

Identificación de adhesivos en laminados en papel y recomendaciones de conservación para la Colección Antigua de la Biblioteca Nacional de Antropología e Historia (BNAH), México

Identification of Adhesives in Paper Laminates and Conservation Recommendations for the Old Collection of the National Library of Anthropology and History (BNAH, Mexico)

Ana Paula García Flores

Restauradora independiente
ana.paula.gf001@gmail.com

Resumen

Siempre se ha buscado intervenir más objetos patrimoniales en menor tiempo y con mayores garantías de estabilidad. Después, la efectividad de una nueva técnica o material puede ser sobreestimada y utilizada en contextos y problemáticas para los que no fueron desarrollados; al pasar de los años, deben revalorarse. Esto fue observable en el caso del adhesivo Cemento Duco[®], utilizado ampliamente para refuerzos y laminados en papel en la Biblioteca Nacional de Antropología e Historia (BNAH, México) y en la Biblioteca Central de la Universidad Nacional Autónoma de México (BC-UNAM, México). Para su identificación, primero se realizó una investigación bibliográfica, que se corroboró más adelante por medio de análisis de espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR, por sus siglas en inglés). Finalmente, se dan recomendaciones de conservación para los libros que presenten estas intervenciones.

Palabras clave

adhesivo; análisis FTIR; pH; nitrato de celulosa; papel laminado; Cemento Duco

Abstract

It has always been sought to intervene more heritage objects in less time and with more guarantees of stability. Later, the efficiency of a new technique or material can be overestimated and used on contexts and problems for which it was not developed; with time, they must be reevaluated. This happened with the Duco Cement[®], which was widely used on lamination and reinforcement of paper in the National Library of Anthropology and History (BNAH, México) and the Central Library

of the National Autonomous University of México (BC-UNAM, México). For its identification first, a bibliographic investigation was carried out which was later corroborated by means of Infrared Spectrometry (FTIR) analysis. Finally, recommendations on conservation are given for the books with this kind of interventions.

Key words

adhesive; FTIR analysis; pH; cellulose nitrate; paper laminates, duco cement

Introducción

Durante el mes de mayo de 2014 se apoyó al Taller de Restauración de la Biblioteca Nacional de Antropología e Historia (BNAH, México) en la realización del diagnóstico de su Colección Antigua, con la finalidad de hacer un proyecto para su conservación, el cual se llevó a cabo ese mismo año (Cruz Pérez 2015).

Al revisar la colección se observaron varios libros en los que había laminados y refuerzos hechos con malla sintética semejante a la malla monyl¹ y adhesivo transparente (Figura 1).

Se advirtió que unos y otros habían generado deformación del plano, rigidez del soporte de papel, diferencia del color en las zonas con refuerzos, aumento del volumen de los libros, acumulación de polvo en la malla y sangrado de los sellos de propiedad. La malla cambia dramáticamente las propiedades físicas del papel y no permite observar a detalle algunas de sus características, como marcas de agua o incluso el texto. Algunos de los objetos de estudio se descosieron para realizar los laminados y se mantienen sin coser, guardados en cuadernillos dentro de su cartera a manera de carpeta, lo que representa un cambio de formato y riesgo de disociación en el futuro.

Luego se consideraron la estabilidad química del papel a largo plazo, las condiciones de conservación que requeriría e incluso si era posible eliminar la intervención. El presente estudio se realizó sobre este tipo de laminados y refuerzos, con el objeto principal de identificar el adhesivo utilizado y, después de conocer sus propiedades y mecanismos de envejecimiento, dar recomendaciones de conservación para la preservación de los libros. Como propósito secundario se realizaron observaciones con microscopio y mediciones de pH, cuya finalidad fue

¹ Se conoce como "malla monyl" la tela de monofilamento de nylon que se usa comúnmente en serigrafía. Las fibras sintéticas de monofilamento (nylon, poliéster o polipropileno) se pueden tejer de manera muy precisa para crear textiles industriales con una distribución de poro muy reducida; sus aplicaciones más comunes son como filtros. Al estar hechas de un solo hilo, producen telas de superficie muy lisa, con un mínimo de restricción del flujo (Industrial Netting s. f.).

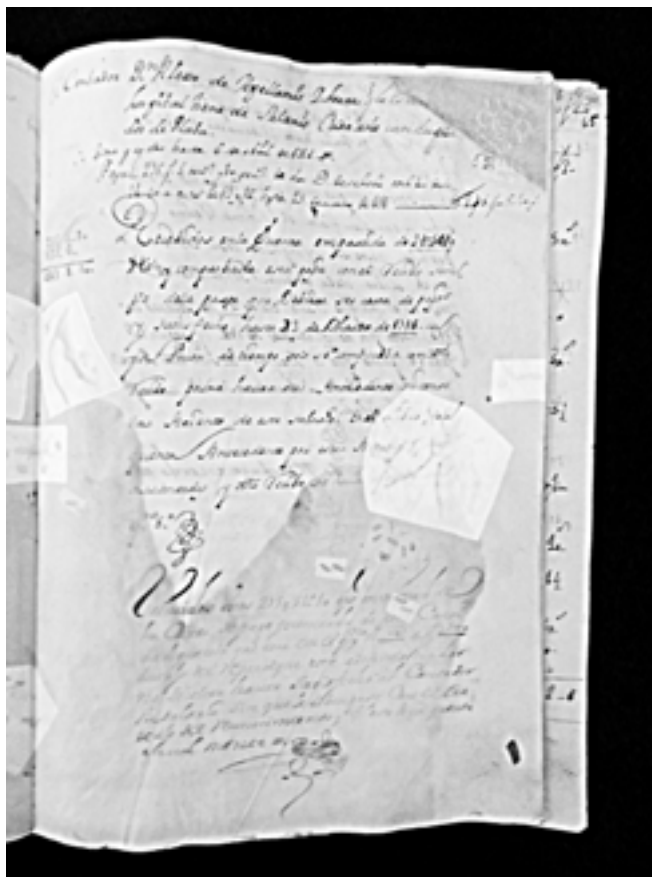


FIGURA 1. Manuscrito CA 624 con luz UV para resaltar los refuerzos con malla monyl (Fotografía: Ana Paula García Flores, 2017; cortesía: BNAH, México. Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia [INAH]).

conocer si el adhesivo se está degradando y si este proceso está afectando el papel de los manuscritos.

Antecedentes

El adhesivo utilizado en los laminados y refuerzos es transparente, presenta velos blanquecinos, no se reblandece con agua y, en algunos casos, tiene baja adhesividad, que se observa al retirar la malla fácilmente de manera mecánica. Al leer los informes de restauración disponibles en el Taller de Restauración de la BNAH se encontró que desde los años cuarenta hasta los sesenta del siglo pasado el responsable de las restauraciones en la biblioteca era el señor Juan Almela Meliá, que además había escrito libros sobre la restauración de papel (Almela Meliá 1949; 1976).

Al consultar los informes, se encontraron referencias sobre el uso de "gasa de nylon² blanca" para sustituir a la seda o muselina en los laminados y refuerzos, la cual se

² Se optó por dejar el término *nylon* por razón de que se entiende mejor su composición como palabra y por tener más clara relación con la malla monyl que se menciona en el artículo. [Nota de la editora.]

empleaba para reforzar un papel quebradizo que se colocaba entre dos trozos de seda y se adherían con almidón o dextrina; también podría colocarse entre dos láminas de acetato de celulosa, usando calor y presión como método de adhesión (Plenderleith 1967: 69-70). En cuanto al adhesivo, reporta el uso de “gelatinas sintéticas”, que podrían ser el acetato de celulosa o el nitrato de celulosa (Cemento Duco®), según el mismo libro (Almela Meliá 1976: 164).

También fue posible entrevistar al señor Ricardo Tinajero, trabajador de la Biblioteca Nacional de México (BNM, México), quien aprendió a restaurar papel con el maestro Jorge Francisco Salas Estrada, alumno de Almela. El señor Tinajero ha laborado en el archivo desde 1985, y, al preguntarle sobre los materiales que utilizaba, explicó que normalmente se usaba el Cemento Duco® diluido en tiner y malla monyl de distintos calibres, dependiendo del grosor del papel por restaurar. Además, mencionó que se llegó a usar el acetato de celulosa para laminados y refuerzos: después de aplicarlo como un encolante, se colocaba la malla antes de que seicara, aprovechando su adhesividad, pero debía secarse lentamente o se harían velos blancuecinos (Tinajero Franco 2017).

Alumnos de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía “Manuel del Castillo Negrete” del Instituto Nacional de Antropología e Historia (ENCRIM-INAH, México) han intervenido libros y grabados pertenecientes a la Colección Antigua, como parte del programa de actividades del Seminario-Taller de Restauración de Documentos y Obra Gráfica sobre Papel. En la mayoría de los casos donde se trabajaron objetos con estos laminados y refuerzos, se decidió no eliminar la intervención, excepto con la obra *Protocolo del Colegio de San Francisco Javier de Tepetzotlán* (Ruiz de Ahumada 1673), trabajada en 1997. Se trata de un manuscrito con tinta ferrogálica en papel de trapo, con encuadernación completa en pergamino. En el informe se hace referencia a que el adhesivo había provocado grandes manchas amarillas y era soluble en acetona, características por las que se consideró que debía tratarse de acetato de celulosa, aunque no se realizaron pruebas para comprobarlo; acerca de la tela, se indica que se había utilizado organza.³ Las manchas provocadas por el adhesivo dificultaban la correcta lectura del libro, además de darle un aspecto desagradable, razones por las cuales se decidió retirarlas por medio de baños de inmersión en acetona (Ortega L. 1997: 38).

Por otro lado, uno de los casos, en esta misma colección, en que se decidió no retirar la intervención fue con el documento *Información promovida por los descendientes de Cuautemoczin y Moctezuma* (Anon. 1588-1688). Consta de un manuscrito de papel de trapo con tintas ferrogálicas y tres ilustraciones sueltas, donde se retrata

a Netzahualpilli, Tocuepotzin y Cuauhtlatzacuitzin, que están laminadas.

En el informe se reporta que la malla empleada fue “monyl” y un adhesivo en base solvente (de otro modo, los colorantes de la capa pictórica se hubieran solubilizado). Es posible que el adhesivo utilizado haya sido Mowilith, el cual es soluble en acetona, es transparente y de aspecto plástico” (Esquivel Álvarez 2009: 20). También se reporta que las ilustraciones se encuentran estables, pero que eliminar el laminado podría poner en riesgo el papel, ya que presentaba algunos deterioros, como manchas de ataque de hongos, galerías y rasgaduras que con un proceso tan radical como la eliminación de los laminados podría derivar en pérdidas mayores. Para esas ilustraciones se realizaron guardas de primer nivel que van dentro de un contenedor rígido que se guarda junto con el libro.

Con base en los escritos del señor Almela así como en el testimonio del señor Tinajero, se deduce que la malla utilizada en los laminados y refuerzos sea malla monyl, y que el adhesivo sea el Cemento Duco® o acetato de celulosa; para corroborar la identificación del adhesivo se realizarán análisis por medio de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier.

Acetato y nitrato de celulosa. Usos, propiedades y mecanismos de deterioro

El acetato de celulosa tiene la propiedad de ser soluble en acetona, por lo que su secado es rápido. Es un polímero transparente y termoplástico que se llegó a usar como consolidante de pigmentos en piedra y papel (Horie 2010: 131); en México se utilizaba desde los años setenta como consolidante en la restauración de papel (Gómez Urquiza de la Macorra y Huerta Coria 1979); también se llegó a emplear para laminados de papel en el método Barrow (Barrow 1948), donde el documento se coloca entre dos láminas de acetato de celulosa y luego pasa por una prensa caliente, de manera que el acetato penetra en las fibras del papel.

Por otro lado, el Cemento Duco® o nitrato de celulosa, al secar forma una película que también es transparente y resistente, además de que tiene la ventaja de seguir siendo soluble aun si está envejecido (Selwitz 1988: 3). Era ampliamente utilizado como adhesivo, consolidante o barniz durante la primera mitad del siglo pasado: prácticamente en todos los materiales, según Horie (2010: 133), en específico como consolidante en piedra, murales, pigmentos, madera, materiales orgánicos y cerámica; sin embargo, desde un inicio se tenían reservas sobre su estabilidad a largo plazo (Selwitz 1988: 2).

El principal deterioro que compromete la integridad del acetato de celulosa es la desacetilización, en la cual un grupo hidroxilo sustituye un grupo de acetato en la cadena; el acetato desplazado reacciona con la humedad del ambiente, dando como resultado ácido acético, el cual

³ En el mismo informe se especifica que es una tela similar al monofilamento de nylon pero de menor espesor (Lorena Román citado en Ortega L. 1997: 30).

actúa como autocatalizador (Shashoua 2008); debido al olor característico de este deterioro se le conoce como “síndrome del vinagre”. El ácido acético, al ser un ácido volátil, puede afectar materiales cercanos. Por esta razón, de acuerdo con la clasificación utilizada por el *Victoria & Albert Museum* (Williams 2002), se le considera un polímero *maligno*, ya que sus productos de envejecimiento afectan no sólo su propia estabilidad sino también la de las piezas a su alrededor.

Además de la humedad relativa, la temperatura elevada provoca la pérdida de aditivos. Ésta hace que los componentes se muevan dentro de la matriz del plástico para luego migrar a la superficie, movimiento que causa distorsiones, encogimiento y superficies mordentes (Rambaldi *et al.* 2014).

En el contexto mexicano, Gómez Urquiza y Huerta realizaron un estudio sobre el envejecimiento del acetato de celulosa. Éste, según señalan en su tesis, no es recomendable para el proceso de consolidación de papel, puesto que lo acidifica, además de formar una película blanca en un contexto con alta humedad relativa (Gómez Urquiza de la Macorra y Huerta Coria 1979: 185).

En relación con la degradación del nitrato de celulosa, su inestabilidad comienza con la presencia de dióxido de nitrógeno (NO₂), que se puede formar a partir de reacciones térmicas, incluso en condiciones normales, y se sabe que su producción se acelera si el nitrato de celulosa tiene altos contenidos de iones de sulfato, derivados de un pobre enjuague durante la producción. El NO₂ reacciona con el agua del ambiente para formar ácido nítrico, que a su vez actúa como catalizador para producir más NO₂, amén de que ataca a la cadena de celulosa, lo cual resulta en una reducción del peso molecular que se traducirá en pérdida de flexibilidad y de resistencia (Shashoua 2008).

A este mecanismo se le conoce como hidrólisis, y es el que más afecta al nitrato de celulosa —el que mayores daños le causa al material—, además de ser una reacción autocatalítica que puede crecer más allá del objeto original, afectando a los que se encuentran cerca (Shashoua *et al.* 1992: 114).

Selwitz (1988: 15) señala que los productos de nitrato de celulosa más estables son los que han pasado por un riguroso tratamiento de limpieza para eliminar la mayor cantidad de sulfatos posible. Por otra parte, en el estudio de Shashoua, Bradley y Daniels (1992), quienes concuerdan en que la cantidad de iones de sulfuro es importante para determinar la estabilidad del nitrato de celulosa, se indica que el plastificante puede jugar un papel predominante en su preservación, ya que actúa como *buffer* para contener la acidez causada por reacciones de degradación. Desde su introducción al mercado hasta los años treinta el plastificante más común para esta sustancia fue el alcanfor, el cual se sublima a temperatura ambiente (Shashoua 2008).

Si bien los plastificantes pueden ser indispensables para la estabilidad química del nitrato de celulosa, su pérdida

ocasiona encogimiento o deformación; fluorescencia, si se reacomoda en cristales, o sudado, si se queda en forma líquida (POPART 2016: 2-5).

Análisis sobre el adhesivo

Ya que la finalidad de los análisis era determinar si el adhesivo utilizado en los refuerzos y laminados es nitrato o acetato de celulosa, se decidió tomar muestras⁴ de 10 manuscritos con refuerzos y laminados provenientes del Archivo Histórico; de cada manuscrito se tomaron muestras de papel sin adhesivo y con adhesivo. La lista se presenta a continuación (Figura 2).

Se eligió hacer la identificación del adhesivo por medio de análisis FTIR, ya que esta clase de método distingue tipos de enlaces en la muestra en estudio y permite el conocimiento cualitativo de gran cantidad de sustancias, como barnices, adhesivos, aglutinantes, pigmentos, etc. (Matteini y Moles 2001: 107-108).

Para la identificación positiva de un polímero por medio de FTIR se recomienda detectar los grupos funcionales que más distinguen al material analizado y comparar el espectro con uno de referencia (Derrick *et al.* 1999: 87). Las referencias pueden encontrarse en bases de datos como el *Infrared and Raman Users Group*. En nuestro caso se decidió usar en la interpretación las del adhesivo Cemento Duco® y del acetato de celulosa,⁵ ya que la información de ambos adhesivos estaba disponible.

La principal dificultad de esta identificación fue la presencia de otras sustancias en la muestra, como el papel y la malla, además de que todas ellas han pasado por procesos de degradación; de tal manera, el espectro de la muestra del manuscrito y del adhesivo mostraron diferencias, particularmente en la intensidad y la forma de banda (Derrick *et al.* 1999: 83). Sin embargo, se considera que la identificación de las bandas de absorción, aunada a una comparación entre espectros, es suficiente para diferenciar si se usó nitrato o acetato de celulosa. Las principales bandas de absorción para la identificación del acetato y del nitrato de celulosa son las que se muestran a continuación (Figura 3).

Para la correcta identificación de un polímero comparando la muestra analizada con un espectro de referencia, se requiere experiencia en la lectura de ésta y, por lo tanto, se recomienda realizar la interpretación con la asesoría de un especialista.

⁴ Los manuscritos no podían salir de la biblioteca por políticas internas, y como también se iban a realizar las mediciones de pH, que son destructivas, se decidió tomar muestras y que éstas fueran las que se usaran para el análisis FTIR y después se emplearan para pH.

⁵ El Cemento Duco® se consiguió por medio de la Biblioteca Central de la UNAM, mientras que el acetato de celulosa se encontró en el Taller de Restauración del Museo Nacional del Virreinato (INAH, México).

CATALOGACIÓN	NÚM. DE MUESTRAS	PÁGINAS	TIPO DE MUESTRAS
CA 4.12	2	257	Papel con malla (A)
		258	Papel solo (B)
CA 256A	2	53	Papel con malla (A) Malla con adhesivo (B)
		54	Papel solo (C)
CA 332	2	3	Papel con malla (A) Papel solo (B)
CA 340	2	123	Papel con malla (A) Papel solo (C)
CA 441	2	141	Papel con malla (A) Papel solo (C)
CA 497	3	1	Papel con malla (A)
		115	Papel con malla (C) Papel solo (D)
CA 558	3	"El Emperador", p. 3	*Papel con malla (B) Papel solo (C)
		"Imperio", p. 10	Papel con malla (A)
CA 624	2	55	Papel con malla (A) Papel solo (B)
CA 628	2	18	Papel con malla (A) Papel solo (B)
CA 632	2	92	Papel con malla (A) Papel solo (B)

FIGURA 2. Listado de las muestras de los manuscritos de la Colección Antigua (Tabla: Ana Paula García Flores, 2017).

FTIR

Para poder identificar el adhesivo se realizó el análisis FTIR (Modelo Alpha Platinum-ATR, Marca Bruker) en el laboratorio de Conservación, Diagnóstico y Caracterización Espectroscópica de Materiales (Codice, México) de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural del Instituto Nacional de Antropología e Historia (CNCPC-INAH, México), en el que se analizaron⁶ las muestras de los manuscritos, y las muestras frescas de Cemento Duco® y de acetato de celulosa. Posteriormente se

⁶ Este análisis se realizó en julio de 2017.

POLÍMERO	NÚM. DE BANDA	ASIGNACIÓN	TIPO DE VIBRACIÓN
ACETATO DE CELULOSA	3 430 cm ⁻¹	OH..O	Tensión (<i>stretching</i>)
	3 000-2 840 cm ⁻¹	CH ₂ y CH ₃	Tensión simétrica y asimétrica (<i>symetric and asymeric stretching</i>)
	1 743 cm ⁻¹	C = O	Tensión (<i>stretching</i>)
	1 368 cm ⁻¹	CH ₃	Deformación del plano (<i>in plane deformation</i>)
	1 237 cm ⁻¹	C = O y C — O	Tensión (<i>stretching</i>)
	1 027 cm ⁻¹	C — O	Tensión (<i>stretching</i>)
NITRATO DE CELULOSA	3 389 cm ⁻¹	OH..O	Tensión (<i>stretching</i>)
	3 000-2 840 cm ⁻¹	CH ₂	Tensión simétrica y asimétrica (<i>symetric and asymeric stretching</i>)
	1 634 cm ⁻¹	NO ₂	Tensión asimétrica (<i>asymeric stretching</i>)
	1 278 cm ⁻¹	NO ₂	Tensión simétrica (<i>symetric stretching</i>)
	1 063 cm ⁻¹	C — O	Tensión (<i>stretching</i>)
	845 cm ⁻¹	CH ₂	Balanceo (<i>rocking</i>)

FIGURA 3. Bandas de absorción características del acetato y nitrato de celulosa (Fuente: Shashoua, 2008).

compararon los espectros para determinar cuál de las dos sustancias se utilizó. A continuación se ofrecen las lecturas de los laminados (azul) junto con el Cemento Duco® (rojo) (Figuras 4 a 6).

Después de la primera medición de las muestras de laminados se observó que el espectro resultante sólo presentaba la malla, por lo que se decidió eliminarla de las siguientes mediciones y, así, el FTIR leyera el adhesivo.

Conclusión de los análisis FTIR

Lo primero que se observó en este análisis fue que las bandas de absorción del espectro de los laminados (azul) corresponden con las mencionadas en la bibliografía como características del nitrato de celulosa (Figura 3). Con base en esto, sumado al hecho de que hay muchas semejanzas entre el espectro del laminado y el de la muestra de nitrato de celulosa, se puede concluir que el adhesivo utilizado en los laminados y refuerzos es el Cemento Duco®.

También fue evidente que la intensidad y, en algunos casos, la forma de la banda de absorción variaban entre ambos espectros. Esto se debe a varios factores, como la concentración menor del adhesivo —pues se diluía en

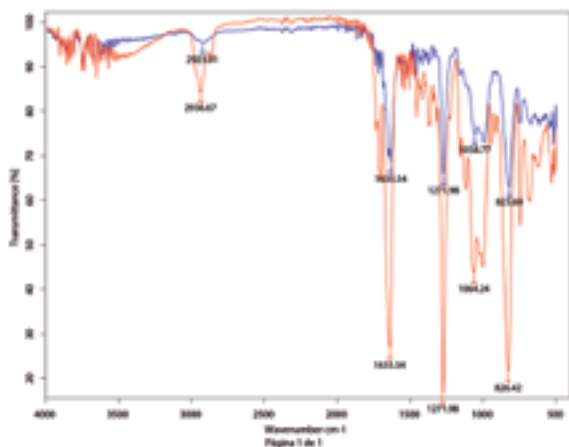


FIGURA 4. Rojo (Cemento Duco[®]), azul (laminado). En el espectro se observan las bandas de absorción que corresponden con las que se encuentran en la bibliografía (Shashoua, 2008).

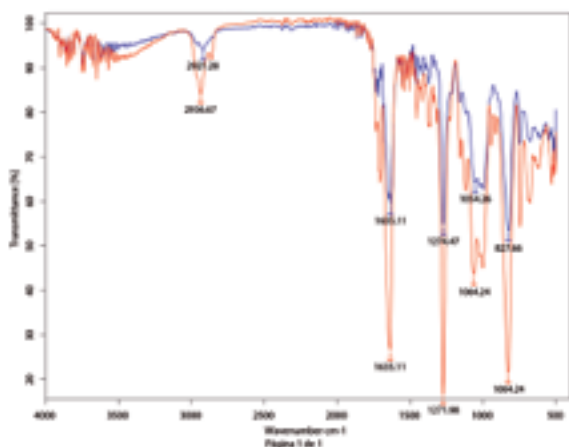


FIGURA 5. Rojo (Cemento Duco[®]), azul (laminado). En el espectro se observan las bandas de absorción que corresponden con las que se encuentran en la bibliografía (Shashoua, 2008).

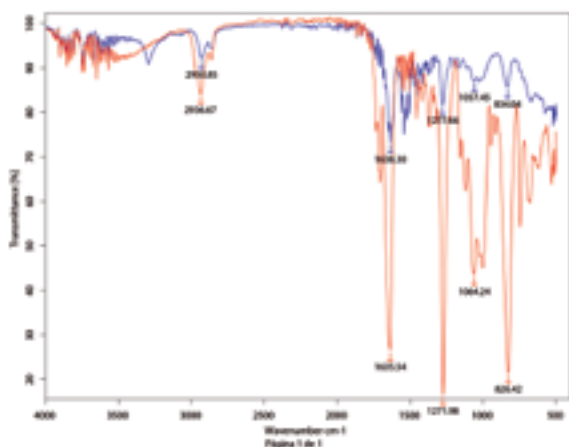


FIGURA 6. Rojo (Cemento Duco[®]), azul (laminado). En el espectro se observan las bandas de absorción que corresponden con las que se encuentran en la bibliografía (Shashoua, 2008).

tíner antes de usarse— así como las reacciones de degradación. A pesar de esta variante, la coincidencia entre los espectros de las figuras 4 a 6 indica que se trata del mismo adhesivo.⁷

Otros estudios

En conjunto con la identificación del adhesivo, se decidió realizar una observación con microscopio así como la lectura del pH con el objeto de determinar si los laminados y refuerzos se estaban degradando y si este proceso afectaba al papel. En contacto con la humedad, el nitrato de celulosa produce ácido nítrico, por lo tanto, si está en proceso de degradación, debería reflejarse como un pH bajo. Otros signos de deterioro serían craqueladuras en la superficie del adhesivo y exudado de los plastificantes,⁸ los cuales se buscaron con el microscopio (POPART 2016: 2-5).

El microscopio que se usó fue MIScope MP2[®]. No se observaron rastros de degradación del adhesivo, excepto en los manuscritos CA 332 y CA 632, donde se encontraron cristales blancos sobre la superficie del papel. Éstos son la eflorescencia de los aditivos, y su pérdida es lo que ha causado el encogimiento (Shashoua 2008).

La medición del pH puede condicionarse por otros mecanismos de deterioro, como los que se llevan a cabo en las tintas ferrogálicas. Debido a que las muestras se tomaron de la misma página (una del refuerzo y otra de una zona sin refuerzo), o, en el caso de los laminados, en la página inmediata, se espera obtener una lectura que establezca una clara diferencia de pH entre la zona con y sin intervenciones.

Para conocer si las tintas estaban degradadas se utilizaron las tiras indicadoras de Fe⁺², de University Products[®], que desarrolló el Departamento de Investigación en Conservación del Netherlands Institute for Cultural Heritage. Es un estudio cualitativo que sirve para determinar el número aproximado de iones de hierro II en el trazo, donde se indican, dependiendo de la coloración que tome el papel indicador en referencia a una escala que viene con el producto, las partes por millón (Neevel y Reissland 2005: 32-33). Esta medición se hizo en los trazos más cercanos a la zona de la toma de muestra de forma que se pudiera establecer si la lectura de pH era resultado del adhesivo o de las tintas. A continuación se muestran las cifras de la medición de pH y de las tiras (Figuras 7 y 8).

⁷ Esta conclusión fue confirmada por el M. en C. Armando Arciniega Corona, con quien se realizaron las lecturas en el laboratorio Codice.

⁸ En la página 3 del manuscrito CA332 se observaron cristales blancos, producto del adhesivo que migró a superficie, como se observa en el *Damage Atlas* de POPART (2016: 4).

NÚM. DE CATALOGACIÓN	MUESTRA	LECTURA PH
CA 4.12	A	6.7
	B	7.6
CA 256A	A	Se perdió la muestra
	C	6.8
CA 332	A	4.1
	B	6.6
CA 340	A	6.8
	C	6.8
CA 441	A	5.0
	C	6.5
CA 497	A	6.6
	C	7.5
	D	6.8
CA 558	A	6.7
	B	6.5
	C	6.8
CA 624	A	6.6
	B	6.5
CA 628	A	6.7
	B	6.5
CA 632	A	6.5
	B	6.5

FIGURA 7. Mediciones de pH.

NÚM. DE CATALOGACIÓN	PÁGINA	INDICADOR*
CA 4.12	257	1
	258	10
CA 256A	53	No aplica
	54	No aplica
CA 332	3	50+
CA 340	123	1
CA 441	141	No aplica
CA 497	1	No aplica
	115	1
CA 558	"Imperio", p. 10	1
	"Emperador", p. 19	25
CA 624	55	1
CA 628	18	1
CA 632	92	25

* Este método es cualitativo; la escala (1, 10, 25 y 50+) se divide en cuatro colores, donde se estima la concentración de hierro.

En los casos donde dice "No aplica" se debe a que en esta página no había tintas (CA 441) o porque están laminadas por ambos lados.

FIGURA 8. Resultado de las tiras indicadoras de Fe²⁺.

Discusión de resultados de observación con microscopio y medición de pH

Después de observar los resultados de las mediciones de pH y de las tiras indicadoras de Fe²⁺ se puede concluir que ni el adhesivo ni las tintas inciden en el pH del papel, salvo en los manuscritos CA 332, CA 441 y CA 632.

En el manuscrito CA 332, específicamente en la página 3, se conjugan una baja lectura de pH y una alta concentración de hierro II, según las tiras indicadoras. Como se mencionó anteriormente, también se encontraron cristales blancos en la superficie del adhesivo, los cuales son la cristalización de aditivos exudados a superficie, en este caso, alcanfor,⁹ de acuerdo con la ficha técnica del producto (DEVCON Versachem 2017). Es interesante cómo estos cristales interactúan con la tinta, ya que en la página 3 se ha observado que crecen alrededor de los trazos, siguiendo su contorno. La diferencia en las mediciones de pH son indicio de que en este refuerzo se están llevando a cabo reacciones de hidrólisis en el adhesivo.

En el caso del manuscrito CA 441, el único indicio de degradación del adhesivo observado fue la baja lectura de pH (5.0) en la muestra de papel con malla, el cual también nos habla de un proceso de hidrólisis del adhesivo. El manuscrito CA 632 presenta el caso contrario: la lectura de pH está dentro del rango neutral (6.5), pero se detectaron cristales blancos. Parece ser que la eflorescencia de plastificantes no siempre se relaciona con un pH bajo, pero sí es un indicador de que el adhesivo es más susceptible a agentes de degradación, debido a que pierde el plastificante que también servía de estabilizador, por lo que debe mantenerse en vigilancia.

Los manuscritos CA 4.12, CA 256A, CA 340, CA 497, CA 558, CA 624 y CA 628 presentan lecturas de pH en el rango neutral (6.5 a 7.5) y no se observó eflorescencia de plastificante en superficie; sin embargo, sí se observó tanto la deformación del plano como el amarillamiento.

Conclusiones

Si bien la investigación bibliográfica nos hacía suponer que el adhesivo utilizado en los laminados y refuerzos era nitrato de celulosa, esto sólo se confirmó gracias al análisis FTIR de las muestras. Fue en este punto donde la satisfacción de haber identificado el adhesivo se convirtió en aprensión, por lo mucho que tiene como consecuencia para la conservación de los manuscritos la presencia de este compuesto.

Como se dijo anteriormente ("Acetato y nitrato de celulosa. Usos, propiedades y mecanismos de deterioro"), el nitrato de celulosa es un polímero inestable y se consideraba como tal desde los inicios de su utilización en

⁹ Se cree que el alcanfor en el nitrato de celulosa actúa como plastificante y estabilizador (Shashoua, 2008).

conservación; sin embargo, se siguió empleando debido a su facilidad de aplicación y alto poder adhesivo (Horie 2010: 134). La observación con microscopio así como la medición de pH sirvieron para detectar la presencia de cristales y zonas con un pH bajo, que, en conjunto con las observaciones realizadas al inicio de la investigación (deformación de plano y amarillamiento), indican procesos de degradación en este polímero.

La pérdida de plastificantes conduce al encogimiento, que en los manuscritos se observa como deformación del plano. Es después de esta pérdida cuando el nitrato de celulosa se vuelve más vulnerable a la degradación química (Shashoua 2008), y si en este estado de vulnerabilidad entra en contacto con la humedad, se pueden llevar a cabo reacciones de hidrólisis, las cuales son, como ya se expuso, autocatalíticas; si los productos de degradación no se remueven (dióxido de nitrógeno o ácido nítrico), harán que la velocidad de las reacciones aumente y éstas se extiendan más allá del objeto inicial (Shashoua 2008).

Con base en lo observado, se considera que, después de aproximadamente 70¹⁰ años de haberse aplicado, los laminados y refuerzos apenas están en las primeras etapas de degradación. El siguiente paso será una mayor y más rápida producción de compuestos volátiles, lo que supondrá la presencia de productos poco favorables para la conservación de los manuscritos.

Recomendaciones de conservación preventiva

Para los manuscritos de este caso de estudio se recomienda eliminar los laminados y refuerzos, ya que, desde el punto de vista de la estabilidad química, el nitrato de celulosa es un polímero químicamente inestable, cuya degradación, una vez que comienza, no puede detenerse ni revertirse, sino sólo ralentizarse. Otra perspectiva es la de la lectura del objeto, como se mencionó en los antecedentes estos laminados y refuerzos han causado amarillamiento, deformación, sangrado de sellos de propiedad, que dificultan la lectura de los documentos y durante el proceso de aplicación de estas intervenciones se cambió el formato de algunos de los manuscritos. Eliminar los laminados y refuerzos dará una mejor lectura, además de que reestablecerá su flexibilidad, grosor y formato. En el informe de Ortega L. (1997: 38) se describe el uso de inmersiones en acetona para retirar los laminados del libro *Protocolo del Colegio de San Francisco Javier de Tepozotlán*.

Si no es posible eliminar los laminados y refuerzos, ya sea por cuestiones técnicas o administrativas, se considera necesario un sistema de almacenaje que evite el contacto de la obra con agentes que promuevan su degradación así

¹⁰ El señor Almela trabajó en la BNAH desde los años cuarenta hasta los sesenta; si consideramos que intervino la Colección Antigua desde los inicios de su carrera, los laminados y refuerzos tienen aproximadamente 79 años.

como monitoreo constante para detectar cambios como amarillamiento, deformación del plano u olor (para el nitrato de celulosa se ha descrito como un olor “fuerte y bien definido, agudo”). Se recomienda que, de ser posible, observen con microscopio páginas seleccionadas al azar para buscar craqueladuras o cristalización del plastificante en el adhesivo.

Sobre parámetros de conservación preventiva, no existen lineamientos específicos de conservación para objetos de papel intervenidos con adhesivo de nitrato de celulosa, pero sí varios estudios sobre parámetros para fotografías y cintas hechas de este material, los cuales se adaptarán al contexto de este estudio.

Humedad y temperatura. Ya que el nitrato de celulosa puede llevar a cabo reacciones de degradación a temperatura ambiente, es recomendable almacenar los manuscritos a bajas temperaturas. La *IPI Media Storage Quick Reference* (Adelstein 2009: 3) recomienda que los rollos y fotografías hechos a base de nitrato de celulosa se almacenen a 2 °C, con una humedad de 20%-30%. Los rangos de temperatura y humedad recomendados para papel son de 18-22 °C (+-3 °C), con una HR de 50-60% HR (+-5%) (Crespo y Viñas 1984: 39), por lo que el límite más bajo será de 15 °C, con 45% HR. Se sugiere mantenerse lo más cercano posible a este rango, o más bajo, si el documento lo permite.

Embalaje/almacenamiento. Si el número de documentos que presentan esta intervención, y que no pueden eliminarse, es reducida, se podrían hacer guardas especiales con gel de sílice y carbón activado. El primero ayudará a mantener la humedad en el rango arriba descrito, mientras que el segundo servirá para absorber el dióxido de nitrógeno (Shashoua 2014: 14) y, con ello, se evitará la formación de ácido nítrico. Se recomienda que el contenedor esté sellado y contenga un compartimiento para carbón activado y gel de sílice; deberá estar hecho de materiales estables, es decir, libre de ácido y, de ser posible, que tenga una reserva alcalina (Rotaèche González de Ubieta 2012). Se sugiere almacenar los manuscritos lejos de otros libros, en un lugar bien ventilado.

Agradecimientos

M. en C. Nora Ariadna Pérez Castellanos y M. en C. Armando Arciniega Corona (Laboratorio de Conservación, Diagnóstico y Caracterización Espectroscópica de Materiales [Codice] de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural [CNCPC] del Instituto Nacional de Antropología e Historia [INAH], donde se hicieron los análisis y los proyectos INAH: 11852, y Conacyt: 2014225845); Mtra. Carolusa González Tirado (Centro INAH Guanajuato); Lic. Alejandro Meza Orozco (El Colegio de Michoacán [Colmich], Michoacán); M. en C. María del Pilar Tapia López (Escuela Nacional de Conserva-

ción, Restauración y Museografía [ENCRYM-INAH]); Mtra. Xóchitl Cruz Pérez (Laboratorio de Restauración de la Biblioteca Nacional de Antropología e Historia [BNAH]); Lic. Ricardo Paquini Vega (Laboratorio de Restauración de la Biblioteca Central [BC] de la Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM]); Lic. Alejandra Odor Chávez y Sr. Ricardo Tinajero Franco (Biblioteca Nacional de México [BNM-UNAM]); Dr. Baltazar Brito Guadarrama (director de la BNAH) y Miguel Nájera Pérez (Subdirector de Documentación de la BNAH); Lic. Karina Xochipilli Rossell Pedraza (Sección de Conservación del Museo Nacional de Virreinato [MNV]). Un agradecimiento más: a la Secretaría de Cultura-INAH, por las facilidades de consulta y publicación otorgadas. Todas las dependencias mencionadas anteriormente se encuentran en México.

Referencias

- Adelstein, Peter. Z.
2009 *Storage Guides. Image Permanence Institute*, documento electrónico recuperado de [https://www.imagepermanenceinstitute.org/webfm_send/301], consultado el 19 de agosto de 2018.
- Almela Meliá, Juan
1949 *Manual de reparación y conservación de libros, estampas y manuscritos*, México: Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Comisión de Historia.
1976 *Higiene y terapéutica del libro*, México: Fondo de Cultura Económica (FCE).
- Anon.
1588-1688 *Información promovida por los descendientes de Cuauhtemoczin y Moctezuma*, México: s. n.
- Barrow, W.
1948 "Procedimientos y equipo usado en el método Barrow para restaurar manuscritos y documentos", *Boletín del Archivo General de la Nación*, XIX (2): 219-228.
- Crespo, Carmen y Vicente Viñas
1984 *La preservación y restauración de documentos y libros en papel: un estudio del RAMP con directrices*, París: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Cruz Pérez, Xóchitl
2015 "Estabilización del fondo de origen perteneciente a la Biblioteca Nacional de Antropología e Historia 'Dr. Eusebio Dávalos Hurtado'. Fondo Conventual, Calendarios de Galván y Colección Antigua", informe final mayo-septiembre, México: Biblioteca Nacional de Antropología e Historia "Dr. Eusebio Dávalos Hurtado".
- Derrick, Michele R., Dusan Stulik y James M. Landry
1999 *Scientific Tools for Conservation: Infrared Spectroscopy in Conservation Science*, Los Ángeles: Getty Conservation Institute.
- DEVCON Versachem
2017 *Devcon products, Duco® Cement, 1 Fl. Oz. Carded*, página web recuperada de [<http://www.itwconsumer.com/devcon-products/product.cfm?id=DUCO%C2%AE%20Cement%2C%201%20fl%2E%20oz%2E%20carded-52>], consultada en agosto de 2018.
- Esquivel Álvarez, María A.
2009 *Informe de proceso de restauración realizado a tres retratos de la obra "Información procedente de los descendientes de Moctezuma" provenientes de la Biblioteca Nacional de Antropología e Historia, Archivo Histórico*, México: Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía.
- García Flores, Ana Paula
2017 Entrevista realizada al señor Ricardo Tinajero Franco sobre los laminados y refuerzos con malla sintética realizados en la Biblioteca Nacional de México, México, 25 de julio de 2017.
- Gómez Urquiza de la Macorra, Mercedes y Raquel Huerta Coria
1979 *Papel. Efectos de tres consolidantes sobre celulosa*, México: Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía.
- Horie, Charles V.
2010 *Materials for Conservation. Organic Consolidants, Adhesives and Coatings*, Nueva York: Butterworths.
- Industrial Netting
s. f. *Nylon Woven Mesh*, página web recuperada de [<https://www.industrialnetting.com/woven-nylon.html>], consultada el 22 de octubre de 2019.
- Matteini, Mauro y Archangelo Moles
2001 *Ciencia y restauración*, Hondarribia: Nerea.
- Ortega, Laura
1997 *Informe final de restauración: Protocolo del Colegio de San Francisco Javier de Tepotzotlán*, México: Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía.
- Plenderleith, H. J.
1967 *La conservación de antigüedades y obras de arte*, Valencia: Instituto Central de Conservación y Restauración de Obras de Arte, Arqueología y Etnología.
- POPART
2016 *Damage Atlas. Atlas of Case Studies Presenting Typical Damages*, Preservation of Plastic ARTEfacts in Museum Collections, página web recuperada de [<http://popart-highlights.mnhn.fr/collection-survey/damage-atlas/index.html>], consultada en agosto de 2018.
- Rambaldi, Diana Cristina, Chetan Suryawanshi, Charlotte Eng y Frank D. Preusser
2014 "Effect of thermal and photochemical degradation strategies on the deterioration of cellulose acetate", *Polymer Degradation and Stability*, 237-245.
- Rotaech González de Ubieta, Mikel
2012 *Conservación y restauración de materiales contemporáneos y nuevas tecnologías*, Madrid: Síntesis.
- Ruiz de Ahumada, Pedro
1673 *Libro de Protocolo del Colegio y Casas del Noviciado de Tepotzotlán*, Tepotzotlán, s. n.
- Selwitz, C.
1988 "Cellulose nitrate in conservation", *Research in Conservation*, Getty Conservation Institute, 2: 1-75.

Shashoua, Yvonne

2008 *Conservation of Plastics. Materials Science, Degradation and Preservation*, Londres, Butterworth-Heinemann.

2014 "A safe place. Storage strategies for plastics", *Conservation Perspectives. The GCI Newsletter*: 13-15.

Shashoua, Y., S. Bradley y V. Daniels

1992 "Degradation of cellulose nitrate adhesive", *Studies in Conservation*, 37 (2): 113-119.

Williams, S. R.

2002 *Care of Plastics. Malignant Plastics*, documento electrónico recuperado de [<https://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn24/wn24-1/wn24-102.html>], consultado el 24 de octubre de 2017.

Síntesis curricular del/los autor/es

Ana Paula García Flores

Restauradora independiente

ana.paula.gf001@gmail.com

Originaria de Guadalajara, Jalisco (México), estudió la licenciatura en restauración de bienes muebles en la Escuela de Conservación y Restauración de Occidente (ECRO, México), generación 2009-2014. Realizó su especialidad en el Taller de Documentos Gráficos de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural del Instituto Nacional de Antropología e Historia (CNCPC-INAH, México). Ha trabajado como coordinadora en el proyecto de restauración de murales al exterior en el Museo del Virreinato, Tepotzotlán, y pintura mural en el Templo de la Santa Veracruz, Ciudad de México. Laboró en el Taller de Restauración de la Biblioteca Nacional de Antropología e Historia (BNAH, México) de 2014 a 2015; durante ese periodo se realizaron algunas de las investigaciones que derivaron en el presente artículo. Actualmente trabaja obra particular en Guadalajara, Jalisco.

