



8. Espectre atòmic de raigs X (XEDS-SEM), on s'observen els elements que componen el vidre, silici (Si), calci (Ca) i potassi (K), que indiquen el tipus de vidre; i els elements metàl·lics, ferro (Fe) i coure (Cu) que expliquen la seva coloració (Imatge: Servei de Microscòpia Electrònica de la UAB).

peces de joc, plaques d'il·luminació o aplics decoratius sobre mobiliari, entre els més habituals. Per tant, resulta difícil poder trobar paral·lels al que sembla ser una baula pertanyent a una cadena, que poc té a veure amb les col·leccions de vidres decorats trobats en diferents jaciments d'època ibèrica. També resulta desconcertant l'elecció d'un material tan fràgil per a l'elaboració d'una anella d'aquestes característiques, sobretot si el comparem amb la resta del conjunt, d'aspecte consistent i resistent; més aviat podria ser interpretat com a part d'un objecte de vidre perdut. D'altra banda, tampoc cal descartar la possibilitat que peces similars a aquesta hagin estat confoses amb altres materials (pedra, ceràmica, metall) entre les restes arqueològiques d'altres jaciments, sense haver-se arribat a determinar la seva composició real.

Finalment, pensem que el fet que només s'hagi trobat una peça d'aquestes característiques potser no hauria de sorprendre massa, perquè es tracta d'un material molt fràgil i, d'haver-hi hagut altres peces similars, fàcilment podrien haver-se trencat en fragments minúsculs difícils d'identificar i de recuperar. Tenint en compte aquesta condició de fragilitat, podríem aventurar la possibilitat que aquesta anella formés part d'un objecte ornamental elaborat amb altres peces de vidre que no es van poder recuperar o, fins i tot, que alternés amb altres de metall entre les cadenes i penjolls d'adornament que tant abunden als aixovars dels individus enterrats a la necròpolis de Mas de Mussol.

Identificación de una anilla de pasta vítrea procedente del yacimiento ibérico de Mas de Mussol (L'Aldea, Tarragona)

Este artículo describe los análisis hechos sobre una anilla que destacaba por sus características dentro de un conjunto más o menos homogéneo de anillas de bronce, procedentes de una necrópolis de época ibérica. El análisis por espectroscopia atómica de rayos X en un microscopio electrónico de barrido (SEM) reveló su composición vítrea.

Begoña Albertos Figueroa. Diplomada en Conservación y Restauración de Arqueología por la ESCRBC. bealf@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Durante el transcurso de las actividades llevadas a cabo en el taller de tercer curso de Conservación y Restauración de Arqueología de la ESCRBC, se intervino un conjunto de anillas de bronce pertenecientes al yacimiento de Mas de Mussol (L'Aldea) y depositadas en el *Museu del Montsià*.¹ Se trata de un grupo de pequeñas anillas que forman parte de los restos de ajuar de una necrópolis de incineración de época Ibérica, compuesto por numerosas anillas de bronce con tres tipologías predominantes: anillas redondas, eslabones rectangulares y una variante de las anillas redondeadas con un pequeño apéndice en forma de pequeña bolita. Estas piezas fueron recogidas en superficie en el yacimiento y agrupadas a partir de su forma.

El material del conjunto es de una aleación de cobre con estaño, de superficie oscurecida, y su principal problema venía dado por la presencia de cloruros de cobre de color verdoso, forma de corrosión habitual en los bronceos procedentes de yacimientos arqueológicos. Este ataque era común en la mayoría de las piezas.

Durante el proceso de limpieza de este conjunto,² una de las piezas, una anilla alargada incompleta, destacó sobre las demás en apariencia. Estas diferencias se apreciaron tanto a nivel físico como químico. Su aspecto era brillante y su superficie aparecía perforada por numerosos orificios de pequeñas dimensiones, con aspecto poroso (textura de piedra pómez), y producía un sonido agudo, diferente al del metal, al dejarla caer sobre la mesa de trabajo. Desde el punto de vista químico, en esta pieza no se observaron reacciones a productos químicos que, en cambio, se produjeron en el resto de anillas durante el tratamiento de limpieza. De hecho, a esta anilla no se le observaron alteraciones importantes que fueran susceptibles de tratamiento, la decisión de tratarla fue una solución aplicada a todo el conjunto.

OBSERVACIÓN CON LUPA Y ANÁLISIS CON EL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO (SEM)

Se realizó una primera observación con la lupa binocular y se comparó con las otras piezas del conjunto. Ahora bien, para la realización de un análisis físico más exhaustivo de este estudio, fue necesario recurrir a su observación a través de diferentes técnicas de microscopia, lo que sirvió para verificar las aparentes similitudes con un material vítreo. Para ratificar esta hipótesis se determinó prescindir del uso de reactivos químicos porque con ello obtendríamos únicamente una información parcial, datos que tan sólo servirían para descartar su carácter metálico pero sin verificar su materia original, además de que la habría alterado lo suficiente como para impedir exámenes posteriores. Se realizaron una serie de fotografías con una lupa computerizada a diferentes aumentos para luego extraer una pequeña muestra y analizarla por espectroscopia atómica de rayos X en un microscopio electrónico de barrido (SEM), a fin de obtener un análisis significativo completo de los compuestos de la anilla.

Metodología analítica

Entre las técnicas existentes de microscopía electrónica, las de mayor uso y aplicación en el campo de la restauración son las de microscopía electrónica de barrido (SEM) que, además de permitir la observación de imágenes a gran aumento (de hasta 3×10^5 aumentos), tiene la capacidad de microanálisis mediante espectroscopia atómica de rayos X tipo EDS. Se pueden obtener imágenes de diferentes tipos:

- a- Imágenes por electrones secundarios, en blanco y negro de la forma del objeto. Equivalentes a una imagen fotográfica normal en una lupa pero a gran aumento.
- b- Imágenes de retrodispersados (Back-Scattered), que dan una imagen de contraste de densidades, según el brillo y tono de gris.
- c- Imágenes de composición elemental denominadas imágenes de rayos X o de Z (número atómico), que nos permiten determinar la distribución de un elemento químico concreto en un área previamente seleccionada.

Resultados

Se observa una textura vítrea y con múltiples burbujas en algunos sectores, que indican una fuerte desgasificación, o bien en el momento de su elaboración o por un recalentamiento posterior. Su naturaleza vítrea se ve confirmada por el alto contenido de la muestra en Si y la presencia de Ca y K. Todo esto determina que la composición de la muestra corresponde a la de un vidrio potásico. Las pequeñas cantidades de óxidos de Fe y Cu pueden interpretarse como empleadas para colorear la pasta vítrea, aunque podría tratarse también de elementos intrusos añadidos accidentalmente durante el proceso de elaboración del vidrio.

CONCLUSIONES

Es sorprendente el parecido a primera vista de esta anilla de composición vítrea con las otras anillas de composición metálica en cuanto a su forma y color, hasta el punto de haberla hecho pasar desapercibida entre el resto del conjunto. Incluso una de las hipótesis que se planteó durante el tratamiento del conjunto fue la posibilidad de una transformación por vitrificación de la anilla en unas condiciones determinadas, si bien la presencia de un único elemento de estas características dentro de un conjunto muy amplio nos hizo descartar esta vía de investigación. Además, después de un examen visual más detallado, no se apreciaban restos de corrosión de cobre sobre su superficie ni en los puntos de fractura.

A partir del análisis hecho en un SEM se ha podido demostrar que se trata de una pieza de pasta vítrea con contenido en potasio, elemento que abunda en los vidrios antiguos en sustitución o como complemento del sodio.

La coloración de la pasta vítrea de esta anilla es muy oscura, con un aspecto metálico muy acentuado. Parece estar hecha de vidrio realizado con ingredientes primarios susceptibles de desprender gran cantidad de gases, fenómeno que habría provocado ese aspecto poroso. La formación de esta textura la podemos buscar en el transcurso del proceso de fabricación del vidrio. La primera etapa sería aquella que se corresponde con la fusión de los componentes del vidrio, para pasar a una segunda etapa donde se hace un enfriado lento de la pasta vítrea para que se produzca una liberación paulatina de los gases. En este caso, la gran cantidad de burbujas podría verse como el resultado de un enfriamiento demasiado rápido que propició ese aspecto rugoso y perforado. Por otra parte, tampoco cabe descartar la alteración del vidrio de esta pieza como consecuencia de su exposición a condiciones climáticas adversas durante un largo período de abandono, o incluso de las prácticas de incineración de los enterramientos de la necrópolis.

Ahora bien, la identificación de este fragmento como pasta vítrea planteó toda una serie de interrogantes, ya que no resulta nada fácil establecer un paralelismo de esta forma.

El vidrio siempre se ha catalogado siguiendo una rigurosa clasificación por su morfología o por su funcionalidad. Atendiendo a este último aspecto se pueden contemplar varios usos: vasos y jarras de uso doméstico o medicinal, cuentas de adorno personal, piezas de juego, placas de iluminación o apliques decorativos sobre mobiliario, entre los más habituales. Resulta difícil, por tanto, poder encontrar paralelos a lo que parece ser un eslabón perteneciente a una cadena, que poco tiene que ver con las colecciones de vidrios decorados hallados en diferentes yacimientos de época ibérica. También resulta desconcertante la elección de un material tan frágil para la elaboración de una anilla de esas características, sobre todo si lo comparamos con el resto del conjunto, de aspecto consistente y resistente; más bien podría interpretarse como parte de un objeto de vidrio perdido. Por otra parte, tampoco cabe descartar la posibilidad de que piezas similares a ésta hayan sido confundidas con otros materiales (piedra, cerámica, metal) entre los restos arqueológicos de otros yacimientos, sin haberse llegado a determinar su composición real.

Finalmente, pensamos que el hecho de que sólo se haya encontrado una pieza de estas características quizás no debiera sorprender demasiado, ya que se trata de un material muy frágil y, de haber habido otras piezas similares, fácilmente podrían haberse roto en fragmentos minúsculos difíciles de identificar y recuperar. Teniendo en cuenta esta condición de fragilidad, podríamos aventurar la posibilidad de que esta anilla formara parte de un objeto ornamental elaborado con otras piezas de vidrio que no se pudieron recuperar o, incluso, que alternara con otras de metal entre las cadenas y colgantes de adorno que tanto abundan en los ajuares de los individuos enterrados en la necrópolis de Mas de Mussol

FOTOGRAFÍAS

1. Fotografía del conjunto de anillas antes del tratamiento (Fotografía: Júlia Chinchilla).
2. Fotografía de la anilla estudiada (Fotografía: Júlia Chinchilla).
3. Detalle de la fractura (Fotografía: Júlia Chinchilla).
4. Fotografía con lupa binocular estereoscópica. Se observa la textura microrrugosa por múltiples burbujas (Fotografía: José Luis Prada).
5. Fotografía con lupa binocular estereoscópica de detalle de la estructura de las ampollas. Se observan unas costras negras o pardo oscuras de alteración, donde han migrado los elementos metálicos (Fotografía: José Luis Prada).
6. Imagen en microscopio electrónico de barrido (Imagen de Secundarios SEI-SEM) a 100x. Se observan con detalle las microburbujas de desgasificación (Fotografía: Servicio de Microscopía Electrónica de la UAB).
7. Imagen en microscopio electrónico (Imagen de *Back-Scattered* - BSEI-SEM) de la misma textura que la imagen 6, que nos indica la baja densidad de las ampollas y los núcleos metálicos de Fe y Cu que colorean el vidrio (Fotografía: Servicio de Microscopía Electrónica de la UAB).
8. Espectro atómico de rayos X (XEDS-SEM), donde se observan los elementos que componen el vidrio, sílice (Si), calcio (Ca) y potasio (K), que indican el tipo de vidrio; y los elementos metálicos, hierro (Fe) y cobre (Cu), que explican su coloración (Imagen: Servicio de Microscopía Electrónica de la UAB).

NOTAS

¹ Ver Francesc ESTEVE GÁLVEZ, *Recerques Arqueològiques a la Ribera Baixa de l'Ebre, II. Protohistòria i Antiguitat Tardana*, Museu del Montsià, Ajuntament d'Ampostà, 1999.

² Las anillas fueron tratadas con una solución de sesquicarbonato sódico para eliminar los cloruros y, posteriormente, se les aplicó un inhibidor y una resina acrílica como capa de protección.