



# MOLDEADO Y VACIADO DEL NATURAL EN CERA PARA EL PROTOTIPO DE FUNDICIÓN

Molding and casting of the natural in wax for the foundry prototype

OLEGARIO MARTÍN SÁNCHEZ <sup>1</sup>, BARTOLOMÉ PALAZÓN CASCALES <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Sevilla, España

<sup>2</sup> Universidad de Zaragoza, España

## KEYWORDS

Wax  
Mold  
Reproduction  
Sculpture  
Artistic casting  
Copy  
Jewellery

## ABSTRACT

*This research on molding and casting aims to revalue the creative possibilities of the lost wax mold for the reproduction of living and inert bodies and fragments, both of people and animals. It analyzes the molding of life through the history of sculpture, emphasizing wax as a transitional sculptural material. The practice of this mold has certain advantages over the traditional lost mold and others of a permanent nature, such as the quality of reproduction of the model for lost wax casting, the economy of means and the reuse of the material.*

## PALABRAS CLAVE

Cera  
Molde  
Reproducción  
Escultura  
Fundición artística  
Copia  
Joyería

## RESUMEN

*Esta investigación sobre el moldeado y vaciado pretende revalorizar las posibilidades creativas del molde perdido en cera para la reproducción de cuerpos y fragmentos en vivo e inertes, tanto de personas como de animales. Analiza el moldeado del natural a través de la historia de la escultura, poniendo énfasis en la cera como material escultórico de transición. La práctica de este molde presenta ciertas ventajas frente al molde perdido tradicional y a otros de carácter permanente, como la calidad de reproducción del modelo para la fundición a la cera perdida, la economía de medios y la reutilización del material.*

Recibido: 28/ 04 / 2022

Aceptado: 30/ 06 / 2022

RETRACTED ARTICLE

## 1. Introducción

Nuestra dilatada trayectoria en el ámbito de la fundición se remonta al año 1991 con la realización del curso de “Fundición a la cera perdida, método de la Cascarilla Cerámica” impartido por el neozelandés David Reid en la Universidad de La Laguna, Tenerife, curso que estuvo coordinado por el Catedrático Juan Carlos Albaladejo González, quien fue el primer impulsor de la implantación de la fundición artística en la universidad española. En ese mismo año se crea en el departamento de Escultura e Historia de las Artes Plásticas de la facultad de Bellas Artes de la Universidad de Sevilla el grupo de investigación TEBRO (Técnicas de la Escultura en Bronce). Desde entonces hemos venido realizando proyectos, fundamentalmente de carácter práctico, metodológico y de equipamiento e instalaciones en fundición artística, lo que nos ha permitido desarrollar enfoques personales como el molde perdido de cera, cuyo resultado es producto de la experimentación continua.

El punto de partida de esta investigación se inicia con una fundamentación teórica centrada en la evolución histórica del moldeado y vaciado del natural y sus hitos de interés en el marco de la historia de la escultura en general y la fundición artística en particular.

La fundición en bronce a la cera perdida es la técnica por excelencia de calidad artística que se remonta a más de 4000 años de antigüedad. En esencia el método no ha variado desde sus orígenes, aunque sí ha ido cambiando han sido los materiales tanto del modelo o prototipo de fundición como el molde respectivo, las aleaciones metálicas, así como los respectivos procedimientos de producción de la escultura fundida.

Básicamente existen dos formas de creación del modelo de cera, una sería mediante el método directo, consistente en el modelado directo de la cera en hueco o sobre un almohadilla preparada o *chamota*. Mediante este sistema se obtiene un modelo único, que nos sirve para desarrollar el proceso de fundición completo, con el consiguiente riesgo de perder el único modelo en el caso de que haya un resultado fallido, teniendo que iniciar la creación del original de nuevo. Por otro lado, el método indirecto, que suele ser lo más habitual, en el cual el modelo que se obtiene por medio de un molde permite realizar una serie de copias de bronce.

Existen moldes con los que se obtiene una sola pieza única, a los que llamamos moldes perdidos, y cuyo principal exponente sería el molde perdido de escayola –hito que determinó la calidad de la reproducción del modelo de cera en la fundición artística en occidente– y que fue usado desde época griega, como queda constancia a través de Plinio el Viejo en su *Historia natural*. Dichos moldes fueron perfeccionando durante el periodo helenístico y el imperio romano, y con posterioridad en el Renacimiento, mediante el desarrollo del molde a piezas de escayola, a partir del cual obtenían una o varias copias en cerámica, por consiguiente, sus respectivos originales en bronce.

Este fue el modo de confeccionar los modelos de cera hasta el siglo XIX, cuando se empezaron a realizar moldes semipermanentes que permitían la reproducción de varias piezas iguales, entre los que encontramos los conocidos moldes de cola y gelatina, hasta llegar al siglo XX donde encontramos los actuales moldes de silicona, con los que se consigue una calidad excepcional en la reproducción y permiten además extensas series de copias en todos los materiales.

En la fundición a la cera perdida el molde es de vital importancia. Por ese motivo nos centramos en la cera, pero no solo como material de reproducción, sino también como material con el que se puede construir el molde para su posterior vaciado en cera, pues dicho procedimiento es la hipótesis de trabajo de esta investigación, (de la misma manera que un molde perdido de escayola se puede reproducir en escayola, un molde de cera se puede reproducir en cera).

La propuesta que aquí traemos no es otra que la de plantear una alternativa experimental al molde de silicona, cuando se trata de reproducir objetos voluminosos, partes del cuerpo humano o alimentos frescos como la carne o el pescado. Y esta alternativa, en el ámbito de la fundición, la hemos encontrado en el mismo material del proceso, es decir, en la cera del modelo. De tal forma que, utilizando la técnica adecuada, se puede realizar un molde de cera rápido y económico que nos permita reproducir también nuestro modelo en cera.

La cera es un material de tradición milenaria en escultura. Sus propiedades termoplásticas, de estructura amorfa uniforme, le confiere una versatilidad insospechada que ha hecho posible la investigación desde la vertiente del moldeado y vaciado. Estudiados los posibles usos de la cera y sus cualidades, nos centraremos en la materialización de la reproducción del cuerpo en vivo a través del empleo de la cera como molde y como reproducción.

Para contextualizar el moldeado y vaciado del natural en la escultura fundida, nos vamos a adentrar en una evolución histórica que nos permita enmarcar los dos grandes bloques que conforman la investigación, uno sería el dedicado a los materiales y técnicas del molde y el otro a la cera como material emblemático del modelo o prototipo de fundición hasta desembocar en el molde de cera y su reproducción también en cera.

### 1.1. El moldeado del natural

El molde del natural ha sido un recurso técnico puesto al servicio del escultor desde época muy antigua. Se tiene constancia que, para la obtención de modelos en cera, ya se usaba el molde perdido en escayola durante el periodo griego, como así lo atestigua Plinio, Libro 35, en su apartado de “Modelado y trabajo de la arcilla” (Plinio, 1988, p. 125). También hay constancia en manuales actuales de técnicas artísticas, de que se utilizaban los moldes de

yeso a piezas para la fundición “en el mundo helenístico-romano, y más adelante a partir del siglo XVI, se adoptó el procedimiento de molde por piezas, que permitía la conservación del modelo y su reproducción en serie” (Maltese, 1990, p. 52).

Durante el periodo romano se desarrollaron con gran profusión los moldes del natural entre la clase patricia, que tenía la costumbre de realizar un molde perdido de yeso para vaciar una mascarilla de cera a sus difuntos, con la que elaboraban las “imágenes maiorum”, obras en las que se recomponía la cabeza y parte del torso del familiar muerto como emblema de sus valores éticos de cara a la posteridad. Se cree que estas prácticas sirvieron en muchos casos para la realización posterior de retratos en bronce o **mármol**, de ahí el gran parecido y el dedicado naturalismo de los rostros romanos.

En la Florencia del Quattrocento era muy frecuente que los familiares del fallecido colocaran sus votos de cera de cuerpo entero en las iglesias, que habían sido realizados por especialistas que se dedicaban al vaciado del natural. Esta experiencia también era usada por los escultores para realizar vaciado de las distintas partes del cuerpo que tomaban como modelos en la realización de sus obras definitivas.

Durante el Renacimiento se mantuvieron los dos sistemas de fundición. Benvenuto Cellini, en su obra *Tratados de orfebrería, escultura, dibujo y arquitectura*, nos introduce en detalle en el molde en que fundió al Perseo de la plaza de La Signoria de Florencia, mediante el método directo del moldeado de cera sobre núcleo de tierras preparadas. También explica la forma de conseguir el modelo mediante el uso de escayola a piezas, a partir de la técnica de la *lasagna*, que hoy en día se sigue usando en los moldes de sílicona por colada y en la fundición a la arena para hacer el núcleo (Cellini, 1989, pp. 149-170). Este mismo enfoque queda atestigüado por Giorgio Vasari en *Las vidas de los más excelentes arquitectos, pintores y escultores italianos desde Cimabue a nuestros tiempos*, cuando se refiere a Andrea del Verrocchio (Vasari, 2005, pp. 122-126).

El siglo XIX fue un periodo de transición en los planteamientos del moldeado y vaciado, pues la revolución industrial trajo consigo importantes avances científicos y técnicos en los que los artistas aprovecharon las cualidades flexibles y elásticas de los nuevos materiales para la creación de moldes semipermanentes, como los de cola, gelatina, parafina o cera. Ya entrados en el siglo XX encontramos los moldes de látex, poliuretano, alginato o sílicona, con este último, se ha dado un salto exponencial de calidad, pues es el que se usa de modo preferente, no solo en la escultura y la fundición artística, sino en la inmensa mayoría de sectores industriales (Midgley, 1993, pp. 73).

Los primeros antecedentes que existen publicados en relación al molde de cera podemos encontrarlos en el *Recetario industrial* de Gardner D. Hiscox y Albert A. Hopkins (basado en enciclopedias de finales del XIX y principios del XX), junto con los moldes de cera, gelatina, parafina y yeso. En el mismo se habla de las dos composiciones posibles de cera para hacer un molde, una mediante cera virgen y albayalde o grafito, y la otra a partir de cera virgen y resinas. En ningún caso hace referencia a un posible uso como molde para reproducir cera (Hiscox-Hopkins, 1994, pp. 220-225).

Tendrá que transcurrir casi un siglo después para que aparezca información actualizada al respecto en el manual de Pascal Rosier, titulado *Le Moulage*, siendo la publicación más específica que existe del molde de cera y reproducción en cera. El autor lo denomina “vaciado a la inversa”, es decir, el material de reproducción se convierte a su vez en material del molde, en el que nos describe de modo muy sencillo el procedimiento, así como la forma de plantearlo y de obtener la reproducción (Rosier, 1991, p. 58). En este mismo sentido, José Luis Navarro Lizandra hace una reseña sobre el molde de inversión en su obra *Maquetas, modelos y moldes: materiales y técnicas para dar forma a las ideas* (Navarro, 2005, pp. 99-100).

El desarrollo de este molde no trata de sustituir al actual molde de sílicona, o de alginato, que también da copias muy fieles del natural, sino en tener al alcance del escultor, fundidor y orfebre la posibilidad de un nuevo medio fundamentado en la experimentación llevada a cabo para el desarrollo de un molde perdido en cera, que nos permita la realización de modelos en cera, resinas acrílicas, escayola, epoxi o, incluso, poliéster, de un modo rápido, eficaz y económico. Recordemos que además este molde no deja residuos, pues es reutilizable.

Antes de analizar este molde perdido en cera y reproducción en cera, vamos a presentar, de modo muy resumido, los principales moldes que han hecho posible la reproducción de modelos en cera con vistas a la fundición, para que nos sirva como antecedente, y en algunos casos de referente comparativo con respecto a nuestra investigación práctica. Analizaremos el molde perdido de escayola, el molde de gelatina, el molde de alginato y el molde de sílicona.

#### Molde perdido de escayola

Ya hemos mencionado que este tipo de molde es el que se ha venido usando históricamente en el moldeado del natural, trasladando el material definitivo las formas creadas en materiales blandos como la arcilla, la plastilina, la cera o formas orgánicas como el cuerpo humano, frutas y hortalizas, y cuantos objetos se puedan remover o romper durante el desmolde.

Su elaboración consiste en dividir el modelo original por la mitad mediante una pista de barro o mediante tiras de alginato de 3 a 4 cm. A continuación, se prepara una escayola muy fluida y pigmentada que la aplicamos salpicada por toda la superficie. Se darán tantas capas –de escayola más cargada– como sean necesarias para que

el molde adquiera su grosor y resistencia. Una vez terminado se abrirá apoyándonos en la línea de separación de los acetatos, y se retirará el modelo de arcilla.

Para vaciar el molde, lo aislaremos con grasa, goma laca, agua, etc., según convenga, y estará listo para reproducirlo y obtener así la correspondiente copia. Con este molde solo se puede obtener una única reproducción en materiales como escayola, mortero de cemento, resinas, cera, etc., porque en dicha operación se destruye el molde, de ahí la denominación de molde perdido.

También fue muy habitual el molde de escayola a piezas como método de reproducción de esculturas o modelos más complejos formalmente, que requieren la realización de muchas piezas individuales que se recogen en dos o más piezas generales llamadas “cajas madre”. Este molde permite la reproducción de un número determinado de copias. La inmensa mayoría de las copias en yeso de la estatuaria clásica se vació a partir de este tipo de moldes. Actualmente está en desuso.

#### Molde de gelatina

El molde de gelatina es un molde semipermanente que permite la realización de varias copias de distintos materiales antes de su deterioro. Este molde estaba pensado fundamentalmente para la fundición cuando se trataba de pocos ejemplares que había que realizar en un periodo corto de tiempo. Al estar compuestos de materiales cartilaginosos y pieles de animales se deterioraban con mucha facilidad y se dejaron de aplicar cuando aparecieron en el mercado, a mediados del siglo XX, las siliconas.

Su confección se lleva a cabo por colada con la técnica de la lasaña, recubierta de las correspondientes “cajas madre”. Para su confección se coloca la figura sobre una cama de barro a continuación, se recubre con una capa de arcilla o plastilina que no tenga enganches, a la que se le practican los bebederos y respiraderos, para posteriormente realizarle la caja madre. Esta misma operación se hará por la otra cara. Para llenar el molde, primero verteremos la gelatina sobre una de sus caras y una vez gelificada esta, le daremos la vuelta a la figura y haremos la otra vista.

El material que se emplea para realizar el molde de gelatina es la cola de conejo y grasas derivadas del petróleo. El uso del molde de gelatina se empleaba principalmente para fines arqueológicos o de reconstrucción de piezas antiguas (Sauras, 2003, p. 157).

#### Molde de alginato

El molde de alginato se puede considerar un molde permanente, pues, aunque en ocasiones se puedan obtener más de una copia, en la mayoría de los casos para extraer la reproducción se destruye el molde. Se emplea básicamente para la realización de moldes de partes del cuerpo humano. Uno de los campos donde más se utiliza es en el ámbito de la medicina, especialmente en la rama de odontología.

Es un producto natural derivado de algas marinas y de tierra de diatomeas. Su elaboración es muy fácil, el preparado se vende en forma de polvo que se mezcla con agua. Su fraguado se lleva a cabo en un espacio de tiempo muy pequeño, entre cinco y diez minutos. En escultura se usa principalmente para reproducciones de manos, pies u otras partes del cuerpo. También permite moldear objetos sencillos rígidos o elementos orgánicos como frutas y hortalizas. A la hora de realizar, por ejemplo, el molde de una mano sólo hay que añadirle agua al polvo de alginato, remover y dejarlo en un recipiente. Antes de que endurezca se introduce la mano en la posición escogida, dejándola inmóvil, y una vez fraguado el alginato retiramos la mano lentamente (Martínez, 2015, p. 644-647).

#### Molde de silicona

La silicona es un polímero sintético formado básicamente a partir de silicio y oxígeno. En el ámbito de los moldes, las siliconas son el producto de mayor calidad de reproducción dadas sus propiedades físicas, pues son materiales muy flexibles, elásticos, adherentes, de textura suave y resistentes a la deformación, y no encogen. Dichas características hacen que sea el producto más adecuado para la realización de moldes, sobre todo cuando se trata de obra seriada, por tanto hay que catalogarlo como molde permanente. No es recomendable realizar un molde de silicona para reproducir pocos ejemplares.

El molde de silicona por colada se realiza del mismo modo descrito que para el molde de gelatina: se hace con la técnica de la lasaña recubierta de las dos correspondientes “cajas madre”. Para su confección se coloca la figura dividida en mitad sobre una cama de arcilla y, a continuación, se le recubre con una capa regular de arcilla o plastilina que no tenga enganches vista cenitalmente, y en las zonas estratégicas se le practican los bebederos y respiraderos también en la arcilla. A continuación, se echa la “caja madre” de escayola o resina. Le damos la vuelta a la figura y, del mismo modo, realizamos la otra mitad. Procedemos a abrir una de las partes del molde para extraer la lasaña, es decir, la arcilla, y colocando encima la “caja madre”, procedemos a colar la silicona, cuando esta ha retenido se hará la misma operación por la otra cara del molde. Finalizado este procedimiento por ambas partes, obtendríamos el molde de silicona apto para realizar las reproducciones que se quieran en todos los materiales posibles: cera, hormigón, escayola, e incluso, vidrio o metales, ya que existen siliconas refractarias que soportan altas temperaturas.

Lo más recomendable en la reproducción de cera sobre molde de silicona es aplicar la primera capa con el pincel para asegurarnos un registro completo, después se le puede dar espesor volteando la cera en el molde.



En la actualidad, con el desarrollo de la industria, existen una gran variedad de siliconas, entre las que destacamos las siliconas tixotrópicas, que se emplean para realizar los moldes de forma abierta y se utilizan de forma pincelada. Entre ellas encontramos las siliconas corporales que se aplican fundamentalmente para la reproducción del cuerpo humano y materiales sensibles. Por otro lado, está el grupo de las siliconas líquidas, que se destinan a la realización de moldes por colada, cuyos resultados son de una extraordinaria calidad y durabilidad. Cada vez se desarrollan más y mejores elastómeros especializados para la reproducción de piezas múltiples y grandes series, que son el resultado del auge de la producción industrial que ha caracterizado al pasado siglo y al actual, como ya dejaba patente Walter Benjamin en *Discursos interrumpidos*, en el capítulo de *La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica* (Benjamin, 1989, pp. 15-60).

En nuestra época la escultura está plagada de ejemplos de cómo el artista contemporáneo se ha venido sirviendo de las ventajas que proporcionan los moldes del natural y sus vaciados en los más diversos materiales, ya no solo como técnica de tránsito, sino como resultado plástico definitivo. Este lenguaje del molde ya lo empezó a manejar Rodin, y en el siglo XX y hoy en día es un medio de expresión artístico habitual (George Segal, Bruce Nauman, Marc Quinn, etc.).

También encontramos grandes artistas como Kiki Smith, Maurizio Cattelan, John Saacs, y Robert Gober, entre otros, que nos dejan su impronta personal por medio de la cera. Y es que la cera, a pesar de ser un material de uso milenario por el hombre, sigue dándonos respuestas a nuestros planteamientos técnicos y estéticos en el arte hoy en día, pues hasta la fecha no parece tener un sustituto sintético que encierre en su naturaleza tantas propiedades idóneas para la práctica artística.

## 1.2. La reinención de la cera en fundición

“La cera es el material de todas las semejanzas. Debido a sus capacidades figurativas, frecuentemente se le ha considerado una materia prodigiosa, mágica, casi animada; en definitiva, inquietante.” Así empieza Georges Didi-Huberman su capítulo de *Carne de cera, círculos viciosos* (Didi-Huberman, 1999, p. 75).

La cera es el material plástico por excelencia que permite ser trabajada desde el modelado, la talla, la construcción y por vertido sobre moldes. Su naturaleza física es fenomenal, pues puede cambiar de estado sólido al líquido y al viscoso en muy poco tiempo, lo que nos conduce a su propiedad termoplástica, sin duda su principal identidad material, que facilita su manipulación a bajos rangos de temperatura, desde el calor corporal que le transferimos con el contacto de las manos, hasta su aplicación en estado líquido, en el que podemos trabajarla por vertido o pincelado. A temperatura ambiente las ceras preparadas son estables en espacios interiores, es decir, se mantienen sólidas sin ningún tratamiento. La cera es el material de la transformación formal por antonomasia, no ofrece apenas resistencia en ninguno de sus procesos plásticos comportándose como un material estable de inmediato, por lo que posee una naturaleza temporal sin parangón con el resto de materiales artísticos. Este factor temporal es el que le transmite su versatilidad en los métodos de creación del molde y modelos en cera, pues puede pasar del estado líquido al sólido en segundos si la depositamos sobre agua fría. Metiéndola en agua caliente podemos mantener su estado plástico por largo tiempo.

En el arte se ha utilizado tanto como material auxiliar como definitivo. En nuestro caso se emplea como medio de acceder al bronce, por lo que hay que entenderlo como material de tránsito, lo cual no quiere decir que no deje su impronta en el metal, sino todo lo contrario, le transmite su carácter fotográfico aportándole las cualidades líquidas de las superficies cerasas en un soporte noble y duradero como el bronce, cargado de excelencia plástica que potencia cualquier gesto, movimiento o textura y nos la devuelve como imagen poderosa cargada de presencia y simbolismo.

La cera también se ha venido usando históricamente con fines artísticos, baste el ejemplo de Gaetano Giulio Zumbo en el siglo XVII con su obra cargada de fuerza y dramatismo, expuesta en el Museo de La Specola de Florencia, donde además encontramos ejemplos anatómicos y estudios de distintas enfermedades del cuerpo humano en la vertiente didáctica de la medicina. En la actualidad, la figuración y el realismo de la cera han entrado de nuevo en el territorio del arte contemporáneo y en el espectáculo de los museos de cera.

La corporeidad de la cera, su transparencia y tacto, nos hacen recordar a la carne y lo orgánico, de ahí que hayamos tomado sus cualidades para recrear mediante el molde de cera la encarnación del realismo que transmite su plasticidad y belleza desconcertante, porque a veces cabe la duda de si la reproducción en cera es real o representación. Como dice Clement Rosset en *Lo real y su doble*, “toda duplicación supone la existencia de un original y una copia, y cabe preguntarse cuál de los dos, el acontecimiento real o el “otro acontecimiento”, es el modelo y cuál es el doble” (Rosset, 1993, p. 42).

La cera es un material que desde siempre se ha venido usando por el escultor en paralelo con la arcilla, pues fue usada como material de creación y como modelo o prototipo en la técnica de fundición a la cera perdida. En la antigüedad era muy habitual hacer la liga de cera con materiales grasos, como la manteca de cerdo y las resinas naturales, junto con cargas inertes que podían contener cenizas, arcillas y talcos, entre otros.

Existen una gran variedad de ceras vírgenes que mezcladas entre sí y combinándolas con otros aceites, grasas o resinas, se obtienen numerosas variantes de ceras con diferentes consistencias destinadas a múltiples usos.

En general cualquier persona diría que la cera es producida por las abejas, este es un concepto correcto pero incompleto, ya que existen diferentes tipos de ceras. Estas se pueden clasificar en dos grandes grupos: ceras naturales o ceras sintéticas. Esta clasificación se ha realizado tomando como referencia el manual de José Luis Navarro Lizandra, en el que establece cuatro grandes grupos de ceras (Navarro, 2005, pp. 81-91). En nuestra investigación, aportamos una clasificación atendiendo a la procedencia de las mismas.

### 1.3. Tipos de cera

#### Ceras naturales

Las ceras naturales se clasifican a su vez en dos grandes apartados. En primer lugar, las denominadas como “no fósiles” o ceras naturales recientes. Estas serían las correspondientes a las ceras procedentes de origen vegetal o animal. El otro gran apartado estaría formado por las ceras “fósiles” de origen mineral, procedentes de las estratificaciones o sedimentaciones geológicas.

##### 1. Ceras de origen vegetal

Entre las principales ceras vegetales destacamos las siguientes: Cera Carnauba, cera de palma, Cera Carnauba flor Candelilla, Cera de Japón, Cera Ouricuci, Cera de caña de azúcar o Cera de cacao, entre otras.

##### 2. Ceras de origen animal

La cera natural de origen animal más conocida es la cera virgen de abejas. Esta cera la podemos encontrar también blanqueada y en distintas formas comerciales. Otro grupo correspondiente a los animales es el caso de la cera de lanolina procedente de la lana de oveja.

La cera de abejas es la base principal de las ligas que se utilizan en la creación del modelo en escultura y en la fundición a la cera perdida. Según la doctora Martínez Rivera, en su tesis doctoral *La fundición ancestral colombiana: un tejido de procesos técnicos y artísticos en la orfebrería veraguense muisca*, diferentes teorías sobre el material céreo argumentan que:

Modelar la cera es modelar la fuerza vital que representa este pequeño animal, considerada “diosa de la transformación” (Crespo, 1997), o “miniatura halada solar” *busuapkuane*, así llamaba por los Muisca (Escribano, 2007), a la cual aún los Uwa se refieren como “hijas del sol”. (Martínez, 2014, p. 72)

##### 3. Ceras minerales

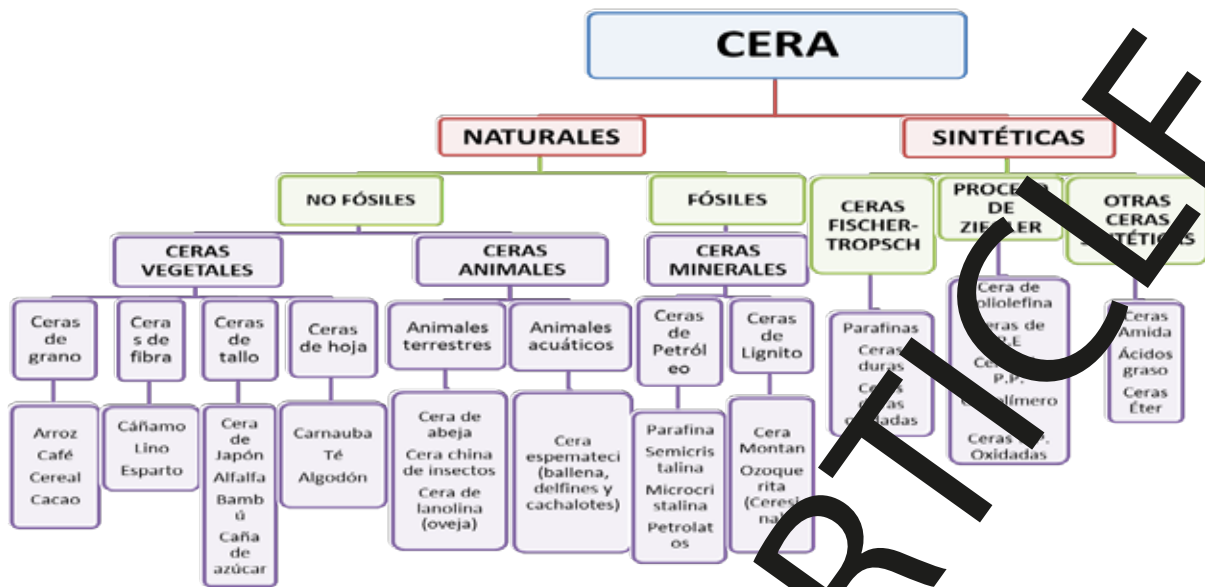
Las ceras minerales son de origen natural. También conocidas como “ceras fósiles”, estas se forman por medio de los movimientos geológicos producidos por el tiempo. Las ceras minerales son aquellas que se obtienen de la mezcla de petróleo con aceites refinados. Este tipo de ceras son las más empleadas para los modelos de fundición. Dentro de las ceras minerales existe una división en dos grupos: por un lado, las ceras derivadas del petróleo o ceras hidrocarbурadas; y, por otro, las ceras derivadas del carbón mineral. Las ceras derivadas del petróleo se clasifican a su vez en cera parafina, ceras microcristalinas y petrolatos, estas tres últimas variantes de ceras se forman directamente del petróleo sin la intervención humana. Las ceras que proceden de los minerales son Cera de Lignito, también conocida como cera Montan, Cera ozoquerita y Ceresina (Navarro, 2005, p. 88-90).

##### 4. Ceras sintéticas

Las mencionadas ceras sintéticas son elaboradas artificialmente por los humanos mediante productos químicos. El principal objetivo que tiene esta cera es la de reproducir las propiedades físico-químicas de las ceras naturales, ceras vegetales, animales, minerales derivadas del petróleo. Las ceras sintéticas se clasifican en tres grupos. Partiendo del criterio del método de elaboración, el primer grupo son las ceras generadas por el procedimiento de Fischer-Tropsch, sistema que inicia con el carbón, vapor y aire para obtener el gas de síntesis (mismo sistema por el que se fabrican los carburantes). El segundo grupo son la que se generan mediante el proceso Ziegler o por degradación termomecánica de plástico de polipropileno. Y el tercer grupo están otras ceras sintéticas, formándose de ceras naturales modificadas por reacciones químicas. Las ceras sintéticas se caracterizan por tener una alta dureza, una amplia gama de puntos de fusión y porque aportan opacidad.

A modo de resumen, y para clarificar los diferentes tipos de cera y su clasificación, planteamos el siguiente esquema (Figura 1).

Figura 1. Clasificación de las ceras



Fuente(s): Elaboración propia.

#### 1.4. Otras propiedades de la cera

Una vez analizados y clasificados los diferentes tipos de ceras, nos centraremos en sus propiedades, ya que es necesario conocerlas antes de seleccionar una cera para trabajar en el ámbito escultórico. Como cierre a este apartado, mencionamos los materiales para realizar una buena cera para la construcción de moldes y reproducciones.

La cera es un material maleable y está catalogada como hidrófuga e insoluble al agua. Tiene un punto de fusión bajo que va desde los 40 ° a los 95°. Posee una baja viscosidad en estado líquido. Es un material combustible y ausente de residuos al arder sin dejar rastros de cenizas. La cera se considera como tenaz, interpretada como fuerza al tener un punto de equilibrio entre dureza y flexibilidad. Destacar también que, por su translucidez y carácter antropomórfico, presenta adhesividad, plasticidad y tenacidad.

Existen numerosas variantes de ceras, como bien se ha podido comprobar. Así también hay que mencionar las ceras que se comercializan para la realización de esculturas o joyería, en las cuales se distinguen sus propiedades por sus colores. En la fundición artística profesional existe una cera de color rojo que tiene unas cualidades más blandas y otra marrón que es más dura. En el ámbito de la joyería se comercializan tres colores básicos como son el azul, el verde y el rosa. La diferencia de estos colores marca la dureza de las distintas ceras.

En esta investigación planteamos la realización de una liga de cera específica para la elaboración de los moldes en cera y su correspondiente reproducción en cera. Los componentes que hemos empleado para la misma son tres elementos naturales: dos de ellos son ceras y uno es resina. Las ceras son de origen natural, una de procedencia animal y otra de origen mineral, el tercer componente es una resina. Dicha liga está realizada con cera virgen de abeja, cera de parafina y resina de colofonia. En el apartado de estudio de caso se especifica la forma de elaborar esta cera para construir moldes y reproducciones en escultura.

#### 2. Objetivos

Puesto que nuestra investigación aborda el estudio teórico de la evolución del moldeado del natural a través de la historia, junto con las propiedades, funciones y clasificación de la cera, por un lado, y por otro se inscribe en la práctica artística del molde de cera y reproducción, hemos formulado dos tipos de objetivos, unos generales que marcan la fundamentación teórica y otros más experimentales enfocados a estudios de caso.

##### Objetivos generales

a) Conocer los diferentes tipos de moldes usados en el vaciado del natural a través de la historia y sus características como método de verificación de los resultados de la tradición de la estatuaria en bronce.

b) Establecer los posibles usos de los distintos moldes en el ámbito de la fundición artística.

c) Analizar los diferentes tipos de ceras para adecuar sus propiedades físicas y químicas al proceso de construcción del molde perdido en cera.

##### Objetivos específicos

a) Copiar fielmente la identidad de materiales plásticos, objetos blandos como los cuerpos y formas vegetales y animales mediante el uso del molde perdido de cera.

b) Reproducir en cera los modelos inertes y del natural en vivo con el mayor realismo posible en volumen y textura.

c) Mantener y mejorar los resultados de las técnicas tradicionales del molde perdido en escayola, molde de gelatina, molde de alginato y molde de silicona con la intervención de modelos del natural en vivo e inertes aplicando el molde perdido en cera.

d) Optimizar los estados físicos de la cera en los procesos de creación del modelo para la obtención de resultados satisfactorios.

e) Simplificar los procesos de moldeado y vaciado con el uso de la cera en el ámbito de la fundición artística, y de la escultura reproducida en general.

f) Establecer las ventajas e inconvenientes del uso del molde perdido en cera en relación a los moldes convencionales.

En definitiva, esta investigación materializada a través de estudios de caso referenciados en la experiencia artística, pretende poner en valor el conocimiento de los diferentes usos de la cera en los procesos de moldeado y vaciado, hasta conseguir un análisis satisfactorio de la cera como material definitivo o material transitorio en el ámbito profesional e industria de la fundición en metal.

### 3. Metodología

Para abordar la investigación teórica de orden histórico, se ha llevado a cabo una metodología inductiva basada en el análisis de la información recogida en las fuentes primarias de la época, así como de publicaciones más recientes relacionadas con las técnicas artísticas y otras dentro del ámbito de la fundición.

En general este estudio del moldeado y vaciado del natural por la elaboración del modelo de fundición, se ha planteado para constatar el avance científico que se ha producido en un momento determinado acerca de un hito particular del procedimiento y las mejoras que se introdujeron, tal como se puede apreciar en los resultados de la obra fundida. Los contenidos de tratados antiguos de escultura se han contrastado cuando se han encontrado paralelismos temáticos en otras publicaciones, con el objeto de llegar a conclusiones definitivas.

Para profundizar en la temática de la investigación era necesario analizar los principales tipos de moldes usados en la historia de la escultura para conseguir modelos del natural, bien de cuerpos completos o de fragmentos como mascarillas del rostro, manos, pies, rodillas, brazos y piernas, torsos, etc. Este apartado nos permite ver las posibilidades de aplicación de cada uno de los moldes y sus ventajas e inconvenientes a la hora de reproducir el modelo en cera, características que se han tenido en cuenta para la comparación con el molde perdido de cera que proponemos. Del mismo modo hemos incluido en las propiedades físicas y químicas de la cera y sus aditivos, para establecer la viabilidad del uso de los distintos componentes que pueden formar parte de la liga óptima de cera, de modo que nos garantice la consecución de resultados satisfactorios en la aplicación del molde perdido de cera. Para ello hemos tenido que recurrir a la definición de la cera, tipo de origen y clasificación, que hemos concretado en una tabla con una ordenación propia.

La práctica artística, que representa el eje fundamental de la investigación, se ha desarrollado a partir del método empírico mediante la práctica artística de fundición que venimos desarrollando desde 1991, en la cual se han puesto en marcha muchas estrategias de ensayo y error, las cuales suponen la base de las conclusiones en las que ha derivado esta investigación. El conocimiento adquirido a través de la experiencia nos ha permitido optimizar los procedimientos para llegar al prototipo o modelo en cera por medio de la construcción de moldes en cera, lo que ha dado lugar por lo tanto a la marcha una nueva variante del molde perdido, que tradicionalmente había sido siempre de escayola.

El molde perdido de cera permite copiar con todo detalle la arcilla, la plastilina, alimentos frescos como la fruta, las hortalizas, etc., sin ninguna dificultad, aunque la propuesta que se ha realizado está orientada a la reproducción del cuerpo humano en vivo así como a los cuerpos inertes o vísceras de animales, por ser los mismos de mayor exigencia técnica en la búsqueda de resultados realistas en el mundo de la reproducción. En este caso, se ha potenciado el uso de la cera por aportar altísimos niveles de fidelidad y semejanza con los elementos a reproducir.

Una vez conocido el estudio y análisis de las cualidades y los comportamientos de la cera en los distintos estados de su naturaleza (sólido, líquido y viscoso), hemos procedido a realizar la práctica artística del molde, atendiendo a los parámetros de temperatura de la cera líquida y temperatura del agua como medio para solidificar, la preparación de los modelos del natural con sus respectivos aislantes y, finalmente, se ha elaborado el procedimiento de moldeado y vaciado en cera del natural.

Los casos prácticos que se han propuesto para su experimentación en esta investigación son los siguientes: 1) Molde en cera de la mano de una persona en vivo y su correspondiente reproducción en cera. 2) Molde en cera de una pierna de ternera y su correspondiente reproducción en cera. Para recuperar la turgencia de los cuerpos sin vida, como es el segundo estudio de caso, se ha llevado a cabo un paso previo de la cocción del músculo



cardiaco para conseguir mayor realismo en la copia de un corazón del natural. En ambos modelos se ha descrito la secuencia del proceso seguido en los estudios de caso.

En definitiva, a través de este proceso de trabajo se consigue una copia fiel, tanto de cuerpos vivos como inertes, mediante el empleo de la cera como material de confección de moldes y de reproducción.

## 4. Resultados

### Molde perdido de cera por inmersión

La propiedad termoplástica a bajas temperaturas de la cera hace que, cuando está en estado líquido, pueda volver a su estado sólido disminuyendo su temperatura con la introducción de objetos con una temperatura más fría que el contenido líquido. Si a esto sumamos que la cera posee una naturaleza altamente adhesiva a la inmensa mayoría de los materiales, cuando metemos un objeto o modelo en un recipiente con cera líquida, este se solidifica en torno al modelo de un modo más o menos rápido. Mediante este procedimiento se realiza el molde por inmersión.

Este molde se puede aplicar a la mayoría de objetos y materiales plásticos, siempre que tengamos la precaución de aislarlos previamente con la aplicación de una capa bien extendida de aceite de sésamo o petróleo. Sobre modelos de escayola bien saturados en agua o sobre modelados en arcilla funciona muy bien, pues el agua es el separador natural de la cera por ser hidrófuga, ya que la cera no es miscible en agua. Sobre modelos rígidos con exceso de texturas no es factible este tipo de molde, pues los numerosos "enganches" hace inviable esta práctica.

Un molde por inmersión requiere de un conocimiento suficiente del trabajo de la cera. En primer lugar, debemos utilizar una liga de cera adecuada, que mantenga la plasticidad y tenacidad en estado sólido. Esta composición es la misma que recomendaba David Raid en sus cursos de fundición de la cera perdida mediante el método de la cáscara cerámica. En dicho sistema se debe usar una cera con un grado medio entre dureza y resistencia, pues el modelo en cera y su árbol de colada debe soportar la manipulación continua en la elaboración del molde refractario, que se ejecuta por sucesivas capas con un tiempo de secado entre ellas, lo cual va incrementando considerablemente el peso del molde. Esta liga está compuesta por el 70% de cera virgen de abejas, 20% de parafina y 10% de colofonia, para una temperatura más o menos constante alrededor de los 20º grados. En función de la temperatura estacional la composición puede variar sensiblemente, pues a mayor temperatura menor porcentaje de cera virgen hay que aplicar.

La cera virgen es un material duro y quebradizo en frío, por lo cual hay que añadirle materias blandas como la parafina, que le transmiten a la cera una estructura equilibrada consistente, y, finalmente, se le añade la resina de colofonia, que es la que confiere la elasticidad y plasticidad a la liga.

Para la inmersión del modelo del natural humano en vivo o animal inerte la temperatura de la cera líquida debe ser la adecuada, pues si es muy elevada pueden ocurrir dos cosas. Por un lado, que el modelo se quemara la piel por exceso de calor y, por otro, que la capa de registro sea mínima. Con lo cual hay que tomar todas las precauciones posibles antes de realizar la operación de inmersión. El indicio que se toma como referencia de la temperatura adecuada para la manipulación con la cera líquida es el cerco de cera que se va solidificando a nivel de superficie en el cubo metálico. Esta señal nos informa que la liga está operativa para poderla colar en moldes, pincelar o hacer, como en nuestro caso, una inmersión. Así mismo hay que señalar que dicha temperatura, que oscila los 50º según indica Pascal Rosier, guarda relación con la calidad de la reproducción, pues si la cera está muy caliente su índice de reducción es mayor y, por tanto, puede provocar desajustes formales (Rosier, 1991, p. 50).

### 4.1. Molde por inmersión del natural de cera. Molde de una mano

Cuando utilizamos un modelo del natural, es decir, a una persona para hacerle un molde de una parte de su cuerpo, hay que explicarle con anterioridad el proceso que vamos a seguir. En este caso, se trata de moldear una mano que es un miembro bastante accesible, aunque siempre con la ayuda de un asistente especializado, para la realización de moldes de pequeño formato. Antes de comenzar la inmersión en cera es conveniente concienciar a la persona que sirve de modelo para que, en todo momento, esté tranquila durante el proceso de creación del molde, pues la cera caliente puede dañar la piel si se produjesen accidentes como salpicaduras o el hecho de mantener más tiempo del recomendado la mano en cera caliente. No es aconsejable que este tipo de molde lo haga la misma persona.

A partir de dicha advertencia, concretamos aquí los pasos a seguir:

1. La preparación de la mano consiste en realizar un rasurado cuando existe mucho vello para que este no se pegue al molde. En todo caso hay que aplicar un aislante a la mano mediante una capa extendida de abundante vaselina en crema. También se puede usar aceite de oliva o, incluso, petróleo que deja menos residuo.

2. Con la cera líquida en un recipiente a temperatura adecuada –prueba que habitualmente se hace introduciendo el dedo índice para determinar si se puede soportar su calor– y la mano embadurnada en aceite, se estudia la posición que va a adoptar la mano.

3. Se cubren varias veces el movimiento de inmersión que hay que hacer con la mano para meterla en el recipiente de cera y sacarla directamente hacia una pileta o contenedor con agua antes de realizar la operación.

Este ensayo es importante puesto que esta operación no se debe realizar ni muy lenta, porque corremos el riesgo de sufrir alguna quemadura o irritación en la piel, ni muy rápida, pues las salpicaduras de la cera caliente pueden hacer daño al asistente y dejar excesivo goteo en la parte inferior del molde cuando este se enfría.

4. La mano se introduce de una vez en la cera y se saca sin brusquedad, aunque con diligencia, puesto que se experimenta un calor excesivo, y se introduce rápidamente en agua. Esta primera inmersión es la que comporta mayor dolor para la persona si no se controla la temperatura de la cera (un modo de mitigar ese dolor es haber metido en agua previamente la mano, procurando escurrirla al máximo, porque si no puede haber imperfecciones en la capa de registro). Esta acción de inmersión en cera y enfriamiento en agua hay que realizarla en torno a cuatro o cinco veces para que el molde adquiera un espesor de tres a cuatro milímetros, el cual es suficiente para darle estabilidad y que nos permita la manipulación durante el vaciado posterior (Figura 2). En cada una de las capas hay que cortar los goterones con un cúter para que se mantenga el mismo espesor perimetralmente. Este hecho facilita las operaciones posteriores del molde.

Figura 2. Construcción del molde de cera por inmersión de una mano



Fuente(s): Archivo fotográfico del proyecto de investigación.

5. El desmolde de la mano se lleva a cabo con pericia, ayudándonos de un cuchillo con el filo romo que da unos pequeños cortes longitudinales al molde o "guante" buscando las líneas y perfiles más marcados, y actúa en los enganches que no permiten la liberación de la mano. Una vez cortado, se lleva a la pileta de agua y con la mano se comienza a mover los dedos, de modo que el agua haga la función de separador entre la cera y la mano. Finalmente, para extraer la mano, el asistente sujeta el molde mientras la persona tira de su mano y esta se libera del "guante" con facilidad (Figura 3).

Figura 3. Desmolde de la mano de un molde de cera



Fuente(s): Archivo fotográfico del proyecto de investigación.

Una vez que hemos sacado el molde corregimos las deformaciones que se hayan producido durante su manipulación y se sueldan las líneas de corte para su posterior vaciado en cera por colada.

Vaciado en cera del molde de una mano de cera

Tras la confección del molde de cera, planificamos las distintas fases del proceso de vaciado para que se pueda llevar a cabo con garantías de éxito.

1. Una vez soldado y seco el molde, se le aplica en su interior un vertido de aceite de oliva o petróleo y se deja escurrir bien para que no haya restos del producto que limiten el registro de la reproducción.

2. El siguiente paso representa el momento crítico del proceso. Consiste en verter una porción de cera líquida en el interior del molde, realizar un voltio rápido al mismo, retirar con celeridad el sobrante de cera (una pequeña parte de la misma se ha adherido a las paredes del molde y ha creado la primera capa de contacto) y, de inmediato, hay que introducirlo en agua para que se enfríe. De esta rápida operación va a depender en buena medida la calidad de registro de la reproducción.

3. Eliminar toda el agua sacudiendo el molde, o secándolo con papel si se tiene acceso al interior, para que la siguiente capa se adhiera firmemente a la primera. Esta operación hay que realizarla cuatro o cinco veces para conseguir un espesor de tres a cuatro milímetros en el modelo de fundición.

4. El molde, con su reproducción, se deja enfriar en agua en torno a unos diez minutos. Transcurrido ese plazo se comienza a eliminar el molde pechido como si estuviésemos despellejando a un animal, separando el molde con las manos y con ayuda de un cuchillo (Figura 4).

Figura 4. Obtención de la reproducción de la mano en cera



Fuente(s): Archivo fotográfico del proyecto de investigación.

Si el proceso se ha seguido correctamente no debe haber problema para desprender la reproducción del molde. No obstante, pueden aparecer pegados por exceso de calor o pueden salir más finos. Este inconveniente se puede remediar haciendo los vertidos en el molde desde distintos puntos.

#### 4.2. Molde por inmersión de natural de cera. Molde de un corazón de ternera

Para ejecutar esta práctica de molde sobre partes del cuerpo animal, en este caso el órgano del corazón, se debe tener en consideración varios pasos:

1. Para recuperar la turgencia del corazón procedemos a hervirlo en agua en torno a media hora. Esta preparación nos permite devolver la volumetría del elemento de modo similar a su función vital, facilitando el proceso y la manipulación.

2. Aplicar aislante de peñón, tanto por dentro como en el interior del corazón, para que la cera no se pegue a la carne, ya que uno de los objetivos era reproducir con todo detalle la estructura interna del corazón derecho e izquierdo.

3. Antes de la inmersión completa del corazón se coloca sobre una parrilla y se llenan manualmente las cavidades interiores para asegurarnos que durante la inmersión no se taponan y lo introducimos en agua para que enfríe.

4. Una vez frío, se realiza la inmersión completa del corazón en cera del mismo modo que el proceso del molde de la mano. En estos casos, hay que proveerse de un alambre grueso en forma de asa que nos facilita la actuación del proceso para marcarle cuantas capas sean necesarias (Figura 5).



**Figura 5.** Inmersión del corazón en cera líquida para la construcción del molde de cera



Fuente: Archivo fotográfico del proyecto de investigación.

5. El molde, con el corazón dentro, se deja enfriar en agua una media hora.
6. El desmolde del corazón se practica de manera similar al que se ha realizado con la mano, solo que, en este caso, no es preciso tener tanta precaución con los cortes, por lo que se pueden efectuar con un cúter. Siguiendo las direcciones de los paralelos terrestres se divide el molde externo en dos piezas. Del mismo modo, procedemos con el interior del músculo cardíaco cortando la carne hasta encontrar el vaciado o volúmenes, correspondientes a las arterias, aurículas y venas pulmonares (Figura 6).

Figura 6. Obtención del vaciado del interior del corazón

Fuente(s):



Archivo fotográfico del proyecto de investigación.

Vaciado en cera del molde de un corazón de cerda

Una vez confeccionado el molde de cera, planificamos nuevamente los pasos a seguir para la reproducción del corazón.

1. La reproducción del corazón se efectúa por separado en cada una de sus dos piezas, lo cual es mucho más sencillo porque tenemos acceso visual al interior y se puede controlar más fácilmente las fases de trabajo. Se procede de la misma manera que en el primer ejemplo de la mano. Se aíslan los moldes con petróleo, se vierte cera en el interior con la temperatura adecuada, se hace un rápido volteado retirando el sobrante y, a continuación, se introduce en agua. No hay que olvidar que se pueden aplicar tantas capas sean necesarias.

2. Una vez extraídas las reproducciones de los moldes se montan buscando la composición que deseamos. En este caso, se crea un modelo para fundición con el corazón abierto por las líneas de corte que nos permitía visualizar su interior.

Los prototipos en cera obtenidos por medio del molde en cera son empleados para realizar una fundición en un material definitivo como el metal. Este mismo molde puede ser utilizado también para piezas u objetos de la industria, como prototipo; tal ser un molde perdido único, puede ser empleado en piezas puntuales en el ámbito de la restauración, para recuperar elementos deteriorados o desaparecidos. En esta investigación, los resultados que finalmente son materializados en metal se han enfocado a nivel artístico, donde sus creadores han desarrollado su creatividad a un nivel superior y nos presentan obras únicas que reflejan su sentir y sus inquietudes artísticas a través del molde de cera de la mano (Figura 7) y el molde de cera de un corazón de ternera (Figura 8).

**Figura 7.** Propuesta artística de Alicia Busto Rodríguez de una mano fundida en bronce



Fuente(s): Archivo fotográfico del proyecto de investigación.

**Figura 8.** Propuesta artística de Jonás Carmona Pérez de un corazón fundido en bronce



Fuente(s): Archivo fotográfico del proyecto de investigación.

## 5. Discusión

Este proyecto se enmarca dentro de los trabajos que realiza el Grupo de Investigación de Técnicas Escultóricas del Bronce (HUM 497), del Departamento de Escultura e Historia de las Artes Plásticas de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad de Sevilla, en los que se apuesta por propuestas innovadoras que mejoren la realización del prototipado aplicado a la fundición artística con el propósito de economizar los procesos de creación, tanto materiales como humanos.

En relación a la investigación teórica realizada en torno al moldeado y vaciado del natural, hay que señalar que, aunque en muchos periodos históricos no hay referencias escritas muy precisas, ni restos de moldes mediante los cuales se pueda corroborar las distintas teorías, por lo pronto hay que ceñirse a los pocos tratados de escultura que existen, pues no se han encontrado publicaciones actuales en las que las nuevas tecnologías podían clarificar la deficiencia de material escrito.

En la práctica artística desarrollada en el estudio de caso, en la que se llevan a cabo los dos procesos de creación del molde perdido del natural de cera por inmersión, tanto de la mano de una persona como del corazón de un animal, su correspondiente procedimiento de vaciado en cera, analizamos las ventajas e inconvenientes que han surgido en la confección de los mismos en comparación con los moldes tradicionales: molde perdido de escayola, molde alginato y molde de silicona.



El molde perdido realizado en escayola presenta algunas similitudes con el molde perdido de cera, aunque señalamos una serie de diferencias muy significativas, aun cuando trabajamos con la venda de escayola. La primera de ellas es que el molde de escayola es rígido, se extrae con dificultad del modelo, a diferencia del molde de cera que es plástico y flexible que permite deformarlo para la obtención de la copia en cera sin esfuerzo alguno. Por otro lado, la escayola es un material pesado que requiere de un amplio espacio durante los procesos y su empleo conlleva muchos residuos y suciedad. Con el uso de la cera no existen estos inconvenientes, siendo además un material que es reciclable y no genera residuos. Por último, decir que la calidad en la reproducción es mucho más fiel en el molde de cera, motivo suficiente para adoptar su aplicación.

En el caso del molde perdido de alginato comentar que, del mismo modo que tiene sus grandes virtudes, también presenta fuertes debilidades. En cuanto a las ventajas destacar que es muy rápido de realizar, tiene una gran flexibilidad y posee la cualidad de retorno a su estado original, presentando un "recuerdo de memoria" momentáneo cuando el material todavía está recién elaborado y, por tanto, presenta una capacidad de registro muy buena. En su contra señalar que una vez usado se endurece por la pérdida de agua, merma y se descompone al tocarlo con el paso del tiempo, por lo que en general es de un solo uso, siendo un molde desechable no recuperable, al igual que sucede con el típico molde perdido en escayola. Sin embargo, en la cera queda la costura y se debe corregir esa deformación y retocar la reproducción. El molde perdido de cera es estable a largo plazo si lo mantenemos bajo unas constantes de temperatura adecuadas y reutilizándolo para que una vez usado se vuelve a fundir para darle cualquier aplicación.

Otra desventaja del molde de alginato, es que su procedimiento de construcción da resultados muy voluminosos, y a la hora de reproducir la mayoría de las piezas se realizan con macizo. En este sentido, el manejo de este molde es mucho más complejo a la hora de realizar el volteo, ya que se está manipulando un gran volumen. Si lo comparamos con el molde de cera, en el caso de la mano puede pasar por la apariencia de un guante.

En el sector profesional de la fundición artística está, de modo generalizado, la realización de los prototipos de cera con el molde de silicona por ser el procedimiento más rentable y de mayor calidad en la reproducción. Ahora bien, si establecemos una comparación con el molde de cera, habría que afirmar que su manufactura es lenta y difícil, requiriendo una considerable mano de obra, lo que lo encarece bastante. Estos factores influyen de manera determinante a la hora de optar por uno u otro tipo de molde. En este sentido, el molde de cera se realiza de una forma más ágil y con cierta economía de medios.

La silicona normal no es apta para aplicar directamente sobre la piel, pero existe una variante tixotrópica corporal, que se puede emplear sobre la piel humana o sobre plastilinas usadas por parte de los especialistas del hiperrealismo, aunque también hay que decir que el precio es muy elevado. Siguiendo con su complejidad técnica, comentar que las siliconas en general no se mantienen por sí solas, sino que hay que realizarles una "caja madre", lo cual es bastante aparatoso cuando se realiza sobre el cuerpo humano. Sin embargo, el molde de cera no necesita de "caja madre" para mantenerse, ya que una vez que ha endurecido tiene la rigidez suficiente para mantener estable la forma.

En el lado de la reproducción, las condiciones en general pueden ser similares tanto en la copia del molde de silicona como en la copia del molde de cera. En ambos casos hay que retocar la línea de junta del molde, si bien en la cera puede salir más marcada. Como muestra para determinar la calidad, nosotros nos inclinamos por la fidelidad que se obtiene por medio de la cera. Tanto es así que, en algunos casos, la reproducción contiene parte del vello que arrancó al modelo en vivo durante el proceso del molde.

El molde perdido en cera que explica el artista y teórico Pascal Rosier nada tiene que ver en cuanto a su reproducción con el molde perdido de cera que nosotros proponemos. El autor recomienda cortar el molde hecho por inmersión en piezas, puesto que en su caso se trata de un modelo rígido de escayola, y luego recomponerlo para su vaciado, lo que implica que la copia obtenida en cera presenta muchas rebabas debido a las piezas soldadas del molde (Rosier, 1991, p. 56).

En nuestra investigación se ha dado un gran avance con la intervención de una forma viva como modelo, la mano humana, que, con su posibilidad de movimiento, hace que el molde se pueda obtener de una sola pieza. Tan solo es preciso practicar algunos pequeños cortes estratégicos. Con respecto a la reproducción, indicar también que la operación de extracción resulta muy fácil, puesto que el modelo en vivo participa activamente. En este sentido, con el molde del cuerpo en vivo tenemos una información extra porque la persona que sirve de modelo está experimentando sobre su cuerpo una serie de sensaciones, tales como la presión que ejerce la cera sobre la mano, la temperatura que percibe, etc. Respecto a este último parámetro, sí que es cierto que se puede sentir dolor en la primera inmersión, cosa que cuando se aplica sobre la piel el alginato o la silicona la sensación de contacto es más leve.

Una vez realizado el molde de cera, y previo a la reproducción, Rosier (1991) sugiere "enfriar el molde bajo el chorro de agua fría" (p. 57). Esta acción no es del todo conveniente porque si el molde está muy frío el registro del positivo en cera puede ser imperfecto, lo procedente es mantener el molde a temperatura ambiente, y si lo notamos frío, templarlo con un decapador de aire caliente. Lo que sí es muy importante es escurrirlo bien del

aislante y no deformarlo mientras se manipula, pues algunos errores en la copia se deben precisamente a la presión que se ejerce sobre el mismo durante el proceso de vaciado.

Las reproducciones que podemos realizar con un molde de cera se llevan a cabo mediante volteo, configurando la pieza de forma hueca. Este procedimiento aporta ligereza a la reproducción y la no utilización en exceso del material. A veces el molde, si no se ha deformado en exceso se puede volver a reutilizar. Y aquí entran en juego las posibilidades creativas del molde de cera, tales como modificar las formas del molde dándole otro movimiento (Rosier, 1991, p. 59). Nosotros además proponemos otras soluciones más innovadoras como la incrustación, durante la confección del molde, o a posteriori, de diferentes materiales y objetos diversos para que en la reproducción queden integrados plenamente como resultado estético.

Los prototipos en cera obtenidos por medio del molde perdido en cera son empleados para realizar una fundición en un material definitivo como es el bronce. Este mismo molde puede ser utilizado también para piezas u objetos de la industria como prototipos o ser empleado en piezas puntuales en el ámbito de la restauración para recuperar elementos deteriorados o desaparecidos. En estos casos sería recomendable reforzar externamente la cera con fibra de vidrio para facilitar el arranque del modelo. También sería susceptible de aplicarse fibra de vidrio con poliéster del mismo modo que se realiza con la silicona, obteniendo moldes compactos integrados con la “caja madre”, los cuales permiten buena maniobra de extracción puesto que el poliéster es bastante flexible.

En esta investigación los resultados se han materializado en bronce con altos niveles de calidad artística. En este sentido, la creatividad del artista contemporáneo está al servicio de esta nueva experimentación consiguiendo obras únicas con una fuerte carga expresiva de ideas, simbolismo y sentimientos, tal como se puede apreciar a través de la obra final del molde de cera de la mano (Figura 7) y el molde de cera de un corazón de ternera (Figura 8).

## 6. Conclusiones

En esta investigación se ha podido constatar que el artista siempre se ha servido de los procesos de moldeo y vaciado del natural como estudio previo a la obra definitiva, y que a partir de estos medios, luego ha tenido la capacidad de interpretarlos para llegar a resultados estéticos satisfactorios.

A medida que nos adentramos en el siglo XX, las propiedades flexibles y elásticas de los materiales de moldeo permitieron más y mejores copias del natural, hasta llegar en el momento actual en el que una serie de artistas legitiman su obra básicamente por medio del molde y la reproducción del natural.

Las propiedades físicas que posee la cera, de pasar del estado sólido al líquido de forma inmediata, han sido determinantes para llegar al molde perdido en cera. Al ser una materia termoplástica de baja temperatura se licúa muy fácilmente con calor; así mismo por ser hidrófuga y no miscible en agua se enfría también con celeridad y sin deformación, lo cual la dota de un alto grado de reversibilidad, que ha permitido abrir un nuevo enfoque de moldeado y reproducción consiguiendo resultados de calidad de modo rápido y económico.

Con esta nueva propuesta de trabajo se alcanzan una serie de ventajas en relación al molde perdido tradicional en la calidad de reproducción, en la economía de medios, tanto humanos como materiales, durante el proceso de la creación escultórica orientada a la fundición a la cera perdida.

Como conclusión final diremos que se puede demostrar que la cera es un material versátil, y que no solo se puede utilizar para la materialización y reproducción de la obra escultórica, sino que también es adecuado para la construcción de moldes en cera con resultados de registro de mayor calidad si cabe que los obtenidos con moldes de silicona. Esta experimentación abre un nuevo campo dentro del ámbito escultórico en relación con los moldes, puesto que, hasta ahora solo se conocían moldes rígidos fabricados con yeso o escayola, o moldes flexibles realizados mediante polímeros, lo que supone en la práctica un nuevo método en la clasificación de los moldes debido al aprovechamiento que se ha hecho de las características estables y plásticas a la vez de la cera a temperatura ambiente.

## 7. Agradecimientos

Este proyecto de investigación ha sido posible gracias al equipo humano y técnico del Grupo de Investigación de Técnicas Escultóricas del Bronce (HUM 491), del Departamento de Escultura e Historia de las Artes Plásticas de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad de Sevilla. Así mismo, remarcar la colaboración del personal docente investigador de la Universidad de Zaragoza en este proyecto de investigación, que se enmarca dentro de la Beca de Recualificación del Profesorado Universitario Español 2021/2023, del Ministerio de Universidades, financiado por la Unión Europea-NextGenerationEU.

## Referencias

- Benjamin, W. (1989). *Discursos interrumpidos*. En *La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica*. Taurus.
- Cellini, B. (1989). *Tratado de orfebrería, escultura, dibujo y arquitectura*. Akal.
- Didi-Huberman, G. (1999). Carne de cera, círculos viciosos. En VV.AA. (1999), *Encyclopaedia Anatomica*. Taschen.
- Hiscox, G. D. y Hopkins, A. A. (1994). *Recetario industrial*. Gustavo Gili.
- Maltese, C. (1990). *Las técnicas artísticas*. Ediciones Cátedra.
- Martínez Gómez de Albacete, J. F. (2015). *Posibilidades técnico-plásticas del modelado y el vaciado artístico. Diferentes soluciones y recursos de la reproducción tridimensional*. [Tesis Doctoral] Universidad Miguel Hernández. <http://dspace.umh.es/handle/11000/1870>
- Martínez Rivera, V. G. (2014). *La fundición ancestral colombiana: un tejido de procesos técnicos y artísticos en la orfebrería votiva muisca*. [Tesis Doctoral] Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/handle/11441/84082>
- Midgley, B. (1993). *Guía completa de escultura, modelado y cerámica. Técnicas y materiales*. Tarsen Hermann Blume ediciones.
- Navarro Lizandra, J. L. (2005). *Materiales y técnicas para dar forma a las ideas*. Publicacions de la Universitat Jaume I. <https://cutt.ly/UZxlrzy>
- Plinio. (1988). *Textos de Historia del Arte*. Edición de Esperanza Torrego. Visor.
- Rosier, P. (1991). *Le moulage*. Dessain et toira.
- Rosset, C. (1993). *Lo real y su doble. Ensayo sobre la ilusión*. Tusquets editor.
- Sauras, J. (2003). *La escultura y el oficio de escultor*. Ediciones del Serbal.
- Vasari, G. (2005). *Las vidas de los más excelentes arquitectos, pintores y escultores italianos desde Cimabue a nuestros tiempos*. Cátedra.

RETRACTED ARTICLE