

REVESTIMIENTOS DE MAGNETITA EN EL HIERRO PRERROMANO. ARQUEOMETALURGIA Y CONSERVACIÓN EN LA NECRÓPOLIS DE LA HOYA (LAGUARDIA, ÁLAVA)

Jesús Alonso⁽¹⁾, Rubén Cerdán⁽²⁾ e Idoia Filloy⁽³⁾

Resumen

Los trabajos de conservación y restauración llevados a cabo sobre panoplias metálicas procedentes de la necrópolis de La Hoya (Laguardia, Álava), han permitido reconocer la presencia de una técnica inédita de enchapado aplicada en armas de raigambre Monte Bernorio. Su caracterización se ha llevado a cabo mediante una depurada revisión científica en la que se han reconocido sus características morfoestructurales y compositivas. Ello ha constituido la base de un estudio interdisciplinar entre arqueólogos, físicos y restauradores en el que se ponen de manifiesto interesantes aportaciones sobre la tecnología metalúrgica prerromana, la concepción técnica y estética de la panoplia bernoriana, y la conservación e identificación de este tipo de piezas.

Palabras clave: conservación-restauración, arqueometalurgia, tipología, Monte Bernorio, La Hoya (Laguardia, Álava).

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la naturaleza muy inestable del hierro, que básicamente consiste en su ávida transformación química hacia formas más estables, los objetos fabricados en este metal suelen presentarse como precarios y oscuros testimonios del pasado, a menudo difíciles de conservar y de interpretar. Los procesos de corrosión y mineralización que acompañan a esa transformación química, determinan a su vez una transformación más o menos acelerada y profunda de su estructura y de su morfología original (tipología, decoración, técnicas constructivas), adoptando estados físicamente muy inestables y a la vez enmascarantes de su contenido documental e informativo. Estas circunstancias

⁽¹⁾ Conservador-restaurador. Arqueólogo. Calle Olaguibel, 39, 4º Iz. 01003 Vitoria-Gasteiz.

⁽²⁾ Físico nuclear. Etxetxikia, Casa 25, 01510 Elosu-Araba.

⁽³⁾ Arqueóloga. Instituto Alavés de Arqueología. Calle San Antonio, 41. E-01005 Vitoria-Gasteiz.

suponen un claro inconveniente para el estudio metalúrgico del objeto, sobre todo en sus capas más superficiales, planteando incluso serias dificultades para localizar y situar el nivel de su superficie original. De tal modo que a menudo estas capas de superficie, o no han podido ser motivo de investigación, o no han sido atendidas con el suficiente interés. Así también, además de la técnica que ahora presentamos, otras formas de recubrimiento metalúrgico sobre núcleos de hierro, igualmente atípicos, tales como cobreados [1] o estañados [2] descritos puntualmente para la II Edad del Hierro Peninsular, han podido pasar a menudo desapercibidos. En realidad, y refiriéndonos a la metalurgia prerromana, estas mismas circunstancias parecen haber determinado que los testimonios materiales en base hierro no hayan merecido habitualmente, y salvo en aspectos tipológicos, la atención de los confeccionados en base cobre, ni desde el punto de vista de su análisis tecnológico, ni –paradójicamente–, desde los sistemas de conservación o tratamientos requeridos [3].

En efecto, los procesos de corrosión y de mineralización desempeñan un papel fundamental en la diagénesis del objeto arqueológico de hierro, por lo que es necesario que sean atendidos en todo momento, lo mismo para conservarlo, como hacerlo legible y comprenderlo. Esta dualidad de objetivos –conservar y comprender el objeto–, constituye de hecho la esencia misma de toda intervención dirigida a la conservación y restauración de estos materiales, que en consecuencia deberá ser entendida no sólo como conservación curativa y restauración del continente: estabilización química y física, sino también como conservación analítica y restauradora de contenidos: superficie y morfología original, decoración, técnicas de fabricación, tecnología, historia del objeto, etc. La necesidad de rastrear los contenidos de información presentes en las estructuras que evolucionan sobre el objeto de hierro, sean resultado de superficies sedimentadas o de la transformación de la propia superficie original [4 y 5], situará al restaurador en una posición inmejorable para delatar, y a menudo reconocer de primera mano, una gran cantidad de evidencias arqueológicas, alteradas, enmascaradas o en proceso de pérdida.

El trabajo de investigación, que ahora exponemos de modo resumido, se ha planteado desde esta perspectiva, y buena parte de las observaciones y propuestas que en él se vierten nacen desde la óptica del restaurador como investigador del objeto. Su verificación científica y su contextualización arqueológica completan los ángulos de observación y análisis de una investigación eminentemente interdisciplinar. El eje central de este estudio ha sido la identificación de una *técnica inédita de enchapado sobre núcleos de hierro* (DCH). El material que ha constituido la base de nuestro análisis –bien contextualizado en su registro estratigráfico, cronológico y cultural–, ha sido el proveniente de la Necrópolis de La Hoya (Laguardia, Álava).

2. BREVE APUNTE SOBRE EL CONTEXTO ARQUEOLÓGICO. EL PUÑAL NEC. LHY. 69.1

La necrópolis de La Hoya, descubierta en 1986 y excavada entre 1987 y 1989 bajo la dirección de A. Llanos, constituye un cementerio de incineración de la IIª Edad del

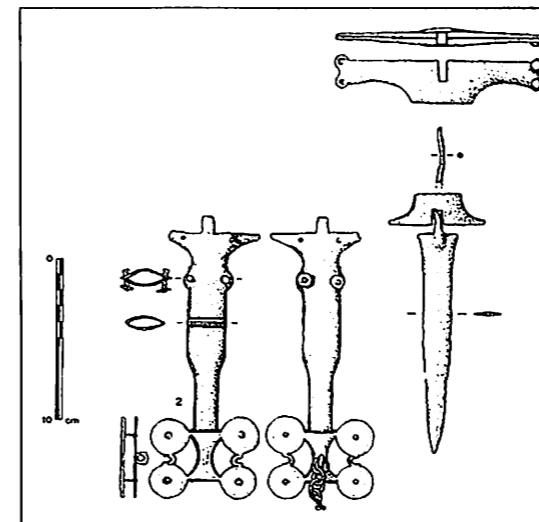
Hierro, datado a mediados del siglo IV a.C.¹. De las aproximadamente 60 tumbas puestas al descubierto, la mayor parte correspondían a los denominados “enterramientos de guerrero”, al estar constituido su ajuar básicamente por elementos de carácter armamentístico. La parte intacta del yacimiento presentaba una estructura constituida por una serie de cistas cuadrangulares de piedra, al interior de las cuales se habría producido el depósito de los restos incinerados del individuo cremado, junto a los elementos componentes de su ajuar funerario –directamente sobre el suelo de tierra, nunca al interior de urnas cinerarias–. Estaríamos por tanto ante una necrópolis que correspondería a parte de las gentes que habitaron el poblado en este momento de la IIª Edad del Hierro, en la que se pone de manifiesto una fuerte aculturación de carácter celtibérico y donde se evidenciaría el enterramiento de una elite de guerreros, dotados del suficiente potencial económico como para poder acceder a un armamento que, al menos en algunos casos, hubo de resultar necesariamente costoso, a juzgar por la complejidad técnica que ejemplifican algunos de los objetos localizados. En los ajuares funerarios y entre las distintas armas depositadas, se localizaron diferentes tipos de puñal: de Monte Bernorio, de empuñadura en espiga y de frontón. La técnica de recubrimiento metalúrgico puesta en evidencia, se localiza exclusivamente en piezas de filiación bernoriana. Su caracterización científica se ha llevado a cabo sobre el **puñal Nec. Lhy 69.1**, descrito a continuación:

- Contextualización: El depósito funerario en el que se localizó este puñal, presentaba una alteración postdeposicional que había afectado exclusivamente a la estructura contenedora o cista, de la que sólo se conservaba un mampuesto vertical *in situ*. Sin embargo, la disposición de los distintos elementos componentes de la panoplia del puñal –completa a excepción del tahalí– estaba intacta. Se trataba además del

único ajuar incluido en el depósito funerario. No presentaba indicios de cremación y el puñal se había dispuesto desenfundado de su vaina.

- Características tipométricas y morfológicas. El DCH se registra en la vaina, la guarda y el pomo del puñal, no sobre su hoja.

- Vaina. Longitud: 175 mm, anchura cons. en embocadura: 53,5 mm, anchura en parte sin estrangular: 22,5 mm, anchura en la parte estrangulada: 14,5 mm, anchura en la contera: 62,5-62 mm, espesor en la zona de las orejetas: 10,5 mm, espesor en la parte media: 8,5 mm, es-



¹ Sobre los resultados de estos trabajos se han publicado ya algunos avances. Su estudio forma parte de la tesis doctoral de Idoia Filloy “El fenómeno funerario durante la Edad del Hierro en el País Vasco meridional”, dirigida por el Dr. D. Igancio Barandiarán Maestu.

pesor en la contera: 8,7 mm. Pieza realizada en base a dos valvas unidas de forma que la anterior se cierra sobre la posterior por la parte trasera de la pieza –excepto en la contera–. También se ensamblan por medio de ocho roblones de hierro. Presenta una tipología muy característica del mundo bernoriano: embocadura con pestaña desarrollada y dos aletas para el encaje de la guarda. En las aletas se sitúan dos de los roblones, que no conservan cabeza. En el tercio proximal, la valva anterior lleva dos orejetas perforadas poco desarrolladas, en las que se alojan otros dos roblones de los que sólo uno conserva una cabeza subhemisférica recubierta de bronce, presentando ambos por la parte posterior sendas arandelas de hierro. Presenta estrangulamiento en su parte medial y contera de cuatro discos unidos entre sí –el superior y el inferior de cada lado– por una fina pestaña en U. Cada par de discos presenta un roblón que no conserva cabeza. Por la parte posterior, el cuerpo central de la contera tiene un anclaje de hierro cuadrangular y perforado, en el que se inserta una pequeña cadenita también de este metal, compuesta por cuatro eslabones, el último de los cuales se abre desarrollando una hembrilla. La vaina muestra una somera decoración en su parte medial, en forma de cinco molduras transversales realizadas sobre el propio hierro.

- *Guarda*. Longitud: 57,5 mm, anchura: 20 mm, espesor: 9,5 mm. Pieza compuesta por dos valvas unidas lateralmente y por dos roblones internos sin cabeza al exterior.

- *Pomo*. Longitud: 125 mm, anchura: 29 mm, espesor: 11 mm. Constituido por dos valvas unidas en los laterales y en la parte superior, así como por ocho roblones, cuatro de ellos internos y otros cuatro –ubicados en los laterales– con cabeza subhemisférica recubierta de bronce. El pomo desarrolla dos grandes aletas laterales rematadas en sendos discos (dos a cada lado) en los que se insertan los roblones con cabeza. En la parte superior evidencia un recorte en el que iría a alojarse en origen la espiga de la empuñadura del puñal.

3. EL DOBLE CHAPADO BRONCE/MAGNETITA

Los trabajos de conservación y restauración emprendidos hace ya unos años sobre panoplias procedentes de la necrópolis de La Hoya, dieron a conocer una curiosa estructura superficial, de disposición estratificada, y presente en ciertas armas, tales como vainas, pomos, guardas y tahalíes de tipología Montebornorio. Las primeras observaciones, realizadas mediante microscopía óptica tradicional, mostraban la afloración puntual de un finísimo estrato de color dorado debajo de lo que parecía ser la superficie original. Que dicha superficie fuese considerada original y no el resultado de la deposición de productos de corrosión del hierro, surgía del hecho de la existencia de dichas estructuras, bien caracterizadas, por encima de tal superficie, amén de la observación de una discontinuidad general entre ambos niveles, y del hecho fundamental de que esta superficie original conservaba a menudo extraordinariamente bien, y en amplias áreas, su topografía original, modelando perfectamente y sin dislocaciones estratigráficas, los planos y aristas del objeto. La hipótesis enunciada entonces por uno de los autores [6] formulaba para dicho objeto una naturaleza de doble revestimiento chapado bronce/hierno sobre un objeto de hierro. No obstante, dada la aparente com-

plejidad tecnológica que esta hipotética técnica sugería, y dada además la ausencia de referentes, no ya en su contexto cultural de la II Edad del Hierro, sino en cualquier otro estudio paleometalúrgico, se hizo necesario verificar dicha hipótesis mediante un estudio profundo.

A tal efecto se planteó una intervención analítica que nos definiera tal configuración estratigráfica, determinando su origen y naturaleza sobre dos piezas bien conservadas, la vaina y el pomo del puñal Lhy. Nec.69.1, a nuestro entender representativas de todas aquellas en las que se venía observado la existencia de dicho substrato. Los análisis deberían descartar posibles mecanismos fortuitos, tales como deposiciones electroquímicas puntuales, inversiones estratigráficas por dislocación estructural o cualesquiera otras causas que pudieran plantearse como responsables de la estratigrafía observada. De confirmarse un carácter metalúrgico, los datos morfoestructurales y compositivos deberían permitirnos interpretar qué procesos termomecánicos y de manufactura concurren para su fabricación. Para ello se utilizó un nutrido repertorio de técnicas analíticas que como requisito esencial se exigía que no fueran destructivas, o a lo sumo mínimamente destructivas [7]:

1. Un cartografiado y digitalización tridimensional del objeto, con precisión de 1 μ m, generando un modelo digital de mallas del objeto susceptible de ser utilizado por sistemas de análisis por elementos finitos.

2. Una inspección superficial de la funda del puñal y del pomo mediante microscopía óptica con el fin de seleccionar nueve puntos del cuerpo de puñal y dos del pomo donde coexistiesen estructuras de corrosión, afloraciones de la epidermis, presumiblemente de magnetita, y del substrato, seguramente compuesto de una aleación de bronce, estando la distribución espacial de dichos puntos gobernada por criterios estadísticos que garantizaran en todo momento la representatividad de los puntos intervenidos.

3. El análisis mediante microscopía SEM y microscopía de fuerzas atómicas proporciona las características morfoestructurales más relevantes de los diferentes substratos en dichos puntos.

4. La verificación de la continuidad espacial tanto de la epidermis como del substrato mediante la generación de imágenes de la ultraestructura que subyace a las estructuras de corrosión y a la epidermis, realizando para ello una perfusión de gas compuesto por isótopos de ^{133}Xe para su ulterior tratamiento mediante tomografía de emisión de positrones (PET).

5. La caracterización de los elementos y compuestos químicos de dichos substratos mediante difracción y fluorescencia de rayos X (XRD-XRF), microsonda electrónica (EPMA), análisis XPS y análisis EDX puntual.

6. El diseño y ejecución de un experimento utilizando, cámara climática y un modelo *in computo* de pseudo-difusión con el objeto de verificar la posibilidad de que procesos naturales indujesen una inversión estratigráfica de las capas de magnetita y bronce.

7. La cuantificación del tamaño de grano y de los dominios magnéticos de la capa de magnetita utilizando microscopía de fuerzas atómicas (AFM) y microscopía de fuerzas magnéticas (MFM).

El cómputo global de datos obtenidos nos permite confirmar el carácter metalúrgico de este doble revestimiento, que además se nos describe como un insólito enchapado de hierro, o si se prefiere, un doble chapado bronce – magnetita, consistente en *el enchapado de delgadas hojas de hierro sobre núcleos de este mismo metal, al que se adhieren gracias a una soldadura de bronce que configura un finísimo estrato intermedio. Además, una vez chapada, la hoja de hierro se oxidaba a magnetita en el mismo taller metalúrgico, por lo que estos objetos presentaban un acabado superficial de color negro* [8, 9 y 10]. Denominamos a esta técnica como Doble Chapado bronce /magnetita, o abreviadamente, DCH. La tecnología puesta en marcha mediante esta modalidad de enchapado reúne ciertas características que lo convierten en un ejemplo excepcional, representativo de una metalurgia ciertamente elaborada y compleja, y que además es mixta, o polimetálica, pues el hierro y las aleaciones en base cobre se manipulan de manera conjunta. Estos son los rasgos más destacados que la definen:

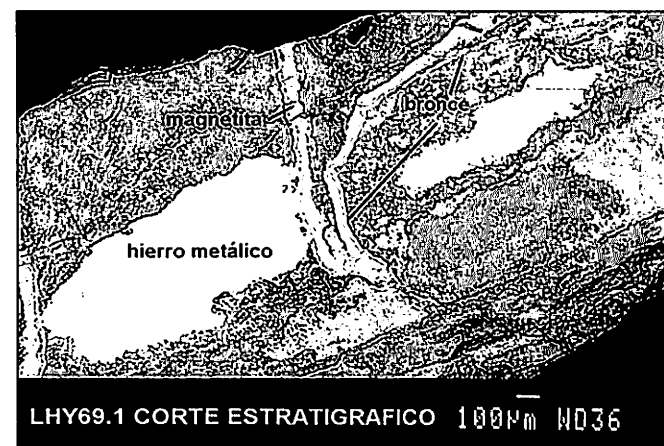
- La superficie original del objeto se sitúa sobre un estrato envolvente de magnetita (Fe_3O_4) en el que se detecta la presencia local de wustita (FeO), configurando una película extremadamente delgada, continua y uniforme, con picos de entre 50 a 100 μm de espesor.
- El sustrato de bronce es un revestimiento inferior, igualmente constituido por una capa continua, uniforme, y extraordinariamente delgada, del orden de entre 10 y 25 μm . Su presencia define e individualiza la película superficial de magnetita. Se trata de un bronce muy puro, que se presenta ordenado en dos bandas con diferente concentración de estaño, en función de la diferente velocidad de enfriamiento. La que hace contacto con el núcleo, está dominada por una concentración de Sn 14,4%; la que contacta con la epidermis, y se solidifica antes, alcanza Sn 27,1% en ciertos puntos. Esta alta concentración del estaño permite rebajar notablemente el punto de fusión de la aleación al mismo tiempo que la hace ganar en fluidez, por lo que se tratarían de porcentajes bien premeditados.
- Ambos estratos constituyen revestimientos superpuestos y continuos, de *magnetita epidérmica y de bronce subepidérmico*. No cabe considerar al estrato de bronce como superficial en origen. Tampoco cabe considerar al bronce ni a la magnetita depósitos fortuitos o accidentales, ni resultado de una inversión estratigráfica. Además las microestructuras de interfase indican que la perfecta adhesión entre estratos, y de éstos al núcleo de hierro, es de naturaleza térmica por fusión del bronce.
- La magnetita epidérmica presenta estructura bandeada u hojaldrada, pero sin que se reconozcan discontinuidades, cortes o empalmes, en toda la superficie de la cara anterior del objeto. Además, los análisis morfoestructurales (AFM y PET) y las simulaciones de corrosión, indican que el revestimiento de hierro no evoluciona él mismo por ataque directo de la corrosión, sino como filtro, poco poroso, alterado sobre todo

física y mecánicamente como resultado de las fuerzas de corrosión generadas en los estratos subyacentes. Es decir, el chapado de hierro sale ya del taller metalúrgico en forma oxidada a Fe_3O_4 , como magnetita artificial. Queda descartada esta oxidación como resultado fortuito durante la cremación del cadáver, proceso que además no afectó a todas las piezas objeto de estudio, y que sin duda hubiera generado oxidaciones muy parciales, heterogéneas y desigualmente repartidas.

La constatación de esta técnica de enchapado, nos va a plantear algunas cuestiones de difícil interpretación, fundamentalmente en torno a las preguntas, *cómo se hizo y para qué se hizo*. En efecto, desde un punto de vista tecnológico, no es fácil comprender cómo pudieron aquellos metalúrgicos estirar un hierro hasta obtener hojas tan delgadas, ni cómo lograron soldarlas tan íntimamente a un núcleo preconformado con una morfología –planos, ángulos y aristas– tan compleja e irregular. En nuestra opinión, y sobre la base de los datos manejados, el hierro de partida era extraordinariamente dúctil. En estas condiciones pudieron estirarse las hojas mediante el uso de rodillos, hipótesis ya enunciada para ciertas hojas en base cobre. Además, el proceso termomecánico que debe tener lugar durante el enchapado por soldadura, nos sugiere que estas hojas pasaron por un estado de *efecto superplástico*. La micrografía (ver figura), correspondiente a un corte en una de las aletas, presenta varios detalles interesantes que pueden ayudar a comprender estos procesos, la fusión del bronce y la soldadura íntima de la hoja a su núcleo. En ella se observa un rechupe o lengua de la bicapa, bronce/magnetita, penetrando por una imperfección o fisura del núcleo férreo. El bronce al fundir se cuela por esta fisura *arrastrando* perfectamente adherida la hoja de hierro. Esto significa que las uniones de la hoja al sustrato de bronce, y de éste al núcleo, fueron simultáneas. Además la íntima adaptación de la hoja de hierro, penetrando profundamente por esta fisura sin fracturarse, y por tanto su extraordinaria plasticidad alcanzada para que así ocurra, apoyan la hipótesis que requiere una fase termomecánica de efecto superplástico, en la que es posible producir la deformación del metal a baja presión. De esta manera la perfecta adaptación de esta hoja a la superficie del núcleo pudo realizarse a una temperatura que oscilaría aproximadamente entre los 760 °C y 800 °C, franja en que la hoja de hierro debe adquirir su máxima

plasticidad, al tiempo que fundiría este bronce tan cargado en estaño.

Desde un punto de vista funcional la respuesta tampoco parece sencilla. Chapar un objeto de hierro con una hoja de este mismo metal resulta del todo absurdo, a no ser que se busque un acabado especial. La evidencia de que la hoja de hierro se va a transformar en una película inerte



y tenaz de magnetita de color negro, parece darnos la explicación a este tipo de revestimientos: la obtención de unas peculiares calidades estéticas y cromáticas junto a unas interesantes propiedades anticorrosivas. No obstante, esta explicación resulta insuficiente, o cuando menos problemática, y de la misma manera que sería absurdo dejar la superficie del hierro metálico en su color, tras chapar un objeto que ya es de este metal, no parece entenderse por qué, para alcanzar un acabado de magnetita, no fue suficiente la oxidación a Fe_3O_4 de su superficie desnuda, operación evidentemente mucho más sencilla. En efecto, nuestra opinión es que las pátinas de magnetita fueron utilizadas con profusión junto al DCH, y aunque en este caso la utilidad real de esta técnica se nos escapa, creemos que debió aportar unas *cualidades estéticas, cromáticas, y suntuarias*, singularmente apreciadas.

La identificación de esta técnica de recubrimiento metalúrgico nos permite reconocer una superficie original en la que evolucionan unas estructuras de corrosión características de estos recubrimientos. Se trata de *topografías de evolución* con un marcado desarrollo *cuticular*, resultado de la presencia de una película inerte en superficie: planicies sin desplazamiento, ampollas y abolsamientos, procesos de exfoliación, dislocación y fractura, etc. De esta manera podrá establecerse un criterio morfoestructural para indagar y reconocer la presencia de recubrimientos metalúrgicos, incluso en superficies muy desestructuradas.

Sin embargo, estas estructuras no son exclusivas de piezas provistas de un doble chapado, y así el material férrico de La Hoya nos muestra que también evoluciona una topografía netamente cuticular en un extenso repertorio de piezas bernorianas, tengan o no un substrato de bronce, y no sólo en vainas, pomos, guardas y tahalíes, sino también en umbos de escudo, hojas de lanza o puñal y otros elementos anexos de menor tamaño, como abrazaderas, grapas y tachuelas de umbo, etc., ¿cuál es la razón que explica en estos casos la presencia de unas películas continuas y envolventes, y de evolución afín a las piezas con DCH? En nuestra opinión las panoplias bernorianas formaban conjuntos armónicos de color negro, bien mediante el Doble chapado bronce/magnetita, bien mediante *pátinas artificiales de magnetita*.

La presencia de un substrato de bronce, y por extensión la técnica del DCH, se ha detectado hasta el momento sobre 16 objetos de filiación bernoriana, todos ellos elementos de la panoplia no destinados a sufrir agresiones mecánicas, tales como vainas, pomos, guardas y tahalíes. Aparentemente no se vincula a una variante concreta, ni a piezas de tipometrías similares, pudiendo además aparecer lo mismo en objetos con profusa decoración damasquinada, como en otros que sólo presentan una somera atención decorativa. Catorce de estas piezas proceden de la Necrópolis de La Hoya (Laguardia-Álava): siete piezas individuales (dos vainas, un pomo y cuatro tahalíes) y dos conjuntos de vaina-cruceta y pomo, en un caso, al que se le añade el tahalí, en otro. Es muy probable que una inspección adecuada sobre piezas similares pueda elevar esta cifra, pues el substrato de bronce debe desaparecer, más o menos rápidamente, en piezas muy fragmentadas, mineralizadas, o en presencia de procesos activos de corrosión. Fuera del entorno de La Hoya, se han reconocido dos piezas más, compuestas por una

vaina y su pomo (Col. Alfaro del Museo de la Armería de Vitoria), igualmente de tipología Monte Bernorio, pero de procedencia desconocida. No se han reconocido más ejemplares, aunque es presumible, dada su representación en La Hoya como un caso no aislado, que este revestimiento metalúrgico se aplicó en otras piezas del mismo horizonte tipológico, bien representado en Museos Públicos y Colecciones Particulares.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Madroñero, A., 1990, Los recubrimientos superficiales como fuente de información arqueológica, *Técnica Metalúrgica* 299, 20-32.
- [2] Meeks, N., 1993, Surface Characterization of tinneze bronze, high-tin bronze, tinned iron and arsenical bronze, en *Metal plating and patination. Cultural, technical and historical developments* (eds. La Niece, S and Craddock P.T.), Butterworth-Heinemann, Ltd Oxford.
- [3] Barrio, J., 1996, Metodología de investigación en los procesos de deterioro de los hierros prerromanos, en *XI Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*, Castellón, 921-935.
- [4] Janaway, R. y Scott, B., eds., 1989, *Evidence preserved in Corrosion Products: New Fields in Artefacts Studies*, Occasional Papers Number 8. The United Kingdom Institute for Conservation.
- [5] Vitri, S., et al., 1992, Il Ripostiglio di armi di ferro di Porpetto (UD). Un progetto di conservazione analítica, en *3ª Conferenza Internazionale sulle prove non distruttive per lo studio e la conservazione delle opere d'art.*, 837-849.
- [6] Alonso, J., 1996, Substratos de bronce en objetos férricos de la necrópolis de La Hoya (Laguardia, Álava), *Munibe* 48, 59-63. Sociedad de Ciencias Aranzadi. San Sebastián.
- [7] Cerdán, R., 1998, Informe de intervención científica en Lhy. Nec 69.1. Inédito.
- [8] Alonso, J., López, P. y Ortiz de Errazti, I., 1998, Doubles placages en bronze/magnétite sur des objets preromains. Caractérisation analytique et problème de conservation, en *Metal 98 (ICOM)*, Draguignan, France. Mourey, W., Robbiola, L., Editeurs. 58-52. James and James (Science Publishers). London.
- [9] Alonso, J. y Cerdán, R., 1999, Las técnicas por emisión de positrones y microscopía de fuerzas atómicas en la caracterización de la funda de puñal prerromano LHY 69.1, en *9º Congreso Nacional de Ensayos No destructivos (END)*, 261-272. Vitoria-Gasteiz.
- [10] Alonso, J., Cerdán, R. y Filloy, I., *Nuevas técnicas metalúrgicas en armas de la II Edad del Hierro. Arqueometalurgia y Conservación Analítica en la necrópolis de La Hoya (Laguardia, Álava)*.