

## **EL PROCESO DE RESTAURACION Y CONSERVACION DE UN CONJUNTO DE ARMAS DE HIERRO. APROXIMACION A SU ESTUDIO TECNOLOGICO Y CULTURAL**

JOAQUIN BARRIO MARTIN  
DPTO. DE PREHISTORIA Y ARQUEOLOGIA.  
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID

### **Resumen**

El desarrollo del proyecto de conservación/restauración de un conjunto de armas en deficiente estado, procedentes de las tumbas 557, 1120 y 1125 de la necrópolis de incineración de La Osera (Chamartín de la Sierra, Avila), nos sirve como excusa para introducirnos en el análisis de la problemática de deterioro de las piezas metálicas de hierro durante la etapa prerromana de la P. Ibérica, cuya pervivencia a través del tiempo resulta tan dificultosa. De igual modo, los datos y aspectos técnicos interesantes recuperados en su restauración hacen posible realizar una valoración de interés sobre la compleja tecnología de manufactura de este armamento.

Además, hemos constatado la importancia fundamental y básica de los tratamientos de limpieza mecánica como eje conductor del trabajo de laboratorio, sin descartar el apoyo de otros métodos químicos o electroquímicos para la extracción total de los productos de deterioro, obteniendo un resultado final positivo para dicho proyecto.

### **Resumé**

Le déroulement du projet de la conservation/restauration d'un ensemble d'armes au déficient état du corrosion, provenances des sépultures 557, 1120 et 1125 de la nécropole d'incinération de La Osera (Chamartín de la Sierra, Avila), nous sommes servi d'excuse à s'introduire dans l'analyse de la problématique de détérioration des pièces métalliques du fer pendant l'époque préromain de la P. Ibérique, dont la survivance au travers du temps est très difficile. De la même manière, les données et le rapports techniques digne d'intérêt retrouvés rendent possible faire une bonne estimation sur la complexe technologie de fabrication de cet armement.

En plus, nous sommes constaté l'importance fondamentale et plus essentielle des traitements du nettoyage mécanique, comme axe conducteur du travail du laboratoire, sans écarter l'utilisation d'autres méthodes chimiques au électrochimiques pour l'extraction complète des produits de corrosion, reussent un résultat final très positive por ce projet.

## INTRODUCCION

Hemos deseado convertir el esquema de estos trabajos de restauración en un estudio exhaustivo sobre la problemática de conservación propia de la mayor parte de los conjuntos metálicos de hierro recuperados en numerosas necrópolis y asentamientos del período prerromano de la Península Ibérica. Así, el presente artículo se ha conformado a partir de los proyectos realizados durante nuestra permanencia los dos últimos años como alumno en la Escuela de Restauración y Conservación de Bienes Culturales de Madrid, bajo la tutela de los profesores D. Miguel Peinado y Dña. M<sup>a</sup> José Alonso, en la asignatura de "Prácticas" en los cursos académicos 1981-82/1982-83 (1).

Retomando y analizando las fichas técnicas de ambos proyectos, hemos completado con la mayor profundidad de nuestros conocimientos actuales este trabajo relativo a la problemática de restauración y conservación de unos conjuntos férreos de tanta significación durante la II Edad del Hierro en el ámbito de la Meseta Norte, puesto que los materiales que los integran son productos de primera calidad entre las manufacturas salidas de los talleres metalúrgicos de la zona. Y de modo general, hemos intentado un acercamiento a la compleja problemática de conservación del material férreo.

Los objetos integrantes de los citados trabajos formaban parte como ajuar de las sepulturas 1125 (Grupo A; figs. 1-2), y 1120/557 (Grupo B; figs. 3 a 6); las dos primeras de la denominada ZONA V y la restante de la IV en la necrópolis de incineración de LA OSERA (Chmartín de la Sierra, Avila) (Cabré Aguiló et alii, 1950). Ambas zonas de este cementerio se excavaron durante los años de 1933/34, y por el momento, a pesar del tiempo transcurrido, ninguna de las dos zonas está publicada, permaneciendo en los fondos del MAN, desde donde partieron para su restauración (2). En la actualidad buena parte de estas piezas están expuestas en las salas del Museo de Avila.

Sin embargo, los datos generales que sobre dicha necrópolis de La Osera se publicaron en su día (Cabré Aguiló et alii, 1950, 8-75), si bien no hacen referencia a las sepulturas citadas, nos han sido de enorme validez para establecer el posible arranque de algunas de las causas de deterioro, así como para poder adjuntar unas pocas líneas sobre la valoración técnica, cultural y cronológica del conjunto. De ningún modo la intención de este trabajo es ofrecer un análisis pormenorizado de estos últimos aspectos, sino preferentemente afrontar la problemática derivada hacia su restauración y conservación. La idea que, por tanto, ha motivado las presentes líneas no es sólo el interés por dar a conocer resultados de trabajos de conservación de este tipo, sino porque dentro de los materiales metálicos de la época son los productos y manufacturas de hierro los que muestran un grado de mayor deterioro, y como consecuencia pueden desaparecer irremediabilmente para nuestro patrimonio cultural.

---

(1) Desde estas páginas queremos agradecer a la Escuela Oficial de Conservación y Restauración de Madrid, tanto a su Director Prof. Javier Peinado, como a los Prof. Miguel Peinado y M<sup>a</sup> José Alonso, por las facilidades dadas para que dichos proyectos pudiesen salir a la luz. Dichos informes figuran con los siguientes números de inventario en el archivo de la Escuela:

E. 189/80-81.

E. 243/80-81.

(2) Para la publicación de este trabajo, y puesto que los materiales inéditos pertenecían a los fondos del M.A.N., solicitamos y obtuvimos el preceptivo permiso del Director de la época, Dr. Alfonso Moure Romanillo, a quien desde estas páginas agradecemos sinceramente la deferencia.

Si bien la totalidad de los objetos tratados se integran en una unidad material definida por el hierro como producto de confección, hemos decidido diferenciar ambos grupos (A y B), puesto que en cada uno de ellos se han efectuado en alguna medida tratamientos distintos; hecho que a su vez nos ha permitido una mayor riqueza de matices a la hora de redactar el estudio aquí presentado.

## ESTADO DE CONSERVACION

Aunque con antelación precisamos sobre la separación de las piezas en dos grupos, a la hora de efectuar una valoración tanto de la problemática del estado de conservación como de las posibles causas de este deterioro nos parecía conveniente llevarlo a cabo como si de un único conjunto se tratara. Es evidente que sólo desde el conocimiento exhaustivo de las incidencias y el estado en el momento de la excavación hubiéramos podido extraer una mayor objetividad en el análisis de la referida problemática. Teniendo presente, además, la unidad material, cronológica, técnica y de localización en un mismo conjunto funerario de incineración en el que las condiciones geológicas y de medio ambiente sin duda fueron similares, estaría más que justificada esta determinación, con el fin de no ser reiterativo en una evaluación caso por caso. De todos modos, cuando resulta necesario pormenorizamos en aquellas piezas que ofrecen alguna especificidad en cuanto a su situación concreta.

El estado de conservación a nivel general puede ser evaluado de "muy deficiente". Así quedaría calificado en el tipo "C" de los enumerados por Western (Western, A.C., 1972, 83-87), correspondiente a los objetos afectados por una corrosión muy avanzada, y a los que se precisa dar una eficaz consolidación. De todos modos, es bien conocido que en restauración cada pieza ofrece unas características singulares, tan relacionables con la problemática general del tipo de material constituyente, como intrínsecamente propias y diferenciables. Por todo lo cual, las soluciones deben de entenderse siempre bajo este prisma.

Así pues, para determinar su estado de conservación se han examinado las piezas con una lupa binocular de pocos aumentos, obteniendo un resultado positivo, que dejamos constancia en la estratigrafía dibujada al respecto (Fig. 4). Seguramente hubiese sido de enorme interés efectuar una radiografía de cada pieza con el fin de reconocer la profundidad de la corrosión o las posibles fracturas internas; la fácil penetración de los Rayos X a través del óxido de hierro disponen a este método como el más eficaz para rastrear minuciosamente la presencia de motivos decorados, y en especial para los damasquinados subyacentes bajo la capa de productos de corrosión y, por tanto, ocultos a la vista (Plenderleith, H.J., 1967, 210 y 313-314; Hours, M., 1980; Rovira Llorens, S., 1985, 17; Amitrano Bruno, R., 1985, 31). La precariedad de medios técnicos de investigación que sufren habitualmente nuestros centros docentes truncó esta posibilidad.

El conjunto de problemas reconocidos en esta lote de material férreo son los siguientes:

### 1.-Alto grado de corrosión

El hecho es evidente en todos los objetos (Bertholon, R.; Relier, C., 1990, 170-184). La originaria presencia de "orín" en unión de una humedad constante propiciada por el prolongado enterramiento dió paso a la formación de un conglomerado de hidróxidos férricos y ferrosos. Junto a éstos encontramos más esporádicamente deposiciones de carbonato de calcio. Incluso se

ha podido detectar, después de la realización de un test standart la presencia de sales, sin duda, provenientes del medio geológico de las tumbas.

En el momento de iniciarse el tratamiento el proceso de corrosión parecía poco activo, aunque no se podía descartar su acción en algunos focos. Como resultado lógico de esta actuación del fenómeno corrosivo el metal se encontraba en buena medida mineralizado, pero no afectando a todas las piezas por igual, sino que dependía del espesor de la lámina férrea en que cada objeto estuviese confeccionado. Así, las cañas de las vainas (Lám. IV.a), las antenas atrofiadas de la espada 2 del grupo B (Lám. III.a), la empuñadura tubular de la espada 1 del mismo grupo (Lám. I.a), o la placa decorativa de la vaina del grupo A, presentaban una estructura completamente mineralizada, donde el imán no se adhería o lo hacía escasamente. Cuando la lámina de hierro era de mayor espesor, como sucede en la hoja, la guarda o el pomo de las espadas, aún subsistía una parte de su núcleo metálico, pero nunca más allá de la mitad o un tercio de éste. Sólo en el caso de la empuñadura ochavada de la espada 2 del grupo B el núcleo era considerable (Lám. III.b).

El orín, sin embargo, como indicador de toda esta actividad corrosiva del hierro, nos ha servido también como un fidedigno elemento documental; un hecho ya puesto de relieve por otros autores (Plenderleith, H.J. 1967, 32 y 323). La fragmentación de la única empuñadura tubular, ya citada, dejaba ver en su interior una ligera capa de orín que reproducía magistralmente la impronta nervada de un alma de madera, atestigüando de este modo una característica técnica que si bien se presumía, no sabemos que se tuviese contancia real de ello, al desaparecer con tanta facilidad el material orgánico. Sólo a causa de la fragmentación de dicha empuñadura se pudo conocer lo que sin la ayuda de otro método analítico nos hubiese obligado a desmontar la espada, hecho impensable en un objeto arqueológico de tales caracteres. La habitual utilización de materiales orgánicos (hueso, madera, asta,...) junto al propio metal de hierro en la manufactura de muchas de estas piezas, cuyo único rastro -la impronta- puede quedar en los productos de corrosión, obliga a extremar la atención en el análisis preliminar a este tipo de limpiezas si no se quieren perder irremediamente datos de enorme valor para la investigación arqueológica.

## **2. Productos de corrosión deformantes**

Al contrario de lo que suele acontecer con otros metales, los objetos de hierro presentan este rasgo en su proceso de destrucción. Así, la acumulación continuada de los efectos de la corrosión (óxidos, hidróxidos, carbonatos, tierras, granos de sílice, sales, ....) (Fig.4, [6,7,9]), no sólo llegan a deformar el contorno del objeto sino que pueden ocultar completamente cualquier rastro de la superficie original. Este era nuestro caso, no dejando ver los detalles constructivos de las piezas, ni mucho menos la excelente decoración que guardaban muchas de ellas. El ejemplo más extremo lo constituía la placa decorativa de la vaina del grupo A, en la cual los metales componentes de estos damasquinados (plata y bronce) apenas sí mostraban productos de corrosión, con excepción de algunos focos de cloruro de cobre en las empuñaduras presagiando su presencia (Fig.4 [8]). De todos los minerales de hierro formados en el proceso corrosivo, sólo la magnetita radicada en la superficie se había constituido en una pátina a proteger (Fig.4 [5]). Creemos que dicha característica rastreada en un buen número de nuestras piezas de hierro, basada en productos de corrosión casi estabilizados al completo, se convierte en la clave a la hora de abordar cualquier tratamiento de limpieza sobre tales objetos.

De todos modos, esta película superficial tampoco mantiene una total uniformidad; abombamientos, ampollas zonales, pegotes de tierra, óxidos y carbonatos, sales, ..., contribuyen a crear este panorama (Lám. I[b]; III[a]). Así, pues, es posible que lo que observamos en este momento preliminar al tratamiento sólo sea una parte de los productos deformantes que ofrecían a la vista al efectuar su recuperación durante la excavación de la necrópolis, puesto que es lógico pensar en la retirada de buena parte de los de menor consistencia por el grupo de arqueólogos.

Otra de las cualidades de los productos de corrosión es su adherencia al núcleo metálico férreo; mientras algunos focos muestran una estructura granulosa de escasa consistencia y pulverulentos, otros difícilmente serían extraíbles sólo por medios de limpieza manual.

En este punto no estaría demás añadir el interés que pueden tener las características de los productos de la corrosión a la hora de poder determinar la procedencia del mineral de hierro, como lo puso de relieve en su día Maluquer (Maluquer, 1986-87, 15).

Así mismo, tampoco son ajenas al surgimiento de dichos productos de la corrosión las deformaciones intencionadas de las piezas llevadas a cabo en el rito de incineración del cadáver. Las zonas del armamento que soportaron esta máxima tensión se han convertido en las preferentes y más atacadas del efecto corrosivo (Lám. IV[b]; fig. 3 [b.5]).

### **3. Pérdida de material constituyente**

A consecuencia de la culminación de este proceso de la corrosión muchos de los objetos de nuestro conjunto han perdido algunas de sus partes, bien sea las antenas atrofiadas en las espadas, bien la punta y los filos en espadas y lanzas, bien las chapas de la vaina,.... La elevada mineralización de estas partes (¿es posible que a causa de un mayor tratamiento de forja?) les ha convertido en elementos de suma fragilidad, y por tanto más susceptibles de desaparecer que el núcleo interno. Algunas piezas que analizamos sólo mantenían lo que vulgarmente se denomina "raspa" (Fig. 3[b.6]). Aquí la superficie original no se encuentra oculta, sino que ha desaparecido en su totalidad. En contadas ocasiones se ha podido rescatar esta película superficial, y además siempre mineralizada, convertida en una capa de magnetita, que por otra parte, se desprendía con facilidad en escamas; otras veces en exfoliaciones sólo unidas a la estructura por una cama de tierra (Fig. 4[6]).

Una especial singularidad de esta pérdida de material la ofrecía la decoración. Un aspecto que hemos podido estudiar adecuadamente sólo cuando se han eliminado los productos corrosivos de la superficie. Como resultado de la formación de óxidos en las cajas donde se instalaron los hilos de plata o bronce, al aumentar su volumen en el proceso de deterioro, habían ahuecado de lugar dichos hilos, provocando a consecuencia la desaparición de algunos o el desplazamiento de su posición original en otros. En ocasiones ha llegado a perderse dicha caja de asiento de estos bellos motivos de ataugía, resultando muy complicada la reconstrucción completa de su diseño, cuando no se ha destruido totalmente tanto decoración como núcleo (Fig. 4[3], [4]). La problemática descrita recobra especial incidencia en la placa decorativa del grupo A. De todos modos, tampoco puede descartarse que las limpiezas antiguas hayan ocasionado la desaparición, indirecta e inconscientemente, de algunos elementos de dicha ornamentación en plata.

Para nosotros éstas serían las causas de la pérdida de buena parte de los motivos damasquinados sobre objetos de hierro, por lo demás tan habituales en los conjuntos con ajuares más ricos de las necrópolis de la II Edad del Hierro en la Meseta Norte, puesto que la nobleza de los meta-

les utilizados en la realización de esta técnica así como el sacrificio de los componentes férreos en favor de aquellos, induce a pensar que ha sido su propia corrosión la que les ha hecho desaparecer, aunque los focos de cloruro en el caso de los filamentos de bronce tenderían progresivamente a ello (Fig. 4[4]).

#### **4. Fragilidad y fragmentación** [Lám. II(b), y IV(a)]

Ambos hechos se explican como efectos de un proceso corrosivo y mineralizador, que deja determinadas partes o toda la pieza en un estado de suma debilidad. También habría que relacionar con el proceso la deformación ritual de muchos de los objetos en el momento de su enterramiento (Cabré Aguiló, 1932, 15-ss, Lám. XV,2). De este modo, al perder su núcleo metálico se vuelven quebradizos y difícilmente susceptibles de un tratamiento mecánico sólido. En piezas con decoración subyacente, como algunas de nuestro conjunto, esto implicaba una gran dificultad a la hora de su limpieza. A la postre, esta característica en su estado de conservación era compartida por la práctica totalidad de ambos grupos de metales.

En cuanto a la fragmentación también les afecta de manera determinante, de modo que algunos ejemplares ya habían perdido determinadas partes, en especial sus extremos terminales o puntas. Otros como las cañas y la placa de la vaina o la empuñadura tubular, sin haberlo extraviado sí se mostraban muy fragmentados. De todos modos es preciso anotar un efecto positivo en dicho estado de desmembramiento en el hierro: cuando este metal se descompone en fragmentos muy o completamente oxidados, éstos no suelen corroerse más y se muestran muy estabilizados, haciendo posible el estudio de los detalles de cada fractura, y por tanto, su fácil ajuste para la recuperación integral del objeto. El caso se nos daba en la placa decorativa a que nos hemos referido, así como en la empuñadura de la espada larga del grupo B (Lám. I[a]) (Plenderleith, 1967, 326). Aunque sin duda, son las piezas y elementos de chapa más delgada donde se ha cebado con mayor intensidad el proceso de deterioro.

#### **5. Consolidaciones superficiales antiguas**

Sólo afectaba a determinadas piezas del conjunto B. Este tipo de actuaciones, probablemente llevadas a cabo cuando aún permanecían en los fondos del Museo, han tenido, por el contrario, un efecto positivo sobre su estado de conservación. Se trata de un parcial engasado con pegamento nitrocelulósico. Así han preservado la superficie escamada, quedando una documentación de gran interés. Incluso pueden haber ayudado al mantenimiento de la integridad de algunos ejemplares.

### **CAUSAS DESENCADENANTES DEL ESTADO DE CONSERVACION**

Una de las primeras es la relativa a la propia calidad del material. Debido a su potencial electroquímico el hierro tiende a oxidarse con gran facilidad, intentando recuperar su anterior estado mineral. Rápidamente se forma lo que comunmente denominamos "orín" (hidróxidos férricos y ferrosos) por la acción del oxígeno en presencia de un ambiente de humedad.

Además, puede incidir en el proceso la variación de distintos potenciales sobre un solo objeto metálico, a causa de las inclusiones locales, las variaciones de porosidad y de composición cualitativa del mineral,..... Sin lugar a dudas, ello debió de ser normal en el hierro forjado con el que

manufacturaron las piezas de nuestro conjunto, entrañando una notable gravedad en el proceso corrosivo. Su efecto más inmediato fueron las ampollas y picaduras penetrantes, cuyo final ha sido la pérdida total de material en estos puntos, aquellos que se convirtieron en focos preferentes dada su mayor diferencia de potencial. Un buen ejemplo de todo esto, sería la placa decorativa del conjunto A. A esta misma razón en su vertiente positiva podría deberse la conservación en determinados lugares de la superficie original de la pieza mencionada, así como de la espada larga del grupo B.

Al mismo principio electroquímico, pero en este caso con la particularidad de que sucede entre dos metales distintos, por una parte hierro y por otra plata o bronce, se debe la excepcionalidad de la conservación de la decoración del damasquinado en la empuñadura o en la placa de la vaina. Así, el metal menos "noble", el hierro, se "sacrifica" en favor del que tiene mayor nobleza, sea plata o bronce. Las pérdidas ocasionadas en estos últimos deben atribuirse a la excesiva oxidación de la "caja", con un aumento progresivo del volumen de sus productos corrosivos, ahuecando de su sitio los hilos, y provocando su desaparición sin remedio. Los ejemplos ya citados nos ilustran este proceso en sus distintas fases: pérdida completa del filamento, abombamiento de éste, e incluso desaparición total de la caja de inserción. Sin embargo, esta misma razón ha propiciado el excelente estado de la plata o el bronce, sólo ocultos bajo la masa de corrosión del hierro.

El segundo factor de deterioro radicaría en el prolongado enterramiento en el suelo, además fosfatado y ácido. La cercanía a la superficie de los enterramiento haría posible una alta porosidad en el terreno, así como la más fácil penetración del agua de escorrentía, incidiendo si cabe en un mayor contraste estacional en la humedad relativa, lo que implicaría mayores ajustes de equilibrio y reequilibrio de los metales a esta variable. Es conocido que el grado de corrosión de un metal enterrado se intensifica proporcionalmente al grado de acidez del suelo y a su porosidad, así como a la cantidad de sales solubles en estado natural, cuya actuación se acrecienta con la humedad. Este mismo factor, su enterramiento ha ocasionado así mismo las adherencias de tierras que conformarían junto con los óxidos el volumen más importante de la corrosión de las piezas de nuestro conjunto.

Por otra parte, este prolongado enterramiento suele dar lugar también a procesos de estabilización, creando una especie de equilibrio con el medio ambiente existente en la tierra. Ello ha supuesto un elevado coste de lenta adaptación, tendente siempre a recuperar el estado natural, esto es, a mineralizarse (Amitrano Bruno, 1984, 25-ss). Aún desconocemos muchos datos sobre esta situación de equilibrio en los distintos metales, pero lo que sí parece claro es que muchas piezas metálicas al entrar en dicho estado ralentizan su actividad corrosiva, que suelen volver a activar cuando salen al medio ambiente, si no se procura someterles a un buen sistema de readaptación.

Una causa más que no se puede considerar ajena a la configuración cualitativa del metal es el tratamiento térmico y fundamentalmente mecánico a que fueron sometidos los objetos de hierro. Los trabajos de forja y temple, que con preferencia se han centrado sobre el filo y punta de lanzas y espadas, han colaborado en la pérdida casi completa de éstos. La incidencia del martillado en la actividad y cualidad corrosiva se observaba en aquellas piezas que han perdido su película superficial en forma de pequeñas concavidades donde se produjo cada uno de los golpes, dando lugar en cada uno de ellos a un foco distinto de deterioro. También debe de tener alguna relación con este procedimiento mecánico de trabajo la constitución de las estructuras hojaldradas o laminares que muestra el hierro corroido de buen número de ejemplares. ¿Es posible que

este tipo de composición laminar esté en relación con la diferencia de los minerales en función de las distintas áreas de producción en la P. Ibérica e incluso dentro de la propia Meseta, como planteaba Maluquer?

No podemos olvidar que otro factor distinto pudo estar en el rito de cremación de los objetos del ajuar, si bien nunca debieron de alcanzar tan alta temperatura como durante su elaboración. Astiles, mangos, empuñaduras de madera o de hueso, cuero de los cinturones, correajes o vainas,..., todo debió desaparecer irremediabilmente, provocando el consiguiente deterioro de los elementos que sustentaban o de aquellos a los que iban unidos. De todos modos, tal circunstancia no debió de afectar en gran medida al proceso de mineralización del hierro, pero sí de alguna manera a sus bellas decoraciones de ataufía. Además, no hay que olvidar lo que este acto de cremación supone como nuevo tratamiento térmico, en este caso incontrolado, y donde los cambios bruscos de temperatura surtieron un efecto negativo.

Evidentemente otro factor esencial en la formación del estado de deterioro de los conjuntos de hierro en estudio lo ha constituido el desarrollo de la propia excavación. La salida a la superficie, a un nuevo ambiente distinto al existente en el interior del suelo, supone también la ruptura del equilibrio logrado por la pieza enterrada. La influencia directa de la luminosidad (RUV y RI), y, sobre todo, el cambio brusco en su Humedad Relativa, si no se toman medidas de protección creando un medio ambiente de tránsito, surte a la postre un efecto drástico sobre la conservación de las piezas metálicas. Cristalización de sales en superficie, ruptura de ampollas, agrietamiento y laminación, e incluso fragmentación de las partes más débiles, serán algunos de los efectos directos de este cambio en la forma de vida de las piezas de hierro, denominado con el calificativo de "readaptación". La adopción de medidas tendentes a amortiguar el desequilibrio (rebaja progresiva de la HR, ausencia de exposición brusca a la luz,...), así como el rescate eficiente y profesional de objetos muy deteriorados, mediante la disposición de consolidaciones puntuales, o la confección de camas rígidas para su extracción, hubiesen incidido de manera muy positiva en la mejor conservación de éstos. De ningún modo estamos en la tesitura de achacar tales efectos a las personas que realizaron la excavación en los años treinta, cuando aún hoy siguen siendo prácticas habituales en gran partes de los trabajos arqueológicos de campo en nuestro país. Los tratamientos de conservación "in situ" son imprescindibles si se quieren conservar los objetos, al menos tal como han permanecido en el interior de la tierra (Foley, 1987, 24-31).

Una última causa en este análisis explicativo del estado de conservación puede estar en la ausencia de un tratamiento inicial en laboratorio poco después de su recuperación (casi cincuenta años esperando un primer tratamiento ha provocado un deterioro más agudo que el del momento de la excavación). También puede haber colaborado el almacenamiento prolongado en condiciones poco idóneas, propiciando no sólo la reactivación de ciertos focos de corrosión, sino que también ha hecho posible la actuación de la contaminación atmosférica propia de un medio urbano agresivo como el de Madrid, y más en las inmediaciones del MAN. Así mismo, algunos objetos del grupo A venían envueltos en papel de periódico de la época de la excavación; esta envoltura ha permitido la mayor adhesión de humedad al objeto, e inclusive, una elevación del grado de acidez.

## **TRATAMIENTO DE CONSERVACION Y RESTAURACION**

Una vez expuestas causas y problemas del estado de conservación, y la posible conexión entre ellos, es preciso detallar el criterio seguido en el tratamiento de todo el conjunto. La

primera actuación debía consistir en reintegrar al objeto las superficies originales saltadas, con el fin de posibilitar una lectura correcta de su tamaño, de sus características técnicas, de sus detalles constructivos, y, por supuesto, de sus excelentes motivos decorativos.

En primera instancia, nuestra pauta a seguir en el desarrollo del tratamiento se dirige a conservar el objeto eliminando aquellos problemas que inciden fundamentalmente sobre su deterioro progresivo; desactivando, en definitiva, las causas de éste, a fin de preservar la pieza en buen estado, y si es posible, restituyéndole al equilibrio de su primer momento. Se debía de posibilitar su mantenimiento estanco, protegiéndolo e inhibiéndolo de un medio ambiente agresivo. Y por supuesto, haciendo pervivir en dicho estado el máximo de datos, desechando de entrada actuaciones duras, tal como drásticas limpiezas electroquímicas que con total seguridad permitirían una total erradicación de los productos de corrosión.

Y como un último criterio fiable, nos planteamos acotar las restauraciones a una intervención puntual que tenga como fin tanto el hacer más fácil la lectura tencológica y cultural del objeto arqueológico, como el reintegrarle una solidez estructural perdida en muchos casos. Este planteamiento conservador, no así indudablemente su limpieza, tiene que ser reversible, puesto que aunque la experiencia en métodos y materiales empleados es hoy muy considerable, nunca existe la seguridad en la evolución práctica de muchos de ellos a corto y largo plazo. Por otra parte, la intervención de un medio extremadamente nocivo podría reactivar los procesos corrosivos y, en consecuencia, tener que reiniciar el tratamiento. Sin la reversibilidad de las actuaciones sería muy difícil dar de nuevo este paso.

A tenor de estos criterios expuestos, la proposición de tratamiento a seguir podría centrarse en los siguientes pasos:

1.-Levantamiento de la cama de consolidación en las piezas que la tuvieran, junto a una limpieza manual de las adherencias blandas.

2.-Consolidación previa de escamaciones y grietas.

3.-Reforzamiento con engasado consolidante de la estructura general alternando sus caras, a fin de asegurar una limpieza mecánica completa, e impidiendo con ello cualquier pérdida de la superficie original.

4.-Limpieza mecánica como método central del tratamiento, pero preservando cualquier resto de óxido (magnetita habitualmente) que forme parte de la superficie original (Pellicer Catalàn, 1968, 25-42). Esta fase del trabajo puede desglosarse en dos partes:

a). Inicial por métodos manuales de las adherencias débiles o en aquellas áreas de gran riqueza decorativa. Así mismo es la medida más oportuna en los objetos con una estructura deficiente.

b). Mecánica por medios abrasivos para las adherencias más duras en las piezas de estructura sólida. Esta actuación puede apoyarse con productos reblandecedores de los óxidos.

5.-Limpieza por medios químico-ácidos (Nital, Nítrico, Oxálico, Thyoglicólico, ...) y electroquímicos habituales (granalla de zinc, polvo de aluminio,..) con el único objetivo de reforzar la limpieza manual y para la extracción de aquellas adherencias extremadamente resistentes; pero siempre de aplicación local. También podría entenderse esta actuación como limpieza básica en aquellas piezas con una estructura muy débil, y cuya integridad peligraría con un método mecánico de abrasión.

Otros sistemas de limpieza tales como la reducción térmica, los tratamientos electrolíticos o los potenciadores con ultrasonidos eran demasiado enérgicos para nuestro conjunto, y por tanto su control más dificultoso.

6.-Eliminación de la humedad residual con secado en estufa de 105°C, además de un desengrasado general de la pieza.

7.-Unión de los fragmentos con resina polimerizante (tipo epoxy), y reintegración de las lagunas con el mismo producto, de manera que se haga posible una lectura más completa del objeto devolviéndole su unidad espacial de origen, o bien que ayude a reforzar su estructura física.

8.-Tratamientos de inhibición y protección del medio agresivo con aplicación de acetatos, parafinas, ceras naturales o ceras microcristalinas, cuya función será, además, proporcionar una consolidación final al objeto.

La elección del método a utilizar en cada caso concreto, esto es, en cada uno de los objetos arqueológicos del conjunto, se efectuó especialmente en función de las posibilidades y singularidad de la problemática propia. Así mismo, tuvimos en cuenta la experiencia académica, personal o de investigación en cuanto a la validez de los diferentes tratamientos. Como principio general deontológico, aún abdicando de la más profunda limpieza de todos los productos de la corrosión, pensamos que debería primar la seguridad de los objetos eligiendo en función de esto aquel método menos agresivo y con una actuación positiva para la limpieza y conservación de cada pieza metálica. En definitiva, somos conscientes de que cualquier propuesta general de tratamiento siempre debe de ser pormenorizada en su actuación particular dentro de un lote tan variado. De este modo, por las similitudes de tratamiento llevadas a cabo, nos fue posible establecer dos conjuntos, en los que centraremos el análisis.

## TRATAMIENTO DEL CONJUNTO A

A tenor de la propuesta y criterio esbozado, el proyecto de restauración y conservación del primero de los conjuntos, integrado por el ajuar metálico de la Sepultura 1125 (espada con empuñadura, hoja y punta de espada, fragmentos de las cañas de la vaina, placa decorativa de ésta) (Fig.1), se ha desarrollado del siguiente modo.

En primer lugar, se procedió en todas las piezas a la eliminación superficial de las tierras adheridas; muchas de ellas se encontraban en un estado pulverulento, e incluso por una continuada desecación después de su extracción se hallaban desprendidas en el fondo de la bolsa de plástico del embalaje. También se retiraron restos de periódico antiguo, con los que posiblemente se envolvieron poco después de la excavación. Su leve adhesión hizo fácil limpiar con un cepillado suave.

A esta actuación preliminar dio paso la fijación previa de las escamaciones y desprendimientos de la superficie mineralizada del objeto. Muchas de ellas hubo que levantarlas completamente, pues sólo se mantenían unidas a la pieza por un bloque de hidróxidos y tierras de escasa compacidad. Este grave problema sobre todo lo evidenciaba la empuñadura de la espada y en menor medida la placa decorativa, en cuyo trabajo se precisó la ayuda de una lupa binocular con el fin de fijar, si así procedía, los hilos de plata de su decoración. Una vez levantadas las escamaciones más grandes, nunca las de los motivos decorados, observamos que parte del soporte había desaparecido por efecto corrosivo, debiendo procederse a la disposición de un nuevo asiento o cama que hiciese las veces de fijador. Para las mayores escamas usamos un procedimiento natural, una mezcla de cera de carnauba y abeja de suficiente dureza y elasticidad; la actuación se realizaba calentando las piezas con una lámpara de RI. En cuanto al segundo tipo de escamaciones, no se procedió a su levantamiento sino únicamente se fijaron con pegamento nitrocelulósico, salvo en

aquellas en que su capacidad de penetración era muy pequeña, por lo que hubo de fijarse con un adhesivo más líquido de tipo cianocrilato (Cyanolit de CIBA GEIGY).

En segunda instancia, y como parte principal del tratamiento convenía realizar una limpieza a fondo. Y en consonancia con el estado de conservación de cada objeto y de sus posibilidades de resistencia, procedimos de modo diferenciado. La actuación general consistió en una limpieza manual escasamente agresiva con ayuda de bisturí, punzones y espátulas de madera, eliminando una buena cantidad de concrecciones. Cuando ya no se podía avanzar más por este sistema, dimos paso a una actuación mecánica con torno eléctrico, utilizando distintos abrasivos conforme la dureza de las adherencias, hasta concluir con brocas de caucho-grafito que apenas ejercen un leve pulimento sobre la superficie.

La placa decorativa, compuesta por casi una decena de fragmentos, no fue sometida a esta intervención al no contar con una resistencia estructural suficiente, evitando de este modo, a toda costa, la pérdida de alguno de los delgados hilos o placas de plata de su damasquinado, más propensos a su abrasión a causa de la inferior dureza; de otra forma, tal vez hubiésemos puesto en peligro lo que más nos interesaba salvar. Por eso elegimos una limpieza química a base de una disolución de ácido oxálico al 8% en medio acuoso desmineralizado, revelándose en este porcentaje como disolvente poco agresivo a temperatura ambiente. La actuación consistió en una inmersión completa durante 15 sesiones, alternas cada dos días. Después de cada una de ellas procedíamos al cepillado de la superficie para eliminar las concrecciones disgregadas, y a la neutralización completa del medio ácido en sucesivos lavados de agua desmineralizada. El proceso se completaba rápidamente con un secado de la pieza en baños de acetona, para evitar la inmediata oxidación que se produce en la superficie del hierro.

El mismo tratamiento ácido se usó para completar la limpieza de la hoja y la punta de la espada, además de las cañas de la vaina. Determinadas áreas de estos objetos, caso por ejemplo de las nervaduras de las hojas de espada, mostraban una gran dificultad para su completa limpieza con abrasivo mecánico, con el riesgo, además, de falsear su perfil o deteriorar la superficie. En estas piezas sólo se efectuaron dos sesiones de inmersión en ácido oxálico.

Sin embargo, a pesar de incidir suficientemente en esta última actuación, algunas adherencias aún permanecían, por lo que debimos elegir un sistema más activo, basado en una disolución de ácido thioglycólico aplicada con pasta espesante inerte de forma local sobre dichas concrecciones resistentes por un tiempo de una media hora (Stambolov, T; Van Reeden, b, 1968, 122-144). De este modo, se provocaba un ablandamiento que hacía posible su extracción. Con posterioridad se neutralizaron todos los restos de ácido con agua, en los cuatro o cinco puntos localizados donde el tratamiento se prolongó en dos sesiones.

A la limpieza general se hubo de poner término mediante un cepillado final, puesto que aún quedaban restos de la oxidación superficial. Además, con el fin de desactivar cualquier resto posible de corrosión posterior, procedimos al secado de las piezas en estufa a 105 °C durante 4/5 horas eliminando la humedad persistente en su interior; de otro modo proseguiría la formación de hidróxidos en aquellos objetos aún con parte de estructura metálica.

El tercer paso en el proceso consistió en proceder a la fijación permanente de las escamaciones más grandes. Con la aplicación puntual de RI se levantó la fijación previa de cera, para proporcionarles una nueva cama de resina (tipo epoxílico de dos componentes), matizada con carga de color a base de polvo de grafito y de tierras naturales. Con este mismo adhesivo se unieron los fragmentos de la placa decorativa. Esta última pieza necesitaba, además, la reintegración de pequeñas lagunas (ver acotación en trama en dibujo [Fig.1]), lo que a su vez posibilitaría el

reforzamiento estructural. Para ello utilizamos la misma resina coloreada, igualando la superficie mecánicamente.

Y por fin como última parte del tratamiento, encaminado sobre todo en la línea de conservación futura, realizamos una consolidación final de todas las piezas. Elegimos entre otras muchas posibilidades una mezcla de cera de abeja y parafina (60/40%) de aplicación en caliente por inmersión prolongada. Con la retirada de los restos sobrantes de esta capa de cera se podía dar por concluido el tratamiento de este Conjunto A. La consolidación final tendría el efecto protector ante un medio ambiente agresivo, inhibiendo la reactivación de los procesos corrosivos y, por tanto, conservando con eficacia cada uno de los objetos. Sólo nos restaría apuntar la necesidad de mantener las piezas en un ambiente con la HR en índices del 40/50% con una Temperatura cercana a los 20/25°C, como parámetros ideales de una "conservación activa" para la máxima prolongación de la vida de objetos metálicos de estas características.

## TRATAMIENTO DEL CONJUNTO B

Dentro del mismo ámbito de criterios y propuestas generales establecidos por el proyecto, en el tratamiento de conservación y restauración de los ajueres metálicos de las Sepulturas 577 y 1120 (Figs.2 y 3) optamos, en alguna medida, por métodos distintos, o mejor, por la variación de alguno de ellos. Completando y contrastando la experiencia con el trabajo llevado a cabo en el Conjunto A, la labor de restauración de este conjunto la iniciamos un año después.

Como primer paso, una vez retirada la envoltura plástica de cada una de las piezas con la que venían del Museo, hubo que eliminar por cepillado los óxidos pulverulentos y las tierras más sueltas de todas las adheridas en superficie. La existencia de escamas y exfoliaciones hacía preciso una consolidación previa y fijado de éstas. Para el mantenimiento de las escamas y de los fragmentos levantados de su superficie se utilizó un polímero (tipo Paraloid) disuelto al 20% en Tolueno-Benceno. En los casos en que era necesario realizar una cama de asiento por la pérdida de estructura subyacente elegimos una resina polimerizante (tipo epoxilica de dos componentes) con carga de color entonada a base de tierras naturales. Esta actuación concreta sólo hubo de llevarse a cabo sobre ambas espadas, y en especial sobre la más larga (Lám. V). Simultáneamente se procedió a la retirada del engasado, pues algunas piezas (espadas y punta de lanza) venían envueltas en una gasa consolidada con adhesivo nitrocelulósico. La eliminación fue simple con la ayuda de un disolvente orgánico (acetona) para ablandar y de bisturí para cortar los trozos despegados. Con el mismo disolvente se limpiaron, en una tarea costosa y lenta, los restos del pegamento, en muchos casos introducidos en las numerosas fisuras de la superficie mineralizada. En fin, desengasado de la cama de protección original, limpieza de tierras y consolidación previa de los fragmentos desprendidos fue una labor simultánea y complementaria en este primer momento del proceso, con un resultado a nuestro juicio satisfactorio.

Sólo en un caso, en la hoja de la espada larga, en consecuencia con su estado de fragilidad a causa de las numerosas resquebrajaduras observadas, se adoptó como medida de seguridad de cara a la limpieza mecánica el engasado alternante de cada una de sus caras con adhesivo nitrocelulósico. De otro modo, un exceso involuntario de presión podría haber provocado nuevas rupturas.

Como segundo paso del trabajo, ya se podía proceder a la limpieza profunda de las concreciones deformantes del conjunto, las más resistentes. Para la limpieza previa de las tierras adheridas se utilizó un baño en disolvente (Sylol) con resultado positivo; una experiencia que facultó el

sistema para su utilización posterior en la limpieza del polvo de óxido desprendido durante la limpieza mecánica. El baño supuso, además, el ablandamiento de muchos de los óxidos, desprendiendo los más débiles. La duración de la inmersión era de 12/24 horas, siguiendo siempre un cepillado intensivo y un secado al ambiente. El único efecto secundario de este lavado fue la necesaria consolidación de alguna escama más al desaparecer su fijación engañosa de tierras.

La limpieza mecánica, método básico de todo el proceso (Bertholon, R.; Relier, C., 1990, 196-200), se efectuó manualmente con la ayuda de bisturí y punzones metálicos hasta donde fue posible. Esta labor tuvo especial incidencia en la empuñadura de la espada larga, donde además necesitamos servirnos de una lupa binocular (10 a 30x) a fin de no dañar la excelente decoración.

Una vez iniciada esta fase principal del trabajo se sometieron las dos espadas a una serie de análisis:

- Test standart de carbonatos y cloruros, con la confirmación de la presencia generalizada de los primeros y en menor cantidad de las sales.
- Análisis espectrográfico por Fluorescencia de Rayos X, en una unidad KEVEX. El resultado semicuantitativo lo expondremos posteriormente, en relación con la composición y tecnología de los objetos (3).

En un paso sucesivo la eliminación de las concreciones más resistentes fue necesaria la ayuda de torno mecánico con diferentes tipos de brocas abrasivas según la dureza de aquellas, hasta concluir con las de caucho-grafito. Al final la utilización de cepillos matizó el trabajo vasto realizado además de extraer los restos de polvo de los óxidos. Su eliminación total se completó con baños sucesivos de Sylol. El resultado de esta combinación de limpiezas mecánicas resultó muy satisfactorio, con el aliciente añadido de su escasa agresividad para todas las piezas.

No obstante la aplicación general del método comentado, hubo una serie de elementos, los menos significativos (puntas de lanza, fragmentos de manilla de escudo, restos de cañas de la vaina, anillas, fragmento de tijeras,...), para los que optamos por otros tipos de limpieza complementarios, debido a la excesiva dureza de sus concreciones frente a los abrasivos elegidos o bien porque la utilización enérgica de éstos podría hacer peligrar la integridad de unos objetos demasiado frágiles. El proceso aplicado de tipo químico-ácido, cuya experiencia teníamos de los trabajos del Conjunto A, consistió en la inmersión durante dos sesiones de 1 hora en Acido Oxálico disuelto al 8% en agua destilada, y a una temperatura de 60/65 °C, seguidos de sendos lavados de neutralización en agua caliente desmineralizada, así como de un secado en acetona.

Un segundo sistema de limpieza consistió en una reducción electroquímica con polvo de aluminio y sosa caústica, aplicado de forma local en aquellos puntos de concreción persistente, completándolo con baños sucesivos de agua desmineralizada y un secado rápido en alcohol/acetona.

El resultado de esta fase del tratamiento, en lo que respecta al ácido, no fue demasiado satisfactorio, pues dejaba un resto de corrosión amarillenta focal o penetrante en las ranuras de muy difícil eliminación, tal vez acelerada al utilizar agua caliente en la disolución. Sin embargo, la reducción electroquímica fue mucho más efectiva en aquellos puntos donde se aplicó. Finalmente en todo este conjunto de piezas se terminó este proceso de limpieza con un cepillado

---

(3).- Desde estas páginas deseamos agradecer a la institución ICRBC, y en especial al Dr. S. Rovira su desinteresada colaboración en la realización de estos análisis de fluorescencia de Rayos X, así como en las sugerencias aportadas al respecto.

mecánico para extraer el escaso polvo de corrosión restante, además de su secado en estufa (en torno a 100/105 °C T.) durante más de dos horas, a fin de extraer de éstas cualquier resto de humedad que pudiese provocar la reactivación de los agentes corrosivos en aquellos objetos donde aún subsistía un buen núcleo metálico.

Antes de concluir el comentario de esta fase principal del tratamiento es preciso anotar que la capa de óxido estable y uniforme (principalmente magnetita), lo único a considerar como "pátina" en nuestro conjunto, se conservó, puesto que en ella se mostraba la superficie original de la pieza sin deformar o servía de asiento a decoraciones de ataugía. De igual modo procedimos con todos aquellos restos de óxido, caso de la empuñadura tubular de la espada larga, donde éstos reproducían la trama de la cama de madera, o de todos aquellos que su valor documental así lo exigía.

Para la protección de este lote de armas, al contrario de los productos naturales usados en el conjunto A, se eligió una cera microcristalina en razón a los excelentes resultados obtenidos en otros metales; esto es, por su naturaleza inorgánica, por su excelente protección con una capa fina y su mínima incidencia en el color final del metal. Se aplicó la cera disuelta en "White Spirit", ya que su volatilidad media permitía una penetración suficiente en todas las pequeñas fisuras de los objetos; el mismo disolvente había servido para el desengrasado previo de la superficie. De todos modos, activamos su penetración con lámparas de RI. Con dicha capa de cera de protección dimos por concluido el tratamiento del conjunto, puesto que además ésta sirvió para proporcionar una apropiada consolidación final a cada una de las piezas, en especial a las espadas, cuya debilidad estructural era más que manifiesta.

En cuanto a la decoración metálica en plata o bronce conservada en ciertos puntos de la superficie de empuñaduras y vainas, sobre ella no realizamos otro tratamiento que la limpieza mecánica manual ya descrita; ninguno de los puntos que contenía estos motivos fue sometido a otros métodos más agresivos. Con ello su recuperación y conservación nos parecían correctas.

Finalmente, aún conocida la profunda mineralización de muchos de los elementos del lote, no se efectuó ningún tratamiento de inhibición basado en productos químicos, al considerar una buena protección la proporcionada por la cera y el mantenimiento en un medio ambiente adecuado (HR y T controladas) lo que sería más que suficientes para conservar perfectamente los objetos metálicos.

Una vez terminada la limpieza de todos los objetos, procedimos al pegado y montaje definitivo de los fragmentos, aunque éstos ya habían sido unidos provisionalmente, como se procedió con las escamas de las hojas de las espadas. Esta integración final se hizo exclusivamente con resina epoxilica de dos componentes coloreada con tierras naturales. Para apoyar el montaje de la empuñadura tubular de la espada larga y, así mismo, reforzar su estructura hueca, fue necesario insertar entre ésta y la espiga central unos pequeños vástagos de metacrilato (observar detalle en dibujo [Fig.2], cuya función no sería otra que suplir el papel de la original cama de madera.

Ninguno de los objetos de este segundo conjunto B precisaba de una reintegración exhaustiva para permitir una lectura correcta tipológica o para devolverle su integridad estructural; sin embargo, cuando fue necesario completar mínimamente cualquier elemento por motivos de estética o de un mayor reforzamiento se hizo uso de la misma resina epoxy coloreada con tierras y polvo de grafito de tal manera que cada una de estas uniones y pequeñas reintegraciones son perfectamente diferenciables del metal original. Con ello ultimamos el trabajo de restauración, sólo a falta de indicar las condiciones ideales de conservación, que no reiteramos por haber sido expuestas con detalle en el análisis del conjunto A.

## NOTAS AL ESTUDIO TECNOLÓGICO Y CULTURAL

En este sentido nuestra pretensión no es realizar un análisis en profundidad de ambos aspectos referidos al conjunto de las piezas tratadas, si bien los datos, algunos novedosos, aportados y recuperados durante el proceso de restauración/conservación permiten una aproximación a esta problemática.

Obviamente los estudios relacionados con el conocimiento de la metalurgia antigua del hierro desde hace unas décadas son abundantes, y analizan en profundidad el inicio y desarrollo de estos procesos tecnológicos, siendo algunos reconocidos como trabajos básicos en la materia (Forbes, 1964; Tylecotte, 1962; Singer et alii, 1958; Stanley Smitt, 1960;....). Ya los textos antiguos referidos a la etapa prerromana de la P. Ibérica hacen mención a "grosso modo" a estos mismos procesos, y a la calidad de las producciones que de ellos resultaban (Estrabón, III,2,8; Plinio, III, 30; IV, 112; XXXIV, 134; Diodoro, V, 13; 33; Marcial, IV, 56; .....). Estas piezas son verdadero testimonio del valor y del renombre que tuvieron para estos autores las manufacturas metálicas de hierro de los pueblos englobados en el conglomerado "celtibérico".

El primer aspecto a destacar, aún poco conocido, es el relativo a la extracción y composición del mineral de hierro (Maluquer, 1986/87, 9-15; Pons i Bru, 1987, 45-61); a él hemos podido acercarnos a partir de los análisis cualitativos del objeto acabado. La pieza elegida para el muestreo fue la espada larga del Conjunto B, puesto que su riqueza decorativa con motivos en plata y bronce ofrecía de entrada una mayor variación compositiva. Se llevó a cabo en el ICROA un análisis de espectrografía en un analizador por fluorescencia de Rayos X con técnica de energía dispersiva, de KeveX Corporation (Modelo 700), con fuente de Americio 241, operado con ordenador. El resultado semicuantitativo lo exponemos en el un gráfico adjunto (Fig. 5), y nos permite hacer la siguiente valoración:

Ref.278/1.- El punto muestreado corresponde a una parte de la empuñadura de la espada; destacan por su elevado número de cuentas tanto el hierro (Fe), material básico de la espada, como la plata (Ag) procedente sin duda de los hilos de atauriga de su decoración. Otro elemento que aparece con trazas es el cobre (Cu), tal vez como indicador de la presencia de algún hilo de dicho metal en su ornamentación o bien como impureza del hierro obtenido a partir de una calcopirita (Rovira, 1985, 317-321).

Ref. 278/2.- Este espectro también corresponde a la empuñadura de la espada. En él se observa de nuevo el hierro como material básico con el más alto número de cuentas; no encontramos restos de plata pero sí cobre y estaño, evidentemente componentes de un bronce utilizado tanto en los hilos de la decoración como de la chapa de este metal que sirve de unión al tubo de la empuñadura con cruz de la espada. La pequeña traza de antimonio (Sb), puede deberse a una impureza de los metales detectado, ya sea del bronce, o con mayor seguridad del hierro (Rovira, 1985, 321).

Ref. 278/3.- La tercera muestra procede de la hoja de la espada; en ella el hierro hace su aparición como único componente del espectro del metal analizado.

Además de la significación de estos datos, cuya simple exposición sirve de base a la comparación con otros precedentes de otros objetos de hierro de distinto origen, lo que de verdad se pone de manifiesto es el enorme interés que estos métodos de análisis tienen para el conocimiento más correcto, de indudable valor tecnológico e incluso comercial. En concreto, este tipo de Espectrografía de Fluorescencia de Rayos X nos oferta una metodología básica de trabajo

que, sin duda, debe de completarse con otras si se quiere poseer una mayor precisión analítica, pero con una aportación indiscutible en los trabajos de restauración/conservación.

En cuanto a los aspectos referidos a la transformación y manufactura de nuestras armas en los talleres meseteños, podemos recoger el siguiente esquema citado de Pons i Bru, al que sin duda se ciñen globalmente la mayor parte de la metalurgia del hierro de estos pueblos prerromanos de la P. Ibérica ubicados en las áreas montañosas de la Meseta Norte:

- . Trituración del mineral y reducción de las impurezas a una temperatura de 1200 °C para el hierro puro, y de 800 para los hierros acerados, como probablemente sería nuestro caso.
- . Técnicas de soldadura y de temple por inercia, sin conocer los fundamentos de sus efectos.
- . Estirado y martilleado como tratamiento mecánico básico de la forja.
- . Técnicas de endurecimiento superficial.

Todas las piezas de nuestros conjuntos han sido trabajadas a forja, con un procedimiento que los expertos ven reflejado fielmente en la cita de Diodoro (Forbes, 1964, 207-208). De este modo, cuando la oxidación deformante ha hecho desaparecer la capa externa del metal deja al descubierto una superficie donde se observa a la perfección la incidencia del martilleado de la forja en forma de pequeños cráteres donde la corrosión se ha cebado en mayor medida. Quizás la superficie externa de cada pieza muy mineralizada ponga de manifiesto las técnicas de temple o los tratamientos endurecedores de la superficie del metal. A ello debió de contribuir la pérdida del carbono superficial en este proceso de tratamiento térmico y mecánico haciéndolo mucho más vulnerable al ataque corrosivo.

Otro de los aspectos más relevantes de estas producciones es la autosoldadura, cuyo procedimiento y propiedades fue uno de los descubrimientos tecnológicos más importantes de la metalurgia del hierro antiguo. Nosotros mediante la limpieza de los objetos nos hemos percatado de la utilización de este método en el proceso de montaje; elementos tales como los puentes sobre las cañas de la vaina, la formación de las anillas, y sobre todo, la pericia en el ensamblaje de los dos casquetes esféricos para componer la antena atrofiada, ponen de manifiesto el dominio del metalúrgico del hierro en esta técnica.

Un nuevo punto de valoración, por su interés, es el referido a la técnica de construcción (García Lledó, 1986/87, 311-320), especialmente de la empuñadura de las espadas, que en nuestro caso responden a dos tipos distintos:

- El primero, el de la espada del conjunto A y el de la espada larga del B, se corresponde a una hoja de la que parte un vástago o espiga central de sección cuadrada, con un puño de sección circular con resalte central. En la segunda pieza citada hemos podido confirmar, debido a la impronta dejada por el óxido, que entre ambos elementos, espiga y puño, se insertaba una cama de madera. Y además, la existencia de una chapa circular de bronce, cuyo fin pudo ser el de sujetar la cama de madera a la estructura de la cruz facilitando con mayor seguridad la colocación del puño, o bien actuando como soldadura de unión entre los dos hierros, el de la cruz y el del puño tubular. Por otra parte, el relleno interno que supone la cama posibilita también el trabajo para la realización de la decoración damasquinada. Una vez dispuesto el puño se remataría el extremo terminal del pomo y se soldarían las antenas en ambos vástagos salientes.

- El segundo tipo sería el de la espada corta del conjunto B; en ella no existe una espiga central, sino que la empuñadura es maciza como si se tratase de una lengüeta regruesada, y sobre ella, se han conformado las facetas. También tiene un resalte central para la mejor adaptación a la mano.

El tercer aspecto a valorar dentro su tecnología de manufactura, y quizás el de mayor interés por su belleza, es el relativo al método decorativo. Los motivos están realizados por el denominado sistema de ataugía o damasquinado, embutiendo hilos de plata y bronce sobre las cajas previamente realizadas a buril tanto en la empuñadura de la espada como sobre la superficie de la placa de la vaina. Una especial calidad reúne el trabajo de la citada placa (Fig. 1.), formada de una sola pieza y no de varias, según se reconoce en otras vainas de la misma necrópolis de La Osera (Cabré Aguiló el allii, 1950, Lám. LXXIX). En esta pieza, al contrario de lo trabajado en las empuñaduras, el damasquinado se ha confeccionado colocando una laminilla y no un hilo, sobre la que posteriormente se ha procedido a realizar el diseño con todo detalle mediante recorte con el buril. Esta técnica específica, así como las diferencias concretas de otros con los que habitualmente se confunde, son puestos de relieve el estudio consiguiente a partir de la más reciente restauración de la conocida falcata de Almedinilla (Nieto, G., Escalera, A., 5-7).

En cuanto al desarrollo y la introducción en Europa de esta técnica del damasquinado en la metalurgia del hierro, y por ende en la P. Ibérica, así como su específica valoración en la cultura de la II Edad del Hierro en la Meseta Norte, ha sido convenientemente tratado en estudios recientes (Cabré de Morá, E.; Morán Cabré, J., 1977, 767-768). El análisis podríamos esquematizarlo en los siguientes pasos: conocida en el Próximo Oriente desde el III Milenio; tiene su perfeccionamiento en el foco fenicio de Biblos y, sobre todo, en la cultura cretomicénica; en el continente será el Hallstatt el que depare los mejores paralelos de la técnica llegada a través del Adriático; introducida en el sur de la P. Ibérica y desde aquí al resto en el período prerromano. Así, después de este viaje, nuestro conjunto sería un inmejorable reflejo de la calidad que esta técnica ebtuvo entre los pueblos peninsulares, y en especial, en los denominados "celtibéricos".

Cultural y tipológicamente los objetos de hierro de las Sepulturas 577 (Zona IV), 1120, y 1125 (Zona V) están bien representados en las series publicadas en la zona VI de la misma necrópolis (Cabré Aguiló, J., 1934, 85-90). Sin embargo, algunas de nuestras piezas ofrecen ciertas singularidades respecto al conjunto del yacimiento y de otros asimilables material y culturalmente; son estas diferencias las que queremos destacar.

Las espadas de nuestro trabajo corresponden al tipo general de "antenas atrofiadas", si bien esta clasificación aún podía precisarse más. Tomando como punto de partida el estudio clásico de J. Cabré para la zona VI de La Osera, con el añadido de anotaciones bien recientes (Cabré de Morán, 1990, 205-224), se pueden hacer algunas puntualizaciones al respecto.

La espada larga del conjunto B y la hoja del A encajarían entre las calificadas "Aguilar de Anguita/Alpenseque" a tenor de los detalles más comunes, que obviamos repetir (Cabré et allii, 1950, 176/180), consistente en la rica decoración de la empuñadura. En cuanto a las vainas son del modelo más corriente entre las de esta serie. Para Shüle el modelo pertenecería a los productos propios de la Cultura del Tajo con una expansión centrada en el foco del Alto Jalón y en núcleo abulense de Las Cogotas, y más esporádicamente en Levante, Andalucía o Sur de Portugal (Shüle, W., 1969, T.I 224-226, T.II Karte 24). Su amplitud cronológica llegaría desde fines del siglo VI a inicios del IV a.C.

Del mismo modo, y partiendo del análisis del J. Cabré, nuestra espada del conjunto A, a pesar de haber perdido gran parte de la hoja, puede enmarcarse en el tipo "Arcóbriga", cuya principal diferenciación con el anterior está en la hoja pistiliforme, bien definida en la pieza por los haces de nervaduras restantes. Este grupo de espadas es el más numeroso de los reco-

gidos en la necrópolis de La Osera, destacando como una de sus características más sobresalientes las decoraciones de ataugía, no sólo en la empuñadura con los clásicos temas rectilíneos, sino también en las placas de recubrimiento de la vaina. Como resultado de nuestro trabajo de restauración hemos podido recuperar una de estas placas, de una sólo pieza, que debería insertarse directamente en las cañas mediante autosoldadura, y no al cuero; su riqueza de diseño combinando motivos circulares, dientes de lobo, roleos, metopas,..., es evidente, encajando entre los habituales de todo este grupo. Posiblemente las cañas de esta vaina también fuesen decoradas, pero irremediablemente han desaparecido casi al completo por efecto de la corrosión. Como novedad podríamos indicar que la espada era de dimensiones considerables a tenor de la longitud de la placa conservada -24 cmts-, a la que aún debe de faltar la parte en contacto con la escotadura o bien en este punto se dispondría otra placa más pequeña como remate de la vaina. Esta serie así mismo correspondiente a la Cultura del Tajo, y bien localizada en el Alto Jalón y en Avila, ofrece una cronología algo más tardía, desde fines del siglo V para los ejemplares de menor longitud, hasta la llegada de los romanos para las piezas más largas.

En cuanto al tercer tipo de espada de nuestro conjunto, la pieza corta del conjunto B, aunque posee rasgos propios para asimilarla al tipo "Aguilar de Anguita", sin embargo la sección de ocho facetas de su empuñadura nos remite a variantes evolucionadas desde el modelo "Alcácerdo-Sal". Un posible subtipo que se desarrollaría no desde el primer grupo de espadas de Alcácerdo-Sal con la escotadura en arco a partir de las cuales J. Cabré hacía arrancar toda su tipología armamentista sino desde los ejemplares con escotadura trapezoidal; en nuestro caso también se encuentran afinadas las nervaduras centrales. Así pues, se trataría de añadir una variante más a las ya conocidas de la serie portuguesa (Fig. 6), lo que pone en evidencia, más si cabe, la enorme personalidad de las producciones metalúrgicas de los pueblos de la Meseta, así como su amplitud de contactos.

El segundo lote en número de armas ofensivas restauradas serían las arrojadizas, lanzas y regatones. Pertenecen al tipo más corriente de cuantros y nervio central agudo. La única excepcionalidad la ofrece la lanza de perfil lanceolado con dos haces de finas acanaladuras contorneando los filos; una modalidad rara de encontrar en la necrópolis de La Osera (Cabré, J. et alii, 1950, Seps. 200 y 270). En cuanto a los fragmentos del escudo, manilla, aletas y clavos circulares, ponen de manifiesto su pertenencia al tipo más usual de este arma defensiva, tanto en nuestra necrópolis como en la cercana de Las Cogotas (Cabré, J., 1932, Lám. LXI). Al contrario, el fragmento de tijeras es un ejemplar único en lo conocido de esta necrópolis y muy esporádico en el foco abulense; no así en el área de la denominada Cultura del Tajo, donde se las fecha desde mediados del V a.C.

Como final de este repaso analítico de los distintos elementos se desprende, por una parte la perfección técnica alcanzada por los metalurgos del hierro que producían o vendían estas manufacturas en el área suroccidental de la Meseta, y por otra, la enorme personalidad de estas piezas, cuyos modelos básicos se ven continuamente reinterpretados en un enriquecedor intercambio de caracteres sobre el que sigue manifestándose la personalidad de estos conjuntos de hierro meseteños. La cronología que nuestros elementos aportan a sus correspondientes sepulturas, en torno a los siglos IV-III a.C., (Schüle, W., 1969, 166-174; Martín Valls, R., 1985, 120-121; Jimeno, A., 1985, 116-118; García-Soto, E., 1990, 32-35) encuadra perfectamente con el momento de máxima eclosión de la metalurgia del hierro en toda la Meseta, e indudablemente con la etapa de esplendor de estas culturas prerromanas peninsulares.

## CONCLUSIONES

Del proceso de conservación y restauración llevado a cabo sobre este conjunto de materiales férreos pertenecientes al ajuar de tres tumbas de la necrópolis de incineración de La Osera, a raíz del cual hemos podido analizar con notable precisión los aspectos técnicos e incluso culturales singulares en cada pieza, cabría extraer esta serie de conclusiones:

1.- Son estos procesos de tratamiento los únicos que en bastantes ocasiones permiten tener un conocimiento más profundo de los aspectos tecnológicos de la manufactura, y por ende aportar un buen acopio de datos para tales estudios, y más cuando los trabajos basados en las tipologías de estricto valor estético o cultural muestran un acusado agotamiento.

2.- En cuanto a los métodos de conservación/restauración seguidos, manifestamos que la limpieza mecánica como base fundamental sigue siendo de una enorme validez, y más tratándose de objetos en estado muy malo y siendo portadores de una gran riqueza. De este modo, podemos asegurar que los tratamientos mecánicos han dado un excelente resultado en la restauración de las piezas con damasquinado, al permitir un control puntual en cada momento del proceso.

La utilización de tratamientos químico-ácidos o electrolíticos han sido provechosos e indispensables, bien cuando la extrema fragilidad de las láminas de hierro difícilmente aconsejaba otro sistema, o bien cuando la resistencia a la corrosión de los tratamientos mecánicos era muy alta; en estos casos concretos nos ha ayudado a solucionar el problema con un resultado positivo.

3.- Así mismo, se ha mostrado de una gran utilidad el sistema de consolidación previa del escamado superficial, constatándose como un método necesario para la seguridad de los objetos durante el trabajo en laboratorio colaborando en la recuperación del aspecto original de cada pieza, y aún más en estos objetos producidos mediante forja que con tanta facilidad pierden la capa exterior.

4.- De igual modo se ha puesto de manifiesto, pero en esta ocasión de una forma negativa, que la existencia de un tiempo amplio (y en el caso que nos ocupa se trata de casi 50 años de lapsus) entre la extracción de los objetos en la excavación arqueológica de los objetos de hierro forjado y la restauración de éstos se ha convertido en el problema de mayor gravedad para su estado, al permitir un cambio brusco y radical en las condiciones de equilibrio metal/medio, acelerándose su proceso de deterioro. De ahí la labor imprescindible de la conservación preventiva en el momento del trabajo de campo, donde es el lugar más adecuado para tomar todas las medidas necesarias de cara a un rescate y consolidación adecuada. En el caso de estas piezas, la fijación previa de su escamado hubiera supuesto la pervivencia de la mayor parte de su superficie original.

5.- En cuanto a la utilización de materiales en el tratamiento de los objetos férreos, buscamos la conjunción de productos nuevos y tradicionales, con un resultado a nuestro entender bastante positivo. Respecto a la reintegración de aquellas lagunas necesarias, realizada a base de productos sintéticos y perfectamente diferenciables, nuestra única pretensión y criterio, esto es aportar seguridad al objeto y permitir una lectura integral de éste, creemos que ha sido satisfecho, en especial con piezas como la placa decorada de la vaina, irreconocible en el momento de iniciar el tratamiento.

En fin, esperamos que todo este cúmulo de actuaciones sobre el conjunto de materiales férreos logre el resultado más importante para cualquier conservador/restaurador: la pervivencia de las obras a través del tiempo, y por tanto su transmisión en unas condiciones adecuadas. Del

mismo modo, deseamos que la publicación de estos informes de trabajo aporten datos que sirvan para profundizar en el estudio y tratamiento de conservación de aquellos objetos realizados en hierro, y más en concreto de los correspondientes al período prerromano en la Meseta Norte donde son especialmente abundantes.

## BIBLIOGRAFIA

- AMITRANO BRUNO, R. 1984: "El rescate de los materiales arqueológicos". *Revista de Arqueología*, 39, 25-35.
- ...1985: "Evolución y desarrollo de los criterios de restauración de la antigüedad al panorama actual". *Revista de Arqueología*, 47, 20-33.
- BERTHOLON, R., RELIER, C., 1990: "Les métaux archéologiques". En BERDUCOU, M.C. *La conservation en Archeologie*. 163-221. Paris.
- BIRD, V.; HODGES, H., 1968: "Examen metalúrgico de dos espadas antiguas de hierro procedentes de Luristán". *Studies in Conservation*, 13, 215-223.
- CABRE AGUILO, J. 1932, *Excavaciones en Las Cogotas de Cardenosa (Avila). II. La necrópolis*. MJSEA. 120. Madrid.
- ...1934: "La espada de antenas tipo Alcácer-do-Sal y su evolución en la necrópolis de la Osera (Chamartín de la Sierra, Avila)". Homenagem a *Martins Sarmiento*, Guimaraes, 85-90.
- ...et alii. 1950. *El castro y la necrópolis del Hierro Céltico de Chamartín de la Sierra (Avila)*. Acta Arqueológica Hispánica V. Madrid.
- CABRE DE MORAN, E.; MORAN CABRE, J.A., 1977: "Aportación al estudio tipológico de las espadas "Alcácer-do-Sal". Una nueva serie descubierta en la necrópolis de La Osera (Chamartín de la Sierra. Avila)". XV CNA, 763-774.
- CABRE, E., 1990: "Espadas y puñales de las necrópolis celtibéricas". II Simposio sobre los celtíberos: Necrópolis Celtibéricas. 205-224.
- FOLEY, K., 1987: "El papel del conservador de objetos en la Arqueología de campo". En STANLEY PRICE, N.P. *La conservación en excavaciones arqueológicas*. Madrid.
- FORBES, R.J., 1964: *Studies in Ancient Technology*. Leiden.
- GARCIA LLEDO, J. 1986-1987: "La técnica de construcción de algunas espadas de antenas de la Meseta". *Coloquio Internacional sobre la Edad del Hierro en la Meseta Norte*. Salamanca 1974. Zephyrus, XXXIX-XL, 311-320.
- HOUSS, M. 1980: *La vie mystérieuse des chefs d'oeuvre. Le science au service de l'art*. Paris.
- JIMENO, A. 1985: "Prehistoria". En *Historia de Soria*. Tomo I, 105-130.
- MALUQUER, J. 1986-87: "Problemática general del hierro en Occidente". Actas del Coloquio Internacional de la Edad del Hierro en la Meseta Norte. Salamanca 1984. Zephyrus, XXXIX-XL, 9-15.
- MARTIN VALLS, R., 1985: "La Segunda Edad del Hierro". En *Historia de Castilla-León*. I Prehistoria. 104-131.
- NIETO GALLO, G.; ESCALERA UREÑA, A., 1970: "Estudio y tratamiento de una falcata de Almedinilla". *Informes y Trabajos del ICROA*, 10, 5-24.
- PELLICER CATALAN, M. 1968: "Tratamiento de materiales metálicos de la necrópolis del Hierro Céltico de Miraveche (Burgos)". *Informes y Trabajos del ICROA*, 25-42. Madrid.
- PLENDERLEITH, H.J. 1967: *La conservación de antigüedades y obras de arte*. ICCR. Madrid.
- PONS I BRU, E., 1987: "Introducció aproximativa de la metallúrgia del Ferro Antic a Catalunya". Actes de las Jornades d'Historia i Cultura. Institut d'Studis Gironins, XXVI, 45-61.
- ROVIRA LLORENS, S. 1985: "Métodos analíticos aplicados a materiales arqueológicos". *Revista de Arqueología* 47, 13-19.
- ...1985: "Estudio Arqueometalúrgico de una de las ruedas de carro". Apéndice II. EAE 139, 317-321.
- SCHÜLE, W., 1969: *Die Meseta-Kulturen der Iberischen Halbinsel*. Berlin.
- SINGER, ET alii, 1958: *A History of Technology*. London.

- STAMBOLOV, T.; VAN REEDEN, B., 1968: "Note on the removal of rust from old iron with thioglycolic acid". *Studies in Conservation*, 13, 142-144.
- STANLEY SMITT, S., 1960: *A History of Metallography*. Chicago.
- TYLECOTTE, R.F., 1962: *Metallurgy in Archeology*. London.
- WESTERN, A.C. 1972: "The conservation of excavated iron objects". *Studies in Conservation* 17, 83-87.

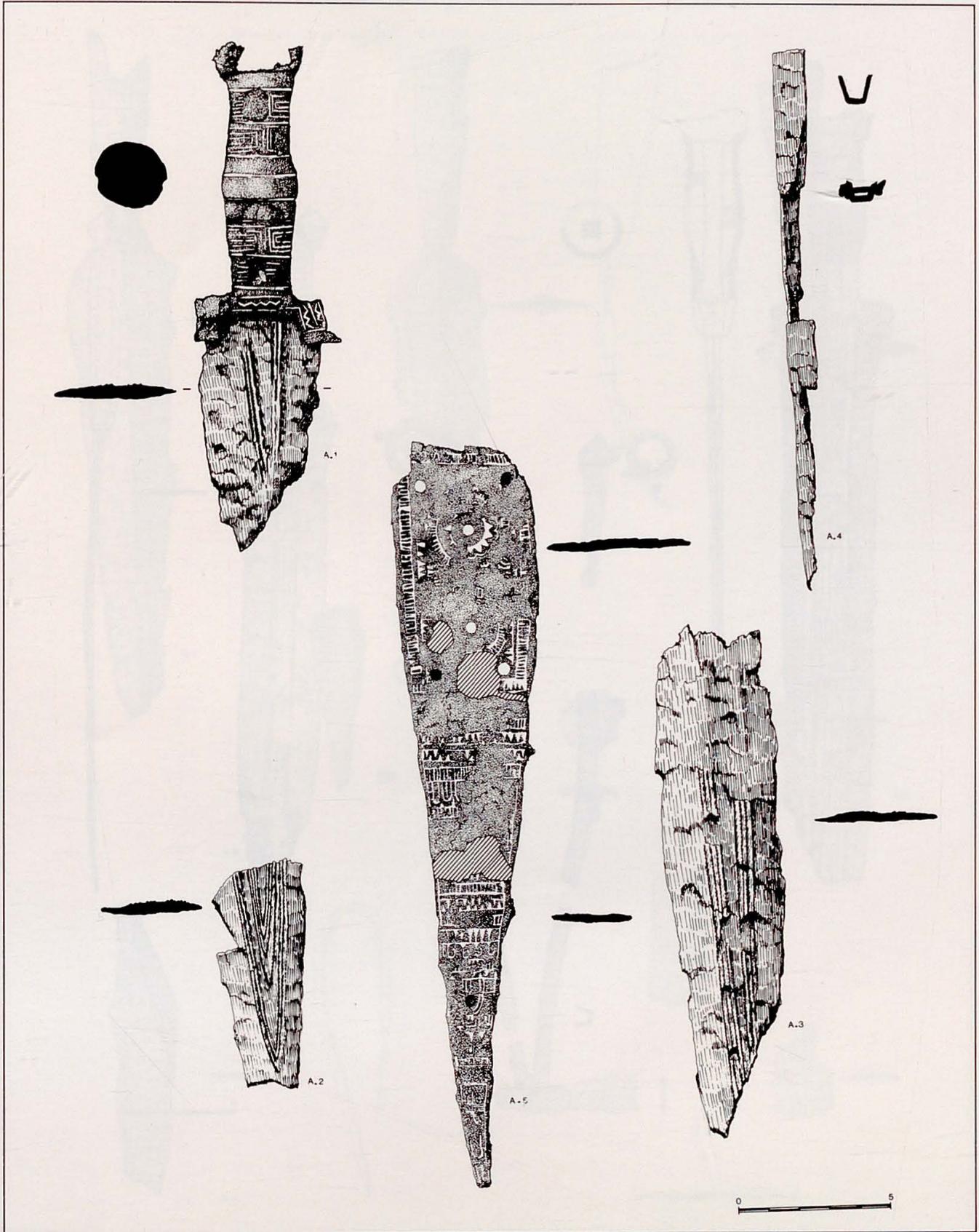


Fig.1. Conjunto A. 1.Espada larga de antenas. 2.Punta de espada. 3.Hoja de espada. 4.Cañas de vaina de espada. 5.Placa de recubrimiento de la vaina con damasquinados de plata.

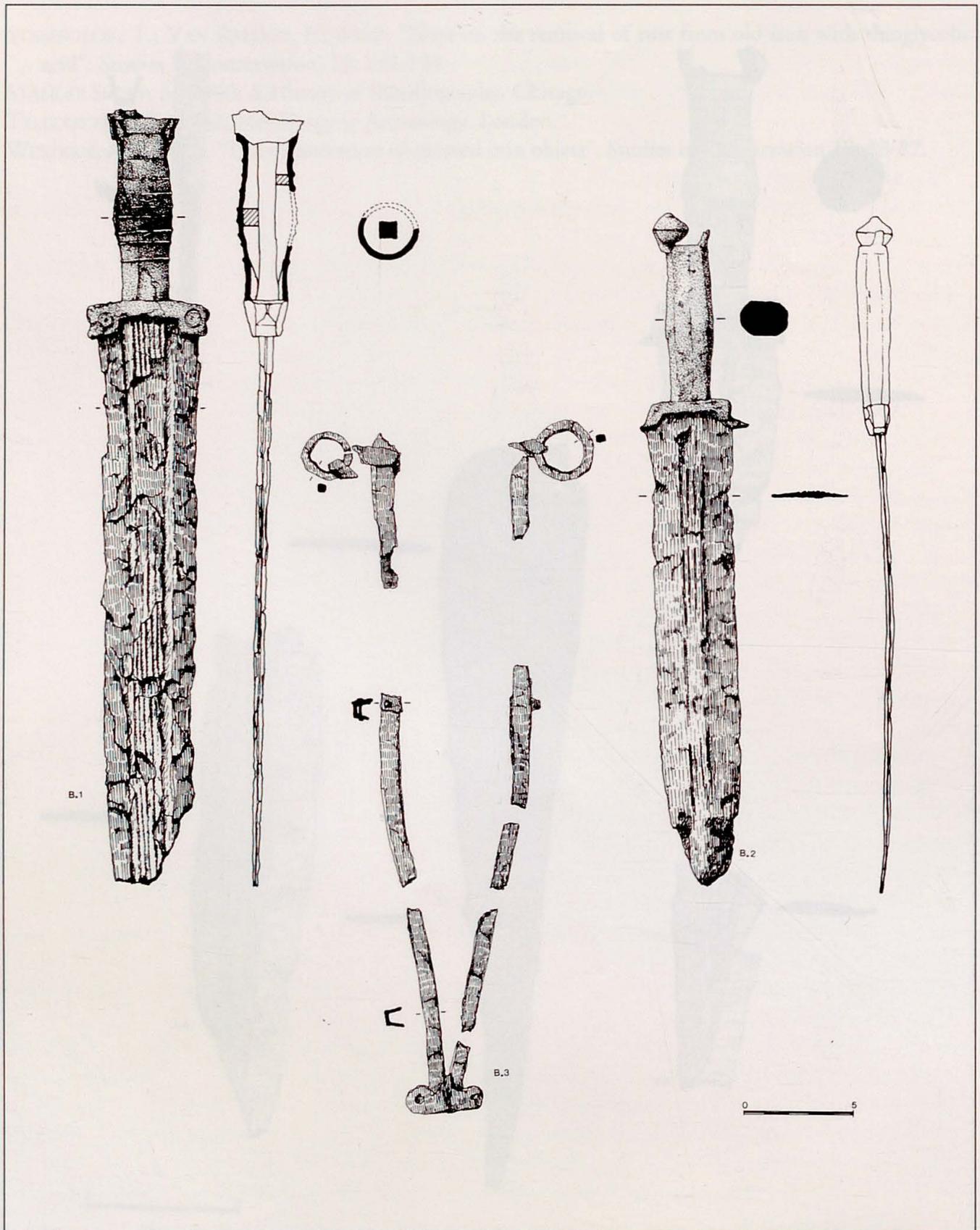


Fig.2. Conjunto B. 1.Espada larga de antenas atrofiadas. 2.Espada corta de antenas atrofiadas. 3.Cañas de la vaina de la espada larga.

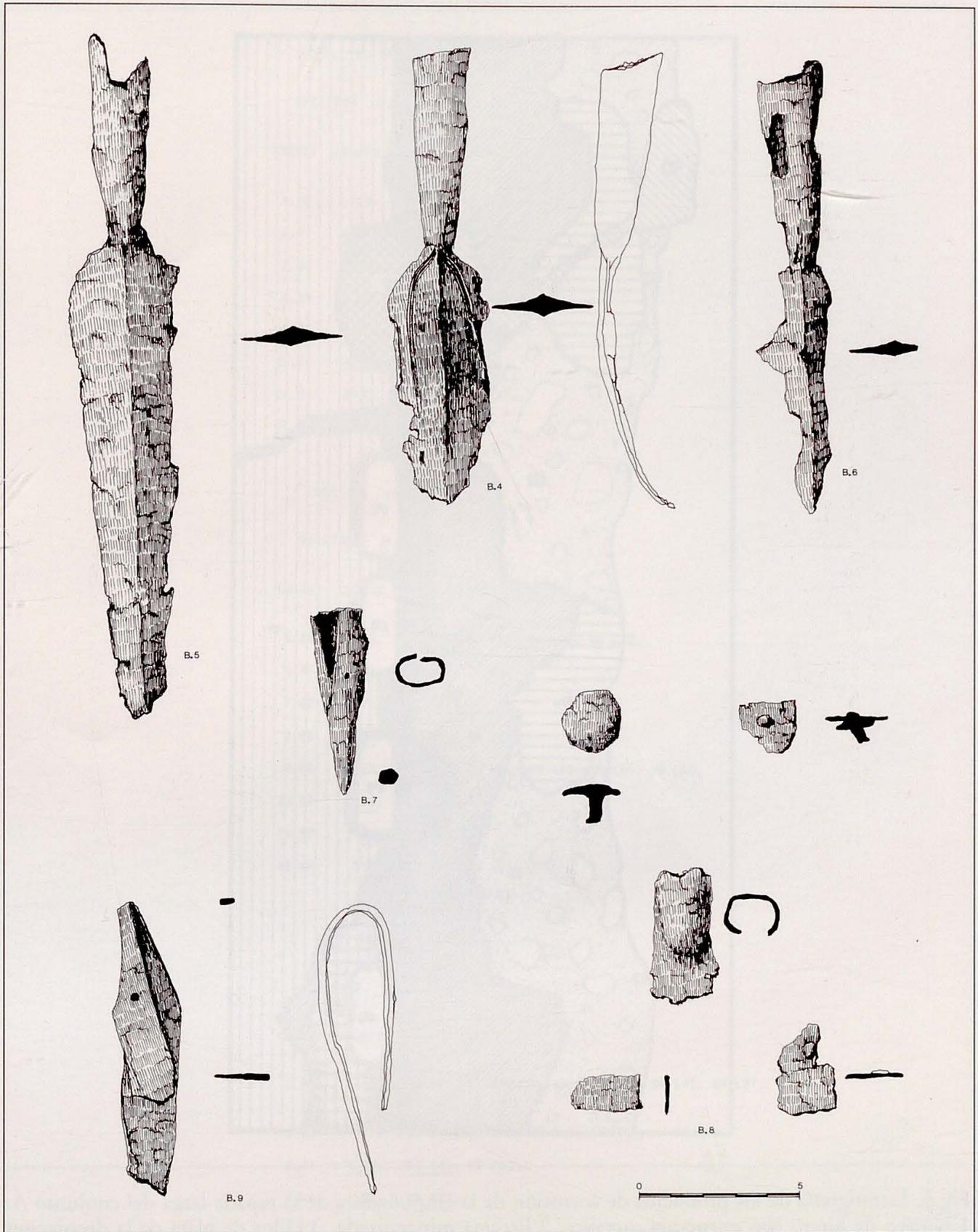


Fig.3. Conjunto B. 4, 5, 6.Puntas de lanza. 7.Regatón. 8.Fragmentos de manilla, aletas y clavos de escudo. 9.Tijeras.

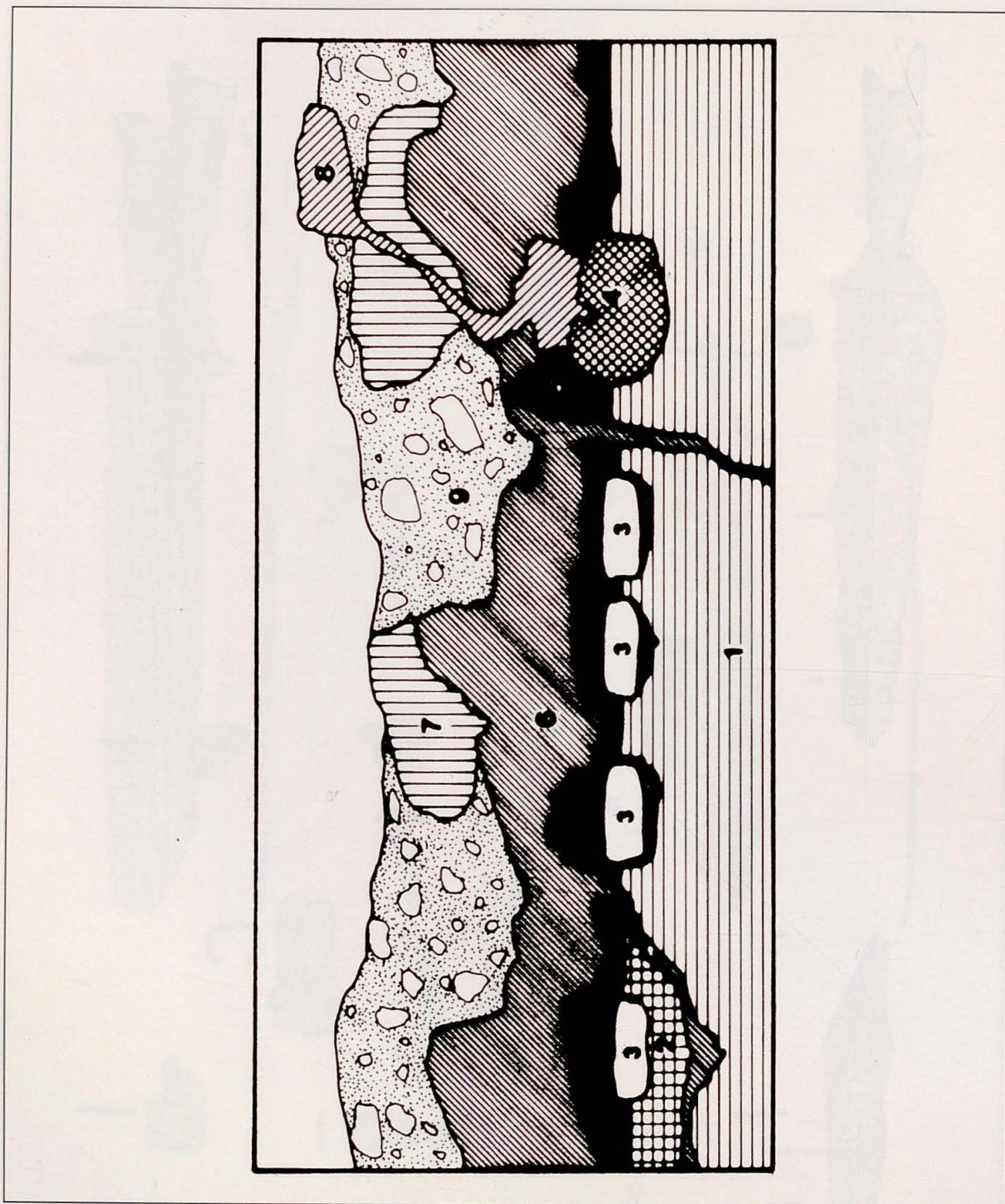


Fig.4. Estratigrafía de los productos de corrosión de la empuñadura de la espada larga del conjunto A. 1.Núcleo de hierro con estructura metálica. 2.Escama mineralizada. 3.Hilos de plata de la decoración embutida de ataugía. 4.Hilo de bronce de la decoración. 5.Capa de magnetita estable de color negro. 6.Oxidos e hidróxidos de hierro inestables y penetrantes por las fisuras. 7.Carbonatos de hierro - limonita- de gran porosidad. 8.Cloruros de cobre. 9.Tierras adheridas cementadas con óxidos.

DEC. 10. 1982

SPECTRUM M.A.N.-278/1

ENERGY	COUNTS	X-RAY LINES
4.68	105.	LA LA1, LA LA2,
6.41	<u>6677.</u>	<u>FE KA1</u> , FE KA2,
7.07	1036.	FE KB1,
8.00	72.	CU KA1, CU KA2,
8.38	158.	W LA1, W LA2,
22.14	<u>14726.</u>	<u>AG KA1</u> ,
24.94	3932.	AG KB1, AG KB3,
25.46	625.	AG KB2,

DEC. 10. 1982

SPECTRUM M.A.N.-278/2

ENERGY	COUNTS	X-RAY LINES
3.64	116.	CA KA1, CA KA2, SB LA1, SB LA2,
6.41	<u>8201.</u>	<u>FE KA1</u> , FE KA2,
7.07	1475.	FE KB1,
8.05	<u>1456.</u>	<u>CU KA1</u> , CU KA2,
8.92	262.	CU KB1, CU KB2, CU KB3, OS LA1, OS LA2,
25.27	<u>1388.</u>	<u>SN KA1</u> ,
26.38	<u>80.</u>	<u>SB KA1</u> ,
28.48	515.	SN KB1, SN KB3,

DEC. 10. 1982

SPECTRUM M.A.N.-278/3

ENERGY	COUNTS	X-RAY LINES
1.80	109.	SI KA1, SI KA2, SI KB1, SR LA1, SR LA2, SR LB1, W MA1, RE MA1,
3.63	69.	CA KA1, CA KA2, SB LA1, SB LA2,
6.41	<u>9183.</u>	<u>FE KA1</u> , FE KA2,
7.06	1591.	FE KB1,

Fig.5. Tabla de valores del análisis de fluorescencia de Rayos X.

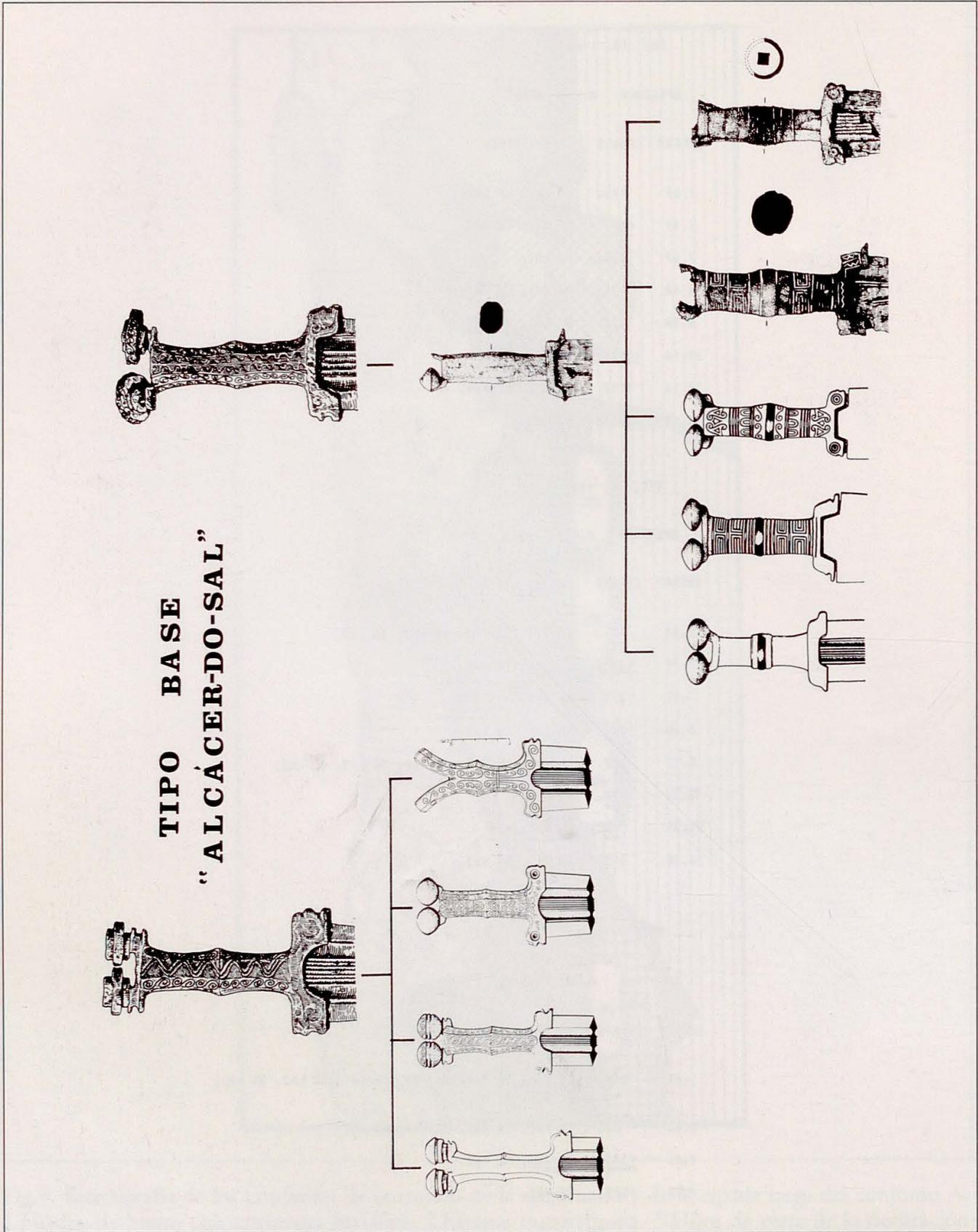
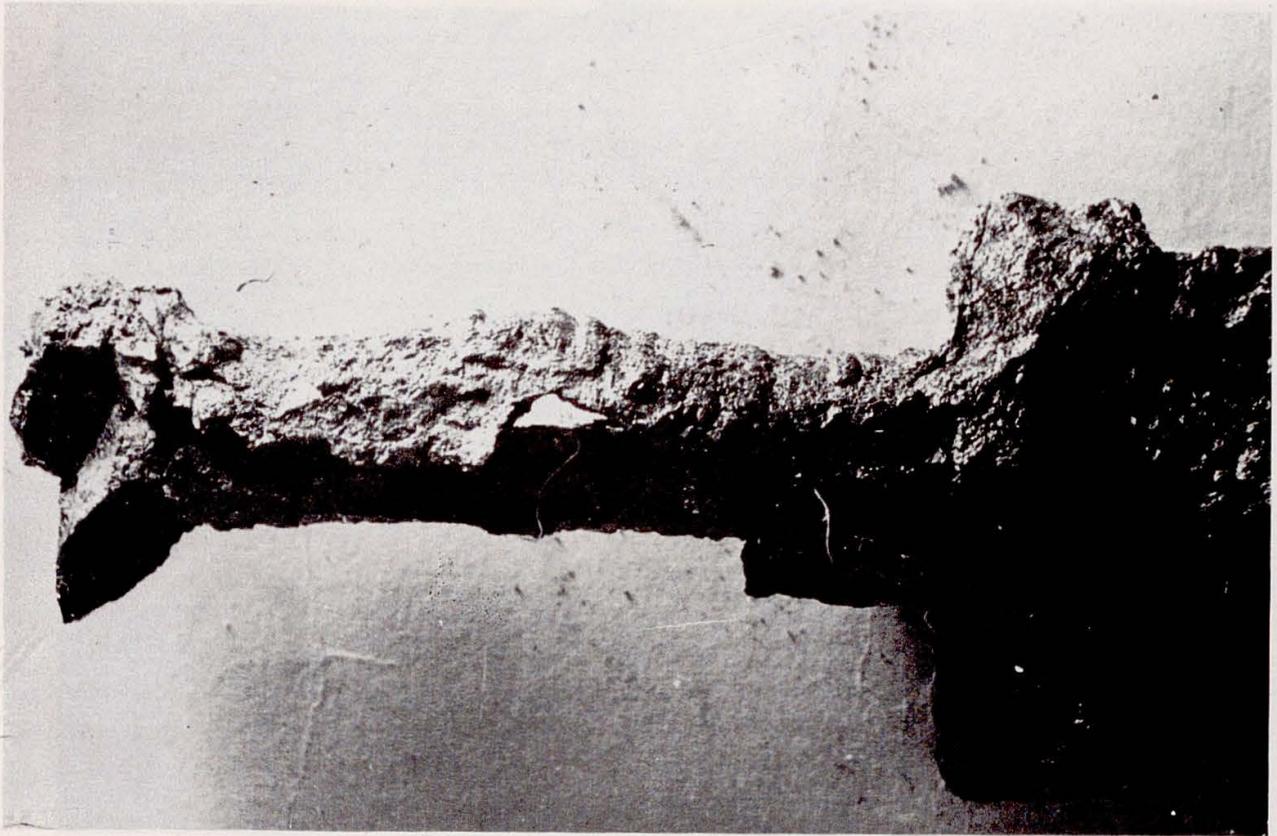


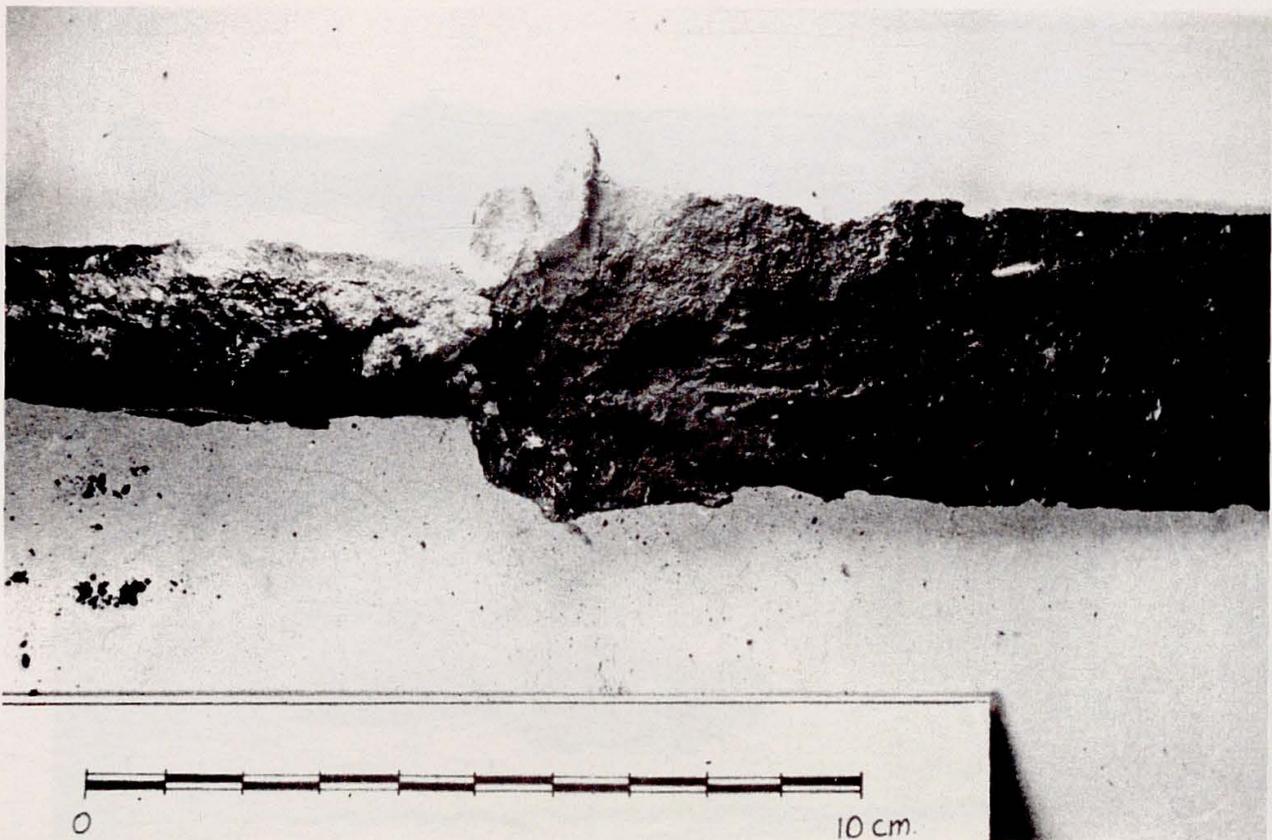
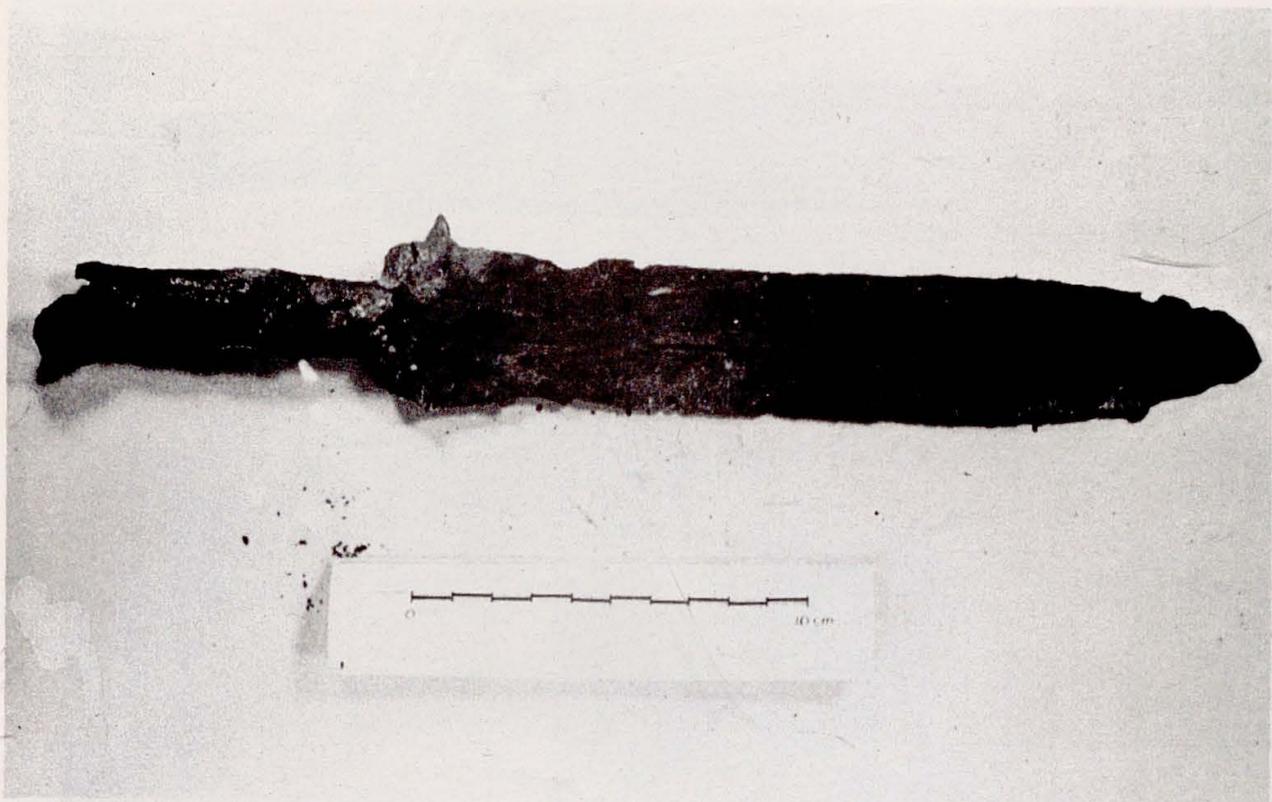
Fig.6. Tabla tipológica de la evolución de las espadas "Alcacer-do-Sal" en la necrópolis de La Osera según la seriación de J. Cabré (1934), incluyendo los tres ejemplares de nuestro estudio.



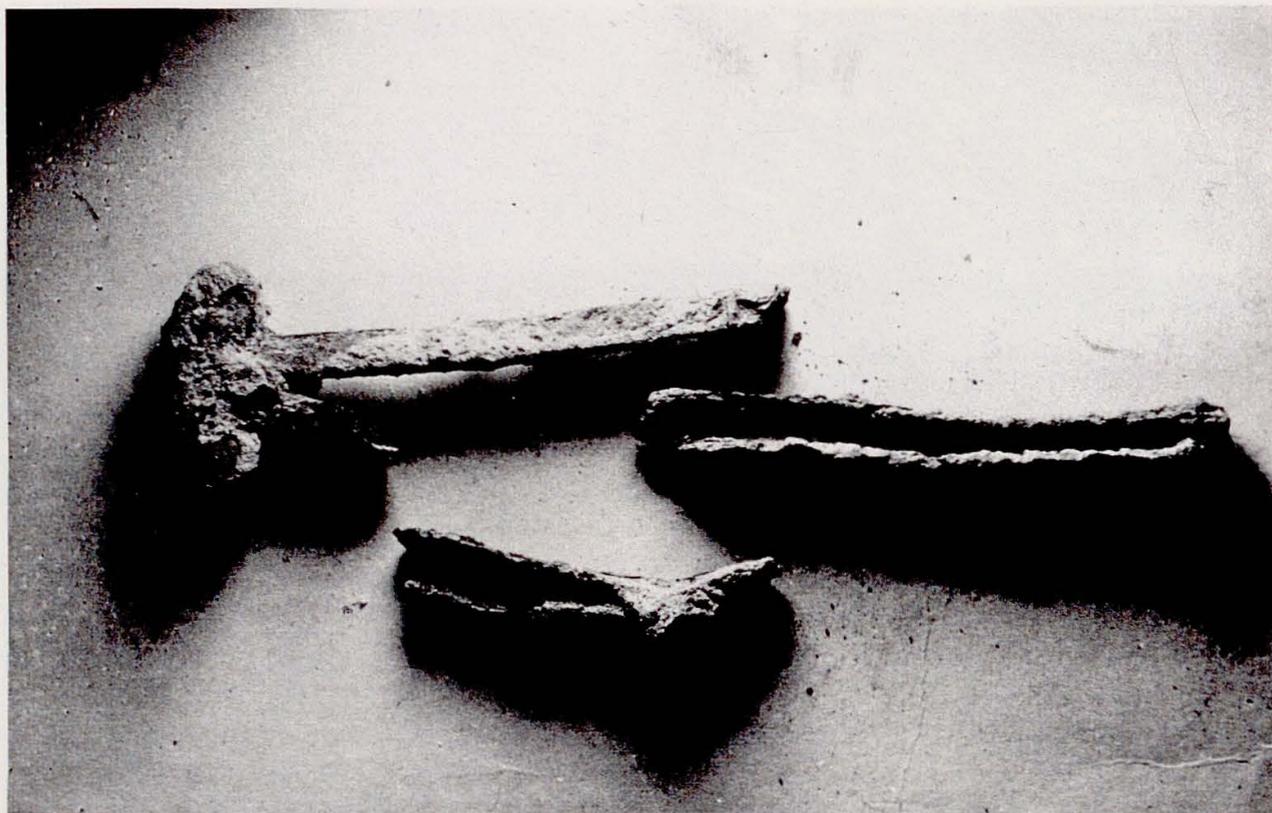
Lám.I.- a.Estado inicial de empuñadura de la espada B.1.  
b.Proceso corrosivo de la hoja de la misma espada, antes de la restauración.



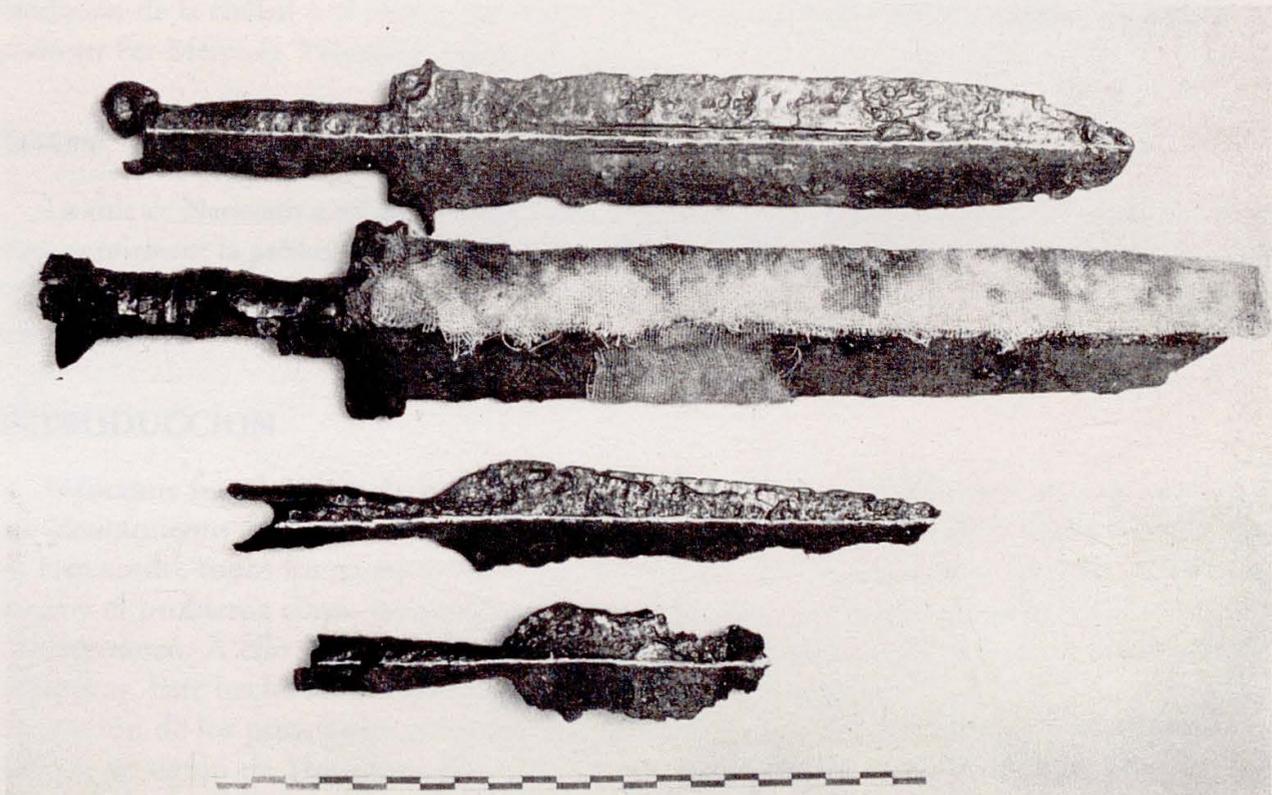
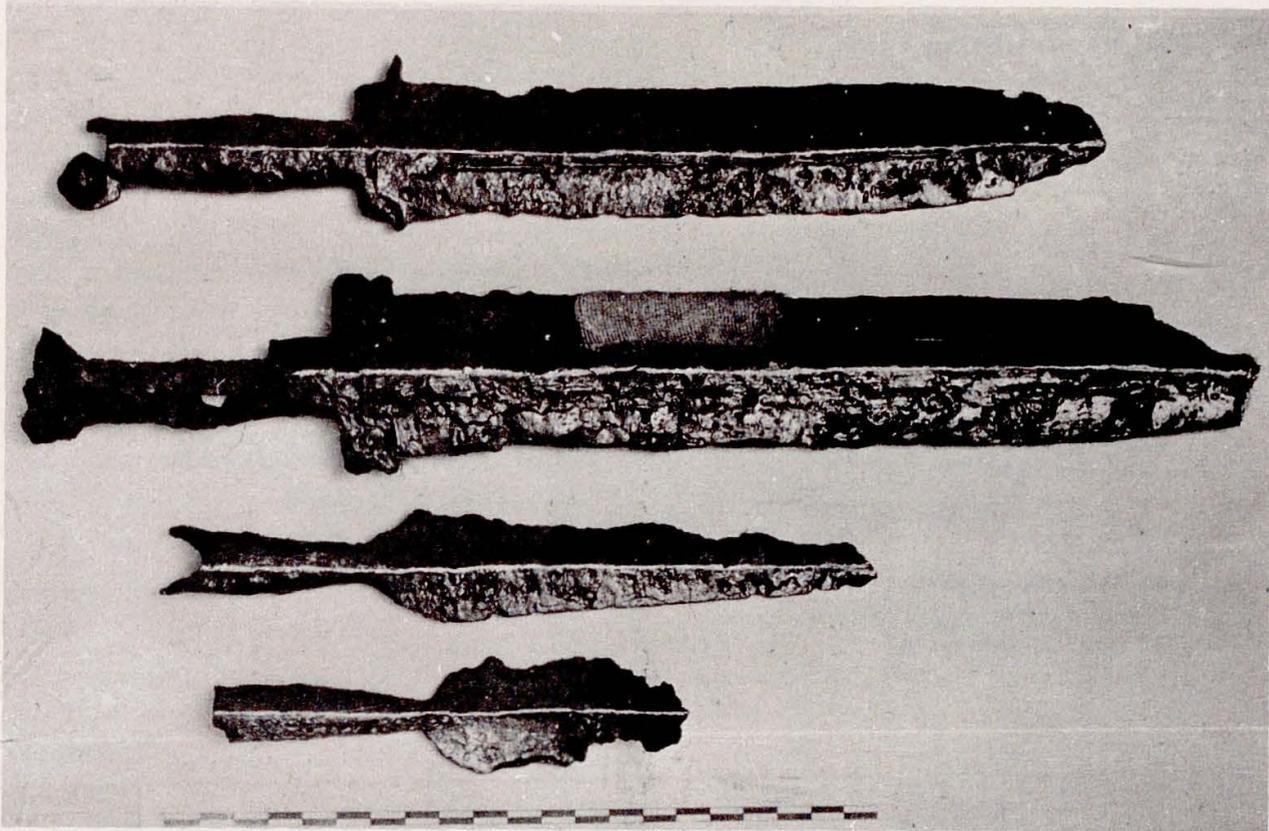
Lám.II.- a.Detalle ampliado del tipo de corrosión de la hoja de la espada B.1. b.Aspecto del escamado y la fragmentación de la punta de la misma espada.



Lám.III.- a.Estado inicial antes de la restauración de la espada B.2. b.Detalle ampliado de sus productos de corrosión.



Lám.IV.- a.Estado de conservación y fragmentación de las cañas de la vaina de la espada B.1. b.Estado antes de la restauración de la lanza B.5.



Lám.V.- a.Detalle durante el trabajo de restauración del anverso de las piezas del conjunto B con engasados de protección superficial. b.Detalle similar del reverso del mismo grupo B.

