

# La restauración de esculturas en cera: revisión histórico-crítica a los sistemas de limpieza

Sandra Micó Boró y Alicia Sánchez Ortiz

## Resumen

Desde tiempos inmemoriales la cera ha ocupado un lugar en la producción artística, especialmente como imitación del cuerpo humano. Precisamente el elevado grado de verosimilitud obtenido en relación al espécimen diseccionado contribuyó a que hacia mediados del siglo XVII se difundiese la costumbre de elaborar modelos artificiales en cera para la enseñanza de la medicina. Las pastas cerosas empleadas para la creación de este tipo de esculturas suelen estar compuestas por mezclas moleculares muy complejas, lo que supone un factor intrínseco de deterioro debido al desarrollo de procesos físico-químicos de alteración que pueden afectar a la supervivencia de la pieza. Y aunque los materiales y métodos utilizados para su restauración han sido variados, sin embargo son escasos en la literatura técnica los estudios científicos que aborden, desde un punto de vista crítico, los efectos a largo plazo, las garantías y el respeto del original a conservar.

En este artículo se propone una revisión histórica de los sistemas de limpieza aplicados a esculturas de cera, mediante una reflexión sobre las ventajas e inconvenientes que cada sustancia y su metodología de empleo conllevan, atendiendo a los criterios deontológicos para afrontar este tipo de procesos, tan delicados e irreversibles, con el objetivo último de minimizar sus posibles riesgos.

## Palabras clave

Esculturas en cera, sistemas de limpieza, material filmógeno, sistemas acuosos, tensioactivos, disolventes orgánicos

Facultad de Bellas Artes.  
UCM.

smicob@gmail.com

alicans@ucm.es

Recibido: 13/04/2013  
Aceptado: 21/04/2014

## The restoration of wax sculptures: a historical and critical revision of cleaning systems

From time immemorial wax has held a place in artistic production, especially in the imitation of the human body. Around the mid-17th century high level of verisimilitude to the dissected body precisely contributed to the elaboration of wax anatomical models for teaching Medicine. Waxy pasties employed for this type of sculptures are usually composed of very complex molecular combinations. So that they are intrinsically prone to deterioration due to the development of physicochemical alteration processes, which can affect the survival of the piece. Although materials and methods used for their restoration have been varied, scientific studies are nevertheless limited in technical literature which, from a critical point of view, deal with the long-term effects, the guarantees and the respect of the original to be preserved. This paper proposed a historical revision of cleaning systems applied to wax sculptures, considering the advantages and disadvantages of each substance and its methodology of use. Deontological criteria have been taking into consideration to tackle these procedures, so delicate and irreversible, with the ultimate aim of minimizing their possible risks.

### Keywords

Wax sculptures, cleaning systems, film-forming materials, aqueous systems, surfactants, organic solvents

## Introducción

La cera se ha empleado desde la Antigüedad para un sinfín de actividades, no sólo con propósitos técnicos –como sellador, adhesivo o iluminador–, sino también con fines devocionales, mágicos, funerarios, artísticos y médicos, gracias las múltiples posibilidades que este material ofrece al escultor, destacando entre ellas su extraordinaria capacidad de imitar el tejido humano.

Maleable y fácil de trabajar, la principal característica del material céreo es la capacidad de reproducir con total fidelidad al ejemplar del que es copia; y por ello, en la época dorada de la anatomía, entre los siglos XVI y XVIII, surgieron como expresión plástica de la estrecha asociación entre la ciencia y el arte los modelos artificiales en cera, esculturas de bulto redondo que permitían al estudiante de anatomía comprender el funcionamiento del cuerpo humano, como alternativa viable a las preparaciones disecadas, tan difíciles de conservar. Pero no sería hasta finales del siglo XVIII y principios del XIX cuando estos alcanzaron su mayor apogeo, formando parte de las principales escuelas y facultades de medicina europeas hasta extenderse también a las colecciones privadas de la sociedad burguesa del momento. Poco a poco y coincidiendo con los avances técnicos, estos objetos dejaron de ocupar un puesto relevante en las cátedras de las facultades de Medicina y terminaron por ser relegados a las salas de los museos universitarios, siendo entonces considerados meros objetos de contemplación.



**Imagen 1.** Vista general de una de las salas del Museo de Anatomía “Javier Puerta”, Facultad de Medicina, Universidad Complutense de Madrid.

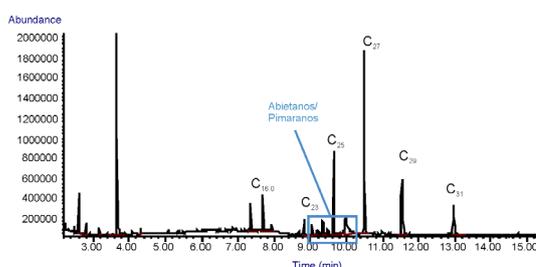
**Imagen 2.** Cromatograma obtenido para una de las muestras de la pasta cerosa. Análisis realizado por los Laboratorios de Análisis Científicos de Bienes Patrimoniales del Instituto de Restauración del Patrimonio de la Universitat Politècnica de València.

## Caso específico: problemática de la Colección de Madrid

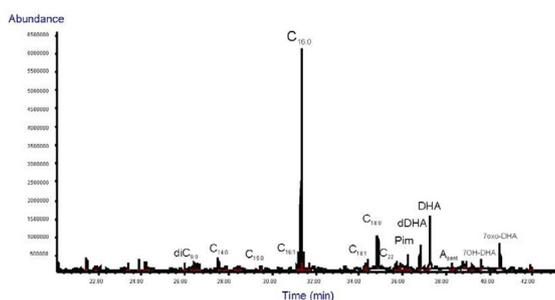
Herederos del Gabinete Anatómico creado en el Real Colegio de San Carlos de Madrid a finales del siglo XVIII, el *Museo de Anatomía "Javier Puerta"* de la Facultad de Medicina, en la Universidad Complutense de Madrid, conserva una interesante colección de modelos anatómicos de cera de gran calidad, tanto por la diversidad de los modelos como por el valor histórico-artístico (imagen 1). La conformación de un "Gabinete Anatómico y Patológico" estaba prevista ya en los primeros informes elaborados por Antonio Gimbernat, profesor de Anatomía del Real Colegio de Cirugía de Barcelona y primer codirector de este Real Colegio de Madrid junto a Mariano Ribas, catedrático del Real Colegio de Cádiz y cirujano de la Real Armada. Las piezas más antiguas fueron resultado de la estrecha colaboración entre el disector anatómico Ignacio Lacaba, catedrático de Anatomía, y los artistas Juan Cháez, escultor malagueño que había trabajado para el infante don Luis de Borbón, y el italiano Luis Franceschi, ceroplasta formado posiblemente en alguno de los talleres florentinos famosos del momento.

Dependiendo de la época y de la zona geográfica de manufactura –países mediterráneos o del norte de Europa–, así como del fin perseguido, las complejas pastas cerosas han presentado algunas variaciones en su composición. Aunque el material mayoritario ha sido siempre la cera de abejas, ceras como espermaceti, carnaúba, de Japón o candelilla, entre otras, también pueden encontrarse formando parte de su constitución. A la combinación simple inicial se le añadían diversos aditivos para mejorar sus propiedades: entre estas sustancias destacan las resinas –colofonia, trementina de Venecia, etc.– cuya finalidad era la de endurecer y colorear el material; las materias grasas –como el sebo o la manteca– que ayudaban a aumentar la maleabilidad y la elasticidad de las ceras; los glúcidos –almidón o harina– que se utilizaban como adulterantes del particularmente caro material céreo, y, por último, pigmentos y colorantes –tierras, lacas rojas, carbón vegetal, azul de Prusia o malaquita, por ejemplo– que teñían la mezcla resultante. A partir del siglo XIX, y gracias a la síntesis de nuevas sustancias, materiales como la parafina o la estearina se han empleado igualmente para minimizar la cantidad de cera de abejas y de ese modo abaratar costes, sustituyendo a los previos glúcidos (Regert, Langlois y Colinart, 2005; Sánchez, Sánchez, Micó y Viejo, 2009).

Los análisis químicos realizados a algunas esculturas de la colección de Madrid mediante Cromatografía de gases/Espectrometría de masas (GC/MS) y Pirólisis-Cromatografía de gases/Espectrometría de masas (Py-GC/MS) han determinado que el material mayoritario de la pasta cerosa es cera de abejas. Asimismo, se ha comprobado que lleva incorporado como componente minoritario una resina diterpénica de la familia de las pináceas, asociada a trementina de Estrasburgo gracias a la presencia de ácido palústrico (imagen 2); además, la posible adición intencionada de grasa animal viene sugerida por la detección de ácidos grasos con número impar de átomos de carbono.



Pero la particularidad que presentan hoy en día estas esculturas de cera no está en la pasta cerosa sino en el material filmógeno que recubre las mismas, tanto en relación al tipo de sustancia utilizada como al modo de aplicación de la misma. A diferencia de la tradicional costumbre extendida en los talleres italianos del siglo XVIII de recurrir a una fina película de goma laca como capa final –la cual servía al escultor para proteger la superficie en cera de la acción de agentes contaminantes además de permitirle conseguir diversos acabados mates o brillantes dependiendo de si se deseaba imitar la piel humana o los órganos internos del cuerpo, respectivamente–, las piezas que se conservan en la colección madrileña muestran una gruesa capa de barniz de colofonia. Los análisis cromatográficos mediante Pirólisis-Cromatografía de gases/Espectrometría de masas (Py-GC/MS) efectuados a las muestras de barniz tomadas de algunas de estas esculturas han confirmado la presencia mayoritaria de una resina diterpénica de la familia de las pináceas, concretamente resina de colofonia (imagen 3).



**Imagen 3.** Pirograma extraído del análisis a una muestra de barniz. Análisis realizado por los Laboratorios de Análisis Científicos de Bienes Patrimoniales del Instituto de Restauración del Patrimonio de la Universitat Politècnica de València.

**Imagen 4.** Detalle del rostro de la Venus anatómica (n° inv. 138) donde se advierte una gruesa capa de barniz añadida.

La gruesa capa de recubrimiento, extendida de modo muy desigual, modifica considerablemente las calidades texturales, cromáticas y volumétricas de las citadas obras (imagen 4). La torpeza con la que se aplicó la película de colofonia, cuyo efecto se ha visto potenciado debido a los procesos de oxidación que con el tiempo ha sufrido la resina natural que compone el barniz, así como los fuertes desequilibrios ocasionados en los valores cromático-formales, hacen verosímil la hipótesis de que dicha capa no formase parte en origen de las esculturas y haya sido adicionada en diferentes momentos históricos dentro de un plan de mantenimiento periódico de la colección (imagen 5). Algunos datos encontrados



**Imagen 5.** Detalle del rostro de un feto de una pieza obstétrica (nº inv. 146), que representa un embarazo a término con el feto en posición cefálica. Es visible el deterioro del material a nivel superficial; además se puede observar el barniz sobre el ojo de cristal, lo que acrecienta la suposición de no originalidad del material filmógeno.



**Imagen 6.** Detalle del feto de la Venus anatómica (nº inv. 138), en posición cefálica. Se aprecian las dos capas de barniz extendidas en dos momentos diferentes.

en documentos de archivo han servido para poder constatar que desde su constitución, el Gabinete anatómico dispuso de un personal dedicado a la conservación de las piezas tanto naturales como artificiales. Si se observa con lupa binocular la superficie de algunas de las esculturas, por ejemplo la conocida como "La Parturienta" se puede comprobar la existencia de diferentes niveles o grados de barnizado. Es probable que el estrato más fino se corresponda con una primera actuación efectuada a principios del siglo XIX, mientras que las otras, mucho más bastas pueden responder a épocas más cercanas a la nuestra (imagen 6). Esta serie de estratos de barniz ha penetrado en la pasta cerosa, lo que conlleva que dichas capas de colofonia hayan formado cuerpo con ésta, modificándola químicamente.



La problemática mencionada en torno a la amalgama entre cera y colofonia, junto a la existencia de algunas veladuras de color aplicadas en diversas áreas, principalmente en los rostros de las figuras (imagen 7), dificulta en gran medida el proceso metodológico de limpieza. A este respecto es importante señalar que si bien existe una literatura abundante sobre los sistemas de limpieza para retirar o aligerar un estrato de goma laca como barniz

final de esculturas en cera, no existen publicaciones científicas que aborden el caso objeto de este estudio. La selección de sustancias que eliminan una y otra resina son heterogéneas debido a la diferencia química que existe entre ambas; mientras que la goma laca es inicialmente soluble en alcohol, la colofonia lo es en esencia de trementina, lo que hace pensar rápidamente en la desigualdad de su polaridad y, por tanto, la diversidad en el procedimiento para su remoción.

**Imagen 7.** En esta vista del rostro de un feto (n° inv. 146) se pueden ver las veladuras aplicadas tanto en las mejillas y en los labios como en el perfil de los ojos y las cejas.



Todo lo anteriormente expuesto ha llevado a este equipo de investigación a proponer un protocolo de limpieza para buscar posibles opciones de actuación en las piezas de la colección del Museo de Anatomía "Javier Puerta". En este sentido se considera que la solución más respetuosa con el original es el aligeramiento del grueso estrato de material filmógeno. A partir de este punto, y previo al desarrollo de la investigación que determine la propuesta de materiales y métodos del citado tratamiento, se ve necesario llevar a cabo una búsqueda de documentación en cuanto a este proceso de restauración sobre esculturas de cera, para lo cual se realiza una revisión histórica de los sistemas de limpieza aplicados a estas piezas, la cual se presenta en el presente artículo. A continuación, se expondrán las valoraciones del uso de cada sustancia y su metodología de aplicación, para tener en cuenta las posibles dificultades de su empleo.

## Los tratamientos de limpieza en esculturas de cera

La obra de arte es el resultado de la metamorfosis que sufren sus materiales constitutivos con la intencionalidad creadora del artista; de ese modo, alcanza una unidad indivisible esencial para mantener su equilibrio físico y estético. Si bien la acción del tiempo no supone ningún tipo de intencionalidad, la actuación de restauración sobre la obra sí puede influir considerablemente, por lo que hay que extremar la atención al máximo a la hora de intervenir, a fin de evitar causar posibles alteraciones que la transformen de manera sustancial. Una de las modificaciones más habituales sobre el objeto artístico es el envejecimiento de la película de recubrimiento, que implica una modificación de color, más amarillenta cuanto más grueso y más oxidado el estrato, lo que deriva en un cambio estético de la obra. Cuando se procede a la eliminación o aligeramiento del barniz, el restaurador introduce una nueva variable que ocasiona una mutación en la imagen y da como resultado una obra de arte modificada.

A lo largo de esta investigación, se ha podido comprobar que existe una escasa documentación relativa a los procesos de conservación y restauración de obras en cera, y más concretamente, de los tratamientos de limpieza, los cuales son considerados como una de las operaciones más importantes, por las notables implicaciones que comporta: unas de tipo formal, al modificar el aspecto estético de una imagen, y otras de carácter técnico, pues se actúa con métodos y sustancias directamente sobre las materias originales, provocando en gran parte la solubilización parcial o total y posterior remoción de los compuestos que se pretenden eliminar. Puesto que la eliminación de ciertos materiales podría comprometer la integridad estructural de la obra de arte, esta fase de restauración debe ser programada y estudiada dentro del conjunto de un proyecto global, a fin de disponer de criterios objetivos que permitan diagnosticar los posibles riesgos. El término "limpieza" se ha venido empleando para definir aquellas acciones que mejoraban la legibilidad de la imagen artística que se había visto alterada por la acción del tiempo y las manipulaciones del hombre. En esta última década, Paolo Cremonesi (2012) ha revisado la terminología de este vocablo y ha podido comprobar que los tratamientos que se realizaban bajo la misma denominación son muy diferentes abarcando desde una simple limpieza superficial, una remoción, en mayor o menor medida, de un barniz, o una reintegración o un repinte. A partir de estas premisas, el citado investigador propone utilizar dicho término únicamente para el proceso de limpieza superficial, mientras que los otros tratamientos arriba mencionados deberían pasar a ser nombrados como "remoción de materiales filmógenos". En las siguientes líneas serán estos términos los aplicados.

## Revisión de los métodos de limpieza

Como se verá a lo largo del estudio bibliográfico en cuanto a los sistemas utilizados para la limpieza y remoción de estratos filmógenos para la restauración de esculturas en cera, la mayoría de los documentos muestran actuaciones llevadas a cabo por diversos grupos, de alguna manera, artesanales y empíricas, más cercanas en criterios a los métodos del siglo XIX, mientras que sólo unos pocos, coincidentes con los más recientes, han presentado proyectos llevados a cabo por equipos multidisciplinares con un trabajo científico-técnico más exhaustivo que los precedentes.

Los primeros trabajos documentados en materia de limpieza específica para objetos y obras de arte de estas características se remontan a los años 70. En esa época ya se efectuaban pruebas no sólo con diversos disolventes o mezclas de disolventes, sino también con algunos sistemas acuosos. Desde entonces numerosos tratamientos se han ido repitiendo con los años, aunque la mayoría de las veces no se menciona que haya habido un estudio físico-químico comprobando la idoneidad o perjuicio para las obras objeto de estudio. A pesar de que muchos de los procedimientos han dado resultados satisfactorios a nivel visual, no se ha mostrado la confirmación científica de que sean igualmente adecuados en cuanto a la conservación actual y futura de estas creaciones artísticas.

## Tratamientos mecánicos

Entre los tratamientos mecánicos cabe destacar el planteamiento propuesto, durante 1970, para realizar una posible limpieza, que según los autores es considerada como "muy adecuada", a partir del uso de un método "tradicional" sobre unas muñecas religiosas del siglo XVII consistente en la fricción de la superficie cerosa con mantequilla. El autor afirma que este proceso remueve la suciedad sin ablandar la cera (Murrell, 1971).

Algunos de los autores indican la necesidad de realizar en primer lugar una remoción mecánica, en seco, de los depósitos de polvo, con la ayuda de un pincel suave (Murrell, 1971; Kühn, 1986), incluso con un cepillo suave, aunque se menciona que se debe tener cuidado pues puede erosionar la superficie en los estratos más externos (Fernández, Pugès, Zarzoso, González y Lebrón, 2002).

De igual manera, proponen emplear pinceles suaves o hisopos humedecidos para la casi totalidad de los tratamientos con soluciones acuosas o disolventes, y su posterior secado

con un pincel suave o con hisopo, secos (Murrell, 1971; Galli, 1977; Champagnac, 2002; Fernández et al., 2002; Pradier, 2011). Otros, en cambio, prestan más atención a la necesidad de aplicar el sistema elegido con un hisopo "rodado, no frotado" (Kühn, 1986), revelando que, poco a poco, se va teniendo más en cuenta la forma de aplicar una metodología determinada para intentar no dañar el objeto.

## Sistemas acuosos

Una vez eliminado el polvo superficial, se inicia el proceso de limpieza con un sistema acuoso (Murrell, 1971). En el año 1986 se encuentran las primeras referencias a la necesidad de efectuar pruebas de solubilidad al agua sobre los pigmentos localizados en los estratos superficiales de las pastas cerosas (Kühn, 1986). De todos los textos consultados, se puede comprobar que, en general, no hay una clara diferenciación entre los distintos tipos de agua empleados para estos tratamientos; mientras unos se refieren al agua destilada (Murrell, 1971; Jaeschke y Jaeschke, 1990; Fernández et al., 2002; Dal Forno, 2009), otros mencionan el agua desionizada (Galli, 1977; Gabbriellini, 2009; Berzioli et al., 2010) o el agua desmineralizada (Besnainou, 1984; Champagnac, 2002; Pradier, 2011). Uno de los estudios (Fernández et al., 2002) resalta que el agua destilada reduce la suciedad superficial y actúa sobre las partículas más adheridas. Por su parte, Guglielmo Galli (1977) menciona que tras el uso de agua desionizada para remover los restos del barro depositado sobre las tres escenas de la "Peste" de Gaetano G. Zumbo –debido a la inundación ocurrida en 1966 en el Museo di Storia della Scienza, de Florencia–, se han observado algunas opalescencias después del secado de la superficie, generadas, según el equipo de restauración, por las pequeñas partículas retenidas en la porosidad de la cera.

### *El uso de tensioactivos*

Los tensioactivos han sido ampliamente empleados para la limpieza de este tipo de obras, principalmente cuando se trata de suciedad grasa, en unas proporciones generalmente bajas, entre un 1% y un 3%, aunque en algunos casos ha llegado hasta el 5%, el 10% o incluso hasta el 15%, seguidos de un aclarado con agua destilada, desionizada o desmineralizada, variaciones éstas que dependen de las fuentes consultadas.

Son también muy diversas las posibilidades de selección de los tensioactivos. La mayoría de los autores suelen recomendar el uso de tensioactivos no iónicos (Murrell, 1971; Besnainou, 1984; Jaeschke y Jaeschke, 1990; Champagnac, 2002; Gabbriellini, 2009; Berzioli et al., 2010; Pradier, 2011), por ser considerados por éstos uno de los métodos menos agresivos, o de aniónicos, según las características específicas del caso a tratar (Murrell, 1971; Jaeschke y Jaeschke, 1990); sólo un par de ellos indican la conveniencia de aplicar un tensioactivo catiónico, Desogen. Cuando se ha comprobado la presencia de un estrato de goma laca (Dal Forno, 2009) se ha utilizado en agua destilada (1:10; 1:7), mientras que en otras circunstancias se prepara en agua destilada al 2% (Fernández et al., 2002).

El asesor científico de conservación y restauración Hermann Kühn (1986) ofrece una explicación más somera sobre estos materiales al comentar únicamente que se puede llevar a cabo una limpieza con un sistema acuoso preparado a partir de una pequeña cantidad de tensioactivo en agua, sin ni tan siquiera hacer mención al tipo de agua con la que se debería trabajar.

Dentro de los tensioactivos no iónicos que se han empleado en las obras de arte de cera se pueden citar: Lissapol al 2% (Murrell, 1971), Synperonic NDB al 3% (Jaeschke y Jaeschke, 1990) y Tween 20 al 2% (Pradier, 2011) y 5% (Gabbriellini, 2009). Los tensioactivos aniónicos se han recomendado en el supuesto de depósitos más resistentes: Howards B30, entre un 3% y un 10% (Murrell, 1971), Vulpex al 5% (Jaeschke y Jaeschke, 1990).

Sin embargo, algunos escritos presentan además una serie de ensayos previos antes de elegir el sistema más adecuado para las obras a conservar. En uno de los estudios precedentes a la restauración de tres modelos de escultura naval, las pruebas con tensioactivos se realizaron en una proporción del producto 5% en agua desmineralizada, con: Triton X-100 a pH 6-8, Synperonic N a pH ~7, y Saponin a pH 4,7 (Champagnac, 2002). Los resultados, teniendo en cuenta que los experimentos se efectuaron sobre muestras poco envejecidas, concluyeron

que ninguno de los productos testados provocaba cambios químicos en la superficie. Principalmente, se recomendaba el uso de las soluciones acuosas con los tensioactivos Tritón X-100 y Saponin, ya que con Synperonic N era necesario realizar diversos aclarados. Finalmente, el tratamiento de limpieza durante la restauración de las esculturas se efectuó, en primer lugar, con un pincel suave y, a continuación, con una solución acuosa de Saponin al 2,5% en agua desmineralizada. (Champagnac, 2002).

Otro de los ensayos escogió como sistema acuoso una solución al 2% de tensioactivo, tanto Tween 20 como Triton X-100, en agua desmineralizada. Posteriormente, el método de limpieza empleado se llevó a cabo a partir de una solución al 2% de Tween 20 para las zonas no barnizadas, con una aplicación de dicha solución durante 5 minutos sobre un papel japonés intermedio y un aclarado con agua desmineralizada (Pradier, 2011).

Por último, mencionar el proyecto de investigación entre la Galleria d'Arte Moderna de Milán y el Centro per lo Studio dei Materiali per il Restauro de Padua, llevado a cabo en 2010 con el fin de restaurar algunas esculturas en cera del citado museo (Berzioli et al., 2010). El trabajo revisa primeramente todas las condiciones acerca de los métodos y materiales más adecuados para las obras de arte en cera y, a continuación, lleva a cabo diversas pruebas sobre estas esculturas así como en probetas con diferentes sistemas acuosos, gelificados con Vanzan NF-C hasta un 1,5% (w/v), en los que cambiaba el pH (entre 6 y 7) y la conductividad (entre 4,5 mS/cm y 12,4 mS/cm); en un caso se añadió un tensioactivo, Tween 20, y en otro, un quelante, citrato de triamonio<sup>1</sup>.

Según indican estos investigadores, ninguno de los ensayos tuvo resultados aceptables para estas piezas aunque las pruebas en laboratorio sobre probetas no mostraron la remoción de material alguno entre los constituyentes de la pasta cerosa, no interactuando con los componentes de la cera, ni tampoco a nivel químico con los ácidos presentes. Por todo ello, el equipo concluyó que la ionización de los ácidos grasos que forman parte de la pasta cerosa, casi insolubles en agua, se reduce empleando soluciones acuosas con un pH ácido menor de su pKA, aunque su pH esté en torno a 7. Además indican que el tensioactivo, en estas condiciones, no tiene suficiente acción emulsionante para dispersar la cera en el agua. La conclusión final a la que se llegó con este estudio fue que no sólo las propiedades químicas de los materiales constituyentes son importantes en los procesos de limpieza, sino también la morfología de la superficie de la obra. Esto último, aseguran, es un factor tan determinante que puede comprometer un sistema acuoso que químicamente es seguro. Por ello, resaltaron la importancia de tener en cuenta el envejecimiento de la superficie, su falta de cohesión y la alteración por la migración de los componentes de la pasta cerosa.

#### *Otras sustancias empleadas en los sistemas acuosos: amoniaco y saliva*

Para el tratamiento de suciedad soluble en agua, sólo uno de los estudios (Pradier, 2011) menciona el empleo de saliva artificial, aunque reconoce que no tiene ningún resultado para este tipo de limpieza, explicación que se dará más adelante.

Por su parte, el amoniaco también ha estado presente en el uso de la limpieza y remoción de materiales filmógenos en pastas cerosas; ya Murrell (1971) reconocía que el amoniaco, muy diluido, era altamente efectivo, pero a pesar de ello, otros autores han indicado que requiere una rápida neutralización (Besnainou, 1984). En ocasiones se han realizado diversas pruebas previas de esta sustancia en solución acuosa a diferentes concentraciones, dando como resultado determinadas conclusiones, que se indican a continuación:

- 1:3, era necesario repetir el tratamiento en numerosas ocasiones, aunque daba buenos resultados, también a nivel colorimétrico, sobre las probetas preparadas para el estudio (Champagnac, 2002);
- 5%, se consideró una buena opción, que no eliminaba veladuras aunque era necesario insistir, reblandeciendo de esta manera la cera (Fernández et al., 2002);
- 10%, sí eliminaba la suciedad más rápidamente sin ablandar la superficie ni eliminar veladuras, a pesar de que removía el barniz; éste fue el sistema empleado para las zonas de mayor suciedad o más incrustada, neutralizando posteriormente con agua destilada (Fernández et al., 2002);

---

<sup>1</sup>El citrato de triamonio es un quelante y, por tanto, tiene la capacidad de unirse a iones metálicos haciéndolos solubles en agua. Más información acerca de esta sustancia en: Cremonesi, 2004b.

Si bien entonces este sistema fue considerado aceptable para la limpieza y remoción de estratos filmógenos, actualmente, como se verá en la discusión, se ha comprobado que su uso fue incorrecto, incluso perjudicial en algunas ocasiones.

## Disolventes orgánicos

A partir de lo expuesto en los documentos estudiados, se puede mencionar que ciertos equipos de trabajo indican la necesidad de efectuar un tratamiento con disolventes únicamente en algunos casos concretos (Murrell, 1971), especificando, en ocasiones, que se actuará sobre los materiales donde el sistema acuoso no pueda emplearse (Kühn, 1986). Se propone como alternativa el uso de mezclas viscosas de cera con disolventes derivados del petróleo o de disolventes de rápida evaporación, siempre y cuando el tratamiento lo realice un restaurador profesional debido a los riesgos de dañar la cera. Aunque en este último caso se está teniendo en cuenta la exigencia de la intervención de un experto, este tratamiento puede generar la creación de una nueva capa superficial que llegue a hacer cuerpo con la pasta cerosa original y sea imposible de eliminar, derivando en una modificación del estrato inicial y su consiguiente alteración, no sólo estética sino también de carácter químico.

En relación al uso de disolventes orgánicos en sí mismos, son muchas las posibilidades a elegir, aunque como señala Murrell la elección última se verá limitada por la exigencia de ciertos requerimientos; igualmente este investigador sugiere que la metodología utilizada debe ser "reblandecer ligeramente la superficie y remover la suciedad incrustada sin disolver la cera para no perder los detalles superficiales" (Murrell, 1971). Para ello indica que es preciso controlar con sumo cuidado el proceso, siendo los requisitos necesarios la rápida y completa volatilidad del disolvente. En cambio, tal como se lee en el artículo de los restauradores Richard L. y Helena F. Jaeschke (1990), se ha expresado la inconveniencia del uso de cualquier disolvente para la remoción de materiales filmógenos debido a tres aspectos fundamentales: la dificultad de controlar su acción, la tendencia al reblandecimiento de la cera y la aparición de eflorescencias en la superficie, a pesar de poder seleccionar un disolvente que actúe lentamente. El sistema propuesto por Murrell, aun siendo el mecanismo ideal de actuación, no deja de generarse dentro de un pensamiento utópico, según se deduce del comentario mostrado por los restauradores Jaeschke acerca de la problemática que puede generar el uso de disolventes orgánicos; a pesar de lo anteriormente expuesto, algunos de estos disolventes se han empleado para el tratamiento de limpieza y remoción de estratos filmógenos, como se refiere a continuación.

El cloroformo es el que más se ha empleado, a pesar de mencionarse su alta toxicidad; como alternativa a él se puede optar por otros hidrocarburos aromáticos, como tolueno, xileno o nafta, o hidrocarburos alifáticos, como White Spirit o Shellsol T, si bien la cera es muy sensible a su acción (Murrell, 1971; Jaeschke y Jaeschke, 1990). Según Murrell, el disolvente seleccionado debe aplicarse con un pincel suave en pequeñas zonas, de un centímetro aproximadamente, y a continuación es preciso retirar la suciedad extraída con otro pincel seco. Es esencial realizar esta operación de manera rápida en un tiempo aproximado de no más de dos segundos, y repetirla si se estima preciso una vez el disolvente haya evaporado y la superficie esté endurecida (Murrell, 1971). La elevada toxicidad de estos grupos de disolventes, unido a la más que probable posibilidad de solubilizar la cera, hace que no sean la mejor alternativa para efectuar este tipo de tratamientos.

A diferencia de los sistemas acuosos, de experimentación más reciente, los ensayos con disolventes ya comenzaron en los años 70. Se buscaban sustancias en las que la cera es parcialmente soluble, y entre ellos indicaban los alcoholes por tener menos toxicidad que los hidrocarburos clorurados o los aromáticos (Murrell, 1977; Besnainou, 1984). Con ello, se pretendía reducir el reblandecimiento general de la superficie y su consiguiente riesgo de desdibujar los detalles más prominentes, además de evitar el blanqueamiento de la superficie con el paso del tiempo (Murrell, 1977) o la eliminación de veladuras (Fernández et al., 2002). Asimismo, la trementina era ya entonces reprobada por su tendencia al oscurecimiento (Besnainou, 1984), al igual que la acetona por solubilizar las resinas naturales y poder, por tanto, eliminar las posibles veladuras, a pesar de no considerarse perjudicial para la cera (Fernández et al., 2002; Pradier, 2011).

El isoctano también ha sido testado en estos años; si bien es menos susceptible de solubilizar la cera sí disuelve las resinas naturales (Champagnac, 2002), por lo que no era recomendable cuando la escultura presentase una película de protección.

En cuanto a los alcoholes, se ha podido observar la utilización de dos de ellos, etanol e isopropanol, por no solubilizar la cera y por estar situados cerca del área de las resinas naturales en el triángulo de solubilidad de Teas, pudiendo pues aligerar los estratos de barniz. En general, los documentos examinados indican la mayor efectividad del segundo (Murrell, 1977; Besnainou, 1984; Champagnac, 2002). Estos alcoholes pueden ir mezclados al 50% con agua destilada o desmineralizada con la finalidad de reducir su acción. Se considera una alternativa válida para situaciones donde las partículas de suciedad estén mezcladas con la película de recubrimiento y sea necesario aligerar el estrato de goma laca, considerado no original. Se menciona, en este sentido, que es imprescindible secar rápidamente la superficie tratada para evitar la decoloración (Dal Forno, 2009; Pradier, 2011).

## Resultados y discusión

### Tratamientos mecánicos

En cuanto a las numerosas alusiones encontradas en torno al empleo de pinceles o hisopos, debido a la morbidez de la superficie cerosa, se puede indicar que su utilización debe ser muy precisa para evitar la abrasión de la cera, dado que no es posible tener un control total de la aplicación.

En referencia al uso de la mantequilla (Murrell, 1971), merece la pena recordar que ésta se mantiene sólida cuando se enfría pero se ablanda a temperatura ambiente, lo que conlleva que pueda permanecer sobre la superficie de la cera generando un efecto no deseado. Aunque podría eliminarse fácilmente, pues generalmente las grasas son solubles en hidrocarburos y en ésteres, es preciso no olvidar que esos mismos disolventes podrían solubilizar el material céreo original.

### Sistemas acuosos

Uno de los aspectos que más llama la atención cuando se revisa toda la documentación recopilada es la variación en el tipo de agua utilizada: desionizada, destilada o desmineralizada. La diferencia entre ellas está en el proceso de su obtención (Cremonesi, 2012), bien por destilación, que es el proceso por medio del cual se calienta el agua hasta el punto de ebullición y posteriormente se condensan los vapores, o por intercambio iónico, a través de columnas ácidas o básicas de polímeros sintéticos adecuados; aunque también difiere en el contenido residual de sustancias después de la purificación. La destilación remueve todos los componentes, además de cationes y aniones; por su parte, el intercambio iónico, denominado desmineralización, puede eliminar sólo algunos cationes; en el caso de la deionización, sólo se descartan ciertos cationes y aniones.

Para el supuesto de los tratamientos de limpieza y remoción de materiales filmógenos en obras de arte, es más adecuado el uso de agua desmineralizada, ya que las otras dos mencionadas –destilada o desionizada– pueden ser susceptibles de volverse ácidas, pues se han eliminado sales e iones (Cremonesi, 2012). Aunque las esculturas en cera, y especialmente en el caso de este estudio al presentar las obras una protección de resina natural, tienen una superficie ácida, es mejor controlar esta capacidad anfótera que posee el agua a partir de una solución tamponada, en la que se controlará el pH y la conductividad. En la conservación de la cera el rango de seguridad de pH adecuado se encuentra entre los valores 6 y 8, mientras que el de las resinas naturales está situado entre 5 y 6 (Cremonesi, 2012). Una solución con una conductividad adecuada, es decir similar a la de la superficie a tratar, favorece la separación de la suciedad sin interferir en la superficie de la obra, pero además permite dejar dicha superficie eléctricamente neutra para que no atrape tan fácilmente el polvo.

### Amoniaco

En el ámbito de la restauración del patrimonio, este disolvente se ha aplicado en solución acuosa produciendo hidróxido de amonio que se disocia con características de una base débil. Por esta razón, su valor de pH en medio acuoso es alto, más de 11 en una solución al 2-3%, situándose dicha cifra totalmente fuera del margen de seguridad para las obras de arte, que suele encontrarse en un valor máximo de 8,5. Además se debe tener en cuenta su alta toxicidad, con un TLV (Threshold Limit Value) de 25 ppm (Cremonesi, 2004b), cuando no es adecuado utilizar disolventes con un valor menor de 100 ppm; todo lo cual le convierte en un disolvente no recomendado.

### Saliva

La saliva humana ha sido empleada desde hace siglos por su eficacia en la limpieza de obras de arte; si bien, en los últimos años se ha puesto a punto la saliva sintética. Esta última ha sido formulada con los mismos principios activos que la natural, siendo el compuesto principal la mucina –uno de los componentes más abundantes no enzimáticos–, pero se han eliminado los problemas que puede generar sobre la obra de arte, es decir, su potencial riesgo de contaminación biológica (Cremonesi, 2002). A la vista de los buenos resultados que esta proteína, por su acción detergente, generaba en el tratamiento de limpieza de pintura de caballete y escultura policromada, una serie de estudios han comprobado con los años que su acción limpiadora se debe no tanto a su labor enzimática, sino a su capacidad de desarrollar diferentes comportamientos emulsionantes, quelantes y de concentración de iones (Cremonesi, 2010).

Uno de los problemas que presenta la saliva sintética, por su condición de material proteico, es la progresiva desnaturalización que sufre con el paso del tiempo, por lo que pierde sus propiedades emulsionantes y detergentes; en forma sólida puede durar entre seis y nueve meses, mientras que en solución acuosa ya preparada, de diez a quince días (Cremonesi, 2002). Asimismo, tal como indica el investigador Paolo Cremonesi, es muy sensible al pH; tiene un pH neutro aunque puede utilizarse en soluciones ligeramente ácidas (pH 6) para solubilizar materiales proteicos, o básicas (pH 8), en el caso de querer eliminar sustancias grasas (Cremonesi, 2002). De ello se deduce que, en el caso concreto de esculturas en cera, hay que tener en cuenta que la solución acuosa debe tener un pH ácido para no interferir con la pasta cerosa; en cambio, para poder eliminar la suciedad superficial localizada sobre estas piezas, que generalmente suele ser grasa, dicha solución debiera mostrar un pH básico. Por ello, a la vista de lo anteriormente descrito, puede entenderse que el uso de saliva artificial para el tratamiento de limpieza de esculturas en cera no mostrara resultado alguno.

### Tensioactivos

Los tensioactivos tienen una acción particular, actuando sobre la tensión superficial de un líquido en que se han disuelto, además de operar como detergentes; aunque se deben tener en cuenta algunas consideraciones sobre los tensioactivos propuestos en los estudios previos a la hora de decidir o no su posible uso. En la Tabla 1 se observan los datos correspondientes al pH de cada uno de los tensioactivos empleados en los escritos analizados, para una utilización correcta de los mismos.

**Tabla 1.** Clasificación de los tensioactivos empleados en los escritos analizados, junto a los datos correspondientes al pH de cada uno de ellos.

Tensioactivos		pH
No iónico	Saponin	4 - 7 (5% sol. ac.)
	Synperonic N	7 - 8,5 (10% sol. ac.)
	Triton X-100	6 - 8 (5% sol. ac.)
	Tween 20	7
Aniónico	Howards B30	> 7
	Vulpex	9,3 (1% sol. ac.)
Catiónico	Desogen	7 (1% sol. ac.)

Como tensioactivo catiónico destaca Desogen, que actualmente se encuentra en el mercado como Neo-Desogen. Compuesto por sales de Benzalconio, presenta un valor de pH 7 en una proporción al 1% en solución acuosa, y mayoritariamente se emplea como agente antibacteriano, pues sólo tiene de hecho una modesta capacidad emulsionante y detergente (Cremonesi, 2004b). Sin embargo, muestra una acción detergente cuando se emplea a una concentración por encima de su CMC (Concentración Micelar Crítica), lo que puede conllevar un posible riesgo de dejar residuos en la superficie.

Asimismo se han utilizado dos tensioactivos aniónicos, basados en oleato de potasio, Howards B30 y Vulpex. El primero generalmente es soluble en agua con un pH mayor de 7, pero lo más importante a tener en cuenta es que se trata de uno de los jabones más tóxicos, por lo que debería quedar descartado su uso. El segundo, Vulpex, se presenta en todas las fichas técnicas como no corrosivo, no espumante y no peligroso, pero se debe considerar que al 1% en solución acuosa ya muestra un pH de 9,3, situándose en consecuencia fuera de los márgenes de seguridad para el tratamiento de restauración. Se han realizado numerosos estudios para su control de residuos, y se ha visto que a un 2,5% en solución acuosa queda un ligero residuo en superficie cuyos daños principales son: aplanamiento de la superficie, desprendimiento y disgregación de partículas en superficie, así como la aparición de fisuras (Sánchez, Muro y Gayo, 2008; Sánchez-Ledesma, Muro-García y Gayo-García, 2010). A tenor de lo expuesto, ninguno de los dos tensioactivos previos se debería considerar a la hora de realizar un tratamiento de limpieza o remoción de materiales filmógenos sobre obras de arte, especialmente en cera por la acidez de este material.

El resto de tensioactivos utilizados en la literatura revisada son no iónicos: Saponin, Synperonic N, Triton X-100 y Tween 20. Son los más versátiles pues se trata de sustancias neutras y, por tanto, pueden emplearse en ambiente ácido o básico (Cremonesi, 2004b). De todos ellos destacar, por un lado, Synperonic N, conocido previamente como Lissapol N, pues se prohibió su uso primero doméstico y después también industrial, quedando como alternativas Synperonic 9/16 o Synperonic A7 (Wolbers, 2005). Por su parte, Triton X-100, por su similitud en estructura al Synperonic N, también tiene una componente dañina no sólo para el medioambiente y el organismo, sino que además puede iniciar reacciones de degradación de los materiales de la obra al ser susceptible de formar peróxidos (Cremonesi, 2004b), por lo que se recomienda su sustitución por otro tensioactivo con unas características análogas de HLB (13,4) (Wingham y Fields, 2001; Wolbers, 2005).

## Disolventes orgánicos

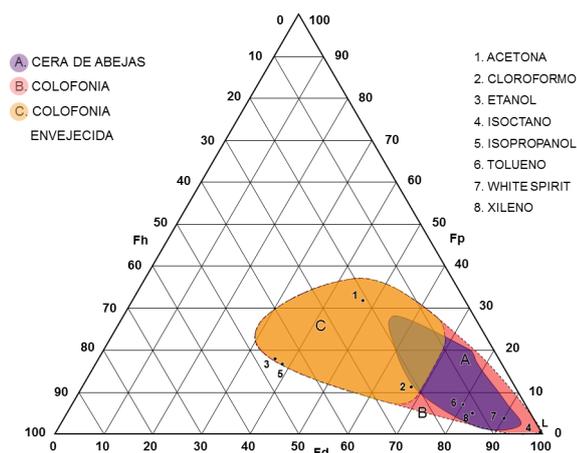
En cuanto al uso de disolventes orgánicos para los procesos de limpieza y remoción de estratos filmógenos en esculturas de cera, hay que tener en cuenta diversas propiedades de estos materiales antes de elegir los más adecuados para cada caso concreto. En primer lugar, el restaurador debería optar por disolventes no aromáticos ya que el contenido aromático influye profundamente en la acción de dicho disolvente. Una alternativa podría ser el empleo, por ejemplo, de derivados del petróleo a los que se les pudiera añadir cantidades controladas de compuestos aromáticos para obtener gran precisión a la hora de controlar la acción disolvente (Feller et al., 1985).

Además, una propiedad relevante es la volatilidad de un líquido, la cual depende principalmente de su punto de ebullición y la presión de vapor. Para ser volátil un fluido debería tener una presión de vapor alta y un punto de ebullición bajo; pero en la práctica, se usa la velocidad de evaporación relativa para considerar la evaporación de un disolvente. Asimismo hay que tener en cuenta la penetración del líquido, medida por la tensión superficial y la viscosidad (Cremonesi, 2004a); en el caso de los tratamientos de limpieza y remoción de estratos filmógenos, el disolvente debería mostrar una capacidad de penetración baja, a partir de una viscosidad alta y una tensión superficial baja, pues de lo contrario mostraría un escaso poder humectante de la superficie.

Liliane Masschelein-Kleiner propuso una clasificación de disolventes relacionada con su retención frente a estratos porosos, de muy alta –como es el caso de la trementina– a baja retención –por ejemplo, los hidrocarburos más saturados, tolueno o acetona– pasando por alta retención –como pueden ser los alcoholes superiores– y retención media –alcoholes,

amoniaco, agua o xileno, entre otros–; dicha clasificación se refleja en la curva de retención y evaporación (Masschelein-Kleiner, 1991).

Igualmente importante es la polaridad del disolvente, teniendo en cuenta además la polaridad del material a remover y a conservar. Los parámetros de solubilidad son interpretaciones numéricas de las fuerzas de atracción entre moléculas (*fd*: fuerzas dispersivas, *fp*: fuerzas polares, y *fh*: puentes de hidrógeno) que permiten ordenar los disolventes en cuanto a su polaridad, de menos polares –como el isooctano (*fd*: 100)– a más polares –como el agua (*fd*: 18)–. En el Gráfico 1 se muestran los disolventes empleados en los textos analizados en este estudio, situados según su polaridad en el triángulo de Teas, donde además se ha localizado la zona de solubilidad de la cera de abejas y la colofonia, reciente y envejecida.



**Gráfico 1.** Triángulo de Teas donde se han situado los disolventes empleados en la literatura estudiada. Igualmente se puede observar la zona de solubilidad de la cera de abejas, la colofonia y la colofonia envejecida.

Estas premisas son un asunto primordial cuando se selecciona un disolvente para procesos de limpieza en general. Pero se debe tener en cuenta además la superficie del objeto, pues pueden aparecer pasmosos, por ejemplo, si se eligen disolventes demasiado volátiles. Esto puede servir para el caso de las protecciones de resinas naturales con el uso de acetona, por ello en el supuesto de remoción de materiales filmógenos son recomendables las mezclas de disolventes en lugar de un único disolvente.

A continuación, se exponen las propiedades más representativas de los principales disolventes empleados en los textos estudiados, para poder tener una clara referencia sobre su conveniencia o no de aplicación.

#### Acetona

Se trata de un disolvente muy volátil que, como se ha mencionado previamente, puede generar pasmosos en las películas de protección, debido a una condensación de humedad por enfriamiento de la superficie (Matteini y Moles, 2002). A pesar de ello, puede ser bastante inocua siempre y cuando se minimice el contacto con la superficie, se emplee una cantidad pequeña de producto y se mantenga el adecuado tiempo de evaporación (Feller et al., 1985). Una alternativa podría ser la metil-etil-cetona, disolvente con una solubilidad similar a la acetona, aunque menos volátil y menos tóxico.

#### Etanol e isopropanol

Por su condición de alcoholes, estos dos disolventes son polares al igual que la acetona, y apenas hay diferencia entre sus parámetros de solubilidad. La característica más interesante que los distingue es la penetración en las películas porosas. La viscosidad del alcohol etílico (1.08 Cp. a 20 °C) es ligeramente más baja que la del alcohol isopropílico (2.22 Cp. at 20 °C); sin embargo, la tensión superficial es más alta en el primero (etanol: 22.9 dyn/cm a 20 °C; isopropanol: 21.7 dyn/cm a 20 °C). A la vista de estos parámetros, la penetración del etanol será más alta que la del isopropanol. Asimismo, hay que tener en cuenta en ambos casos que la baja difusión del disolvente provoca una mayor penetración con el hisopo que a partir de una única gota, circunstancia que no ocurre con la acetona o la metil-etil-cetona (Masschelein-Kleiner, 2004).

#### *Cloroformo*

Es un disolvente con una alta penetración y una leve retención; muestra una polaridad baja por lo que solubiliza fácilmente materiales grasos. La característica fundamental de este material es su alta toxicidad, lo que lo hace no sólo no recomendable, sino a eliminar en el tratamiento de obras de arte (Cremonesi, 2000a).

#### *Isoctano*

El isoctano es uno de los disolventes menos polares entre los utilizados para la limpieza de obras de arte (*fd* 100). Como hidrocarburo alifático, penetra muy poco y tiene una leve retención en las superficies porosas, y por ello volátil. Según Stolow, los disolventes extremadamente apolares provocan un hinchamiento muy leve de la pintura, y pueden producir contracción de la película (Feller et al., 1985), por lo que es preferible emplearlos en mezclas de disolventes para el caso concreto de películas de protección de resinas naturales.

#### *Naftas*

Se trata de una mezcla de hidrocarburos rica en componentes aromáticos y naftenos, y por tanto con una polaridad más alta que los hidrocarburos saturados. No se recomienda su uso no sólo por no tener conocimiento exacto de sus componentes y porcentajes presentes en las mezclas, sino también por su alta toxicidad debida a que algunos de sus compuestos tienen un TLV menor de 50 ppm<sup>2</sup>.

#### *Shellsol T vs. White spirit*

Ambos son mezclas de hidrocarburos saturados, a partir de la destilación del petróleo, con un porcentaje de hidrocarburos aromáticos generalmente entre el 1% y el 5%; dependiendo del fabricante y del país de producción su composición puede ser algo diferente. Habitualmente, Shellsol T se emplea en Estados Unidos mientras que White Spirit es la versión europea. Como en el caso precedente, es importante conocer el porcentaje de la fracción de aromáticos por su toxicidad, especialmente el contenido real en benceno. Asimismo, sus parámetros de solubilidad están en el área de la cera, por lo que debería evitarse para la limpieza y remoción de materiales filmógenos de esculturas de cera.

#### *Tolueno y xileno*

Estos dos disolventes son hidrocarburos aromáticos, siendo el tolueno la mezcla de los tres isómeros del xileno; los parámetros de solubilidad de ambos están igualmente en la zona de la cera; por ello, convendría obviarlos para la limpieza y remoción de materiales filmógenos de objetos de cera. Como se ha visto en otros casos, se debe intentar limitar su uso en conservación debido a su toxicidad, pues ambos están en el valor límite de TLV.

## Conclusiones

Atendiendo tanto a los criterios de restauración como a los conocimientos de los materiales y técnicas actuales, no parece que muchos de los métodos tradicionales de limpieza, que se han visto previamente, ofrezcan suficientes garantías para la conservación del caso concreto que ocupa el presente trabajo, pues se ha demostrado que algunos de los sistemas utilizados en el pasado no han tenido siempre los resultados esperados. Hoy en día, gracias a la colaboración de químicos, biólogos, restauradores, historiadores, etc., se conocen los porqués de que determinados procesos no fueran del todo satisfactorios, dando las claves para seguir adelante con las investigaciones que conseguirán localizar el procedimiento adecuado.

Se ha comprobado también que la mayoría de los componentes de las pastas cerosas presentan una composición química muy similar entre sí, lo que hace muy complicada la eliminación de los estratos superficiales sin interferir en la cera. Aun así hay conceptos que sí se pueden tener en cuenta como punto de partida para el planteamiento del método más adecuado para la limpieza y el aligeramiento del material filmógeno: es preferible el empleo de un sistema acuoso pues se ha visto la dificultad de emplear disolventes orgánicos sobre estas piezas. El sistema acuoso utilizado deberá tener controladas las propiedades características del agua, pH y conductividad eléctrica, para que no se convierta en un

---

<sup>2</sup>Se recuerda que no deben emplearse disolventes con un TLV menor de 100 ppm.

tratamiento inseguro. Además, tanto la morfología como el estado de conservación de la superficie de la escultura deben estar muy presentes a la hora de elegir no sólo los materiales sino también la metodología de aplicación.

## Agradecimientos

El presente trabajo se ha llevado a cabo con la financiación del Proyecto de Investigación I + D + i, con referencia HAR2009-10679, gestionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación. Asimismo agradecer a la Universidad Complutense de Madrid por la concesión de la Beca de Formación de Personal Investigador a la autora Sandra Micó.

## Bibliografía

Barros, J.M. (2005). *Imágenes y sedimentos: La limpieza en la conservación del patrimonio pictórico*. Valencia: Institució Alfons el Magnànim.

Berzioli, M. et al. (2010). Verifica analitica dell' idoneità delle soluzioni acquose nella pulitura di sculture in cera. *Quaderno Cesmar 7, 7*. Padua: Il Prato.

Besnainou, D. (1984). *Cire et cires. Étude sur la composition, l'altération, la restauration, la conservation des œuvres céroplastiques*. Memoria de fin de estudios. Saint Denis: Institut National du Patrimoine (INP IFROA).

Champagnac, H. (2002). Étude e restauration de trois modèles de sculpture navale du XVIIIe siècle en cire rouge. *Musée national de la Marine, Paris. Recherches sur le nettoyage des œuvres en cire et cire patinée*. Memoria de fin de estudios. Saint Denis: Institut National du Patrimoine (INP IFROA).

Cremonesi, P. (2004a). *L'uso dei solventi organici nella pulitura di opere policrome*. Padua: Il Prato.

Cremonesi, P. (2004b). *L'uso di tensioattivi e chelanti nella pulitura di opere policrome*. Padua: Il Prato.

Cremonesi, P. (2010). "Rigid Gels and Enzyme Cleaning". En Fuster-López, L. et al. (Eds.). *Cleaning 2010. New Insights into the Cleaning of Paintings*. (págs. 47-48). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Instituto de Restauración de Patrimonio, Smithsonian Museum Conservation Institute.

Cremonesi, P. (2012). *L'ambiente acquoso per il trattamento di opere policrome*. Padua: Il Prato.

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.

Feller, R.L.; Stolow, N. y Jones, E.H. (1985). *On picture varnishes and their solvents*. Washington: National Gallery of Art.

Fernández, L.; Pugès, M.; Zarzoso, A.; González, A. y Lebrón, C. (2002). "La restauración de una venus anatómica de cera". *Actas del XIV Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales* (vol. I, págs. 369-378). Valladolid: Ayuntamiento de Valladolid.

Gabriellini, C (2009). ""La collezione di cere del Museo di Anatomia Patologica di Firenze. Note sulle vicende storiche, sulla tecnica esecutiva e sui restauri". *OPD Restauro*, 21, 29-41.

Galli, G. (1977). "Scheda di restauro delle tre scene della «Pestilenza» eseguite da Gaetano Giulio Zumbo". *La ceroplastica nella scienza e nell'arte. Actas del I Congresso Internazionale* (vol. II, págs. 595-606). Florencia: Leo S. Olschki.

Jaeschke, R.L. y Jaeschke, H.F. (1990). "The cleaning and consolidation of Egyptian encaustic mummy portraits". En Mills, J.S. y Smith, P. (Eds.) *Cleaning, Retouching and Coatings. Technology and Practice for Easel Paintings and Polychrome Sculpture. Preprints of the Contributions to the Brussels Congress* (págs. 16-18). Londres: The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works.

Kühn, H. (1986). *Conservation and Restoration of Works of Art and Antiquities*. London: Butterworths. Vol. 1.

Masschelein-Kleiner, L. (1991). *Les Solvants*. Bruxelles: Institut Royal du Patrimoine Artistique.

Matteini, M. y Moles, A. (2008). *La química en la restauración*. Donostia: Nerea.

Murrell, V.J. (1971). Some aspects of the conservation of wax models. *Studies in Conservation*, 16 (3), 95-109.

Murrell, V.J. (1977). "A discussion of some methods of wax conservation and their application to recent conservation problems". *La ceroplastica nella scienza e nell'arte. Actas del I Congresso Internazionale* (vol. II, págs. 715-719). Florencia: Leo S. Olschki.

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 comblement des objets en cire*. Memoria de fin de estudios. Saint Denis: Institut National du Patrimoine (INP IFROA).

Regert, M.; Langlois, J. y Colinart, S. (2005). Characterisation of wax works of art by gas chromatographic procedures. *Journal of Chromatography A*, 1091, (1-2), 124-136.

Sánchez, A.; Muro, C. y Gayo, M.D. (2008). "Determinación de residuos del jabón comercial Vulpex empleado en la limpieza de superficies pintadas jóvenes sin barnizar". *9ª Jornada de Conservación de Arte Contemporáneo* (págs. 71-81). Madrid: MNCARS, D.L.

Sánchez, A.; Sánchez, A.; Micó, S. y Viejo, F. (2009). "Cuerpos de cera: caracterización de materiales y método de limpieza en un modelo anatómico". *10ª Jornada de Conservación de Arte Contemporáneo* (págs. 53-69). Madrid: MNCARS, D.L.

Sánchez, A.; Micó, S. y Moral, N. (2012). Cuerpos de cera un patrimonio olvidado. Religiosidad, superstición o ciencia en la representación del cuerpo humano. *De Arte: Revista de Historia del Arte*, 11, 7-26.

Sánchez-Ledesma, A.; Muro-García, C. y Gayo-García, M.D. (2010). "Effects of Commercial Soaps on Unvarnished Painted Surfaces. A Pilot Study for their Assessment in Spanish Museums". En Fuster-López, L. et al. (Eds.). *Cleaning 2010. New Insights into the Cleaning of Paintings*. (págs. 49-50). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Instituto de Restauración de Patrimonio, Smithsonian Museum Conservation Institute.

Wingham, A. y Fields, J. (2001). *Synperonic N®: The Search for an Alternative*. London: Imperial College; V&A/RCA Conservation Course; The British Museum. Recuperado de: <http://www.collectablegifts.net/synperonic/synperonic.htm>. [7 mayo 2012].

Wolbers, R. (2005). *La pulitura di superfici dipinte. Metodi acquosi*. Padova: Il Prato.

