

## Pastas de relleno para reintegración volumétrica de esculturas en cera. Primeros resultados experimentales

Nerea del Moral y Alicia Sánchez Ortiz

**Resumen:** La conservación de esculturas en cera supone un gran reto para el restaurador al tratarse de un material que presenta diversas dificultades derivadas tanto de sus propiedades físicas como de sus procesos de envejecimiento natural. Con el tiempo, los propios materiales adicionados a la cera para la preparación de las pastas de modelar sufren transformaciones químicas que ocasionan un aumento de la fragilidad en este tipo de objetos. Este hecho unido a la acción de agentes de degradación externos, sobre todo cambios bruscos de temperatura en el ambiente expositivo, puede conllevar la formación de micro-fisuras y grietas, y en grado extremo la existencia de fracturas y pérdidas del material, haciendo necesario efectuar tratamientos de reintegración en las zonas dañadas.

Este trabajo muestra los primeros resultados obtenidos tras someter a estudio ciertas características físicas de la cera, a fin de desarrollar un método científico de intervención en lagunas. Se ha partido de ocho posibles pastas de relleno para analizar sus intervalos de fusión y su comportamiento tras ser sometidas a envejecimiento artificial, con el objetivo de encontrar una pasta idónea para la restauración de los modelos anatómicos en cera de la colección Javier Puerta de la Universidad Complutense de Madrid. Los resultados que se exponen podrían ser aplicables a otras colecciones de ceroplástica y/o esculturas en cera.

**Palabras clave:** reintegración, ceroplástica, protocolo de investigación, pasta cerosa, envejecimiento artificial, intervalo de fusión.

### Filler dough for volumetric reintegration of wax sculptures. First experimental result.

**Abstract:** The preservation of wax sculpture is a great challenge for the conservator because it's a material that has serious difficulties arising from both its physical properties and its processes of natural aging. After the passage of time, materials added to the wax to prepare modelling pastes undergo chemical alterations that makes these objects more fragile. This, combined with external degradation agents, specially severe temperature changes, at the exposition environment, can encourage the appearance of micro-fissures and cracks, and in severe cases fractures or material loss, making necessary the reintegration of the damaged areas.

This paper presents our first experimental work to begging to develop a scientific methodology for the intervention of gaps in wax objects taken into account the physical characteristics of the material. We have selected eight different grouts pastes analyzing their stability and response to artificial aging and specific melting ranges, with the aim of finding a suitable paste for the restoration of the anatomical wax models of the Javier Puerta Collection of the Complutense University of Madrid. The results set forth may be applicable to other collections of ceroplastics and/or artifacts in wax.

**Key words:** reintegration, ceroplastics, research protocol, wax paste, accelerated aging, melting range.

### Massas de preenchimento para reintegração volumétrica de esculturas em cera. Primeiros resultados experimentais.

**Resumo:** A conservação de esculturas em cera representa um grande desafio para o conservador-restaurador, ao tratar-se de um material que apresenta diversas dificuldades derivadas, tanto das suas propriedades como dos seus processos de envelhecimento natural. Com o passar do tempo, os próprios materiais adicionados à cera para a preparação das pastas de modelar, sofrem transformações químicas que causam um aumento da fragilidade neste tipo de objectos. Este facto, em conjunto com a acção dos agentes de degradação externos, sobretudo alterações bruscas de temperatura no ambiente expositivo, pode propiciar a formação de micro fissuras e

de gretas e, em caso extremo, o aparecimento de fracturas e perdas de material, sendo necessário realizar tratamentos de reintegração nas áreas danificadas.

Este trabalho mostra os primeiros resultados obtidos depois de submeter a estudo determinadas características físicas da cera, com o objectivo de desenvolver um método científico de intervenção em lacunas. Partiu-se de oito possíveis pastas de preenchimento para analisar os seus intervalos de fusão e o seu comportamento, após serem submetidas a envelhecimento artificial, com o objectivo de encontrar uma pasta idónea para o restauro dos modelos anatómicos em cera da colecção Javier Puerta da Universidade Complutense de Madrid. Os resultados que se apresentam poderão ser aplicados a outras coleções cero-plásticas e/ou a artefactos de cera.

**Palavras-chave:** reintegração, cero-plástica, protocolo de investigação, pasta cerosa, envelhecimento artificial, intervalo de fusão.

## Introducción

Dentro de la investigación sobre la ceroplástica ocupa un lugar destacado el conocimiento de las técnicas de elaboración de modelos anatómicos por los diferentes talleres europeos. A la escasez de documentos de época conservados al respecto, se suma el secretismo con el que trabajaron los artífices sus creaciones en estrecha colaboración con los anatomistas más prestigiosos del

momento. Existen, a pesar de ello, escuetas descripciones en recetarios de época que permiten disponer de información sobre el tipo de ceras, resinas naturales, grasas animales, pigmentos y otros aditivos que se incorporaban a las pastas, así como breves anotaciones sobre las técnicas de manufactura ajustadas a los requerimientos del modelo a reproducir<sup>1</sup>. Parece que el recelo con el que los “cero-escultores” del siglo XVIII y principios del XIX protegieron su saber-hacer, mantiene su vigencia en



**Figura 1.** En esta mano se observa una rotura en los dedos con pérdida de material lo que ha generado la aparición de una laguna volumétrica. Imagen de Luis Castelo. Modelo despellejado de tamaño natural de la colección del Museo de Anatomía Javier Puerta. UCM. Siglo XVIII.



**Figura 2.** Debido a los procesos de dilatación y contracción, este modelo anatómico Colección Museo de Anatomía “Javier Puerta”. UCM, muestra uno de los daños más frecuentes en esculturas de cera, concretamente fractura en una de las extremidades que compromete la correcta conservación de la pieza en esa zona debido a su propio peso. Imagen de Luis Castelo. Modelo despellejado de tamaño natural. Siglo XVIII.

el momento presente dentro del ámbito específico de la conservación de esta tipología de esculturas; apenas existen aclaraciones relativas a las pastas de relleno que se utilizan en tratamiento de lagunas y menos aún en lo referente a la metodología de aplicación<sup>2</sup>.

Los modelos en cera se comenzaron a elaborar en el siglo XVIII en gabinetes de anatomía vinculados a las cátedras de diversas universidades europeas y su finalidad era claramente docente. Con anterioridad a ellos había sido habitual recurrir al estudio del cuerpo humano a través de figurillas de pequeño tamaño talladas en marfil o hueso, órganos y cuerpos disecados por el método de la inyección de cera e ilustraciones de gran calidad. El estudio de la anatomía humana directamente sobre el cadáver estaba muy controlado tanto por la autoridad civil como por la religiosa. Ello unido a la escasez de cuerpos y a la falta de medios para su conservación llevó a que, a finales de la mitad del siglo XV, se incorporasen a los textos contenidos en los tratados médicos dibujos y grabados realizados por artistas que gozaban de gran reconocimiento en la época. Se trataba de una colaboración que durante siglos escultores y pintores realizaron conjuntamente y trabajando junto a los anatomistas dadas sus habilidades

para plasmar por medio de diferentes técnicas el interior del cuerpo humano. Pero las ilustraciones anatómicas tenían limitaciones derivadas del soporte utilizado y pronto se buscaron alternativas tridimensionales. Tras probar primero con materiales como el marfil o la madera para elaborar los maniqués se optó finalmente por la cera dada su gran capacidad de imitar con una increíble verosimilitud la calidad de la piel y tejidos humanos. Concretamente en Madrid se crea, a finales del siglo XVIII, el Real Colegio de San Carlos. Tras dos siglos de historia y vicisitudes parte de la colección elaborada se salvaguarda hoy en el Museo de Anatomía *Javier Puerta* de la Facultad de Medicina de la UCM.

La cera de abejas es el constituyente principal de los modelos de esta colección, junto a una serie de aditivos que se incorporaban en diferentes cantidades a la masa inicial para hacer que la pasta se adecuase a las necesidades técnicas perseguidas por el escultor durante el proceso de ejecución de cada obra. Mecánicamente las propiedades de las pastas de cera han sufrido cambios debido a las dilataciones, reblandecimientos, migración del material y contracciones surgidas tanto por las reacciones químicas de los elementos integrantes como por

la respuesta de éstos a las fluctuaciones bruscas del ambiente circundante, tornándose en el momento presente frágiles y quebradizas [Figura 1]. La presencia de plastificantes y endurecedores en su composición genera que la cera vaya cristalizándose. Al debilitarse el material constitutivo, cualquier desplazamiento o pequeño golpe en las piezas hace que quiebren, generándose roturas que normalmente conllevan una pérdida de material [Figura 2]. De ahí la necesidad de llevar a cabo un estudio sobre las pastas cerosas para reintegrar estas lagunas volumétricas. Estos modelos merecen toda nuestra atención por su singularidad técnica, su valor histórico dentro del campo de la anatomía y las calidades estéticas propias de cada figura, lo que las eleva a auténticas obras de arte a salvaguardar dentro del Patrimonio Cultural.

### Objetivo

A partir de una pormenorizada investigación teórica sobre el tema (consultar nota 2), se han establecido unas premisas que han permitido dar paso a una experimentación enfocada a la obtención de un protocolo específico de actuación en reintegración tridimensional de ceras. A continuación se detallan los primeros experimentos que se han llevado a cabo en los inicios de la búsqueda de una pasta de relleno adecuada para los modelos de la colección de Ceroplástica del Museo de Anatomía *Javier Puerta*. Este trabajo será objeto de una segunda parte donde se mostrará la reintegración en maquetas con las pastas seleccionadas en esta primera investigación, con motivo de analizar experimentalmente su estabilidad, compatibilidad y “re-tratabilidad” frente a la pasta original de estos modelos anatómicos. Destacar que cada colección y pieza ceroplástica es particular en cuanto a pasta cerosa, materiales de composición, técnica de elaboración y proceso de envejecimiento, por lo que merece el estudio que se plantea a escala individual.

### Preliminares

Como primer paso dentro del protocolo de reintegración volumétrica, se ha procedido a establecer temperaturas de *seguridad de trabajo* midiendo el intervalo de fusión de la pasta origen del modelo a restaurar para poder seleccionar materiales de relleno que no dañen la pieza. En el caso concreto de estudio que se ha seleccionado, se tomó una muestra de cera de una zona que no suponía un daño para el original. La muestra no debe pesar menos de 1 gramo (g) aproximadamente, para que la medida sea significativa. Se extrajo un fragmento de una rotura de un modelo anatómico que muestra la colocación de las manos en el momento del parto porque éste presentaba numerosas grietas y trozos desprendidos imposibles de adherir.

Se seccionó a bisturí con el fin de desmenuzarla para facilitar su proceso de fusión y se introdujo en una pe-

queña probeta de punta de plástico transparente, con objeto de que la cera fundiera en su interior controlando visualmente el proceso. Se dispuso en una estufa de baño maría *P. Selecta Univeba* con agua desionizada. La temperatura del baño se controló con un termómetro de mercurio introducido en el mismo. El intervalo de fusión se determinó tomando medidas con un *termómetro eléctrico de punta de platino*. Se revistió su cánula y se insertó en la muestra de cera en fusión manteniendo un contacto continuo. El multímetro utilizado realiza las medidas indirectas en valores de resistencia que es preciso transformar en términos de temperatura de fusión. Para medirla se ha utilizado el *método de las 4 puntas*, que permite averiguar exactamente la resistencia  $R_t$  del elemento sensor de platino sin que influya en la lectura la resistencia de los cables. Un *Pt-100* es un sensor de temperatura que consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene una resistencia de 100 ohmios ( $\Omega$ ) y al aumentar la temperatura, también lo hace su resistencia eléctrica. Para medir las variaciones de resistencia se utiliza una sonda Pt-100 (de precisión 0.01 °C) y un *multímetro Agilent 34401A* (de resolución 0.0001  $\Omega$ ). La equivalencia entre los valores de resistencia medidos y la temperatura en °C se determina utilizando la ecuación (I) para la sonda Pt-100:

$$\text{siendo,} \quad T = \frac{R_t - R_0}{\alpha R_0} \quad (I)$$

T: temperatura (°C)

$R_t$ : resistencia en  $\Omega$  a T °C

$R_0$ : resistencia en  $\Omega$  a 0 °C (100  $\Omega$ )

$\alpha$ : coeficiente de temperatura de la resistencia, cuyo valor entre 0 °C y 100 °C es de 0.003850  $\Omega/(1/\Omega) \times (1/^\circ\text{C})$

Durante las 2:30 h. que duró el experimento se tomaron un total de 153 medidas de las que se seleccionaron los 52 valores de resistencia más significativos acompañados de la temperatura que les corresponde según (I).

El resultado del experimento indicó que el intervalo de fusión de la pasta original de la pieza problema es de 57 °C - 85.5 °C, lo que significa que empieza a fundir a 57 °C y su fusión transcurre hasta que termina de licuarse por completo a 85.5 °C.

| Nombre                 | Cera de abejas natural                                                                                                                  |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Naturaleza             | Natural animal. Segregada por las glándulas ceruminosas de la <i>Apis mellifica</i>                                                     |
| Composición            | Ésteres de ácidos y alcoholes de largas cadenas, de 21-36 átomos de C, hidrocarburos saturados                                          |
| Color                  | Amarillo claro a marrón claro                                                                                                           |
| Propiedades            | Buena plasticidad, cuerpo sólido a T ambiente, frágil a baja T, se reblandece por debajo de los 31 °C                                   |
| Solubilidad            | Insoluble en agua. Un poco soluble en alcohol frío. Soluble en alcohol caliente, hidrocarburos aromáticos (tolueno, xileno) y saturados |
| Compatibilidad         | Se le pueden añadir cuerpos grasos y otras ceras (vegetales y minerales) formando interesantes pastas de relleno                        |
| Intervalo de fusión    | 62-64 °C (se reblandece a 30 °C)                                                                                                        |
| Tg                     | 31-33 °C                                                                                                                                |
| Índice de acidez       | 17-24 (aumenta con el envejecimiento)                                                                                                   |
| Empresa suministradora | CTS                                                                                                                                     |
| Forma del producto     | Pieza en bloque sólida                                                                                                                  |

| Nombre                 | Cera de carnauba                                                                |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Naturaleza             | Natural vegetal. La exudan las hojas de la palmera <i>Copernicia cerifera</i>   |
| Composición            | 80% ésteres de ácidos grasos, 10-15% alcoholes, 3-6% ácidos, 1-3% hidrocarburos |
| Color                  | Amarillo grisáceo                                                               |
| Propiedades            | Alta dureza, frágil. Es resistente a los cambios de temperatura. Brillante.     |
| Solubilidad            | En insoluble en disolventes a T ambiente, empieza a disolver a los 45 °C        |
| Compatibilidad         | Compatible con ceras animales, minerales y vegetales                            |
| Intervalo de fusión    | 84-91 °C                                                                        |
| Tg                     | 49-51 °C                                                                        |
| Índice de acidez       | 17-24 (aumenta con el envejecimiento)                                           |
| Empresa suministradora | CTS                                                                             |
| Forma del producto     | Pieza en bloque sólida                                                          |

| Nombre                 | Cera de candelilla                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Naturaleza             | Natural vegetal. Segregada por el arbusto <i>Euphorbia cerifera</i>                                                                                                                                                     |
| Composición            | Alrededor de 50 % de hidrocarburos saturados lineales de 31 átomos de C, cantidad baja de ésteres volátiles                                                                                                             |
| Color                  | Naranja                                                                                                                                                                                                                 |
| Propiedades            | Dura y quebradiza por contener grandes cantidades de resina. Resistente a los cambios de temperatura                                                                                                                    |
| Solubilidad            | Insoluble en agua, poco soluble en alcohol, soluble en acetona, benceno, disulfuro de carbono, éter de petróleo caliente, las esencias, los aceites, la trementina, el cloroformo caliente y el tetracloruro de carbono |
| Compatibilidad         | Compatible con las ceras animales, vegetales y minerales                                                                                                                                                                |
| Intervalo de fusión    | 66-71 °C                                                                                                                                                                                                                |
| Tg                     | 37-40 °C                                                                                                                                                                                                                |
| Índice de acidez       | 11-19 (ligeramente ácida)                                                                                                                                                                                               |
| Empresa suministradora | CTS                                                                                                                                                                                                                     |
| Forma del producto     | Escamas                                                                                                                                                                                                                 |

| Nombre                 | Parafina                                                                                   |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Naturaleza             | Natural. Extraída por destilación fraccionada del petróleo                                 |
| Composición            | Hidrocarburos saturados lineales de 20-30 átomos de C                                      |
| Color                  | Blanco, aspecto translúcido                                                                |
| Propiedades            | Macrocrystalina, dura, frágil, rígida, de fusión neta, no adhesiva y poco viscosa, inodora |
| Solubilidad            | Soluble en disolventes apolares como los hidrocarburos aromáticos y alifáticos             |
| Compatibilidad         | Compatible con las ceras animales, vegetales y minerales                                   |
| Intervalo de fusión    | 56-58 °C                                                                                   |
| Tg                     | 34-40 °C                                                                                   |
| Índice de acidez       | 0 (neutra)                                                                                 |
| Empresa suministradora | CTS                                                                                        |
| Forma del producto     | Pieza en bloque sólido                                                                     |

| Nombre                 | Ceras microcristalinas tipo Cosmolloid 80®                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Naturaleza             | Natural. Extraída por destilación fraccionada del petróleo                                                                                                                                                                                                                   |
| Composición            | Hidrocarburos saturados de cadena lineal e hidrocarburos saturados ramificados y cíclicos, de 41-50 átomos de C                                                                                                                                                              |
| Color                  | Blanco                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Propiedades            | Blanda, plástica, flexible, adhesiva, viscosa, tenaz. Más dura y resistente a las variaciones climáticas que otras ceras naturales                                                                                                                                           |
| Solubilidad            | Insoluble en agua, poco soluble en alcohol, soluble en acetona, benceno, disulfuro de carbono, éter de petróleo caliente, las esencias, los aceites, la trementina, el cloroformo caliente y el tetracloruro de carbono; en general en hidrocarburos alifáticos y aromáticos |
| Compatibilidad         | Compatible con las ceras animales, vegetales y minerales                                                                                                                                                                                                                     |
| Intervalo de fusión    | 75-86 °C                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Tg                     | 56-59 °C                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Índice de acidez       | 0 (neutra)                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Empresa suministradora | CTS                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Forma del producto     | Perlas                                                                                                                                                                                                                                                                       |

| Nombre              | Polietilenglicol (PEG)                                                                |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Naturaleza          | Polímero sintético                                                                    |
| Composición         | Mezcla de hidrocarburos saturados e insaturados de 20-56 átomos de C o más            |
| Color               | Blanco                                                                                |
| Propiedades         | Puede presentarse líquido o más sólido a T ambiente (se le suele añadir alguna carga) |
| Solubilidad         | Soluble en agua                                                                       |
| Compatibilidad      | Compatible con ceras animales, minerales y vegetales                                  |
| Intervalo de fusión | 110 °C                                                                                |
| Tg                  | -110 °C                                                                               |
| Índice de acidez    | 0 (neutra) no interacciona con otros materiales como el metal                         |

**Tabla 1.** Principales propiedades de las ceras que se utilizan en el experimento.

Establecer este dato es fundamental para poder investigar el tipo de pasta de reintegración que se vaya a utilizar en el tratamiento estético consistente en el relleno de la laguna, dado que si el intervalo de fusión de dicha mezcla supera al de la cera original existe una incompatibilidad entre los materiales, puesto que al fundir la pasta se estaría ocasionando un daño irreversible.

## Experimento

### 1.- Materiales:

De acuerdo con las propiedades de las principales ceras que existen en el comercio (cera de abejas natural, cera de carnauba, cera de candelilla, parafina, ceras microcristalinas tipo Cosmolloid 80°, ozoquerita y polietilenglicol (PEG) -las que se utilizan aparecen recogida en la tabla [Tabla 1]-, se comenzaron a establecer las bases de una metodología de actuación.

### 2.- Consideraciones:

Como punto de partida inicial y tras la consulta de fuentes documentales se tienen en cuenta los siguientes aspectos ya señalados por otros investigadores:

- 1.- La proporción de mezcla de dos componentes debe ser exclusivamente 2/3 de cera de abejas y 1/3 de otra cera (Besnainou, 1984: 56; Cordua et al, 2009).
- 2.- Todas las ceras son compatibles entre sí y sus mezclas son de gran reversibilidad (Besnainou, 1984: 56).
- 3.- No se aconseja reintegrar con mezclas de cera-resina, (por ejemplo las ya estudiadas de cera de abejas con colofonia o resina dammar). Las ceras carnauba y candelilla se decoloran adicionando parafina o con carbón activo (Besnainou, 1984: 71). Se decide descartar tanto la cera de carnauba como la de candelilla, solas, debido a su fuerte coloración.
- 4.- Al mezclar cera de abejas con una resina acrílica se produce una incompatibilidad que da como resultado una irreversibilidad, porque ambos elementos tienen un punto de fusión tan dispar que no es posible fundirlos conjuntamente (Besnainou, 1984: 56, 57).
- 5.- La cera de abejas pura o blanqueada, empleada sola, no muestra una buena estabilidad (Pradier, 2011: 112). A partir de los 40 °C se observa una modificación física, comienzan a ablandarse y se deforman. Esto es debido a que sus temperaturas de transición vítrea y de fusión son relativamente bajas.
- 6.- Se elimina la ozoquerita y también el polietilenglicol, dado que ambos endurecen y se vuelven quebradizos con el envejecimiento (Pradier, 2011:112).

7.- Se aconsejan como materiales de relleno la cera Cosmolloid 80°, la parafina 60-62, la mezclas 2/3 de Cosmolloid 80° + 1/3 parafina 50-52, la mezcla ½ Cosmolloid 80° + ½ parafina 50-52 (Pradier, 2011: 112-117).

8.- En restauración arqueológica se viene utilizando para la reintegración volumétrica un compuesto de cera conocido como Integrante 76, con el que se reconstruyen las pérdidas de materia en piezas antiguas. Estos datos pueden servirnos como punto de partida para otra posible pasta a estudiar. Es un producto que utiliza como base la cera virgen de abejas, como aglutinantes la parafina y la resina de colofonia y por último, óxido de zinc y yeso muy fino como materiales de carga inerte (Navarro Lizandra, 2005: 94).

### 3.- Metodología:

1.- Preparación de las muestras: Cada muestra se preparó pesando la proporción adecuada de cada cera en balanza de precisión Denver Instrument SI-234 (Max. 230 g, d=0,1 mg) en gramos (g) Posteriormente cada cera por separado se introdujo en un vaso de precipitados de Pyrex (resistente al calor) con el fin de introducirla en una estufa Selecta Mod. 200 (intervalo de temperatura de calentamiento hasta 200 °C) para que funda por completo a su intervalo de temperatura de fusión específico. Una vez fundidas las ceras, se mezclaron convenientemente éstas y se vertieron en un soporte de silicona desmoldable apto para el calentamiento de la muestra. Se obtuvieron así las ocho muestras que se proponen [Tabla 2].

2.- Los intervalos de fusión de cada muestra de pasta cerosa se determinaron de una manera experimental idéntica a la descrita con anterioridad para la pasta de cera original. Los resultados obtenidos para cada caso se muestran en la tabla [Tabla 2] una vez realizados los cálculos correspondientes. Cada medida se repitió 3 veces.

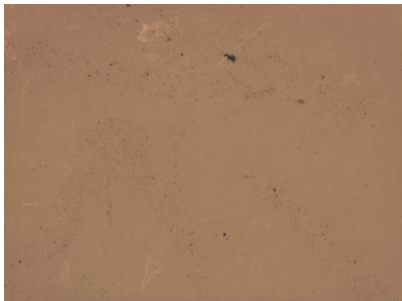
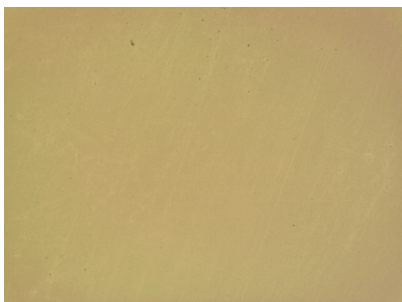
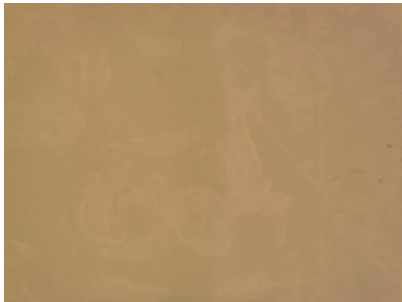
3.- Estudio experimental de envejecimiento artificial acelerado. Para continuar con la selección de pastas de relleno todas ellas fueron sometidas a una prueba de envejecimiento artificial.

Antes de comenzar el experimento se hicieron fotografías de la superficie expuesta de cada una de las 8 probetas, macroscópicas con cámara Reflex digital y microscópicas con una Lupa Binocular Leica MZ 12.5, 0.8X y 1.6X aumentos. El motivo es volver a fotografiarlas, bajo los mismos parámetros, al terminar la experimentación, para poder comparar los estados inicial y final de las mismas. Ello conducirá a determinar qué modificaciones sufren a niveles macroscópico y microscópico con el paso del tiempo.

Para ello las pastas de relleno se introdujeron en una cámara de radiación ultravioleta (UV). Concretamente se trata de una cámara de envejecimiento UV fabricada

|           | MATERIAL 1                     | PROPORCIÓN | MATERIAL 2     | PROPORCIÓN | INTERVALO DE FUSIÓN MEDIDO |
|-----------|--------------------------------|------------|----------------|------------|----------------------------|
| MUESTRA 1 | Parafina 56/58                 | 1          |                |            | 56-58 °C                   |
| MUESTRA 2 | Cosmolloid 80®                 | 1          |                |            | 52-82 °C                   |
| MUESTRA 3 | Cosmolloid 80®                 | 2/3        | Parafina 56/58 | 1/3        | 51,9 - 62,3 °C             |
| MUESTRA 4 | Cosmolloid 80®                 | 1/2        | Parafina 56/58 | 1/2        | 51,9 - 62,6 °C             |
| MUESTRA 5 | Cera de abejas virgen amarilla | 2/3        | Parafina 56/58 | 1/3        | 43,2 - 64,9 °C             |
| MUESTRA 6 | Cera de abejas virgen amarilla | 2/3        | Cosmolloid 80® | 1/3        | 62,1 - 69,5 °C             |
| MUESTRA 7 | Cera de abejas virgen amarilla | 2/3        | Candelilla     | 1/3        | 54,9 - 65,5 °C             |
| MUESTRA 8 | Cera de abejas virgen amarilla | 2/3        | Carnauba       | 1/3        | 63,1 - 69,9 °C             |

**Tabla 2.** Pastas cerosas de partida y resultados de la medida de su intervalo de fusión. Estos rangos de fusión se midieron del mismo modo que se hizo para la cera original con una sonda Pt-100.

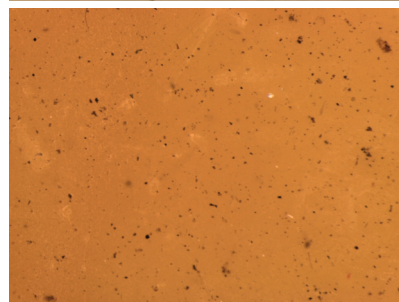
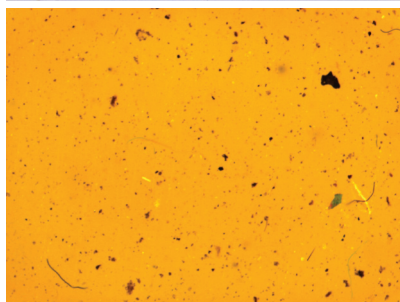
|                                                       | Aspecto superficie sin envejecer                                                    | Aspecto superficie tras 1104 h de envejecimiento acelerado                           | Valoración                                |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| MUESTRA 1<br>Parafina 56/58                           |  |  | No sufre cambios estructurales. Oscurece. |
| MUESTRA 2<br>Cosmolloid 80                            |  |  | No sufre cambios estructurales. Oscurece. |
| MUESTRA 3<br>2/3 Cosmolloid 80<br>+1/3 Parafina 56/58 |  |  | No sufre cambios estructurales. Oscurece. |

**MUESTRA 4**  
1/2 Cosmolloid 80  
+ 1/2 Parafina 56/58



No sufre cambios  
estructurales.  
Oscurece.

**MUESTRA 5**  
2/3 Cera abeja virgen  
+ 1/3 Parafina 56/58



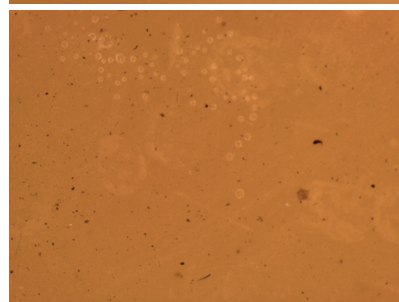
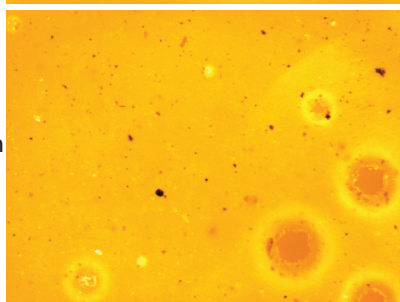
No sufre cambios  
estructurales.  
Oscurece.

**MUESTRA 6**  
2/3 Cera abeja virgen  
+ 1/3 Cosmolloid 80



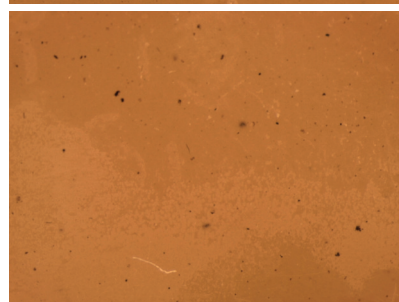
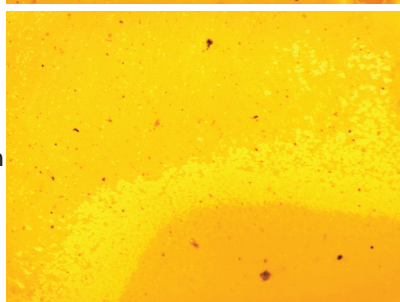
No sufre cambios  
estructurales.  
Oscurece.

**MUESTRA 7**  
2/3 Cera abeja virgen  
+ 1/3 Candelilla



No sufre cambios  
estructurales.  
Oscurece.

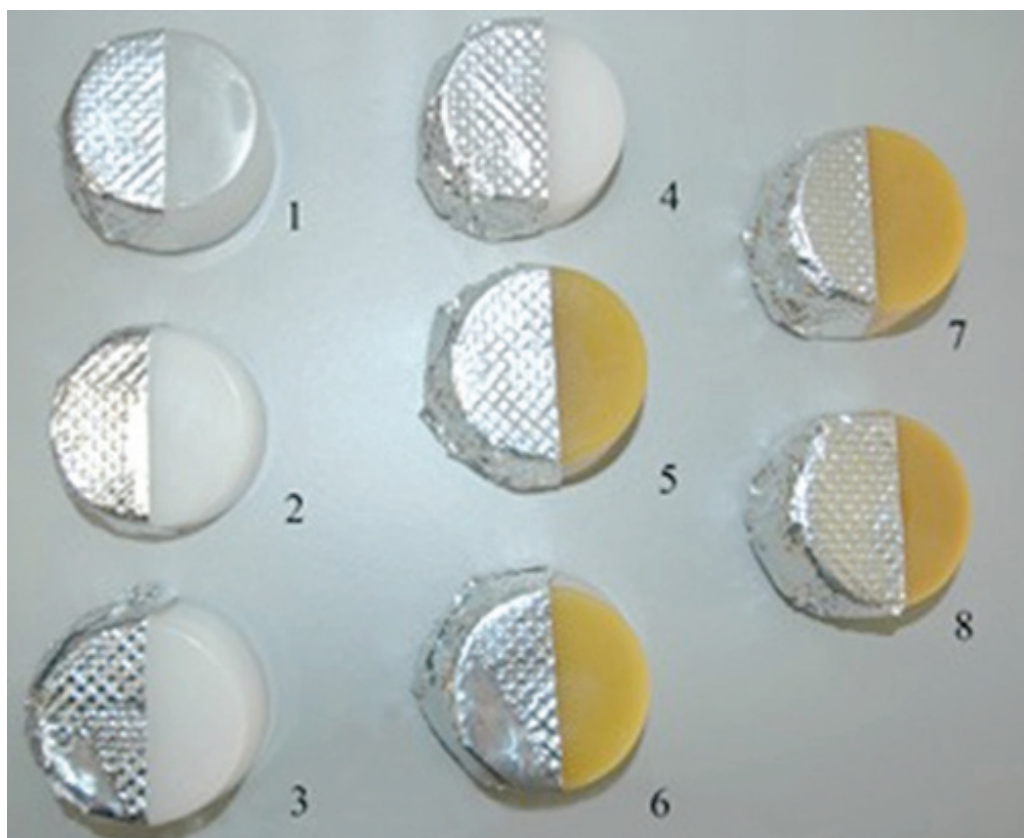
**MUESTRA 8**  
2/3 Cera abeja virgen  
+ 1/3 Carnauba



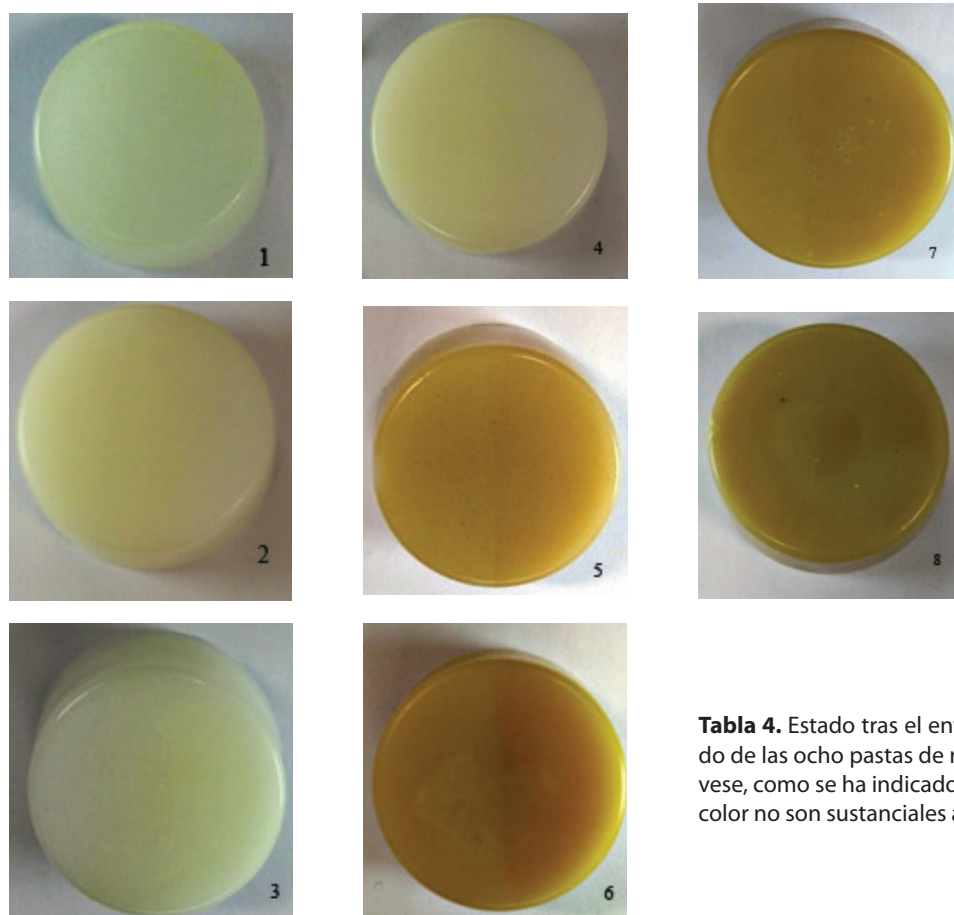
No sufre cambios  
estructurales.  
Oscurece.

**Tabla 3.** Observaciones realizadas con lupa binocular Leica MZ 12.5, b 1,6x: se presenta una comparación de los cambios experimentados por cada muestra.

**NOTA:** Los posibles dibujos en superficie son irrelevantes porque se deben al proceso de secado; lo interesante es el cambio superficial de color.



**Figura 3.** Conjunto de las ocho posibles pastas de reintegración preparadas para su introducción en la cámara de envejecimiento UV.



**Tabla 4.** Estado tras el envejecimiento realizado de las ocho pastas de reintegración. Obsérvese, como se ha indicado, que los cambios de color no son sustanciales a nivel macroscópico

bajo la norma UNE 53-104-86. Presenta un carrusel de 4 tubos fluorescentes Ultraviolet-B TL 40W/12RS (Philips) con una distribución espectral de energía dentro del intervalo 260-390 nm, el máximo de emisión es de 0,80 W a 317 nm, con una radiación incidente sobre la muestra de 0,081 W/m<sup>2</sup> medida a 340 nm a una distancia de 10 cm. La humedad relativa (HR), constante en esta cámara, es un factor de degradación que no interesa porque las ceras y sus mezclas se muestran estables ante este agente externo (son materiales hidrófobos). Las condiciones de envejecimiento son: exposición constante a radiación UV y temperatura constante de 30 °C - 35 °C. Todas las muestras fueron sometidas a ciclos de 140 h., fotografiadas y evaluadas a las 480 h. de envejecimiento y a las 1.104 h., considerado éste como el punto final del experimento.

A nivel microscópico lo más concluyente es que ninguna de las muestras sufre cambios físico/estructurales, sino sólo a nivel de color en superficie [Tabla 3]. Todas oscurecen pero hay cambios de tono que, a nivel macroscópico, son menos significativos [Tabla 4]. Todas las pastas han resultado ser materiales muy estables al envejecimiento en cuanto a su comportamiento mecánico.

A nivel macroscópico, para poder observar la variación que sufrían las maquetas al introducirlas en la cámara, una de sus mitades, en concreto la parte izquierda, se cubrió con un material resistente al calor [Fig. 3], aunque tras el experimento resultó algo penetrado por la radiación UV. No se observaron reblandecimientos ni cambios estructurales de superficie en ninguno de los ensayos, si bien se considera conveniente en el futuro llevar a cabo análisis químicos que permitan concretar estos resultados iniciales.

## Resultados y discusión

A continuación se exponen los principales resultados alcanzados en el transcurso de esta investigación:

**MUESTRA 1:** se produce una considerable contracción y merma de la pasta cerosa al solidificarse. En estado sólido la pasta resulta maleable con las manos a temperatura ambiente.

**MUESTRA 6:** apenas se percibe retracción en la mezcla al endurecer.

**MUESTRA 8:** se produce una mínima contracción de la pasta cerosa al solidificar.

**MUESTRAS 2, 3, 4, 5 y 7:** a nivel macroscópico no se observó contracción aparente alguna.

Se considera necesario realizar un experimento de dilatación térmica que permita examinar con más precisión, a nivel macro y microscópico, las alteraciones resultantes de la retracción de cada pasta cerosa a fin de determinar si podrían ser utilizadas como material de relleno

para tratamiento de lagunas volumétricas en objetos de cera.

Dado que la pasta de cera original tiene un intervalo de fusión de 57 °C – 85,5 °C y se busca una pasta de relleno que tenga un intervalo de fusión inferior, de acuerdo con los resultados obtenidos en las medidas, se propone descartar la MUESTRA 2 (Cosmolloid 80®) dado que presenta un intervalo de fusión muy similar: 52 °C - 82 °C, terminando de fundir a una temperatura excesivamente alta que haría peligrar la cera original; también se desaconseja la MUESTRA 2 (2/3 cera de abejas virgen + 1/3 carnauba) puesto que su intervalo de fusión: 63,1 °C – 69,9 °C excede a la temperatura a la que comienza a fundir (57 °C) la cera original, con lo que podría provocar su fusión evitando la reversibilidad y dañando el modelo.

Una vez observado el proceso de enfriamiento y consiguiente solidificación de cada pasta estudiada, se considera conveniente analizar más en profundidad la MUESTRA 1 por la retracción superficial que sufre, dado que esto provocaría una merma en sentido vertical. Este problema podría solventarse aplicando el material por capas con una espátula térmica, comenzando a una temperatura X adecuada y bajándola paulatinamente conforme nos aproximemos a la zona superior de la laguna. No se aprecia la misma tendencia a mermar en ninguna otra dirección, de lo que se deduce que tiende a contraer al entrar en contacto con el aire.

No se considera adecuada la MUESTRA 2 dado que sufre un amarilleamiento considerable con el paso del tiempo. Por su parte, las pastas 7 y 8 resultan ya inicialmente oscuras frente a la cera original, a pesar de no amarillear apenas. Tras el experimento de envejecimiento acelerado, se descartan la MUESTRA 6 y la MUESTRA 3, porque se observa un cambio de color excesivo.

## Conclusiones

Los actuales criterios deontológicos de la profesión establecen como pauta a tener en cuenta en el tratamiento de lagunas, la conveniencia de seleccionar un material de relleno que se diferencie del original para hacer discernible la parte añadida. A fin de garantizar la compatibilidad y la estabilidad, se considera adecuado incorporar a la pasta de relleno alguno de los componentes originales. Los análisis químicos efectuados en los modelos anatómicos de la colección sometida a estudio indican que los escultores modificaron los componentes de las pastas para adaptarlas a las exigencias técnicas de cada elemento anatómico a reproducir. Aquellas esculturas que tienen deterioros a modo de roturas o pérdidas mátericas permiten comprobar cómo en la praxis de taller utilizaron distintas pastas cerosas, comenzando por una rojiza más dura que daba sostén, varias intermedias y terminando por una más translúcida y de color similar al de

la piel o tejido a representar.

Una de las muestras que podría responder mejor, la MUESTRA 5, contiene además de 1/3 de parafina con un punto de fusión entre 56/58, 2/3 de cera virgen de abejas, aproximándose en su composición a las pastas originales donde predomina la cera virgen blanqueada. Puede trabajarse con una pasta que incluya algún componente de la pasta original siempre que no sea exactamente igual, sino solo similar. Los dos siglos transcurridos desde la creación de estas esculturas, hacen pensar que esto no sería un inconveniente dado que la cera envejecida muestra un estado que nada tiene que ver con la pasta original, que es maleable y pegajosa. Sin embargo, dado que la pasta de relleno ha de trabajarse y aplicarse a la laguna volumétrica en caliente es preferible que sea diferente para que tenga una plasticidad mayor (los modelos parecen cristalizados) a fin de rellenar bien toda la laguna.

Como la cera es un material que funde con calor dentro de un rango de temperaturas (al ser un material físicamente amorfo lo hace gradualmente), habrá que optar por una pasta de relleno con un intervalo de fusión inferior al de la pasta origen, para que el objeto de partida no sufra alteración estructural alguna. Por esta razón, previo a todo estudio de posibles materiales de relleno de una laguna volumétrica en un objeto de cera, se ha de medir el intervalo de fusión de la misma mediante la toma de muestra del material original para garantizar la seguridad de la pieza. También se medirá siempre el citado intervalo de cada una de las pastas de cera que se piense sea posible utilizar para la reintegración con la finalidad de rechazar aquellas que no cumplan con esta premisa.

Respecto a la resina de colofonia se hicieron algunas pruebas experimentales tanto en estufa como al baño maría y se observó que tiene un punto de fusión dispar frente a la cera de abejas, de manera que si se utiliza combinada con ella para la preparación de la masilla, tiende a solidificar formándose un bloque semi-sólido que muestra dificultad para mezclarse por completo con el resto de los componentes. Si se aumenta la temperatura para conseguir que cera y resina fundan conjuntamente se llega a derretir la resina pero surgen dos grandes inconvenientes: se deja de trabajar con un intervalo de seguridad dado que ésta aumenta el intervalo de fusión de la pasta y la resina tiende a decantar al verterse la pasta. Por otra parte, endurece el material céreo al añadirla y es imprescindible que la pasta de reintegración tenga flexibilidad para adecuarse a los cambios bruscos de temperatura y a las contracciones y dilataciones que éstos generen. Se estima que la masilla de relleno debe mantener con el envejecimiento natural un cierto grado de elasticidad para que sea capaz de adaptarse a los posibles cambios dimensionales como respuesta de los materiales, tanto añadidos como originales, a las fluctuaciones de la temperatura ambiental. Este tipo de estudios experimentales será objeto de una próxima publicación.

Se descartan las ceras de carnauba y candelilla por su dureza y color oscuro. El que tengan una elevada dureza implica que, al utilizarlas para reintegrar estructuralmente, crearán una serie de posibles tensiones en la escultura que podrían provocar la formación de pequeñas grietas internas; asimismo, la tonalidad de las mismas, una vez seca la pasta, no es adecuada para realizar la posterior reintegración cromática dado que se parte de un tono de base muy oscuro. Se recomienda elegir una pasta de relleno siempre más clara que la original o de color natural similar que pueda ser coloreada desde la masa con la adición de pigmentos o retocada con colores en superficie, aplicando la regla de reintegración óptima de claro a oscuro y no a la inversa, para que el resultado sea visual y estéticamente limpio.

Las pastas de relleno que muestran un comportamiento mejor en relación a su intervalo de fusión frente al de la pasta original y a su proceso de envejecimiento son:

MUESTRA 1: Parafina con intervalo de fusión entre 56/58 °C

MUESTRA 3: 2/3 Cosmolloid 80®+1/3 parafina 56/58

MUESTRA 4: 1/2 Cosmolloid 80®+1/2 parafina 56/58

MUESTRA 5: 2/3 cera de abeja virgen+1/3 parafina 56/58

## Notas

[1] DUHAMEL DU MONCEAU, H.L. (1777) *Arte de cerero*. Madrid: Imprenta Pedro Marín. BONELLS, J; LACABA, I. (1796) *Curso completo de anatomía del cuerpo humano*, Madrid: Imprenta de Sancha, 5 vols. LE NORMAND, L-S. (1836) *Manuel du chandelier, du cirier et du fabricant de cire a cacheter*, Paris: Librairie encyclopédique de Roret. LEBRUN, M. (1850) *Nouveau manuel complet du moleur*. Paris: Encyclopédie- Roret, 12. MARGIVAL, N. (1937) *Cires, encaustiques, produits d'entretien*. Nouvelle Collection des Recueils de Recettes Rationnelles. Paris: Desforges.

[2] Se puede consultar al respecto la bibliografía siguiente: MURREL, V. J. (1971) "Some aspects of the conservation of wax models." *Studies in Conservation*: 95-109. BESNAINOU, D. (1984) *Cire et cires: etude sur la composition, l'alteration, la restauration, la conservation des ouvres céroplastiques*. Paris: Institut Français de Restauration des Ouvres d'Art. FERNÁNDEZ BERENGUÉ, L.; PUGÈS DORCA, M.; ZARZOSO ORELLANA, A. (2001) *La restauración de una Venus anatómica de cera*. <http://www.museudelamedicina.cat/pdf/venus.pdf>

BECCHETI, L. (2007) "I sigili di una pergamena duecentesca conservata all'Archivio Segreto Vaticano. Intervento di restauro e conservazione." *Kermes*, 67-68: 35-41. GABBRIELLINI, C. et al. (2008) "Il restauro di un manufatto in cera del Museo di Anatomia Patologica di Firenze. Il Busto di bambino hidrocefálico

eseguito da Luigi Calamai nel 1831". *OPD Restauro*, 20: 227-234. CORDUA, M. G. Et al. (2009) "Marvellous Horrors. Gaetano Zumbo's Unpublished Waxes alter Restoration". *OPD Restauro*, 21: 43-53. DAL FORNO, F. (2009) *La ceroplastica anatomica e il suo restauro. Un nuovo uso Della TAC, una possibile attribuzione a G. G. Zumbo*. Florencia: Nardini. PRADIER, I. (2011) *A corps ouvert: étude et restauration d'une cire anatomique florentine de la fin du XVIIIe siècle (Conservatoire d'Anatomie de Montpellier). Recherche sur les matériaux de comlement des objets en cire*. Mémoire de fin d'études. Institut National du Patrimoine.

## Agradecimientos

Estudios realizados con ayuda de una beca predoctoral FPI de la Universidad Complutense de Madrid, en calidad de becario con contrato de profesor ayudante en prácticas.

Las diversas pruebas experimentales han sido llevadas a cabo en el Laboratorio de Magnetobiología de la Prof. M. J. Azanza, Catedrática de Biología-Magnetobiología, en la Facultad de Medicina de la Universidad de Zaragoza. Para la supervisión de las medidas físicas se ha contado con la colaboración del Prof. A. del Moral, Catedrático de Física de la Materia Condensada en la Facultad de Ciencias de la misma Universidad.

El envejecimiento artificial de las maquetas se ha realizado en el Laboratorio de Química aplicada perteneciente a la Red de Laboratorios de Ciencia y Tecnología aplicadas a la Conservación del Patrimonio (RedLabPat), CEI, Campus Moncloa (UCM-UPM), con el apoyo de la Prof. Margarita San Andrés Moya.

## Bibliografía

BECCHETI, L. (2007). "I sigilli di una pergamena duecentesca conservata all'Archivio Segreto Vaticano. Intervento di restauro e conservazione". *Kermes*, 67-68: 35-41.

BESNAINOU, D. (1984). *Cire et cires: étude sur la composition, l'altération, la restauration, la conservation des œuvres céroplastiques*. Paris: Institut Français de Restauration des Œuvres d'Art.

BESNAINOU, D. (1987). "Conservation et Restauration". En *Sculptures en cire de l'Ancienne Égypte à l'art abstrait*, VVAA. Paris: RMN, 73-79.

BONELLS, J; LACABA, I. (1800). *Curso completo de anatomía del cuerpo humano*, Madrid: Imprenta de Sancha, 5 vols.

CORDUA, M. G.; LANTERNA, G., LOMBARDI, et. al. (2009). "Marvellous Horrors. Gaetano Zumbo's Unpublished Waxes after Restoration". *OPD Restauro*, 21: 43-53.

DAL FORNO, F. (2009). *La ceroplastica anatomica e il suo restauro. Un nuovo uso Della TAC, una possibile attribuzione a G. G. Zumbo*. Florencia: Nardini.

FERNÁNDEZ BERENGÜE, L.; PUGÈS DORCA, M.; ZARZOSO ORELLANA, A. (2001). *La restauración de una Venus anatómica de cera*. <http://www.museudelamedicina.cat/pdf/venus.pdf> [2-11-2010]

GABBRIELLINI, C.; NESI, G.; ROSSI, F. et. al. (2008). "Il restauro di un manufatto in cera del Museo di Anatomia Patologica di Firenze. Il Busto di bambino hidrocefálico eseguito da Luigi Calamai nel 1831" *OPD Restauro*, 20: 227-234.

GABBRIELLINI, C.; NESI, G.; ROSSI, F. et. al. (2009). "The wax Collection at the Museum of Pathological Anatomy in Forence. Notes of historical events, on technical manufacture and treatments". *OPD Restauro*, 21: 29-41.

LEGORBURU ESCUDERO, M. P. (1995). *Criterios sobre la reintegración de lagunas en obras de arte y transcendencia del estuco en el resultado final según su composición y aplicación*. Tesis Doctoral. Bilbao: Universidad del País Vasco, Facultad de Bellas Artes, D. L.

MURREL, V. J. (1971). "Some aspects of the conservation of wax models". *Studies in Conservation*, 16, nº 3: 95-109.

NAVARRO LIZANDRA, J. L. (2005). *Maquetas, modelos y moldes: materiales y técnicas para dar forma a las ideas*. Castelló de la Plana: Publicaciones de la Universidad Jaime I.

PRADIER, I. (2011). *A corps ouvert: étude et restauration d'une cire anatomique florentine de la fin du XVIIIe siècle (Conservatoire d'Anatomie de Montpellier) Recherche sur les matériaux de comlement des objets en cire*. Mémoire de fin d'études. Institut National du Patrimoine.



**Nerea Del Moral**

Licenciada en Bellas Artes  
Universidad Complutense de Madrid. C/Greco 2, 28040.  
[nemoral@pdi.ucm.es](mailto:nemoral@pdi.ucm.es) / [n\\_delmoral@yahoo.com](mailto:n_delmoral@yahoo.com)

Premio Extraordinario de Licenciatura de la UCM curso 2007/08. Máster Oficial de Posgrado de la UCM en Conservación-Restauración y Exposición de Bienes Culturales. Becaria predoctoral con una Beca FPI de la UCM como profesor ayudante en prácticas.



**Alicia Sánchez Ortiz**

Profesora Titular de la Facultad de Bellas Artes  
Universidad Complutense de Madrid. C/Greco 2, 28040  
[alicisan@ucm.es](mailto:alicisan@ucm.es)

Desde el año 1993 imparte docencia en las diversas titulaciones de Licenciatura, Grado y Máster en Conservación y Restauración del Patrimonio Cultural, así como en Programas de Doctorado y Títulos Propios de Magister, de la Facultad de Bellas Artes. Pertenece al Grupo de Investigación Investigación cromática: aspectos técnicos, formales y de significado en la expresión del color a través del arte (UCM-930735). Ha dirigido y formado parte de varios proyectos de investigación relacionados con la conservación del patrimonio científico-artístico, destacando El arte de la ceroplástica anatómica: caracterización de materiales y metodología de actuación en conservación de colecciones de modelos anatómicos en cera (Museos anatómicos Facultad de Medicina (UCM) y Valladolid) (MICCIN HAR2009-10679) y La ceroplástica en veterinaria: documentación, caracterización de materiales y métodos de conservación-restauración en la colección Complutense (HAR2013-42460-P). Autora de libros, capítulos de libros, catálogos y actas de congresos, ha publicado también artículos de carácter científico en numerosas revistas. Conferenciante y ponente en congresos nacionales e internacionales dentro del campo del color y de la conservación.

Artículo enviado el 22/04/2014

Artículo aceptado el 01/07/2014