

Procesos metalúrgicos en la edad del bronce: la espada de peña negra. Autora: Soledad María del Pino de León. Director: D. Juan Carlos Albaladejo González. Departamento de Pintura y Escultura. Universidad de La Laguna. Tenerife, 2011.

La tesis presenta un Carácter Experimental que recrea la reproducción tecnológica y científica de la Espada de Peña Negra, hallazgo situado en la Edad del Bronce Final Atlántico y pretende hacer una interpretación objetiva de la información, construcción y recreación de una Espada.

El trabajo se presenta en un Tomo Teórico-Práctico que contempla cinco capítulos principales: 1. Introducción, 2. Objetivos, 3. Plan de Trabajo, 4. Pruebas Cerámicas y 5. Fichas Técnicas. En los capítulos 2 y 3 se recogen los antecedentes y los datos aportados. Los capítulos 4 y 5 tienen carácter científico-analítico y en ellos se recopilan las pruebas de verificación de las mezclas de arcillas y las fichas técnicas de los moldes realizados. En el capítulo 6 se recogen las Conclusiones como principal aportación del trabajo y el capítulo 7 recopila la Bibliografía Específica y un Apéndice que localiza con exactitud la Casa del Fundidor de Peña Negra, así como la cronología y tipografía de la Espada.

La Introducción sitúa el origen de la investigación y del tema en un curso de Doctorado del Bienio 89-91, titulado «Fundición a la Cera Perdida: Alternativas a los Medios Tradicionales», impartido por D. Juan Carlos Albaladejo, catedrático de Escultura de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad de La Laguna, así como en la realización de visitas periódicas al Museo de Arqueología de Madrid. Los datos recogidos

centran la línea de investigación. La hipótesis del trabajo se basa en la experimentación con técnicas y procesos de la Fundición Primitiva o Arqueología Experimental. Como patrón referencial o guía del trabajo surge el protagonista principal de estudio, la Espada de Peña Negra. y como proyecto representar el proceso de fundición de la misma, y para ello se desarrollan los siguientes puntos: análisis de las tierras para hacer los moldes, construcción de un molde que permita por sus características la reproducción, construcción de un horno para la cocción de los moldes y construcción de un horno para la fusión del metal.

Los Objetivos de la Investigación se centran en la reproducción de una espada atlántica del tipo Ría de Huelva que pertenece a la Edad del Bronce Final, a partir de los hallazgos arqueológicos de D. Alfredo González Prats. Los datos aportados son los fragmentos de moldes hallados entre 1983, 1985 y 1987, procedentes de Crevillente, Alicante. El capítulo 2 tiene carácter científico-descriptivo y presenta tanto los aspectos morfológicos y tipológicos como los materiales a emplear. Tras el estudio, utilizando difractogramas y microscopía electrónica, se analizan y clasifican las muestras de los fragmentos de los moldes que corresponden con la espada en cuestión, detectando que éstos muestran en su mayoría una composición formada por arcillas y que presentan dos capas: una interna, ennegrecida por el contacto con las altas temperaturas del vertido del metal, y otra externa, compuesta básicamente de yeso. Se procede también al análisis por espectrometría de los restos de metal adheridos a los moldes de arcilla y se advierte



que éstos muestran la presencia de una aleación binaria. Los datos revisados permiten la reproducción del molde para establecer un criterio de modelo de espada. Del análisis de los resultados obtenidos en esta parte del trabajo se aprecia, después de la reproducción de un fragmento de la hoja, que se trata de una espada romboidal que presenta un nervio central acusado.

Los Antecedentes se centran en el depósito de la Ría de Huelva, encontrado en 1923 y registrado en el Inventario General de Martín Almagro, concretamente en la figura núm. 40, de lo que se deduce la tipología específica que define la empuñadura como del tipo «lengüeta tripartita», con dos orificios, uno redondo y otro alargado, y termina en dos antenas o apéndices. Como hilo conductor se toma otro referente, el Molde de Ronda. Se trata de un molde a dos piezas o molde bivalvo para la obtención de una espada del tipo «lengua de carpa». Es el único molde completo que se encuentra en la Península Ibérica, en él se aprecia que la situación del bebedero principal se sitúa en la punta del arma. En el Molde de Ronda se puede apreciar otro aspecto importante como son las marcas o incisiones de registro lineal para el ajuste del molde. Dentro de los moldes estudiados, citar los moldes cerámicos (abiertos, con tapa, cerrados y bivalvos), moldes de piedra y los moldes de metal. En base a los datos verificados, el molde para fundir la Espada de Peña Negra se realiza de arcilla básica mezclada con estiércol y materiales orgánicos (hojas, ramas secas, serrín y carbón vegetal), que confieren porosidad y resistencia a la arcilla. Estos datos son concluyentes y justifican el diseño del molde.

El Plan de Trabajo presenta el estudio de todos los elementos necesarios para reproducir los *Procesos y las Técnicas de Fundición Primitiva*. El capítulo 3 tiene carácter documental y es fundamental para la comprensión de todo el planteamiento experimental desarrollado. *Los Crisoles* son los contenedores o recipientes primarios para fundir el metal. Su origen y evolución no sólo afectaría a su forma, sino también a su diseño. Según su uso, sufre diversas adaptaciones, aunque surge como elemento independiente, tal y como lo conocemos en la actualidad. El trabajo recopila diversas tipologías: crisoles con

diferentes mangos que facilitan el vertido del metal, crisol con molde integrado, crisol con agujero lateral, crisol de tres patas, crisol con boquilla lateral y crisol de base plana. Las pruebas de crisoles se realizaron todas con barro refractario y se cocieron en un horno primitivo abierto, estudiando su comportamiento y funcionalidad. Como nexo de unión en este apartado se vincula la experimentación con las *Aleaciones* o fusión de dos o más metales, que cambian de estado sólido a líquido por la acción de una fuente de calor o fundición. Su finalidad es mejorar sus propiedades y hacer que mejoren sus cualidades con fines determinados. Las aleaciones confieren mayor resistencia y dureza a los metales combinados. El *Bronce* es la aleación más antigua descubierta por el hombre, la cual estaba formada por una gran proporción de cobre y una pequeña cantidad de estaño. Primero se derretía el cobre a 1084°C y después se añadía estaño a 232°C. Los estudios realizados por Tylecote plantean la posibilidad de que las aleaciones primitivas fueran binarias (*bronce binario o primitivo 90% Cu + 10% Sn*). Otros metales importantes que quedan registrados en el trabajo son el arsénico, el cinc o el plomo.

El Calor es la fuente de energía que confiere a algunos materiales cambios importantes y es fundamental en el proceso de fundición y por extensión los *Hornos* son la herramienta principal en esta fase del proceso. Para entenderlo, en el apartado (*De la hoguera al Horno. Calor...*) se estudian conceptos como conducción, convección y radiación, así como las leyes de los mecanismos de transmisión. Para terminar haciendo un amplio recorrido desde la hoguera como comienzo de una transformación tecnológica, cuyos principios básicos perduran hasta nuestros días y que se transforma en un contenedor hermético que conserva el calor. Diferenciando entre horno de fusión (horno vasija, horno excavado y horno con cámara exterior) y horno de secado y cocción (horno con canales de conducción de aire, horno de muro, horno de muro con cubierta y horno de tiro alto o romano). Al final del capítulo se presenta el horno prototipo para cocer los moldes de la Espada de Peña Negra, el cual es de tipo reverbero con dos cámaras diferenciadas, la cámara de combus-





tión y la cámara de cocción, donde se situara el molde, y el calor es dirigido con un amplio recorrido, que bajo la solera se dirige finalmente a la salida o chimenea, produciéndose el efecto de reverberación.

Las Pruebas Cerámicas muestran los resultados y el análisis de las diferentes arcillas y su proporción con otros materiales refractarios y aditivos. Las sustancias arcillosas están seleccionadas y estudiadas en función de su composición, contracción de secado y capacidad de registro, y los aditivos en función de su disponibilidad en el medio natural (picón o lapilli, fibra vegetal, semillas, etc.). Todas las pruebas siguen un patrón de probeta rectangular y están horneadas a temperaturas que oscilaron entre los 900°C y los 1350°C, según correspondan al grupo de arcillas de alta o baja temperatura. De un total de casi 100 muestras contrastadas, algunas mezclas resultaron deficientes y quebradizas. De los resultados obtenidos se extraen las arcillas más adecuadas para hacer las pruebas de los moldes cerámicos, para posteriormente fundir la espada. Las partes que componen el molde son dos partes simétricas, cada una con la impresión que registra el negativo de la espada, el bebedero principal y los falsos respiraderos.

En Las Fichas Técnicas se registran y clasifican las diez experiencias prácticas o espadas fundidas, atendiendo a criterios como objetivos, tipo de molde empleado, composición de la arcilla, proceso y tiempo de secado de los moldes y el resultado del horneado, así como el resultado de la fusión y colada del metal. En cada experiencia se plantea cuestiones que permitan

mejorar los resultados obtenidos en la experiencia anterior. Primero se verifica la aleación del metal, después los tiempos de secado de los moldes, a continuación los hornos de fusión primitivos. Se verifica también la confección y la adecuación de dos tipos de moldes (rectangular y cóncavo), seguidamente se realizan moldes con un negativo por incrustación de un original de espada de madera y en otros casos se utiliza un modelo de espada en cera, también se hace un molde de arena de sand bond y otro de cascarilla cerámica, y finalmente se relatan dos experiencias, una que verifica la temperatura de cocción del molde en un horno de reverbero y otra en un horno cerámico tradicional. Todas estas experiencias quedan registradas fotográficamente en la tesis, tanto los procesos como los resultados y espadas fundidas obtenidas en cada caso concreto.

Las Conclusiones evidencian que se han obtenido buenos resultados respecto al objetivo inicial del trabajo: reproducción, materialización, reconstrucción del método de fabricación y de las fases de producción, para la obtención de una espada. Este apartado se ha desarrollado como la puesta en práctica de la hipótesis y queda gráfica y fotográficamente ilustrado en un desplegable que contempla todo el proceso de reproducción de la Espada de Peña Negra.

Las aportaciones realizadas en las áreas de arqueología metalúrgica y la historia de la escultura en bronce suponen una referencia para futuras investigaciones.

Fátima Felisa ACOSTA HERNÁNDEZ
Universidad de La Laguna