

Anexo

Manufactura artesanal del papel

La elaboración del papel de forma artesanal se realiza utilizando una tina llena de agua donde las fibras vegetales quedan dispersas en el recipiente. Mediante el uso de un tamiz se recogen las fibras, filtrándose el agua por los resquicios del tamiz dejando solo las fibras que una vez secas formaran el papel.

Para la elaboración del papel de este documento se ha utilizado un tamiz de tela, según muestran las marcas que ha dejado el tamiz sobre la superficie de las hojas.

Métodos de Blanqueo

Como se ha explicado en el cuerpo principal de la memoria, el método reductor y el método oxidante son las dos técnicas principales de blanqueo, siendo estas las que se utilizan con mayor frecuencia.

1. Blanqueadores reductores: se suele usar el borohidruro de sodio ($NaBH_4$). Los blanqueadores reductores son por naturaleza menos agresivos que los oxidantes pero también menos eficaces. La aplicación consiste en disolver el borohidruro en agua en una proporción de 1gr de borohidruro por 100gr de papel a blanquear, generalmente, añadiendo el agua necesaria o 10gr por litro de agua.

La disolución libera hidrogeno gas, produciéndose una efervescencia durante la cual se puede blanquear. Es por esto que el restaurador debe asegurarse de que el compuesto siga funcionando. Se suele aplicar a pincel sobre la superficie de la hoja, pero dependiendo de las dimensiones se puede realizar en un baño, aunque el coste económico es mayor.

Tras esto, se deja actuar hasta lograr el blanco deseado, pero llega a un punto en el que no puede llegar a un tono más blanco. Llegado a ese extremo conviene aclarar en un baño con agua para que el borohidruro deje de actuar.

El borohidruro de sodio no es del todo estable a pesar de ser ligeramente alcalino. Es por ello que si no se llevan a cabo las correspondientes medidas de conservación el papel, este tenderá a recuperar el amarilleamiento, el *foxing*, etc. Este procedimiento es eficaz en papeles de pasta de madera y trapos.

2. Blanqueadores oxidantes: Pese a que estos agentes blanqueadores son mucho más eficaces que los reductores, son más perjudiciales. Estos procesos se suelen llevar a cabo por el método del baño de inmersión. Los tiempos dependerán de cómo afectan los agentes a las tintas y al propio papel, el criterio es el mismo que con los baños en agua.

Para el baño de inmersión se utiliza comúnmente el hipoclorito de sodio o bien el de calcio, pero hay que tener cuenta que estos componentes liberan gas cloro el cual es nocivo para la salud. Para el uso de estos materiales es necesario contar con los sistemas de seguridad adecuados y un estricto control en el uso de ambos:

2.2 Hipoclorito Sódico: su acción blanqueadora es de las más poderosas, imbuje hasta el interior, además de ser un producto económico, lo que es una ventaja. Suele tener un mejor efecto en papeles libres de lignina, como los elaborados con pasta de trapos y actúa muy bien sobre manchas de tintes y sobre el *foxing*.

La principal desventaja es su inestabilidad. Bien es cierto que cuando se aplica sobre el papel produce un fuerte blanqueo, pero es un agente oxidante al fin y al cabo. Con el tiempo, los papeles tratados sufrirán un envejecimiento acelerado (vuelven a amarillarse) y su pH será más ácido. Además sus resistencias físicas se han degradado por la acción del hipoclorito sódico (NaClO) y los elementos propios del papel que sean sensibles a la actuación de este componente se verán afectados con riesgo a perderse.

Según el estudio de Crespo y Viñas, las proporciones en las que se aplica el hipoclorito sódico suelen variar entre el 2 y el 10% en agua¹.

Tras su aplicación conviene aclarar en agua y realizar la neutralización con trisulfato de sodio y un nuevo aclarado. La duración del aclarado suele ser la misma que la de la aplicación del hipoclorito. Después se deja un tiempo de reposo a la obra antes de desacidificar.

2.3 Hipoclorito Cálcico: Produce las mismas reacciones que el hipoclorito sódico pero sin ser tan agresivo. El blanqueo no es tan intenso pero al menos no imbuje completamente la fibra como con el hipoclorito sódico.

Es mucho más eficaz en papeles lignificados: los papeles de pasta de madera. Una vez se obtienen los resultados de la tinción Wiesner y se sabe si el documento (en este caso la "partida de

¹ CRESPO C. y VIÑAS V. *La preservación y restauración de documentos y libros en papel: un estudio del RAMP con directrices* pg 69.

bautismo”) contiene lignina, se puede discutir si el hipoclorito se puede usar o no.

En su preparación, el hipoclorito cálcico ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) se diluye en agua a una proporción aproximada. Según la hipótesis de Crespo y Viñas la proporción es concretamente de 5gr por litro de agua². La preparación debe ser removida para una correcta disolución y luego hay que dejarla reposar para que el hipoclorito quede en el fondo de la cubeta donde se realice. La disolución adquiere un aspecto blanco lechoso.

Igual que con el hipoclorito sódico, tras la aplicación es necesario realizar un aclarado en agua y seguidamente una neutralización con trisulfato de calcio y otro aclarado. Las neutralizaciones en ambos casos se hacen para detener el blanqueo, pues el pH de la obra se va reduciendo progresivamente haciéndose cada vez más ácido si se deja actuar.

Métodos de desacidificación

En este apartado se muestran los métodos de desacidificación más habituales en restauración, ampliando la información del cuerpo principal de la memoria, detallando en qué consisten estos:

1. Sistema acuoso: El sistema acuoso más utilizado y con mejores resultados de entre los que se han estudiado, ha sido el método de desacidificación con hidróxido de calcio.
2. El carbonato de calcio introduce en la pieza la reserva alcalina y al mismo tiempo preserva el documento de la acidez. Como es insoluble en agua es posible guiarse por el ciclo de la cal. El hidróxido sí es soluble en agua, por ello se introduce en las proporciones adecuadas y luego se sumerge la pieza el tiempo que sea necesario. Una vez extraída, se deja secar. La actuación del CO_2 del ambiente reacciona con el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), carbonata, y lo transforma en carbonato de calcio (CaCO_3).

La preparación del hidróxido de calcio o agua de cal consiste en diluir en agua, según consta en la obra de Muñoz así como en la de Crespo y Viñas, de entre 1,5gr a 2gr de hidróxido por litro de agua³ y se deja reposar. La mayor parte se diluye mientras que el resto se posa en el fondo de la cubeta. La duración del baño depende de las características del papel.

² Ibidem. CRESPO C. y VIÑAS V. pg 69.

³ MUÑOZ S. *La restauración del papel* Ed: Tecnos (2010) pg: 199; e
Ibidem CRESPO C. y VIÑAS V. pg 75.



Figura 1: Gama de productos Bookkeeper.

Hay que tener en cuenta la posible solubilidad de las tintas por el medio. También hay que considerar que cuando el hidróxido se diluye en el agua, si incide la luz, se forma un velo blanquecino e irisado sobre la superficie acuosa. Si este velo no se elimina antes de la extracción de la hoja, se posará sobre ella y cuando seque formará unas manchas blancas de carbonato de calcio en la obra, enturbiando la imagen. Para solventarlo, basta con que el agua se remueva un poco antes de la extracción del documento o que se sumerja el documento entre dos Reemay, lo cual garantiza un resultado libre de manchas de carbonato de calcio. Después de la extracción, no puede seguirle ningún otro tipo de baño hasta que se seque completamente, porque si no el siguiente baño se llevaría el hidróxido de calcio introducido.

Es una solución muy alcalina y puede acelerar el amarilleo en los papeles elaborados de pasta mecánica, es decir, lignificados. Es muy sencillo de aplicar y económico, además de inocuo y eficaz. Es de los mejores desacidificadores de los que se dispone.

3. Sistema no acuoso: Si la obra fuese sensible a la acción del agua, los sistemas no acuosos son la mejor alternativa. Con el paso del tiempo se ha desarrollado un desacidificador comercial que resulta útil en estos casos. Es un producto de desacidificación que también se puede utilizar en masa. Se trata del bookkeeper, un pulverizador que contiene la sustancia desacidificadora.

Este sistema es útil para todas las piezas no encuadernadas, como documentos, partituras, manuscritos, etc. La aplicación puede resultar un problema, puesto que si no se usa debidamente aparecen depósitos, la sustancia se acumula sobre la superficie y aunque los comerciantes aseguran que no solubilizan las tintas, es preferible actuar con precaución.

4. Una alternativa, aunque más compleja y costosa, es un baño en una solución de hidróxido de bario ($Ba(OH)_2$) en etanol u otro alcohol. Al igual que el hidróxido de calcio, el hidróxido de bario al reaccionar con CO_2 carbonata, formando carbonato de bario ($BaCO_3$), que es la sustancia que introduce la reserva alcalina. Es un método en el que hay que extremar el cuidado, ya que se utilizan elementos tóxicos y nocivos para el restaurador. Es necesario tomar las medidas de precaución necesarias durante su uso.

Fotografías

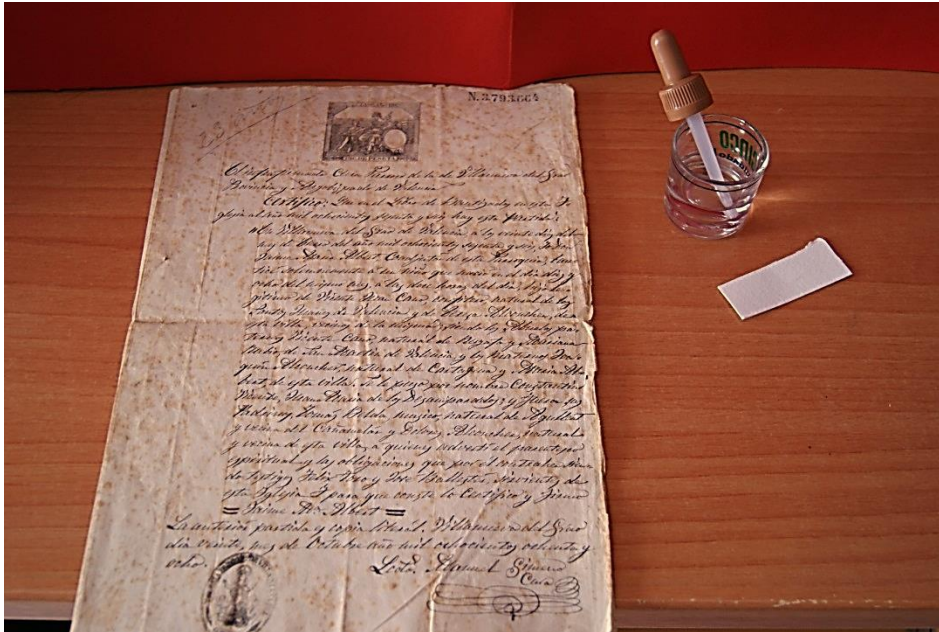


Figura 2: Realizando las pruebas de solubilidad.

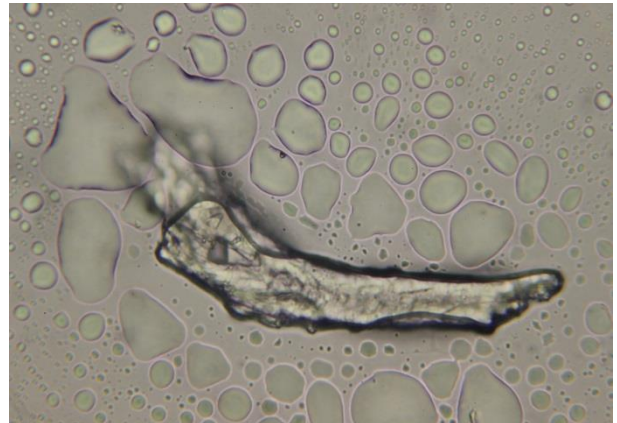
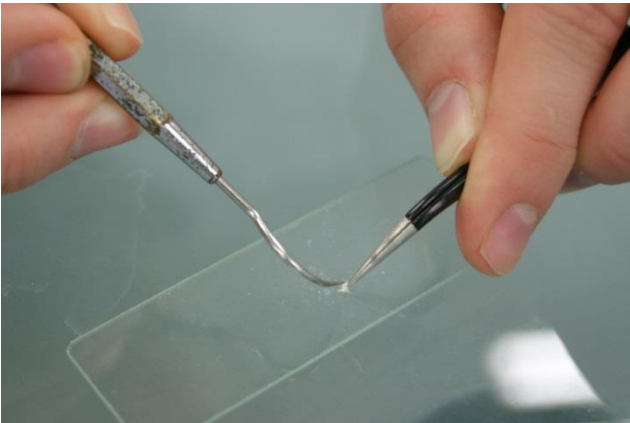


Figura 3, 4, 5, 6: Toma de muestras de fibras y fotografías de las mismas tomadas con microscopio.

