

Problemática asociada a la conservación de los materiales plásticos de moldeo

Silvia García Fernández-Villa* y Margarita San Andrés Moya*

La importancia de los materiales plásticos ha ido creciendo de forma exponencial a lo largo de los dos últimos siglos y en la actualidad muchas colecciones etnográficas, históricas y artísticas incluyen un importante número de piezas fabricadas con dichos materiales de moldeo. Su origen se remonta a la antigüedad, cuando se emplearon los primeros plásticos naturales; a este grupo pertenecen el caucho natural, el cuerno, la goma laca, el bois durci, el linóleo o el papel maché y los plásticos bituminosos. Los primeros plásticos semi-sintéticos se obtuvieron de forma fortuita ya durante el siglo XIX e incluyen materiales como el caucho vulcanizado, el nitrato y el acetato de celulosa y los plásticos de caseína. Ya a lo largo del siglo XX aparecen los plásticos sintéticos, de gran importancia a nivel industrial, tales como el PVC, el PMMA o el polietileno.

Aún en la actualidad, los problemas de conservación que plantean no siempre son bien conocidos por parte de los conservadores-restauradores. Entre ellos se encuentran los agrietamientos, descohesiones y pulverulencias, modificaciones de color, deformaciones, depósitos de exudaciones pegajosas y emanación de vapores. La presencia de algunos aditivos (principalmente plastificantes) unida a la acción de la temperatura y la luz son algunos de los agentes causantes de dichos daños, siendo la mayoría de ellos irreversibles. Cada tipo de plástico requiere unas condiciones de almacenaje y exposición determinadas, de modo que resulta imprescindible conocer con la mayor exactitud posible la composición de la pieza para adecuar las necesarias estrategias de conservación preventiva.

Palabras clave: Plásticos, materiales de moldeo, polímeros, conservación preventiva.

SOME OF THE PROBLEMS ASSOCIATED WITH THE CONSERVATION OF PLASTIC MODELLING MATERIALS

In the last two centuries the importance of plastic materials has been growing exponentially and currently many ethnographic, historical and artistic collections include a significant number of pieces made of plastic modelling materials.

Their origin dates back to antiquity when natural plastics were first being used; belonging to this group are natural rubber, rubber lacquer, Bois Durci, linoleum, paper maché and the bituminous plastics. The first semi-synthetic plastics were discovered quite by accident during the XIX century and include materials such as vulcanized rubber, cellulose acetates and nitrates and casein plastics. Throughout the XX century a variety of synthetic plastics began to appear many of which have had great industrial significance, such as PVC, PMMA and polythene.

* Dpto. Pintura-Restauración.
Facultad de Bellas Artes,
Universidad Complutense
de Madrid.

msam@art.ucm.es

Recibido: 28/11/05
Aceptado: 16/01/06

However, conservators and restorers are still unsure of how to deal with the problems of their conservation, such as cracking, de-cohesions and crumbling, colour alteration, warping, sticky exudation deposits and the release of vapours. The presence of certain additives (mainly plasticizers) together with the effects of temperature and light are some of the factors that can bring about these different types of deterioration, most of which are completely irreversible.

Because all plastics require certain storage and display conditions, it's absolutely vital that we know as much as possible about the composition of each piece in order to adopt the necessary strategies in preventive conservation.

Key words: Plastics, modelling materials, polymers, preventive conservation.

Introducción

La trascendencia que los materiales plásticos han adquirido en las últimas décadas resulta evidente; para comprobarlo, basta con observar los objetos que utilizamos en nuestra vida cotidiana. Su importancia ha ido creciendo exponencialmente a lo largo del último siglo y, en la actualidad, multitud de industrias dependen en gran medida de su existencia y versatilidad. Así, su empleo ha sido decisivo en el desarrollo de la comunicación, la tecnología médica, la industria aeronáutica y espacial, la industria textil, al igual que en el campo de la arquitectura e ingeniería.

La creciente influencia de los materiales plásticos en la evolución de la mayoría de las áreas científicas y tecnológicas, radica en que presentan ciertas propiedades de gran relevancia en el terreno industrial: resultan mucho más económicos, son buenos aislantes, y mucho más ligeros que los materiales tradicionales (lo que resulta fundamental en industrias como la del embalaje) y, además, sus métodos técnicos de obtención y procesado permiten su producción en una gran variedad de formas, acabados y colores.

El ámbito artístico y el del diseño no son ajenos a esta situación, por lo que muchos de los objetos y obras de arte que legaremos a nuestras futuras generaciones serán, en su gran mayoría, plásticos. Por tanto, los conservadores y restauradores del futuro deberán estar preparados para afrontar los nuevos retos que estos materiales plantean, entre ellos la necesidad de un profundo conocimiento de su naturaleza y la aplicación de adecuadas estrategias de conservación y restauración.

Sin embargo, en el campo de la conservación y restauración, estos materiales son relativamente desconocidos. Apenas se dispone de información sobre la problemática específica que plantean aunque, paradójicamente, tienen una presencia cada vez más relevante en las colecciones etnográficas, históricas y artísticas de los siglos XIX y XX (García y San Andrés, 2002).

¿Qué son los plásticos?

El término "plástico" se emplea para designar materiales que pueden ser moldeados mediante aplicación de calor y/o presión, y que conservan la forma adquirida de modo permanente, a diferencia de los cuerpos elásticos. Estructuralmente, pertenecen a un grupo de sustancias conocidas como *polímeros*, término de origen griego que significa "varias partes", y que hace referencia a compuestos orgánicos de elevado tamaño molecular, constituidos por una cadena de unidades enlazadas mediante enlaces de tipo químico. Cada tipo de plástico se designa mediante el prefijo *poli* al que le sigue el nombre de su monómero de partida; así, por ejemplo el *polietileno*, es el polímero formado por la unión o polimerización del monómero *etileno* y el *policloruro de vinilo* deriva del monómero *cloruro de vinilo*.

Muchos de los plásticos que hoy conocemos se empezaron a fabricar antes de la introducción del actual sistema de nomenclatura, referido a este tipo de compuestos, el cual está fundamentado en el conocimiento de su estructura química. Por esta razón, la denominación que se les asignó en su momento no tiene ninguna relación con su composición; no obstante, se han mantenido sus denominaciones originales, bajo las que son vulgarmente conocidos (por ejemplo, *celuloide*, *vulcanita* o *ebonita*) (García y San Andrés, 2005). En la actualidad, y en relación a los polímeros de origen mucho más reciente, también es muy frecuente su designación con nombres comerciales implantados por la industria química que los sintetiza y comercializa; así el *polimetacrilato de metilo* se conoce bajo las denominaciones de Perspex®, Lucite® o Plexiglás®, según sean fabricados por ICI, Dupont o Atoglás, respectivamente, o simplemente como *acrílico*, incluyéndose bajo esta denominación general tanto los *poliacrilatos* como los *polimetacrilatos*.

Dentro de los materiales plásticos de moldeo, existen dos grandes categorías: los *termoplásticos* y los *termoestables*. Los primeros se reblandecen bajo la acción del calor, propiedad que favorece su procesado industrial y, además, permite su posterior reciclaje. Por el contrario, los plásticos termoestables (como la *baquelita*) una vez que han polimerizado, presentan un comportamiento rígido y no funden al ser sometidos a temperaturas elevadas. Esta diferencia de comportamiento está determinada por la estructura de sus cadenas poliméricas; en el primer caso se trata de polímeros lineales o ramificados, mientras que en el segundo son entrecruzados.

Los plásticos modernos, mayoritariamente, son de *origen sintético* y se obtienen a partir de monómeros, mediante un proceso de polimerización. Sin embargo, también existen polímeros de *origen natural*, sintetizados por seres vivos (*biopolímeros*) que, desde la antigüedad, han sido ampliamente utilizados por el hombre (caucho, celulosa, proteínas, etc.). En los últimos 150 años, algunos de estos biopolímeros han sido modificados químicamente, obteniendo de esta manera los *polímeros semi-sintéticos* o *artificiales*.

Los plásticos naturales

El uso de los plásticos naturales es extremadamente antiguo, como lo demuestra el hecho de que, ya en el s. VI a.C las civilizaciones Maya y Azteca utilizaban el *caucho* (sin vulcanizar) para la fabricación de pelotas y suelas para el calzado. En el año 1736 fue introducido en Europa por Charles de la Condamine, aunque hasta que se produjo el descubrimiento del proceso de vulcanización, este material presentó grandes inconvenientes que limitaron su uso. El caucho sin tratar se oxida fácilmente y es muy sensible a los cambios de temperatura; por esta razón, rápidamente se convierte en un material sumamente pegajoso y quebradizo.

Otro plástico natural es el *cuerno* (constituido principalmente por la proteína *queratina*), que aunque más frecuentemente ha sido empleado como material de talla, también puede ser modelado mediante la aplicación de calor y presión. El conocimiento de su proceso de modelado es muy antiguo y la primera referencia escrita que existe al respecto, se remonta a 1284, fecha de la que datan los primeros documentos escritos relacionados con la actividad de la empresa británica *Worshipful Company of Horners*¹. A principios del siglo XVII se empleó con gran éxito en el moldeo de cajas de tabaco, ya que presentaba multitud de ventajas frente a otros materiales y, especialmente, en lo relacionado con los métodos de fabricación de estos recipientes. Así, el moldeo mediante aplicación de calor y presión resultaba mucho más rápido y menos laborioso, por lo que los costes eran inferiores a los que correspondían al tallado manual. Además, mediante este sistema se conseguían cajas con mayor estabilidad dimensional y cierres más herméticos, evitándose de esta forma las pérdidas del tabaco rapé que contenían. También tuvo otros usos, tales como la manufactura de peinetas, monturas de gafas y broches (Morgan, 1991:17). Asimismo, en el campo de las Artes Decorativas, fue empleado con

¹ A este respecto, consultar la página web de la *Worshipful Company of Horners* en <http://www.horners.org.uk/pages/History.html> [último acceso 12 de Enero de 2006].



Izquierda. La pasta de moldeo con *shellac* y serrín fue muy empleada en EEUU para la fabricación de marcos fotográficos, como el que se muestra en la figura. Se trata de un marco de bisagra, fabricado en torno a la década de 1860.

Centro. La pasta de moldeo de *shellac* se empleó también para la fabricación de marcos para espejos y se comercializó bajo el nombre *Diatite*. En el reverso de este marco se encuentra (aparece) grabada la marca de la manufactura "Patented Diatite, 1868".

Derecha. Tintero de *Bois durci*. Durante la segunda mitad del siglo XIX, este material se empleó fundamentalmente en la fabricación de medallas conmemorativas y artículos de escritorio.

gran éxito por John Osborne (c. 1626) y John Obrisset entre 1705 y 1727, que lo usaron para modelar medallones y pitilleras.

La *goma laca* o *shellac* es conocida por su uso en la preparación de capas protectoras y lacas; sin embargo, antiguamente también se empleó como material de moldeo. Uno de sus principales usos fue la fabricación de marcos plegables de ambrotipos y daquerrotipos. Esta aplicación tuvo su origen en las invenciones de Peck y de Halvarson. Concretamente, en 1854, Samuel Peck patenta una mezcla basada en goma laca para la elaboración de marcos de daguerrotipos (Peck, 1854); con la misma finalidad, en 1855 Halvor Halvarson patenta otro sistema, igualmente basado en el empleo del shellac (Halvorson, 1855). Ambos comercializaron un importante número de marcos elaborados con shellac, serrín y colorantes. Posteriormente, se comenzaría a fabricar una pasta a base de shellac y polvo de pizarra o mica, que fue empleada para el moldeo de discos de gramófono de 78 rpm, marcos para espejo, broches y artículos de tocador (St-Laurent, 1996).

Otro de los materiales naturales con excelentes propiedades fue el *Bois durci* (denominación que significa madera endurecida), obtenido por la mezcla de serrín con albúmina procedente del huevo o de la sangre. Este producto fue patentado en Francia en 1855 por Francois Lepage (Figuiet, 1863:468), y fue empleado en la fabricación de medallas conmemorativas, tinteros, pipas, artículos de tocador y de escritorio.

Otros de los plásticos naturales de moldeo más destacados fueron el *carey* (moldeado de modo similar al cuerno), el *linóleo*, el *papel maché* o los *plásticos moldeados en frío* o *bituminosos*. Tampoco debemos olvidar que el espíritu innovador de aquella época propició la aparición de multitud de materiales con menor importancia industrial y que se produjeron a escala reducida o sólo en ciertos países; ejemplo de ello es el *Ebena*, material fabricado en Suiza en torno a 1922, a partir de resina copal.

La marca *Ebena* comercializó en los años 20 algunos objetos fabricados a partir de resina Copal, como esta caja. Cortesía de Gaston Vermosen®.



Los plásticos artificiales

La aparición de los primeros plásticos artificiales respondió, principalmente, a la necesidad de sustituir antiguos materiales nobles, como el ébano y el marfil, que resultaban muy caros y requerían un procesado manual. En su mayoría, este tipo de polímeros se obtuvieron de forma totalmente fortuita, ya que los químicos de aquel momento realmente no conocían el tipo de producto obtenido, ni

tampoco las modificaciones estructurales provocadas en la composición original del material de partida.

Desde finales del siglo XIX, estos polímeros han sido ampliamente utilizados en el campo de las artes decorativas, imitando en un principio a los materiales y formas tradicionales. Posteriormente, adquirieron una autonomía estética propia y se convirtieron en los materiales más empleados en el campo del diseño industrial. También desde los años 20, con la llegada del movimiento constructivista, artistas como Gabo (1890-1977), Pevsner (1886-1962) o Moholy-Nagy (1895-1946), empleaban ya plásticos artificiales en la realización de sus esculturas.

El *caucho vulcanizado* fue muy utilizado tras el descubrimiento del proceso de vulcanización del caucho natural en el año 1839, consistente en la aplicación de calor en presencia de azufre, lo que provoca el entrecruzamiento de sus cadenas. Las patentes de su fabricación fueron solicitadas de modo independiente por Hancock (Gran Bretaña) en 1843 y Goodyear (EEUU) en 1844, lo que dio lugar a una de las batallas legales más importantes en la historia de la industria del plástico (Figuier, 1873: 552-557). Se comercializó bajo los nombres de *Vulcanita* y *Ebonita*, y fue moldeado para multitud de usos, tales como la fabricación de broches, pipas y dentaduras postizas.

La *gutapercha*, químicamente muy similar al caucho, es introducida en Europa en 1843 y su aplicación más importante fue como recubrimiento aislante del cable telegráfico submarino; se empleó hasta la llegada del *polietileno* en los años 30. También fue utilizada para la fabricación de objetos de uso cotidiano tales como monturas de gafas, objetos decorativos, medallas y bolas de golf.

El primer *nitrato de celulosa* fue la llamada *Parkesina* y se mostró por primera vez en la Exposición Universal de Londres (1862). La denominación con la que se conoce deriva del nombre de su inventor, Alexander Parkes, el cual obtuvo con dicho material la "Medalla a la Excelencia del Producto". Se obtiene a partir de la celulosa, mediante su nitración por tratamiento con una mezcla de ácido nítrico y sulfúrico. En un principio, Parkes empleó como plastificantes diversos aceites vegetales y alcanfor, aunque es probable que nunca llegara a comprender la verdadera importancia de este último componente, tal y como reflejado en sus patentes, ya que en las reivindicaciones de las mismas no hace referencia al alcanfor. Este hecho, unido a su empeño por la reducción de costes y el abaratamiento del producto final, empleando celulosa más impura, dio lugar a la obtención de un material de inferior calidad, lo que finalmente desencadenó la quiebra de su compañía, la *Parkesine Company* (Kaufman, 1963: 23-26). Algunos años más tarde, ésta resurgiría con gran éxito de la mano de Daniel Spill bajo el nombre de *Xylonite Company*, la cual a finales del siglo XIX comercializaba ya más de 1.100 objetos diferentes.

Paralelamente, en EEUU, John W. Hyatt había seguido un camino similar, en busca de un sustituto económico del marfil para la fabricación de bolas de billar; pronto continúa sus trabajos en colaboración con su hermano Isaiah S. y sus esfuerzos dieron como resultado un material conocido como *celuloide*. A diferencia de Parkes y Spill, los hermanos Hyatt fueron totalmente conscientes de la importancia del uso del alcanfor en la en la manufactura del producto obtenido, por lo que hacen expresa referencia a este componente en las reivindicaciones de su patente (Hyatt y Hyatt, 1870). Este hecho dio lugar a una nueva batalla legal, esta vez entre Spill y Hyatt, que duró casi una década (1877-1884) (Kaufman, 1963: 38-40).



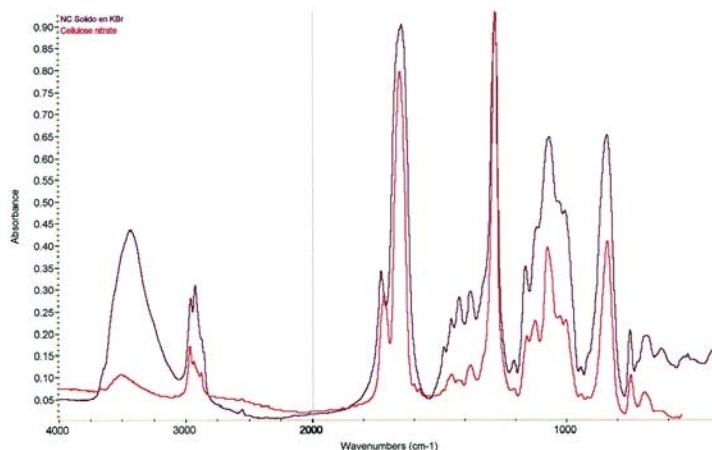
Izquierda. Naum Gabo: Maqueta para *Column*, 1920-21. Nitrato de celulosa. Cortesía Tate Modern. Fotografía Nina Williams®.

Derecha. Medalla fabricada en *gutapercha vulcanizada* en el año 1849 y que muestra un severo agrietamiento. El material se ha oxidado y vuelto sumamente quebradizo, por lo que se han producido pérdidas, especialmente en los bordes de la pieza. Cortesía de Harry Mernick®.

Izquierda. Caja fabricada en nitrato de celulosa que muestra la marca inscripción *Ivory Pyralin* en su base.



Derecha. Espectro FTIR. El análisis ha sido efectuado sobre la muestra sólida mediante la preparación de una pastilla de KBr. El espectro obtenido (en malva) se compara con el que corresponde al nitrato de celulosa (en rojo).



El *nitrato de celulosa* tuvo gran éxito como sustituto del marfil, por lo que se empleó en la fabricación de abanicos, peinetas, artículos de tocador², bolas de billar y otros muchos objetos, aunque su uso más destacado fue la fabricación de las primeras películas cinematográficas. No obstante, presentaba ciertos inconvenientes que limitaron su uso, entre los que destacaba su gran inestabilidad e inflamabilidad, circunstancias que propiciaron investigaciones en la búsqueda de otros nuevos materiales. Resultado de ello fue la fabricación del *acetato de celulosa*.

El primer polímero de *acetato de celulosa* fue obtenido en 1865 por Schützenberger, aunque su procesado a nivel industrial fue patentado por Cross y Bevan en 1894 (Cross y Bevan, 1894). Sin embargo, hasta principios del s. XX este producto no adquirió importancia industrial, ya que al ser un triacetato de celulosa, resultaba ser un polímero de difícil tratamiento e insoluble en la mayoría de los disolventes (únicamente era soluble en disolventes clorados). Estos problemas se resuelven, mediante su hidrólisis parcial, que da lugar a la obtención del *díacetato de celulosa* o *acetato secundario* (Friedel, 1983:100). A esto hay que añadir el descubrimiento de los plastificantes; concretamente los ésteres del ácido fosfórico (*fosfato de trifenilo*) y del ácido ftálico (*ftalatos de alquilo*) resultaron muy adecuados para el acetato de celulosa. Todas estas circunstancias son responsables de que el verdadero interés comercial de este plástico se inicie a partir del año 1919, año en el que Eichengrün produce la primera máquina que permite moldearlo por inyección. Sin embargo, la presencia de estos aditivos (plastificantes), si bien resulta imprescindible para el moldeo por inyección, es responsable de ciertos problemas asociados a la conservación del *acetato de celulosa*. Los plastificantes son compuestos de bajo peso molecular que pueden migrar a la superficie y provocar deformaciones en el material plástico. El *acetato de celulosa* se empleó en la fabricación de películas, así como diversos objetos de uso doméstico (por ejemplo muñecas y otros juguetes).

Los *plásticos de caseína* tuvieron su origen en la observación del químico Spitteler del endurecimiento provocada por el formaldehído sobre la proteína *caseína*, que dieron lugar a la patente de Krische y Spitteler (Krische y Spitteler, 1897). Su producción se inicia en 1904 y finalmente se comercializó como *Galatita* o *cuerno sintético*, aunque también se le asignaron otras denominaciones (Morgan, 2006); tuvo un gran éxito comercial en Europa, no así en EEUU.

En este plástico el agua actúa como plastificante, por lo que sus características de elasticidad se ven afectadas por los cambios de humedad (presenta un comportamiento higroscópico). La gran versatilidad de coloración que permite este material se debe a su facilidad para adsorber sobre su superficie los colorantes ácidos. Fue muy empleada en la fabricación de botones y artículos de escritorio, especialmente plumas estilográficas.

Los plásticos sintéticos

El primer plástico de origen totalmente sintético fue el *fenol-formaldehído*, también denominado *Bakelita*, sintetizado por Baekeland en el año 1909. Este plástico, al que solía añadirse serrín como material de relleno, se fabricó principalmente en colores oscuros y fue emplea-

² El equipo empleado para realizar estos análisis es el Nicolet mod. Magna-IR 750 de tipo FTIR. Todos los espectros se han realizado con un beamsplitter de KBr a una resolución de 4 cm⁻¹ y una acumulación de 100 barridos. Para los espectros en transmisión se ha utilizado un detector de tipo DTGS KBr, cubriendo el intervalo de número de ondas 400-4000 cm⁻¹.

do para la obtención de artículos de uso doméstico como las carcasas de teléfono o de radio. Durante los años 20 diversas empresas europeas comenzaron a investigar la reacción del formaldehído con urea y tiourea, pero hasta el año 1928 no aparece en el mercado el polvo de *urea-tiourea formaldehído* de la mano de la compañía británica *British Cyanides*. A diferencia del primero, este producto permitía la obtención de plásticos de tonalidades claras o blancas, aunque su resistencia al calor y a la humedad eran muy inferiores. Este problema se solucionó con la llegada de las resinas de *melamina formaldehído* a finales de los años 30.



Las primeras películas de cine se fabricaron con *nitrate de celulosa*, material intrínsecamente inestable y que puede autoinflamarse. El deterioro de estas películas provoca la pérdida de la lectura de la información que contienen, y se puede llegar a una completa destrucción del material. Cortesía Archives du Film d'Autriche®.

Durante la II Guerra Mundial, y ante la falta de suministro de materias primas (especialmente caucho y fibras textiles como la seda) que el conflicto bélico había ocasionado, la industria de los plásticos sintéticos sufrió un avance espectacular. Este avance estuvo incentivado por la necesaria búsqueda de nuevos materiales y el desarrollo de las teorías de los polímeros de Staudinger, en los años 20, y Carothers, en los años 30. Así, durante esta década aparecen los primeros objetos moldeados en *poliestireno*, *policloruro de vinilo (PVC)*, y *caucho sintético*, así como las primeras fibras de *poliamida (nylon)*. En las décadas siguientes se sucederá vertiginosamente la aparición de nuevos plásticos como el *polimetacrilato de metilo (PMMA)*, *poliuretanos*, *poliésteres* y muchos otros.

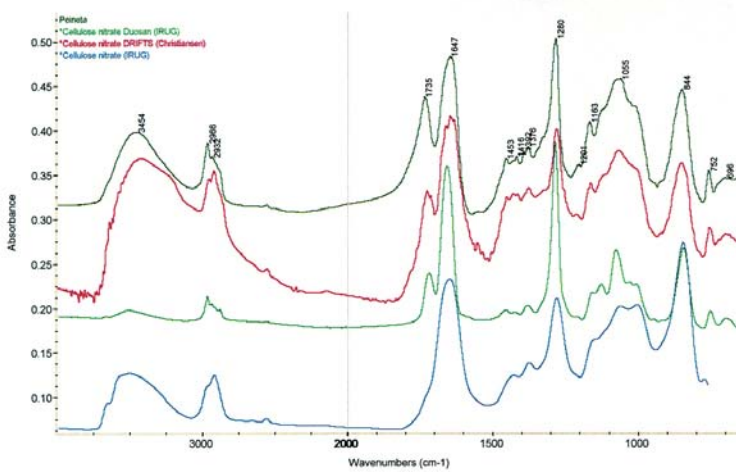
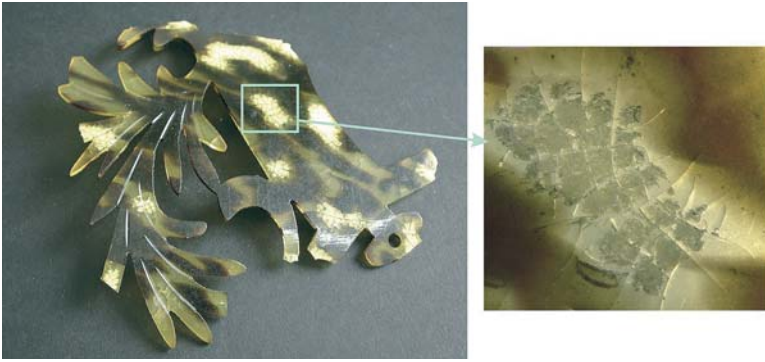
La conservación de los plásticos de moldeo

El primer y quizás más importante problema asociado a la conservación de los materiales plásticos, ha sido la creencia generalizada de que se trataba de materiales aparentemente "inalterables". Esta idea, fomentada en gran medida por la publicidad de los fabricantes, ha provocado que, durante décadas, en su almacenaje y exposición no se hayan tomado las medidas de conservación preventiva que cada uno de los plásticos requiere.

Un inadecuado almacenaje de estas piezas puede dar lugar a la aparición de signos de deterioro tales como: agrietamientos, pérdida de elasticidad, desarrollo de pulverulencia, descohesiones, eflorescencias superficiales, modificación del color original de la pieza, deslaminación, deformaciones, aparición de exudaciones pegajosas, formación de "ampollas" y emanación de olores intensos. Cada uno de estos tipos de deterioros puede asociarse a unos tipos de plástico, puesto que suelen estar relacionados con su composición química y proceso de manufactura o moldeo.

Los agrietamientos están provocados, fundamentalmente, por una pérdida de plastificante, o bien por una fragmentación de la cadena polimérica, como consecuencia de la ruptura de enlaces de tipo químico. A su vez, esta ruptura provoca la aparición de descohesiones y pulverulencias, que resultan muy acusadas en cierto tipo de espumas (poliuretano) y cauchos sintéticos, cuando estos materiales son expuestos a los efectos de agentes oxidantes (O_2 , O_3) y, especialmente, en combinación con la acción del calor (termooxidación) y la luz (fotooxidación).

La aparición de eflorescencias responde a la exudación de aditivos tales como estabilizantes, retardantes o plastificantes, que migran al exterior de la pieza y que se transforman en productos sólidos a temperatura ambiente; algunos de estos productos, especialmente los plastificantes, aportan a la superficie adhesividad residual. Además, la pérdida de plastificante repercute en una disminución de la elasticidad y favorece la deformación de la pieza. Este



Arriba. Fragmento de una peineta de nitrato de celulosa y macrofotografía con luz transmitida de una de las zonas que muestra un severo agrietamiento.

Debajo. Espectro FTIR. El análisis ha sido efectuado sobre la muestra sólida mediante la preparación de una pastilla de KBr. El espectro obtenido (en verde oscuro) se compara con otros que corresponden al nitrato de celulosa (en verde claro, azul y rojo).

tipo de degradaciones afecta a materiales como el *nitrato* y el *acetato de celulosa* y el *PVC plastificado*.

Otro de los deterioros más graves de los plásticos afecta a su color. Este efecto puede ser debido a la emisión de vapores ácidos o básicos que acompaña a la degradación de algunos de estos materiales (p. ej. *acetato de celulosa* y *PVC*) o a contaminantes presentes en el ambiente. Asimismo, la radiación ultravioleta puede originar ciertos cambios químicos en el polímero, que se traducen en su amarilleamiento. Los plásticos más afectados por este tipo de degradación son el *nitrato* y el *acetato de celulosa*, el *PVC* y el *poliuretano*.

La mayoría de procesos degradativos de los materiales plásticos tienen consecuencias irreversibles, por lo que la única estrategia posible a seguir es una correcta conservación preventiva. Recientemente, la *Plastic Historical Society* británica ha difundido unas líneas generales de actuación que incluyen las siguientes medidas: mantener las piezas en la oscuridad y, si esto no fuera posible, bajo niveles de iluminación controlados; procurar que estén almacenadas o expuestas en un ambien-



Izquierda. Durante su degradación, algunos plásticos exudan plastificantes y forman depósitos pegajosos en la superficie. Si a este proceso se le añade una posible acumulación de polvo, el resultado es la formación de una capa que difícilmente puede ser eliminada sin riesgo para la pieza.

Derecha. La evaporación o migración de los plastificantes (*ftalatos*) provocan deformaciones en el *PVC plastificado*. La medida preventiva más idónea para evitar estos deterioros es mantener dichos objetos envueltos en una película de poliéster.



Izquierda. La exposición del *nitrato de celulosa* a la radiación UV provoca el oscurecimiento del material, tal y como se aprecia en el servilletero inferior.

Derecha. La pérdida de plastificantes puede provocar la deformación del objeto, especialmente si éste ha sido sometido a una cierta tensión durante su almacenaje o exposición.

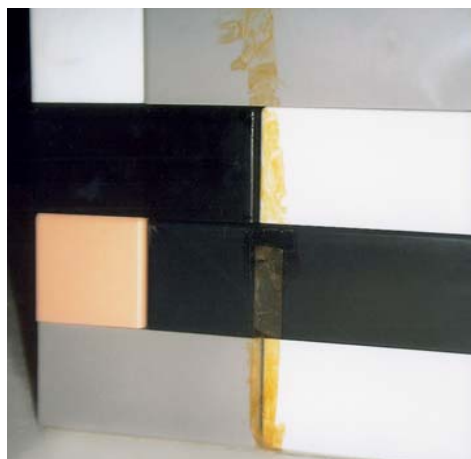
te fresco y al abrigo del polvo; inspeccionarlas regularmente (por lo menos una vez al año) y aislar aquéllas que presenten signos de deterioro y, por último, mantener los objetos flexibles o blandos en su forma "relajada", es decir, libres de la acción de tensiones externas. Por el contrario, se debe evitar limpiar los plásticos con disolventes o limpiadores domésticos cuya seguridad no esté completamente demostrada y, por último, no hay que dejar en contacto directo materiales plásticos de distinta naturaleza.

Algunos tipos de plástico (por ejemplo, *nitrato* y *acetato de celulosa*) deben ser almacenados en condiciones ventiladas envueltos tan sólo en papel tisú (libre de ácido) para, de esta manera, evitar la acumulación de productos de degradación. Por el contrario, en otros casos (como en el del *PVC plastificado*) es importante mantener la pieza en un envoltorio cerrado que impida la evaporación de los plastificantes. Por ello, resulta importante identificar el tipo de plástico a tratar, de modo que se establezcan las medidas de almacenaje más adecuadas.

A estas medidas preventivas de carácter general, hay que añadir otras que pueden resultar muy adecuadas en ciertos casos. Así, es aconsejable desmontar los objetos constituidos por varias piezas, puesto que de este modo es más fácil detectar posibles degradaciones generadas desde el interior del objeto. Asimismo, durante los periodos de almacenaje es conveniente separar los elementos metálicos (por ejemplo asas, tiradores o tornillos) que podrían actuar como catalizadores de futuras degradaciones.

Conclusiones

En las últimas décadas, los diferentes materiales plásticos de molde no sólo han empezado a formar parte de importantes colecciones como la del *Victoria and Albert* (Londres), sino que constituyen por sí mismas la base de colecciones como las del museo de los plásticos de *Sandretto* o el *Deutsches Kunststoff Museum*, así como de otras relevantes colecciones privadas. De igual modo, recientemente los principales centros de arte contemporáneo han incrementado el número e importancia de este tipo de objetos y se han creado también centros que se dedican espe-



La presencia de restos de antiguas cintas adhesivas como esta de celofán puede suponer un grave riesgo para la obra, ya que para eliminar dichos restos será necesaria la aplicación de ciertos disolventes que pueden afectar a la superficie plástica.

cíficamente a la investigación sobre los mismos, entre los que destaca la Plastics Historical Society.

La composición química de los materiales plásticos de moldeo es variada y habitualmente en ella se incluyen aditivos que afectan a su comportamiento a largo plazo. A este respecto, las alteraciones que experimentan están determinadas por su composición, pérdida de aditivos (especialmente plastificantes) y efecto de las condiciones de almacenamiento o exposición. Por lo tanto, la correcta catalogación de las piezas resultará determinante, ya que de ella depende la aplicación de una correcta conservación preventiva.

Agradecimientos

A José E. Fernández Rubio, del C.A.I de Espectrometría (Servicio Infrarrojo-Raman-Correlador) de la Univ. Complutense de Madrid, Dpto. de Restauración del MNCARS, Yvonne de Shashoua (Museo Nacional de Dinamarca), Colin Williamson (Plastic Historical Society), MECD y a los coleccionistas Harry Mernick y Gaston Vermosen.

Bibliografía

- Cross, C.F.; Bevan, E.J. (17 de Mayo de 1894): *Manufacture of cellulose acetate*. Patente GB 9,676.
- Figuier, L. (1863): *L'année Scientifique et Industrielle*. París. L. Hachette.
- Figuier, L. (1873): *Les Merveilles de l'Industrie ou Description des Principales Industries Modernes*. París. Jouvet.
- Friedel, R. (1983): *Pioneer Plastic: The Making and Selling of Celluloid*. Madison. The University of Wisconsin Press.
- García Fernández-Villa, S.; San Andrés Moya, M. (2002): "El plástico como bien de interés cultural (I): Aproximación a la historia y composición de los plástico de moldeo naturales y artificiales". *PH, Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico* (40-41). Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. 59-79.
- García Fernández-Villa, S.; San Andrés Moya, M. (2005): "Original patents as an aid to the study of the composition and the conservation of semi-synthetic plastics". *Journal of the American Institute for Conservation* (44). American Institute for Conservation. 95-102.
- Halvorson, H. (7 de Agosto de 1855): *Manufacture of Daguerrotype-Cases*. Patente US 13,410.
- Hyatt, J.W.; Hyatt, I.S. (12 de Julio de 1870): *Improvement in treating and molding pyroxiline*. Patente US 105,338.
- Kaufman, M. (1963): *The first Century of Plastics: Celluloid and its sequel*. London. The Plastics and Rubber Institute.
- Krische, G.; Spitteler, A. (11 de Diciembre de 1897): *A new or improved product derived from casein or other albuminous substances, and processes for producing the same*. Patente GB 24,742.
- Morgan, J. (1991): *Conservation of Plastics*. London. Plastics Historical Society & The Preservation Unit of the Museums and Galleries Commission.
- Morgan, J.: *A short history of Casein*. En <http://www.caseino.internet-today.co.uk> [último acceso 12 de Enero de 2006].
- Peck, S. (3 de Octubre de 1854): *Manufacture of Daguerrotype Cases*. Patente US 11,758.
- St-Laurent, G. (1996): *The Care and Handling of Recorded Sound Materials*. Music Division National Library of Canadá. En <http://palimpsest.stanford.edu/byauth/st-laurent/care.html> [último acceso 12 de enero de 2006].
- Worshipful Company of Horners: *The Company History*. En <http://www.horners.org.uk/pages/History.html> [último acceso 12 de Enero de 2006].