

DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN-RESTAURACIÓN

Conservación de Arte
Contemporáneo
10ª Jornada

MUSEO NACIONAL
CENTRO DE ARTE
REINA SOFIA

GE GRUPO ESPAÑOL
de CONSERVACIÓN

DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN-RESTAURACIÓN

Conservación de Arte Contemporáneo 10ª Jornada

Febrero 2009





MINISTERIO DE CULTURA

Ministra

Angeles González-Sinde Reig

MUSEO NACIONAL CENTRO DE ARTE REINA SOFÍA

Director

Manuel J. Borja-Villel

Subdirectora de Conservación, Investigación y Difusión

Lynne Cooke

Subdirector General Gerente

Michaux Miranda Paniagua

Jefe del Departamento de Conservación-Restauración

Jorge García Gómez-Tejedor

Jefe Actividades Editoriales

María Luisa Blanco Lledó



Presidenta

Pilar Ineba Tamarit

Vicepresidente

Jorge García Gómez-Tejedor

Tesorería

Ana Monereo

Secretaría

Rocio Salas

REAL PATRONATO

MUSEO NACIONAL CENTRO DE ARTE REINA SOFÍA

Presidenta

Pilar Citoler Carilla

Vicepresidente

Carlos Solchaga Catalán

Vocales

Angeles Albert de León

Plácido Arango Arias

Manuel J. Borja-Villel

José Capa Eiriz

Eugenio Carmona Mato

Fernando Castro Borrego

Fernando Castro Flórez

Lynne Cooke

María de Corral López-Dóriga

Miguel Angel Cortés Martín

Javier Maderuelo Raso

Michaux Miranda Paniagua

Carlos Ocaña Pérez de Tudela

Mercedes-Elvira del Palacio Tascón

Claude Ruiz Picasso

Francisco Serrano Martínez

José Joaquín de Ysasi-Ysasmendi Adaro

Secretaría

Charo Sanz Rueda



ÍNDICE

La preservación de materiales filmicos en museos y colecciones de arte contemporáneo.....	15
JENNIFER GALLEGO CHRISTENSEN	
Materiales sintéticos utilizados en la manipulación, exposición y almacenamiento de obras de arte y bienes culturales. Caracterización por espectroscopia FTIR-ATR.....	33
MARGARITA SAN ANDRÉS, RUTH CHÉRCOLES, MARISA GÓMEZ Y JOSÉ MANUEL DE LA ROJA	
Cuerpos de cera: caracterización de materiales y método de limpieza en un modelo anatómico	53
ALICIA SÁNCHEZ ORTIZ, ANDRÉS SÁNCHEZ LEDESMA, SANDRA MICÓ BORÓ Y FERMÍN VIEJO TIRADO	
La figura del correo. Avance hacia lo digital	71
SAMUEL MESTRE Y XAVIER ROSSELL	
La creación, implantación y aplicación del formulario de entrada para nuevas obras en el Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro	79
CÁTIA LOUREDO, CLAUDIA MARTINS COSTA CALAÇA, FÁTIMA NORONHA DE SALLES MOREIRA Y VERONICA BÜRGER P. CAVALCANTE	
El proceso de exclusión de posibilidades en la restauración de arte contemporáneo: dos casos	87
MARTA PALMEIRA, JOANA CORREIA, RAQUEL FERREIRA Y LUÍS PINHO	
Aplicación del modelo de toma de decisiones a una obra de látex y cabello humano.....	95
ROSARIO LLAMAS PACHECO, SORAYA PELLICER PASTOR Y ROSA MARTÍNEZ MORATÓ	
Conservación preventiva en colecciones privadas: la Fundación Juan March y el Museo de Arte Abstracto Español de Cuenca.....	101
LOURDES RICO, VICTORIA DE LAS HERAS Y CELIA MARTÍNEZ	
Proyecto de recuperación de obras iniciales de videoarte en Portugal.....	111
ANDREIA MAGALHÃES	

CUERPOS DE CERA: CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES Y MÉTODO DE LIMPIEZA EN UN MODELO ANATÓMICO

Alicia Sánchez Ortiz

Andrés Sánchez Ledesma

Sandra Micó Boró y Fermín Viejo Tirado

Este artículo ofrece un ejemplo de colaboración interdisciplinar para la conservación y puesta en valor de un modelo anatómico en cera perteneciente a la colección del Museo de Anatomía de la Facultad de Medicina (Universidad Complutense de Madrid). Con objeto de conocer los procesos técnicos de creación, el origen de la producción de la pieza seleccionada y el modo en que se ha ido deteriorando por causa de manipulaciones, acción de agentes de degradación biológicos y químicos, así como intervenciones de restauración inadecuadas efectuadas en un tiempo pasado, se ha procedido a la identificación caracterológica de los materiales constitutivos, originales y añadidos, y a partir de los resultados obtenidos se ha establecido un protocolo de actuación en materia de limpieza, con un seguimiento y control del proceso de eliminación tanto de las sustancias contaminantes como de la película de recubrimiento. Todo ello ha permitido planificar una correcta intervención de restauración, alejada de un carácter de inmediatez nada deseable para nuestro patrimonio.

LA CONTEMPORANEIDAD DE LA CERA

La cera siempre ha fascinado a los artistas cuando querían plasmar en sus obras un halo de vida. Visualmente, es el equivalente de la piel, lo que se parece más a su aspecto físico. Es un material antropomórfico dada su capacidad de simular la carne (fig. 1), es, por tanto, la imagen del cuerpo. Poca distancia hay entre el rostro ceroso de un cadáver y el rostro en cera de su representación, pues no es más que una sustitución, un pasaje de lo real a lo imaginario. Al mirar un modelo anatómico en cera sospechamos que el material con que está hecho le otorga un carácter inanimado, pero no podemos descartar la impresión de vida que nos transmite; la adición de cabellos reales contribuye aún más a crear la ilusión de una realidad tangible de carne y hueso. Podemos deleitarnos con la habilidad del artista en su afán de que parezcan reales,

pero también estos objetos pueden provocar en nosotros otra serie de sensaciones, como angustia o rechazo (fig. 2).

Desde sus orígenes, dichos modelos han sido representaciones fieles de la realidad y también réplicas que contenían el poder y la vida del original. El siglo de Descartes se caracterizó por la exhibición de cadáveres, la fascinación por conocer el interior del cuerpo humano, en definitiva, un gusto creciente por la máquina orgánica. Este filósofo y pensador estimó que una figura de cera era, a la vez, extraña y familiar: se parecía a un cuerpo vivo, aunque había perdido la vida.

Hoy, la cera, sustancia orgánica con un olor característico, condiciona nuestra percepción

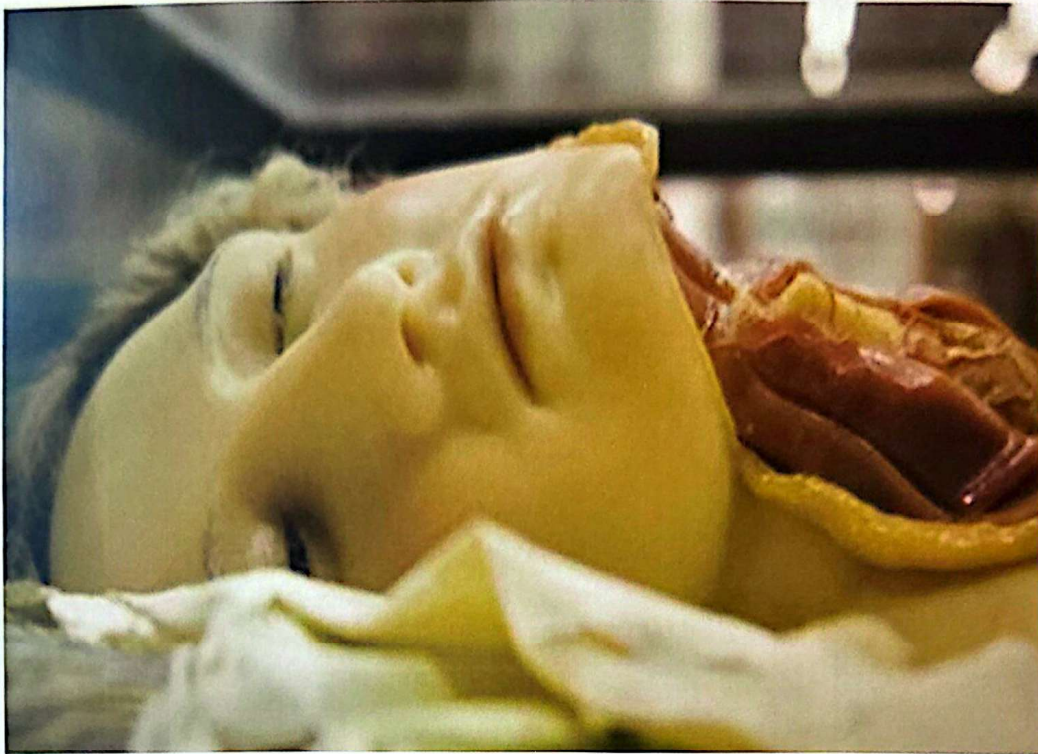


Fig. 1.
Clemente Susini, *Cabeza anatómica en cera*, finales del siglo XVIII.
Museo de ceras anatómicas Luigi Cattaneo, Bolonia

estimulando una apropiación de la obra que no es exclusivamente visual. Su carácter orgánico es aprovechado por algunos artistas, como Anish Kapoor (fig. 3), para hacer referencia no sólo al cuerpo humano y a su interior, sino también a los lugares en los que el subconsciente humano se debate entre las sensaciones y las emociones. Esa pulsión de romper con lo epidérmico y manifestar lo visceral encuentra un modo de expresión a través de la cera derretida que se va derramando a partir de un esférico recipiente. En otras ocasiones, persiste su extraordinaria capacidad de crear una piel para las cosas y para los mensajes, confiriendo a los contenidos de éstos una vida propia, tal y como lo expresan algunas de las piezas realizadas por Aganetha Dyck (fig. 4). Su presencia en numerosas instalaciones de arte contemporáneo permite construir un puente entre el mundo real y el imaginario. La mutación de la corporeidad abordada desde una óptica poética es uno de los temas recurrentes de la artista Raquel Paiewonsky (fig. 5), al plantear una nueva mirada sobre las relaciones entre el cuerpo humano y la red de

signos que lo envuelven, contribuyendo a otra manera de exhibirlo y sentirlo por la sociedad contemporánea. Quizás el ejemplo más impactante de ese continuo diálogo entre los objetos inanimados y las imágenes vivas se concreta en la serie de fotografías elaboradas por la artista Bérangère Haëgy para la exposición *Eros-Thanatos-Perasma* (fig. 6).

En el pasado, al ser considerado un material apropiado para traspasar los límites entre lo físico y lo no físico, sus peculiares cualidades contribuyeron al surgimiento del arte de la ceroplástica que consideró a la cera el material artístico por excelencia. Ningún otro material ha servido tan bien para evocar la textura y el color de la piel humana. Las técnicas para la fabricación de figuras en cera comenzaron su andadura en Italia durante el siglo XVII, concretamente en la ciudad de Florencia, donde se fundó la primera escuela encabezada por Felice Fontana, vinculada al actual Museo de La Specola, en origen Museo di Fisica e Storia Naturale cuyo gabinete de figuras en cera fue inaugurado por el



Fig. 2.
Detalle *Venus anatómica*
en cera, siglo XVIII.
Museo de La Specola, Florencia

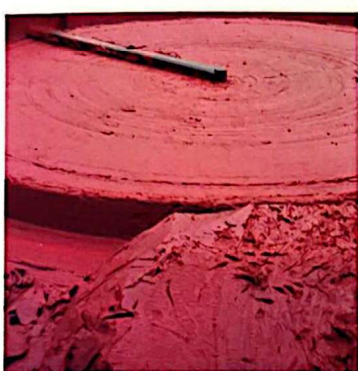


Fig. 3. Anish Kapoor, *My red homeland*, 2003. 25 toneladas de cera y vaselina coloreada en rojo



Fig. 4. Aganetha Dyck, *Objeto cotidiano*, 2007. Cera y paneles de abejas incrustados en la escultura

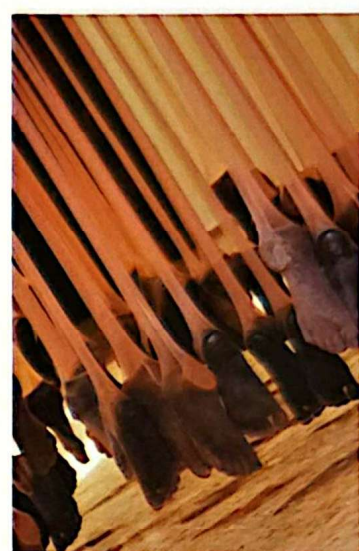


Fig. 5. Raquel Paiewonsky, *Levitando: a un solo pie*, 2003. Cera y nylon. 300 x 300 x 400 cm

Gran Duque Pietro Leopoldo, en 1771 (figs. 7 y 8). En ella se reunieron piezas que habían sido encargadas y costeadas por los grandes mecenas y coleccionistas de arte, muy interesados por las ciencias, como fueron los Médicis, y por los Habsburgo-Lorena más tarde. La intención del Duque, sin precedentes en el mundo, fue reunir en un único museo las colecciones científicas que albergaban las galerías ducales. Los modelos allí creados alcanzaron tal fama que fueron distribuidos a los principales centros de medicina de toda Europa (Ballestrero: 1997).

Cuestiones éticas y religiosas sobre el manejo directo de los cadáveres (fig. 9) y la crítica surgida alrededor de los teatros de anatomía propiciaron la puesta a punto de nuevos métodos didácticos para la enseñanza de la medicina dentro de las facultades, encontrando en la cera un material que posibilitaba plasmar de un modo minucioso y en una observación directa, las profundidades escondidas bajo la piel. El cuerpo humano era un objeto perfecto de provocación ante la mirada



Fig. 6.
Bérangère Haëgy, *Sin título*. Fotografía



Fig. 7.
Museo de
La Specola
en la actualidad,
Florencia

perpleja del espectador que podía contemplar músculos, tendones, vasos sanguíneos y órganos. Ya en el siglo XVII y, aún bien entrado el XVIII, el interés por los modelos anatómicos en cera entre los médicos, principalmente cirujanos, estaba en pleno auge, y artistas y anatomistas consolidarían con el tiempo una historia común de visualizaciones anatómicas (LEMIRE: 1992). Sin embargo, su forma de observar no era la misma: la mirada del anatomista buscaba la precisión y el rigor, pero la del artista se dirigía más hacia las cuestiones de carácter estético. A los ojos de los anatomistas, los dibujos e ilustraciones contenidas en los tratados de la época, aunque precisos, reflejaban poco la estructura verdadera del cuerpo humano al carecer de volumen, mientras que los modelos en cera proporcionaban ejemplares en tres dimensiones que resistían las numerosas demostraciones, con lo que también se resolvía el problema de encontrar materia prima para la enseñanza de la medicina (Haviland et al.: 1970; Premuda: 1972).

Si las lecciones públicas llevadas a cabo en los teatros anatómicos representaron una ceremonia



Fig. 8.
Vista Real del Museo de Física e Historia Natural, Florencia



Fig. 9.
Rembrandt, *La lección de anatomía*, 1632.
Óleo sobre lienzo,
169,5 x 216,5 cm.
Mauritshuis Museum.
La Haya, Países Bajos



Fig. 10.
Interior del Museo de cera *München Stadt museum*.
Hamburgo, 1913.
Litografía

sumamente ritualizada y distante con los espectadores a través de la mesa de disección, los modelos anatómicos en cera posibilitaban la creación de un ambiente más íntimo y agradable para el encuentro con el cuerpo humano gracias a la proximidad del público con el modelo expuesto. Además, la cera podía teñirse con la adición de colorantes en el proceso de elaboración de la masa, con lo que se lograban imitaciones perfectas, y jugando con la superposición de capas translúcidas se obtenía una óptima reproducción de la opalescencia y de la delicadeza de la piel humana. Todo lo cual otorgaba al modelo anatómico una ilusión de verosimilitud acrecentada con la adición de pelo natural en las pestañas, cejas y cabellera.

Cuando las exposiciones anatómicas en los museos fueron abiertas al público visitante y comenzaron a vivir una vida por sí mismas, otros factores contribuyeron de igual manera a su éxito: las colecciones de trabajos con cera se convirtieron en foco de atracción para el gran público (fig. 10) y la apreciada mirada de los viajeros ayudó a consolidar el estatus de los modelos anatómicos como objetos de valor. Sin embargo, los gustos son cambiantes en función de las épocas y el siglo XX, caracterizado por los nuevos métodos de investigación y el desarrollo técnico dio origen a una nueva forma de imagen, la fotografía y más tarde, la imagen digital. En consecuencia, muchas de las colecciones de anatomía se han convertido, ahora, en objetos anticuados de un tiempo pasado, incluso (para algunos) sin uso histórico, permaneciendo en la antesala simbólica del olvido.

Pero los artefactos en cera allí conservados son máximos exponentes de la simbiosis óptima entre el arte y la ciencia, al destacar en ellos la armonía y belleza de las formas reproducida con perfección técnica sin par, la serenidad clásica de las expresiones, el refinado ajuste de los colores equilibrados con una hábil moderación y la verosimilitud del estudio anatómico. La realidad fue, de ese modo, transfigurada por el artista y el modelo anatómico quedó para siempre elevado a la misma dignidad de una obra de arte (VV.AA.: 1975; Bucci: 1976).

MODUS OPERANDI EN LA CREACIÓN DE UN MODELO ANATÓMICO EN CERA

Ninguna de las fuentes bibliográficas consultadas permite inferir la técnica empleada para la creación de los moldes de cera, probablemente porque esta era custodiada con gran recelo por los principales maestros y talleres. Se conoce la necesaria colaboración de, al menos, tres personajes: el cuerpo del cadáver, el cirujano anatomista y el técnico escultor; este último capaz de reproducir con la máxima fidelidad los detalles y de plasmarla en piezas que pudiesen perdurar en el tiempo.

LOS MATERIALES DE LAS PASTAS CEROSAS

Las esculturas anatómicas en cera fueron elaboradas con diversos materiales, tanto de naturaleza orgánica como inorgánica. Dependiendo de los periodos de manufacturación, del saber hacer y del fin perseguido por las parejas compuestas por artistas y cirujanos-anatomistas, se han utilizado diferentes recetas a lo largo del tiempo. En las fuentes literarias de los siglos XVIII-XIX se indican el uso generalizado de la cera de origen animal (cera de abejas natural, cera de espermaceti), de origen vegetal (carnauba, de Japón, candelilla) y de origen mineral (ozoquerita). Al material de partida se le podían añadir aditivos con la intención de modificar las propiedades físicas y el color de la cera. Entre los plastificantes destacan la grasa animal, el aceite de oliva, la pez, la goma laca..., todos ellos para reducir el brillo de la pasta cerosa e incrementar la maleabilidad a temperatura ambiente; como endurecedores la trementina de Venecia, usada para elevar el grado de fusión o la estabilidad mecánica de aquella; entre las resinas naturales destacan dammar y colofonia, ambas con la capacidad de reducir el índice de contracción de la pasta cerosa. Almidón y estearina son otros de los materiales citados en dichas fuentes, si bien en escasa proporción.

Respecto a la paleta de colores (fig. 11), los ceroplastas utilizaron una cantidad limitada de materiales, aunque su hábil combinación les permitió la obtención de una gama cromática muy extensa de ceras teñidas. Con preferencia recurrieron a los colorantes naturales: laca de granza, raíz de orcaneta y sangre de dragón, para los rojos; azafrán y cúrcuma, para los amarillos; índigo, para los azules; humo y carbón vegetal, brea de Borgoña o colofonia junto con sebo de oveja o aceite de oliva, para los grises y negros. Junto a ellos también aparecen algunos pigmentos minerales, en su mayoría poco costosos y de fácil adquisición, tales como tierras, ocre rojo y amarillos. Si se deseaba tornar opaca la pasta cerosa, era precisa la adición de cerusa o blanco de plomo, cuya presencia en gran cantidad proporcionaba una materia blanquecina.

EL PROCESO TÉCNICO

A la cera, fundida lentamente en un plato de cobre o de estaño (fig. 12) al baño maría (para que su color no se alterara), se le iba añadiendo la materia grasa, sola o acompañada de resina natural. El colorante, en forma de polvo fino, se incorporaba en el momento de fusión de la mezcla de los componentes anteriores. Cada una de las mezclas era fundida de manera individualizada y tras finalizar las operaciones se colocaban sobre una placa caliente, conservándose hasta su uso en forma de pan de cera.

Las partes de cera moldeada o vaciada se unían para componer la pieza (fig. 13). Todos los pasos eran seguidos de cerca por el anatomista, que señalaba en cada momento la veracidad de los elementos y la conveniencia de su posición. Una vez concluido el modelo se procedía, en ocasiones, a la aplicación de barnices de protección. La escenografía resultaba fundamental dado el objetivo final de su exhibición pública. Por último, las aplicaciones de cabello natural son habituales en los modelos de cuerpos femeninos y de fetos. A pesar del afán de lograr un realismo único, muchas de estas esculturas expresaban visiones subjetivas de los artistas, transmitiendo gestos y sensaciones totalmente lejanas al ideal de frialdad o seriedad que requería un estudio anatómico. Esto es muy evidente en la expresión de los rostros que denotan



Fig. 11.
Detalle de la obra *Cera anatómica en posición fetal*,
siglo XVIII. Museo de Anatomía, Facultad de Medicina,
Universidad Complutense, Madrid



Fig. 12.
Utillaje para la elaboración
de modelos
anatómicos
en cera.
Archivo
Histórico,
Museo de
La Specola,
Florencia

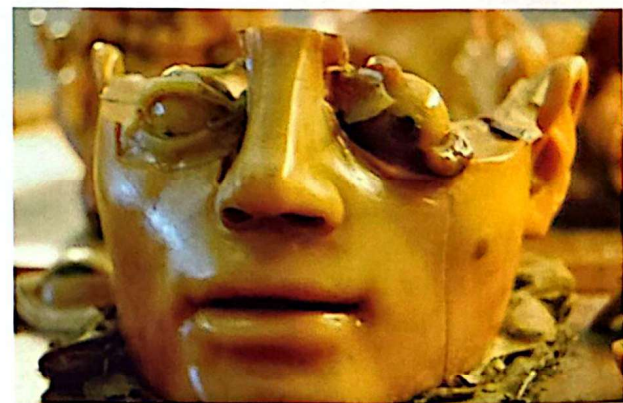


Fig. 13.
Clemente Susini, *Cabeza anatómica en cera*.
Museo della Cere Anatomiche, Bolonia



Fig. 14.
Detalle de las vitrinas con modelos en cera del Museo de Anatomía,
Facultad de Medicina, Universidad Complutense de Madrid

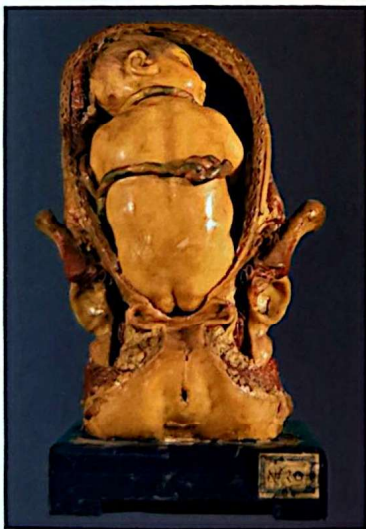


Fig. 15.
Smellie; Franceschi, *Modelo
anatómico en posición fetal*,
siglo XVIII. Museo de Anatomía,
Facultad de Medicina,
Universidad Complutense de
Madrid. Estado inicial de
conservación

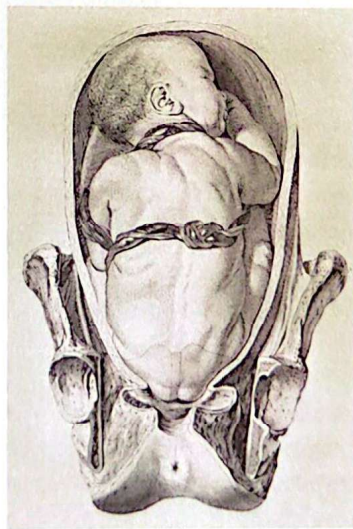


Fig. 16.
William Smellie, *Tabulae
anatomicae*, lám. n° 29, 1757
Nuremberg. Bibliothèque
interuniversitaire de Médecine,
Université Paris-Descartes

tristeza, melancolía o dolor, así como en la carga sensual otorgada a la posición de algunos de los cuerpos.

EL MODELO ANATÓMICO A RESTAURAR

La colección del Museo de Anatomía de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense, está compuesta en el momento presente por cincuenta y siete piezas que se encuentran expuestas en vitrinas de época. Fueron elaboradas por orden del rey Carlos III, en 1787, y en sus orígenes dependieron del seno del Real Colegio de Cirugía de San Carlos. Para la realización de las primeras figuras de este gabinete se contó con la dirección de Ignacio Lacaba, primero como encargado de disección y luego como catedrático de anatomía, y con él trabajaron dos escultores, Juan Cháez y el italiano Franceschi, discípulo de Fontana, ambos especializados en la fabricación de modelos en cera. En concreto, los modelos anatómicos creados para el estudio de la obstetricia muestran la fisiología y la patología del aparato genital femenino, así como aspectos del embarazo, de las diversas presentaciones y situaciones fetales, y del proceso del parto. Todas las piezas son de tamaño natural y están fijadas a bases de madera. La variedad de las poses en la reproducción de los fetos, el realismo conseguido con la pasta cerosa a través del modelado y del cromatismo, la belleza del acabado de cada una de las mismas y la extraordinaria delicadeza de las expresiones, revelan un altísimo valor artístico de estas esculturas (fig. 14).

Para este trabajo se ha elegido un modelo anatómico fetal (fig. 15), cuya posición coincide plenamente con la lámina grabada n° 29 (fig. 16) incluida en el libro *Tabulae anatomicae*, publicado por William Smellie en 1757, en la ciudad de Nuremberg.

ESTADO DE CONSERVACIÓN

PRINCIPALES PATOLOGÍAS

La pieza muestra un estado de conservación resultado tanto de la naturaleza intrínseca de sus materiales constitutivos como de los agentes de degradación externos que han ido actuando a lo largo del tiempo. Es importante destacar la heterogeneidad de los materiales utilizados en la elaboración de las pastas cerosas coloreadas (ceras, resinas, grasas, pigmentos...), así como la existencia de una serie de elementos añadidos para otorgar mayor realismo a la figura (cabello humano en pelo, pestañas y cejas), lo que contribuye a diferentes modos de respuesta frente al envejecimiento (fig. 17). Una alteración de las calidades estéticas originales (texturales, cromáticas y volumétricas) es también debida a la acumulación de depósitos de polvo, humo y grasa sobre la superficie cerosa (fig. 18). Este factor se ve agravado por la propia tendencia del material original a ablandarse por acción del calor. Algunas zonas de la escultura han sufrido tensiones mecánicas, con contracciones de la masa cerosa, observándose un cierto estado quebradizo (fig. 19); en este proceso de deterioro ha podido influir la adulteración de la masa inicial con plastificantes y endurecedores. Otro tipo de patología responde a las modificaciones cromáticas, en concreto, la decoloración de los colorantes orgánicos (teñido de la cera) y la tendencia de los pigmentos más pesados a gravitar sobre las partes más bajas del molde durante el proceso de enfriamiento de la cera tras ser vertida en estado líquido. Todo ello se concreta a nivel perceptivo en la aparición de diferencias de color y textura entre las partes más profundas y las más superficiales, así como en la aparición de manchas oscuras en las zonas de relieves o donde la textura de la cera es más granular (fig. 20).



Fig. 17. Muestra de la respuesta diferente al envejecimiento por la presencia de materiales muy heterogéneos (cera, resinas, colorantes, pelo natural...)

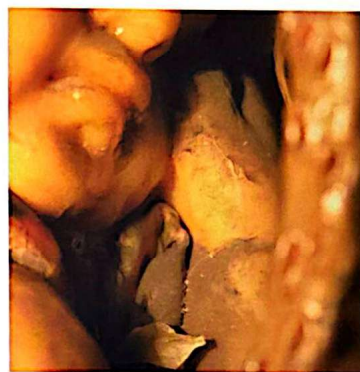


Fig. 18. Detalle de la acumulación de depósitos de suciedad en partes internas de la escultura



Fig. 19. Detalle de la fragmentación de la pasta cerosa por una manipulación incorrecta

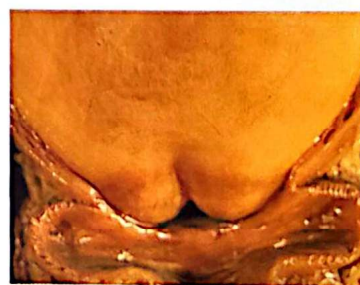


Fig. 20. Detalle de diferencias de color y textura en la pasta de cera acrecentadas tras el envejecimiento de los materiales

CARACTERIZACIÓN DE PASTAS CEROSAS Y PELÍCULAS DE RECUBRIMIENTO

Las referencias sobre la tecnología de fabricación de las pastas empleadas en la elaboración de las esculturas plantean el posible empleo de diversos materiales, tal y como ya se ha indicado al describir el proceso de creación, lo cual conlleva un grado extraordinario de complejidad en la caracterización material de las mismas. Ello debido, por una parte, a los numerosos compuestos de alto peso molecular y diferente volatilidad que conforman estas sustancias, y por otra, a que en algunas de éstas existen compuestos comunes. Especialmente las ceras están formadas por series homólogas de diversas sustancias como son monoésteres, hidrocarburos, cetonas, aldehídos, ésteres de esteroides y triacilglicerol, ácidos grasos y alcoholes libres e hidroxilácidos; además, terpenoides, flavonoides y compuestos no volátiles, también están presentes en menor cuantía.

Como ya se ha indicado, tras una primera toma de contacto con las particularidades de la colección, se decidió elegir un modelo de obstetricia, en concreto la figura de un feto, sobre el que se tomaron diversas muestras representativas de los materiales empleados en la manufactura inicial y en el recubrimiento actual (fig. 21). La identificación caracterológica de los mismos tiene mucho que revelar en lo concerniente tanto a los procesos técnicos de creación como al modo en que la pieza anatómica se ha ido deteriorando por causa de manipulaciones, procesos de degradación biológica o química, así como intervenciones de restauración inadecuadas efectuadas en un tiempo pasado.

TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Las principales técnicas analíticas empleadas en el estudio de los componentes orgánicos de las pastas de cera han sido la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y los métodos cromatográficos. Con estos últimos se han obtenido buenos resultados, especialmente con la cromatografía de gases-espectrometría de masas



Fig. 21. Proceso de toma de muestras representativas de los materiales empleados en la manufactura inicial y en el recubrimiento actual

(GC-MS) precediendo todos los análisis de un proceso previo de derivatización o también de pirólisis de las micromuestras. Asimismo, han sido utilizadas con éxito la cromatografía de gases-espectrometría de masas a altas temperaturas (HT GC-MS) y la cromatografía de fluidos supercríticos (SFC) (Marrero et al.: 2006).

METODOLOGÍA

Para la separación de muestras se siguieron todos los principios éticos del muestreo de bienes culturales, es decir, no alterar la estructura ni la estabilidad de la pieza, ni tampoco tomar muestras de zonas que pudieran afectar la lectura de la misma. Se utilizó una aguja de inyección, con la punta roma, la cual se calentó ligeramente y se introdujo en la base de la escultura hasta penetrar 3 cm. Posteriormente se sacó cuidadosamente, y la muestra que quedó en el interior de la aguja se extrajo en agua templada aplicando presión con el émbolo de la jeringa, que había sido previamente insertado en el cabezal. El finísimo cilindro de la masa extraída se dividió en 5 pequeños fragmentos que fueron dispuestos e identificados para su posterior análisis.

Para el estudio del barniz de la superficie de la escultura se separó la muestra con hisopo y disolvente (metanol), rodándolo de forma muy suave por un área de la parte trasera donde había acumulaciones de la resina formadas durante la aplicación del mismo.

La etapa previa de derivatización es un paso decisivo en el análisis de este tipo de materiales, ya que permite la obtención de derivados volátiles y estables térmicamente de los compuestos presentes en estas sustancias, de manera que puedan ser identificadas de forma sistemática y reproducible. Por otra parte, durante el análisis mediante GC se evita la adsorción de los compuestos sobre las superficies por la formación de puentes de hidrógeno, lo que provoca distorsión de las señales (colas) y la aparición de picos fantasmas, así como errores en la determinación (Rojas et al.: 2008).

Los principales métodos de derivatización se basan en reacciones de esterificación de los ácidos grasos libres o la transesterificación de los ácidos grasos enlazados, esta última se realiza generalmente "in situ" junto con el proceso de extracción; también se emplean con frecuencia reacciones de silylación. Los reactivos más empleados para estos procesos de derivatización han sido el diazometano, trifluoruro de boro/metanol ($\text{BF}_3/\text{CH}_3\text{OH}$), cloroformiato de etilo, hidróxido de *m*-(trifluorometil) feniltrimetilamonio (Meth Prep II), anhídrido trifluoroacético, bis-trimetil-silyltrifluoroacetamida (BSTFA), entre otros (Shuterland: 2007). Para su selección se debe tener en cuenta características de la composición de la muestra como son la proporción de ácidos grasos libres o el tipo de enlace de los ácidos que están enlazados, el efecto ante condiciones drásticas de calentamiento, la exactitud requerida, etc.

En el presente estudio se ensayaron previamente cuatro métodos de derivatización: transmetilación con trifluoruro de boro/metanol ($\text{BF}_3/\text{CH}_3\text{OH}$), transbutilación con trifluoruro de boro/butanol ($\text{BF}_3/\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$), transmetilación con Meth Prep II y trimetilsilylación con BSTFA, con el objetivo de comprobar con cuál de éstos era posible obtener los marcadores más estables y reproducibles que

permitieran la identificación de los posibles materiales empleados en las pastas. Para ello se recurrió a patrones de diferentes ceras (abejas, carnauba y candelilla), ceras parafínicas, resinas naturales (colofonia, copal, trementina de Venecia, almáciga y goma laca) y estearina. En todos los casos el primer paso consistió en realizar una disolución de cada material con mezcla Folch (cloroformo: metanol 2:1).

Los análisis se realizaron en un equipo Agilent Technologies GC 6890N – MS 5973 inyectando 1 μl de muestra en modo *split* (1/20). Columna capilar HP-5MS (5% fenilmetil polisiloxano) 30m x 250 μm x 0,25 μm de grosor de la película; gas portador: helio con un flujo de 1 ml/min y un programa de temperatura de 50 °C inicial durante un minuto con un incremento de 10 °C / min hasta 300 °C donde se mantuvo a temperatura constante durante 10 minutos. El detector de masa es un cuadrupolo; fuente de ionización por impacto electrónico a 70 eV, rango de masas m/z 60 – 550. Los datos fueron adquiridos y procesados mediante el programa ChemStation Agilent.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De los sistemas de derivatización ensayados pudimos comprobar que con el Meth Prep II se obtenían cromatogramas complejos con picos correspondientes a diferentes clases de compuestos como son ésteres metílicos de ácidos grasos, seguidos de una secuencia de hidrocarburos, ésteres de alcoholes, alcoholes sin derivatizar, éteres metílicos y (trifluorometil) fenil éteres obtenidos de la reacción entre el Meth Prep II y los diferentes alcoholes contenidos en las ceras. La fracción resinosa fue reconocida a partir de la identificación de los ésteres metílicos de los ácidos resínicos de tipo abiético y pimárico.

La derivatización con $\text{BF}_3/\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ permitió estudiar las ceras con una buena distribución de los ésteres de los ácidos grasos, hidrocarburos y alcoholes de cadena larga. Por otra parte, en las muestras tratadas previamente mediante la transmetilsilylación con BSTFA pudimos comprobar que en la mayor parte de los patrones

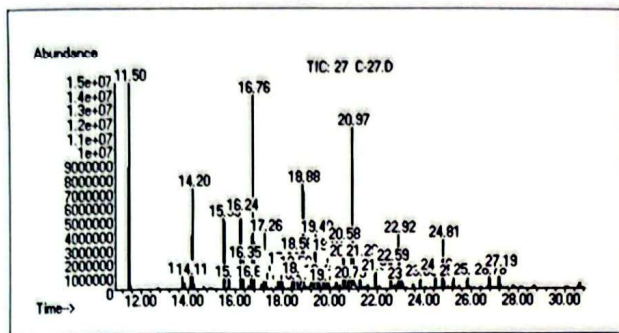


Fig. 22.

Cromatograma parcial obtenido del análisis (después de la transbutilación) de la parte interna de la muestra separada de la escultura

empleados fue posible identificar los compuestos solubles en la mezcla de extracción inicial. Sin embargo, algunos marcadores importantes como ésteres de cadena larga y otros productos de alto peso molecular, debido a la polimerización de los materiales, no siempre eran claramente reconocidos.

Así como con los patrones puros se pudo realizar una caracterización bastante satisfactoria empleando por separado los métodos de derivatización descritos, cuando se trabajó con mezclas de patrones o con las muestras de la escultura real (cuya composición es heterogénea y compleja), sólo llegamos a conclusiones fehacientes cuando se emplearon distintos tratamientos previos de derivatización. Especialmente las mezclas de ceras naturales y ceras parafínicas, con o sin aceites vegetales o grasas animales, ofrecieron, como era de esperar, las mayores dificultades para la identificación precisa mediante GC-MS.

Se presenta el cromatograma obtenido del análisis de la muestra separada de la parte interna de la escultura (fig. 22). En este podemos observar los picos correspondientes a ácidos grasos como palmítico y esteárico en una proporción semejante a la observada en la cera de abejas; la ausencia de ácido azelaico nos permite deducir que no ha sido añadido ningún aceite secante a la masa, además, contribuyen a la identificación de cera de abejas la presencia de ácidos grasos con número par de átomos de carbono,

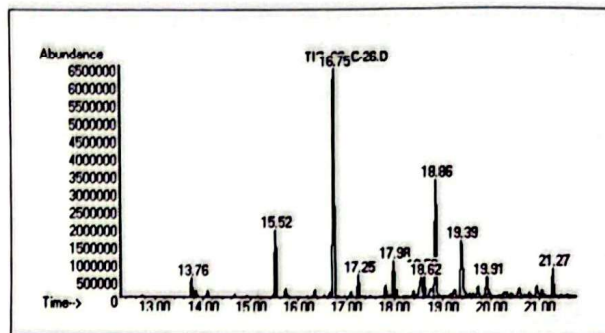


Fig. 23.

Cromatograma parcial obtenido del análisis realizado de la resina separada de la superficie de la escultura con hisopo y disolvente. Derivatización con $\text{BF}_3 / \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

específicamente entre C_{22} y C_{30} , alcanos con número impar de átomos de carbono, siendo el más abundante C_{27} y alcoholes con número par de átomos de carbono ($\text{C}_{19} - \text{C}_{30}$), también la identificación de ésteres con una cadena C_{45} permite asociar el material de base con cera de abejas. Otra significativa proporción de alcanos con número impar de átomos de carbono $\text{C}_{15} - \text{C}_{31}$ evidencian la adición de parafina a la pasta. Por otra parte, han sido identificados varios ácidos resínicos de tipo abiético y pimárico, revelando la presencia de una resina diterpénica de la familia de las *Pinaceae*, específicamente colofonia.

Por otra parte, se muestra el cromatograma obtenido del análisis del barniz superficial (fig. 23), en el que se detectan los picos correspondientes a los derivados de los ácidos resínicos de tipo abiético y pimárico, indicando también la presencia de una resina diterpénica de la familia de las *Pinaceae*. Aunque es difícil distinguir desde el punto de vista cualitativo entre resinas de colofonia de diferente origen, sí llama la atención la disminución significativa de los picos correspondientes a los ácidos sandaracopimárico e isopimárico presentes en el barniz, respecto a la resina identificada en la pasta de cera. Este hecho induce a pensar que el barniz pudo haber sido aplicado con una resina de diferente origen a la empleada en la elaboración de la pasta, pudiendo corresponder quizás al material utilizado en la última restauración de las esculturas, lo que concuerda con la documentación disponible.

CLASIFICACIÓN MÉTODOS LIMPIEZA (según fuentes documentales)		
Método	Materiales	Tipo de acción
Tradicional	Mantequilla	- Retira la suciedad sin ablandar la cera - Deja una película grasa antiestética que atrae al polvo - Precisa lavado de la superficie con metanol
Mecánico	Cepillo suave	- No elimina la suciedad y puede rayar la superficie
Solución acuosa	Agua destilada	- Elimina el polvo superficial, pero no la suciedad adherida
	Agua destilada + tensoactivo aniónico (Lissapol) al 2%	- La cera se ve algo más brillante y limpia - Se evita la saponificación de la cera - Aclarado con agua destilada
	Jabón Howard B30 en una solución acuosa entre el 3-10%	
	Agua destilada + amoníaco al 5%	- No elimina veladuras, limpia bien pero insistiendo: reblandece la cera - Riesgo de blanquear la superficie por saponificación
	Agua destilada + amoníaco al 10%	- Elimina la suciedad más deprisa sin reblandecer la superficie - No elimina veladuras y parece retirar el barniz - Riesgo de blanquear la superficie por saponificación
Disolventes orgánicos	Trementina de Venecia	- Riesgo de dejar depósitos de color marrón sobre la superficie al evaporar, por la tendencia de la cera a re-endurecer
	Acetona	- Parece que queda limpio pero elimina las veladuras
	Tolueno	- Elimina la suciedad, pero también las veladuras y la pátina de la cera

Tabla 1.
Clasificación de los métodos de limpieza según fuentes documentales

PROCESO DE INTERVENCIÓN

ALGUNOS ANTECEDENTES EN LAS FUENTES DOCUMENTALES

Las técnicas de intervención específicas para la conservación de modelos anatómicos en cera se han puesto a punto en las últimas décadas, en gran medida tras el reconocimiento del enorme valor artístico e histórico de las mismas, pero en el momento presente, la restauración aplicada carece de un corpus experimental sólido.

En la Tabla 1 se recogen los principales sistemas de limpieza referidos en la bibliografía específica (Murell:

1971; VV.AA.: 1975), y se exponen algunos de los problemas derivados de su uso. Uno de los métodos tradicionales ha consistido en friccionar la superficie de la pieza con mantequilla, lo que permitía retirar la suciedad sin ablandar la cera, si bien se trata de un modo de proceder desacertado ya que dicha sustancia deja una película grasa que no sólo es antiestética sino que además puede atraer al polvo, por lo que en vez de solucionar el problema, lo potencia aún más. Por otra parte, la limpieza con disolventes es una operación crítica y, en muchos casos, puede ser suficiente con el uso de métodos acuosos. El sistema más suave indicado en las fuentes consultadas es la aplicación mediante hisopo mojado de una solución de agua destilada con la adición de un 2% de Lissapol (o jabón Howard B30 entre el 3 y el 10%), siendo imprescindible el aclarado con agua



Figs.
24 y 25.
Testado
realizado para
proceder a la
eliminación de
la película de
recubrimiento

destilada. Se hace referencia también al uso del amoníaco diluido en agua, en una proporción muy baja, si bien se ha comprobado que existe un elevado riesgo de blanquear la superficie debido a la saponificación de la cera. La mayoría de los estudios recomiendan como disolventes el cloroformo, el tolueno, el xileno y la nafta, y coinciden en un uso restringido de la esencia de trementina ya que además de disolver la cera deja un depósito marrón al evaporar.

Desde nuestro punto de vista, cualquier actuación de restauración que pretenda afrontar un proceso de limpieza en un modelo anatómico en cera deberá adecuarse a los requerimientos estéticos de cada pieza y a su estado de conservación. El objetivo a alcanzar sería, en el supuesto de que esta no presentase una película de protección final, aligerar suavemente la suciedad depositada sobre la escultura, sin disolver en ningún momento la cera ni perder detalle de la superficie; pero

la mayoría de los modelos ya no se muestran con su acabado estético original (sin barniz), sino que se presentan ante nuestros ojos cubiertos con gruesas capas de barnices, unas veces de resinas naturales y otras sintéticas, que transforman en grado sumo la intención del artista pues el aspecto aterciopelado de la cera se aproxima cada vez más al del plástico de un muñeco.

SELECCIÓN DEL SISTEMA DE LIMPIEZA

Concluida la fase de caracterización de materiales (originales y añadidos) y conocidos los procesos de alteración, se opta por realizar una serie de ensayos en zonas poco comprometidas de la pieza para determinar el disolvente más eficaz (fig. 24). Un inconveniente importante para resolver en el proyecto de limpieza de la escultura es el hecho de que ambas resinas sean de la misma naturaleza, es decir, resinas de colofonia ya que tanto la que ha sido empleada en la elaboración de la pasta, como la que está en el barniz de protección, pueden presentar una solubilidad semejante ante el sistema de limpieza que se seleccione. Por otra parte, el oscurecimiento de la resina superficial demanda la eliminación del barniz de forma total, ya que de esta manera será posible recuperar el aspecto original de la pieza, permitiendo realizar una correcta lectura de la misma y así mostrar de forma perceptible la función para la que fue creada la escultura.

A partir de estas premisas se decidió realizar ensayos de solubilidad con el test que contempla el uso de ligroína, acetona y etanol (Tabla 2) propuesto por Cremonesi (Cremonesi: 2004). En este caso nos planteamos que con la combinación de un disolvente apolar como la ligroína y otro de mayor polaridad como la acetona o el etanol, podíamos llegar a realizar una mezcla con la proporción adecuada de modo que nos permitiera la eliminación selectiva de la resina de colofonia presente en el barniz, sin extraer el material de la masa de cera de abeja, parafina y resina de colofonia identificada en la escultura. No obstante, el carácter lipófilo de todos los componentes, tanto de la masa de la escultura como del barniz, hacía complicado el proceso de limpieza.

mezcla	ligroina	acetona	etanol	/d	/p	/h
L	100	0	-	97	2	1
LA1	90	10	-	92	5	3
LA2	80	20	-	87	8	5
LA3	70	30	-	82	11	9
LA4	60	40	-	77	14	7
LA5	50	50	-	72	17	9
LA6	40	60	-	67	20	11
LA7	30	70	-	62	23	15
LA8	20	80	-	57	26	17
LA9	10	90	-	52	29	19
A	0	100	-	47	32	21
LE1	90	-	10	91	4	5
LE2	80	-	20	85	5	10
LE3	70	-	30	79	7	14
LE4	60	-	40	73	8	19
LE5	50	-	50	67	10	23
LE6	40	-	60	60	12	28
LE7	30	-	70	54	13	33
LE8	20	-	80	48	15	37
LE9	10	-	90	42	16	42
E	0	-	100	36	18	46
AE1	0	75	25	44	29	27
AE2	0	50	50	42	25	33
AE3	0	25	75	39	21	40

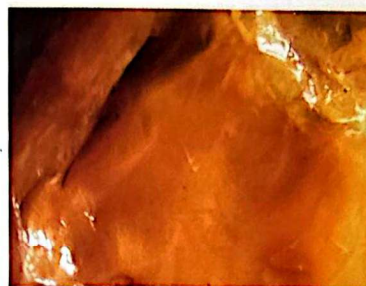
Tabla 2.
Test de Cremonesi

Se lograron resultados aceptables en cuanto a la extracción del barniz con la mezcla LA6 (40% de ligroina y 60% de acetona v/v) (fig. 25). Esta mezcla presenta parámetros de solubilidad Fd:67; Fp:20 y Fh:13 indicando así que es una mezcla poco polar, muy próxima a la zona de solubilidad donde se encuentran las resinas naturales menos envejecidas, y fuera del área de solubilidad de las ceras, según el diagrama para productos naturales (KLEINER: 1991). No obstante, el hecho de que la cera de la pasta de la escultura estuviera mezclada con resina de colofonia, hacía que la localización de la misma estuviera realmente desplazada hacia el área de solubilidad de los barnices naturales y no tan delimitada en la zona de las ceras puras dentro del triángulo de solubilidad, por lo que de cada algodón de prueba se realizó un análisis mediante GC-MS para realizar el control de los materiales extraídos en los ensayos con los distintos disolventes.

El inconveniente que presentó la mezcla LA6 consistió en que no era suficiente el tiempo de contacto del disolvente con la resina como para provocar el hinchamiento y posterior solubilidad de todo el material de manera uniforme, con gran probabilidad debido a la alta volatilidad que aporta la acetona a esta mezcla. En la superficie de la escultura se observaban



Fig. 26.
Prueba de
limpieza con
LA6



Figs.
27, 28 y 29.
Reacción
ocasionada por
la acetona en la
película del
barniz:
formación de
pasmados y
grietas
superficiales

pasmados y grietas superficiales del recubrimiento producidas por la separación irregular de la película de barniz (figs. 26-28).

A partir de estos resultados se escogió la mezcla LE6 (40% de ligroina y 60% de etanol v/v) cuyos parámetros de solubilidad son: Fd:60, Fp:12 y Fh:28 manteniéndonos



Fig. 30. Detalle del proceso de limpieza de rostro del feto. Museo de Anatomía, Facultad de Medicina (Universidad Complutense de Madrid)



Fig. 31. Detalle de la figura tras la eliminación del barniz



Fig. 32. Detalle de la espalda del feto y del cordón umbilical durante la fase de limpieza

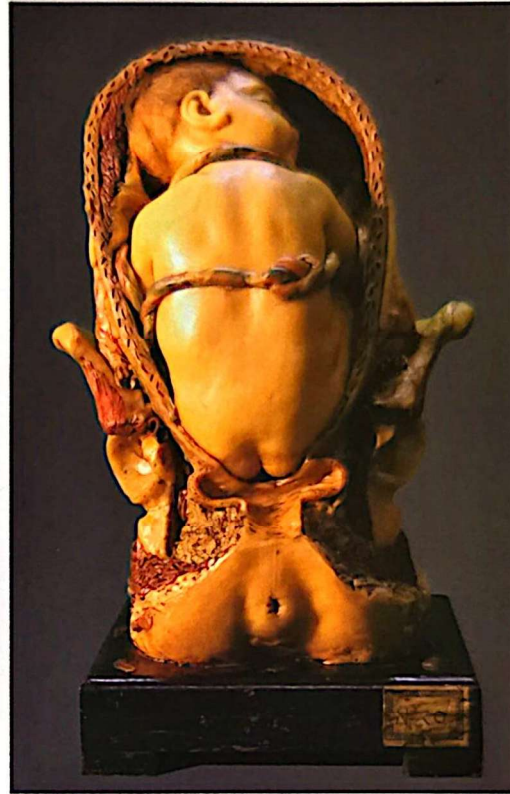


Fig. 33. Modelo anatómico concluida la operación de limpieza

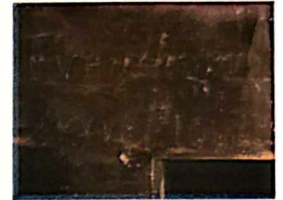


Fig. 34. Peana completamente repintada antes de comenzar la restauración



Fig. 35. Recuperación de las firmas de los autores del modelo anatómico tras la eliminación del repinte

también en una zona de solubilidad de resinas naturales y fuera del área de las ceras puras. Los estudios mediante GC-MS del material extraído en los hisopos de prueba indicaron que con esta mezcla sólo se extraía resina de colofonia, lo que permitía concluir que no se arrastraba la pasta de cera y resina que conforma la escultura; ya que de ser así, necesariamente se tendrían

que detectar señales correspondientes a la cera de abejas, dado el carácter lipófilo de ambos componentes, y por ende, la mezcla tan estable que se establece entre estos dos materiales. Por esta razón consideramos que era poco probable que se realizara una extracción selectiva sólo de la resina presente en la masa de la escultura.

Desde el punto de vista metodológico, la operación de limpieza se ha efectuado mediante la aplicación de la mezcla seleccionada con ayuda de hisopos que, por contacto mínimo, nos ha permitido hinchar la resina del barniz no original y llevar a cabo su eliminación completa de la superficie de la escultura (fig. 29). La extraordinaria sensibilidad de la cera frente a cualquier método por frotación puede hacer aconsejable el uso de tisú o de papel japonés que actúen como material intermedio a fin de no causar ningún arañazo o rayado con carácter irreversible. Se ha actuado sobre superficies muy pequeñas y en tiempos muy cortos, dejando evaporar los disolventes de la mezcla seleccionada para, de ese modo, permitir a la cera recuperar su dureza inicial (figs. 30-32); la operación ha sido repetida varias veces hasta obtener el acabado conveniente que garantizase la óptima conservación de la obra.

Concluido del proceso de limpieza, la pieza ha recuperado sus calidades estéticas ocultas por capas de suciedad y películas de recubrimiento añadidas con el paso del tiempo (fig. 33), pero también se ha descubierto la autoría de la misma al localizar debajo de un repinte en la peana, las firmas de los dos responsables de la fabricación del modelo (figs. 34-35), el escultor Franceschi (discípulo de Fontana, uno de los más importantes artistas de ceroplástica de Italia) y el cirujano Smellie (médico anatomista escocés, famoso por sus tratados y disecciones en el campo de la obstetricia); la eliminación del repinte ha posibilitado también determinar la numeración de serie de la escultura, lo que permite plantear la hipótesis de que el resto de las piezas de obstetricia también se deban a la colaboración de ambos expertos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento al Vicerrectorado de Cultura y Deporte de la Universidad Complutense de Madrid y a la Dirección del Museo de Anatomía de la Facultad de Medicina.

BIBLIOGRAFÍA

- BALLESTRIERO, R. *La ceroplastica splendore ed eclissi dal Rinascimento al Romanticismo*. Venecia: Tesis inédita Accademia di Belli Arti di Venezia, 1997.
- BUCCI, M. *Anatomia come arte*. Florencia: Il Fiorino, 1976.
- BURMEISTER, M.R. *Popular anatomical museums in nineteenth-century England*. PhD thesis. Rutgers University, 2000.
- CREMONESI, P. *L'uso dei solventi organici nella pulitura di opera policrome*. Saonara, Padua: Il Prato. 2004, p.101-103.
- HAVILAND, Th. N.; LAWRENCE, Ch. P. "A Brief Account of the Use of Wax Models in the Study of Medicine", *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, 1970, vol. XXV, nº1, p.52-75.
- KLEINER, M. L. *Les solvants*. Bruselas: Institut Royal du Patrimoine Artistique, 1991.
- LEMIRE, M. "Representations of the human body: the colored wax anatomical models of the 18th and 19th centuries in The Revival of Medical Instruction", *Surgical and Radiological Anatomy*, 1992, 14, p.283-291.
- MARRERO, D.; BRAVO, L. G.; GONZALEZ, V. "Desarrollo de un método analítico por CG con columna capilar para la determinación de alcoholes de alto peso molecular en extractos de cera de caña". *Centro Nacional de Investigaciones Científica. Ciencias Químicas*, vol. 37, nº 3, La Habana: 2006, pp.131-132.
- MURELL, V. J. "Some aspects of the conservation of wax", *Studies in Conservation*, 1971, 16, pp.95-108.
- PREMUDA, L. "Ceroplastique et médecine", *Image*, 1972, 48, pp.17-24.

ROJAS, J.; MORALES, A.; MECCIA, G.; RONDÓN, G.
"Análisis por CG/EM de hidrocarburos y compuestos
terpénicos en las especies *Euphorbia caracasana* Boiss Y
Euphorbia cotinifolia L. (EUPHORBIACEAE)".
<http://www.relaquim.com/archive/2008/p2008361-22.pdf>
[Consulta 16/ 12/ 2008]

SHUTERLAND, K. "Derivatization using m-(trifluorimethyl)
pheniltrimetilamonium hydroxide of organic materials in
artworks for analysis by gas chromatography-mass
spectrometry: unusual reactions products with alcohols",
Journal of Chromatography A, 2007, 1149, p.30-37.

VV.AA. *La ceroplastica nella scienza e nell'arte. Atti del I
Congresso Internazionale, Firenze, 3-7 giugno*. Florencia:
Leo S. Olschki Editore, 1975.

CURRICULUM VITAE

ALICIA SÁNCHEZ ORTIZ

*Profesora Titular del Departamento de Pintura-Restauración
de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de*

*Madrid. Doctora en Bellas Artes por la Universidad Complutense.
Desde el 2006 miembro del Grupo de Investigación UCM
930735 "Investigación cromática: aspectos técnicos, formales
y de significado en la expresión del color a través del arte".*

ANDRÉS SÁNCHEZ LEDESMA

*Licenciado en Bioquímica por la Universidad de La Habana.
Director técnico de la empresa Arte-Lab S.L. Químico de la
Fundación Thyssen-Bornemisza y Profesor Asociado de la Facultad
de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid.*

SANDRA MICÓ BORÓ

*Licenciada en Bellas Artes por la Universidad Complutense.
Becaria y Colaboradora Honorífica del Departamento
de Pintura-Restauración de la Facultad de Bellas Artes de la
Universidad Complutense de Madrid.
Máster en Bienes Culturales: Conservación y Exposición.*

FERMÍN VIEJO TIRADO

*Profesor Titular del Departamento de Anatomía y Embriología
Humana de la Universidad Complutense de Madrid.
Doctor en Medicina por la Universidad Complutense de Madrid.*