

ESTUDIO MORFOLÓGICO DE LA EFECTIVIDAD DE LA LIMPIEZA CON GELES RÍGIDOS EN TEJIDOS DE ALGODÓN

Emilia López Martín¹, Sofía Vicente Palomino² y Dolores Julia Yusá Marco³

RESUMEN

En este trabajo se evaluó, desde un enfoque teórico-práctico, la aplicación de los geles rígidos agar-agar y agarosa en la limpieza de textiles. Para ello, se utilizó un tafetán de algodón blanco manchado con café y los geles rígidos de agar-agar y agarosa preparados en dos proporciones (3% y 5%). Tras este tratamiento, parte de las probetas fueron sometidas a envejecimiento artificial acelerado mediante radiación UV. Con la finalidad de evaluar la efectividad de limpieza de los geles rígidos y sus posibles variaciones morfológicas en el tejido se realizó la comparación de este procedimiento con el tratamiento convencional de lavado acuoso con tensoactivo. Los resultados alcanzados fueron satisfactorios, observándose diferencias entre los tratamientos de limpieza estudiados.

Palabras clave: Limpieza textil, algodón, geles rígidos, agar-agar, agarosa.

¹ Universidad Politécnica de Valencia, España. emilopezmartin@gmail.com

²⁻³ Universidad Politécnica de Valencia, Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio, España. svicente@crbc.upv.es, doyumar@crbc.upv.es

MORPHOLOGICAL STUDY ON THE EFFECTIVENESS OF CLEANING WITH RIGID GELS ON COTTON FABRICS

ABSTRACT

This study assessed the application of agar-agar and agarose rigid gels in textile cleaning from both a theoretical and practical perspective. For this purpose, white cotton taffeta stained with coffee was employed, along with rigid gels of agar-agar and agarose prepared in two proportions (3% and 5%). After this treatment, a portion of the specimens underwent accelerated artificial ageing via UV radiation. To assess the cleaning effectiveness of the rigid gels and any possible morphological changes to the fabric, this procedure was compared with the conventional aqueous washing method using a surfactant. The results achieved were satisfactory, showing differences between the cleaning treatments studied.

Keywords: Textile cleaning, cotton, rigid gels, agar-agar, agarose.

ESTUDO MORFOLÓGICO DA EFICÁCIA DA LIMPEZA COM GÉIS RÍGIDOS EM TECIDOS DE ALGODÃO

RESUMO

Nesse trabalho, avaliou-se, sob uma abordagem teórico-prática, a aplicação dos géis rígidos de agar-agar e agarose na limpeza de têxteis. Para isso, utilizou-se um tafetá de algodão branco manchado com café e os géis rígidos de agar-agar e agarose preparados em duas proporções (3% e 5%). Após esse tratamento, parte das amostras foi submetida ao envelhecimento artificial acelerado por radiação UV. Com o objetivo de avaliar a eficácia de limpeza dos géis rígidos e suas possíveis variações morfológicas no tecido, foi realizada a comparação desse procedimento com o tratamento convencional de lavagem aquosa com tensoativo. Os resultados obtidos foram satisfatórios, observando-se diferenças entre os tratamentos de limpeza estudados.

Palavras chaves: Limpeza têxtil, algodão, géis rígidos, agar-agar, agarose.

ANTECEDENTES

El sistema de limpieza con geles rígidos ha sido considerado un tratamiento óptimo en diferentes áreas de la conservación y restauración de bienes culturales, debido a la selectividad y control que se ejerce sobre el poder de solubilidad y penetración del agua en la obra de arte. Muchas instituciones de conservación de patrimonio aplican estos métodos y han publicado investigaciones acerca de su uso en pintura (Wolbers, 2000), objetos tridimensionales (Anzani et al., 2008; Gorel, 2010; Scott, 2012) y papel (Wolbers, 2013; Isca et al., 2015). Entre todas estas experiencias, se han ido extrapolando métodos y materiales para cubrir un aspecto de la limpieza en textiles que presentaba dificultades para ser resuelta con los medios habituales. Esta área de estudio es muy amplia debido a que las características de las obras textiles también son distintas, tanto en sus materiales constitutivos como en los tipos de suciedad o manchas que las afectan. En la documentación consultada se encuentran ejemplos de tratamientos directos sobre obras textiles de diferente naturaleza que aplican diversas proporciones y comparan agentes gelificantes (Schmitt y Foskett, 2016), además de la línea de investigación acerca de la introducción de activadores del agua (pH, concentración iónica, quelantes o surfactantes y enzimas) que amplía las posibilidades de estudio y aplicación (Sahmel et al., 2012; Shirley, 2009; Smets et al., 2019). Sin embargo, en esta investigación se ha pretendido contribuir, optando por evaluar desde un supuesto sencillo, el manchado con café de un tafetán blanco de algodón y la utilización para su limpieza de agua desionizada y dos agentes gelificantes polisacáridos: agar-agar y agarosa. De igual forma, se ha considerado comparar este método con el tratamiento de limpieza acuosa con tensoactivo. Esta decisión se fundamenta por ser este el tratamiento de limpieza acuosa más común. La inmersión en agua libre desionizada tiene el objetivo de extraer compuestos solubles de forma homogénea. Sin embargo, algunas desventajas pueden estar asociadas con este tratamiento: la solubilización de materiales sensibles al agua, la posible extracción de acabados textiles y la alteración

de los intersticios o la ortogonalidad del ligamento. Además, la alta capacidad de absorción del tejido de algodón durante la inmersión puede causar hinchazón parcial de las fibras de celulosa (en particular en la fase amorfa). La consecuencia de esto puede ser la contracción del tejido durante la desorción en la fase de secado. Por su parte, la elección del tensoactivo también ha obedecido a reproducir el sistema de limpieza más general en textiles. El aditivo elegido, Teepol®, es un detergente aniónico compuesto por lauriléter sulfato sódico y ácido dodecilmecanosulfónico, utilizado para disminuir la tensión superficial y hacer solubles materiales hidrófobos, lipófilos, entre otros. En la última década del siglo XX, varias publicaciones alertan a los conservadores textiles ante el peligro de eliminar información valiosa durante este proceso y se hace un amplio estudio en torno a los detergentes (Timár-Balázszy, 2000; Brooks y Eastop, 2011). Este sistema tiene diversas limitaciones que hacen atractiva la investigación con otros sistemas como el elegido en el presente artículo. Por esta razón, se ha considerado interesante comparar el grado de limpieza y su capacidad para modificar las propiedades morfológicas del tejido, además de observar si los geles pueden dejar residuos que con el envejecimiento alteren la obra de forma posterior (Stulik et al., 2004).

Las fibras celulósicas están cargadas de forma negativa debido a la presencia de los grupos hidroxilo libres de sus cadenas moleculares y a la posible suciedad presente que contenga igualmente grupos oxidrilos. En el caso de manchas de naturaleza orgánica como proteínas, grasas, aceites, etc., y en otros casos con sustancias de tipo inorgánico, aparecen enlaces por puente de hidrógeno que fijan esta suciedad al tejido (Mantilla de los Ríos Rojas y Moreno García, 2001).

Para el manchado, se ha utilizado una infusión de café. Este material se ha seleccionado debido a que contiene una variada presencia de lípidos que suponen una fracción significativa, componentes

pigmentantes, carotenoides y clorofila a y b, ambos considerados pigmentos de origen natural, una gama muy compleja de compuestos coloreados, azúcares (manosa, arabinosa y galactosa) y un amplio número de aminoácidos (Asp, Gly, Pro, Ile, Val, Tyr, Ala y Glu), (Vicente Palomino et al., 2010); todo ello, crea un compuesto coloreado que funciona muy bien para el empleo como mancha.

El agua desionizada es un disolvente muy eficaz para la eliminación de suciedad, incluso, si se varían algunos de sus parámetros (pH y conductividad) puede ser capaz de remover y eliminar materiales liposolubles sin la utilización de tensoactivos (Cremonesi, 2015). Esto se debe a su alta constante dieléctrica, gran polaridad, además de minimizar las fuerzas eléctricas y electroestáticas. Si, además, a esta agua se le añade una acción física, como pasar el hisopo por la superficie en textil, sería la acción de la esponja la que puede mover la suciedad atrapada en la estructura del tejido, se logra anular las fuerzas capilares (Cremonesi y Signorini, 2013). No obstante, esta capacidad se puede incrementar con la utilización de geles rígidos, eliminando los posibles problemas que pueden suponer las acciones físicas sobre obras débiles o complejas.

Las propiedades de limpieza específicas de un gel rígido dependen de la naturaleza de los polímeros que lo componen, lo que permitirá distinguir el gel más apropiado para tratar un determinado soporte. Estos son geles físicos que otorgan superficies húmedas, blandas y elásticas. Se aplican de forma precisa, no necesitan de acción mecánica en su utilización, son más o menos transparentes y de fácil eliminación. Todas estas cualidades resultan muy útiles para operaciones de limpieza (Hugues y Sullivan, 2016).

Entre las distintas posibilidades de geles rígidos disponibles, se han seleccionado el gel de agar-agar y de agarosa. El agar-agar es el agente gelificante hidrocólicoide extraído de algas marinas más antiguo que se conoce y que entró en uso en Japón alrededor de 1658. Estas algas productoras de agar pertenecen a la clase Rhodophyceae y se denominan "algas de agarofita". Está compuesto por la mezcla compleja de dos polisacáridos: agarosa, principal componente gelificante, polímero neutro, y la agarpectina,

polímero con carga sulfatada (Araki, 1956; Armisen et al., 2000; AgarGel, s.f.). El gel de agarosa se compone solo por la molécula lineal neutral de agarosa, que consiste en cadenas repetidas de unidades alternadas β -1,3 D-galactosa y α -1,4 3,6-anhidro-L-galactosa (Campani et al, 2007) y se purifica para diferentes usos, entre ellos el científico, y cada vez más, para tratamientos de conservación. Los geles de agarosa son inusuales por su capacidad para ser utilizados con una gama de diferentes aditivos, incluyendo quelantes, enzimas e incluso germicidas (Valentín et al., 1994) y disolventes miscibles en agua. La amplia compatibilidad de la agarosa se puede atribuir a su estructura y a su carga neutra. El agar no se purifica en la misma medida y, por lo tanto, retiene otros componentes que incluyen grupos laterales cargados como los sulfatos (Schmitt y Foskett, 2016). Este gel se utiliza con buenos resultados para la limpieza de adhesivos, es muy accesible y económico.

El gel de agarosa ha dado resultados óptimos en las obras de papel donde este se ha aplicado, debido a la gran capacidad para controlar el flujo de agua dependiendo de la proporción del agente gelificante. Esto también nos ha ayudado a seleccionar las proporciones de los geles.

El agua que los conforma actúa en dos niveles de movilidad: el más cercano a las cadenas de los polisacáridos se une a la estructura polimérica, lo que favorece la rigidez del gel, mientras que la mayor parte del agua puede moverse libremente dentro de estas estructuras, y al estar en contacto con una superficie, el agua puede actuar como disolvente y solubilizar la suciedad. Como el agua que solubiliza la suciedad sigue estando en contacto con el agua que forma parte de la estructura del gel, esta favorece la migración del material solubilizado, introduciéndolo dentro del gel. Por lo tanto, cuanto mayor sea el tiempo de contacto del gel con la superficie, mayor capacidad de solubilizar, y a su vez, de limpieza tendrá dicho gel. Los geles actúan como una malla regular, capaz de retener gran cantidad de agua y, al mismo tiempo, son capaces de absorber por medio de su superficie cualquier material soluble. Son termorreversibles (pueden ser reutilizables con el procesado adecuado), no tóxicos y de fácil preparación (Anzani et al., 2008).

Los geles rígidos de agarosa, debido a su limitado poder de adhesión, en principio no precisan realizar ningún lavado o posterior tratamiento a su uso, como sí ocurre con otros agentes gelificantes con base celulósica (Warda et al., 2007). Sin embargo, se debe considerar la existencia de distintos estudios en los que se demuestra, con análisis mediante cromatografía de gases, que en superficies porosas los geles han dejado residuos de galactosa (uno de los componentes del agar-agar y la agarosa) (Campani et al., 2007).

Cuando se aplica a una superficie porosa, el gel puede liberar de forma gradual el agua, proceso físico denominado sinéresis. Este es un parámetro que puede variar entre el agar-agar y la agarosa, ya que en el primero su transmisión puede ser desigual al estar compuesto por agarosa y agarpectina, que como se ha mencionado, es un polímero sulfatado que pueden disminuir el tamaño del poro y producir una superficie irregular (Cremonesi, 2013).

MÉTODOS

Materiales

- Tafetán comercial de algodón 100%, color blanco, suministrado por la tienda Julián López (Valencia, España).
- Teepol®. Según el etiquetado, es una mezcla de tensoactivos en disolución compuesto de: lauriléter sulfato sódico (20%), N° Cas 68891-38-3, Etiquetado xi, 36/38; ácido dodecibencenosulfónico (25%), N° Cas 85536-14-7, Etiquetado c: 22/34. Distribuido por Productos de Conservación S.A.
- Agar-Agar K63470/100 g Kremer®. Según las especificaciones del etiquetado, posee una temperatura de transición: gelifica 35 °C (solución al 1,5%); Fuerza del gel: > 300 g/cm² (solución al 1,5%) y pH: 5-8 (50 °C, solución al 1,5% en agua, 100 °C / 15 min).
- Agarosa, SeaKern® LE Agarosa, Lonza, distribuido por Agar-Agar, S.L. (Vigo, Pontevedra, España). Especificaciones del producto según su etiquetado: temperatura de transición: gelifica entre 34–37 °C (solución al 1,5%); Fuerza del gel: > 1500 g/cm² (solución al 1,5%); Contenido anicónico: Cl: < 3000 mg/kg; OS⁴: < 6000 mg/kg.
- Para generar el manchado del tejido se ha usado café torrefacto en grano, natural, Coffea Arábica, marca Valiente, molido con molinillo eléctrico Taurus.
- En todos los procesos se ha utilizado agua destilada con una conductividad de 10 µS, distribuida por Salvador Marí S.L.

Instrumentación

En la caracterización del tejido comercial de algodón y su estudio morfológico, tras las diferentes fases del proceso comparativo de limpieza, se ha utilizado un microscopio óptico Leica modelo DM750, con iluminación incidente, transmitida y con sistema de luz polarizada; con cámara digital acoplada Leica MC170 HD y software Leica Application Suite v.4.9.0; y un microscopio estereoscópico Leica modelo S8 AP0, iluminación incidente y transmitida, intervalo de aumentos $\times 10 \times 40 \times 80$, y con cámara digital acoplada Leica MC170 HD y software Leica Application Suite v.4.9.0.

La evaluación de la variación de color en las distintas probetas se ha realizado mediante un espectrofotómetro Minolta CM-2600d enlazado a PC. Las medidas colorimétricas se han realizado con el componente especular excluido e incluido (SCE y SCI), utilizando iluminante CIE D65 (6500K) y observador estándar 10° (Konica Minolta Sensing, Inc.). Se han tomado tres medidas en tres puntos diferentes de cada probeta, calculando su media y desviación estándar.

Los valores de la variación de la masa y del pH en las diferentes probetas de tejido se han tomado mediante una balanza de precisión Precisa modelo XT 120A (120 g, ± 0.1 mg); y un pH-metro Hanna HI99151, pH rango -2.00 a 16.00, resolución 0.01 pH, precisión $20^\circ\text{C} \pm 0.02$ pH; utilizando un electrodo HI14142, cuerpo de vidrio, diafragma de unión abierto, vidrio de membrana LT, bnc HI14138 rango T 20–40 $^\circ\text{C}$.

La simulación del proceso de envejecimiento de las probetas se ha realizado con una cámara de envejecimiento artificial acelerado mediante radiación UV, lámparas UVA-351 de 400 watts, con emisión en un rango de longitudes de onda de 400 a 760 nm, suministrado por Q-Lab Corp (Canadá), manteniendo las condiciones experimentales de una distancia de los focos a las probetas de 35 cm, 19–37% HR y 35–50 $^\circ\text{C}$, con una duración del ciclo 120 hr.

Procedimiento experimental

Prelavado del tejido

De una pieza de algodón comercial, se cortaron secciones de 4 cm^2 para obtener las probetas iniciales (probetas 0). El resto del tejido se sometió a un baño con el fin de eliminar cualquier sustancia no deseada proveniente de la fabricación. Para ello, se sumergió el tejido en agua en proporción de 1 g de tejido en 60 mL de agua y con una temperatura constante de 50 $^\circ\text{C}$ durante 1 hr. Tras el lavado, se extendió el tejido sobre papel secante para controlar el secado. Una vez seco el tejido, se reservaron 3 probetas de 4 cm^2 (Probetas 01). Con el resto del tejido se siguieron las operaciones de manchado.

Preparación de la impregnación o manchado con café

El café torrefacto en grano molido se sumergió en agua a una proporción de 20 g de café molido por 500 mL de agua desionizada durante 10–12 hr. Después, se calentó a una temperatura constante de 50 $^\circ\text{C}$ durante 50 min, se dejó enfriar durante 20 min y se filtró con un tul sintético de malla cerrada para separar el residuo del tinte.

Impregnación o manchado del tejido

Tras el secado del tejido, se realizó la impregnación con café mediante brocha por un solo lado del tejido, con el fin de simular una mancha de café. Antes, la solución del café se calentó a 50 $^\circ\text{C}$. Tras el manchado se extendió el tejido sobre papel secante, para controlar su secado. Las probetas de tejido manchado con café se denominan Probeta 01C.

Tratamiento de lavado en medio acuoso con tensoactivo

Cada probeta se sumergió en 200 mL de agua destilada con un 0,4 mL de Teepol[®] durante 5 min y se removió de vez en cuando. Se retiró el agua y se realizaron dos aclarados en 200 mL de agua destilada durante 5 min, respectivamente. Para finalizar, se dejaron secar en un ambiente controlado (T 25 $^\circ\text{C}$ / HR 40%). Las probetas en las que se ha aplicado este tratamiento de limpieza en medio acuoso se denominan 01CL.

Preparación de los geles rígidos

Ambos geles (agar-agar: AA y agarosa: A) se prepararon de idéntica manera al 3% y 5% en agua desionizada (Campani et al., 2007). De forma previa, se hidrataron en agua al menos durante 12 hr. A continuación, las dispersiones resultantes fueron calentadas a 85 °C en un horno microondas a 900 W durante 2–3 min (hasta alcanzar el punto de ebullición), luego se pesaron, se incorporó el agua perdida durante el calentamiento y se repitió la misma acción. Por último, antes que la temperatura disminuyera a 35 °C (punto de gelificación), se vertieron en un recipiente con una altura máxima de 5 mm. Una vez enfriado, el gel se recortó en cuadrados de 4 cm².

Tratamiento de limpieza mediante la aplicación de los geles rígidos

Los geles se depositaron sobre el tejido, por el lado de la mancha de café, realizando una ligera presión con ayuda de un vidrio y un peso. Esto, con el fin de aplicar una presión homogénea en toda su superficie, además de asegurar el contacto entre tejido y gel. Se establecieron dos tiempos de contacto, una primera serie de 15 min y otra serie de 30 min. Finalmente, se dejaron secar en un ambiente controlado (T 25 °C / HR 40%).

Así, las distintas probetas fueron identificadas con la siguiente nomenclatura:

01C-AA-3%-15 min, 01C-AA-3%-30 min, 01C-A-3%-15 min, 01C-A-3%-30 min.

01C-AA-5%-15 min, 01C-AA-5%-30 min, 01C-A-5%-15 min, 01C-A-5%-30 min.

Ensayo de envejecimiento artificial acelerado mediante radiación UV

Tras el tratamiento de limpieza con los geles, y con el fin de evaluar la posible presencia de restos de café o geles en el tejido y su efecto sobre el mismo, una parte de las probetas de las distintas series limpiadas fueron sometidas a envejecimiento artificial acelerado por radiación UV, para luego analizar su efecto en la morfología del tejido (Leene, et al., 1975). Las muestras se sujetaron sobre papel secante

libre de ácidos durante un total de 120 hr, a una distancia de 35 cm de los focos, 19–37 % HR y a una temperatura ambiente de 35–50 °C (Contreras Vargas et al., 2012).

La nomenclatura de las probetas tras ser envejecidas (E) resultó de este modo: 01CLE, 01C-AA-E-3%-15 min, 01C-AA-E-3%-30 min, 01C-A-E-3%-15 min, 01C-A-E-3%-30 min, 01C-AA-E-5%-15 min, 01C-AA-E-5%-30 min, 01C-A-E-5%-15 min, 01C-A-E-5%-30 min.

La Figura 1 muestra un diagrama de flujo que describe el procedimiento experimental de preparación de probetas, porcentaje y tiempos, indicando la nomenclatura en cada serie (tejido comercial: 0; probeta con prelavado: 1; tinción con café: C; agar-agar: AA; agarosa: A; porcentajes del gel en agua: 3% o 5%; tiempo de aplicación del gel: 15 min o 30 min; envejecimiento: E).

Justificación del protocolo experimental de toma de datos

Para definir el punto de partida, se caracterizó el tejido de algodón comercial. Se identificó la fibra textil mediante el análisis microscópico de su sección longitudinal, además de las características del ligamento, densidad, grosor y dirección de la torsión de los hilos de trama y urdimbre. Con el objetivo de evaluar la eficacia de los tratamientos de limpieza y las posibles alteraciones que pueden causar en el tejido, se realizó el estudio morfológico por medio del microscopio óptico y la determinación de la variación de color mediante la comparativa, antes y después de cada etapa. El cálculo de la variación de la masa, antes y después de cada tratamiento de limpieza, permitió establecer el mayor o menor aporte de agua al tejido. En el caso de la evaluación del pH, se consideró medir la variación que han experimentado las probetas tras la aplicación de cada tratamiento de limpieza. También, tras someterlas a envejecimiento artificial acelerado por UV y corroborar si se ha producido alguna alteración a causa de algún componente residual. Además, se midió el pH de los geles antes y después de ser aplicados con el fin de valorar su capacidad de eliminación de suciedad. Finalmente, se evaluó de una manera organoléptica la capacidad de los

geles para difundir el agua en el tejido, siendo esta apreciación de gran relevancia para los tratamientos de limpieza acuosos en restauración textil.

Adquisición de datos

Cada probeta de tejido se marcó por el reverso con un punto de carbono grafito en la esquina inferior izquierda, para ubicarla cada vez del mismo modo y asegurar que el punto de toma de medidas en cada una de ellas fuese el mismo a lo largo del proceso experimental.

Fotografía con microscopio estereoscópico

Por cada probeta se tomaron dos microfotografías (10 y 40 aumentos), antes y después de la aplicación de los geles rígidos (SERIE 01C; SERIE 01CE) y tras el envejecimiento artificial (SERIE 01CE). Para que los valores de calidad, brillo y tono presenten los mismos parámetros, estos se han medido y se han repetido en cada sesión, siendo la posición de la iluminación siempre igual. Con el mismo objetivo, se realizó una plantilla con una apertura en el centro de 1 cm², que fue ubicada sobre cada probeta.

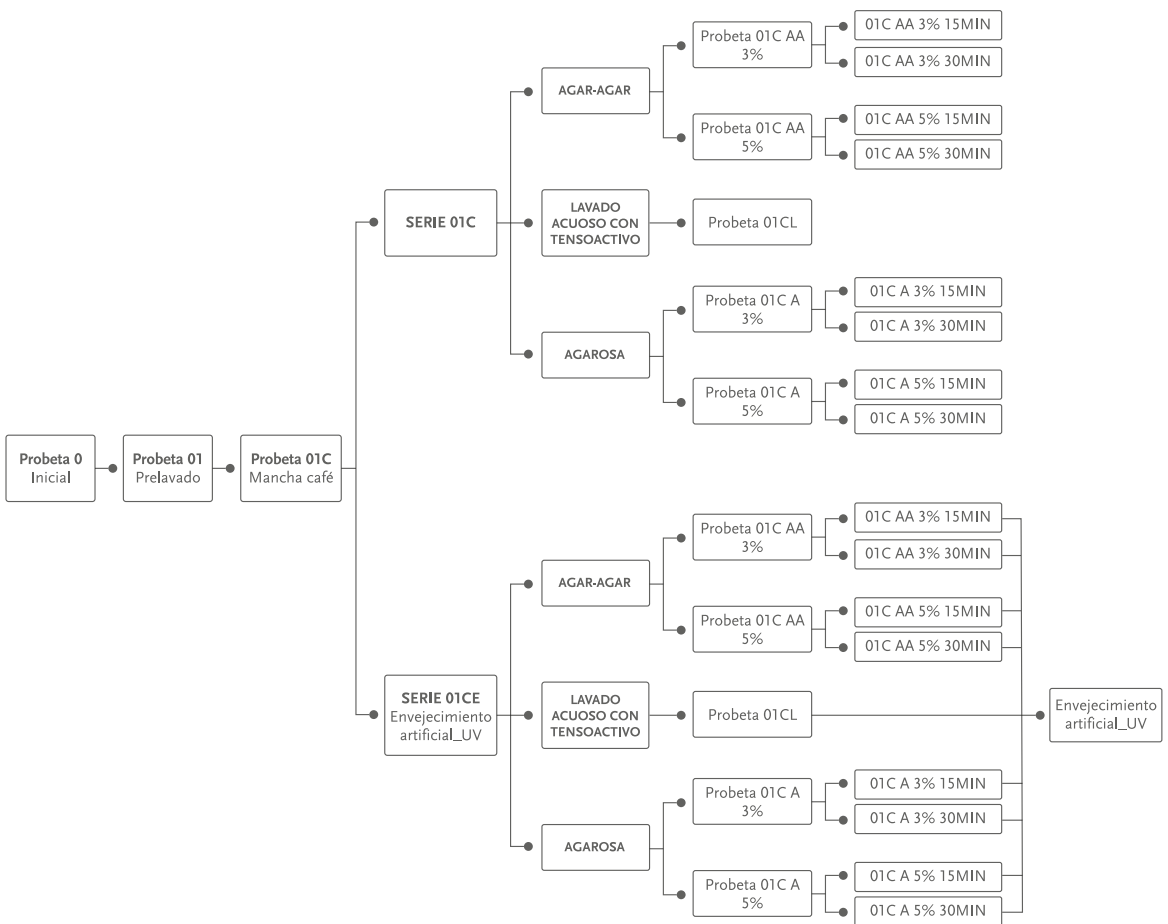


Figura 1. Diagrama de flujo de la descripción del procedimiento experimental de preparación de probetas, porcentaje del gel en agua y tiempo de aplicación del gel (Elaboración propia, 2018).

Flowchart describing the experimental procedure for specimen preparation, gel-to-water ratio, and gel application time (Own elaboration, 2018).

Diagrama de fluxo da descrição do procedimento experimental de preparação das amostras, percentual do gel em água e tempo de aplicação do gel (Elaboração própria, 2018).

Mediciones colorimétricas

Con el equipo de colorimetría se realizaron tres disparos a cada probeta y en diferentes puntos de la misma, empleando una plantilla en acetato con tres aberturas para calcular su valor medio y su desviación estándar.

Mediciones de masa

Para pesar las diferentes probetas se fabricó una pequeña cámara estanca en la que se controlaron las condiciones termo-higrométricas, principalmente la humedad, utilizando gel de sílice. En cuanto a la toma de valores, las probetas se pesaron tres veces y se calculó su media, a excepción de las muestras a las que se le aplicaron los geles o el lavado en medio acuoso, cuya pesada se realizó después y solo se tomó una medida debido a que el agua de la probeta se evapora muy rápido sin alcanzar un valor de masa constante.

Mediciones de pH

Estas mediciones de pH se tomaron sobre todas las probetas de la Serie 01C (0, 01, 01C, 01CL, 01C-AA-3%-15 min, 01C-A-3%-15 min, 01C-AA-5%-15 min, 01C-A-5%-15 min, 01C-AA-3%-30 min, 01C-A-3%-30 min, 01C-AA-5%-30 min, 01C-A-5%-30 min), aplicando una gota de agua sobre la probeta y poniendo en contacto el electrodo de vidrio del pH-metro. Asimismo, se midió el pH de los geles, tanto para los geles sin aplicar a las probetas (AA-3%, AA-5%, A-3% y A-5%) como para los geles que han estado en contacto con las probetas durante 15 y 30 min (AA-3%-15 min, AA-3%-30 min, AA-5%-15 min, AA-5%-30 min, A-3%-15 min, A-3%-30 min, A-5%-15 min y A-5%-30 min). Tras estas medidas, se introdujeron las probetas en la cámara de envejecimiento junto con el resto de probetas y se volvió a medir el pH transcurrido el ciclo de 120 hr.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del tejido de algodón comercial

El análisis microscópico de la sección longitudinal de las fibras del tejido confirma que se trata de fibras de algodón de acuerdo a la característica morfológica observada de su falsa torsión. Con respecto a la caracterización del tejido, su densidad es de 42 hilos de urdimbre × 38 hilos de trama, el grosor de los hilos es similar en tramas y urdimbres y, en ambos casos, la dirección de la torsión es en forma de “Z” (Figura 2).

Análisis morfológico mediante microscopía óptica

Tras obtener todas las microfotografías de las probetas, después de aplicar cada tratamiento de limpieza (serie 01C) y tras su envejecimiento (serie 01C-E), se realizó un examen organoléptico donde se aprecia tanto el grado de limpieza alcanzado como su efecto sobre la morfología. Así, se desprende

que la limpieza en medio acuoso con tensoactivo ha sido la más efectiva y homogénea, pues ha conseguido eliminar cualquier resto de café (Figura 3A [mancha de café (A-01CL-I-x10)] y Figura 3B [tras la limpieza acuosa (D-01CL-I-x10)]). Sin embargo, en la morfología del tejido se distingue la pérdida de cohesión de las fibras de los hilos y una ligera alteración de la posición de estos en el tejido (Figura 3C [antes de la limpieza acuosa (A-01CL-III-x40)] y Figura 3D [Modificaciones morfológicas de los hilos (D-01CL-III-x40)]).

La comparación del proceso de limpieza entre ambos geles indica que el grado de limpieza alcanzado con el gel de agarosa es mucho más efectivo y homogéneo que con el gel de agar-agar (Figura 4A [Microfotografía de la limpieza homogénea con gel agarosa (A-01C-A-3%-15 min-II-x10)] y Figura 4B [Limpieza heterogénea con gel agar-agar (D-01C-AA-3%-II-x10)]). En relación con el efecto sobre la morfología del tejido, el tratamiento con agar-agar 3% 30 min genera una moderada pérdida de cohesión entre las fibras del hilo (Figura 4C

[Modificación morfológica de hilos con gel de agarosa (A-01C-A-3%-15 min-I-x40)] y Figura 4D [Modificaciones morfológicas de los hilos y restos de café con gel agar-agar (D-01C-AA-3%-15 min-x40)], y no se aprecia la diferencia si se la compara con la limpieza acuosa con tensoactivo (Figura 3D).

En cuanto a las series de probetas envejecidas, tanto sin limpiar como tras el tratamiento de limpieza, se observa que todas tienden a aclararse, tal vez, debido a la falta de solidez con respecto a la radiación UV de la mancha. Esto se puede observar en las probetas 01CE manchadas de café y envejecidas, que tienden a un tono dorado anaranjado oscuro (Figura 5A

[Microfotografía de mancha de café (A-01C-I-x10)] – Figura 5B [Aclaramiento tras la exposición a radiación UV (E-01C-I-x10) y Figura 5C (Mancha de café (A-01C-I-x40)] – Figura 5D [Aclarado tras la exposición a radiación UV (E-01C-I-x40)]. En cuanto al resto de probetas envejecidas después de la aplicación de un tratamiento de limpieza, tienden a un tono mucho más claro, pero viran a verdoso, con excepción de las manchas que se han quedado después de la limpieza y que tienden a una tonalidad amarillo anaranjado. No se observan cambios en la estructura y cohesión del tejido tras el envejecimiento.

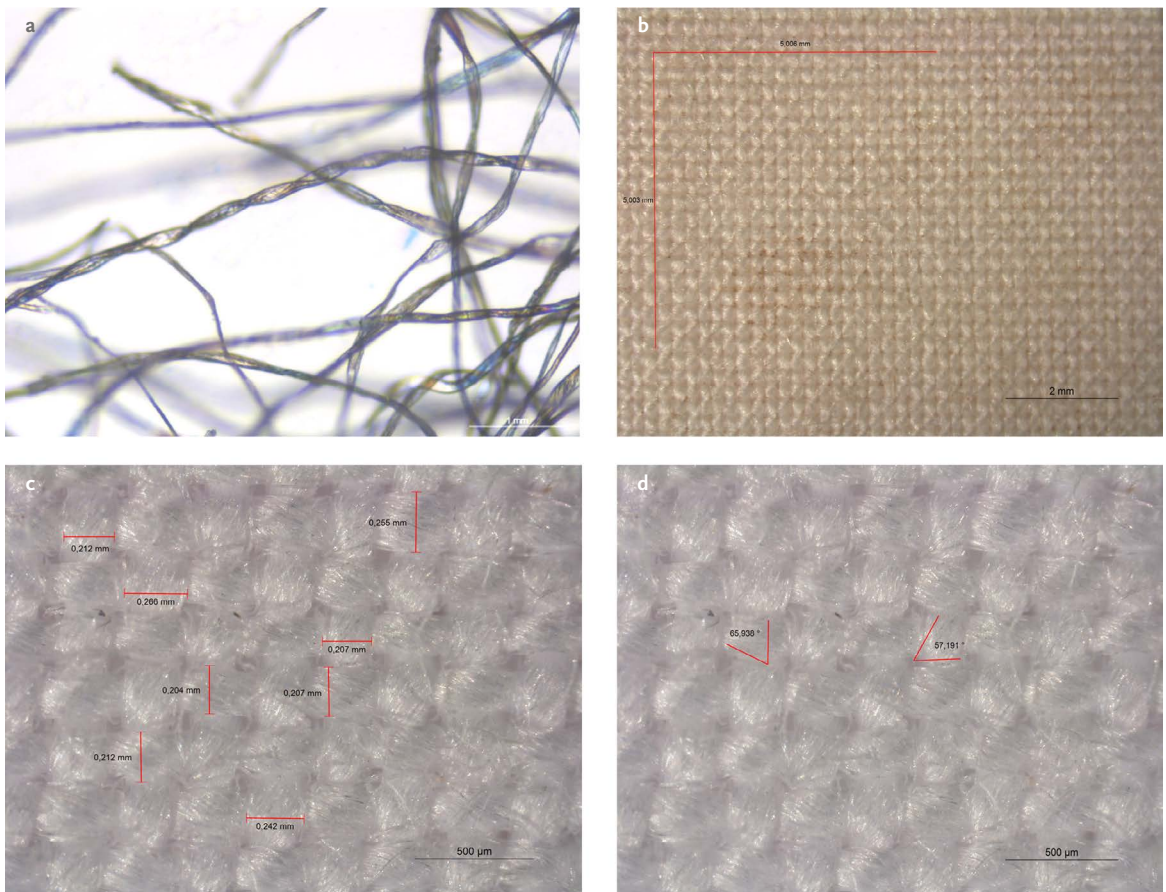


Figura 2. a. Microfotografía de la sección longitudinal de la fibra de algodón, b. Densidad del tejido, c. Torsión de los hilos en “Z”, d. Medidas del grosor de los hilos de trama y urdimbre (Microfotografías: Elaboración propia, 2018).

a. Microphotograph of the longitudinal section of the cotton fibre, b. Fabric density, c. Z-twist of the threads, d. Measurements of the thickness of weft and warp threads (Microphotographs: Own elaboration, 2018).

a. Microfotografia da seção longitudinal da fibra de algodão, b. Densidade do tecido, c. Torção dos fios em “Z”, d. Medidas da espessura dos fios de trama e urdidura (Microfotografias: Elaboração própria, 2018).

Análisis colorimétrico

En las Tablas 1A-1B-1C se exponen las coordenadas cromáticas de todas las probetas antes y después de los tratamientos de limpieza. En ella se presentan los valores absolutos (L^* a^* b^*) y los incrementos (ΔL^* Δa^* Δb^*), calculándose los incrementos totales de color ΔE^* . A partir del trabajo de Melgosa Latorre et al. (2001), podemos considerar como resultados significativos y representativos de cambios de color aquellos valores cuyo $\Delta E^* > 2$, al observar que todos los valores calculados superan el umbral de percepción humana mínimo (> 2). En cuanto a la nominación cromática, se utiliza como referencia

las tablas de conversión léxica creadas por Martínez-Bazán (1999).

Los datos de luminosidad (ΔL^*) indican que la probeta del tejido de algodón prelavado (01) respecto del tejido comercial (0) presenta un ligero aumento de luminosidad. Desde el punto de vista cromático (Δa^* y Δb^*) se observa un ligero desplazamiento de color hacia el anaranjado y menos azul. El valor de la variación de color total ($\Delta E^* = 5,21$) está por encima del umbral de la percepción humana mínima (< 2).

Las coordenadas cromáticas de la probeta del tejido de algodón prelavado y manchado (01C) muestran que disminuye su luminosidad (ΔL^*). Desde el

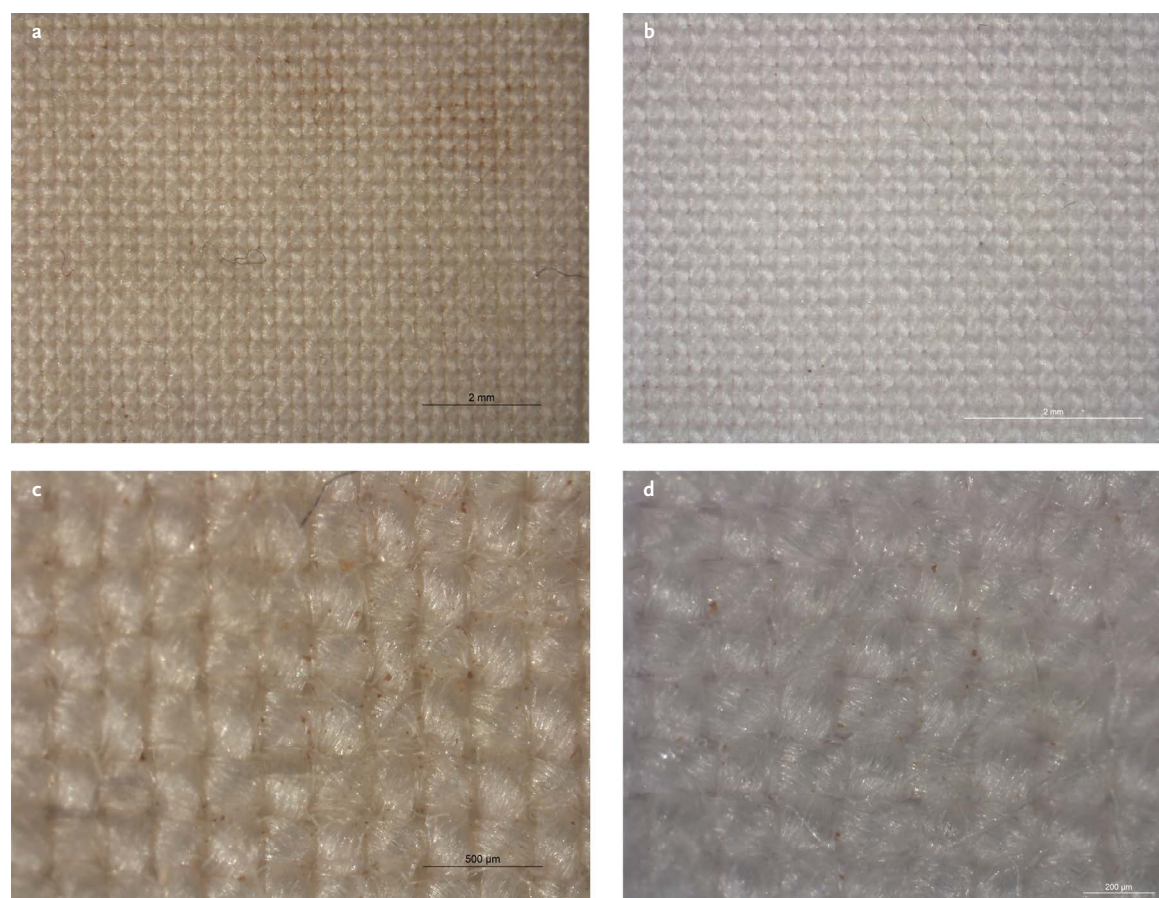


Figura 3. a. Microfotografía de la mancha de café (A-01CL-I-x10), b. Tras la limpieza acuosa (D-01CL-I-x10), c. Antes de la limpieza acuosa (A-01CL-III-x40), d. Modificaciones morfológicas de los hilos (D-01CL-III-x40) (Microfotografías: Elaboración propia, 2018).

a. Microphotograph of coffee stain (A-01CL-I-x10), b. After aqueous cleaning (D-01CL-I-x10), c. Before aqueous cleaning (A-01CL-III-x40), d. Morphological changes in threads (D-01CL-III-x40) (Microphotographs: Own elaboration, 2018).

a. Microfotografia da mancha de café (A-01CL-I-x10), b. Após a limpeza aquosa (D-01CL-I-x10), c. Antes da limpeza aquosa (A-01CL-III-x40), d. Modificações morfológicas dos fios (D-01CL-III-x40) (Microfotografias: Elaboração própria, 2018).

punto de vista cromático (Δa^* y Δb^*), se observa un ligero desplazamiento de color hacia el anaranjado y amarillo. La variación de color total ($\Delta E^* = 25$) está por encima del umbral de la percepción humana mínima (< 2).

La evaluación de los tratamientos de limpieza se realizó con respecto a la probeta del tejido de algodón prelavado y manchado (01C). Los datos de luminosidad (ΔL^*) indican que todos los tratamientos de limpieza en relación con la probeta del tejido de algodón prelavado y manchado (01C) presentan

valores muy claros, siendo el mayor valor de $L^* = 85,4$ en el tratamiento con medio acuoso y tensoactivo (01CL), seguido de las probetas con tratamiento de agarosa (01C-A-3%-30 min, $L^* = 84$ y 01C-A-5%-30 min, $L^* = 83,1$), luego con un valor de $L^* = 82$ los tratamientos con geles a 15 min, y el menor valor de 81 se obtiene con el gel de agar-agar (01C-AA-3%-30 min y 01C-AA-5%-30 min). Desde el punto de vista cromático (Δa^* y Δb^*), se observa que el tratamiento con medio acuoso y tensoactivo (01CL) se desplaza ligeramente al anaranjado y azul, mientras que en los tratamientos con geles se produce un ligero

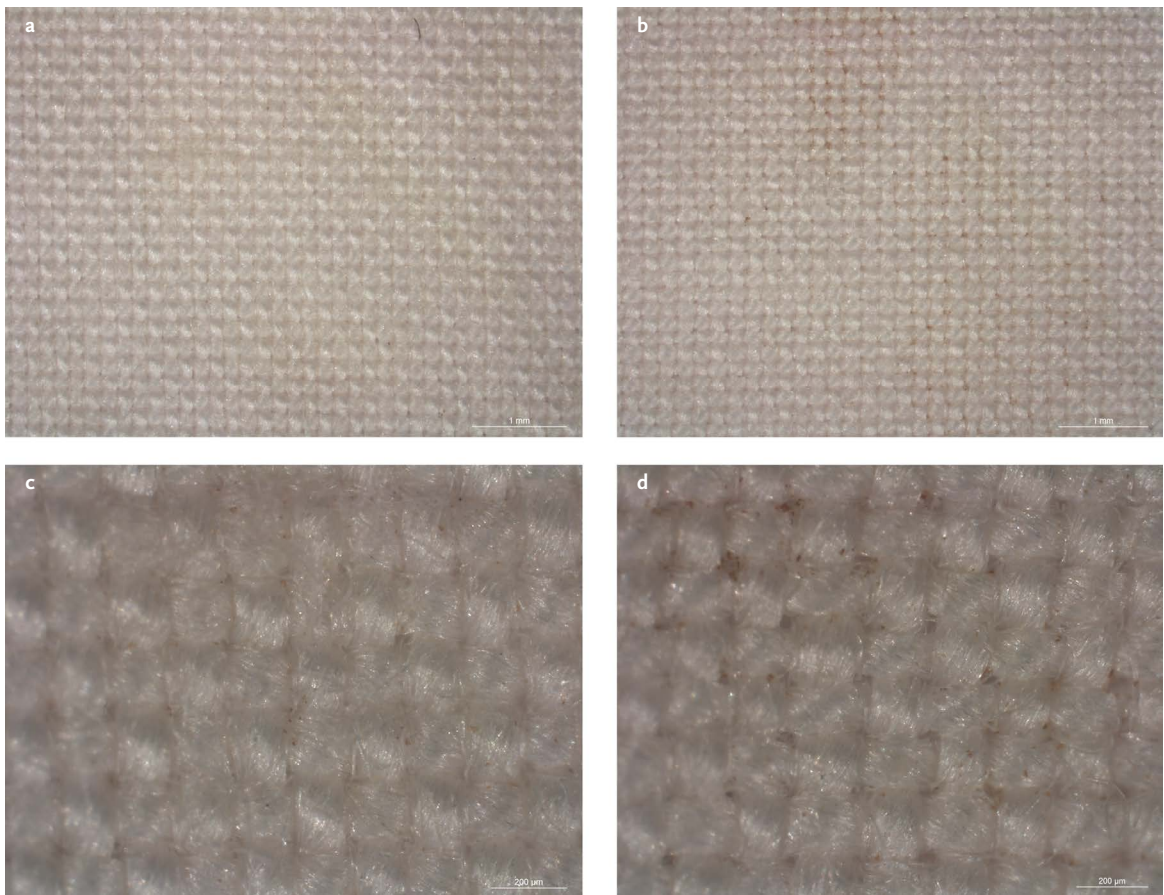


Figura 4. a. Microfotografía de la limpieza homogénea con gel agarosa (a-01C-A-3%-15 min-II-x10), b. Limpieza heterogénea con gel agar-agar (d-01C-AA-3%-II-x10), c. Modificación morfológica de hilos con gel agarosa (a-01C-A-3%-15 min-II-x40), d. Modificación morfológica de los hilos y restos de café con gel agar-agar (d-01C-AA-3%-15 min-x40) (Microfotografías: Elaboración propia, 2018).

a. Microphotograph of uniform cleaning with agarose gel (a-01C-A-3%-15 min-II-x10), b. Non-uniform cleaning with agar-agar gel (d-01C-AA-3%-II-x10), c. Morphological changes in threads with agarose gel (a-01C-A-3%-15 min-II-x40), d. Morphological changes in threads and coffee residues with agar-agar gel (d-01C-AA-3%-15 min-x40) (Microphotographs: Own elaboration, 2018).

a. Microfotografia da limpeza homogênea com gel agarose (a-01C-A-3%-15 min-II-x10), b. Limpeza heterogênea com gel agar-agar (d-01C-AA-3%-II-x10), c. Modificação morfológica dos fios com gel agarose (a-01C-A-3%-15 min-II-x40), d. Modificação morfológica dos fios e restos de café com gel agar-agar (d-01C-AA-3%-15 min-x40) (Microfotografias: Elaboração própria, 2018).

desplazamiento de color hacia el anaranjado y menos amarillo. Estas variaciones son menos acusadas en ambos geles con las dos proporciones (3% y 5%) y en 15 min de aplicación, pero significativas en tiempos de 30 min, con el mayor cambio observado en el gel de agarosa (01C-A-3%-30 min). El valor de la variación de color total (ΔE^*) en todos los tratamientos están por encima del umbral de la percepción humana mínima (< 2).

Las coordenadas cromáticas de la probeta del tejido de algodón prelavado y manchado y envejecido (01CE) presentan una pérdida de luminosidad ($L^* =$

83,2 muy claro) respecto del tejido manchado (01C). Desde el punto de vista cromático (Δa^* y Δb^*) se observa un ligero desplazamiento de color hacia el anaranjado y menos amarillo. La variación de color total ($\Delta E^* = 5$) todavía se encuentra por encima del umbral de la percepción humana mínima (< 2).

Después, para analizar cómo puede afectar el paso del tiempo al tejido tratado, las probetas se sometieron a un proceso de envejecimiento artificial acelerado. Los datos de luminosidad (ΔL^*) indican que el envejecimiento provocó un incremento lumínico

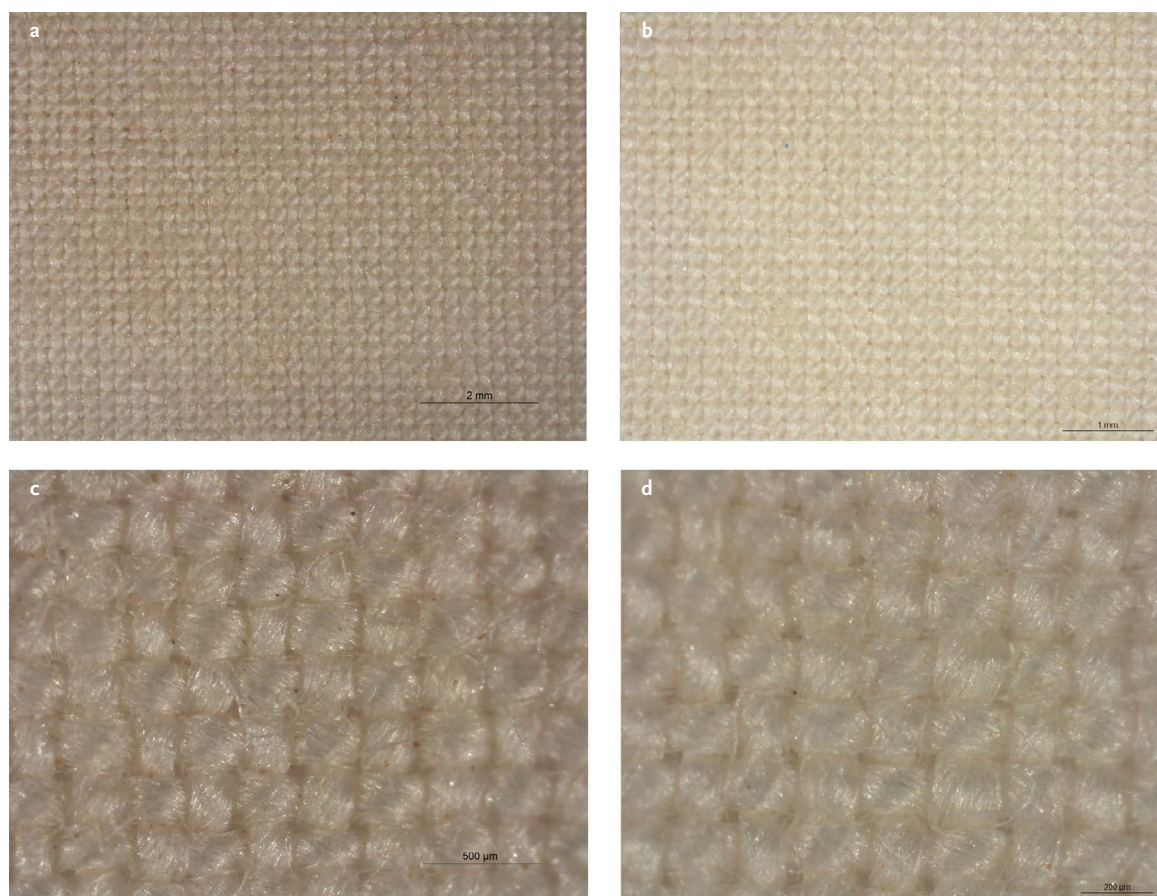


Figura 5. a. Microfotografía de mancha de café (A-01C-I-x10), b. Aclaramiento tras la exposición a radiación UV (E-01C-I-x10), c. Mancha de café (A-01C-I-x40), d. Aclarado tras la exposición a radiación UV (E-01C-I-x40) (Microfotografías: Elaboración propia, 2018).

a. Microphotograph of coffee stain (A-01C-I-x10), b. Lightening after UV exposure (E-01C-I-x10), c. Coffee stain (A-01C-I-x40), d. Lightening after UV exposure (E-01C-I-x40) (Microphotographs: Own elaboration, 2018).

a. Microfotografia da mancha de café (A-01C-I-x10), b. Clareamento após a exposição à radiação UV (E-01C-I-x10), c. Mancha de café (A-01C-I-x40), d. Clareamento após a exposição à radiação UV (E-01C-I-x40) (Microfotografias: Elaboração própria, 2018).

en todas las probetas de tejido sometidas a los tratamientos de limpieza, siendo en el tratamiento con medio acuoso con tensoactivo (01CLE) el de mayor valor de $L^* = 87,0$ blanco, seguido de los tratamientos con geles con un valor de $L^* = 86,0$ blanco.

Desde el punto de vista cromático (Δa^* y Δb^*), se observa que el envejecimiento afecta a todas las probetas tratadas. En la probeta sometida al tratamiento con medio acuoso con tensoactivo (01CLE) se desplaza de forma tenue al anaranjado y azul, mientras que en los tratamientos con geles se produce un ligero desplazamiento de color hacia el anaranjado y menos amarillo. Respecto de la variación de color total (ΔE^*), todos los tratamientos resultan ligeramente por encima del umbral de la percepción humana mínima (< 2).

En cuanto a los parámetros L^* , C^* y h indican que las probetas iniciales son de tonos amarillo-anaranjado, croma débil y de claridad muy claro, que tras la limpieza viran a tono naranja-amarillento o naranja-rojizo, croma grisáceo y de claridad muy claro. Por

lo demás, los valores de Δa^* y Δb^* indican que las probetas transitan más hacia los verdes y azules. En comparación con los valores colorimétricos iniciales de los tejidos manchados y envejecidos sin limpiar, tras ser sometidos a los tratamientos de limpieza, se puede deducir que el tratamiento más efectivo es el lavado en medio acuoso con tensoactivo.

En cuanto al tratamiento con los geles, los valores obtenidos para los geles de agarosa proporcionan mayor efecto de limpieza, principalmente, el gel de agarosa 3% y tiempo de aplicación 30 min. En general, se puede concluir que los geles aplicados durante más tiempo son los más efectivos, pues han presentado mayor capacidad de eliminación de la mancha de café.

En cuanto a las probetas tratadas tras el envejecimiento (Serie 01CE), su análisis colorimétrico indica que han virado a tonos más grisáceos, con una disminución ligera de su brillo. También los valores de Δa^* y Δb^* , señalan que transitan más hacia los colores verdes y azules.

Tabla 1A. Valores de las coordenadas cromáticas (L* a* b* y ΔL*, Δa*, Δb* y ΔE* (SCI)) de la serie 01C (probetas iniciales, manchadas y después de la limpieza).

Chromatic coordinate values (L a* b* and ΔL*, Δa*, Δb*, and ΔE* (SCI)) of the 01C series (initial specimens, stained and after cleaning).*

Valores das coordenadas cromáticas (L a b e ΔL*, Δa*, Δb* e ΔE* (SCI)) da série 01C (amostras iniciais, manchadas e após a limpeza).*

Probeta 0 vs Probeta 01		L*(0)	L*(01)	ΔL*	a*(0)	a*(01)	Δa*	b*(0)	b*(01)	Δb*	ΔE*
	SCI	94,7	95,0	-0,2	4,0	3,0	-1,22	-15,8	-11,0	5,1	5,21
δ	± 0,4	± 0,2		± 0,1	± 0,1		± 0,3	± 0,4			

Probeta 01 vs 01C		L*(01)	L*(01C)	ΔL*	a*(01)	a*(01C)	Δa*	b*(01)	b*(01C)	Δb*	ΔE*
	SCI	95,0	86,0	-9	3,0	2,0	2,7	-11,0	12,50	23,5	25
δ	± 0,2	± 0,5		± 0,1	± 0,2		± 0,4	± 0,04			

Probetas manchadas (01C) y después del tratamiento de limpieza

01C vs 01CL		L*(A)	L*(D)	ΔL*	a*(A)	a*(D)	Δa*	b*(A)	b*(D)	Δb*	ΔE*
	SCI	86,0	85,4	-0,5	2,0	2,0	-0,2	12,50	-2,00	-14,5	14,3
δ	± 0,5	± 0,2		± 0,2	± 0,1		± 0,04	± 0,04			
01C-AA-3%-5 min	SCI	86,4	82,00	-4,5	1,94	2,0	-0,40	12,0	5,0	-7,14	8,44
δ	± 0,4	± 0,14		± 0,14	± 0,1		± 0,4	± 0,1			
01C-A-3%-15 min	SCI	86,0	82	-3,15	2,1	1,63	-0,5	13,0	4,5	-8,4	9
δ	± 0,5	± 1		± 0,2	± 0,01		± 0,3	± 0,1			
01C-AA-5%-15 min	SCI	85,83	82,0	-4,02	2,1	1,53	-0,53	13,0	5,3	-7,60	8,61
δ	± 0,4	± 0,5		± 0,2	± 0,13		± 0,5	± 0,4			
01C-A-5%-15 min	SCI	85,7	82	-3,34	2,12	1,50	-1	13	7,0	-6,2	7,05
δ	± 0,5	± 1		± 0,12	± 0,11		± 1	± 0,3			
01C-AA-3%-30 min	SCI	86,2	81	-4,92	2,1	1,83	-0,3	12	7,0	-5,15	7,12
δ	± 0,5	± 1		± 0,3	± 0,11		± 1	± 0,3			
01C-A-3%-30 min	SCI	86,3	84	-2,4	2,04	1,5	-1	12	2	-10	10,25
δ	± 0,5	± 1		± 0,12	± 0,2		± 1	± 1			
01C-AA-5%-30 min	SCI	86,3	81,5	-4,82	2,02	2,0	-0,14	12,0	4,24	-8	9,14
δ	± 0,4	± 0,7		± 0,14	± 0,1		± 0,5	± 0,11			
01C-A-5%-30 min	SCI	86	83,10	-2,91	2,0	1,52	-0,51	12	4,30	-8,01	8,54
δ	± 1	± 0,15		± 0,2	± 0,02		± 1	± 0,04			

Efecto del envejecimiento (01CE) sobre el tejido manchado (01C)

Probeta 01C vs 01CE		L*(01C)	L*(01CE)	ΔL*	a*(01C)	a*(01CE)	Δa*	b*(01C)	b*(01CE)	Δb*	ΔE*
	SCI	86,0	83,2	-2,83	2,0	1,0	-1,3	13	9	-4	5
δ	± 0,5	± 0,5		± 0,1	± 0,1		± 1	± 1			

Efecto del envejecimiento (E) frente a las probetas tras el tratamiento de limpieza (D)

01CL		L*(D)	L*(E)	ΔL*	a*(D)	a*(E)	Δa*	b*(D)	b*(E)	Δb*	ΔE*
	SCI	85,4	87,0	1,52	2,0	0,44	-1,3	-2,0	-1,0	1,1	2
δ	± 0,01	± 0,2		± 0,01	± 0,03		± 0,01	± 0,1			
01C-AA-3%-15 min	SCI	82,1	86,00	3,71	2,00	0,42	-1,3	4,4	1,42	-3	4,92
δ	± 0,3	± 0,01		± 0,01	± 0,02		± 0,2	± 0,05			
01C-A-3%-15 min	SCI	83,5	86	2,31	1,50	0,4	-1,13	3,21	1,2	-2	3,25
δ	± 0,3	± 1		0,04	± 0,3		± 0,01	± 0,1			
01C-AA-5%-15 min	SCI	82,0	86,00	4,11	2,0	0,32	-1,3	5,1	2,0	-3,45	5,51
δ	± 0,4	± 0,13		± 0,1	± 0,02		± 0,3	± 0,1			
01C-A-5%-15 min	SCI	82,40	86	3,12	1,5	0,32	-1,15	7	3,4	-4	5,44
δ	± 0,31	± 1		± 0,1	± 0,04		± 1	± 0,7			
01C-AA-3%-30 min	SCI	82,3	86,01	4	2,0	0,43	-1,3	3,0	0,92	-2	3,2
δ	± 0,4	± 0,01		± 0,2	± 0,01		± 0,3	± 0,01			
01C-A-3%-30 min	SCI	84,2	87,00	2,4	2,0	0,5	-1,31	1,92	0,82	-1,1	5
δ	± 0,2	± 0,01		± 0,1	± 0,1		± 0,05	± 0,14			
01C-AA-5%-30 min	SCI	81,6	86,0	4,35	2,0	0,50	-1,5	4,3	1,4	-3	3,5
δ	± 0,2	± 0,2		± 0,2	± 0,05		± 0,4	± 0,2			
01C-A-5%-30 min	SCI	83,2	84,5	1,3	2,0	1,00	-1,11	4,0	5	1,22	2,1
δ	± 0,4	± 0,1		± 0,1	± 0,01		± 0,3	± 1			

Tabla 1B. Valores de las coordenadas cromáticas claridad (L*), croma (C*) y tono (h) (SCI) de la serie 01C (medidas de las probetas iniciales, manchadas y después de la limpieza).

Chromatic coordinate values for lightness (L), chroma (C*), and hue (h) (SCI) of the 01C series (measurements of initial specimens, stained and after cleaning).*

Valores das coordenadas cromáticas de clareza (L), croma (C) e tonalidade (h) (SCI) da série 01C (medidas das amostras iniciais, manchadas e após a limpeza).

		L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
Probeta 0	SCI	94,7 ± 0,4	16,3 ± 0,3	284,0 ± 0,2
		MUY CLARO	DÉBIL	AZUL-VIOLETA
Probeta 01	SCI	95,0 ± 0,2	11,1 ± 0,4	284,1 ± 0,2
		MUY CLARO	DÉBIL	AZUL-VIOLETA
Probeta 01C	SCI	86 ± 1	12,6 ± 0,1	80,9 ± 0,5
		BLANCO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
01CL	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
		ANTES	86 ± 0,5	13 ± 1
DESPUÉS		BLANCO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		85,44 ± 0,15	2,45 ± 0,01	316,9 ± 0,7
		MUY CLARO	GRISÁCEO	VIOLETA-PÚRPURA
01C-AA-3%-15 min	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
		ANTES	86,4 ± 0,4	11,9 ± 0,4
DESPUÉS		BLANCO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		82,0 ± 0,1	5,00 ± 0,1	72,0 ± 0,1
		MUY CLARO	GRISÁCEO	NARANJA-AMARILLO
01C-A-3%-15 min	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
		ANTES	86,0 ± 0,5	13,0 ± 0,3
DESPUÉS		BLANCO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		82 ± 1	5 ± 1	70,0 ± 0,3
		MUY CLARO	GRISÁCEO	NARANJA-AMARILLENTO
01C-AA-5% -15 min	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
		ANTES	85,8 ± 0,4	13,0 ± 0,6
DESPUÉS		MUY CLARO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		82 ± 0,5	5,5 ± 0,4	74 ± 1
		MUY CLARO	GRISÁCEO	NARANJA-AMARILLO
01C-A-5%-15 min	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
		ANTES	85,7 ± 0,5	13,0 ± 0,9
DESPUÉS		MUY CLARO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		82 ± 1	7,0 ± 0,3	77,7 ± 0,8
		MUY CLARO	GRISÁCEO	NARANJA-AMARILLENTO
01C-AA-3%-30 min	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
		ANTES	86,2 ± 0,5	12,2 ± 0,6
DESPUÉS		BLANCO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		81,3 ± 1	7,1 ± 0,3	75,1 ± 0,8
		MUY CLARO	GRISÁCEO	NARANJA-AMARILLENTO
01C-A-3%-30 min	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
		ANTES	86,3 ± 0,5	12 ± 1
DESPUÉS		BLANCO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		84 ± 1	2,3 ± 1	49,5 ± 0,1
		MUY CLARO	GRISÁCEO	NARANJA-ROJIZO
01C-AA-5%-30 min	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
		ANTES	86,3 ± 0,4	12,2 ± 0,5
DESPUÉS		BLANCO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		81,5 ± 1	4,46 ± 0,14	66,2 ± 0,2
		MUY CLARO	GRISÁCEO	NARANJA-AMARILLENTO
01C-A-5%-30 min	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
		ANTES	86 ± 1	12 ± 1
DESPUÉS		BLANCO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		83,10 ± 0,15	4,53 ± 0,05	70,3 ± 0,1
		MUY CLARO	GRISÁCEO	NARANJA-AMARILLENTO

Tabla 1C. Valores de las coordenadas cromáticas claridad (L*), croma (C*) y tono (h) (SCI) de la serie 01CE (medidas de las probetas manchadas y después de la limpieza y envejecidas tras el tratamiento).

Chromatic coordinate values for lightness (L), chroma (C*), and hue (h) (SCI) of the 01CE series (measurements of stained specimens after cleaning and post-treatment ageing).*

Valores das coordenadas cromáticas de clareza (L), croma (C) e tonalidade (h) (SCI) da série 01CE (medidas das amostras manchadas e após a limpeza e envelhecidas após o tratamento).

01C	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
ANTES		86,0 ± 0,5	13 ± 1	81,2 ± 0,4
ENVEJECIDO		BLANCO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		83,2 ± 0,5	9 ± 1	85,5 ± 0,4
		MUY CLARO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
01CL	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
ANTES		86,1 ± 0,4	13 ± 1	81,0 ± 0,3
DESPUÉS		BLANCO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		85,40 ± 0,01	2,40 ± 0,01	315,31 ± 0,01
ENVEJECIDO		MUY CLARO	GRISÁCEO	VIOLETA-PURPURA
		87,0 ± 0,2	0,7 ± 0,1	307,5 ± 0,4
		BLANCO	GRISÁCEO	VIOLETA-PURPÚREO
01C-AA-3%-15 min	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
ANTES		86 ± 1	12 ± 1	81 ± 1
DESPUÉS		BLANCO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		82,1 ± 0,3	4,71 ± 0,14	68,8 ± 0,7
ENVEJECIDO		MUY CLARO	GRISÁCEO	NARANJA-AMARILLENTO
		86,00 ± 0,01	1,50 ± 0,04	74,00 ± 0,21
		BLANCO	GRISÁCEO	NARANJA-AMARILLO
01C-A-3%-15 min	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
ANTES		86,4 ± 0,5	12 ± 1	81 ± 1
DESPUÉS		BLANCO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		83,5 ± 0,3	3,53 ± 0,03	65,3 ± 0,4
ENVEJECIDO		MUY CLARO	GRISÁCEO	NARANJA-AMARILLENTO
		86 ± 1	1,3 ± 0,4	74 ± 1
		BLANCO	GRISÁCEO	NARANJA-AMARILLO
01C-AA-5%-15 min	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
ANTES		86 ± 1	12,3 ± 0,2	81 ± 1
DESPUÉS		BLANCO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		82 ± 0,4	5,3 ± 0,3	73,0 ± 0,4
ENVEJECIDO		MUY CLARO	GRISÁCEO	NARANJA-AMARILLENTO
		86,00 ± 0,13	2,0 ± 0,1	79 ± 1
		BLANCO	GRISÁCEO	NARANJA-AMARILLO
01C-A-5%-15 min	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
ANTES		86,2 ± 0,5	12,2 ± 0,6	81 ± 1
DESPUÉS		BLANCO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		82,4 ± 0,3	7,3 ± 0,7	78,3 ± 1
ENVEJECIDO		MUY CLARO	GRISÁCEO	NARANJA-AMARILLO
		86 ± 1	3,4 ± 0,7	84,4 ± 0,8
		BLANCO	GRISÁCEO	AMARILLO-ANARANJADO
01C-AA-3%-30 min	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
ANTES		86,4 ± 0,3	12,0 ± 0,5	81 ± 1
DESPUÉS		BLANCO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		82,3 ± 0,4	3,1 ± 0,3	57 ± 1
ENVEJECIDO		MUY CLARO	GRISÁCEO	NARANJA-ROJIZO
		86,01 ± 0,01	1,01 ± 0,01	65,10 ± 0,01
		BLANCO	GRISÁCEO	NARANJA-AMARILLENTO
01C-A-3%-30 min	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
ANTES		86,5 ± 0,4	12 ± 1	80,0 ± 0,5
DESPUÉS		BLANCO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		84,2 ± 0,1	3,1 ± 0,1	47 ± 1
ENVEJECIDO		MUY CLARO	GRISÁCEO	ROJO-NARANJA
		87,00 ± 0,01	0,9 ± 0,2	60,6 ± 0,4
		BLANCO	GRISÁCEO	NARANJA
01C-AA-5%-30 min	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
ANTES		86,2 ± 0,4	13,0 ± 0,4	81 ± 1
DESPUÉS		MUY CLARO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		81,6 ± 0,2	4,5 ± 0,5	65,5 ± 0,4
ENVEJECIDO		MUY CLARO	GRISÁCEO	NARANJA-AMARILLENTO
		86,0 ± 0,2	1,5 ± 0,2	72,0 ± 0,3
		MUY CLARO	GRISÁCEO	NARANJA-AMARILLO
01C-A-5%-30 min	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
ANTES		86,1 ± 0,4	12,5 ± 1	80,0 ± 0,5
DESPUÉS		MUY CLARO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		83,2 ± 0,4	4,3 ± 0,3	67 ± 1
		MUY CLARO	GRISÁCEO	NARANJA-AMARILLENTO
01C	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
ANTES		86,0 ± 0,5	13 ± 1	81,2 ± 0,4
ENVEJECIDO		BLANCO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		83,2 ± 0,5	9 ± 1	85,5 ± 0,4
		MUY CLARO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
01CL	SCI	L*(CLARIDAD)	C*(CROMA)	h(TONO)
ANTES		86,1 ± 0,4	13 ± 1	81,0 ± 0,3
ENVEJECIDO		BLANCO	DÉBIL	AMARILLO-ANARANJADO
		84,5 ± 0,1	5 ± 1	83,5 ± 0,9
		MUY CLARO	GRISÁCEO	AMARILLO-ANARANJADO

Variación de peso

En la Tabla 2 se exponen los valores de peso de las probetas en el momento inicial (P seco1), después de aplicar el tratamiento de limpieza (P húmedo) y después de secar (P seco2). De este modo, se ha pretendido evaluar el aporte de humedad de cada tratamiento de limpieza al comparar el lavado acuoso con tensoactivo y los geles rígidos. Se observa que el tratamiento del lavado acuoso con tensoactivo es el que aporta la máxima humedad a las probetas al superar el doble del peso de la probeta inicial. En cuanto a los geles, se percibe que a mayor porcentaje, menor es la cantidad de agua que aporta a la probeta.

Además se observa que los geles de agarosa retienen más el agua que los de agar-agar.

En cuanto al aporte de humedad entre la aplicación de los geles de agarosa por 15 y 30 min, los resultados indican que su aporte es muy similar, lo que sugiere que tratamientos con tiempos de aplicación mayores no cambian de forma notable la incorporación de agua a la probeta. En cambio, la comparación entre los de agar-agar sí implican un mayor aporte de agua frente a un mayor tiempo de aplicación. En relación con el envejecimiento después de los tratamientos de limpieza, los resultados no indican una gran diferencia en peso.

Tabla 2. Variación de masa (mg) de las probetas (Serie 01C) antes, húmedas tras la limpieza y secas.

Mass variation (mg) of specimens (01C Series) before, wet after cleaning, and dry.

Variacão de massa (mg) das amostras (Série 01C) antes, úmidas após a limpeza e secas.

Masa (m(mg)) de probetas antes, húmedas tras la limpieza (15 min) y secas				
Muestra	P SECO1	P HÚMEDO	P SECO2	
01CL	0,197 ± 0,002	0,46 ± 0,02	0,195 ± 0,002	
01C-AA-3%-15 min	0,201 ± 0,005	0,30 ± 0,01	0,200 ± 0,004	
01C-A-3%-15 min	0,198 ± 0,001	0,279 ± 0,007	0,1958 ± 0,0013	
01C-AA-5%-15 min	0,200 ± 0,002	0,30 ± 0,01	0,200 ± 0,002	
01C-A-5%-15 min	0,1972 ± 0,0034	0,26 ± 0,01	0,195 ± 0,004	
Masa (m(mg)) de probetas antes, húmedas tras la limpieza (30 min) y secas				
Muestra	P SECO1	P HÚMEDO	P SECO2	
01CL	0,197 ± 0,002	0,46 ± 0,02	0,195 ± 0,002	
01C-AA-3%-30 min	0,198 ± 0,002	0,308 ± 0,004	0,1969 ± 0,0023	
01C-A-3%-30 min	0,200 ± 0,003	0,28 ± 0,01	0,199 ± 0,003	
01C-AA-5%-30 min	0,196 ± 0,005	0,296 ± 0,004	0,195 ± 0,005	
01C-A-5%-30 min	0,196 ± 0,005	0,282 ± 0,004	0,195 ± 0,005	
Masa (m(mg)) de probetas antes, húmedas tras la limpieza (15 min), secas y envejecidas				
Muestra	P SECO1	P HÚMEDO	P SECO2	P E
01CE	0,197 ± 0,003			0,196 ± 0,003
01CLE	0,2015 ± 0,0013	0,467 ± 0,006	0,199 ± 0,002	0,198 ± 0,002
01C-AA-3%-15 min E	0,1963 ± 0,0004	0,336 ± 0,02	0,195 ± 0,001	0,194 ± 0,001
01C-A-3%-15 min E	0,1965 ± 0,0001	0,279 ± 0,004	0,1945 ± 0,0003	0,1947 ± 0,0002
01C-AA-5%-15 min E	0,1964 ± 0,0034	0,294 ± 0,007	0,195 ± 0,003	0,195 ± 0,003
01C-A-5%-15 min E	0,202 ± 0,003	0,258 ± 0,001	0,200 ± 0,003	0,200 ± 0,002
Masa (m(mg)) de probetas antes, húmedas tras la limpieza (30 min), secas y envejecidas				
Muestra	P SECO1	P HÚMEDO	P SECO2	P E
01CLE	0,2015 ± 0,0013	0,467 ± 0,006	0,199 ± 0,002	0,198 ± 0,002
01C-AA-3% 30 min E	0,197 ± 0,002	0,33 ± 0,01	0,197 ± 0,001	0,196 ± 0,002
01C-A-3% 30 min E	0,200 ± 0,002	0,287 ± 0,005	0,198 ± 0,003	0,199 ± 0,002
01C-AA-5% 30 min E	0,200 ± 0,002	0,299 ± 0,004	0,198 ± 0,002	0,198 ± 0,002
01C-A-5% 30 min E	0,2023 ± 0,0001	0,260 ± 0,003	0,1995 ± 0,0001	0,1997 ± 0,0004

Evaluación del pH

Con la evaluación del pH se pretende determinar cómo varía su valor tras ser aplicado cada tratamiento de limpieza y cómo reaccionan las probetas tras su envejecimiento. En este sentido, se puede advertir que las probetas de algodón iniciales (probeta 0 y 01) presentan valores de pH neutro (pH 7,19 y 7,02, de forma respectiva), pero si están manchadas de café (probetas 01C) el pH se vuelve ligeramente ácido (pH 6,23) (Tabla 3). Tras su limpieza en medio acuoso y tensoactivo se incrementa su pH hacia un pH neutro (pH 6,74).

En cuanto a las muestras envejecidas, se observa que en todos los casos se produce una acidificación. Este incremento es mayor en las probetas manchadas

de café (probetas 01C presentan un valor de pH 4,43) que en las probetas que se han limpiado y envejecido con posterioridad, hecho que puede indicar la persistencia de la mancha.

Por otro lado, también se miden los valores pH de los geles antes y después de su aplicación (Tabla 4). De este modo, se puede valorar la cantidad de suciedad que es capaz de retirar del tejido y, en el caso de que queden restos de gel en la superficie textil, determinar cómo reaccionarían estos restos frente al envejecimiento y qué posibles consecuencias podrían causar en los tejidos de algodón. Los valores de pH de los geles, tanto antes de ser aplicados como después, y tras ser envejecidos, son cercanos al pH neutro.

Tabla 3. Valores de pH (antes y envejecidos) en las diferentes probetas de tejido de algodón.

pH values (before and after ageing) in different cotton fabric specimens.

Valores de pH (antes e envelhecidos) nas diferentes amostras de tecido de algodão.

Descripción	Probetas tejido	pH-Antes	pH-Envejecidos
Algodón comercial	0	7,19	6,36
Prelavado	01	7,02	6,82
Manchado	01C	6,23	4,43
Limpieza acuosa con tensoactivo	01CL	6,74	6,08
Limpieza gel agar-agar 3% 15 min	01C-AA-3%-15 min	6,36	5,13
Limpieza gel agarosa 3% 15 min	01C-A-3%-15 min	6,38	5,25
Limpieza gel agar-agar 5% 15 min	01C-AA-5%-15 min	6,58	5,36
Limpieza gel agarosa 5% 15 min	01C-A-5%-15 min	6,73	5,57
Limpieza gel agar-agar 3% 30 min	01C-AA-3%-30 min	6,64	5,43
Limpieza gel agarosa 3% 30 min	01C-A-3%-30 min	6,48	5,54
Limpieza gel agar-agar 5% 30 min	01C-AA-5%-30 min	6,66	5,73
Limpieza gel agarosa 5% 30 min	01C-A-5%-30 min	6,58	5,81

Tabla 4. Valores de pH (antes y envejecidos) en los geles rígidos agar-agar y agarosa.

pH values (before and after ageing) in agar-agar and agarose rigid gels.

Valores de pH (antes e envelhecidos) nos géis rígidos agar-agar e agarose.

Descripción	Gel inicial y tras su aplicación sobre tejido manchado	pH-Antes	pH-Envejecidos
gel agar-agar 3%	AA-3%	6,41	6,14
	01C-AA-3%-15 min	6,18	6,06
	01C-AA-3%-30 min	6,16	5,93
gel agarosa 3%	A-3%	7,2	7,12
	01C-A-3%-15 min	7,03	6,9
	01C-A-3%-30 min	6,9	6,86
gel agar-agar 5%	AA-5%	6,6	5,98
	01C-AA-5%-15 min	6,18	5,93
	01C-AA-5%-30 min	6,15	5,86
gel agarosa 5%	A-5%	7,32	6,93
	01C-A-5%-15 min	7,2	6,84
	01C-A-5%-30 min	7,18	6,83

Difusión del agua

Con este ensayo se ha observado, de una manera organoléptica, la capacidad de los geles para difundir el agua en el tejido de algodón. Para ello, se han colocado los diversos geles (agar-agar y agarosa, en sus respectivos porcentajes 3% y 5%) con tiempos de aplicación de 15 min y 30 min sobre papel secante y se ha ejercido la misma presión que la aplicada

sobre las probetas de tejido de algodón. Transcurrido este tiempo, se retiran los geles y se observan los cercos de humedad que han generado cada uno de ellos. En la Figura 6, se observa como el gel de agar-agar 3% es el de mayor difusión, seguido del gel agar-agar 5%. En cuanto a los geles de agarosa, su difusión es mucho menor, en especial el gel de 5% que no proporciona ningún cerco.

CONCLUSIONES

El estudio expuesto en este artículo ha tenido el propósito de evaluar la idoneidad de la limpieza acuosa con geles rígidos de agar-agar y agarosa en dos porcentajes 3% y 5% en dos tiempos de aplicación de 15 y 30 min durante tratamientos de limpieza en restauración de tafetanes blancos de algodón, para evaluar su consideración como alternativa a los tratamientos de limpieza acuosa y tensoactivo donde estos no puedan efectuarse debido a su limitación en determinados casos. En este sentido, las conclusiones alcanzadas se resumen a continuación.

El examen organoléptico proporciona información inicial de interés. La evaluación de los valores colorimétricos, tras las diferentes fases experimentales, han indicado la eficacia del lavado en medio acuoso con tensoactivo, así como los resultados óptimos de los métodos con geles rígidos. En este sentido, los geles de agarosa resultan más efectivos que los de agar-agar, tanto por el grado de limpieza de la agarosa 3%, a 15 o a 30 min de aplicación, como por la homogeneidad de la limpieza alcanzada con este sistema. Se ha podido observar que la variación del brillo del tejido no se ve afectada por la aplicación de los geles y que los valores de luminosidad son similares tanto en las probetas iniciales manchadas como en las probetas a las que se les ha aplicado los tratamientos de limpieza. Sin embargo, después de envejecer los brillos sí se ven afectados, disminuyendo ligeramente su intensidad.

Las medidas de masa y de difusión del agua han sido de gran relevancia respecto del examen de la capacidad de difusión del agua por capilaridad que presentan los geles. El gel agar-agar al 3% tiene

una gran capacidad de difusión y es progresiva: a mayor tiempo de aplicación, mayor es la cantidad de agua que transmite. Sin embargo, si se aumenta el porcentaje al 5%, esta humedad quedará más retenida. En relación con la agarosa, su capacidad de capilaridad es escasa pero lo suficiente para interactuar con la superficie de la muestra, lo que significa que solo interactúa con la superficie donde se encuentra la mancha y, por medio de la capacidad que exhibe de ceder y absorber agua, consigue retirar la suciedad. Además, su escasa capacidad para la difusión del agua reduce la posibilidad de que se generen cercos.

En cuanto al pH, tras la aplicación de los geles es posible evaluar la eficacia del tratamiento de limpieza, pues cuanto mayor es su eficacia, las medidas de pH tienden a valores próximos al pH neutro.

En el caso de que quedara residuo de gel sobre un tejido, ante el problema de cómo reaccionan los geles al envejecimiento, se puede decir que tienden a un pH levemente ácido. Además, a mayor carga de mancha que haya retirado, mayor será su acidificación (este parámetro se relaciona con la mancha de café), que a su vez incrementará con el aumento del envejecimiento. Se ha observado que cuando se seca el gel se vuelve un film semitransparente muy rígido que se contrae sobre sí mismo.

Con este estudio se ha logrado verificar, desde un punto de vista morfológico, que los geles rígidos aportan una menor cantidad de agua a un tejido y que pueden ser una alternativa al tratamiento de limpieza de manchas en medio acuoso con tensoactivo, lo que resulta muy beneficioso de acuerdo con los tipos

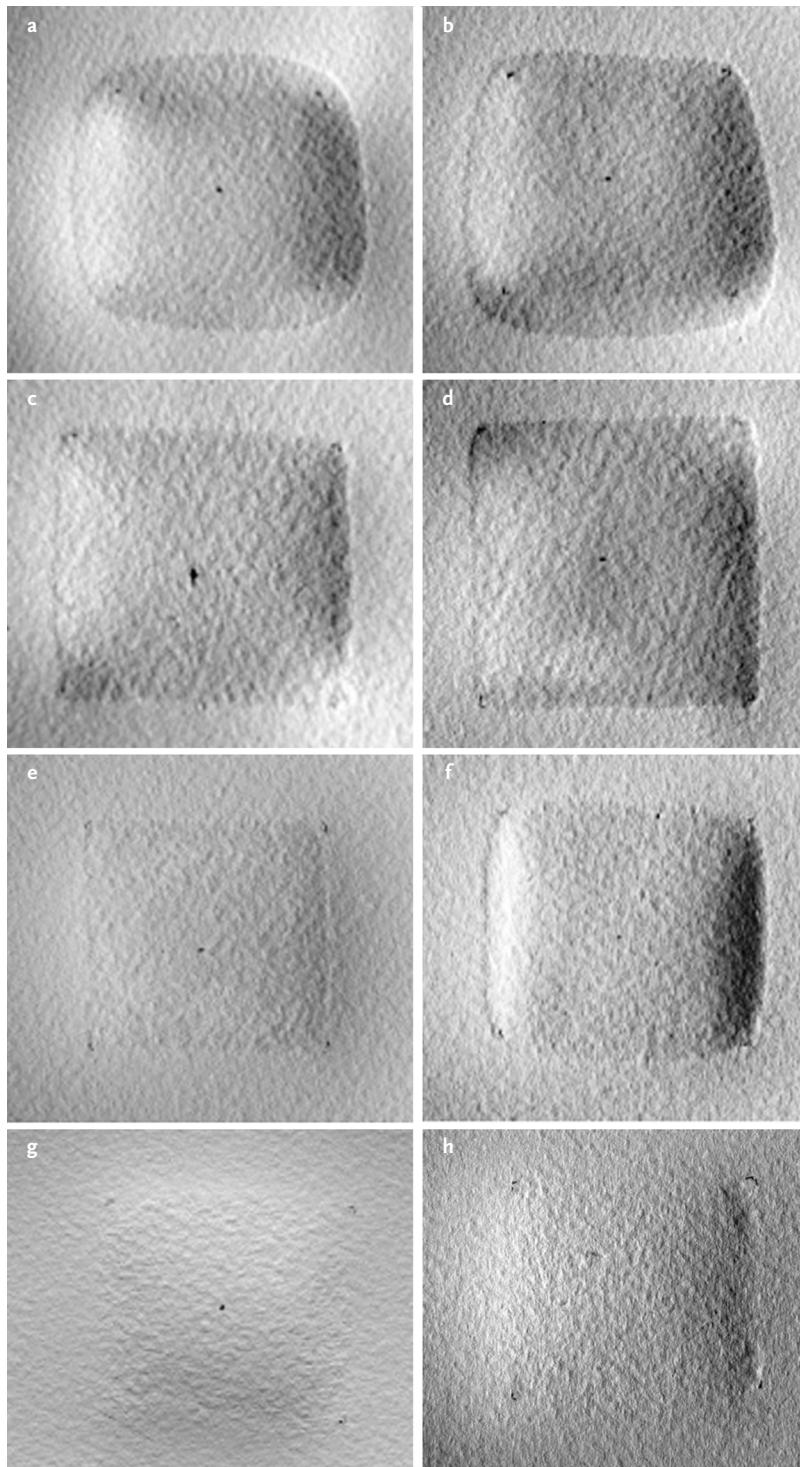


Figura 6. a. Macrofotografía de la difusión del agua agar-agar: AA-3%-15 min, b. AA-3%-30 min, c. AA-5%-15 min, d. AA-5%-30 min; e. agarosa: A-3%-15 min, f. A-3%-30 min, g. A-5%-15 min, h. A-5%-30 min (Macrofotografías: Elaboración propia, 2018).

a. Macrofotograph showing water diffusion with agar-agar: AA-3%-15 min, b. AA-3%-30 min, c. AA-5%-15 min, d. AA-5%-30 min; e. agarose: A-3%-15 min, f. A-3%-30 min, g. A-5%-15 min, h. A-5%-30 min (Macrofotographs: Own elaboration, 2018).

a. Macrofotografia da difusão da água agar-agar: AA-3%-15 min, b. AA-3%-30 min, c. AA-5%-15 min, d. AA-5%-30 min; e. agarose: A-3%-15 min, f. A-3%-30 min, g. A-5%-15 min, h. A-5%-30 min (Macrofotografias: Elaboração própria, 2018).

de fibras y estado de conservación de los tejidos. Si bien es posible que la eficiencia de la limpieza no haya sido similar a la de un lavado en medio acuoso con tensoactivo, esto se puede mejorar con la aplicación de los geles rígidos por mayor tiempo sobre la obra, o bien repitiendo su aplicación. El

gel de agarosa al 3% ha proporcionado mejores resultados en el tejido utilizado, debido a que su humectación es controlada, regular y estable en el tiempo, su capacidad de difusión se centra en las zonas donde el gel se encuentra en contacto con el tejido y su limpieza es efectiva y homogénea.

REFERENCIAS CITADAS

AgarGel. (s.f.). *Agar-agar*.

<http://www.agargel.com.br/agar-tec-es.html>

Anzani, M., Berzioli, M., Cagna, M., Campani, E., Casoli, A., Cremonesi, P., Fretelli, M., Rabbolini, A. y Riggiardi, D. (2008). Gel rigidi di agar per il trattamento di pulitura di manufatti in gesso. *Quaderni CESMAR7*, 6, Il Prato. <https://issuu.com/cesmar7/docs/gessi4s>

Armisen, R., Galatas, F. y Hispanagar, S. A. (2000). Agar. En G. O. Phillips y P. A. Williams (Eds.), *Handbook of Hydrocolloids* (pp. 21–39). Woodhead Publishing. <https://epdf.pub/queue/handbook-ofhydrocolloid-s9892cf9472c7cf0334e78c13fad973ce44007.html>.

Araki, C. (1956). Structure of the agarose constituent of agar-agar. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 29(4), 543–544. <https://doi.org/10.1246/bcsj.29.543>

Brooks, M. M. y Eastop, D. (2011). *Changing views of textile conservation*. The Getty Conservation Institute.

Campani, E., Casoli, A., Cremonesi, P., Saccani, I., Signorini, E. (2007). L'uso di agarosio e agar per la preparazione di "gel rigidi". *Quaderni CESMAR7*, 4, Il Prato. https://issuu.com/cesmar7/docs/qc7_04_agarosio_2007

Contreras Vargas, J., Mainou Cervantes, L. y Antuna Bizarro, S. (2012). Alteraciones de hilos de bordados de seda: modificaciones morfológicas, de color y resistencia mecánica. *Intervención. Revista Internacional de Conservación, Restauración y Museología*, 3(6), 26–33. <https://doi.org/10.30763/Intervencion.2012.6.71>

Cremonesi, P. (2013). Rigid gels and enzyme cleaning. En M. F. Mecklenburg, A. E. Charola y R. J. Koestler (Eds.), *New Insights into the Cleaning of Paintings: Proceedings from the Cleaning 2010 International Conference Universidad Politécnica de Valencia and Museum Conservation Institute* (pp. 179–183). Smithsonian Institution Scholarly Press, <https://repository.si.edu/handle/10088/20477>

Cremonesi, P. y Signorini, E. (2013). *Un approccio alla pulitura dei dipinti mobili*. Il Prato.

Cremonesi, P. S. (2015). *El ambiente acuoso para el tratamiento de obras policromas*. Il Prato.

Gorel, F. (2010). Assessment of agar gel loaded with micro-emulsion for the cleaning of porous surfaces. *CeROArt, EGG 1*. <https://doi.org/10.4000/ceroart.1827>

Hughes, A. y Sullivan, M. (2016). Targeted Cleaning of Works on Paper: Rigid Polysaccharide Gels and Conductivity in Aqueous Solutions. *The Book and Paper Group Annual*, 35, 30–41. <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/annual/v35/bpga35-04.pdf>

Isca, C., Fuster-López, L., Yusá-Marco, D. J. y Casoli, A. (2015). An evaluation of changes induced by wet cleaning treatments in the mechanical properties of paper artworks. *Cellulose*, 22, 3047–3062. <https://doi.org/10.1007/s10570-015-0712-1>

- Leene, J. E., Demény, L., Elema, R. J., de Graff, A.J. y Surtel, J.** (1975). Artificial aging of yarns in the presence as well as in the absence of light under different atmospheric conditions. *Proceedings of the International Council of Museums*, 13, 107–242. <https://www.icom-cc-publications-online.org/4015/Artificial-ageing-of-yarns-in-presence-as-well-as-in-absence-of-light-and-under-different-atmospheric-conditions>
- Mantilla de los Ríos Rojas, M. S. y Moreno García, M.** (2001). La conservación de los tejidos. *Arbor*, 169, 677–690. <https://doi.org/10.3989/arbor.2001.i667-668.905>
- Martínez-Bazán, M. L.** (1999). *Determinación de los colores existentes en la decoración al fresco, ejecutada por A. Palomino, en un fragmento de la nave central de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia* [Tesis Doctoral]. Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Universitat Politècnica de València, Valencia, España.
- Melgosa Latorre, M., Pérez Gómez, M. M., Yebra, A., Huertas, R. y Hita Villaverde, E. F.** (2001). Algunas reflexiones y recientes consideraciones internacionales sobre evaluación de diferencias de color. *Óptica Pura y Aplicada*, 34(1), 1–10.
- Sahmel, K., Mina, L., Sutherland K. y Shibayama, N.** (2012). Removing dye bleed from a sampler: New methods for an old problem. *Textile Specialty Group Postprints of Papers Delivered at the Textile Subgroup Session*, 22, 78–90. http://www.museumtextiles.com/uploads/7/8/9/0/7890082/whitman_sampler_paper_laura_mina_2012_aic_tsg_postprints.pdf
- Schmitt, E. y Foskett, S.** (2016). Gelling in Theory and Practice: An examination of agarose gels in textile conservation. *Textile Specialty Group Postprints*, 26, 157–170. http://www.museumtextiles.com/uploads/7/8/9/0/7890082/gelling_in_theory_and_practice_2016_aic_tsg_postprints.pdf
- Scott, C. L.** (2012). The use of agar as a solvent gel in objects conservation. *Objects Specialty Group Postprints*, 19, 71–83. <http://resources.conserva-us.org/osg-postprints/wp-content/uploads/sites/8/2014/12/osg019-04.pdf>
- Shirley, E.** (2009). A Passage in the Life of a Palampore: Conservation. *Journal of the Canadian Association for Conservation*, 34, 21–28. . https://www.cac-accr.ca/wp-content/uploads/2018/12/Vol34_doc3.pdf
- Smets, A., De Vis, K. y Ortega-Saez, N.** (2019). A challenging treatment of an 18th century embroidered textile using gel cleaning in combination with decamethylcyclopentasiloxane (D5) silicone solvent barriers. *Conservar Património*, 31, 41–52. <https://doi.org/10.14568/cp2018023>
- Stulik, D., Miller, D., Khanjian, H., Khandekar, N., Wolbers, R., Carlson, J. y Petersen, W.C.** (2004). *Solvent gels for the cleaning of works of art: The residue question*. The Getty Conservation Institute. <https://www.getty.edu/publications/resources/virtuallibrary/9780892367597.pdf>
- Timár-Balázs, A.** (2000). Wet cleaning of historical textiles: surfactants and other wash bath additives. *Studies in Conservation*, 45(3), 46–64. <https://doi.org/10.1179/sic.2000.45.s3.006>
- Valentín, N., Cortés, F. y Sánchez, A.** (1994). La conservación de vidrieras históricas. Estudios preliminares sobre la aplicación de sistemas gelificados. En M. A. Corzo y N. Valentín (Coords.), *Conservación de vidrieras históricas. Análisis y diagnóstico de su deterioro. Restauración* (pp. 5–14). The Getty Conservation Institute. https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/vidrieras.pdf
- Vicente Palomino, S., Martínez-Bazán, M. L., Yusá Marco, D. J. Zuriaga Barrera M., Montesinos Ferrandis, E. M., y Fuster López, L.** (2010). Aproximación al estudio del café como sustancia tintórea natural en tejidos de seda para el refuerzo y consolidación de obra textil. *ARCHÉ*, 4–5, 175–180. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30751/2010_04-05_175_180.pdf

Warda, J., Brückle, I., Bezúr, A. y Kushel, D. (2007). Analysis of agarose, Carbopol, and Laponite gel poultices in paper conservation. *Journal of the American Institute for Conservation*, 46(3), 263–279. <http://dx.doi.org/10.1179/019713607806112260>

Wolbers, R. (2000). *Cleaning Painted Surface: Aqueous Methods*. Archetype Publications.

Wolbers, R. (2013). The use of gels in aqueous conservation of paper. *ICON NEWS*, 48, 27–28. <https://www.icon.org.uk/resource/icon-news-48-september-2013-pdf.html>