

ORBIS TERRARUM ANTIQUI
TABULA GEOGRAPHICA

ad illustrandam potissimum antiquissimi aevi
usque ad Alexandrum M. historiam
in usum scholarum descripta ab
HENRICO KIEPERT.

Editionem emendatam curavit Hans Philipp.
Berolini apud D. Reimer (E. Vohsen.)

Imagen: © Teresa Espejo.
Detalle de Orbis Terrarum Antiqui.

Aplicación de los sistemas de capilaridad a la conservación del patrimonio gráfico y documental: una línea de investigación en la Universidad de Granada

Teresa Espejo Arias y Ana López Montes*

*Departamento de pintura, conservación y restauración de documentos y obra gráfica
Universidad de Granada, España

Postulado: 28 de enero de 2021

Aceptado: 27 de abril de 2021

Resumen

El trabajo sintetiza las experiencias e investigaciones que, desde el ámbito de la conservación de documentos y obra gráfica, nuestro equipo de trabajo¹ ha llevado a cabo en relación con el empleo de los sistemas de capilaridad para la limpieza y desacidificación de dos colecciones: la Colección de mapas de escuela del Archivo Universitario y la Colección de dibujos de Martín Morales, propiedad de la Peña de la Platería de Granada. En concreto se presentan los principales resultados obtenidos de la adaptación y mejora metodológica del sistema de capilaridad y de su utilización como vehículo de diferentes soluciones en tratamientos para los que todavía no había sido utilizado. En el primer caso, la combinación de sistemas basados en los principios de vasos comunicantes y en el de absorción por contacto ha posibilitado tratar documentos de gran formato, estructuralmente complejos, que se componen de varios soportes y diferentes estratos matéricos; con ello se minimizan los riesgos físicos y químicos, asimismo, se evitan desmontajes y tratamientos estresantes para el documento. En el segundo caso, se ha experimentado con la utilización del sistema por capilaridad como vehículo de soluciones para limpieza y desacidificación en obras con técnicas gráficas muy sensibles a la humedad, aplicándose en varias fases en un proceso continuo y simultáneo. Los resultados obtenidos han sido óptimos y se han abierto novedosas líneas de investigación.

Palabras clave

Limpieza; capilaridad; vasos comunicantes; *facing*; documentos; papel; textil; color.

¹ Los implicados en la investigación han sido: Teresa Espejo Arias, Ana M. López Montes, M. Rosario Blanc García, Francisco José Collado Montero y Elena Esteban Garrido. Las personas que componen los equipos de trabajo para la restauración son, para la Colección de mapas de la escuela: Teresa Espejo Arias, Ana Isabel Calero Castillo, Cecilia Lamolda y alumnos de la asignatura Conservación y Restauración de Documento Gráfico: Papel, del grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Universidad de Granada en los cursos 2016 a 2020; de la Colección de dibujos de Martín Morales: Ana López Montes, Elena Esteban Garrido y Francisco José Collado Montero.



La capilaridad es una propiedad física de los fluidos que depende de su tensión superficial y que le confiere la capacidad de avanzar por el interior de un tubo capilar. Ese principio se aprovecha, en el ámbito de la conservación y restauración de documentos, aplicado a sistemas y tratamientos de limpieza. Su eficacia contrastada, tanto en intervenciones de carácter general como en objetos que, por sus características materiales o formales, o por su avanzado estado de degradación, conllevan actuaciones de extrema delicadeza, ha desplazado a otros tratamientos convencionales arriesgados –limpiezas por inmersión en baño, por ejemplo– en favor de su uso, lo que ha posibilitado la extracción de elementos no deseados mediante su disolución y posterior arrastre. El principio de circulación de los fluidos por medio de las estructuras capilares que conforman los principales soportes de nuestros documentos sirve también para introducir compuestos beneficiosos en el papel o, incluso, para provocar determinadas reacciones químicas. Son éstos los aspectos que, junto con la optimización del método y los procedimientos, ocupan en la actualidad una de las líneas de investigación que se desarrollan en el seno de la Universidad de Granada, España, en su área de conservación y restauración de documentos y obra gráfica, lo que demuestra la utilidad de la aplicación de esos sistemas en un marco más amplio de tratamientos.

Dos propuestas metodológicas. Estudio de casos

La limpieza y la desacidificación son tratamientos comunes en la conservación y restauración de bienes culturales con soporte de papel: eliminan o neutralizan los productos de degradación, mejoran la apariencia estética de la obra y, además, posibilitan introducir productos beneficiosos para su conservación. Para la aplicación de dichos tratamientos, los procedimientos más habituales son la inmersión y la capilaridad mediante succión, conducción o absorción, en los que el principal disolvente es el agua.

Los procedimientos acuosos se distinguen por su baja toxicidad y por su elevada efectividad ante productos de degradación hidrófilos. No obstante, cuando se aplican a la obra de forma generalizada pueden provocar daños graves como el sangrado o la solubilización de las tintas debido a la propia composición química de las mismas. También pueden afectar al estado de conservación de los pigmentos y aglutinantes que aun al ser hidrófobos se pueden encontrar disgregados o pulverulentos, lo que provoca su pérdida por la acción mecánica del disolvente; ello lleva a utilizar otros procedimientos en los que se emplean disolventes orgánicos, lo que aumenta los riesgos de alteración química de los materiales y de toxicidad para el restaurador, sin resultar del todo efectivos en la mayoría de los casos. Los efectos que producen sobre los soportes también son conocidos: derivan en daños físicos por deformación de los soportes, o químicos, por la reacción de sus componentes. Son éstas las premisas que han alentado la búsqueda de alternativas metodológicas más seguras y sostenibles para la aplicación de esos tratamientos y es en ese contexto en el que se han desarrollado las propuestas experimentales que se presentan a continuación con motivo de la restauración de las dos siguientes colecciones.

La Colección de mapas de escuela. Archivo universitario, Universidad de Granada

La Colección de mapas de escuela de la Universidad de Granada está compuesta por 47 documentos de gran formato concebidos como material de uso didáctico que reproducen cartografías físicas y políticas. Están impresos sobre papel, barnizados, entelados y montados sobre molduras de madera que posibilitan su enrollado y colgado en la pared.

El lamentable estado de conservación que presentaban aunado al creciente interés por tal tipo de documentos ha hecho que las responsables del archivo propusieran un proyecto global para su recuperación (figura 1). En términos generales, presentaban manchas de humedad, oxidación,



amarilleamiento, craquelado y pasmados en la capa de barniz como consecuencia de su degradación natural y de las condiciones de humedad a las que estuvieron expuestos. Además, el envejecimiento natural de los materiales constitutivos había favorecido el debilitamiento de los soportes celulósicos y textiles; tenían arrugas acusadas, deformaciones, roturas y faltas en el papel debidas a los movimientos diferenciales de dilatación/contracción entre el papel y la tela y como consecuencia del uso y las numerosas acciones de enrollado y desenrollado. Los trabajos de intervención que continúan en la actualidad, comenzaron en el año 2016 y se han llevado a cabo por un equipo multidisciplinar de profesionales en distintos ámbitos: químicos, ópticos, técnicos de archivo, historiadores y conservadores-restauradores, labor que se hizo de manera coordinada para su conocimiento y conservación. Se estableció un protocolo de intervención que incluyó la investigación histórica, material y técnica, el análisis de su estado de conservación, el establecimiento del diagnóstico y la aplicación de un protocolo de actuación en el que se prestó especial atención a los tratamientos de limpieza.

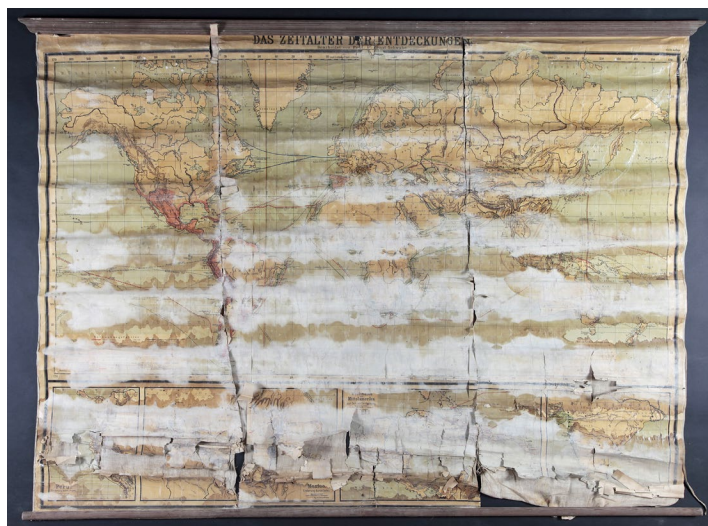


Figura 1. Map 00023, Professor Ernst Schwabe (ed.) (1858–1927) *Das zettalter der entdeckungen* (La era del descubrimiento). Dimensiones: 1540 × 2115 mm. Antes de la restauración. Imagen: ©Domingo Campillo.

La extrema fragmentación del papel impreso suponía un riesgo importante de desmembramiento por lo que impedía su desmontaje. La separación de soportes, papel y tela, para la aplicación de tratamientos individualizados no era, por tanto, posible.

En ese contexto, se decidió intervenir los distintos soportes de manera simultánea para evitar desmontajes y tratamientos estresantes para el documento. Se optó por combinar diferentes procedimientos de limpieza por capilaridad adaptados a cada una de las necesidades.

El sistema de capilaridad por contacto supuso la primera fase de limpieza y sirvió para eliminar barnices oxidados. El disolvente se aplicó por medio de Sontara® (figura 2a) que, en contacto directo con la superficie del mapa, absorbía y retenía el barniz disuelto (figura 2b). De igual forma, empapelados de protección actuaron también como sistema de limpieza por absorción; en ese caso la gelatina o el almidón, empleados como adhesivos, sirvieron de medio para extraer restos de suciedad y residuos de barniz al impregnar los papeles japoneses de gramaje medio o el rayón, empleados como materiales de absorción.





Figura 2. Map 0021, José Paluzie Lucena (1905) *Europa física*. a) Detalle de la aplicación del disolvente a través del Sontara®. b) Detalle del barniz absorbido una vez evaporado el disolvente. Imagen: ©Teresa Espejo.



El sistema de limpieza basado en el principio de vasos comunicantes se utilizó para la limpieza general y simultánea de los soportes primario y secundario. Las características físicas de los documentos, su formato y su estado de conservación implicó optimizar el sistema (Esteban *et al.*, 2014) a partir de los modelos que Schalkx (2011), por lo que se desarrollaron mejoras metodológicas adaptables a diferentes tipologías documentales (figura 3).

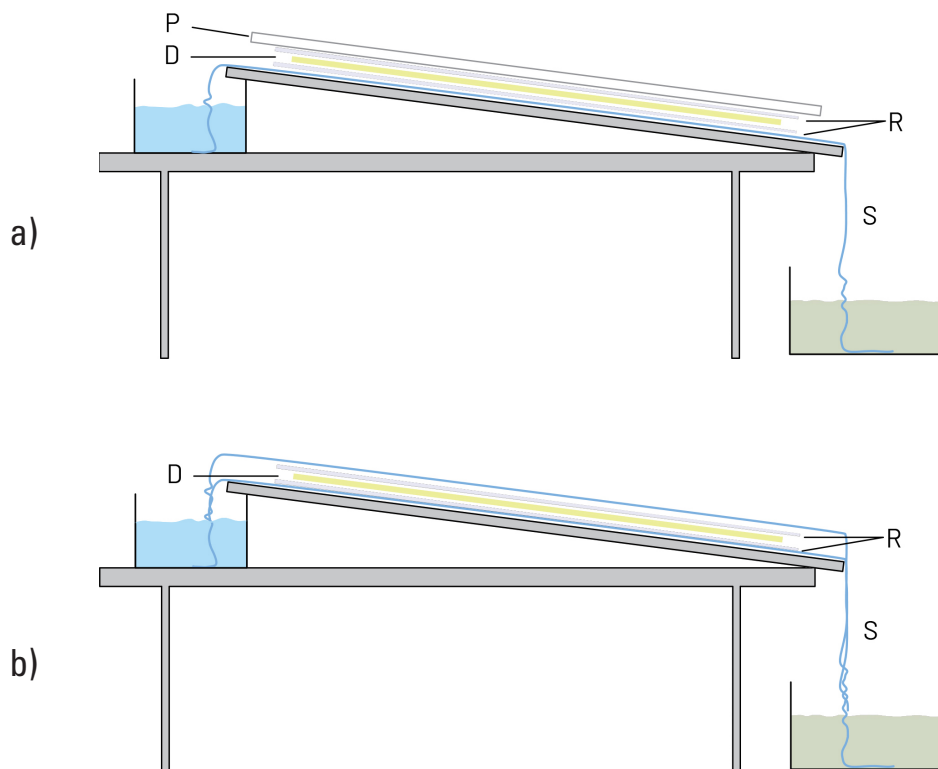


Figura 3. Variantes al método de limpieza por capilaridad mediante el sistema de vasos comunicantes. *a)* sistema aplicable a documentos simples, formados por un único soporte de papel. *b)* Sistema útil para documentos compuestos por varios soportes y materiales. Leyenda: D: documento; R: Reemay®; S: Sontara®; P: peso controlado y homogéneo. Imagen: ©Teresa Espejo.

Los resultados más destacables se pueden resumir en:

- El documento debe mantenerse en contacto permanente con el material absorbente de base. Hay que evitar la aparición de abolsados, pliegues o deformaciones que actúan como barrera al paso del agua y provocan depósitos de suciedad que al secar se traducen en manchas y aureolas. La colocación sobre el documento de un peso suave resuelve el problema y mantiene la humedad evitando la evaporación y hace más efectivo el tratamiento.
- La colocación de soportes auxiliares (Reemay®, Bondina®, Hollytex® o similares) entre el documento y la base, así como entre éste y el cristal, evita que los materiales se adhieran entre sí y reduce los riesgos que la manipulación del documento produce sobre las zonas más frágiles y los elementos sueltos o muy debilitados.

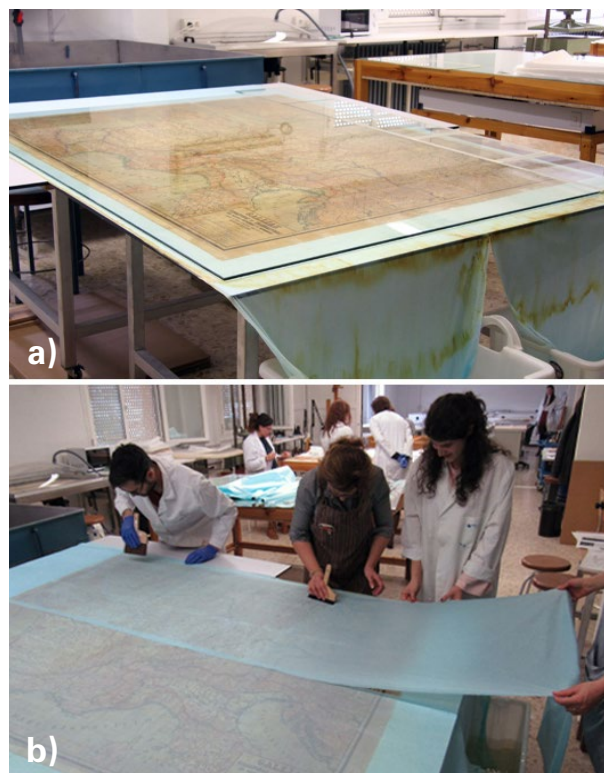


Figura 4. Map 00028, Henrico Kiepert (1894) *Galiae Cisalpinae e transalpinae*. Dimensiones 1407 × 1780 mm.
 a) Fase primera: el tejido conductor se coloca bajo el documento.
 b) Segunda fase, el tratamiento se completa con el paso del agua a través de una capa de tejido colocada en superficie.
 Imagen: ©Teresa Espejo.

- La inclinación del plano resulta fundamental para acelerar el proceso y disminuir los tiempos de humectación del documento. Una inclinación aproximada del 4 % puede considerarse adecuada para conseguir resultados óptimos.
- La estructura capilar del tejido resulta determinante en la conducción del agua; un mayor número de capas (dos en nuestro caso) facilita un mayor paso de agua, lo que acelera el proceso y disminuye el tiempo necesario para el tratamiento. Probados varios tejidos se consideró que el Sontara® es el más adecuado.
- En estructuras compuestas donde es necesario intervenir los distintos soportes a la vez, un sistema tipo sándwich formado por un doble tejido de conducción –bajo el documento y sobre éste– favorece la disolución de los productos de degradación y mejora los resultados del tratamiento (figura 4b). En estos casos, el tejido superior mantiene el documento en contacto directo y homogéneo con la base; evita abolsamientos sin necesidad de incorporar un peso adicional. Tras la primera fase de limpieza, se retiran los contenedores de agua. El proceso de secado funcionará como segunda fase de limpieza, en tanto que el tejido conductor absorberá de forma progresiva los productos de degradación solubilizados y los retendrá tras el secado total.
- El resultado de la limpieza de los mapas tratados con ese método fue un éxito. Las mejoras metodológicas desarrolladas posibilitaron tratar los documentos sin necesidad de separar los soportes textiles secundarios, con lo que se evita el desmembramiento del objeto. La combinación de todos esos procedimientos significa, además de la reducción considerable de riesgos para el documento, la disminución de tiempos de participación del restaurador y rentabilizan los costes derivados de la acción conservativa.



La Colección de dibujos de Martín Morales. Peña La Platería, Granada

La peña La Platería de Granada es la más antigua de las peñas flamencas del mundo y reúne entre sus fondos una colección de 22 dibujos del prestigioso dibujante gráfico Francisco Martín Morales (1946-2022). Los dibujos, de 443 X 350 mm, representan en forma alegórica los distintos palos del flamenco. Están elaborados con acuarela, tinta china y gouache sobre papel industrial de pasta química blanqueada. Su estado de conservación era aceptable, aunque el tiempo y la exposición permanente a la luz habían provocado la oxidación de las fibras del soporte lo que favoreció un decremento del pH y el amarilleamiento generalizado de la superficie libre del montaje, más evidente una vez eliminados los marcos.

Para la intervención se ha seguido el método científico mediante un estudio pormenorizado para la identificación de los materiales de cada obra, la técnica de creación y alteraciones que se estaban desencadenando. La especial problemática de las técnicas artísticas empleadas, particularmente sensibles a la humedad, conllevó la ejecución de un proceso experimental previo a la intervención en dos fases: el reconocimiento de los efectos de la utilización de los sistemas basados en el principio de vasos comunicantes sobre las tintas solubles y la determinación de su idoneidad como sistema aplicable a los tratamientos de desacidificación.²

La primera fase se inició con la preparación de muestras en papel de pasta de algodón de alta calidad, sin envejecer, sobre los que se aplicaron acuarela, tinta china y gouache por su especial sensibilidad al medio acuoso, con una selección de los colorantes y pigmentos más habituales (figura 5). En la segunda, las muestras utilizadas procedían de material impreso sobre papel de pasta de madera, envejecido de forma natural. Los parámetros optimizados para su valoración en ambos casos fueron: la humectación del documento, el material cobertor de la unidad, el aporte de humedad al sistema, la solución limpiadora, el material del soporte del sistema, la presión a aplicar y el tiempo de actuación. El protocolo de valoración de los resultados se llevó a cabo mediante comparación de patrones tras su examen a visión directa, la observación amplificada con lupa y microscopio óptico y el estudio colorimétrico con el que se obtuvo información detallada sobre las variaciones de color según la fórmula de diferencia de color CIELAB ($\Delta E_{ab,10}^*$, ΔL_{10}^* , $\Delta C_{ab,10}^*$, $\Delta H_{ab,10}^*$). El análisis del soporte se completó mediante la visualización con luz rasante y la determinación de las variaciones de pH.

En relación con los efectos del sistema sobre las técnicas húmedas, los estudios llevados a cabo nos han ayudado a determinar la adecuación del método para su aplicación en documentos en los que las fibras se impregnan de la solución coloreada, sin embargo, observamos que capas gruesas, poco solubilizadas o tiempos muy largos de exposición pueden dar lugar a sangrado o solubilización. Sólo la tinta china negra es la que se presenta más sensibilidad al paso del agua (figura 5a). Los principales resultados han sido:

- Concentración al 100 %: sangran a las 2 horas.
- Disolución al 50 %: sangran a las 9 horas.
- Disoluciones superiores al 50 %: no se modifican.

² Sobre el tema se pueden consultar los textos Esteban *et al.*, 2014 y 2019.

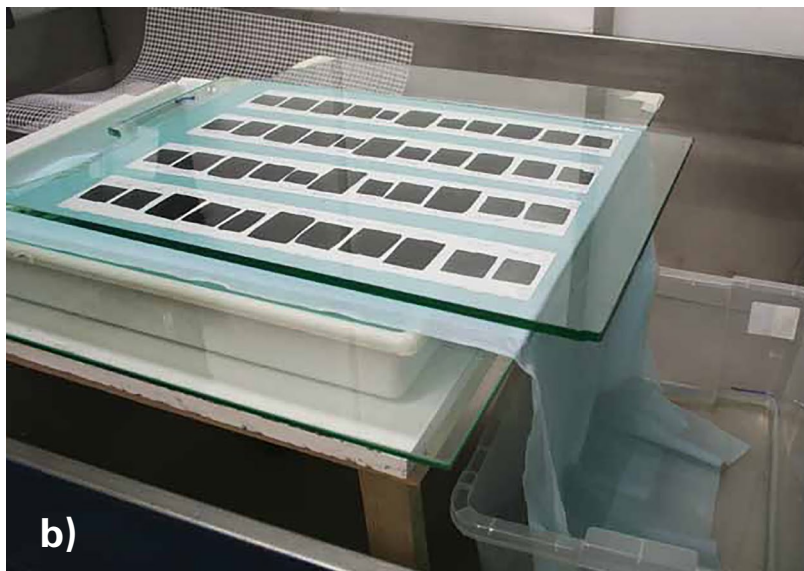


Figura 5. a) Estudio de los efectos del sistema sobre una selección de los colorantes y pigmentos más habituales utilizados en acuarela, tinta china y gouache. b) La sensibilidad mostrada por el negro en este caso nos llevó a replicar el estudio sobre la tinta china negra aplicada a diferentes concentraciones. Imagen: ©Elena Esteban.



Los resultados obtenidos en relación con el soporte indican que:

- El gramaje del papel determina la presencia de alteraciones de tipo físico. Papeles con mayor gramaje se mantienen estables ante los efectos derivados de la humedad mientras que gramajes bajos pueden sufrir alabeos y deformaciones durante el tratamiento y tras el secado. Ese efecto se puede eliminar mediante la utilización de un peso suave y homogéneo durante el proceso o mediante el secado bajo peso ligero o tensión por bordes (figura 6).

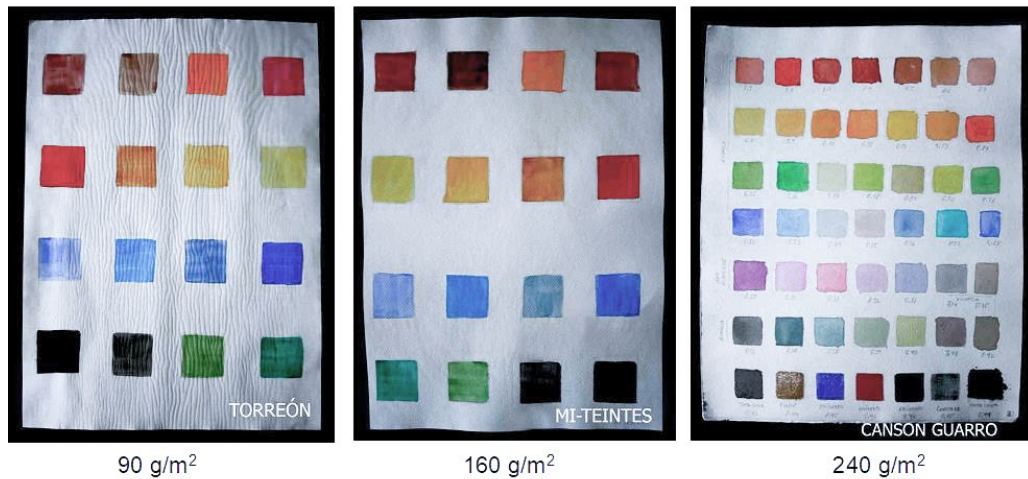


Figura 6. Efectos de la humedad sobre papeles de distinto gramaje. Imagen: ©Elena Esteban.

- Los datos colorimétricos revelan que el tratamiento aporta un incremento de la claridad del soporte, más evidente en las zonas de mayor apariencia amarillenta del papel, con una disminución pequeña y generalizada del croma, en tanto que el tono no sufre variaciones apreciables (figura 7).

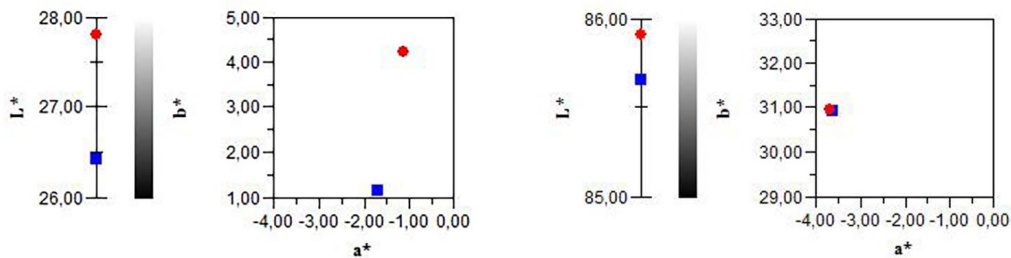


Figura 7. Muestra A-5 (tinta). Valores máximos (gráfico a la izquierda) y mínimos (gráfico a la derecha). Punto rojo: prelavado. Cuadrado azul: postlavado. Imagen: ©Francisco J. Collado.

Los estudios sobre desacidificación se llevaron a cabo sobre papeles acidificados cuyo valor de pH se encontraban en el intervalo 4 a 4.5; mostraron diferencias considerables en relación con la disolución empleada tras el tratamiento; las disoluciones fueron: a) agua corriente de Granada que posee un pH de 7.4 y contiene 180-250 mg/l de carbonato cálcico (CaCO_3) b) bicarbonato de calcio ($\text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2$) y c) borohidruro de sodio (NaBH_4) (figura 8).



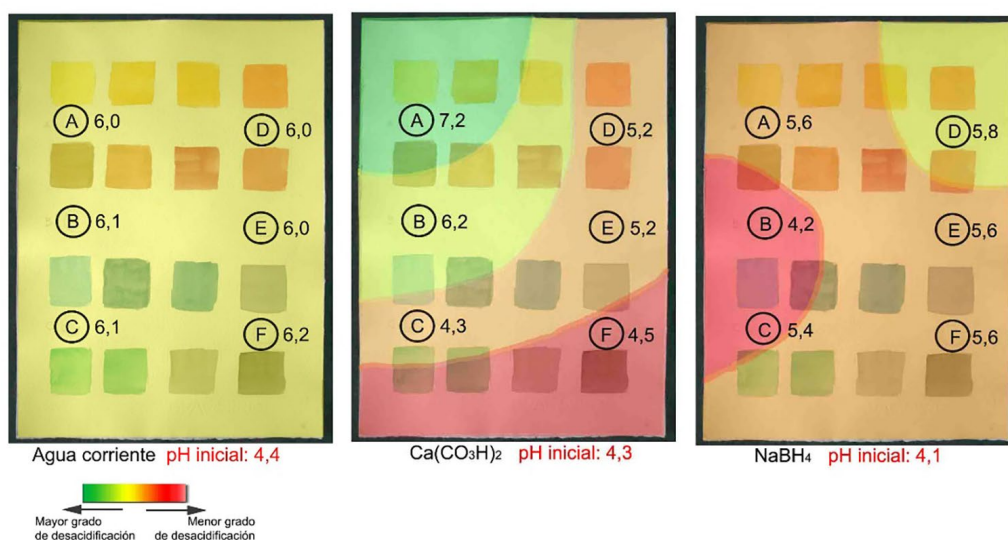


Figura 8. Esquema elaborado a partir de los valores de pH obtenidos en los puntos A, B, C, D, E y F de las muestras envejecidas artificialmente y desacidificadas en el prototipo 3 de la unidad de limpieza por capilaridad.
 Imagen: ©Elena Esteban.

En todos los casos se ha apreciado que el movimiento del agua por medio de la estructura capilar del tejido no es lineal, sino que tiene una curvatura relacionada de forma directa con la presión del lado cóncavo que presenta la superficie del agua en su encuentro con la presión atmosférica, que es mayor que la presión que se ejerce en el lado convexo. El líquido tiene que elevarse hasta que se ejerce la misma presión en los dos lados. Ese movimiento viene condicionado, además, por la presencia de otros elementos que el líquido pueda llevar en solución o dispersión. Así:

- El agua corriente favorece una desacidificación homogénea de todo el documento, y ascendió su valor de pH a 6 en todos los casos.
- El reparto del bicarbonato de calcio ($\text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2$) sobre el documento es variable. Alcanza valores neutros en las zonas más próximas al depósito de la disolución que disminuyen a medida que ésta circula a través del documento. La hipótesis que se maneja es que el bicarbonato de calcio ($\text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2$) depositado en el primer recipiente del sistema comienza a transformarse rápidamente en carbonato cálcico (CaCO_3), liberando dióxido de carbono CO_2 al ambiente, por lo que disminuye la cantidad de reactivo que realmente actúa. Por ello, de inicio, el carbonato (CO_3^{-2}) aumenta el pH pero pierde eficacia.
- En el caso del borohidruro de sodio (NaBH_4), la desacidificación se produce de forma más homogénea que respecto al caso anterior. Esa disolución aumenta el pH del papel, pero no por igual en todas las zonas.

Los resultados suponen la primera fase de una investigación que deja abierta nuevas líneas relacionadas con el estudio del movimiento del agua a través del sistema —estudiadas mediante el teñido del papel como solución de control y la distribución de las soluciones en la superficie de los papeles y su aplicación sobre diferentes tratamientos— y con la variabilidad de los tiempos de tratamiento en función de la inclinación del soporte, la naturaleza y densidad del tejido conductor y las alturas de los depósitos de agua.



Conclusiones

La aplicación de los sistemas de capilaridad a la conservación de documentos gráficos ofrece numerosas ventajas para las obras: reduce los riesgos físicos y químicos que producen otros tratamientos convencionales como los lavados, posibilita el control del tratamiento en todo momento y precisa de una infraestructura sencilla, barata y accesible.

En relación con el soporte, la estructura capilar del papel influye de forma directa en el paso del agua, lo que condiciona la eficacia de los tratamientos y reduce efectos secundarios negativos. Es fundamental tener en cuenta la composición del papel (fibras, encolantes y cargas), las dimensiones, espesor y demás características físico-químicas, así como el estado de conservación de la obra.

Por su parte, si atendemos a la técnica gráfica se trata de un tratamiento apropiado en función de la naturaleza de las tintas y de la técnica. El control del grado de disolución de la tinta, la capacidad de absorción del papel y el tiempo de tratamiento es fundamental para minimizar riesgos de sangrado o disolución de tintas.

Los estudios efectuados han aportado variaciones en el sistema que favorecen el éxito del tratamiento. Así, la inclinación del plano y el uso de varias capas de Sontara® (dos en nuestro caso) reduce los tiempos de tratamiento sin crear una cama demasiado almohadillada; el peso homogéneo favorece el contacto total entre el papel y el material de base y el empleo de agua corriente con un alto contenido en carbonatos, como es el caso de Granada, ayuda en la desacidificación y deja siempre una pequeña carga alcalina al documento.

Se trata, por tanto, de un sistema que puede ser adaptado en función de las características del documento y el tratamiento a aplicar y que ofrece grandes ventajas en tanto que reduce el estrés que producen otros sistemas de limpieza, admite actuar sobre estructuras documentales formadas por varios soportes, aunando varios tratamientos en un mismo procedimiento; asimismo, hace posible un control continuo del proceso y reduce la cantidad de agua necesaria para efectuar el tratamiento.

*

Referencias

Esteban Garrido, Elena, López Montes, Ana M., Collado-Montero, Francisco José, y Espejo Arias, Teresa (2014) "Mejoras metodológicas para la limpieza de documentos con tintas solubles en agua", en *EMERGE 2014*, Valencia, Universidad Politécnica de Valencia, pp. 1-7.

Esteban Garrido, Elena, López Montes, Ana M., Collado-Montero, Francisco José, y Blanc García, M. Rosario (2019) Mejoras metodológicas para la conservación del color en limpiezas y desacidificaciones de documentos gráficos con tintas solubles, conferencia en el XII Congreso Nacional del Color, Linares, Jaén.

Schalkx, Hilde, Ledema, Piet, y Reissland, Birgit (2011) "Aqueous treatment of water-sensitive paper objects", *Journal of Paper Conservation*, 12 (1): 11-20.

