

M. ESTHER CASTILLO-VALDIVIA*
 Departamento de Química Analítica
 Facultad de Ciencias, Universidad de Granada
 Granada, España
 ecastillo@ugr.es

ANA LÓPEZ-MONTES
 Departamento de Pintura
 Facultad de Bellas Artes, Universidad de Granada
 Granada, España
 alopezmontes@ugr.es

JOSÉ LUIS VÍLCHEZ
 Departamento de Química Analítica
 Facultad de Ciencias, Universidad de Granada
 Granada, España
 jvilchez@ugr.es

TERESA ESPEJO
 Departamento de Pintura
 Facultad de Bellas Artes, Universidad de Granada
 Granada, España
 tespejo@ugr.es

ROSARIO BLANC
 Departamento de Química Analítica
 Facultad de Ciencias, Universidad de Granada
 Granada, España
 mrbanc@ugr.es

*Autor para la correspondencia

CARACTERIZACIÓN DE LA GOMA ARÁBIGA Y ESTUDIO DE LOS CAMBIOS INDUCIDOS POR ENVEJECIMIENTO ARTIFICIAL

Palabras clave: goma arábiga, papel, envejecimiento, electroforesis capilar, espectrometría ultravioleta-visible, espectrometría de fluorescencia

RESUMEN

El estudio, caracterización e identificación de la goma arábiga es de gran interés en el campo del patrimonio documental debido a su amplio uso como aglutinante en las tintas para escritura y como agente encolante en los soportes de papel. En este trabajo se ha simulado el envejecimiento natural de la goma para observar las posibles variaciones en su composición, color y fluorescencia. Las muestras sometidas al proceso de envejecimiento artificial acelerado se han analizado mediante tres técnicas: electroforesis capilar, espectrofotometría ultravioleta-visible y espectrometría de fluorescencia. De los resultados obtenidos se podrán definir cuáles son las variables que más influyen en la alteración de la goma arábiga y si ésta se puede llegar a identificar sobre documentos antiguos de papel o en aquellos que no se hayan conservado bajo las condiciones adecuadas.

ABSTRACT

The study, characterization and identification of gum arabic is of great interest in the field of documentary heritage due to its wide use as a binding agent in writing inks, and as a gluing agent in paper supports. In this work, the natural ageing of the gum arabic has been simulated in order to observe the potential changes in its composition, colour and fluorescence. Three techniques have been used to assess the samples subjected to accelerated artificial ageing: capillary electrophoresis, ultraviolet-visible spectrophotometry and fluorescence spectrometry. Using the results obtained it will be possible to define the variables that most influence the alteration of gum arabic, as well as whether it could be identified on historic paper documents or on

INTRODUCCIÓN

La goma arábiga es una de las gomas de mayor uso a lo largo de la historia junto con la goma de tragacanto. Ha sido objeto de comercio desde los tiempos bíblicos hasta la actualidad. Se obtiene de la resina de algunas especies de acacia, tradicionalmente de la Acacia Senegal, que crece en regiones desérticas de África y de Oriente Medio (Mills 1995).

En los documentos gráficos, la goma arábiga ha sido empleada como material aglutinante de colorantes y pigmentos usados en la escritura y en las capas pictóricas de las decoraciones, dotando de mayor viscosidad a las disoluciones, factor que facilita la aplicación de las tintas (Duton 1995). También se ha empleado como agente encolante en los soportes de papel (Loveday 2001).

Respecto a su composición química, se trata de un compuesto polisacárido con bajo contenido proteico formado por una mezcla compleja de monosacáridos (ácido D-glucurónico, L-rhamnosa, L-arabinosa y D-galactosa) y proteínas (glicoproteínas ricas en hidroxiprolina) (Mills 1995).

La goma arábiga es soluble en agua por lo que es necesario identificarla en los documentos antes de aplicar los tratamientos de restauración, ya que los métodos acuosos podrían diluirla produciendo sangrados, pérdidas de texto o empaldecimientos, pérdida de adherencia entre los elementos del documento o modificaciones en el aspecto estético de la superficie del papel.

Existen estudios previos de envejecimiento artificial de la goma arábiga en los que se ha trabajado con soportes distintos (pétreos) a los que se han empleado en este trabajo, en los cuales se concluyó que los pigmentos que fueron aglutinados con goma arábiga resistían mejor las condiciones de envejecimiento acelerado en comparación con los aplicados con otros aglutinantes (David 2008). Otros autores sí han investigado con los mismos soportes (papel) pero las muestras únicamente se han sometido a envejecimiento mediante exposición a radiación ultravioleta, sin tener en cuenta la temperatura y la humedad, factores ambientales que también deben ser controlados y estudiados en el caso de la conservación de documentos gráficos. Este estudio demostró que tras el período de envejecimiento no había variación de la composición química de la goma (Größl 2005). En otras ocasiones, se ha estudiado el envejecimiento de la goma junto con colorantes y se ha observado que tras el período de envejecimiento, los colorantes aplicados con

paper documents that have not been preserved under adequate conditions.

RÉSUMÉ

L'étude, la caractérisation et l'identification de la gomme arabique revêtent une importance capitale dans le domaine du patrimoine documentaire, en raison de son emploi répandu en tant que liant pour les encres d'écriture et en tant qu'adhésif pour les supports en papier. Dans ce travail, le vieillissement naturel de la gomme arabique a été simulé afin d'observer les variations potentielles de sa composition, sa couleur et sa fluorescence. Trois techniques ont permis d'évaluer les échantillons soumis à un vieillissement accéléré : l'électrophorèse capillaire, la spectrométrie UV-visible et la spectrométrie de fluorescence. À partir des résultats obtenus, il sera possible de définir les variables qui altèrent le plus la gomme arabique, et de déterminer s'il est possible de la détecter dans les papiers anciens ou les documents en papier qui n'ont pas été préservés dans des conditions appropriées.

goma arábica resisten mejor las condiciones impuestas y por lo tanto actúa también como protección de los colorantes empleados en la capa pictórica aunque observaron también un ligero amarilleamiento al final del proceso ocasionado quizá por las variaciones cromáticas de la goma (López-Montes 2006 y 2008). Sin embargo, no se ha determinado cuál es el comportamiento individual de la goma arábica tras el envejecimiento teniendo en cuenta todos los factores ambientales mencionados. Por ello planteamos en este trabajo el estudio del envejecimiento de la goma arábica.

METODOLOGÍA

Envejecimiento artificial acelerado de la goma arábica

El estudio de los cambios inducidos por envejecimiento artificial se realizó en una cámara climática de envejecimiento artificial (Solarbox 3000eRH) que nos permite controlar la radiación en condiciones de interior (filtro *indoor*), la temperatura y la humedad relativa (H_R). Las condiciones seleccionadas responden a las normas ISO 11341:2004 (estudio de envejecimiento de pinturas y barnices) y ISO 5630-3:1996 (estudio de envejecimiento de papel y cartón). Por tanto se ha trabajado con una lámpara de xenón a una irradiancia de 550 Wm^{-2} , temperatura constante de 353 K (80°C) y 65 por ciento de H_R . Los intervalos de envejecimiento han sido: 24 h, 48 h, 72 h y 144 h.

En la cámara se introdujeron cuatro grupos de muestras:

- viales herméticamente cerrados con disolución acuosa de goma arábica en una concentración 1:6 goma/agua
- viales herméticamente cerrados con disolución acuosa de los cuatro monosacáridos patrones en una concentración de 3×10^{-3} molar (M)
- goma arábica aplicada sobre una placa de vidrio
- goma arábica aplicada con pincel sobre papel artesanal de fibra de cáñamo sin encolantes ni colorantes.

Una réplica de cada grupo se mantuvo como referencia, protegidas de la luz y en condiciones ambientales constantes de $294 \pm 3 \text{ K}$ que hemos denominado muestras-referencia. Las muestras que se introdujeron en la cámara de envejecimiento se prepararon por duplicado; unas expuestas a la luz de la lámpara que se denominaron muestras-luz y otras que se mantuvieron en oscuridad dentro de la cámara y se denominaron muestras-oscuridad. También se estudiaron los blancos experimentales de cada condición especificada. Para comprobar la fiabilidad de los resultados se hicieron tres réplicas experimentales de cada muestra y a cada una de ellas tres réplicas instrumentales

Toma y tratamiento de muestra

Las muestras de papel se pesaron e introdujeron en un vial con dos mililitros de agua ultrapura manteniéndolas en un baño de ultrasonidos

durante 30 minutos. Una vez separado el papel de la disolución, el agua se evaporó hasta su totalidad mediante el paso de una corriente de nitrógeno quedando la goma arábica extraída del papel adherida a las paredes del vial. La goma aplicada sobre vidrio se extrajo raspando con una espátula hasta obtener una muestra de 10 miligramos con aspecto de pequeñas escamas y polvo.

El tratamiento de muestra en ambos casos (papel y vidrio) precisa una etapa de hidrólisis para la obtención de los monosacáridos libres que constituyen la goma arábica. Para la hidrólisis se añadieron 5 mililitros de ácido trifluoroacético (TFA) 2M y se calentó a 383 K durante dos horas. Después se eliminó el TFA mediante el paso de una corriente de nitrógeno y el residuo se reconstituyó en 200 microlitros de agua ultrapura, filtrándose finalmente con filtros de celulosa regenerada.

Caracterización por electroforesis capilar de las muestras envejecidas

Para la caracterización inicial de la goma arábica se emplearon patrones de los monosacáridos que la componen: ácido D-glucurónico, L-rhamnosa, L-arabinosa y D-galactosa disueltos en agua ultrapura en una concentración $3,0 \times 10^{-3}$ M. El método de identificación fue desarrollado con anterioridad por el mismo grupo de investigación mediante electroforesis capilar acoplada a un detector ultravioleta-visible (EC-DAD) (Castillo-Valdivia et al. 2009).

Este método electroforético sencillo, rápido y eficaz, permite la identificación de los cuatro monosacáridos en menos de nueve minutos. La cantidad de muestra requerida es del orden de los nanolitros, por lo que podríamos hablar del uso de micromuestras, aspecto muy valorizado en el estudio de materiales en patrimonio cultural.

El grupo de muestras sobre papel y sobre placa de vidrio se analizó con este método para observar las variaciones en la composición de la goma. Tras la toma de muestra en los días indicados por las normas ISO mencionadas anteriormente, se procedió al tratamiento de muestra detallado en el apartado precedente. De los electroferogramas resultantes se obtuvieron las áreas de los picos correspondientes a cada monosacárido, representándolas como áreas relativas respecto al patrón interno añadido (2,5 miligramos de L-fucosa). Estos datos fueron normalizados dividiendo por la masa de cada muestra de papel.

Estudio por espectrofotometría ultravioleta-visible

La evolución de los cambios cromáticos de la goma arábica se estudiaron con un espectrofotómetro marca Agilent 8453E (Wadbronn, Alemania). En este ensayo se usaron los dos grupos de muestras de goma en disolución preparadas en viales herméticamente cerrados. Después de cada intervalo de envejecimiento se extrajo la cantidad adecuada de disolución para llenar la cubeta de cuarzo del espectrofotómetro.

Análisis mediante espectrometría de fluorescencia

La fluorescencia es otra de las características que presenta la goma arábica (Dorge 1994). Para observar el aumento o reducción de esta propiedad se usaron los grupos de muestras de goma arábica en disolución en viales herméticamente cerrados (1:6 goma/agua), goma sobre papel y goma sobre placas de vidrio. Se mantuvieron las series de muestras (muestras-referencia, muestras-luz y muestras-oscuridad) y se añadió una nueva condición experimental: muestras expuestas a la luz solar a la intemperie, sin filtro de radiación ultravioleta (muestras-intemperie). En todos los casos se incluyeron blancos de cada condición experimental, y se realizaron tres réplicas experimentales e instrumentales.

Se empleó un detector de fluorescencia acoplado a un cromatógrafo de líquidos Agilent 1100 (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA). La ventaja que presenta el uso de esta técnica en lugar del espectrofluorímetro es la posibilidad de trabajar con cantidades mínimas de muestra (microlitros). Hay que tener en cuenta que aunque todas las muestras fueron preparadas en el laboratorio, el tamaño de ellas estuvo limitado por el espacio de la cámara de envejecimiento y la gran cantidad de réplicas que se debían preparar para cada condición.

El cromatógrafo se acopló al detector evitando el paso por la columna. La fase móvil compuesta por agua/metanol (50:50) arrastraba los 10 microlitros de muestra hasta el detector con un flujo de $1 \times 10^{-5} \text{ L s}^{-1}$. La longitud de onda de excitación se optimizó a 282 nm y la longitud de onda de emisión a 315 nm.

Como no era posible el uso de un patrón interno en este caso, al inicio de cada sesión de trabajo se inyectó una muestra de sulfato de quinina $3,0 \times 10^{-3} \text{ M}$, sustancia que presenta una gran estabilidad en cuanto a su fluorescencia para controlar la variabilidad de los resultados (Dincel 2005).

Al igual que en los casos anteriores, la intensidad de la señal de fluorescencia de las muestras de goma sobre papel se normalizaron dividiendo por la masa de la muestra para corregir la variabilidad que introduce la aplicación de la goma sobre el papel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

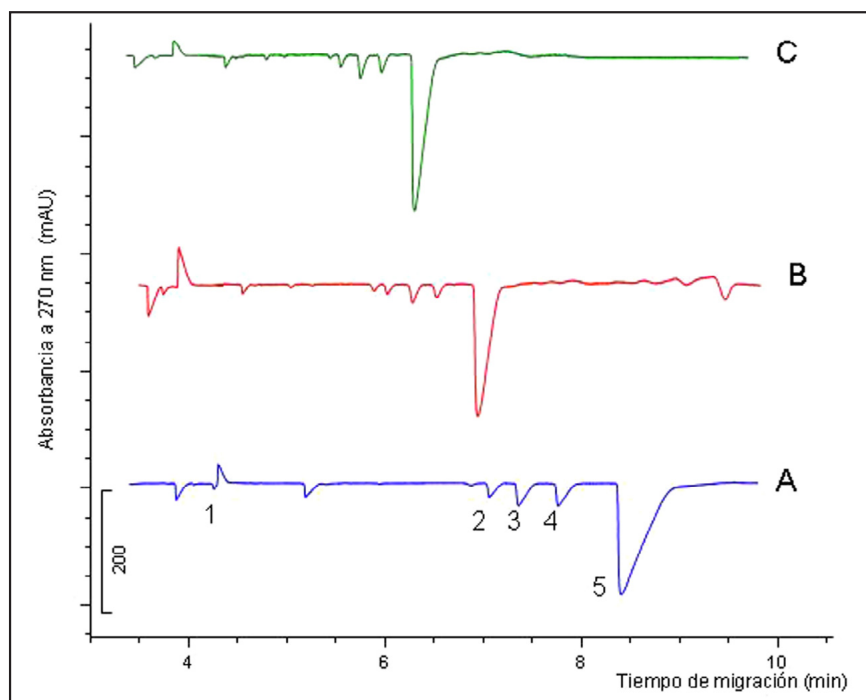
Caracterización por electroforesis capilar

Una vez representados los datos de las separaciones electroforéticas se pueden observar dos comportamientos principalmente. Los electroferogramas obtenidos de la goma aplicada sobre papel después del proceso de envejecimiento no experimentan cambios si los comparamos con el electroferograma de referencia. Por tanto, no hay variación en la concentración de los monosacáridos (Figura 1) (Tabla 1). En cambio, en los electroferogramas obtenidos de las muestras de goma sobre vidrio se observa una disminución en la concentración de los monosacáridos respecto del electroferograma inicial (Figura 2) (Tabla 2).

Tabla 1

Evolución de la concentración de cada componente de la goma arábica sobre papel (A: área)

	INICIO (0 h)	LUZ (144 h)	OSCURIDAD (144 h)
	A/(A patrón interno)		
Ácido D-glucurónico	0,0009	0,0008	0,0008
L-rhamnosa	0,0011	0,0010	0,0009
L-arabinosa	0,0015	0,0014	0,0014
D-galactosa	0,0026	0,0024	0,0024

**Figura 1**

Electroferogramas de la evolución de la concentración de goma arábica sobre papel (1: ácido D-glucurónico, 2: L-rhamnosa, 3: L-arabinosa, 4: D-galactosa, 5: L-fucosa, A: inicio experimento envejecimiento 0 h, B: muestras-luz 144h, C: muestras-oscuridad 144h)

Tabla 2

Evolución de la concentración de cada componente de la goma arábica sobre vidrio (A: área)

	INICIO (0 h)	LUZ (144 h)	OSCURIDAD (144 h)
	A/(A patrón interno)		
Ácido D-glucurónico	0,017	0,009	0,019
L-rhamnosa	0,389	0,150	0,181
L-arabinosa	0,850	0,350	0,401
D-galactosa	0,959	0,268	0,357

El análisis por electroforesis capilar nos ha permitido comprobar que las condiciones drásticas a las que se han sometido las muestras (exposición a luz, temperatura elevada y exceso de H_R) no influyen negativamente en la determinación de los cuatro monosacáridos que componen la goma arábica. Las leves disminuciones en las áreas de los picos electroferográficos de las muestras sobre vidrio en oposición a las áreas constantes de las muestras sobre papel, nos lleva a pensar en una posible protección de la goma por las fibras del papel usado como soporte. La composición de

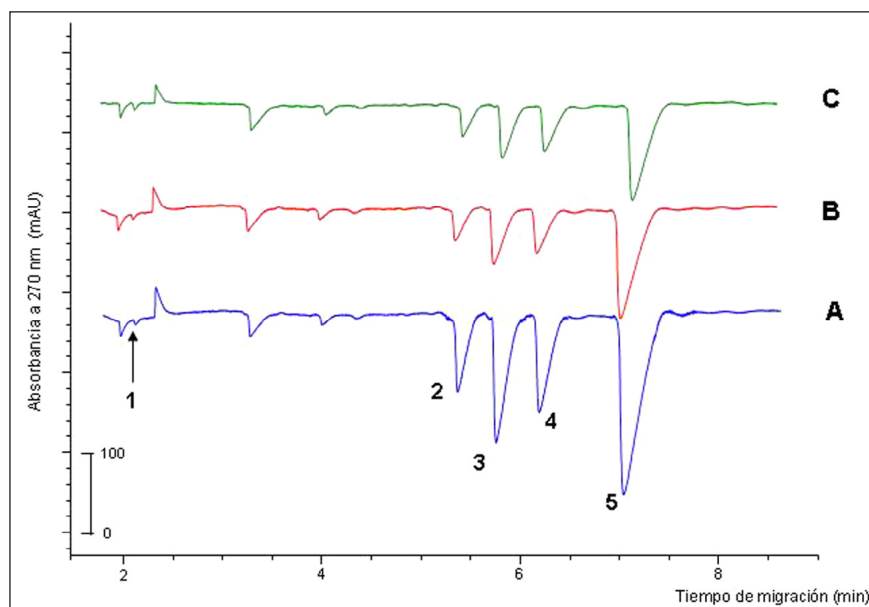


Figura 2

Electroferogramas de la evolución de la concentración de goma arábiga sobre vidrio (1: ácido D-glucurónico, 2: L-rhamnosa, 3: L-arabinosa, 4: D-galactosa, 5: L-fucosa, A: inicio experimento envejecimiento 0 h, B: muestras-luz 144h, C: muestras-oscuridad 144h)

la goma arábiga no se ve prácticamente alterada tras el experimento de envejecimiento artificial. Tampoco se ha detectado la aparición de otras sustancias de degradación de los componentes principales de la goma.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por otros investigadores en los que se comprobaba que la composición de la goma no variaba con el envejecimiento (Gröb1 2005).

Estudio por espectrofotometría ultravioleta-visible

El comportamiento de las muestras de goma arábiga (1:6 goma/agua) y de las muestras que contenían los cuatro monosacáridos en disolución presentaron respuestas similares. Las disoluciones expuestas a la luz se volvieron turbias y de cierto tono amarillento-terroso a partir de las 24 h. En los espectros UV-vis se puede observar perfectamente la evolución de la modificación de la banda de mayor absorbancia característica de estos monosacáridos a 270 nm, que llega a desaparecer a partir de las 48 h (Figura 3). En el caso de las disoluciones que contenían únicamente los patrones de la goma arábiga, la banda de absorción de los espectros se desplazó de forma mucho más significativa hacia longitudes de onda mayores (Figura 4). Las muestras de los viales protegidos de la luz (muestras-oscuridad) conservaron la morfología del espectro de referencia inicial sin envejecer (Figura 5 y 6).

De los resultados obtenidos mediante el análisis espectrofotométrico se concluye que el factor más influyente en la degradación de la goma arábiga es la luz. Además, el desplazamiento más acusado de las bandas de absorción hacia longitudes de onda mayores en las muestras que contienen sólo los patrones de los cuatro monosacáridos, implica que el amarilleamiento

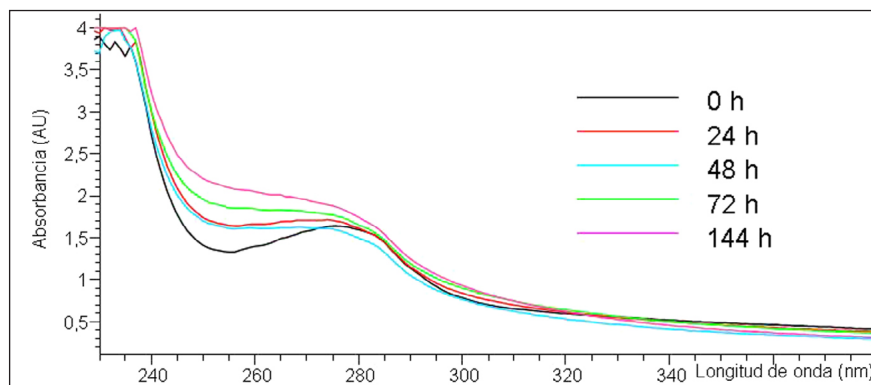


Figura 3

Espectros UV-vis de las muestras de goma arábica en disolución a lo largo del ciclo de envejecimiento artificial

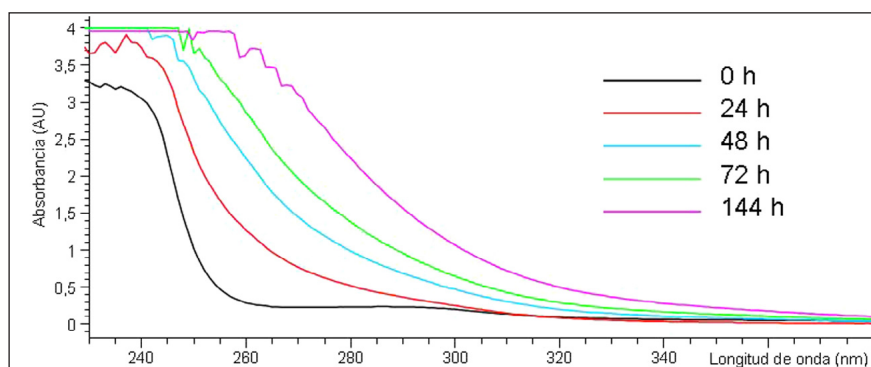


Figura 4

Espectros UV-vis de los patrones de la goma arábica en disolución a lo largo del ciclo de envejecimiento artificial

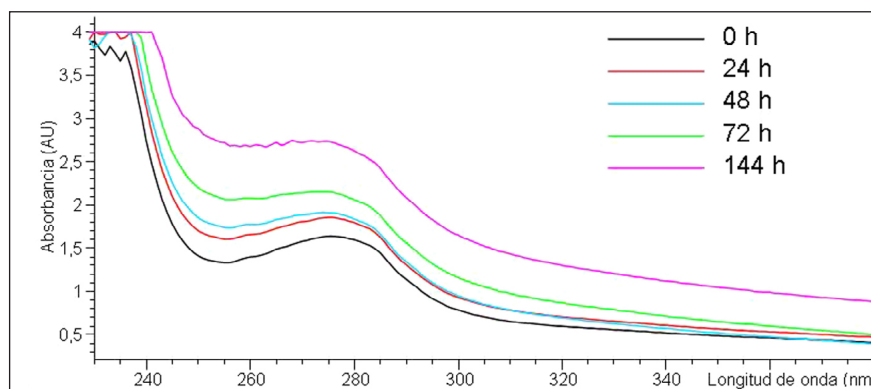


Figura 5

Espectros UV-vis de las muestras de goma arábica en disolución a lo largo del ciclo de envejecimiento artificial protegidas de la luz (muestras-oscuridad)

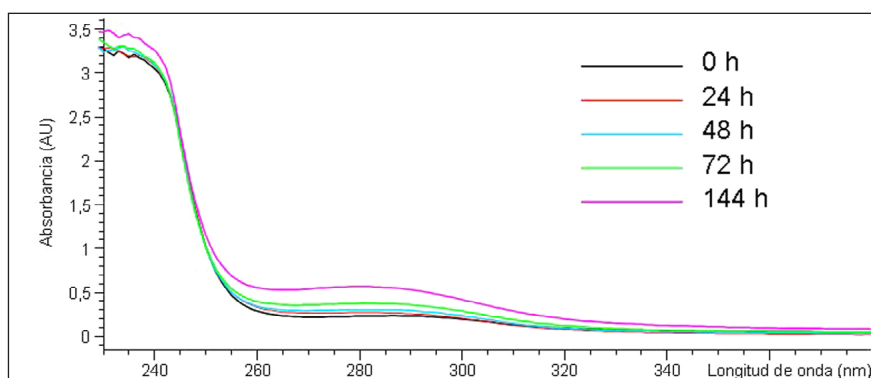


Figura 6

Espectros UV-vis de los patrones de goma arábica en disolución a lo largo del ciclo de envejecimiento artificial protegidos de la luz (muestras oscuridad)

característico de la goma arábica por envejecimiento se deba esencialmente a su naturaleza polisacárida.

Estos resultados están en concordancia con estudios previos llevados a cabo por nuestro grupo de investigación, en los que se afirmaba que los colorantes aglutinados con goma arábica mostraban amarilleamiento tras el proceso de envejecimiento acelerado (López-Montes 2006).

Análisis mediante espectrometría de fluorescencia

De manera general podemos decir que la fluorescencia que presenta la goma arábica decrece con el paso del tiempo en los cuatro tipos de muestras analizadas bajo cualquiera de las condiciones, estabilizándose a las 72 h en todos los casos (Figura 7). Para las muestras protegidas de la luz (muestras-referencia y muestras-oscuridad) este descenso es menos acusado. Las muestras expuestas a la luz en la cámara de envejecimiento con filtro *indoor* perdieron intensidad de fluorescencia con mayor rapidez aunque fueron las muestras expuestas a la luz solar las que presentaron los valores más bajos de fluorescencia después del ciclo completo de envejecimiento.

Mediante el estudio por espectrometría de fluorescencia se observa que el envejecimiento inducido favorece la pérdida de la fluorescencia que emite la goma arábica en cualquiera de las condiciones de estudio. El factor que más disminuye esta propiedad es la exposición a la luz solar, de lo que se deduce que las radiaciones ultravioleta producen un mayor descenso en la fluorescencia de la goma arábica. Este comportamiento se observó en todos los soportes estudiados (papel, vidrio y disolución acuosa) sin aparecer ahora esa posible protección por las fibras del papel usado como soporte.

Resistencia, aplicación y conservación de la goma arábica

Queda demostrado que la goma arábica es muy resistente al proceso de envejecimiento. La prolongada exposición a la luz, radiaciones ultravioleta, la humedad excesiva y la temperatura elevada no modifican la composición básica de este aglutinante como se ha demostrado durante la caracterización mediante electroforesis capilar. Las únicas alteraciones que merecen especial atención son la pérdida de fluorescencia y el amarilleamiento. La pérdida de fluorescencia se debe a la exposición de la goma a la luz solar sin filtro de radiación ultravioleta por lo que se sugiere y ratifica la necesidad de la utilización de estos filtros en ventanas y vitrinas de museos, bibliotecas, archivos y otras salas donde se expongan los documentos al público. En cambio, el amarilleamiento de la goma no se puede evitar con el uso de filtros aunque sí atenuar el proceso. A pesar de esta variación cromática no se desaconseja su uso como aglutinante porque protege a los pigmentos y colorantes de las capas pictóricas como se demostró en estudios previos citados en este trabajo.

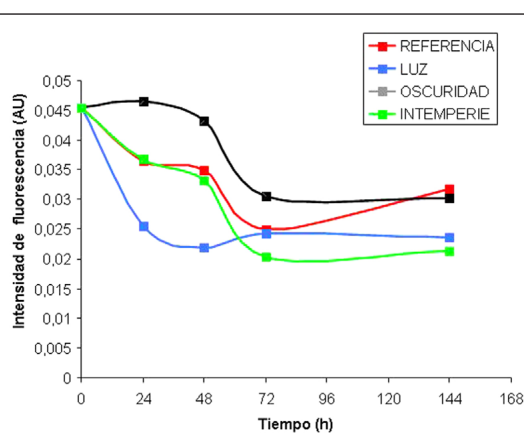


Figura 7

Evolución de la intensidad de fluorescencia de la goma arábica sobre papel en función del tiempo

CONCLUSIONES

Este exhaustivo estudio que se ha llevado a cabo sobre el comportamiento de la goma arábica tras someterla a un experimento de envejecimiento artificial pone de manifiesto la resistencia de la goma arábica al paso del tiempo. Se ha mostrado la influencia que los principales factores ambientales (luz, humedad y temperatura) ejercen sobre las variaciones de su composición, color y fluorescencia; modificaciones que podrían afectar durante la identificación de la goma arábica en documentos gráficos, ya que el tiempo transcurrido, las radiaciones a las que se han expuesto y los soportes sobre los que se ha aplicado, la hacen comportarse de manera diferente y experimentar cambios en sus propiedades espectrofotométricas y de fluorescencia. Además este estudio sobre el envejecimiento de la goma arábica pretende recrear, de manera acelerada, las condiciones en las que se puede encontrar una muestra procedente de un documento antiguo sobre papel y confirma su posible identificación. Ésta es una de las principales aportaciones que ofrece este trabajo, puesto que la identificación y caracterización de los materiales usados en el patrimonio documental permite una mejor actuación en las labores de catalogación, conservación y restauración de documentos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado dentro de los proyectos de investigación “Aplicación de tecnologías de análisis específicas para el conocimiento de materiales y la mejora de los procesos de conservación de los manuscritos árabes de la Península Ibérica (s. X–XVII)” (MAT2008-02008) financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología y “Caracterización de los materiales de manuscritos árabes de la Península Ibérica para la elaboración de un corpus documental” (P08-HUM 04188) financiado por la Junta de Andalucía. Los autores también agradecen a Jean Louis Estève, profesor de L’École Estienne (París), la preparación de muestras de papel artesanal para el desarrollo de los métodos de análisis y la optimización de los tratamientos de muestra.

REFERENCIAS

- CASTILLO-VALDIVIA, M.E., A. LÓPEZ-MONTES, R. BLANC, T. ESPEJO, y J.L. VÍLCHEZ.** 2009. A new way of analysing gum arabic in mediaeval documents from al-Andalus using capillary electrophoresis. En *Euroanalysis 2009 XV Symposium, Innsbruck, Austria, 6–10 Septiembre de 2009*.
- DAVID, H.** 2008. Contribución a la conservación del arte rupestre prehistórico. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia, España.
- DINCEL, A., A. YILDIRIM, F. CAGLAYAN, y A. BOZKURT.** 2005. Determination of ciprofloxacin in human gingival crevicular fluid by high-performance liquid chromatography. *Acta Chromatographica* 15: 308–314.
- DORGE, V., y F.C. HOWLETT, eds.** 1994. *Painted wood. History and conservation*. Proceedings of a Symposium organized by the Wooden Artifacts Group of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works and the Foundation of the AIC,

Williamsburg, Virginia, 11–14 November 1994. Los Angeles, CA: The Getty Conservation Institute.

DUTON, Y., ed. 1995. *The codicology of Islamic manuscripts. Proceedings of the second conference of Al-Furqān Islamic heritage foundation.*

GRÖBL, M., S. HARRISON, I. KAML, y E. KENNDLER. 2005. *Journal of Chromatography A* 1077: 80–89.

LÓPEZ MONTES, A., C. PLATA RÍOS, R. BLANC GARCÍA, J.L. VÍLCHEZ QUERO, y T. ESPEJO. 2006. Estudio de los cambios inducidos por tratamientos de desacidificación en documentos gráficos. En *XVI Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Valencia, España, 2–4 Noviembre.*

LÓPEZ-MONTES, A., T. ESPEJO, J.L. VÍLCHEZ, y R. BLANC. 2008. Notas sobre la identificación mediante técnicas de análisis químico del amarillo de azafrán envejecido artificialmente. *Óptica pura y aplicada* 41(3): 261–265.

LOVEDAY, H. 2001. *Islamic paper. A study of the ancient craft.* Archetype Publications.

MILLS, J.S., y R. WHITE. 1995. *The organic chemistry of museum objects.* 2nd edition. Butterworth Heinemann.

LISTA DE MATERIALES

Goma arábica en polvo

Kremer: www.kremer-pigmente.com

Ácido D-glucurónico

Sigma-Aldrich: www.sigma-aldrich.com

L-rhamnosa

Sigma-Aldrich: www.sigma-aldrich.com

L-arabinosa

Sigma-Aldrich: www.sigma-aldrich.com

D-galactosa

Sigma-Aldrich: www.sigma-aldrich.com

L-fucosa

Sigma-Aldrich: www.sigma-aldrich.com

Fosfato trisódico anhidro

Probus

Industria, 169

08912 – Badalona, Barcelona, España

Phone: (93)4600882

Ácido 2,6-piridindicarboxílico (PDC)

Sigma-Aldrich: www.sigma-aldrich.com

Bromuro de cetiltrimetilamonio (CTAB)

Sigma-Aldrich: www.sigma-aldrich.com

Ácido trifluoroacético (TFA)

Panreac (Barcelona, España): www.panreac.com

Sulfato de quinina

Sigma-Aldrich: www.sigma-aldrich.com