro, leones, o las esfinges de El Salobral) o figuras humanas (como el jinete de Los Villares) que supondrían la finalización de la tumba (BLÁNQUEZ, 1990).

La última fase del ritual funerario ibérico comprendería una serie de rituales realizados tras el enterramiento como libaciones, ofrendas, banquetes y la destrucción de la vajilla empleada, que se celebrarían alrededor de la tumba. Así mismo, como en otras culturas mediterráneas mejor conocidas, debieron existir visitas y ceremonias celebradas periódicamente en torno a las tumbas, pero por desgracia la arqueología es incapaz de documentarlo (QUESADA, 2015).

En algunas excavaciones más recientes, como es el caso de la necrópolis de El Salobral, se ha podido distinguir entre estos recipientes cerámicos usados en los ritos posteriores al enterramiento de los objetos de ajuar personal del difunto.

#### 3.2.3.2. Las armas como ajuar en las necrópolis ibéricas y su inutilización ritual

La mayoría de las armas ibéricas documentadas han aparecido en contextos funerarios. De manera ocasional han aparecido en poblados y rara vez se han encontrado en contexto bélico. Quizá esto se deba por un lado a saqueos de furtivos y por otro lado, a la ausencia de excavaciones en extensión suficiente que permitan determinar su existencia en otros ámbitos. (QUESADA, 1997:632).

Los hallazgos de ajuares compuestos, en parte, por armamento, han permitido acercarnos a algunas cuestiones del mundo funerario ibérico, aunque con muchas limitaciones aún. A pesar de los datos aportados por las excavaciones, la mayoría de los investigadores comparten la idea de que las necrópolis no reflejan el total de la sociedad íbera, y es que parece claro que sólo un sector de la población tenía acceso a un enterramiento normalizado en las necrópolis. Los grupos sociales enterrados en las

necrópolis tenían acceso a objetos importados como la cerámica y a armas, lo que denota un cierto nivel social y adquisitivo. Queda excluida la población de condición servil y aquella que fallecía en combate, ejecuciones, accidentes, naufragios, etc. Se desconoce el rito funerario para aquellos que no recibían un enterramiento en necrópolis. (QUESADA, 1997)

Como se ha citado el apartado anterior, el ritual funerario ibérico era la cremación del cadáver y la posterior deposición de los restos en la tumba. Durante ese acto, los objetos de personales, como las armas, eran quemados en la pira. Suponía en sí mismo un acto de destrucción, la parte orgánica desaparecía, y se modificaban por el calor ,las cualidades de los metales.

Las excavaciones de las tumbas apuntan a que no existe un patrón general sobre la deposición de las cenizas y de los objetos en las tumbas, sino múltiples variaciones (tumbas con urna, sin urna, con cubrición, sin ella, con ajuar, sin ajuar). En cuanto a la panoplia ibérica como ajuar funerario, su disposición es variada: se han documentado armas fuera de la urna cineraria, o bien parte dentro y parte fuera de esta; en otros casos aparecen mezcladas con las cenizas y/o los huesos, ya sea acumuladas en paralelo o cruzadas; en otras ocasiones parece existir algún tipo de superposición jerárquica (primero escudo, seguido de falcata, lanzas y encima los soliferrea). La panoplia no siempre aparece completa (faltan armas o aparecen por duplicado). Su deposición en las tumbas denota cierto cuidado y atención. En muchas ocasiones las armas han aparecido, deformadas, fragmentadas, destruidas de alguna forma, lo que ha llevada a pensar a los investigadores que existiría un rito de inutilización deliberada del armamento íbero. Es bastante frecuente encontrar los cascos aplastados o con señales de golpes; las falcatas dobladas en forma de “U”, los *soliferrea* en muchas ocasiones aparecen doblados en formad de lazo o de “8”, incluso, abrazando las urnas; También se han documentado armas clavadas alrededor de las urnas. En cuanto a los escudos, o los restos de estos, se han hallado cubriendo las urnas funerarias; se encontrado los discos-coraza fuera de las urnas, cubriendo o cerrando las tumbas, doblados y fragmentados por el eje central

Como recoge Fernando Quesada Sanz<sup>8</sup> en “El armamento ibérico. Estudio tipológico, geográfico, funcional, social y simbólico de las armas en la Cultura Ibérica (siglos VI-I

---

<sup>8</sup> En el Capítulo IX La panoplia ibérica, Vol.2. Éditions Monique Mergoïl, Montagnac, 1997.

a.C.)” existen dos líneas de hipótesis que explicarían este rito de inutilización de armas en contextos funerarios íberos:

- Razones prácticas: algunos autores lo relacionan con prácticas destinadas a evitar el robo de las armas en las tumbas, y por otro lado, otros investigadores apuntan que los íberos preferían doblar las armas para que cupiesen en el espacio de la tumba (BRONCANO *et al.*, 1985, en Quesada, 1997).
- Razones ideológicas, simbólicas y rituales: para otros autores como el propio F. Quesada, el doblado deliberado de las armas sería una de las formas de inutilizarlas, al igual que el mellado o embotamiento de los filos de las falcatas, sistema que se ha detectado en piezas restauradas (lote de Almedinilla se han localizado hasta diez falcatas melladas intencionadamente, siete en el Cigarralejo y otras siete en Cabecico del Tesoro). En el caso de los cascos, muchos aparecen destruidos por golpes o aplastados con el pie o con piedras, también intencionadamente; las puntas de la lanza se doblan, en muchos casos, en ángulo recto; en cuanto a los escudos, solían quemarse en la pira, y la manilla doblada en ángulo recto o en “V”; los discos-coraza, a veces aparecen deformados por la presión de la tierra, pero en muchos otros fueron doblados intencionadamente; y los *soliferrea* también aparecen doblados, muchas veces formas de lazo o de “8”.

Lo más probable es que la inutilización de las armas responda a ambas hipótesis, es decir, por un lado tendría un claro carácter ritual e ideológico como que las armas se asociaban al difunto y debían “morir” con él, no pudiendo ser utilizadas por nadie más, y así acompañarle en el Más Allá (concepto extendido por todo el Mediterráneo en la Antigüedad) y en ocasiones, respondería a motivos prácticos, por falta de espacio para que cupieran en la tumba. Sin duda, como Quesada afirma “las asociaciones de armas son lo suficientemente variadas como para pensar que su significado era más complejo que la mera deposición de las armas del difunto”. Este rito se documenta en la península ibérica desde fases antiguas en el s. VI a. C. (la Solivella) perdurando hasta el fin de la época ibérica (en El Cigarralejo o en Cabecico del Tesoro). Pero la inutilización de armas en las tumbas no es solo de ámbito ibérico, sino un fenómeno generalizado en la Europa continental céltica a partir del s. III a. C. y también se ha documentado en Próximo Oriente y en el Mediterráneo Oriental (QUESADA, 1997: 643).

## 4. Fase II: Trabajo de laboratorio: la conservación y restauración

Durante esta fase del trabajo se van a exponer las características del metal cobre y su degradación, el estado de conservación de la pieza y los análisis llevados a cabo a partir de cuyos resultados y de acuerdo con los criterios actuales de conservación, se formulará una propuesta de intervención. A partir de dicha propuesta, se realizará la intervención directa sobre el objeto, fundamental para determinar de qué se trata.

### 4.1. El cobre y sus aleaciones: características generales

El cobre (Cu) del latín *cuprum* y *kypros* en griego, es un metal de color rojizo anaranjado y brillo metálico cuando está pulido. Es un excelente conductor de la electricidad y el calor, es dúctil y maleable. Su punto de fusión es de 1083°C, el de ebullición es de 2567°C, tiene una densidad de 8,9 g/cm<sup>3</sup> y su masa atómica es de 63, 546.

Para su obtención en estado metálico es necesario una transformación fisico-química de los minerales de cobre (óxidos, carbonatos y sulfuros de cobre) mediante el empleo del fuego, lo que permite obtener pequeños restos metálicos de cobre bruto, y tras varias fases de trabajo se conseguía un objeto acabado (MONTERO, I, 2010).

#### Aleaciones de cobre

El cobre suele utilizarse aleado con otros metales, es decir, mezclado con dos o más metales, dando lugar a un material con propiedades distintas a la de los metales originales que lo conforman. Estas aleaciones de base cobre van a estar constituidas en mayor proporción por este metal y en menor cantidad por otros elementos. Hay muchos tipos de aleaciones de base cobre, en función del número de metal que la formen (binaria, terciaria, cuaternaria). La aleación más común es la de cobre (Cu) con estaño (S) conocida como bronce binario, donde el porcentaje de Sn debe ser mayor al 1%. Cuando se alea con Zinc (Zn), se denomina latón. También se pueden encontrar aleaciones de base cobre con Plomo (Pb), Arsénico (As) y Antimonio (Sb). Las primeras aleaciones de intencionadas que se conocen son las de Cu-Sn (MONTERO, I, 2010).

El bronce binario presenta una serie de ventajas frente al cobre: su dureza es mayor y tiene una temperatura de fusión menor por lo que se trabaja con mayor facilidad (es más maleable) y la manufactura resultante es de mejor calidad.

#### 4.1.1. La corrosión del cobre

La degradación físico-química que sufren los metales arqueológicos se origina como respuesta al interactuar el metal con el medio en el cual ha permanecido enterrado hasta su hallazgo y las características de éste. Debe ser entendida como una adaptación del objeto al medio que lo rodea con una recuperación del equilibrio ante el cambio de circunstancias ambientales. Esos cambios físico-químicos van a manifestarse en transformaciones estructurales y superficiales del metal.

El tipo más importante de deterioro es químico y se conoce como corrosión. Es la tendencia que tienen los metales para regresar a su estado original, a su forma más estable que es el mineral. Este fenómeno en metales se traduce en la formación de un estrato superpuesto formado por productos de corrosión que parcialmente conservan información y el perfil de la superficie original, y también en un deterioro mecánico. Esa superficie transformada se conoce como pátina, que es el envejecimiento natural del objeto, la huella del paso del tiempo por los materiales, lo que les otorga legitimidad y autenticidad histórica. Desde un punto de vista químico la pátina es “la capa de óxido más estable, que se encuentra en contacto con el núcleo metálico, que da una idea aproximada de la forma que pudo tener el objeto en su origen” (CHAMÓN, 2010:75).

Los factores que afectan a los metales son el aire, el agua, el tipo de suelo, los compuestos sulfurados, los ácidos, los agentes oxidantes, las soluciones salinas, los materiales orgánicos y las altas temperaturas. De entre todos ellos, el aire, el agua y el tipo de suelo son sin duda los factores más determinantes en la corrosión de los metales arqueológicos (MAZZEO, 2005). Estos factores van a determinar el estado de conservación de la pieza. Son los siguientes:

- Agentes internos o intrínsecos: son los propios elementos que componen el objeto arqueológico. La forma en como interactúe éste con el medio que lo contiene, va a determinar las transformaciones físico-químicas, es decir, su estado de conservación. Son, por tanto, agentes internos:
  - La composición mineral del metal → estructura interna
  - La técnica empleada para su fabricación o manufactura (corrosión por fatiga durante la manufactura del artefacto)
  - La tipología de la pieza

- El uso práctico del objeto, su posterior abandono y su enterramiento, hasta su exhumación y exposición al medio aéreo.
- Agentes externos o extrínsecos: aquellos causantes ajenos a la pieza pero que van a influir de manera determinante en su corrosión. Al enterrarse un objeto, el peso de la tierra y los movimientos del suelo pueden originar cierta presión mecánica provocando deformaciones plásticas, incluso llegar a romperlo si la presión es mayor a la resistencia de la pieza. El tipo de suelo, las distintas fases de este, los elementos que lo componen y su proporción en el subsuelo, van a ser determinantes para el desarrollo del proceso de corrosión. Los suelos son más o menos corrosivos según el pH sea ácido o básico. Las sales en disolución pueden cambiar el pH del suelo, algo muy negativo para los metales. Los suelos ácidos son los más dañinos, provocan considerable pérdida de materia en las piezas de hierro. Uno de los factores determinantes es la presencia de microorganismos de origen bacteriano (sulfobacterias y ferrobacterias) que le dan una característica corrosión en forma ampollas dispersas por la última capa de magnetita. Deforma y corroe las aleaciones de cobre y destruye el plomo. Los suelos calcáreos son menos destructivos: provocan una voluminosa corrosión en los hierros (óxidos + carbonatos), forman pátinas nobles (malaquita) en el cobre, y mantiene el plomo intacto bajo una costra blanca carbonatada. La presencia de agua en cualquiera de sus formas, tanto en los suelos como en el medio aéreo, es el factor más peligroso de todos. Los metales son extremadamente sensibles a al agua. Cuanto mayor sea la humedad relativa mayor será la corrosión. El agua actúa como vehículo de sales. Si el objeto es poroso, pueden penetrar en su interior y causar grandes daños. Las sales van a determinar el pH del suelo. En disolución son el electrolito y van influir acelerando la corrosión dependiendo del tipo de sales, temperatura, etc. El agua puede ser también un agente de lavado.

En cuanto a la temperatura, su efecto sobre los metales es que varía la humedad relativa. Por su parte, la luz favorece las reacciones fotoquímicas pudiendo acelerar en algunos casos los procesos corrosivos. Las radiaciones UV pueden destruir la capa de protección. La temperatura y la luz funcionan como catalizadores de las reacciones químicas de oxidación-reducción, hidrólisis Por último, la contaminación va a contribuir también en la degradación de los objetos metálicos, acelerando la corrosión. Se debe principalmente al uso de fertilizantes



y la lluvia ácida, como consecuencia de la contaminación atmosférica. Cuando ésta es sólida, las partículas en suspensión y aerosoles que se introducen en grietas y microfisuras, crean una película higroscópica y pueden reaccionar químicamente. Los gases (S, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>2</sub>) proceden del aire, de los combustibles y de la descomposición de materia orgánica, que aceleran o ralentizan el proceso de corrosión según su composición.

### El fenómeno de la corrosión

La corrosión es el proceso de deterioro espontáneo que sufren los metales como resultado de reacciones de naturaleza química y/o electroquímica con el medio ambiente que los rodea. Esas reacciones químicas se conocen como reacciones de oxidación-reducción, y se producen sobre un metal para formando productos estables (óxidos) e inestables si están activos. Esto provoca la pérdida de sus propiedades originales, cuya tendencia va a ser volver a la formación de productos minerales, su estado más estable, previo a su transformación como metal. Se traduce en una serie de modificaciones cuya velocidad será más lenta o más rápida que según la naturaleza del metal, su potencial de oxidación-reducción, presencia de otros metales y las condiciones a las que esté expuesto. Por lo tanto cuanto más noble sea el metal menor será la velocidad (CHAMÓN, 2010).

Es necesario un intercambio de partículas entre los reactivos para que se dé la corrosión. En realidad, se dan dos semireacciones, cuya suma originará la reacción de oxidación-reducción o REDOX, es decir, se va a producir una semireacción de oxidación, en la que una sustancia pierde electrones, y una semireacción de reducción en la que una sustancia gana electrones. Se requieren tres condiciones para que se produzca dicha reacción: 1) que haya una semirreacción de oxidación o anódica; 2) que exista una semirreacción de reducción o catódica; 3) que actúe un medio conductor de electrones y de iones. Si no se da alguna de ellas, no ocurrirá dicha reacción.

### Tipos de corrosión:

En la superficie del metal, particularmente en el caso de aleaciones, la porosidad, espacios entre los granos de diferente composición, inclusiones combinando elementos diferentes, son los sitios preferidos para los procesos de corrosión. En función de la microestructura del metal, se van a dar diferentes tipos de corrosión. Existen varias clasificaciones:

En función del área de extensión de la corrosión, se pueden dar los siguientes tipos:

- Corrosión generalizada o activa → el tipo más común de corrosión. Se da de manera uniforme por toda la superficie del metal. El material original va perdiendo espesor y transformándose en una capa de productos de corrosión de mayor volumen, en muchos casos, que la original. Esta capa puede ser pulverulenta. En muchos casos hace difícil ver la superficie original o detalles como decoraciones (SCOTT, 2002)
- Corrosión localizada o pitting/picadura → el ataque que se da en la superficie metálicas es en áreas concretas, de manera focalizada. Suele provocar pequeños cráteres o picaduras que en algunas ocasiones pueden atravesar la pieza sin producir apenas productos de corrosión. Es una de las corrosiones más peligrosas. (DONATE, 2014)

Y en función de la causa o factores que inducen a la corrosión, se podrían clasificar en los siguientes tipos:

- Corrosión bajo tensión → es un tipo de corrosión localizada que se debe a la acción combinada de las tensiones externas o internas (manufactura del objeto) y el medio específico (temperatura, tipo de metal, ambientes de cloruro). Puede ocasionar incluso la rotura de la pieza.
- Corrosión de aireación diferencial → se produce en zonas de la pieza donde llega gran cantidad de oxígeno (disuelto en agua, o al estar la pieza al aire libre) frente a otras zonas donde la llegada de oxígeno está impedida y no llega al metal. Esta corrosión produce zonas localizadas de pH muy ácido. La presencia de aniones despasivantes (el cloro) general ácidos minerales (HCl), que disuelven el metal. Es un proceso autocatalítico y una vez que se inicia se propaga cada vez a mayor velocidad. (CHAMÓN, 2010).
- Corrosión microbiana → se debe a la presencia de microorganismos, fundamentalmente bacterias, que en su metabolismo generan productos oxidantes. La presencia de agua y calor generan un cóctel exquisito para el desarrollo de actividad microbiana. (CHAMÓN, 2010).
- Corrosión diferencial o electroquímica → al entrar en contacto un metal más noble con otro menos noble, este último se oxida o disuelve, salvando el más noble o de mayor potencial.

Independientemente de cuál de los tipos de corrosión tenga lugar, la pieza tenderá a ir perdiendo su naturaleza metálica y a ir transformándose en productos minerales de corrosión, de menor densidad que el metal original, pero de un volumen mayor, que provocarán un cambio de color y el debilitamiento de sus propiedades mecánicas.

### La corrosión del cobre

La corrosión más habitual del cobre y de las aleaciones de base cobre se conoce como la enfermedad o peste del bronce. Es un deterioro progresivo que se produce cuando la humedad relativa es elevada, llegando a causar grandes daños con rapidez.

En el proceso de corrosión del cobre, lo primero que se va a producir son unas capas estables, continuas y homogéneas de óxido de cobre ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), cuprita y tenorita. También pueden formarse compuestos de carbonatos (malaquita y azurita) que generan de igual manera una pátina al combinarse con agua y  $\text{CO}_2$ . Estas pátinas, mientras no contengan cloruros, son estables y protegen al metal de la corrosión progresiva, guardando la forma original de la pieza. Pero si hay presencia de cloruros, al reaccionar con una humedad elevada y con el oxígeno, continúan con el deterioro, creando un compuesto inestable, que aumenta de volumen convirtiéndose en trihidroxicloruro de cobre. Los iones de cloro presentes en la mayoría de los suelos, pueden romper esa capa protectora de óxidos y carbonatos estables, estimulando la corrosión formando más cloruros de cobre ( $\text{CuCl}$ ) como la nantokita. En condiciones de ausencia de humedad y oxígeno, la nantokita permanece estable e inactiva en el interior de las capas de corrosión compacta. Pero si esos agentes entran en juego, se activa y reacciona formando más cloruro de cobre básico (atacamita, paratacamita) y al mismo tiempo más óxido cuproso o cuprita. Los cloruros básicos de cobre quedan atrapados dentro de los granos de corrosión o en las concreciones de las piezas y pueden aparecer con posterioridad a su excavación como brotes de corrosión muy destructiva. Ejercen presión sobre las capas más superficiales, produciendo la eclosión del grano y la dispersión de cloruros que de nuevo pueden generar más cuprita sobre la superficie. Exteriormente se percibe por la formación, bajo la pátina superficial, de bolsas de sales de cobre solubles que al aumentar de volumen producen unas ampollas, y es en el interior del grano donde se dan los problemas. Estas reacciones del proceso de corrosión son cíclicas, y hacen que el cloruro de cobre siempre esté presente hasta que se frene. Generan al objeto metálico una gran inestabilidad física tanto superficial como estructural, que se traduce en grietas, roturas e

incluso reducirlo a mineral de cobre hasta la completa destrucción del metal (SCOTT, 2002).

Veamos ahora las características de cada uno de los productos formados en la estratigrafía de la corrosión del cobre:

#### *Óxidos de cobre:*

Los óxidos de cobre aparecen por la combinación del metal con el oxígeno. Son la primera capa que se desarrolla sobre la superficie original de la pieza metálica. Las alteraciones en forma de óxido de cobre más frecuentes son la cuprita ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) y la tenorita ( $\text{CuO}$ ). Son poco porosos y protectores. Las piezas que los presentan suelen conservar bastante núcleo metálico. La **cuprita** es de aspecto rojizo aparece normalmente bajo los estratos de sales básicas de cobre. Este óxido de cobre preserva los detalles pseudomorfo de la superficie original de la pieza, por lo que en muchas ocasiones se deja como pátina (SCOTT, 2002). La **tenorita** tiene un aspecto de gris a negro verdoso. Aparece asociada a altas temperaturas antes o después del enterramiento del metal y a procesos de corrosión complejos. A veces aparecen pequeños puntos negros de tenorita con cuprita. Este óxido de cobre reproduce con mayor dificultad la superficie metálica original en comparación de la cuprita.

#### *Carbonatos de cobre:*

Cuando la presencia de  $\text{CO}_2$  es alta (debido a la oxidación del material orgánico en el entorno del yacimiento) aparecen los carbonatos de cobre. Los principales carbonatos de cobre son la malaquita ( $\text{Cu}_2(\text{OH})\text{CO}_3$ ) de color verde “esmeralda”, y la azurita ( $\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$ ) de un azul intenso. La **malaquita** tiende desarrollarse sobre la capa de cuprita, cuando en ambientes húmedos se disuelve el dióxido de carbono. Se ha dejado como pátina en muchos bronce antiguos (SCOTT, 2002). La **azurita** es menos estable y común que la malaquita y aparece asociada a ésta y a la cuprita, cuando se dan condiciones con altos niveles de  $\text{CO}_2$ , ya que puede transformarse en malaquita en presencia de humedad y valores bajos de dióxido de carbono (DONATE, 2014).

Ambos carbonatos, sometidos a temperaturas superiores a  $300\text{-}400^\circ\text{C}$  se descomponen y se transforman en tenorita. Pueden aparecer otros carbonatos de cobre como la georgita, que tiende a convertirse en malaquita con el tiempo y la calconatronita, un carbonato de sodio cobre, que ha sido identificado en aleaciones de cobre procedentes

de Egipto, donde las tierras son ricas en sales y se dan altos niveles de evaporación. La existencia de carbonatos de cobre es un buen indicador de la autenticidad de un objeto ya que no es fácil reproducirlo artificialmente.

#### *Cloruros de cobre:*

Los cloruros de cobre son la “enfermedad” de los metales de base cobre. Se forman cuando el Cu se encuentra en contacto con tierras salinas de las regiones desérticas o en ambiente húmedo cargado de NaCl. Permanecen inactivos hasta que reaccionan con la humedad y el oxígeno expandiendo su volumen y creando tensiones internas, llegando a causar fracturas o roturas. Su manifestación es en forma de erupciones pulverulentas o cerosas de color verde claro. Puede llegar a mineralizar el metal por completo. Los cloruros de cobre más importantes que se desarrollan en los objetos de base cobre son los trihidroxiclорuros de cobre: la nantokita, la paratacamita y la atacamita, la clinoatacamita, y la botallackita, isómeros de  $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ .

La **nantokita** tiene una tonalidad que va del verde pálido a blanquecino y de aspecto ceroso. La **atacamita** es el más común de los trihidroxiclорuros de cobre. Su sistema de cristalización es ortorrómbico. Su color varía de un verde esmeralda a un verde negruzco. No aparece como capa uniforme, y normalmente aparece acompañado de otros cloruros de cobre. La **paratacamita** se suele encontrar en forma pulverulenta o de depósito producido por la hidrólisis y transformación de la nantokita. Es de color verde claro o pálido. Su sistema de cristalizaciones romboidal. Se trata de un compuesto de pH ácido. El cobre que se encuentra bajo de este producto de corrosión actúa como ánodo, provocando picaduras o fisuras a causa de la pérdida de material. El proceso se repite de manera cíclica hasta la total conversión en cloruros de todo el metal (DIAZ, 2011:25). La **clinoatacamita** es similar a la paratacamita pero con sistema de cristalización monoclinico. La **botallackita** es el menos estable de todos los trihidroxiclорuros de cobre. Tiene un color verde azulado pálido y sus cristales son monoclinicos (SCOTT, 2002).

#### *Sulfuros de cobre y sulfatos básicos de cobre:*

En condiciones anaeróbicas como suele ser frecuente la presencia de bacterias reductoras de sulfatos, por ejemplo en suelos con humedad acusada o medio acuático, donde la actividad puede generar altos niveles de sulfato de hidrógeno o sulfuros básicos, que pueden formar complejos insolubles con elementos traza en sedimentos con poco oxígeno. Los objetos de base cobre enterrados en este tipo de condiciones pueden formar

sulfatos de cobre. El más común es la **calcocita** negra ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), y algunos de ellos son la **covelita**, **digenita**, o **geerita**. Los sulfuros se encuentran en forma de corrosión en pátinas formadas con oxígeno deficiente.

Los sulfatos se desarrollan en metales de base cobre expuestos a ambientes con niveles de contaminación de  $\text{SO}_2$  elevados. Destaca la **brocantita**, sulfato básico de cobre de color verde ( $\text{Cu}_4(\text{OH})_6\text{SO}_4$ ), un mineral bastante estable (SAN ANDRÉS, 2004:434).

#### *Fosfatos de cobre:*

Aunque no es frecuente encontrar fosfatos como productos de corrosión, sí que pueden aparecer cuando se dan ciertas condiciones ambientales en suelos de zonas áridas y siempre asociado a material orgánico semifosilizado (fuente de fósforo) como astas o huesos y sobre todo, en contextos de cremación. El más común es la **libetanita** o hidroxifosfato de cobre,  $\text{Cu}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})$ , de color verde oliva o brillante y de cristalización ortorrómbica. Aparece tiñendo la superficie de huesos. La presencia de fosfatos se asocia a restos de huesos, astas, etc., es decir, a cualquier fuente de fósforo, en contextos de cremación. Menos común es la **sampleita**, un fosfato de sodio, calcio y cobre, que sobre todo se desarrolla en zonas áridas. Es muy blando y de color azul perla brillante (DIAZ, 2011).

#### *Nitratos:*

Aparecen ocasionalmente como productos de corrosión asociados a carbonatos de cobre y cloruros de cobre, o bien a compuestos de bronce patinados artificialmente con ácido nítrico o nitrato de amonio. El más común de ellos es la **gerardnita** o trihidroxinitrato de cobre, de color azul/verde transparente que cristaliza de manera ortorrómbica (DIAZ, 2011).

#### 4.2. Estado de conservación de la pieza

Cuando se trata de piezas metálicas que provienen de excavaciones arqueológicas terrestres, los procesos de corrosión pueden llegar a una mineralización parcial o total del objeto. La corrosión en este medio es normalmente electroquímica y su evolución depende además de los factores que presente el suelo. Una vez que el objeto es excavado, se rompe el equilibrio alcanzado como hemos visto en los puntos anteriores.

El estado de conservación de una pieza arqueológica, por lo tanto, va a depender de su interacción con el medio en el que haya estado enterrada y su propia naturaleza. Como consecuencia, se van a desarrollar alteraciones en forma de productos de corrosión y a generar tensiones mecánicas. A continuación se presenta una detallada diagnosis del estado de conservación de la pieza (Cara A y Cara B), acompañada de los mapas de alteración y fotomicrografías:

El análisis del estado de conservación de la pieza se ha realizado a partir de su observación en el microscopio óptico (figura 20) y con la lupa binocular (figura 21). Todo parece indicar que la pieza fue intencionadamente partida y doblada. Como consecuencia, el deterioro ha sido aún mayor. Presenta un fuerte debilitamiento estructural y está muy mineralizada.



Figura 20. Examen del estado de conservación de la pieza bajo el microscopio óptico en el SECYR ©M.Turégano. 2015



Figura 21. Examen bajo el binocular del estado de conservación. Laboratorio Docente de Arqueología y Prehistoria (UAM). ©M.Turégano 2015.

## CARA A:

La cara A se encuentra en un avanzado estado de mineralización (figura 22) y presenta un acusado deterioro mecánico (figuras 23 y 24). La naturaleza del metal, su técnica de elaboración, su destrucción como ritual funerario y la presión de las tierras durante siglos, le han causado tensiones mecánicas que han originado una gran deformación del metal y el desarrollo de numerosas fisuras y grietas. Los huecos generados por estas tensiones, están colmados con las tierras y las cenizas de la tumba. Tiene pérdidas de material sobre todo en los contornos, lo que nos permite observar que la estructura interna está muy mineralizada.

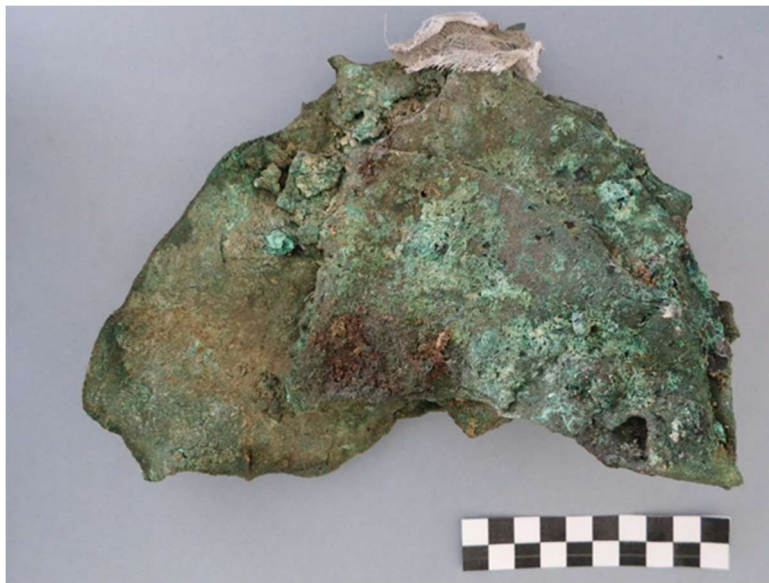


Figura 22. Estado de conservación inicial de la cara B. ©M. Turégano. 2015.



Figura 23. Estado de deformación que sufre la pieza. Se observan varias planchas de metal. ©M. Turégano. 2015.



Figura 24. Detalle de la deformación que presenta la pieza ©M. Turégano. 2013.



En primer lugar se distinguen tierras adheridas a la superficie, sobre todo concentradas en la parte izquierda y centro del metal (figura 25). También se han detectado en algunas zonas restos de carbonatos de calcio (color blanco). Se aprecia a simple vista los productos de corrosión del cobre, fruto de una corrosión muy agresiva



Figura 25.. Detalle de la superficie de la cara A con depósitos de tierras y productos de corrosión. ©M. Turégano. 2013

Se percibe la presencia de cloruros de cobre activos, en algunas zonas mezclados con tierras, y en otras en forma de focos muy localizados (figura 26). También hay manifestaciones de carbonatos de cobre (figura 27) en algunas áreas de la superficie.



Figura 26. Detalle de un de los focos de cloruros de cobre activos. ©M. Turégano 2016



Figura 27. Fotomicrografía de los productos de corrosión del cobre: cloruros de cobre en tonos verdes y carbonatos de cobre en azul. ©M. Tuégano. 2016

Bajo las tierras, se aprecia una capa de cuprita (figura 28). En principio no se ha detectado tenorita así como tampoco nantokita.

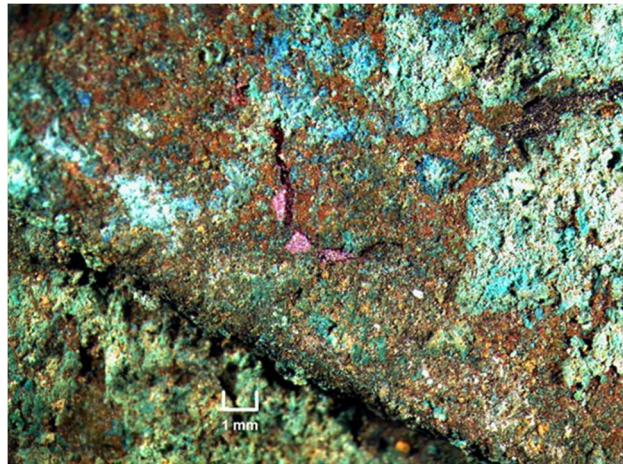


Figura 28. Fotomicrografía de la superficie donde se distingue la cuprita. ©M. Turégano. 2016

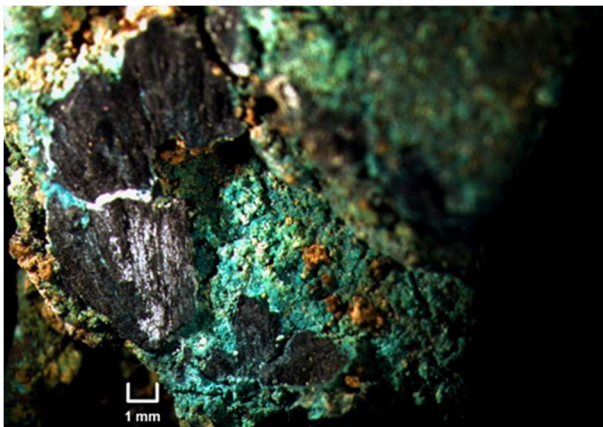


Figura 29.. Fotomicrografía donde se aprecian los restos de carbón bajo los cuales se han desarrollado los productos de corrosión del cobre. ©M. Turégano. 2016

También se han encontrado restos de carbón (figura 29): podrían ser restos de la madera usada en la pira, restos de elementos también de madera de otras armas (escudo, vástago/asta de madera de la lanza). Al haber material orgánico, seguramente haya fosfatos como la libethenita, asociada a cualquier fuente de fósforo, por ejemplo, los contextos de cremación (huesos

humanos) como es el caso de esta pieza.

A parte de la corrosión del cobre, se observaron varias manchas oscuras que probablemente son productos de corrosión del hierro (figura 30). Podría tratarse de restos de algún fragmento de hierro que formara parte de la pieza o bien depósitos de óxidos ajenos a la pieza, procedentes de la cremación de otras armas próximas o de algún objeto de adorno personal.



Figura 30. Detalle de las manchas de corrosión del hierro sobre la superficie. © M. Turégano, 2016

## CARA B:

Este lado de la pieza estaba engasado y fue necesario retirarla para ver el estado en el que se encontraba. Una vez retirada la gasa, lo primero que se pudo distinguir es que la plancha más grande tenía adosada encima otra de la misma longitud muy deformada, y doblada y enrollada sobre sí misma (figura 31). Al igual que la cara A, presenta un acusado deterioro mecánico. Se observan varios abultamientos y algunas zonas hundidas (figura 32). Los huecos generados están colmados de tierras y cenizas. La superficie estaba cubierta por una película de Paraloid y bajo ésta, una capa compacta de tierras y carbonatos.



*Figura 31. Estado inicial de conservación de la cara B, después de retirar las gasas. ©M. Turégano, 2016.*



*Figura 32. Detalle de la deformación de la superficie de la cara B. ©M. Turégano, 2016*

Se detectaron varias grietas de gran tamaño que han dado lugar a la rotura del metal. En el centro de la pieza, sobre la segunda plancha doblada, se ha detectado un depósito de forma alargada y estrecha, de color oscuro (figura 33) Habrá que esperar a la limpieza para determinar de qué se trata, pero podrían ser tierras con restos de Paraloid, o quizá restos de materia orgánica.

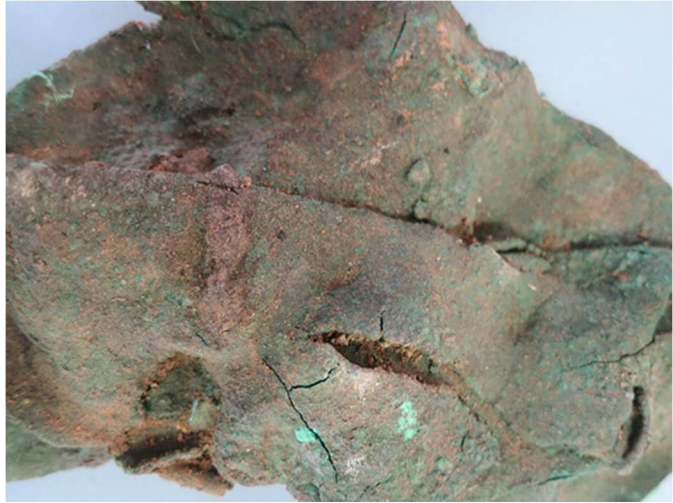


Figura 33. Grietas y depósito alargado sobre la superficie de la cara B. ©M. Turégano. 2016.

En algunas áreas se aprecian pequeñas ampollas. Tiene varios focos de cloruros muy activos (paratacamita y/o atacamita) sobre este pliegue (figura 34). Y también presentaba puntos de carbonato cálcico. En algunas zonas del borde hay pérdida de material, que permite ver la mineralización en forma de cloruros y de óxidos de cobre y la ausencia del núcleo metálico (figura 35).

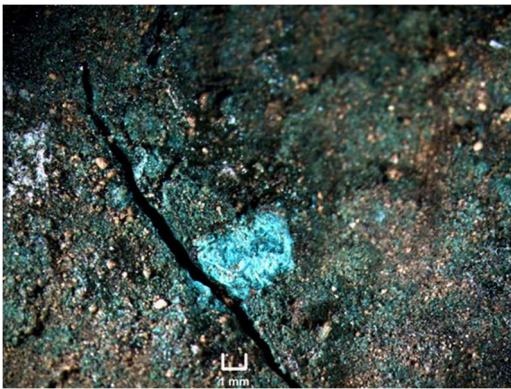
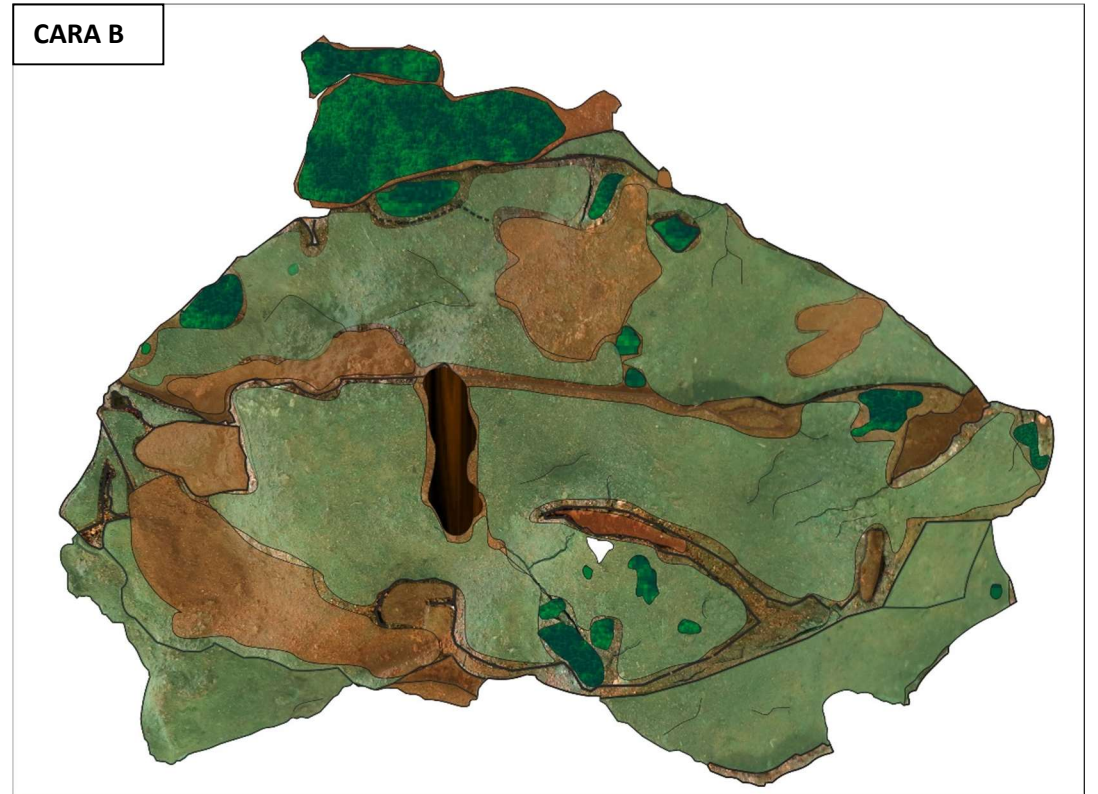
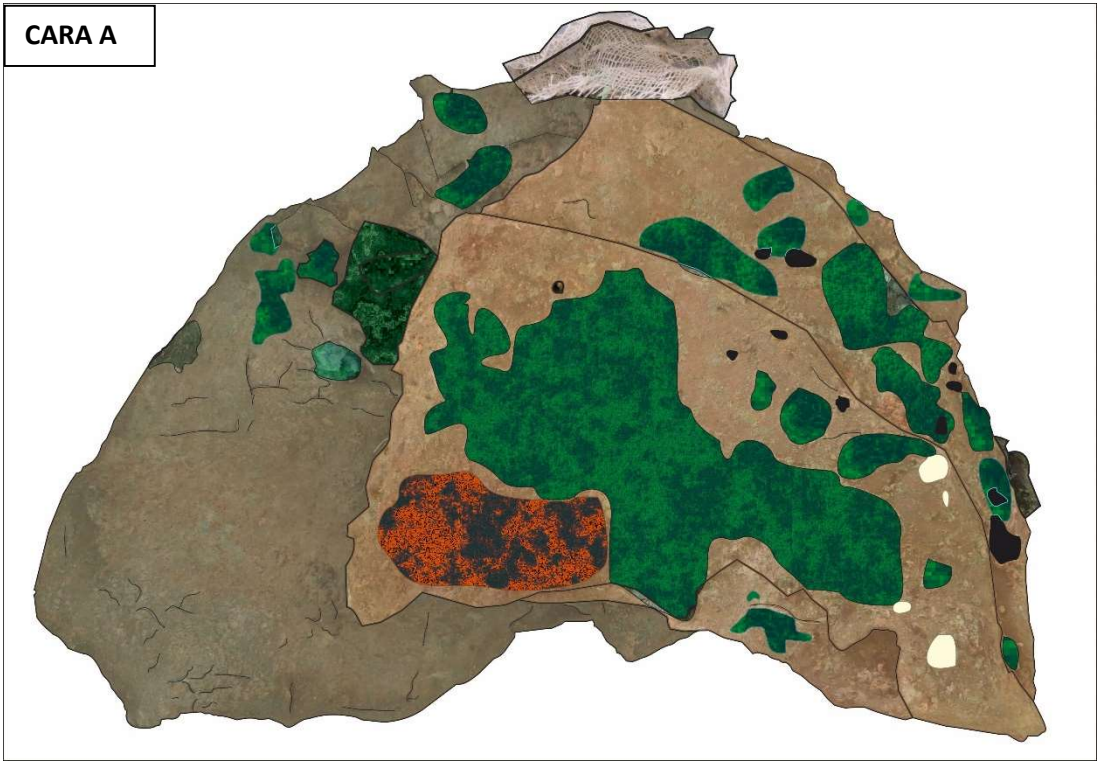


Figura 34. Fotomicrografía de detalle de uno de los focos activos de cloruros de cobre, próximo a una grieta. ©M. Turégano. 2016














Figura 35. Vista de perfil, donde se observa la pérdida de material y la mineralización interna de la pieza. ©M. Turégano. 2016

Se intuyen dos remaches cuadrados en la plancha base, muy próximos entre sí, perforados cada uno por pequeño vástago de sección circular También se han divisado lo que podría ser otros dos vástagos sobre la superficie de esa misma plancha.



Mapas elaborados con Corel DRAW X7. ©M.Turégano. 2016.

	PARALOID+ TIERRAS +CLORUROS		ÓXIDOS DE HIERRO		CARBONATO CÁLCICO
	TIERRAS		ENGASADO		RESTOS M.ORGÁNICA QUEMADA
	TIERRAS + CLORUROS		CLORUROS DE Cu		GRIETAS
					¿RESTOS ORGÁNICOS?

### 4.3. Estudio físico y químico

#### 4.3.1.1. Técnicas de examen y las técnicas instrumentales de análisis

Una parte muy importante previa la intervención directa sobre el objeto, es el estudio físico y químico de la pieza. En la actualidad, existe una gran variedad de técnicas analíticas aplicadas al estudio de objetos arqueológicos, a las que es recomendable recurrir en la fase preliminar de la investigación. Estas técnicas pueden aportar una información “oculta” de vital importancia para nuestra investigación y nos pueden dar la clave de cómo actuar (o no) sobre nuestra pieza y a diseñar una metodología de trabajo adecuada.

Se puede establecer una primera clasificación de estas técnicas en dos grupos: las técnicas de examen y las técnicas instrumentales de análisis. Las técnicas de examen son aquellas generalmente no destructivas que nos permiten realizar con más o menos profundidad un estudio de la superficie y el interior de la pieza sin obtener una caracterización composicional (PARDO NARANJO, 2012: 29). Para determinar la composición química de la pieza acudiremos a las técnicas instrumentales de análisis, que nos permiten además profundizar más en el estudio de la estructura, la morfología de la superficie, las propiedades físicas de un material, etc. Pueden ser clasificadas en función del grado de invasión del objeto<sup>9</sup>, del grado de transformación sufrida por la muestra tomada<sup>10</sup> durante el ensayo, la profundidad del análisis del material<sup>11</sup>, el grado de especificidad química<sup>12</sup>, y el tipo de material identificado<sup>13</sup>. De manera general, distinguiremos entre **técnicas instrumentales de análisis no destructivas** y **técnicas instrumentales de análisis microdestructivas**. Las primeras son aquellas que no

---

<sup>9</sup> No destructivas (no es necesario toma de muestras) y microdestructivas (requiere toma de muestras: muestra polvo o en sección transversal).

<sup>10</sup> Hacia la muestra, serán no destructivas (la muestra está disponible para posteriores análisis) y destructivas (requiere un pre-tratamiento que destruye la muestra)

<sup>11</sup> Análisis superficial o masivo (sin especificar la situación de cada componente), y superficial + mapeo o estratigráfico (especificando la situación de cada componente).

<sup>12</sup> Análisis elementales (identifican los elementos químicos presentes en la muestra u objeto o composicionales) o composicionales (identifican los compuestos químicos presentes en la muestra u objeto)

<sup>13</sup> Componentes orgánicos (aceites, barnices, colorantes orgánicos, etc ) e inorgánicos (Identificación de minerales)

necesitan muestras para realizar el análisis y, generalmente, no hay contacto físico directo con el objeto. Mientras que las segundas requieren cuanto menos el contacto directo con la superficie del objeto, o bien una muestra (preparada de manera adecuada según la técnica elegida).

Todas ellas en su conjunto nos ayudarán a realizar una diagnosis del objeto arqueológico (su estado de conservación, composición original, productos de corrosión que presenta), determinar la técnica de fabricación, e incluso, identificar falsificaciones. Por otro lado, estas técnicas son un apoyo continuo durante los procesos de restauración y conservación preventiva y fundamental para el estudio histórico-arqueológico de las piezas.

En los últimos años se está imponiendo con más fuerza el uso de métodos de análisis no destructivos o técnicas no invasivas siempre que sea posible, ya que permiten obtener información de la pieza sin tener que extraer una muestra del original (y por lo tanto perder una parte del objeto), o aprovechar como muestra fragmentos irrecuperables que venían ya desprendidos de la excavación o durante el proceso de limpieza (BARRIO, J., 2006). En ocasiones, expresamente justificadas, se podrá extraer una micromuestra lo más representativa de la totalidad del objeto. Deberán tenerse en cuenta las limitaciones de los métodos de análisis, y la necesidad de combinar dos o más de ellos para obtener resultados más fiables. El orden de prioridad de aplicación de los diferentes análisis resulta necesario, ya que unos pueden interferir con otros (Proyecto Coremans, 2016).

#### Elaboración de un planteamiento metodológico:

Es necesario elaborar un planteamiento o protocolo de actuación que nos marque las etapas que deben darse en un estudio de diagnóstico e intervención, qué técnicas de análisis son las más adecuadas y a las que se puede acceder debido al factor económico. Se debe:

1. Definir los objetivos: qué queremos saber: conocimiento de los materiales que componen el objeto arqueológico (estudio del material original, de los añadidos si los hubiera, de los productos de alteración); tecnología de la pieza; determinar y apoyar los procesos de limpieza y estabilización de la pieza.

2. Dependiendo de los objetivos y de la naturaleza de la pieza, seleccionar qué método de análisis es el más adecuado recurriendo a un equipo interdisciplinar, prevaleciendo siempre las técnicas no destructivas (no invasivas).
3. Dependiendo de la técnica elegida, será preciso seleccionar el área a analizar o la zona de extracción de la muestra a partir del mapa de alteraciones. Se ha de documentar la muestra incluyendo fotomicrografías del área a analizar. También puede aprovecharse algún fragmento desprendido que no vaya a integrarse, o bien en el caso de un análisis no destructivo, es posible reubicarlo.
4. Ejecución y desarrollo del análisis, realizado por un técnico especialista engloba las siguientes tareas: toma de datos, elaboración e interpretación de los resultados, y preparación del informe final del análisis. Es muy importante que haya un buen entendimiento entre técnico analítico especialista y el restaurador para que los resultados sean coherentes.
5. Es recomendable combinar varias técnicas para poder comparar y corroborar resultados. El orden de prioridad de aplicación de los diferentes análisis resulta necesario, ya que algunos de ellos modifican la muestra, bien porque es preciso prepararlas previamente o bien porque el análisis en sí altera la naturaleza de la pieza, llegando incluso a su destrucción. Por ello es habitual primero usar aquellas que no requieren la destrucción de las muestras.

A partir de los resultados obtenidos, podemos definir una propuesta de intervención de la pieza: la técnica o combinación de técnicas de limpieza, inhibición, consolidación y protección final son las más apropiadas, y por último, recomendar una serie de condiciones de conservación y mantenimiento preventivo que deben llevarse a cabo para la buena preservación y perdurabilidad del objeto.



#### 4.3.1.2. Las técnicas de análisis aplicadas a la pieza

Para abordar un análisis preliminar anterior a las tareas de restauración, se debe primero identificar la naturaleza del material con el que está fabricado el posible casco de El Salobral. En este caso se decidió el uso de las técnicas de examen como primer acercamiento a la pieza: son lupa binocular y microscopio óptico para realizar el examen visual preliminar y la radiografía de rayos X. Después se combinaron dos técnicas instrumentales de análisis, una no destructiva, la difracción de rayos X – policristal (DRX-P) y otra microdestructiva, la espectroscopia de plasma inducido por láser (LIBS). En el caso del LIBS la muestra fue la propia superficie del metal y en el de DRX-P, unos fragmentos desprendidos del objeto que no iban a ser reintegrados.

Sin entrar en detalles técnicos puesto que no es el objetivo de este trabajo, pasaremos a describir en qué consiste cada una de las técnicas utilizadas, qué nos pueden aportar para el análisis de la pieza, los equipos usados, su aplicación al objeto n° 318 (SECYR) y los resultados obtenidos.

##### A) Técnicas de examen

###### a. El examen visual como primer acercamiento a la pieza

##### *Lupa binocular y Microscopio óptico*

El análisis visual preliminar de la pieza se realizó en el Laboratorio Docente de Prehistoria y Arqueología de la UAM y en el SECYR.

La lupa binocular es el instrumento básico e imprescindible en un laboratorio de restauración arqueológica, como primera toma de contacto con la pieza. Podemos ver el objeto sin necesidad de preparación de las muestras. Consiste en un microscopio en el que se compuesto por dos oculares, con una lupa en cada uno de ellos (PARDO, 2012: 30).

El microscopio óptico (MO) permite ver detalles de la fabricación del objeto, restos de decoraciones y otros elementos que de otra forma no son visibles con un mayor aumento. De entre todos los tipos que existen, en Arqueología y en Restauración, los más usados son los microscopios estereoscópicos (compuestos y con dos oculares) (PARDO, 2012: 32).

Existe la posibilidad de acoplar en los modelos trioculares una cámara fotográfica digital para realizar fotomicrografías de aquellas zonas que más interesen (productos de corrosión, fisuras, grietas o decoración) antes, durante y después de los tratamientos de restauración. Aparte de apoyar el examen visual, completa el registro documental de la pieza (figura 36)

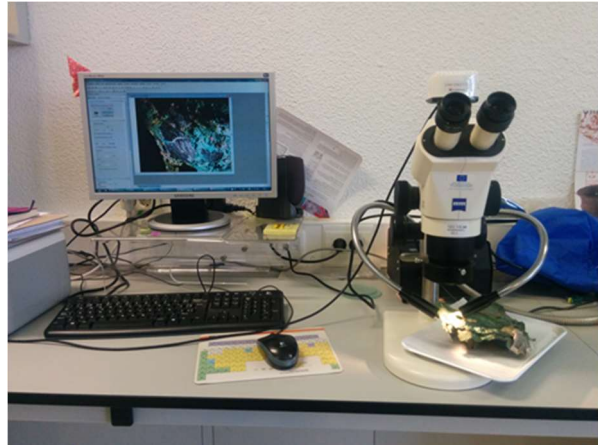


Figura 36. Equipo de microscopio óptico con cámara acoplada del SECYR. ©M. Turégano. 2016

### Resultados obtenidos:

Estos dos equipos ayudaron a diagnosticar el estado de conservación de la pieza, apoyaron la elaboración del mapa de alteraciones y nos acercaron a las posibles causas de deterioro. Con la lupa binocular se determinó su estado de conservación y los tipos de corrosión y productos generados. Se detectaron también varios remaches y perforaciones, grietas y fisuras. Gracias al MO conseguimos una identificación preliminar de los productos de corrosión del cobre, el tipo de tierras y restos de carbón procedente del lugar de enterramiento. Todo ello fue documentado con una serie de fotomicrografías (figuras 37, 38, 39 y 40).



Figura 37. Fotomicrografía de uno de los focos de cloruros, y al rededor tierras. ©M. Turégano. 2013



Figura 38. Fotomicrografía de tierras y corrosión del cobre © M.Turégano.2013



Figura 39. Fotomicrografía de una de las grietas de la superficie de la Cara A, con cloruros de cobre al rededor. ©M.Turégano.2013

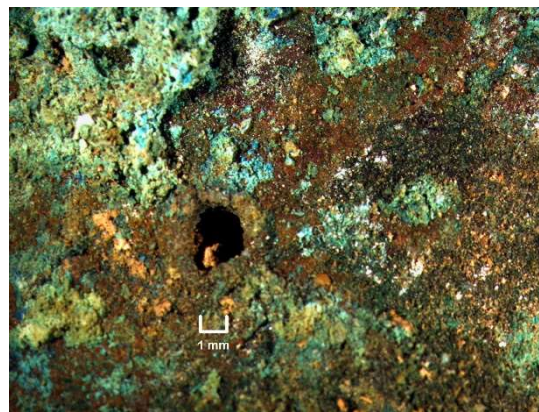


Figura 40. Fotomicrografía de detalle de la perforación en la superficie de la cara A ©.M. Turégano. 2016

### *Radiografía de Rayos X*

Para completar el examen inicial, se efectuó una radiografía de Rayos X. Se realizó en el Instituto de Patrimonio Cultural Español (IPCE) de acuerdo con el protocolo de actuación<sup>14</sup> seguido en el Área de Laboratorios de la institución.

La técnica radiográfica aplicada a los BBCC es sin duda una de las técnicas no destructivas que mayor información proporciona a la hora de abordar el proceso de restauración, ya que nos da una imagen directa del estado de conservación (VVAA, 2010). Es de gran utilidad especialmente para los objetos metálicos puesto que suelen presentar una capa externa de concreciones que pueden ocultar estructuras internas hechas con otros materiales, decoración, ausencia de núcleo metálico, etc.

Esta técnica se fundamenta en la irradiación del objeto con rayos X, registrándose la radiación transmitida en una placa radiográfica. La intensidad de la radiación registrada, (aquella que consigue atravesar el objeto) depende de la naturaleza de los materiales (composición y densidad). Siendo esta la base de la radiografía. La placa o imagen digital obtenida permite conocer su forma y estructura del objeto, su estado de conservación y signos de deterioro no visibles (fisuras, grietas, pérdida de material), detectar elementos añadidos o distintos de la pieza ocultos (remaches, restauraciones antiguas o de época, otros materiales que la conforman), detección de los indicios de las técnicas de elaboración y conformado del objeto (martilleado, soldaduras, discontinuidades de

---

<sup>14</sup> Consta de tres fases: fase de petición del estudio (ficha de petición), fase de ejecución del estudio (ficha de ejecución), y fase de resultados (informe).

colada), y decoraciones ocultas por capas de corrosión (nielados de plata en empuñaduras de espada, esmaltes en broches de cinturón, sobredorados, técnicas decorativas, etc.). (PARDO, 2012: 36).

#### Resultados obtenidos:

La radiografía resultante (figura 41) confirmó algunas de las suposiciones que se tenían. Al estar la pieza engasada por uno de sus lados, cabía la posibilidad de que su estado de conservación en ese lado fuese cuanto menos delicado o frágil. Al observar la imagen se detectaron varias cosas: las áreas de bajo nivel de gris o más blancas (elevada absorción radiográfica y baja densidad fotográfica) coincidía con la zona de mayor agrupación de dobleces y por lo tanto, donde se concentra mayor cantidad de metal. El resto de la pieza aparece en grises más oscuros (baja absorción radiográfica y mayor densidad fotográfica) ya que son áreas de menor espesor y/o mayor densidad, coincidiendo con las zonas más alteradas por la corrosión y de escaso o nulo núcleo metálico (zonas altamente cloruradas). Este nivel de degradación significa la total pérdida del núcleo metálico. También se detectaron multitud de grietas y pequeñas fisuras por toda la superficie, sobre todo en los contornos, algunas de ellas no se apreciables en el examen visual. Por otro lado, se constató que la forma semicircular de la pieza conservada en la actualidad. Y además en una observación más detenida, las zonas dobladas podrían corresponder también a semicircunferencias. Así mismo, se observó que la parte superior no estaba cerrada, lo cual no encajaría en principio con la morfología de un casco. Además en la parte inferior derecha de la radiografía se ven unos fragmentos no accesibles que podrían ser partes desprendidas de la propia pieza o bien pertenecer a otro objeto.

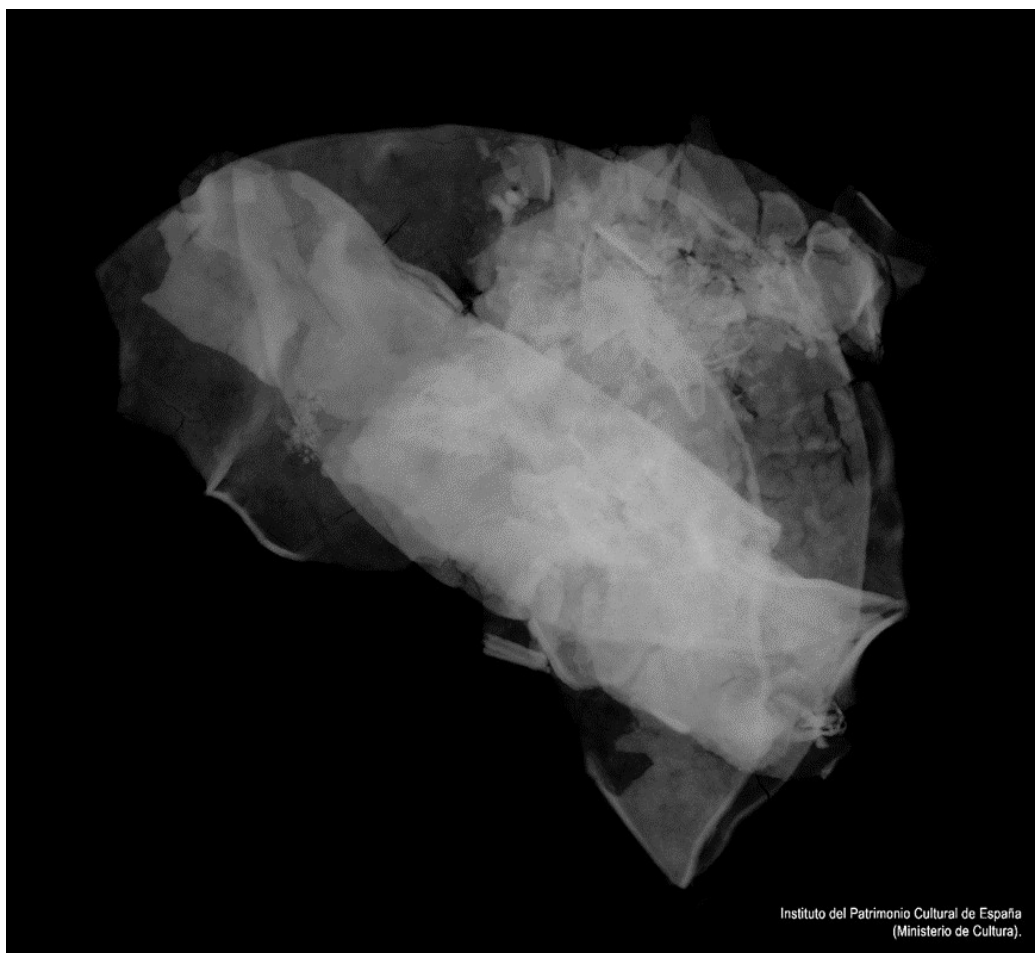


Figura 41. Radiografía digital. Parametros:  $V=150kV$ ;  $I=5mA$  ;  $t_{exposición}=20s$ ;  $denfoque=1cm$ ; pantalla de Pb (0,10-0,15), filtro de Al y película D-7. IPCE (Madrid) 2013.

b. Técnicas instrumentales de análisis no destructivas o microdestructivas

El estudio físico-químico de la pieza fue realizado en diferentes etapas y con tres tipos de técnicas instrumentales: espectroscopia de plasma inducido por láser (LIBS), difracción de rayos X – policristal (DRX-P) y microscopía electrónica de barrido con espectroscopia de energía dispersiva de rayos X (SEM/EDS). Dichos análisis han sido llevados a cabo por el personal y con los equipos de los laboratorios del SECYR y del Servicio Interdepartamental de Investigación (SIIdI) de la UAM.

En 2013<sup>15</sup> se realizaron los primeros análisis con LIBS sobre la superficie aún sin limpiar la pieza. En 2014<sup>16</sup> se analizó con DRX – P y SEM/EDS varias muestras preparadas a partir de fragmentos desprendidos, como parte de un estudio de los efectos de limpieza láser en bronce arqueológicos. Por último, durante la limpieza de la pieza, se volvieron a realizar análisis con LIBS con motivo de esta investigación.

### *Espectroscopia de plasma inducido por láser (LIBS)*

La espectroscopia de plasma inducido por láser, comúnmente llamada LIBS, acrónimo de su nombre en inglés: *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy*; es una técnica espectroscopica de emisión atómica, aplicada a materiales inorgánicos, que permite una identificación rápida de la composición elemental de la muestra irradiada (CREMERS y RADZIEMSKI, 2006).

Esta técnica se basa en la ablación del material sin preparar mediante un pulso láser de corta duración, lo que provoca una pequeña marca sobre la superficie, considerándose por tanto una técnica microdestrucciona. El material ablacionado, formado por átomos e iones excitados (en un estado transitorio de micro-plasma, coloquialmente también llamada pluma de plasma) emite radiación la cual, previa resolución espectral, permite determinar la composición elemental (cualitativa y en algunos casos semicuantitativa) de la muestra (PONCE, *et al.*, 2008: 85).

El LIBS además puede ofrecer un estudio estratigráfico, caracterizando la composición por capas de la pieza, lo que la convierte en una herramienta perfecta para el estudio de limpiezas.

---

<sup>15</sup> Fue parte de mi proyecto final para el curso Especialización en Patrimonio Cultural: "Restauración de Metales Arqueológicos" coordinado entre el SECYR, la UAM y la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRyM) de México.

<sup>16</sup> como parte del trabajo de fin de máster "Laser photoablation as technique of cleaning applied to based copper artefacts of archaeological heritage" de Inmaculada Donate Carretero, actual técnico de análisis del SECYR.

### Análisis realizado y resultados obtenidos:

El equipo utilizado del laboratorio SECYR (figura 42) consta<sup>17</sup> de un láser Nd:YAG, Litron NANO S 130-10, Q-Switched, que emite en el segundo armónico ( $\lambda=532$  nm, “luz verde”) pulsos de varios nanosegundos ( $\sim 7$ ns); un espectrógrafo Andor SR.-163 de alta resolución (de rendija ajustable y con una red holográfica de 2400 líneas por milímetro) acoplado a una cámara ICCD, Andor iStar DH720 (con una matriz de 1024 x 256 pixeles de tamaño 26 x 26  $\mu$ m).

Para la asignación de las líneas de emisión se ha realizado utilizando las bases de datos de espectros atómicos NIST1 y LIBS database de OSCAR2, disponibles online.

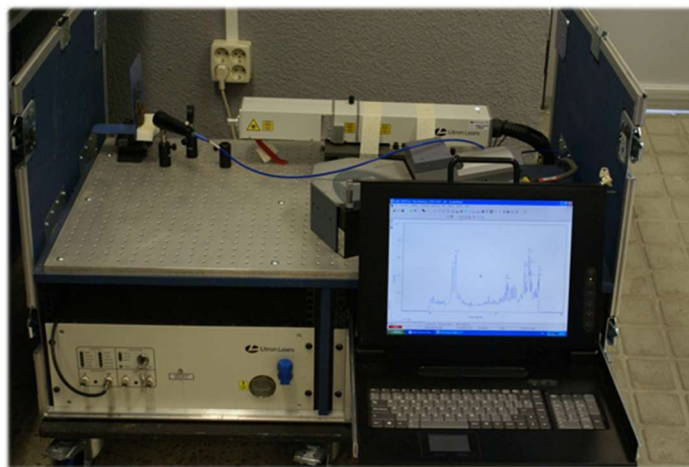


Figura 42. Equipo de LIBS del SECYR. © SECYR

Se analizaron varias zonas: la estructura interna (núcleo metálico) para determinar la aleación, los depósitos superficiales (figura 43) y uno de los fragmentos desprendidos (figuras 44 y 45).



Figura 43. Análisis con el equipo de LIBS sobre la superficie para identificar los depósitos superficiales. ©I. Donate.2014

<sup>17</sup> Datos facilitados por la técnico de análisis del SECYR, I.Donate.



Figura 44. Análisis con LIBS del fragmento desprendido. © I. Donte. 2014

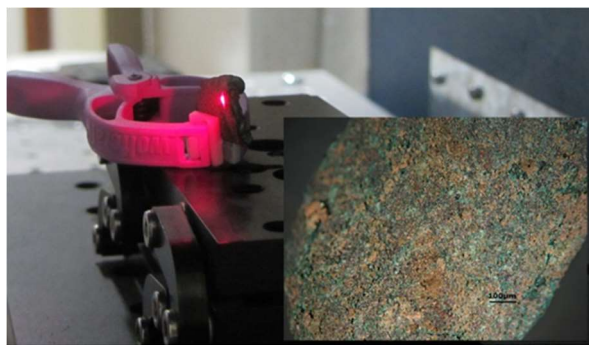


Figura 45. Detalle del análisis con LIBS sobre la muestra. © I. Donate. 2014

Los análisis realizados sobre la estructura interna y el fragmento desprendido generaron espectros de emisión (figura 46) donde es posible determinar la probable aleación original del objeto, en este caso una aleación de cobre y estaño (bronce binario). Por otro lado estos mismos análisis junto con los llevados a cabo en los depósitos (superficiales e internos) ofrecen la identificación de los elementos que componen las tierras depositadas sobre la pieza: calcio (Ca), magnesio (Mg), aluminio (Al), silicio (Si) y hierro (Fe). Por lo que se interpreta la presencia en las tierras de la excavación de carbonatos, aluminosilicatos y óxidos del Fe.

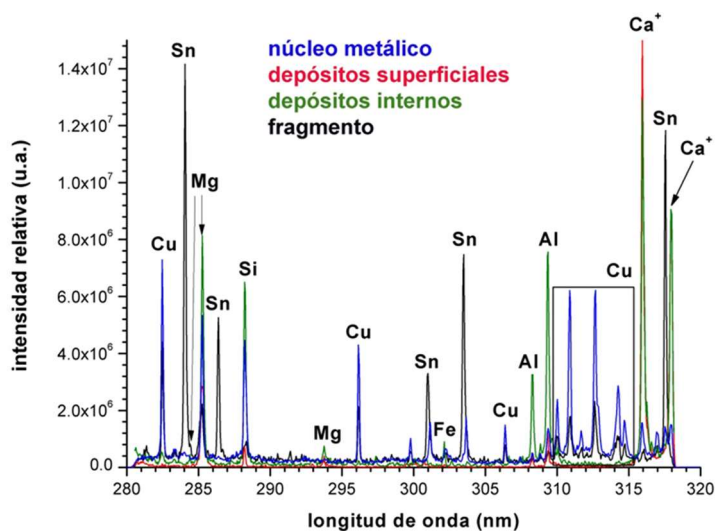


Figura 46. Espectro de emisión generado por el LIBS de las cuatro zonas analizadas de la pieza. © SECYR. 2014.

Sin embargo, dado que estas medidas se han realizado al aire libre, es decir, sin ningún tipo de atmosfera inerte para seguridad de la pieza, no fue posible detectar algunos elementos que corresponden a otros compuestos típicos de la corrosión del cobre como



oxígeno, cloro, o azufre. Por lo que para completar la caracterización de la corrosión, se recurrió a la técnica de difracción de rayos X.

### *Difracción de Rayos X – policristal (DRX-P)*

La difracción de rayos X - policristal es una técnica de caracterización estructural y composicional para materiales que presenten cierto grado de cristalinidad. Una de las aplicaciones que tiene es que permite identificar las fases cristalinas presentes en muestras sólidas de naturaleza cristalina. Esta técnica<sup>18</sup> está basada en las interferencias constructivas al incidir un haz de rayos X sobre una muestra, con una longitud de onda del orden de las distancias interatómicas del sólido que se quiera estudiar. La ley que rige la difracción de rayos X es la ley de Bragg. Los datos obtenidos se representan en un difractograma. Con las bases de datos cristalográficas<sup>19</sup> se puede llevar a cabo una identificación de fases cristalinas presentes en las muestras, en este caso con la ayuda del software X'Pert High Score Plus.

Fue realizada en Laboratorio de Difracción de Rayos X – policristal del SIdI. El equipo utilizado<sup>20</sup> es un difractómetro X'Pert PRO de Panalytical, (figura 47) con geometría  $\theta/2\theta$ , cuenta con un conjunto de rendijas motorizadas para trabajar en modo de rendijas fijas o rendijas variables, un monocromador Johansson para



Figura 47. Equipo de DRX-P del SIdI © SIdI

longitud de onda K-alfa, cambiador de muestras automático de 15 posiciones, un detector X'Celerator y monocromador secundario para el mismo y dispositivos para trabajar en

---

<sup>18</sup>[https://www.uam.es/ss/Satellite/es/1242668321033/1242666516966/UAM\\_Laboratorio\\_FA/laboratorio/Laboratorio\\_de\\_Difraccion\\_de\\_Rayos\\_X\\_Policristal.htm](https://www.uam.es/ss/Satellite/es/1242668321033/1242666516966/UAM_Laboratorio_FA/laboratorio/Laboratorio_de_Difraccion_de_Rayos_X_Policristal.htm)

<sup>19</sup> PDF-4+, base de datos de la International Centre for Diffraction Data (ICDD). 2013 y Downs, R.T. The RRUFF Project: an integrated study of the chemistry, crystallography, Raman and infrared spectroscopy of minerals., in Program (115)

<sup>20</sup> Datos facilitados por el SIdI:

geometría de transmisión con capilares. Las muestras en polvo se estudiaron a través de un ensayo de barrido theta/2theta.

#### Análisis realizados y resultados obtenidos:

Se prepararon cuatro muestras en forma de polvo:

- Muestra polvo 1, 2, 3: se obtuvieron de la bolsa en la que venía la pieza; son mezclas de compuestos del suelo y de productos de corrosión desprendidos de la superficie del metal. (figura 48)
- Muestra 4: arena procedente de la bolsa en la que la pieza de venía desde el yacimiento (figura49)

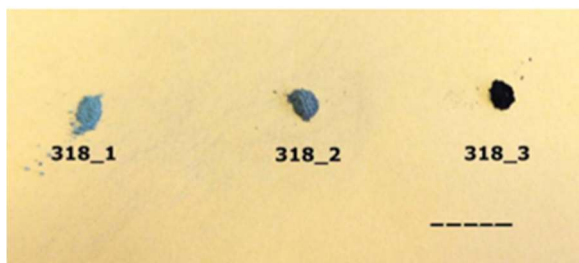


Figura 48. Muestras 318\_1, 318\_2, 318\_3 para analizar con DFRX. ©I.Donate. 2014.



Figura 49. Muestra 318\_4, arena. ©I.Donate. 2014

A partir de la comparación de los tres difractogramas obtenidos de las tres primeras muestras (figura 50) se observa que la muestra 318\_1 está compuesta principalmente por los productos típicos de la corrosión del cobre: cuprita ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), trihidroxicloruros de cobre (siendo la señal de la atacamita,  $\text{CuCl}(\text{OH})_3$ , la más intensa), que indica un proceso de corrosión agresivo (influenciado por la presencia de iones  $\text{Cl}^-$ ) y sulfato de cobre (brocantita,  $\text{Cu}_4^{+2}\text{SO}_4(\text{OH})_6$ ), que sugiere la presencia de azufre en los suelos ( que sumado a la humedad y la acidez del suelo favorece la reacción con el cobre). Los difractogramas para las muestras 318\_2 y 318\_3, indican una mezcla de los productos de corrosión de cobre con los compuestos del suelo: dos isómeros de carbonato de calcio (calcita y aragonita), dolomita, cuarzo y sulfato cálcico dihidratado (yeso). Además, en el difractograma de la muestra 318\_2 se identificó carbonato básico de cobre, malaquita.

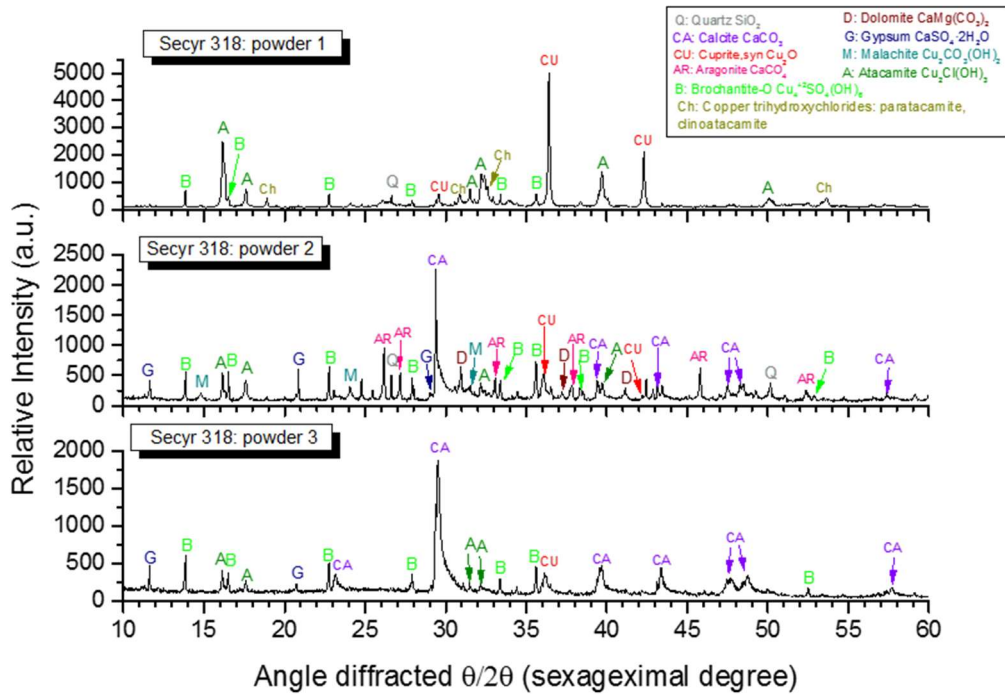


Figura 50. Difractograma obtenido del análisis con la técnica DRX-P, para las muestras 318\_1, 318\_2, 318\_3 © I. Donate. 2014.

Destaca la no detección de tenorita, óxido de cobre, que suele aparecer cuando la muestra se ha sometido a altas temperaturas (por ejemplo durante la cremación), así como la ausencia de compuestos de corrosión de estaño. Sin embargo, su no aparición en los difractogramas, no descarta su presencia, ya que si los compuestos no poseen un grado de cristalinidad suficiente o están presentes en cantidades muy pequeñas su detección es complicada. Además, la ausencia de estaño (Sn) también puede explicarse por una disolución selectiva de estaño en el medio exterior.

Las principales fases cristalinas detectadas en el difractograma de la muestra 4 (figura) que corresponde a las arenas procedentes del suelo) son: cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ), calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) y una señal débil de sulfato cálcico dihidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

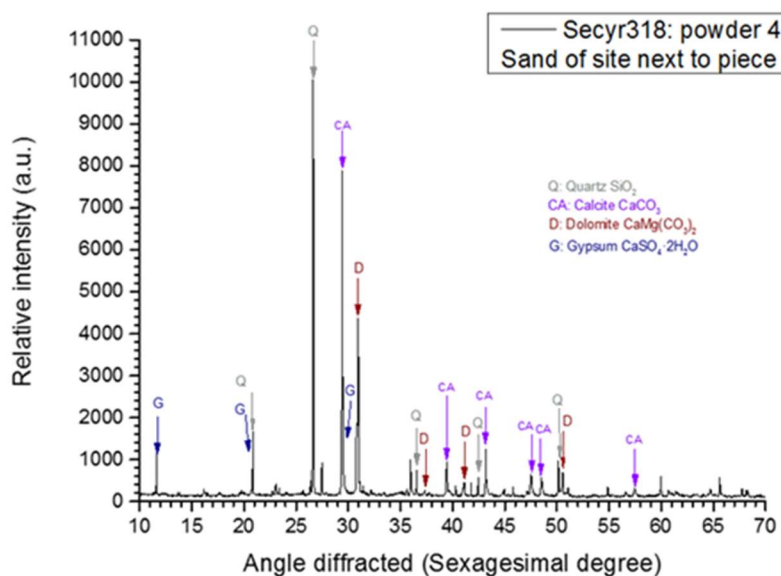


Figura 51. Difractograma de barrido de la muestra 318\_4, de arena procedente de la bolsa que contenía la pieza SECYR 318. ©I. Donate. 2014

Estos resultados complementan lo revelado por la técnica LIBS, sugiriendo la presencia en los suelos de carbonatos, silicatos y sulfatos. Estos últimos explicarían la formación de sulfatos del cobre (brocantita) en la pieza.

#### *Microscopía electrónica de barrido y espectroscopia de energía dispersiva de rayos X*

Para completar el estudio morfológico y composicional de la superficie y estructura interna, fueron analizados los fragmentos desprendidos de la pieza con la técnica de microscopía electrónica de barrido (comúnmente llamada SEM, acrónimo de su nombre en inglés: *scanning electron microscopy*) con espectroscopia de energía dispersiva de rayos X (también llamada EDS, de *energy dispersive X-ray spectroscopy*) en el SIDI.

La microscopía electrónica de barrido reúne una serie de técnicas que permiten la caracterización morfológica, estructural y de composición de superficies de una muestra a partir de imágenes con diferente grado de resolución. La muestra interactúa con un haz de electrones enfocado sobre la misma. Esa interacción da lugar a diferentes tipos de respuestas del material analizado en función de la energía del haz de electrones incidente y las características de la propia muestra.

Para la realización de este estudio se ha utilizado el equipo disponible en Laboratorio de Microscopía de Barrido y Análisis por Energía Dispersiva de Rayos X del SIdI, un Microscopio Electrónico de Barrido<sup>21</sup> S-3000 N. Su resolución es de 3nm a 25 KV, la tensión es variable en el rango 0,3-30 kV. Permite realizar medidas en alto o bajo vacío (en este caso se han realizado todas en alto vacío con una presión de unos  $10^{-5}$  mbar). Y se encuentra acoplado a un analizador de EDX de Oxford Instruments, modelo INCAxsight entre otros accesorios (figura 52).



Figura 52. Equipo Microscopio óptico de Barrido, Laboratorio de Microscopía de Barrido y Análisis por Energía Dispersiva de Rayos X del SIdI. ©SIdI

### Análisis y resultados

Las muestras analizadas (figura 53), con motivo de la investigación sobre limpieza láser en bronce<sup>22</sup>, fueron previamente tratadas con la técnica de limpieza láser con dos equipos: Nd:YAG: SFR (Short Free Running) y LQS (Long Q-switched) del SECYR. Tras el tratamiento láser se querían observar los efectos resultantes y la composición

---

<sup>21</sup> Datos facilitados por el SIdI.

<sup>22</sup> DONATE, I, 2014.

superficial e interna de los fragmentos. Puesto que lo que nos interesa es el análisis de la estructura interna no vamos a hacer referencia en este trabajo a los resultados<sup>23</sup> de los efectos con limpieza láser.

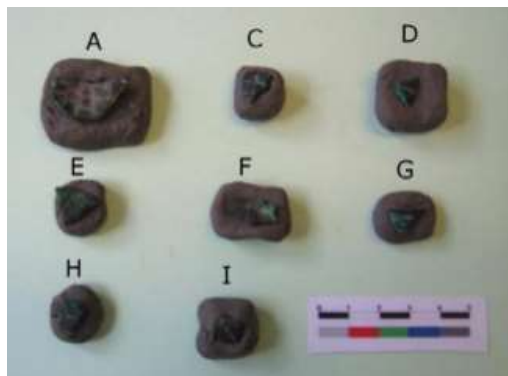


Figura 53. Fragmentos desprendidos de la pieza, usados como muestras para el análisis con SEM. ©I. Donate, 2014

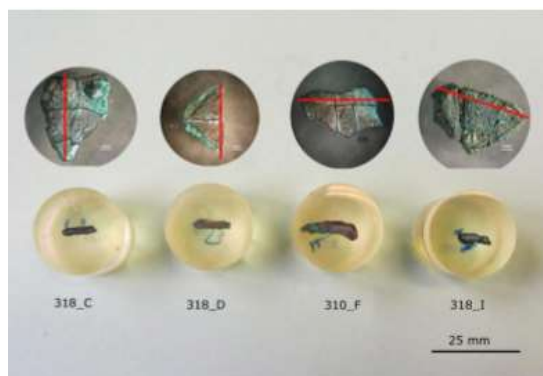


Figura 54. Muestras preparadas en resina epoxy. ©I. Donate, 2014

Como nos interesaba el estudio de la sección transversal, se embutieron en resina epoxy los fragmentos C, D, F e I, y posteriormente las muestras fueron metalizadas con oro (10 micras de espesor) para introducirlas en la cámara de vacío del microscopio electrónico de barrido para lograr la conductividad eléctrica necesaria de la superficie de las muestras.

Se utilizó la técnica SEM y el microscopio estereoscópico y compuesto óptico con luz reflejada, que permite un aumento de hasta 400X. Gracias a ello, se pudo examinar por un lado, los granos de la aleación de cobre y por otro lado, la morfología de la corrosión

El análisis elemental de las capas confirmó una corrosión muy agresiva, incluso llegando a la completa mineralización (figura 55). La estratigrafía resultante de la sección transversal, confirmaba que la capa más externa está formada por depósitos superficiales de tierras (Si), cloruros de cobre, sulfatos de cobre y óxidos de cobre (figura 56). Mientras que la capa inmediatamente inferior y el interior de la muestra, era cuprita.

Destaca el resultado obtenido para la muestra F, que confirma de nuevo la presencia de estaño como metal de aleación. También se han detectado en varias áreas internas de la sección transversal la presencia de inclusiones de plomo (Pb) aunque en un porcentaje bajo. Podría sugerir una contaminación. Llama la atención la identificación de

<sup>23</sup> DONATE, I., 2014.

plata (Ag) en algunas de las zonas analizadas de ese mismo fragmento. Al respecto, existen dos posibilidades: 1) la presencia de decoración en plata que ha desaparecido con el paso del tiempo o durante la cremación, o 2) tratarse de intrusiones sobre la muestra, procedentes de otro objeto de plata que al introducirlos dentro de la tumba, se depositaron y penetraron por las fisuras o grietas, con el tiempo. En el diario de excavación se registró que dentro de la urna cineraria habían depositado varios anillos de plata. Tanto para el plomo como para la plata, es necesario ampliar con estudios metalográficos en más profundos en futuras investigaciones.



Figura 55. Muestra F I analizada para identificar la estratigrafía de la corrosión. Se observa la ausencia total de núcleo metálico. © I. Donate. 2014

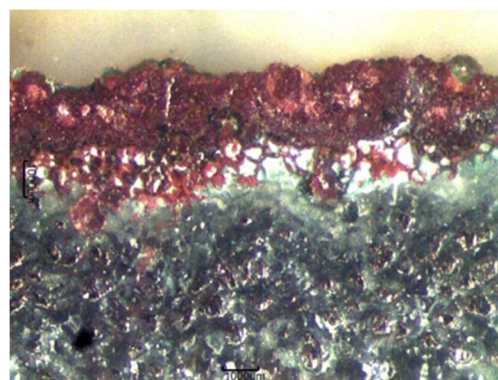


Figura 56. Muestra F. Fotomicrografía con binocular, 40X. En la capa más externa se identifica cuprita y sulfatos, y en las capas internas, cloruros © I. Donate. 2014



Figura 57. Muestra F. Fotomicrografía tomada por el estereomicroscopio, 90X. Ausencia núcleo metálico. © I. Donate. 2014

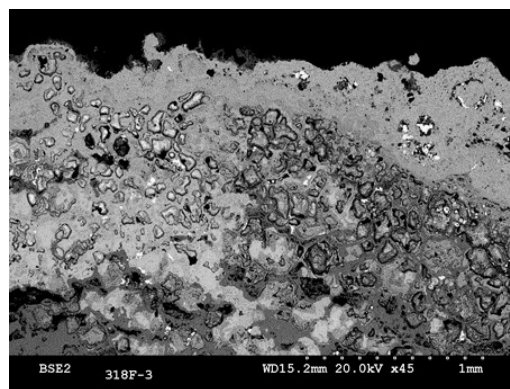


Figura 58. Muestra F. Imagen con SEM, 45X. Ausencia núcleo metálico. © I. Donate. 2014

#### 4.4. La importancia de la restauración de esta pieza

Durante muchos años una gran cantidad de armas como falcatas, espadas, cascos, escudos, *sofilerrea*, etc, fueron restaurados devolviéndoles su forma original o bien, reintegradas de manera incorrecta a partir de fragmentos de otras piezas. Se llevaban a cabo restauraciones muy intervencionistas, se creía que lo mejor era devolverles su estado original, estéticamente más bonito. Pero que en la gran mayoría de los casos provocó que se partieran y fuese necesario “repararlas”. Hasta hace relativamente pocos años el conocimiento sobre el rito de inutilización deliberada de las armas como parte del ritual funerario ibérico, era escaso o prácticamente desconocido. Por otro lado, la falta de colaboración y entendimiento (y a veces de interés) entre arqueólogos y restauradores, ha llevado en muchas ocasiones a interpretaciones erróneas y por tanto, a restauraciones incorrectas.

Un caso en relación a este tipo de restauraciones es el de un casco ibérico (figura 59) atribuido a la Necrópolis ibérica de la Galera (Granada), cuyo investigador fue el historiador y arqueólogo español, especialista en Prehistoria y en la Historia Antigua, Joan Maluquer de Motes (1915-1988). En primera persona cuenta que al llegar en 1959 al Instituto de Arqueología de la Universidad de Barcelona, se topa con materiales arqueológicos para preparar una colección didáctica, entre ellos, un casco aplastado, del que dice lo siguiente<sup>24</sup>:

*“[...]El casco había perdido el temple en la incineración del cadáver y había sido doblado dos veces sobre sí mismo, como si se tratara de una simple cuartilla. Por tratarse de un material conocido del mundo ibérico, aunque no demasiado abundante, intentamos ver si se podía desdoblar y devolverle su primitiva forma. Durante meses con un martillo de madera fui desdoblando el casco hasta conseguir primero la mitad del mismo y, luego, con una paciencia infinita desdoblarlo en lo posible. Llegó un momento en que ya no nos atrevimos a hacer más, temiendo la rotura de la plancha de bronce. Empezó entonces la búsqueda de soluciones para acabar de desdoblarlo y devolverle su forma primitiva. La solución la encontró nuestro amigo Francisco Rosella, restaurador de nuestro laboratorio por aquel entonces. Rosella conocía un*



Figura 59. Casco ibérico atribuido a la necrópolis ibérica de la Galera (Granada) tras su restauración.

<sup>24</sup> MALUQUER DE MONTES, J. (¿años 60?): “Un casco ibérico probablemente de la necrópolis de Galera (Granada) en el Instituto de Arqueología de la Universidad de Barcelona”. Barcelona.



*calderero de cobre que hacía verdaderas maravilla con las piezas. Dicho calderero, cuyo nombre desconocemos, había trabajado ya en alguna pieza para el Museo Arqueológico de Barcelona. En pocos días nos devolvió el casco en la forma presente y sin que apareciera más que una única rotura en el punto donde la chapa había sido doblada cuatro veces, pero que no afectaba a ninguno de los bordes [...]*”

Otro ejemplo es un casco de bronce del s. III a. C. cuyo origen es dudoso pero podría ser Soria, incluido en la colección Guttman. Según los datos que se conocen, se encontró aplastado y deformado. Fue sometido a una primera intervención que consistió en devolverle su estado original, rellenar las partes faltantes y soldarlas con las originales, y después patinarlo todo del mismo color. A finales de los años 80 por suerte, fue de nuevo intervenido y se eliminó el patinado artificial y las reintegraciones incorrectas (BORN, 1993), si bien las imágenes ofrecen muchas dudas al respecto.



Figura 60. Casco ibérico de la Colección Guttman tras su primera intervención.



Figura 61. El casco ibérico tras la segunda restauración.

Consultando la base de datos del Museo Arqueológico Nacional (MAN), se localizó una ficha con nº de inventario 10469 de la falcata de la necrópolis de los Collados (Almedinilla, Córdoba), en la que se incluye la siguiente nota: *La mayoría de las falcatas conocidas, proceden de necrópolis de incineración donde fueron depositadas, junto a otros elementos de ajuar y muchas veces se hallan deformadas ritualmente, bien para evitar que puedan ser reutilizadas, bien para que quepan en algunas sepulturas. Y, a veces, han sido devueltas a su estado recto en procesos de restauración antiguos, hoy día en desuso.*

Los datos aportados a partir de los hallazgos encontrados en las excavaciones de las necrópolis ibéricas de las últimas décadas y el trabajo de un equipo interdisciplinar en la investigación, han permitido la recuperación de estos objetos con su significado original. También es importante resaltar la evolución de los criterios de salvaguardia de los BBCC, y la actual tendencia a respetar el objeto arqueológico tal y como aparece en su contexto, lo que nos va a permitir documentar de forma correcta las huellas tecnológicas y de función del objeto durante su vida útil.

Por todo ello, queremos insistir en que se debe, en todo momento, respetar la morfología de la pieza tal y como aparece al desenterrarla. Esto nos ayuda a entender y a acercarnos un poco más a la complejidad del mundo funerario ibérico y sus armas dentro de ese contexto. Se procurará, por tanto, conservar cualquier doblamiento, aplastamiento, mellado, golpeado, perforación, etc. que presenten, ya que responden a acciones intencionadas que se les hizo en un momento determinado de su vida histórica y que si las modificamos o eliminamos, perderíamos una valiosa información arqueológica.

#### 4.5. Criterios y propuesta de intervención

Es fundamental conocer a fondo el proceso de alteración de la pieza para determinar cuál, de entre varios tratamientos posibles, es el más adecuado. A partir del análisis de su estado de conservación y de los resultados obtenidos de las técnicas instrumentales de análisis, podemos elaborar una propuesta de tratamiento fundamentada, siguiendo una serie de criterios de intervención. Se trata de códigos deontológicos elaborados por profesionales del ámbito de la Restauración y Conservación del Patrimonio Cultural. Están recogidos<sup>25</sup> en las convenciones, estatutos, recomendaciones cartas de organismos internacionales y legislación nacional sobre el Patrimonio de los Bienes Culturales. El objetivo de los criterios actuales de restauración y conservación es la salvaguardia de los BBCC. En cuanto al patrimonio metálico, son pocos los documentos que tratan en particular sobre estos bienes. Por lo tanto se parte de criterios generales aplicados al patrimonio cultural pero que pueden extrapolarse a los bienes muebles del patrimonio arqueológico. A modo de resumen, los principios son los siguientes:

---

<sup>25</sup> Ver Marco normativo consultado en la Bibliografía

- Cada bien cultural es único e irrepetible. Respeto por el original en todo momento.
- Criterio de la mínima intervención (posible y necesaria) para la conservación del objeto. Límite a los tratamientos → respeto de la pátina.
- Criterios de reversibilidad y compatibilidad de los tratamientos así como de los materiales utilizados. Evitar limpiezas agresivas.
- Recuperar la unidad potencial, la estabilidad y la legibilidad de la obra. Devolverle su significado, el contenido social (función). Asegurar su integridad.
- Recupera la unidad potencial sin cometer falsificaciones. Diferenciar las reintegraciones estructurales o cromáticas del original sin que tomen protagonismo. Documentar y justificar.
- Documentación exhaustiva de todo proceso de intervención.
- Estudio físico y químico de la pieza (composición, productos de alteración, técnica de fabricación,...) para apoyar a la elección de un tratamiento u otro
- Criterio de intervención individualizado: metodología de trabajo atendiendo a la particularidad del bien cultural (documentación, y estudio, diagnóstico, intervención, conservación preventiva).

La intervención de un objeto debe tener dos objetivos: devolver a la pieza su estabilidad físico-química y estructural (eliminar los productos de corrosión dañinos para su supervivencia) y recuperar su legibilidad y su apreciación estética para poder comprender la función del objeto (MOUREY, 1987).

Los tratamientos de intervención sobre la pieza han de realizarse, como hemos dicho, tras el estudio pormenorizado del estado de conservación. Ese examen va a determinar la elección del tratamiento más adecuado. Cualquier intervención directa sobre el objeto debe realizarla un técnico formado en restauración, en este caso, especializado en material arqueológico. Existen diversos tipos de tratamientos. Los objetos arqueológicos casi siempre suelen necesitar una limpieza para poder comprenderlos y toda extracción de materia es irreversible, al igual que una excavación arqueológica destruye las estructuras que va descubriendo a medida que avanza (MOUREY, 1987:72). Existen diferentes tipos de limpieza: se puede optar entre limpieza mecánica manual (bisturí, brochas, cepillos) o asistida con equipos de abrasión (microtorno y microchorro) y ultrasonidos (espátula y cubeta), limpieza química (en realidad se trata de desalación y extracción de cloruros: baños de agua desmineralizada,

ácido cítrico con tiourea, método Thouvenin, método Rosenberg, método B70, tratamiento Organ con óxido de plata, sexquicarbonato de sodio), limpieza electrolítica y electroquímica (potenciostato), la limpieza láser, y limpieza con plasma frío de hidrógeno aún en investigación.

La limpieza mecánica manual es la más utilizada ya que la sola habilidad manual del restaurador es suficiente, es precisa, efectiva y económica. La limpieza mecánica asistida requiere el uso de equipos de abrasión como los tornos, microchorro de abrasión, o la espátula de ultrasonidos. Todos ellos son útiles cuando las piezas presentan una estructura fuerte, buen estado y que resistan la vibración, pero no todos los metales arqueológicos pueden someterse a este tipo de limpieza. Es fundamental que el restaurador sepa usarlos, puesto que los equipos no son el problema, sino la mano que los hace funcionar sobre la superficie del metal.

Actualmente los tratamientos de limpieza químicos son considerados por la mayoría de los restauradores demasiado agresivos para la pieza, ya que modifican la superficie del objeto, además de que al penetrar dentro del objeto se deben neutralizar muy bien, y en muchos casos es imposible e irreversible. La limpieza electrolítica y electroquímica también suponen riesgo para la pieza, ya que está muy deteriorada y tiene muchas fisuras.

Tras la limpieza se pasa a la fase de estabilización de la pieza, donde se la protege contra futuros ataques que puedan reavivar la corrosión. Para ello se pueden emplear el equipo Láser para cerrar focos de cloruros en el caso del cobre, inhibirla y aplicar capas de protección. Los productos empleados durante los tratamientos de estabilización deben ser siempre reversibles, y compatibles con el metal.

La técnica de limpieza láser consiste en un proceso fotomecánico o fototérmico, un tipo de vaporización o fotoablación el cual permite eliminar un sustrato de material de la superficie (BARRIO MARTÍN, J., 2006:104). Es la capacidad de interactuar con la materia concentrando de forma puntual, una gran cantidad de energía, que es irradiada en forma de pulsos de luz láser con duraciones de microsegundos o nanosegundos y con un tiempo de separación entre pulso y pulso también muy corto. La energía captada por el objeto no tiene tiempo suficiente para dispersarse antes del siguiente pulso láser, con lo que conseguimos altas temperaturas instantáneas y una serie de fenómenos que se conocen como ablación (CHAMÓN, 2010). Este fenómeno consiste en una serie de procesos físico-químicos (ópticos, fototérmicos y fotomecánicos) que alteran al material

irradiado. Parte de esa energía es absorbida y aumenta la temperatura del objeto y otra parte de esa energía es reflejada. Si el material que queremos eliminar posee una gran absorción (óxidos) y el sustrato original una gran reflectancia (metales), el láser permite eliminar unos materiales pero no otros (SIANO, 2007).

Actualmente en restauración de metales se usa el equipo **Láser Nd:YAG**, del inglés *neodymium-doped yttrium aluminium garnet*. Se trata de un sistema láser que genera y produce la ampliación de la radiación en medio sólido, dopando con neodimio a cristales de óxido aluminio e itrio con estructura de granate -un mineral silicatado. El bombeo que se produce es óptico mediante lámparas de destello o diodos láser. Puede ser un láser de radiación continua o pulsada. Es el mismo tipo de láser del equipo LIBS. Existen dos tipos distintos de láseres Nd:YAG, los que operan en modo SFR (short free running), o bien en modo Q-Switch (Fenic, 2003). El modo SFR emite la luz láser cuando se genera (fotones generados en el orden de los microsegundos) son láseres continuos. Los láseres Q-Switch se distinguen por poder generar fotones de duración más corta.

El láser funciona muy bien para la limpieza de piezas de hierro y en el caso de las piezas de base cobre para estabilizar los focos de cloruros activos.

El empleo de inhibidores ayuda a mantener la estabilidad del objeto metálico durante más tiempo sin que se vea alterado por depósitos originados por los productos de corrosión. Los inhibidores suelen ir disueltos en una mezcla hidroalcohólica o en etanol. Modifican las características fisicoquímicas de las superficies de metal disminuyendo la velocidad del flujo de electrones, y por tanto la corrosión, sin alterar el aspecto o el color de los objetos. Su misión es formar una prevención física frente a la humedad que pueda entrar en contacto directo con el metal. Requieren una pequeña cantidad (no se recomienda usarlos en concentraciones mayores al 3%), son reversibles y, en condiciones apropiadas, pueden tener una durabilidad aceptable. Existen multitud de inhibidores pero los más utilizados para la conservación de los objetos metálicos patrimoniales son los que se combinan químicamente con el metal. Actualmente los más usados son el BTA o Benzotriazol, y el AMT o Aminomercaptotiadiazol (2 Amino - 5 Mercapto - 1, 3, 4 Thiadazol). Se debe inhibir cuando el objeto conserva aún núcleo metálico (DÍAZ, 2011). El inconveniente que presenta es que son nocivos para la salud de quien los manipule, por lo tanto deben emplearse bajo campanas extractoras y empleando equipo de protección individual (guantes, bata y mascarilla). En caso de tener que usarlo para esta pieza, aplicaríamos BTA, puesto que el AMT suele ir en agua, el principal agente de deterioro de un metal.

La protección final el objeto se hace generando una película artificial sobre la superficie. Lo ideal es aplicar dos capas, una primera película de resina sintética y otra de cera microcristalina para proteger la anterior y hacerla mate.

#### Propuesta de intervención:

Por lo tanto, teniendo en cuenta el estado de conservación de la pieza, los resultados de los análisis realizados, los criterios de intervención ya mencionados (como la mínima intervención, tratamientos no agresivos, productos reversibles) y el propio personal de la restauradora, se presenta para la pieza SECYR 318 la siguiente propuesta de tratamiento:

#### **1) Fotografías iniciales**

#### **2) Peso y medidas iniciales**

#### **3) Tratamiento de limpieza:**

- **Desengasado de la pieza:** Presuponemos que la cara engasada es aquella que estaba a la vista, según fueron excavando, y se decidió engasar porque quizá esta muy deteriorada y con numerosas fisuras, como en la parte visible. Es probable que el engasado se hiciera con Paraloid® disuelto en acetona, por lo que para retirarlo, se propone ir poco a poco impregnando con una brocha acetona para ablandar las gasas y con unas pinzas ir levantando y separándolas del metal, con cuidado para no llevarnos ningún fragmento. Si durante la eliminación de las gasas hay fragmentos desprendidos, usaremos como adhesivo Araldit de dos componentes.

- **Limpieza:** Una vez retirada la gasa, se limpiará primero un lado de la pieza, para después seguir con el otro. Se hará una cata previa y a partir de ahí valorar y determinar cuál será la pátina estable que vamos a dejar. De entre todos los sistemas de limpieza que existen, una vez valorado el estado de conservación de este metal y cada una de las ventajas y desventajas que cada sistema presenta, se ha decidido optar por una limpieza mecánica con bisturí y brochas. Queda descartado el uso del torno al ser una pieza de bronce, así como el microchorro de abrasión ni la espátula de ultrasonidos, debido al estado de conservación y a la multitud de fracturas que presenta. No se van a usar tampoco tratamientos químicos ya que son muy agresivos para el metal. Con una brocha eliminaremos la capa de tierra menos adherida a la superficie, y con un bisturí se retirarán los productos de corrosión del

cobre formados. Podremos apoyar esta limpieza humectando con alcohol para ayudar a reblandecer las tierras y los productos.

- 4) **Adhesión de fragmentos:** Si durante la limpieza se han desprendido fragmentos, se adherirán con adhesivo tipo Araldit® rápido de dos componentes, puesto que
- 5) **Estabilización:** Tras la limpieza manual con bisturí, aquellos focos de cloruros que aún estén activos, se recomienda para cerrarlos con el sistema láser Nd:YAG (SFR y LQS) para estabilizarlos. Se recomienda hacer una serie de pruebas con diferentes parámetros hasta elegir los adecuados.

En cuanto a la inhibición, en este caso, debido a la ausencia de núcleo metálico no se le va a aplicar, puesto que este paso sólo es necesario para los metales que aún conservan núcleo metálico.

En cuanto a la protección de la pieza, se propone aplicar una doble capa de protección: una primera película de protección con una resina sintética para proteger la superficie limpia y reforzar la protección frente a la corrosión. Se realizará dentro de la campana de extracción y tomando las medidas adecuadas de protección personal. Se aplica con la pieza en caliente. Una vez dado el producto, se dejará actuar y penetrar durante 24h. Por último como protección final, se aplicará una segunda capa de protección con cera microcristalina, de nuevo con la pieza caliente para que actúe mejor el producto.

- 6) **Peso y medidas finales**
- 7) **Fotografías generales y de detalle finales**
- 8) **Embalaje final:** tiene como finalidad la preservación del objeto durante su manipulación, transporte y almacenamiento. Se debe evitar la contaminación del objeto de partículas de polvo, humedad y gases, interponiendo películas de material aislante. Además debe reducir los riesgos físicos de fractura por impacto, abrasión, o sobre esfuerzo mediante protección externa con cajas rígidas y materiales interpuestos para la inmovilización dentro de la caja y la amortiguación de golpes externos. Por lo tanto, se propone envolver la pieza con espuma de baja densidad, y crear un soporte de espuma de polietileno o Ethafoam® con las dimensiones de la pieza para que vaya protegida. Irá metida en un contenedor de polipropileno (evitar en todo caso contenedores de PVC ya que son muy corrosivos para los metales), con una bolsa que contenga gel de sílice para controlar la humedad. El contenedor vendrá etiquetado por fuera con los datos de la pieza.

#### 4.6. Proceso de intervención y resultados

Tratamiento realizado:

##### 1) Eliminación del engasado:

Para poder examinar la cara B era necesario retirar las gasas. Tras fotografiar, con ayuda de una brocha y acetona, se fueron empapando las gasas para disolver el Paraloid® en acetona usado para el engasado (figura 63). Con unas pinzas, poco a poco, se fueron levantando las tiras (figura 64). Al quitar algunos pedazos de gasa, se desprendieron un par de pequeños fragmento.



Figura 63. Fotografado previo al desengasado. ©M. Turégano. 2016



Figura 64. Proceso de desengasado de la cara B. ©M. Turégano, 2016.

Una vez retirado el engasado se pudo comprobar que el estado por este lado del metal estaba bastante mejor conservado de lo que se esperaba (figura 65). La superficie había quedado muy saturada por el Paraloid® y como consecuencia, las tierras, los carbonatos y los cloruros se veían compactos y muy oscuros. Había varios focos de los cloruros activos. Antes de comenzar la limpieza de este lado, se aplicó acetona para eliminar el Paraloid.



Figura 65. Estado de conservación de la cara B tras retirar las gasas. © M. Turégano. 2016.



## 2) Limpieza:

Tras valorar el estado de conservación del objeto y los resultados de los análisis realizados, se consideró que la limpieza mecánica o manual con bisturí era el tipo de limpieza más idóneo. Se llevó a cabo bajo lupa binocular con un bisturí mango 3 y cuchilla nº15 (figura 66).



Figura 66. Limpieza mecánica de la superficie.

### Cara A:

La Cara A (lado no engasado) presentaba un mayor deterioro generalizado y focos de cloruros grandes y activos, en comparación con la Cara B. Se realizó una pequeña cata para averiguar el grado de limpieza. Se determinó que el límite de la limpieza, la pátina estable, sería la capa de cuprita, al no aparecer en esta prueba la tenorita (figura 67).



Figura 67. Detalle de la cata de limpieza sobre la superficie de la cara A.  
©M.Turégano.2016

En primer lugar, con ayuda de una brocha se retiraron los depósitos superficiales de carbonatos de calcio (Ca) y tierras con cenizas que estaban adheridas a la superficie. A continuación, se fueron eliminando los focos de cloruros de cobre (atacamita y paratacamita) pulverulentos, para posteriormente estabilizarlos con la técnica láser. Bajo los cloruros aparecieron más cloruros de cobre mezclados con carbonatos de cobre, muy adheridos y duros, que hicieron más complicada e incluso imposible en algunas zonas su eliminación. En algunos casos al retirarlos, saltaba parte de la capa de cuprita que había debajo. La cuprita aparece en general en toda la superficie (figuras 68 y 69). No se ha detectado capa de tenorita (figura 70), dato que ya nos indicaron los resultados obtenidos

de los análisis de DRX-P y que durante la limpieza mecánica hemos podido corroborar. Para ayudar a reblandecer las concreciones se aplicó alcohol con un pincel plano.



Figura 68. Proceso de limpieza de la cara A © M. Turégano. 2016



Figura 69. Detalle de limpieza de la parte superior donde se aprecia la capa de cuprita bajo los cloruros de cobre. © M. Turégano. 2016



Figura 70. Detalle de la limpieza de la parte inferior. Se observa la ausencia de capa de tenorita y el foco de cloruro de cobre aún sin limpiar. © M. Turégano. 2016

Como apoyo durante las tareas de limpieza, se analizó con la técnica LIBS en zona aún no tratada (figura 71) y otra ya limpia (figura 72), para comprobar el grado de limpieza al que se había llegado.



Figura 71. Análisis de un área de la superficie de la cara A, no limpia con la técnica LIBS. ©SECYR. 2016



Figura 72. Análisis de la superficie ya limpia de productos e corrosión con la técnica LIBS. ©SECYR. 2016

El espectro de emisión generado para “la zona no limpia” mostró la presencia de calcio (Ca), hierro (Fe), como elementos de las concreciones superficiales, las tierras del yacimiento. En “la zona limpia” se puede ver que en el espectro formado no aparece ya el hierro y el calcio se ha rebajado considerablemente (figura 73).

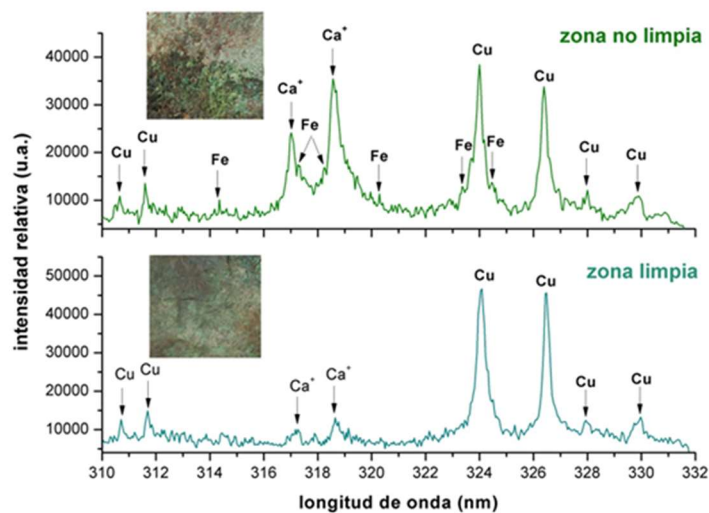


Figura 73. Espectros de emisión generados por el LIBS, el primero para la zona no limpia, y el segundo para la zona ya limpia de productos de corrosión y concreciones. ©SECYR. 2016

A medida que se avanzaba con la limpieza se detectaron:

- Numerosas grietas y fisuras (figura 74): Algunas ya se detectaron al diagnosticar su estado de conservación. Otras estaban cubiertas por los productos de corrosión y fueron apareciendo tras la limpieza. Estaban rellenas de tierras y cloruro.



Figura 74. Fisuras identificadas tras la limpieza de la superficie. © M. Turégano. 2016

- Dos perforaciones: una entera que ya se vio en el examen físico-químico y otra que no está completa, identificada al limpiar en esa zona (figura 75). La distancia entre los dos agujeros es de 2'2 cm.



Figura 75. Dos perforaciones en la superficie de la cara A. © M. Turégano. 2016



Figura 76. Remache de sección circular. Alrededor se identifican una serie de grietas fruto de la tensión mecánica © M. Turégano. 2016

- Un remache (figura 76): estaba cubierto por tierras y cloruros de cobre por lo que no fue reconocido hasta su limpieza. Bajo la plancha que está encima, deformada, se intuye la existencia de otro similar, que debería estar también a 2'2 cm., pero nos queda oculto.

- Restos de carbones (figura 77): Algunos de pequeño tamaño y poco adheridos han eliminado de la superficie. Pero los de mayor tamaño se ha decidido conservarlos, puesto que guardan cierta forma.



Figura 77. Restos de carbones en el contorno de la pieza; bajo estos se puede ver la aparición de cloruros de cobre. © M. Turégano. 2016



Figura 78. Manchas de corrosión del hierro sobre la superficie de la cara A. © M. Turégano. 2016

- Manchas de productos de corrosión del hierro (Fe) (figura78): en esta cara, en el centro de la pieza había una zona con una mancha oscura, probablemente óxidos de hierro (Fe) y, otra de menor tamaño cercana a las perforaciones. bajo el binocular se observó que presentaban signos de quemado, seguramente de la cremación.

Para comprobar que se trataba de óxidos de Fe, se la mancha más grande se analizó con la técnica LIBS en el SECYR antes de retirarlos (figuras 79 y 80).

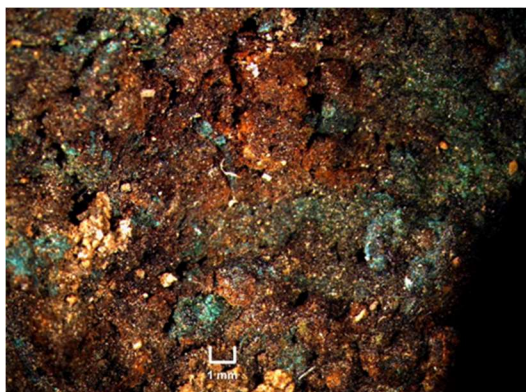


Figura 79. Fotomicrografía de la zona de corrosión del hierro, que se analizó con LIBS. © M. Turégano. 2016



Figura 80. Análisis de la mancha de corrosión de hierro con el equipo LIBS. . © M. Turégano. 2016

El espectro de emisión generado (figura 81) confirmó que se trataba efectivamente de óxidos de Fe, y mezclado con calcio (Ca) y silicio (Si) de las tierras depositadas. Se analizó también una zona próxima de depósitos superficiales, donde se registró también la presencia de hierro, pero seguramente se trata de contaminación.

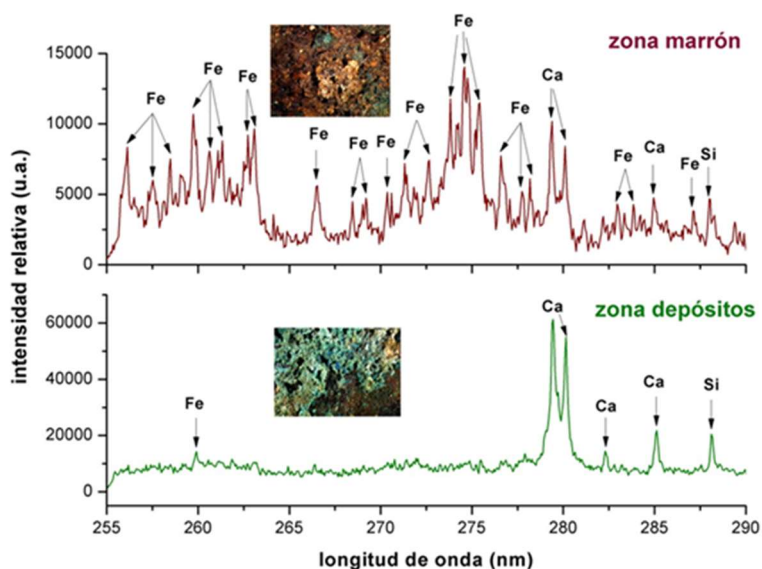


Figura 81. Espectros generados por la técnica LIBS, para analizar la zona de óxidos de hierro y una zona de depósitos próxima a ésta. © SECYR.2016

Después de analizar tanto la mancha de óxidos de hierro, como los depósitos próximos, se eliminaron con bisturí y con la espátula de ultrasonidos. Pero, puesto que esta corrosión del hierro parece procedente de otro objeto, seguramente otra arma, que quizá durante la cremación estuvo en contacto con la pieza, o bien al recoger los restos de la pira, aún en caliente, quedó adherida sobre la superficie del bronce, se ha decidido dejar parte de estos como testigo.

- Zona con multitud de fragmentos: con la eliminación de los cloruros de cobre y de concreciones terrosas, se fue definiendo el área formada por multitud de fragmentos de diferentes formas y tamaños (figuras 82 y 83). Se deduce que son de la propia pieza, fruto de ese ritual de inutilización.

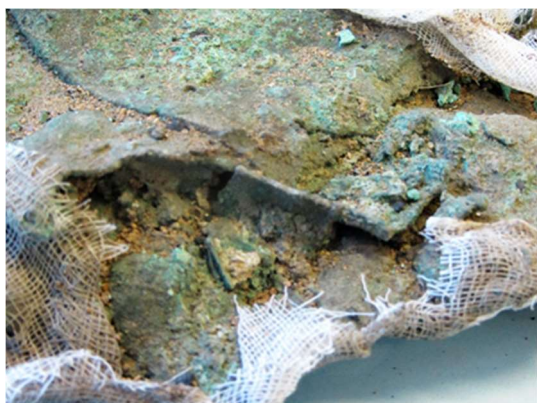


Figura 82. Zona de concentración de fragmentos de bronce previa a la limpieza, con tierras y productos de corrosión del cobre. ©M. Turégano. 2016



Figura 83. La misma zona ya limpia © M. Turégano. 2016

Tras terminar esta primera limpieza general, se hicieron varios repasos de limpieza en aquellas zonas que por su inestabilidad e inaccesibilidad resultaba más compleja la eliminación de depósitos y corrosión: grietas, huecos, bordes, conseguir homogeneizar la superficie. Han ido desprendiéndose pequeños fragmentos del interior que no van a poder reintegrarse, así que se han guardado en diferentes bolsas para futuros análisis.

El resultado de la limpieza mecánica en este lado del metal es una superficie aceptablemente limpia de corrosión y adhesiones terrosas. Se ha dejado como pátina estable una capa de cuprita. Las grietas y fisuras se ven perfectamente.



Figura 84. Resultado de la limpieza de la cara A. © M. Turégano. 2016

## Cara B:

Una vez terminada la Cara A, se continuó con la limpieza de la Cara B, previamente desengasada (figura 85). Primero se eliminaron los restos de Paraloid que habían dejado la superficie saturada, mediante acetona aplicada con brocha sobre trozos de papel para que al impregnarse, la resina quedara adherida en el papel (figura 86). Una vez quitado, se continuó con la limpieza de la superficie; de nuevo se prefirió la limpieza mecánica con bisturí y bajo binocular.



Figura 85. Estado inicial de la cara B previo a la limpieza.  
© M. Turégano. 2016.

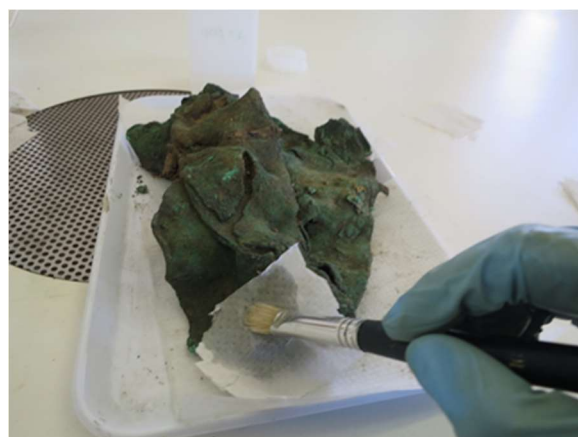


Figura 86. Eliminación de los restos de resina acrílica mediante acetona. © M. Turégano. 2016.

Esta parte presenta muchas tierras y cloruros. Los productos de corrosión del cobre no son tan duros como los del otro lado y se retiraron fácilmente. A medida que se iban eliminando los productos de corrosión y demás concreciones, así como los depósitos de tierra cenizosa que colmaban los huecos, se fue apreciando poco a poco la forma que tenía la parte doblada (figuras 87 y 88)



Figura 87. Proceso de limpieza de la parte superior de la superficie. © M. Turégano. 2016.



Figura 88. Proceso de limpieza de la zona central de la superficie. © M. Turégano. 2016.



Fueron apareciendo en la superficie de la parte superior unas pequeñas ampollas (figura 89). Y a medida que avanzamos en la limpieza aparecieron nuevas burbujas, algunas de ellas parecen seguir algún tipo de patrón, (figura 90). Podría tratarse de decoración en forma de perlas repujadas en relieve, ya que estaban en más zonas de la superficie, pero también podían ser ampollas de corrosión.



Figura 89. Aparición de pequeñas ampollas durante la limpieza de la superficie de esta cara. © M. Turégano. 2016.



Figura 90. Nuevas ampollas sobre la superficie, que podrían seguir algún tipo de patrón decorativo. © M. Turégano. 2016.



Figura 91. Detalle de líneas paralelas en la superficie de la cara B. © M. Turégano. 2016

En algunas zonas se han detectado líneas muy finas y paralelas siguiendo un diseño a lo largo de la superficie, que podrían ser la marca dejada por algún tipo de tejido de protección para el cuerpo o quizá decoración (figura 91).

Como ya vimos en el apartado de “Estado de conservación” se apreciaban claramente dos remaches cuadrados (figura 92). Durante la limpieza de uno de ellos, el que más destacaba, se rompió una esquina. Se vio que su interior estaba formado completamente por cuprita y, además, gracias a ello descubrimos que se conservaba una impronta



Figura 92. Detalle de la limpieza de los dos remaches localizados en la superficie de la cara B. © M. Turégano. 2016

de fibras, lo que nos indicaría que habría algún tipo de tejido adherido al metal (figuras 93 y 94)



Figura 93. Fotomicrografía de la impronta de las fichas encontradas bajo el remache. © M. Turégano. 2016

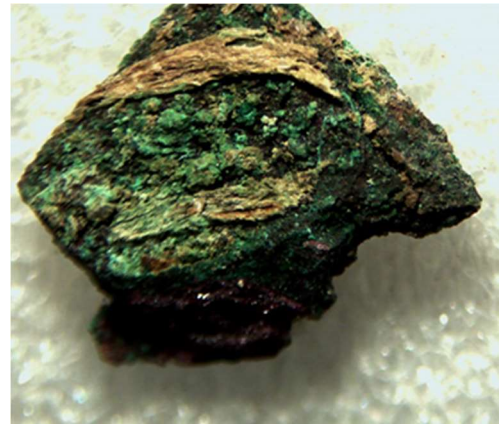


Figura 94. Fibras adheridas al fragmento que se rompió durante la limpieza © M. Turégano. 2016



Figura 95. Cloruros de cobre activos. © M. Turégano. 2016

A medida que se ampliaba la zona en la limpieza, se descubrieron numerosas fisuras en la superficie, fruto de las tensiones mecánicas que sufrió en el momento de destrucción (figura 95). Se observó que los focos aislados de cloruros activos se habían hecho más grandes; esto nos indicaba que la corrosión seguía actuando y amenazando la estabilidad del metal, y

también era indicativo de que el recipiente donde se guardaba la pieza no frenaba la acción de la humedad y el oxígeno. Por lo que se cambió de embalaje y se sustituyó el gel de sílice por uno nuevo.

La limpieza del extremo izquierdo ha descubierto un nuevo vástago y remache, así como restos muy pequeños metálicos de color negro adheridos a la superficie (figura 96).



Figura 96. Remache que apareció después de la limpieza.  
© M. Turégano. 2016

Y se descubrió también, gracias a la limpieza otro vástago en la zona del centro de esta cara, cercano a los dos remaches anteriormente descrito (figura 97).



Figura 97. Vástago identificado durante la limpieza © M. Turégano. 2016

Por otro lado, en la zona central, lo que en un principio se identificó como tierras adheridas y restos de resina acrílica del engasado, al limpiar se ha desechado esta idea y parece que podría tratarse de restos orgánicos. En algunas zonas aún quedaban restos de Paraloid, por lo que de nuevo se aplicó acetona para eliminarlo y se continuó con la limpieza (figura 98)



Figura 98. Restos no identificados adheridos a la superficie de la zona central de esta cara. © M. Turégano. 2016

Los focos de cloruros han ido aumentando de tamaño debido a la humedad ambiental presente durante este mes de abril. Esa zona está muy deteriorada, la corrosión es muy agresiva, la superficie se levanta y aparecen nuevos focos de cloruros en el interior. Se aprecian numerosas grietas tras la limpieza, algunas de ellas hasta ese momento no se habían detectado.

La limpieza de esta cara ha permitido descubrir una pátina de cuprita, y de nuevo la ausencia de tenorita. Así mismo, se ha concluido que la parte doblada es otra pieza distinta a la superficie en la que descansa. Por lo tanto, tendríamos tres planchas de bronce, dos de ellas depositadas sobre una principal, semicircular.



Figura 99. © M. Turégano. 2016

### 3) Integración/adhesión de fragmentos

Durante la limpieza de la Cara B se produjo la rotura de un fragmento de la parte superior de la pieza, lo que permitió ver el grado de mineralización que tenía; todo el interior estaba clorurado. Como ya se ha dicho, uno de los remaches también se fragmentó. Además, al retirar el engasado que aún quedaba en la parte superior, el fragmento que sujetaba estaba partido. Todos estos fragmentos se pegaron con Araldit Epoxy de dos componentes, pero no se han reintegrado en el bronce puesto que están tan deformados por la corrosión

4) Estabilización de la pieza: sistema láser, inhibición y protección final

- Estabilización de cloruros con la técnica láser: para cerrar los focos de cloruros activos en ambas caras, se decidió emplear el equipo láser Long Q – Swich, del SECYR. Los parámetros utilizados son los siguientes:

Energía	Densidad	Frecuencia	Spot
130 mJ	2,7 J/cm <sup>2</sup>	2 Hz	2,5 mm



Figura 100. Equipo láser LQS, del SECYR. © SECYR, 2016

Se realizaron varias pasadas (entre 4 y 10) en función del grado de corrosión por las zonas donde había mayor concentración de cloruros hasta que se consideró que habían sido estabilizados.



Figura 101. Limpieza láser de la pieza. © SECYR. 2016



Figura 102. Estabilización de cloruros de cobre con la técnica láser. © SECYR. 2016

- Inhibición: puesto que la pieza no conserva núcleo metálico, no se va a inhibir.
- Doble protección: finalmente, se realizó una consolidación en la cámara de vacío con Paraloid® B-72 al 3% diluido en acetona/xileno (50%/50%), para que penetrara mejor (figura 103). Se dejó actuar durante 24 h. Después se le aplicó con pincel una capa fina de cera microcristalina Cosmolloid® disuelto en White Spirit.



*Figura 103. Protección de la pieza con Paraloid al 3% en acetona-xileno, en cámara de vacío. © SECYR. 2016*

5) Se tomó el peso final y se realizaron las fotografías finales de ambos lados, así como de detalle de algunas zonas.

Peso final: 743 gr.

Fotografías finales anverso y reverso:



*Figura 104. Fotografía final de la cara A © M. Turégano. 2016*

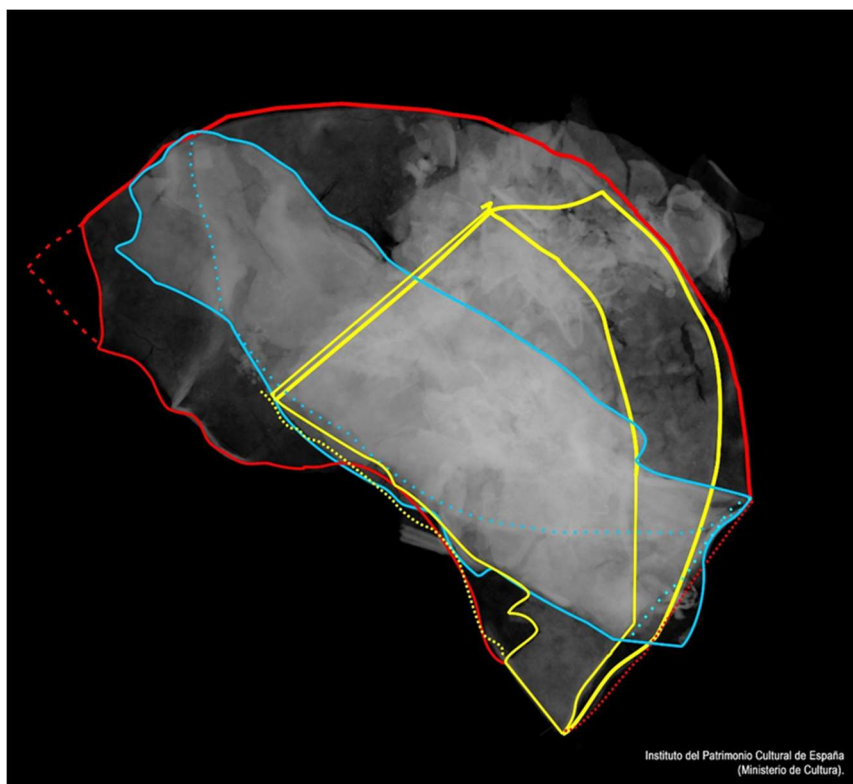


*Figura 105. Fotografía final de la cara B. © M. Turégano. 2016*

## 5. Valoración tipológica del objeto

Para determinar la identificación del objeto han sido fundamentales el estudio físico-químico y, sobre todo, el posterior tratamiento de restauración realizado. La pieza en cuestión venía identificada como “posible casco ibérico”. Ese “posible” indicaba ya la duda que desde su hallazgo se tenía sobre su tipología.

La radiografía aportó una valiosísima información sobre su morfología exacta. Se identificaron varios elementos superpuestos: una plancha principal con forma semicircular (en rojo), sobre la que apoyaban, al menos, otros dos elementos con forma semicircular, doblados sobre sí mismos (amarillo y verde) unidos por la corrosión; en la CARA B, se observaba un elemento alargado (azul) cuya longitud coincidía con el diámetro de la plancha de mayor tamaño (rojo) . Por otro lado, durante la limpieza de ambas superficies se fueron delimitando los contornos de la pieza y se determinó que el elemento alargado superpuesto (azul), en la Cara B, era otra pieza distinta.



*Figura 106. Señalización de los diferentes elementos superpuestos de la pieza de bronce a partir de la radiografía original realizada en el IPCE. Realizado con el programa Corel DRAW X7 © M. Turégano. 2016*



De forma paralela al análisis físico-químico, se recurrió a la bibliografía publicada sobre los ajuares de otras necrópolis ibéricas y, sobre todo, a las referidas a armamento ibérico. De entre toda la panoplia ibérica defensiva realizada en bronce y con una morfología similar, se asemejan a nuestra pieza los tachones de escudo, las grebas, los cascos y los discos-coraza. Veamos ahora las características más representativas de cada uno de estos elementos, las semejanzas y las diferencias con el “posible casco” de El Salobral, para, finalmente, poder acercarnos a su identificación, si no correcta, aproximada.

### Tachones de escudo:

El escudo típico ibérico es el circular. Es la principal arma defensiva activa. Se componía de una estructura de material orgánico (madera, cuero), unas manillas como sistema de agarre (de hierro normalmente), un telamón o sistema de suspensión por correa para poderlo transportar y, de manera ocasional, en la zona central se reforzaba el escudo con un umbo (podía ser metálico o no), cuya forma era cóncava para permitir empuñar el escudo y cubrir la mano del individuo. Este umbo, que era de madera en la inmensa mayoría de los casos (QUESADA, 1997: 508), a veces se recubría con lámina fina de bronce, y se conoce como tachón de escudo (figura 107); son discoidales, suelen estar decorados con motivos de círculos concéntricos distribuidos de manera radial y con la técnica del repujado. Sus diámetros varían entre aquellos de entre 30-40 cm., y los de un tamaño mayor, entorno a los 65 cm. Suelen presentar abombamiento de la parte central. Su cronología abarca sobretodo el s. V a.C. y principios del s. IV a.C. (GRAELLS, 2014:127).

A pesar de la forma circular que tiene la pieza, no puede tratarse de un tachón de escudo porque mide menos de 30 - 40 cm, es más pequeña. En la radiografía no se aprecia tampoco una forma de umbo hemisférico y no tiene motivos decorativos de círculos concéntricos como sería lo normal en estos casos. Aunque sí aparecieron asociadas al ajuar de nuestra pieza unas manillas de escudo de hierro, tipo II A1, con empuñadura de aletas cortas curvadas según la tipología recogida por el Profesor Quesada (QUESADA, 1997: 500). Otro dato a tener en



Figura 107. Tachón de escudo de la necrópolis de los Villares (Albacete).  
Fotografía:  
<https://www.uam.es/proyectosinv/equus/warmas/menu/logos.html>

cuenta es que la pieza está fechada en el s. IV a. C. mientras que estos tachones aparecen fechados, sobre todo, durante el s. V a.C.

#### Grebas:

Las grebas son un tipo de arma defensiva pasiva, que se colocaba para proteger la parte inferior de las piernas. Existieron grebas metálicas y de material orgánico. Las de metal consisten en una lámina fina de bronce curvada con un contorno romboidal, redondeado arriba y abajo, para adaptarse a la forma de la pierna con perforaciones en los bordes para coserlas sobre un soporte orgánico que actuaba de acolchado y protegía contra las rozaduras. Se sujetarían mediante correas y solían ir decoradas con acanaladuras, motivos concéntricos e, incluso, con botones. En la Península ibérica han aparecido en necrópolis de la costa catalana y levantina, en muy mal estado de conservación. Las grebas aparecen en la P. Ibérica a partir del Bronce Final III y primera Edad del Hierro, incluso en las etapas más antiguas de la panoplia ibérica, s. VI-V a. C (QUESADA, 1997:609 ss.), y a partir del s. IV a. C., desaparecen las grebas metálicas y son sustituidas por las de material orgánico (QUESADA, 2009:166)

Pensamos que nuestra pieza no puede ser una greba debido, por un lado, a que morfológicamente no coinciden, no presenta un contorno romboidal, redondeado arriba y abajo, sino circular, ni presenta decoración circular o molduras dobles como en algunos ejemplares documentados (figura 108). Por otro lado, porque la cronología de El Salobral no se correspondería en principio con el uso de estos elementos defensivos metálicos, ya que parece que son sustituidos por espinilleras de material orgánico.



*Figura 108. Greba de Can Canyís, nº G3. Imagen extraída de QUESADA, 2009:175.*

#### Casco:

El casco es también un arma defensiva pasiva dentro del armamento íbero. Eran de metal y en algunos casos estaban forrados con material orgánico en su interior para amortiguar los golpes y proteger la cabeza del guerrero de rozaduras.

En los siglos VII y VI a. C. llegaron a Tartessos cascos corintios a manos de las élites locales, pero no tuvieron mucha repercusión (QUESADA, F., 1997). A partir de la segunda Edad del Hierro se pueden dividir en tres grupos: 1) cascos tipo Alpanseque; calotas apuntadas formadas por cuatro láminas de bronce unidas por tiras de hierro con remaches, con decoración repujada; 2) fragmentos de cascos de tipología variada que en muchos casos están mal identificados y en realidad se trata de otros objetos como grebas y escudos; y 3) cascos itálicos o celtoitálicos de tipo Montefortino (figura 109), los más frecuentes en el mundo ibérico. Eran de bronce y a veces de hierro. Están formados por un capacete hemisférico rematado con un botón o apéndice terminal perforado para sujetar un penacho de crines o plumas, por un guardanucas corto y unas correas para barboquejo que arrancan de una anilla y se unen bajo la barbilla. Llevaban también carrilleras y aunque no es frecuente que tuvieran decoración, algunos ejemplos presentan líneas incisas. En el s. V a. C. debieron coexistir cascos fabricados en cuero o lana con otros en metal como el representado en el conjunto escultórico de Porcuna en el cual aparecen tallados cascos muy elaborados. Paralelamente en la Meseta se fabricaron cascos poco prácticos repujados de bronce y con remaches en forma de tiras de hierro, decorados con discos solares. Estos cascos desaparecen a finales del s. V a.C.- principios del s. IV a. C. y durante los ss. IV y III a. C., el casco metálico parece no formar parte de la panoplia; ocasionalmente ha aparecido algún casco rematado en cresta metálica como el hallado en El Cigarralejo. No será hasta finales del s. III a.C. cuando reaparecen los cascos metálicos, de producción masiva y con decoraciones sencillas, asociados al influjo mediterráneo y a la presencia cartaginesa y romana, pero no se extenderán hacia el interior de la península hasta los ss. II-I a. C. (QUESADA, F., 1997).

Para que nuestra pieza fuese un casco, debería tener una forma de casquete hemisférico cerrado por arriba y abierto en la zona inferior para introducir la cabeza. Gracias a la radiografía vemos que en ningún momento se asemeja a un casquete. Además en el s. IV a. C. el casco metálico parece ausente de la panoplia ibérica, y la tumba está fechada por la cerámica en el s. IV a. C.



*Figura 109. Casco tipo Montefortino procedente de la Necrópolis de Pozo Moro (Albacete). Fotografía tomada de <https://www.uam.es/proyectosinv/equus/warmas/tipolog/fig52.html>*

### Disco-coraza:

El disco-coraza pertenece a la protección corporal pasiva de la panoplia. Se trata de un tipo de protección del tórax formada por dos discos idénticos, uno frontal y otro dorsal, fabricados normalmente en bronce que irían fijados sobre una estructura orgánica (cuero o lana) a modo de acolchado interno. Los agujeros o perforaciones de sujeción tienen entre 1 y 2 mm de diámetro y se sitúan normalmente sobre el perímetro del disco. En un primer momento el acolchado se cosería a los discos, pero parece generalizarse el modelo de remaches de fijación celtibérico a partir de clavos con cabeza hemisférica hueca. Este sistema de fijación parece ser una práctica tardía de los discos-coraza ibéricos.

Las dos piezas discoidales quedarían unidas entre sí mediante un sistema de puntos de anclaje formado por cuatro correas (de material orgánico) o cadenas metálicas fijadas a sus correspondientes puntos perforados sobre los discos. Este sistema de sujeción es exclusivo de los disco coraza de la península ibérica. Estos agujeros de remache están situados en el perímetro interno de los discos y sus dimensiones son mayores que los agujeros de sujeción. Evolucionan pasando de cuatro agujeros aislados de gran diámetro a cuatro parejas de menores dimensiones y, en último momento, a cuatro grupos de tres perforaciones. A los discos dorsal y frontal, podrían añadirseles discos o placas accesorias (rectangulares o con forma ovalada) simulando hombreras, que podrían tener una decoración repujada. Algunos ejemplos tardíos llevarían un agujero de fijación central con forma de cabeza hemisférica hueca, similar a un umbo central (GRAELLS, 2014)

Los discos se elaboraban a partir del batido y martilleado del metal hasta que se conseguía una chapa metálica plana y fina, que se recortaba con forma discoidal. La decoración se conseguía a partir del repujado y la incisión o bien a partir de la combinación de ambas, aunque también podrían ir decorados con lámina de plata, o ser completamente lisos. El diseño más común son círculos concéntricos y motivos discoidales.

En cuanto a su tipología, Graells clasifica los disco-coraza en diez tipos a partir de sus características morfológicas (grosor, diámetro), técnicas (sistemas de sujeción) y decorativas (lisos o decorados) (GRAELLS, 2014:96 y ss.)

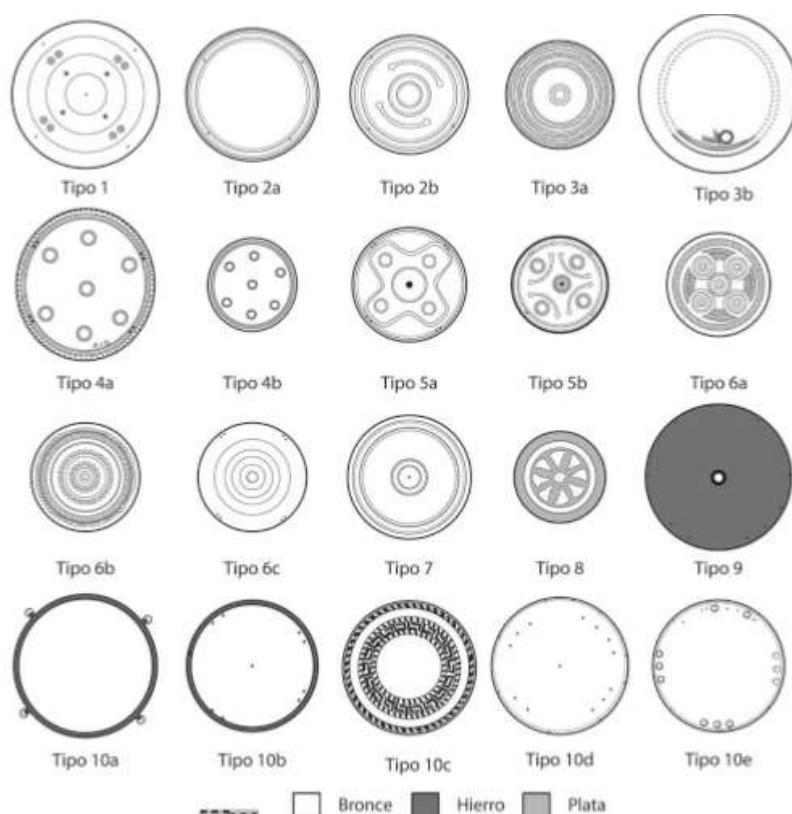


Figura 110. Clasificación de los diferentes tipos de disco-coraza del Mediterráneo occidental según Graells. Imagen extraída de GRAELLS, 2014:97. Dibujo de R.Graells.

Después del análisis comparativo realizado hasta aquí de los elementos de la panoplia guerrera ibérica que se podrían, en un principio, asemejarse a nuestro “posible casco” de El Salobral, pensamos que nuestra pieza se podría corresponder con un disco-coraza. En concreto, proponemos que el que más se aproximaría a la pieza SECYR 318 es el tipo 10b de Graells. Se trata de un disco de bronce de grandes dimensiones (230 mm) cuya lámina tiene un grosor superior a 1 mm. Su perímetro es recto, sin doblarse hacia el interior, la superficie es lisa y desconocemos si tiene o no perforación central. El sistema de sujeción para este tipo 10b está formado por cuatro parejas de agujeros dispuestas en cruz en proximidad al perímetro (GRAELLS, 2014:101), tal y como, creemos, que tendría el disco-coraza de El Salobral. Además la cronología propuesta por Graells para este tipo de discos-coraza es del siglo IV a. C, justo la que se corresponde con las cerámicas áticas que fechan los ajuares de la necrópolis ibérica de El Salobral.

Procedencia, cronología y distribución de los discos-coraza:

Estudios recientes proponen una cronológica para los discos-coraza que comprendería un primer momento en el s.VI a. C. con una distribución desde el nordeste de la Península y sureste francés hasta la actual Benicarló; a partir del cambio entre el s. VI y V a. C., una

extensión de los discos-coraza hacia el área celtibérica; y a partir de la segunda mitad del s. V a. C., se desarrollaría en la zona celtibérica generalizándose en el s. IV a. C. en el área ibérica del sureste peninsular (GRAELLS, 2013)

El origen de este arma defensiva pasiva en la P. Ibérica, se atribuye a una influencia de los discos-coraza itálicos a partir de finales del s. VII a. C. Los disco-coraza itálicos aparecen en Etruria en el primer cuarto del s. VII a. C, y continúan hasta el s. V a. C., transformándose en otros tipos o bien son sustituidos por corazas griegas, aunque continuando en las regiones periféricas a Etruria. Los discos-coraza peninsulares serían una particular adaptación de los guardacouri itálicos, emparentados a su vez con los kardiophilakes griegos. Aunque para Almagro-Gorbea tendrían un origen fenicio (STARY, 1979 y COLONNA, 1974, en Quesada, 1997). A finales del s. VI y durante la primera mitad del s. V a. C. los escasos discos-coraza se localizan hacia el área de Castellón, desde donde parece se distribuyen hacia el interior peninsular a las áreas celtibéricas, y es en la segunda mitad cuando mayor auge tienen en esta zona y desde donde se van a extender hacia el área ibérica (las actuales regiones de Albacete, Murcia y Alta Andalucía).

#### La inutilización de los discos-coraza

Al igual que otras armas de la panoplia ibérica, como se expone al principio de este trabajo, el disco-coraza sufría, antes de ser depositado en la tumba junto con el resto del ajuar, una destrucción ritual. Se han documentado varias maneras de inutilizar estas piezas discoidales y quedan recogidas en el trabajo de Graells:<sup>26</sup>

- Destrucción en la pira junto al portador
- Depósito de una pars pro toto
- Fragmentación y eliminación sustancial de la pieza
- Perforación de la superficie
- Doblado y redoblado
- Inscripción de teónimo

De todas las formas documentadas, los disco-coraza de El Salobral debieron sufrir una primera destrucción en la pira junto al difunto, provocando una deformación térmica

---

<sup>26</sup> GRAELLS. 2014: 187.

y tensiones mecánicas. Posteriormente una de las dos piezas discoidales fue doblada y fragmentada siguiendo el eje central del disco; una de las dos mitades generadas, fue a su vez doblada sobre sí misma y colocada encima de la otra mitad. El segundo disco fue doblado y redoblado sobre sí mismo. Finalmente se colocó encima de la otra mitad del primer disco, pero en el lado contrario. El calor hizo que los fragmentos quedasen adheridos pero sin llegar a fundirse del todo, aunque la corrosión es tal que es imposible separarlos sin romperlos. Seguramente al haberla sometido a calor, romperla resultó más fácil (figura 111).

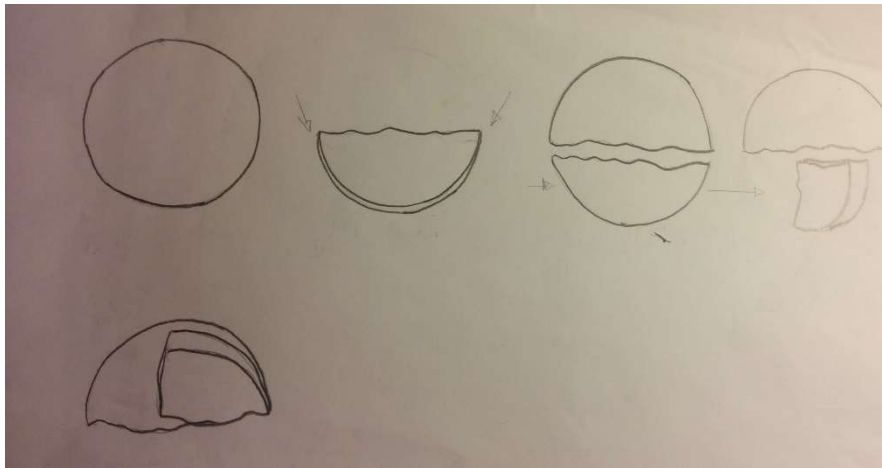
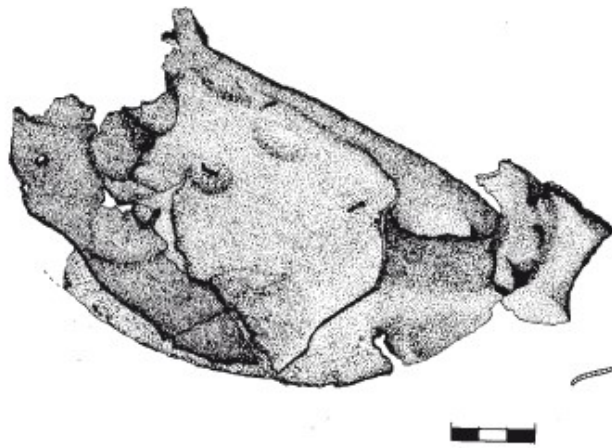


Figura 111. Dibujo hipotético de la destrucción del disco coraza. Realizado por M. Turégano

En las figuras 112 y 113 se pueden observar algunos ejemplos de discos coraza doblados por el eje central, como es el caso del documentado en la Serreta (Alcoi, Alicante)



Figura 112. Ejemplos de disco coraza encontrados en la P.Ibérica. Lámina extraída de "Armamento ibérico..." QUESADA, 1997.



*Figura 112. Dibujo de uno de los discos coraza documentado en la Serreta (Alcoi, Alicante). Imagen extraída de GRAELLS, 2014:218.*



## 6. La Conservación preventiva

La conservación preventiva viene definida por el ICOM como *todas aquellas medidas y acciones que tengan como objetivo evitar o minimizar futuros deterioros o pérdidas. Se realizan sobre el contexto o el área circundante al bien, o más frecuentemente un grupo de bienes, sin tener en cuenta su edad o condición. Estas medidas y acciones son indirectas no interfieren con los materiales y las estructuras de los bienes. No modifican su apariencia.*

Este conjunto de acciones indirectas sobre el bien cultural es lo más adecuado para asegurar la supervivencia y el disfrute futuro del patrimonio cultural.

La conservación preventiva comienza en el momento del hallazgo de un objeto en la excavación. La extracción es un momento crítico para la pieza arqueológica ya que se rompe el equilibrio entre medio y material alcanzado después de estar enterrado durante siglos. Ese cambio puede ser muy traumático, por lo que el principal objetivo es asegurar su supervivencia hasta su traslado al laboratorio de restauración. Es fundamental realizar bien estas primeras acciones preventivas, puesto que de ellas va a depender la preservación de la pieza.

Por lo tanto, cuando se encuentra una pieza en la excavación se ponen en marcha una serie de medidas que van desde la extracción, la realización de alguna intervención puntual (limpieza superficial de tierras para identificar objeto; estabilizar la pieza mediante una consolidación o engasado parcial, adhesión temporal de fragmentos) así como la creación de embalaje adecuado para su traslado al laboratorio de restauración. Tanto las intervenciones puntuales como el embalaje que se realice a pie de excavación tendrán siempre un carácter temporal. Los materiales y productos utilizados deben ser siempre reversibles y compatibles con el objeto. El embalaje tiene como función aislar el objeto del entorno (polvo, humedad) y protegerlo contra choques y vibraciones (manipulación y transporte); una bolsa de polietileno y una caja hermética de poliestireno expandido, bien etiquetada, es suficiente.

Es importante que estas primeras tareas de conservación in situ sean documentadas. Las fotografías y dibujos que se realicen previos a su intervención pueden aportar mucha información que, quizá si la pieza no se ha cuidado como se debe (mala manipulación, engasados o consolidaciones irreversibles, embalajes erróneos, condiciones de almacenaje inadecuadas), puede haber perdido (fractura por golpe o caída, pérdida de fragmentos, etc.). De igual manera, es imprescindible redactar un informe detallado con

las actuaciones realizadas en la excavación para entregar junto con la pieza al laboratorio. Así el técnico restaurador sabrá en todo momento cómo y con qué materiales se extrajo, consolidó, engasó o adhirió y facilitar la recuperación para su posterior tratamiento de restauración y conservación.

Estas acciones deben ser llevadas por un técnico restaurador, pero aún hoy en día muchas excavaciones no cuentan con uno en su equipo. Por suerte, el equipo de la excavación de la necrópolis de El Salobral contaba con una restauradora, Mónica Redondo, quién engasó la parte del metal que quedaba al descubierto con Paraloid en acetona, para posteriormente extraer la pieza e introducirla en una bolsa con su correspondiente etiquetado. Esta intervención ha permitido que a pesar del grave estado mineralización y fragilidad que presentaba, 20 años después la pieza se conserve. Y al conocer los productos de utilizados para su engasado gracias a las anotaciones de la arqueóloga en el diario de excavación, se han podido retirar las gasas con el disolvente adecuado. También se sabe que el resto de metales encontrados las tumbas de la cuadrícula 9 fueron extraídos por la restauradora, y muchos de ellos engasados.

Los ajuares de las tumbas tipo túmulo nº 2 y nº3 fueron trasladados al laboratorio del SECYR (UAM), donde se continuó con las medidas preventivas. En lo que concierne al bronce, se cambió la bolsa por una caja de poliestireno para su almacenaje temporal, acompañado de una bolsa con gel de sílice para controlar la humedad relativa. Desde septiembre de 2015 se ha seguido un mantenimiento de la pieza casi diario. Se cambió la caja por otra más hermética y se renovó el gel de sílice. Aun así se ha visto que los cloruros siguen activos, y que era necesario intervenirla. Durante todo el tratamiento de restauración, al ser un objeto bastante grande, se decidió que para manipularlo era mejor el uso de una bandeja un poco mayor de su tamaño, lo que facilitó también su limpieza bajo el binocular.

Una vez finalizado el tratamiento de restauración en el laboratorio se debe llevar a cabo un plan de control, seguimiento y mantenimiento para evitar que determinados factores del entorno alteren la buena conservación futura de la pieza. No sirve de nada limpiar un metal si luego no se van a controlar los parámetros del entorno. Puesto que se trata de un metal, el fin es prevenir los fenómenos de corrosión, dilatación y contracción del material, ya que podrían acelerar el deterioro del objeto, el objetivo de la conservación preventiva es controlar de manera indirecta una serie de factores para que las condiciones en su lugar de destino, ya sea exposición o almacén, sean las apropiadas y lo más estables

posible. A partir de las recomendaciones de conservación preventiva actuales para metales arqueológicos e históricos, se propone para la pieza las siguientes medidas:

- Humedad relativa: el metal es especialmente sensible a la humedad ya que puede desencadenar el proceso de la corrosión. El grado de humedad debe ser lo más bajo posible. Se recomienda una humedad entre los 35-50%, nunca superiores a 65-75%. La pieza irá acompañada de una bolsa de polietileno con gel de sílice para controlar la humedad relativa.
- Temperatura: aunque no es un factor tan determinante, se ha de evitar por todos los medios las fluctuaciones y los efectos de condensación sobre la superficie del metal. Se considera adecuada entre 18°C y 21-25°C.
- Contaminación: la atmósfera debe estar limpia, libre de contaminación y de partículas de polvo, ya que favorecen la absorción de humedad, puede ser abrasivo y contiene sales que aceleran el proceso de corrosión. Los contaminantes reaccionan con el metal, alteran el pH electrolito, son catalizadores de reacciones, favorecen la absorción de humedad y provocan suciedad. La corrosión del cobre y sus aleaciones suele ser debida a la reacción con ácidos orgánicos (PUGÈS I DORCA, M., FERNÁNDEZ BERENGUÉ, L., 2012: 59-60).
- Mobiliario expositivo: el metal es muy sensible a los compuestos de azufre y vapores orgánicos que liberan las maderas, pinturas, adhesivos, usados en el mobiliario expositivo (PUGÈS I DORCA, M., FERNÁNDEZ BERENGUÉ, L., 2012) Por lo tanto, las vitrinas, armarios o el material de embalaje que vaya a usarse debe ser químicamente estable y evitar la madera o la pasta de madera. De igual manera, se evitarán los selladores de silicona y adhesivos muy ácidos. Si su destino es el almacén, se recomienda el uso de cajas o contenedores de plásticos inertes y puros, como de polietileno o de poliestireno transparente y papeles neutros o libres de ácido, y evitar los contenedores de vinilo (PVC) muy corrosivo para aleaciones de cobre; se aconseja usar las espumas de polietileno o ethafoam para acomodar el objeto y evitar choques o abrasiones.
- Iluminación: si va a ser expuesta en el museo provincial de Albacete, se recomienda el uso iluminación artificial de lámparas de fibra óptica, que no emiten calor ni radiaciones. Nunca deben sobrepasarse los 300 lux. Evitar la iluminación

natural directamente sobre la pieza ya que las radiaciones solares provocan efectos de condensación sobre el metal, usando cortinas, persianas, mamparas, celosías o filtros que reducen en lo posible su exposición a este agente de deterioro.

- Manipulación y transporte: Para la manipulación del objeto, ante todo se recomienda sentido común y mucho cuidado para evitar que se resbale, golpee o fracture. Siempre usaremos guantes de látex, nitrilo o algodón para evitar el contacto directo entre nuestro pH de la piel y la pieza, puesto que es altamente corrosivo. En cuanto al transporte, es aconsejable un contenedor adecuado al tamaño de la pieza, acolchado, para evitar movimientos en la medida de lo posible y herméticos para impedir la humedad. Si la pieza va a ir a almacén, el contenedor debe ser accesible y cómodo de manipular, con su etiquetado correcto.

## 7. Conclusiones

En este punto se presentan las conclusiones del trabajo presentado, las principales aportaciones y algunas de las posibles líneas de investigación futuras.

En primer lugar querría recalcar que este trabajo no habría sido posible sin la colaboración de arqueólogos, restauradores, físicos y químicos. Una vez más el equipo interdisciplinar se vuelve imprescindible dentro de la investigación arqueológica para conseguir unos buenos resultados.

Me gustaría destacar el exhaustivo trabajo que se desarrolló en la excavación de la necrópolis de El Salobral. El material consultado ha sido esencial para entender el contexto de la pieza dentro de la tumba. En las dos campañas de excavación se contó en el equipo con un técnico restaurador, algo no muy habitual en las campañas arqueológicas hasta hace relativamente poco tiempo (incluso en muchas excavaciones actuales se sigue prescindiendo de esta figura). La presencia de un restaurador era requerida en momentos muy puntuales debido a la aparición de materiales con graves problemas de deterioro necesitaban un proceso de extracción especial y complejo o bien para acciones de conservación *in situ* en el yacimiento y para los tratamientos de restauración en el laboratorio, una vez estudiadas las piezas. Sin duda, esa intervención *in situ* por parte de la restauradora del equipo permitió que la pieza llegara al laboratorio sin nuevos deterioros.

El metal tenía signos propios de la corrosión de una aleación de cobre, que habrían de confirmarse con los análisis físico-químicos. Por otro lado, al tratarse de una pieza del ajuar de una de las tumbas de la necrópolis, presentaba indicios del ritual funerario ibérico de cremación. Como hemos analizado anteriormente, al morir el individuo también “morían” sus armas y demás objetos personales. Esta pieza mostraba una morfología compleja, con varias fracturas y dobleces, lo que indicaba que estábamos ante un objeto que con toda probabilidad habría sido destruido a propósito por motivos ideológicos y quizá también de espacio para que cupiera en la tumba junto con el resto del ajuar (recipientes cerámicos, objetos de adorno personal y armas).

Las técnicas instrumentales de análisis empleadas en este caso han resultado fundamentales como apoyo de los estudios físico y químico previos a los procesos de restauración-conservación de la pieza y también durante estos. La lupa binocular y el microscopio óptico permitieron un primer acercamiento a la morfología de la pieza y una

identificación preliminar de los depósitos superficiales y productos de la corrosión del cobre. Gracias a la radiografía se confirmó la debilidad estructural, apenas quedaba núcleo metálico, había pérdida de material, numerosas grietas y fisuras y, además, se apreciaron partes superpuestas.

Los análisis realizados con LIBS determinaron que se trataba de un bronce binario e identificaron los elementos<sup>27</sup> que componían las tierras del yacimiento: carbonatos, aluminosilicatos y óxidos de hierro.

Los resultados obtenidos con DRX-P revelaron presencia de cloruros de Cu (atacamita, paratacamita), carbonatos de Cu (malaquita), óxidos de Cu (cuprita, pero no tenorita) y sulfatos de Cu (brocantita). A su vez, una de las muestras analizadas con esta técnica (muestra 4) corroboró la presencia en los suelos de carbonatos, silicatos y sulfatos. La detección de sulfatos en la pieza, indica la presencia de azufre en los suelos del yacimiento, lo que unido a la humedad del terreno (recordemos que la necrópolis se encuentra en las proximidades de una antigua laguna salada) y la acidez de las tierras, favoreció la corrosión del metal. .

Los análisis de SEM-EDS confirmaron lo ya detectado con DRX-P: en la capa más externa se identificaron cloruros de Cu, sulfuros y/o sulfatos de Cu, óxidos de Cu, y tierras, mientras que la capa interna era cuprita (óxidos de Cu). Se confirmaba la completa mineralización del metal. Por otro lado se reafirmó la presencia de estaño en la aleación. En la muestra F se detectó plomo (Pb) aunque en bajo porcentaje, lo que sugiere que se trataría de elemento traza. En este mismo fragmento se identificó plata (Ag), lo que indica una posible decoración desaparecida por efecto del calor durante la cremación, o bien contaminación de otro objeto de plata próximo a la pieza.

Con respecto a la intervención directa sobre la pieza, era necesaria principalmente por dos motivos: primero para detener la corrosión activa y estabilizarla, y segundo, para intentar comprender su morfología y tipología. De acuerdo con los actuales criterios de restauración y conservación y a los míos personales, se decidió respetar la morfología que presentaba, fruto de esa destrucción ritual y conservar su historia personal. Por lo que se

---

<sup>27</sup> Calcio (Ca), magnesio (Mg), aluminio (Al), silicio (Si) y hierro (Fe).

decidió la idea de rechazar la separación de los fragmentos superpuestos, así como devolverle su forma recta original, como se ha hecho en algunas restauraciones antiguas.

Se descartaron los tratamientos químicos. La limpieza llevada a cabo fue mecánica con bisturí y asistida con el equipo de la espátula de ultrasonidos a la mínima potencia, para reducir los efectos de vibración sobre el objeto. La cata de limpieza constató que no había una capa de tenorita, como los análisis habían ya señalado, por lo que la pátina estable sería la cuprita.

La pieza presentaba una deformación generalizada y estaba fracturada por varios sitios. Primero se intervino la cara A y después la cara B. Al ir eliminando tierras y productos de corrosión del cobre, aparecieron multitud de fisuras y grietas en la superficie de ambas caras. En la Cara A se localizaron restos de corrosión del hierro quemado (dos focos) que fueron analizados con la técnica LIBS y ésta confirmó que se trataba de óxidos de Fe, probablemente procedente de otra arma de hierro del ajuar. Otros elementos detectados fueron: restos de carbón, el vástago de un remache, dos perforaciones.

La limpieza de la cara B dejó al descubierto una superficie repleta de pequeñas ampollas o burbujas, que en un principio se pensó que podría tratarse de decoración en forma de perlas repujadas en relieve, pero al no seguir un patrón de diseño, la otra posibilidad que se propone es que sea fruto de la corrosión del cobre y el efecto del calor de la cremación del ajuar. También durante la limpieza, con luz rasante se pudo apreciar una serie de líneas paralelas, incisas, que en este caso quizá estas sí podrían responder a algún tipo de superficie decorada. En esta misma cara se descubrieron: varios remaches, dos muy próximos, uno de ellos al romperse durante la limpieza permitió ver una impronta de tejido (¿correas o acolchado interno de material orgánico?), otro en el centro y uno más en el lateral izquierdo; restos de óxidos de hierro en la zona inferior del lateral izquierdo; un depósito marrón encima de la superficie metálica que aún no se ha identificado, pero se descarta que sea metal (quizá se trate de material orgánico).

Una vez finalizado este trabajo de investigación teórico y práctico, definitivamente la idea de que la pieza fuera un casco. Por los paralelos encontrados con otras piezas, las medidas, el material, las características morfológicas y tipológicas, creemos que se trata al menos de un disco-coraza ibérico del s. IV a. C., de aleación Cu-Sn. La otra pieza doblada y redoblada podría ser su disco gemelo. Sin embargo, no podemos determinar cuál es el dorsal y cuál el pectoral. No se ha podido acceder a las zonas más internas de

la pieza, donde gracias a la radiografía y sobre todo a la limpieza, se han encontrado multitud de fragmentos, seguramente del propio disco-coraza, y no se descarta la posibilidad de que haya otros objetos de pequeño tamaño en su interior.

Muchas incógnitas, por lo tanto, han sido reveladas, pero de manera simultánea han ido surgiendo nuevos puntos que por tiempo y espacio no han podido ser tratados.

En relación con la pieza, se propone la realización de nuevos análisis que permitan determinar el tipo de fibras localizadas durante la limpieza, así como averiguar si es de origen vegetal o animal. También sería interesante analizar el depósito de la Cara B, para establecer su origen. Como se han ido desprendiéndose fragmentos del interior que no van a poder ser integrados, se considera importante conservarlos para futuros análisis físico-químicos, por ejemplo, para investigar más sobre la plata o el plomo identificados.

Para completar el estudio sería interesante analizar de manera conjunta todo el ajuar correspondiente al disco-coraza, atribuido a la urna nº inv. 30. De igual forma, se podría ampliar la investigación a toda la tumba tumular nº 2 y, así, comprender mejor la relación entre las diferentes tumbas (recordemos que en dicho túmulo se hallaron además de la urna nº inv. 30, la tumba nº 10). Las piezas metálicas que conforman los ajuares de las tumbas incluidas en la estructura funeraria nº 2, han sido restauradas en el SECYR, de acuerdo a los criterios actuales de intervención. Y en una línea más ambiciosa, se podría complementar el estudio de todos los ajuares hallados en las tumbas de la necrópolis de El Salobral, que permitirían determinar las tipologías de las piezas, su manufactura, etc.

A partir de este trabajo me planteo continuar con esta línea de investigación que podría ser mi tema de tesis doctoral, enfocada a la revisión de las restauraciones del armamento procedente de contexto arqueológico intacto, metodología y propuestas de actuación.



## 8. Bibliografía

- ALCALÁ ZAMORA DÍAZ-BERRIO, L.; BUENO SEQUERA, F.J (2000): “El armamento en la necrópolis ibérica de Pozo Moro (Chinchilla, Albacete)”. *AnMurcia* 16: 17-32.
- ALMAGRO-GORBEA, M. (1993-94): “Ritos y cultos funerarios en el mundo ibérico”. *AnMurcia* 9-10: 107-133.
- BARRIO MARTÍN, J. (editor científico) (2006): “Innovación tecnológica en conservación y restauración del Patrimonio”. *Serie Tecnología y Conservación del Patrimonio Arqueológico I*. Universidad Autónoma de Madrid.
- BARRIO MARTÍN, J., CANO DÍAZ, E. (2008): *Actas Congreso de Conservación y Restauración del Patrimonio Metálico, METALESPAÑA '08. Tecnología y conservación del Patrimonio Arqueológico/III*. UAM, CSIC.
- BERDOCOU, M.C. (1990): *La conservation en archéologie. Methodes e pratique de la conservation-restauration des vestiges archéologiques*. Ed. Masson, Paris.
- BERTHOLON, R., RELIER, C. (1990): *Les métaux archéologiques. La conservation en Archéologie*. Paris.
- BLÁZQUEZ PÉREZ, J. (1990): *La formación del mundo ibérico en el sureste de la meseta (estudio arqueológico de las necrópolis ibéricas de la provincia de Albacete)*. Instituto de Estudios Albacetenses. Albacete.
- BLÁZQUEZ PÉREZ, J. y ANTONA DEL VAL, A. (coords.), (1992): “Las necrópolis ibéricas en su contexto mediterráneo”, en *Serie Varia I. Congreso de Arqueología ibérica: Las necrópolis*. Madrid.
- BLÁNQUEZ PÉREZ, J. (1995): “Necrópolis tumular ibérica de El Salobral, Albacete”. *Verdolay* nº 7:199-208. Murcia.
- BLÁNQUEZ PÉREZ, J. (1992): “Las necrópolis ibéricas de la provincia de Albacete”. *Congreso de Historia de Albacete. Vol. 1. Arqueología y Prehistoria*. Albacete.

- BRANDI, C. (1989): *Teoría de la Restauración*. Alianza forma. Madrid. 1989
- BORN, H., 1993: *Restaurierung antiker Bronzewaffen*. Sammlung Axel Guttman, Bd. 2, Mainz.
- CALVO, A. (1997): *Conservación y restauración. Materiales, técnicas y procedimientos. De la A a la Z*. Ediciones del Serbal, Barcelona.
- CHAMÓN, J (2010): *Arqueometría, conservación y restauración de los metales dorados medievales*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- CIRUJANO, S., MONTES, C., GARCÍA, LI. (1988): “Los humedales de la provincia de Albacete. Una panorámica general”. *Al-Basit: Revista de estudios albacetenses*, N°. 24: 77-95.
- CORTES M, M.T. Y ORTIZ H.P. (2004): “Corrosión”. *Hipótesis / Apuntes Científicos Uniandinos* No. 4 / Dic. 2004
- CREMERS, DAVID A.; RADZIEMSKI, LEON J. (2006): *Handbook of Laser-Induced Breakdown Spectroscopy*. John Wiley & Sons. Londres.
- CRIADO, A., GARCÍA, L., CHAMÓN, J (2008) “La geoquímica de los suelos de enterramientos y la corrosión de las piezas arqueológicas” en *Actas del Congreso de MetalEspaña'08: Congreso de conservación y restauración del Patrimonio Metálico*, 68-73. Madrid.
- CUADRADO DIAZ, E. (1992): *La panoplia ibérica de 'El Cigarralejo* (Mula, Murcia). Murcia.
- Diario de excavación de la cuadrícula 9, Campaña 1994 y 1995. Excavación de la Necrópolis El Salobral, Albacete.
- DÍAZ MARTÍNEZ, S.; GARCÍA ALONSO, E. (2011): *Técnicas metodológicas aplicadas a la conservación-restauración del patrimonio metálico*. IPCE. Ministerio de Cultura. Madrid.
- DONATE CARRETERO, I. (2014): *Laser Photoablation as technique of cleaning applied to based copper artefacts of archeological heritage* (Trabajo fin de Máster inédito). Università di Bologna.

- ESCUDERO, C; ROSSELLÓ, M. (1988): *Conservación de materiales en excavaciones arqueológicas*. Museo Arqueológico de Valladolid, Junta de Castilla y León, Consejería de Cultura y Bienestar Social. Valladolid
- Ficha nº inventario 10469: Falcata de hierro, Necrópolis de los Collados (Almedinilla, Córdoba). Base de datos CERES, Museo Arqueológico Nacional (MAN). Madrid,
- GARCÍA FORTES, S.; FLOS TRAVIESO, N. (2008): *Conservación y restauración de bienes arqueológicos*. Editorial Síntesis. Madrid
- GARCÍA HUERTA, M<sup>a</sup> del R.; MORALES HERVÁS, J. (coord.) (2001): “Arqueología Funeraria. Las necrópolis de incineración”. *Colección Humanidades*. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. Cuenca.
- GARCIA MAURIÑO, J. (1993) "Los cascos de tipo Montefortino en la Península Ibérica". *Complutum* 4, pp. 95-146.
- GRAELLS I FABREGAT, R. (2014): “Discos-coraza de la península ibérica (s. VI-IV a. C.)”. *Jahrbuch RGZM* 59, 2012, 85-244.
- GRAELLS, R. LORRIO, A.J., QUESADA, F. (2012): “Los cascos protohistóricos de Aranda de Moncayo. Una necesidad científica y patrimonial”. *VII Simposio sobre los Celtíberos: Nuevos descubrimientos*. Daroca
- GRAELLS, R.; LORRIO, A.J. (2013): “El casco celtibérico de Muriel de la Fuente (Soria) y los depósitos de armas en las aguas”. *Complutum* 24 (1): 151-173.
- KURTZ, W.S. (1992) "Guerra y guerreros en la cerámica ibérica" en R. Olmos (ed.) *La sociedad ibérica a través de la imagen*. 206-215. Madrid.
- LÓPEZ BERMUDEZ, F. (1978): “El Sector pantanoso al W. de Albacete y su desecación”. *Al-Basit*, nº 5, 69-90. Albacete.
- MADRONA ORTEGA, J. (2015): *Vademecún del Conservador. Terminología aplicada al Patrimonio Cultural*. Tecnos. Madrid.

- MALUQUER DE MONTES, J. (¿años 60?): “Un casco ibérico probablemente de la necrópolis de Galera (Granada) en el Instituto de Arqueología de la Universidad de Barcelona”. Barcelona.
- MAZZEO, R. (2005): “Patine su manufatti metallici” en M. Matteini *Le patine. Geneis, significato, conservazione*. Wordshop. Istituto per la Conservazione e Valorizzazione dei Beni Culturali del CNR. *Kermes Quaderni*. Nardini Editore. Firenze (Italia), 29-43
- MONTERO RUÍZ, I. (coord.) (2010): “Manual de Arqueometalurgia”. *Cursos de Formación Permanente para Arqueólogos, 1. 1ª edición*. Museo Arqueológico Regional de la Comunidad de Madrid y Sección de Arqueología del CDL de Madrid. Madrid.
- MORCILLO ROSILLO, M. (1995): “El Canal de María Cristina y sus repercusiones sobre la población de Albacete (1862-1869)”. *Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, nº 10: 85-98. Albacete.
- MOUREY, W. (1987): *La conservation des antiquités métalliques. De la fouille au musée*. L.C.R.R.A. Draguignan, Francia.
- OTERO HUERTA, E. (1997): *Corrosión y degradación de materiales*. Ed. Síntesis.
- PARDO NARANJO, A.I (2012): *El examen científico aplicado a los objetos arqueológicos y su conservación*. Ed. ARQUEOYMAS S.L., Madrid.
- PASTOR, J.M. (2004-05): “El casco celtibérico de la necrópolis de Numancia: ensayo de reconstrucción”. *Kalathos* 24-25: 259-292.
- PONCE, L., FLORES, T., ARRONTE, M., HERNÁNDEZ, L.C., BILMES, G. M., ALVIRA, F.C. (2008): “Espectroscopia de plasma inducido por láser con excitación multipulso”. *Revista Cubana de Física*, vol.25 No.2-A: 85-87. La Habana, Cuba.
- PRIETO, I.M. (2009): “La Esfinge de El Salobral, Tesoro a Tesoro.” *Protohistoria*, Museo Arqueológico Nacional, Madrid.

- Proyecto COREMANS (2015/2016): *Criterios de intervención en materiales metálicos*. Coordinación Científica: Soledad Díaz Martínez y Emma García Alonso. Secretaría General Técnica, Subdirección General de Documentación y Publicaciones. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Madrid.
- PROYECTO de las obras necesarias para el completo desagüe de las lagunas de la Fuente del Charco y Salobral. Documento nº 1. Memoria descriptiva. 1862.
- PÚGES I DORCA, M., FERNÁNDEZ BERENGUÉ, L. (2012): *La conservación preventiva durante la exposición de materiales arqueológicos*. Ediciones TREA, S.L. Gijón.
- QUESADA SANZ, F. (1989): "Armamento, guerra y sociedad en la necrópolis ibérica de 'El Cabecico del Tesoro' "(Murcia, España). *BAR International Series*, 502. I-II. Oxford.
- QUESADA SANZ, F. (1992): Notas sobre el armamento Ibérico de Almedinilla (Córdoba). *AAC* 3, 113-135.
- QUESADA SANZ, F. (1993) "Soliferea de la Edad del Hierro en la Península Ibérica". *Trabajos de Prehistoria* 50, pp. 159-183.
- QUESADA SANZ, F., (1997): *El armamento ibérico estudio tipológico, geográfico, funcional, social y simbólico de las armas en la cultura ibérica, (siglos VI-I a.C.)*. Monographies Instrumentum 3. Montagnac.
- QUESADA SANZ, F., FARNIÉ LOBENSTEINER, C. (2009): "Espadas de hierro, grebas de Bronce. Símbolos de poder e instrumentos de guerra a comienzos de la Edad de Hierro en la Península Ibérica". *Monografías del Museo de Arte Ibérico de El Cigarralejo*, 2. Murcia.
- QUESADA SANZ, F. (2010): *Armas de la Antigua Iberia. De Tartessos a Numancia*. La Esfera de los Libros, Madrid.
- QUESADA SANZ, F.; VALERO, M.A: (2011-12): "Un casco variante del grupo italo-calcídico en la necrópolis de Los Canónigos (Arcas del Villar, Cuenca)". *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la UAM* 37-38: 349-286.

- QUESADA SANZ, F. (2010-2012): “Perspectivas sobre la conservación, restauración e investigación de las armas antiguas. Desiderata de un arqueólogo e historiador militar” *Revista Sautuola XVI-XVII*. Instituto de Prehistoria y Arqueología “Sautuola”. Consejería de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de Cantabria. 381-387
- QUESADA SANZ, F. (2015). "El ritual funerario y las necrópolis ibéricas". *Desperta Ferro. Arqueología e Historia* (2387-1237), (1) :48-55
- SÁNCHEZ MORENO, E. (2003): “Ajuar de guerrero celtibérico de Aguilar de Anguita (Guadalajara)”. *Pieza del mes, ciclo 2003. Las armas: defensa, prestigio y poder*. Museo Arqueológico Nacional, Madrid.
- SÁNCHEZ ORTEGA, D. (1995): *Los llanos de Albacete: la tierra y el hombre: un proceso histórico de realización humana. Su incidencia sobre el medio natural*. Instituto de Estudios Albacetenses. Albacete.
- SAN ANDRÉS MOYA, M., VIÑA, FERRER, S. (2004): *Fundamentos de química y física para la conservación y restauración*. Ed. Síntesis S.A. Madrid
- SCHEIDER GLANTZ, R. (ed.) (2001): *Conservación in situ de materiales arqueológicos, un manual*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México D.F.
- SELWYN, L. (2004): *Métaux et corrosion. Un manuel pour le professionnel de la conservation*. Institut Canadien de Conservation. Ottawa, Canada.
- SIANO, S. (2007): “Principles of Laser Cleaning in Conservation” en M. Schreiner, M. Strli (eds.) *The Use of Lasers in Conservation and Conservation Science*. COST G, Vol. 7.
- SORIA COMBADIERA, L. (2000): *La cultura ibérica en la provincia de Albacete: génesis y evolución a través del estudio del poblamiento*. Tesis doctoral. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.
- STARY, P.F. (1994): “Zur eisenzeitlichen Bewaffnung und kampfwiese auf der Iberischen Halbinsel”. *Madrider Forschungen*, 18. I-II. Berlin. Recensión de W. Kurtz en *Trabajos de Prehistoria* 51.2: 200-203.

- VALERO TÉVAR, M.A. (coord.) (1999): *1<sup>as</sup> Jornadas de Arqueología ibérica en Castilla-La Mancha*. Iniesta, Cuenca, 2-4 Mayo 1997. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Sección de Publicaciones. Consejería de Educación y Cultura. Toledo
- VOLFOUSKY, C. (2001): *La conservation des métaux*. CNRS ÉDITIONS, París
- VVAA (2010): *La técnica radiográfica en los metales históricos*. Instituto de Patrimonio Cultural de España (IPCE). Secretaria General Técnica, Subdirección General de Publicaciones, Información y Documentación, Ministerio de Cultura. Madrid

Marco normativo consultado:

- Decálogo de la restauración: criterios de intervención en bienes mueble
- 2011: Principios de Dublín adoptados por la 17.<sup>a</sup> Asamblea General de ICOMOS
- 2008: Terminología del ICOM para definir la conservación del patrimonio cultural tangible. XV Conferencia Trienal. Nueva Delhi.
- 2005: Carta Icomos de Ename
- 2003: Declaración destrucción del Patrimonio Cultural, París
- 2000: Carta de Cracovia
- 1999: Carta de Burra
- 1999: Segundo Protocolo, La Haya
- 1997: Documento de Pavía - Preservación del Patrimonio Cultural, Pavía
- 1990: Carta para la gestión del Patrimonio Arqueológico
- 1987: Carta conservación y restauración de los objetos de arte y cultura, Italia
- 1986: Resolución conservación de obras de arte y objetos de interés cultural e histórico
- 1985: LEY 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español (BOE 29/06/1985)
- 1982: Conclusiones Conferencia General de Berlín, Berlín Oeste
- 1979: Recomendación 880 de la Asamblea del Consejo de Europa
- 1975: Declaración de Amsterdam
- 1972: Carta del Restauero, Roma

### Páginas web consultadas

- Proyecto equus UAM (última visita 23 abril de 2016)  
<https://www.uam.es/proyectosinv/equus/warmas/armarito/armarito.html>
- Get a Map (última visita 15 mayo de 2016)  
[http://es.getamap.net/mapas/spain/castilla-la\\_manacha/\\_elsalobral\\_pantanode/](http://es.getamap.net/mapas/spain/castilla-la_manacha/_elsalobral_pantanode/)
- Ruta de los íberos del Sureste (última visita 9 enero de 2016)  
<http://www.iberosalbacetemurcia.es>
- Museo Arqueológico Nacional (última visita 25 de mayo de 2016)  
<http://www.man.es/man/coleccion/catalogo-general.html>
- Museo de Albacete (última visita 20 de mayo de 2016)  
<http://www.patrimoniohistoricoclm.es/museo-de-albacete/>
- Instituto de Patrimonio Cultural Español (última visita 13 marzo de 2016)  
<http://ipce.mcu.es/conservacion/intervencion.html>
- Instituto geográfico Nacional  
<http://www.ign.es/ign/main/index.do> (última visita 1 junio de 2016)  
<http://info.igme.es/cartografiadigital/sidimagenes/magna/20790/Fotograf%C3%ADas/Fotograf%C3%ADas.pdf> (última visita 29 diciembre de 2015)
- SIDI (última visita 3 junio de 2016)  
[http://www.uam.es/ss/Satellite/es/1242663052047/subHomeServicio/Servicio\\_Interdepartamental\\_de\\_Investigacion\\_\(SIDI\).html](http://www.uam.es/ss/Satellite/es/1242663052047/subHomeServicio/Servicio_Interdepartamental_de_Investigacion_(SIDI).html)

### Cartografía:

- Mapa topográfico de España: hoja 790 (24-31) Albacete E.1:50000. 1º edición Instituto Geográfico Nacional. 2000, Madrid.
- Mapa Geológico de España: hoja 790 24-31 Albacete, E.1:50000 y libro memoria, Segunda serie 1ª edición. Instituto Geológico y Minero de España (actual IGN). 1988, Madrid,



## 9. Anexo I

Inventario de los elementos encontrados en la estructura tumular nº 2 a partir del diario de excavación de la cuadrícula C-9.

<b>Nº inv.</b>	<b>Elemento</b>
1	Fragmentos cerámica copa ática
2	Piedra geológica pantano de Camarillas
3	Huesos quemados
4	Escultura: Restos piedra tallada ¿pata de animal?
5	Varios fragts. cerámica ática figuras rojas
6	2 fragts. base de cerámica ática figuras rojas
7	2 fragts. borde de ática (uno con decoración espiral)
8	2 fragts. base de cerámica ática figuras rojas
9	Posible frag. pinzas de hierro
10	Fusayola pequeña o cuenta de collar
11	Diente quemado
12	Fragts. Cerámica y una posible ficha
13	Fragts. cerámica pintada
14	Restos cerámica cubrición de la tumba
15	Base cerámica ática (coincide con nº 6)
16	Madera quemada
17	Cuenta de collar (pasta vítrea) engarzada en bronce
18	Frag. cuenta de collar pasta vítrea
19	Diente quemado
20	Dientes quemados ¿3?
21	Posible anilla de hierro rota
22	Pequeño frag. de bronce
23	2 fragts. borde de cerámica ática
24	Frag. borde cerámica ática
25	Frag. base cerámica ática (coincide con nº inv.8)
26	Frag. base cerámica ática(coincide con nº inv.15)
27	Frag. borde cerámica ática
28	2 fragts. hierro indeterminado
29	Frag. base cerámica ática
30	URNA
31	Frag. borde plato con decoración
32	Frag. empuñadura y hoja de falcata (hierro)
33	Posible casco (bronce)
34	Fragts. cerámica ática
35	Frag. base cerámica ática
36	Cuenta pasta vítrea
37	Boca y arranque de pared de un lecito
38	Base de lecito
39	Frag. cuerpo de lecito con decoración
40	Frag. pared escifos/eskiphos?
41	Frag. borde cerámica
42	Huesos interior urna nº inv. 30.
43	Posible remache o botón circular (bronce)
44	Posible remache o botón circular (bronce)
45	2 Posibles remaches o botón circular (bronce)
46	Punta cuchillo afalcado (hierro)

47	Fragts. cerámica ática
48	Fragts. cerámica ática
49	Fragts. indeterminados de bronce
50	Fragts. placas de hueso tallado
51	Anillo de bronce (Interior urna nº inv. 30)
52	Anillo de bronce con aguja pegada (Interior urna nº inv. 30)
53	Anillo de ¿? (Interior urna nº inv. 30)
54	Anillo de ¿? (Interior urna nº inv. 30)
55	Anillo de plata (Interior urna nº inv. 30)
56	Anillo de plata (Interior urna nº inv. 30)
57	Aguja de ¿? (Interior urna nº inv. 30)
58	Fíbula de plata (Interior urna nº inv. 30)
59	Fragts. de hierro (Interior urna nº inv. 30)
60	2 fragts. de contera (hierro) (dos bolsas)
61	Posible remache (bronce)
62	Posible placa de cinturón (¿bronce?)
63	Frag. indeterminado de hierro
64	Posible placa de cinturón (bronce)
65	Fragts. de bronce
66	Frag. asa de escifos
67	Placa de cinturón (bronce)
68	Frag. borde de escifos
69	Posible frag. placa de cinturón (¿bronce?)
70	Frag. asa de escifos
71	Fragts. de cerámica ática (decoración figurada)
72	Frag. cerámica ática
73	Frag. hierro (¿Bocado de caballo?)
74	Base de escifos
75	Frag. hierro
76	Clavo de hierro
77	Frag. Asa y base de escifos
78	Borde de escifos
79	2 frag. de escifos
80	Frag. Asa de escifos
81	Frag. de borde y base cuenco estampillado
82	Frag. Asa de escifos
83	Frag. pared de escifos
84	Frag. de borde y pare de cerámica ática
85	Clavo o remache (bronce)
86	Frag. indeterminado (bronce)
87	Base cuenco ático estampillado
88	Punta de falcata (hierro)
89	Manilla de escudo (hierro)
90	URNA
91	Punta de lanza (hierro)
92	Muestra del empuñadura de madera ( corresponde con nº 93)
93	Punta de lanza pequeña
94	Fíbula anular (bronce)
95	Frag. soliferreum (hierro)
96	URNA (pie/imitación ibérica de crátera griega)
97	Restos de madera quemada
98/96	Fragts de cerámica ática
99	Fragts. metal

<del>100</del> /97	Frag. anillita
<del>101</del> /98	Frag. indeterminado (hierro)
<del>102</del> /99	2 barras de hierro
<del>103</del> /100	Fíbula
<del>104</del> /101	Fragts. indeterminados (hierro)
<del>105</del> /102	Fragts. indeterminados (hierro y bronce)
<del>106</del>	<del>Restos de huesos</del>
<del>107</del> /103	Frag. base cerámica ática (coincide nº inv.25)
<del>108</del> /104	Restos de huesos (bastante enteros)
<del>109</del> /105	Gargantilla (bronce)
<del>110</del> /106	Fragts. de contera
<del>111</del> /107	Fragts de cerámica ática
<del>112</del> /108	Frag. de cerámica ática

\*NÚMEROS TACHADOS DEL INVENTARIO: en un *post-it* se indica que los números de inventario 96, 99, 106, y 97 pasan a T-33/1, T-33/2, T-33/3, T-33/ 4, respectivamente, quedando en 108 y no en 102 el inventario del túmulo 2. Al comprobar con las piezas en el laboratorio, las etiquetas coinciden con la corrección indicada por Mayra en el diario.

### **Tumba 10 dentro del Túmulo 2:**

<b>Nº inv.</b>	<b>Elemento</b>
1	Fragmento de falcata (hierro)
2	Fragmento de lanza (hierro)
3	Fragmento de contera (hierro)
4	Fragmento de plato-tapadera (cerámica)
5	Urna
6	Huesos quemados (restos de mandíbula)
7	Manilla de escudo (hierro)
8	¿? 2 fragmentos de hierro indeterminados
9	Cerámica
10	Restos de madera quemada (muestras)
11	Fíbula anular hispánica