

CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE COLECCIONES HISTÓRICAS ESPECIALES:

LA DESACIDIFICACIÓN NO ACUOSA DEL PAPEL

Por Consuelo Martínez Rendo

Lic. Ciencias Biológicas. Sección: Biología Técnica (Microbiología)

Preservation Technologies LP-España

Directora para Iberoamérica

C/Zabalbide 28 2D 48006 Bilbao, Vizcaya. España

c.martinez@ptbv.nl

www.ptlp.com

Resumen

La preservación del patrimonio escrito implica la atención cuidadosa tanto de los factores degradativos extrínsecos como de los factores intrínsecos de naturaleza química, siendo estos últimos más difíciles de controlar. La hidrólisis ácida de la celulosa es uno de los procesos químicos degradativos más graves y extendidos en el papel que conforma las colecciones datadas al menos entre los años 1840 y 1990. La mayoría de estas colecciones nacieron ácidas y desaparecerán si el proceso hidrolítico no es detenido a tiempo. Bookkeeper se presentó hace 25 años como un proceso de desacidificación en masa no acuoso capaz de tratar toneladas de libros y documentos cada año, eliminando los ácidos del papel y dotándole de una reserva alcalina protectora que alarga su vida útil en un ratio mínimo de entre tres y cinco veces.

Palabras clave: Conservación preventiva, hidrólisis ácida, celulosa, desacidificación.

1.INTRODUCCIÓN

La preservación del patrimonio escrito es esencial para la perdurabilidad de la memoria histórica de los pueblos. El desempeño de tal labor implica la atención cuidadosa tanto de los factores degradativos extrínsecos o ambientales como de los factores intrínsecos de naturaleza química, siendo estos últimos aún más difíciles de controlar. La conservación preventiva de las colecciones históricas ha ido cobrando cada vez mayor relevancia a fin de minimizar los daños sobre las obras y el coste económico que supone la restauración manual de las obras ya degradadas. Cada vez se presta mayor atención al control de los factores extrínsecos como la temperatura, la humedad relativa, la presencia de polutantes gaseosos, la limpieza de los fondos, la exposición lumínica y la manipulación humana. Sin embargo, si bien ayudan, estos cuidados no son suficientes cuando nos enfrentamos a los factores de degradación innatos al propio papel, es decir, los factores químicos o intrínsecos.

La hidrólisis ácida de la celulosa es uno de los procesos químicos degradativos más graves y extendidos en el papel que conforma las colecciones históricas. Esto es especialmente cierto en aquellas datadas entre los años 1840 y 1990, aunque también es posible encontrar este problema en

colecciones datadas en fechas anteriores. Estas colecciones desaparecerán si el proceso hidrolítico no es detenido a tiempo.

2. ESTRUCTURA DE LA CELULOSA

Para comprender este fenómeno y su alcance hemos de recordar cual es la estructura básica que conforma el papel.

El papel es, esencialmente, una malla tridimensional de fibras de celulosa que le confieren fortaleza y flexibilidad inherentes (Figura 1). La celulosa es un hidrato de carbono que forma las paredes de las células vivas de los vegetales, siendo el principal polímero constituyente de las plantas y los árboles. Además, cada fibra de celulosa está formada por un conjunto de microfibrillas cuya estructura fundamental son las cadenas poliméricas de unidades de glucosa unidas por un átomo de oxígeno en un enlace conocido como o-glucosídico (Figura 2). Cada polímero de celulosa puede estar conformado por varios miles de unidades de glucosa.

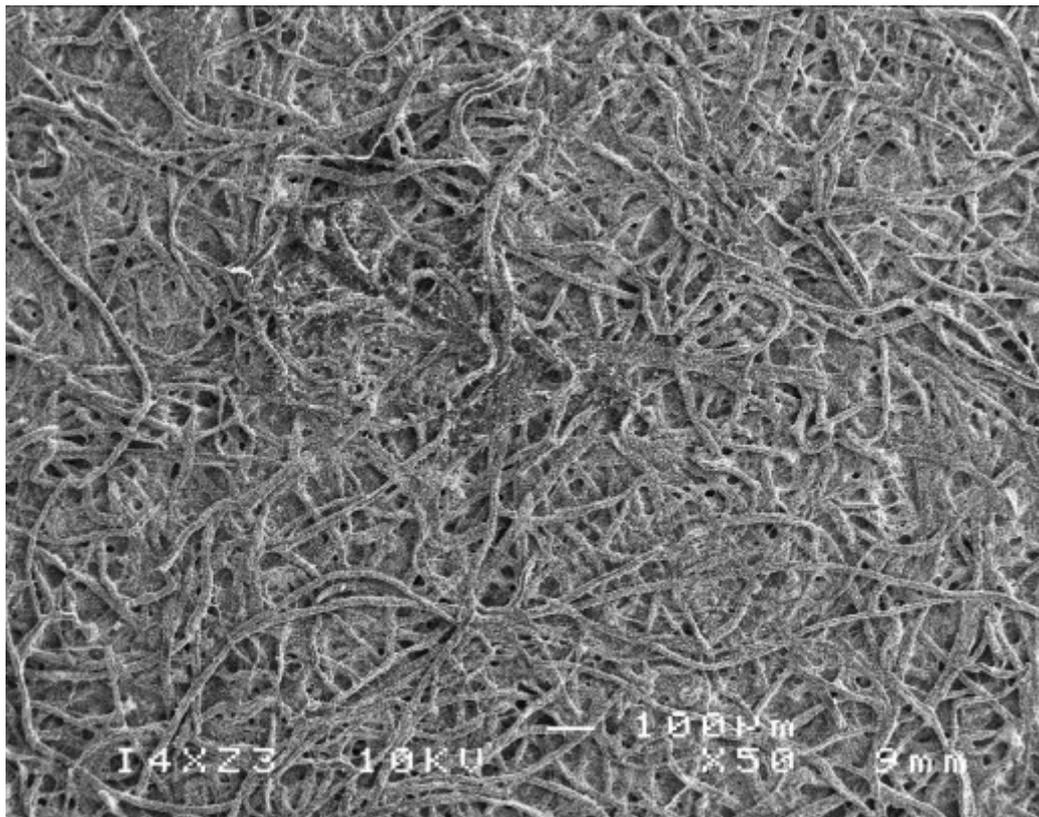
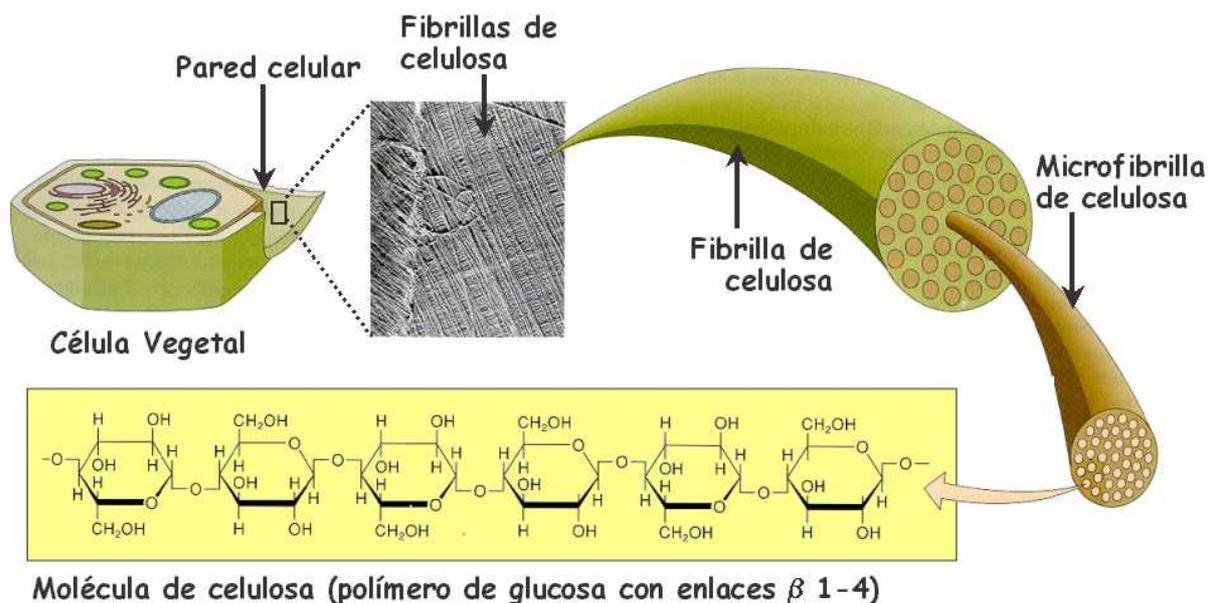


Figura 1. *Muestra de papel vista bajo un microscopio*

Figura 2. Representación esquemática del origen y formación de la celulosa
(Fuente: <http://www.euita.upv.es>)

Estructura de la pared celular



3. HIDRÓLISIS ÁCIDA

La acidez se caracteriza por la presencia de iones hidrógeno, átomos de hidrógeno privados de su único electrón, y se mide mediante el pH definido como el cologaritmo de la concentración en iones hidrógeno. Las medidas de pH se escalonan de 0 a 14. Una unidad de pH corresponde a un factor 10 en H^+ . El valor 7 indica la neutralidad, todo valor superior a 7 la alcalinidad y todo valor inferior a 7 la acidez.

Los ácidos se adhieren de manera catalítica sobre la celulosa. Primero se produce una formación rápida de un complejo intermedio entre un ion hidrógeno y un átomo de oxígeno de una cadena glucosídica. A continuación se opera una reacción lenta de ruptura de esa cadena. Por cada enlace roto se forma un grupo hemiacetal reductor y otro grupo no reductor. La degradación hidrolítica en medio ácido es una reacción progresiva que puede ser detenida en cualquier momento. Llevada hasta sus últimas consecuencias, produce glucosa. Pero si la reacción se detiene

antes, los residuos sólidos que quedan se llaman hidrocélulosa. Si no se evita, la hidrólisis ácida implica la descomposición total de la estructura de la celulosa.

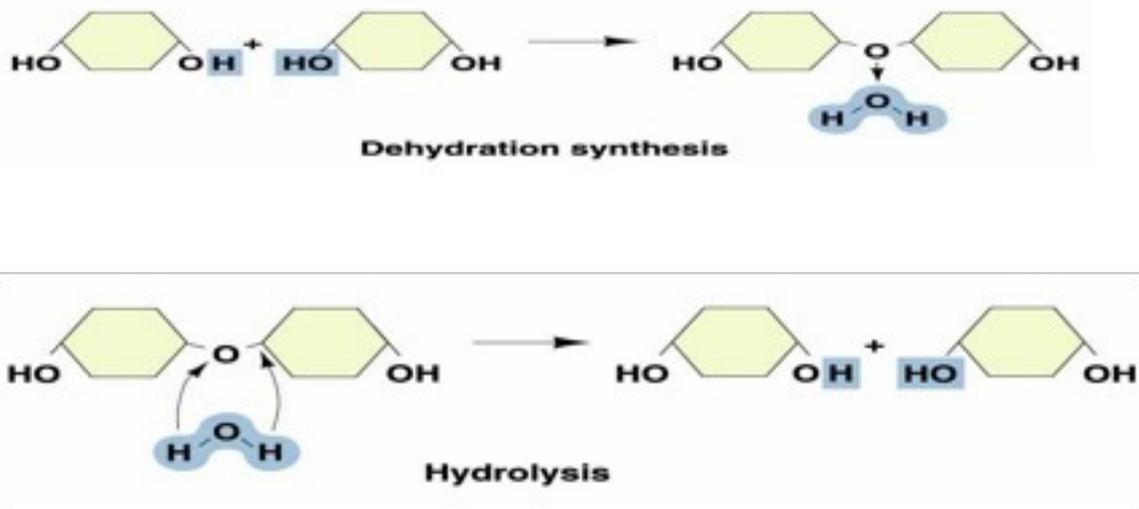


Figura 3. Mecanismo de síntesis e hidrólisis del polímero de celulosa

La hidrólisis ácida de la celulosa es un fenómeno que se presentó como un problema masivo y de origen industrial a medida que se fue avanzando en el proceso de industrialización y fabricación masiva de papel con la progresiva incorporación de productos ácidos y acidificantes. Así pues, a finales del siglo XVII se generaliza el empleo de alúmina en la cola de gelatina para clarificarla y purificarla. Posteriormente, a finales del siglo XVIII al alumbre se le añade la colofonia. La interacción del alumbre con el ácido abiético de la colofonia aporta ácido sulfúrico, cuya acción corrosiva desencadena la hidrólisis de la celulosa. A mediados del siglo XIX ante una demanda cada vez mayor de producción de papel, se sustituye definitivamente la pasta de trapos por pasta maderera y se abandonan las técnicas artesanales de fabricación por sistemas cada vez más mecanizados. La pasta maderera es obtenida durante este siglo por medios mecánicos, que no consiguen la eliminación de productos madereros muy inestables como la lignina y la pectina que bajo el efecto de la luz producen ácidos. Adicionalmente, se generalizará la incorporación del alumbre con la colofonia como sistema de encolado. Este resinato de aluminio, aunque confiere al papel resistencia al agua y excelente aptitud para la escritura, libera una cantidad muy importante de ácido sulfúrico (Havermans J.B.G.A. 1997, p.4).

El alcance del problema exigía la búsqueda de soluciones masivas e industriales. Durante la segunda mitad del siglo XX fueron varias las líneas de investigación que desarrollaron diferentes técnicas de tratamiento tanto en América como en Europa (Baty J.W.

y otros. 2010)(Lienardy Anne 1992) En los Estados Unidos de América, la Biblioteca del Congreso fue pionera en dicha investigación. Los conservadores buscaban un proceso que pudiese tratar sus colecciones de forma masiva y segura para el papel, para las tintas, para las encuadernaciones y para cualesquier otros elementos presentes en las obras. Dicho proceso debería exigir una preselección de materiales mínima y, obviamente, no debería hacer necesario desencuadernar o descoser las obras. Finalmente, Bookkeeper se les presentó a comienzos de la década de los 90 del siglo pasado como un proceso de desacidificación en masa sin disolventes, capaz de tratar toneladas de libros y documentos cada año eliminando los ácidos del papel e incorporando una reserva alcalina protectora que alarga su vida útil como mínimo en un ratio de entre tres y cinco veces.

4 DESACIDIFICACIÓN



Figura 4. *Planta de tratamiento masivo Bookkeeper*

El proceso Bookkeeper, propiedad de la empresa estadounidense Preservation Technologies, L.P., ha estado disponible como parte del mundo de la conservación del papel desde el año 1992. Ha tratado más de 5 millones de libros y más de 20 millones de documentos. Actualmente, cuenta con plantas de tratamiento en Norteamérica, Europa, Asia y África.

1. Proceso químico

Es un proceso no acuoso que como tampón alcalino usa partículas microscópicas de óxido de magnesio (MgO) dispersadas en un fluorocarburo inerte. Los materiales se sumergen en la suspensión y las partículas de MgO se depositan en la estructura del papel, el compuesto perfluorado se recupera y se recicla. El óxido de magnesio se convierte en hidróxido de magnesio al combinarse con la humedad ambiental y en carbonato de magnesio al reaccionar con el CO₂ ambiental con el paso del tiempo. El hidróxido de magnesio y el carbonato de magnesio neutralizarán los ácidos presentes en el papel (Figura 5). El hecho de que la neutralización se efectúe con suavidad y a lo largo del tiempo es importante para asegurar que no se produzcan reacciones químicas violentas que pudieran dañar el papel durante el proceso de neutralización de los ácidos.

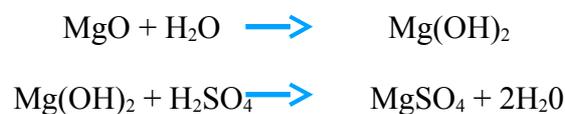


Figura 5: *Química de la desacidificación*

2. Logística del proceso

La selección de materiales a tratar es muy sencilla y depende básicamente de las prioridades de las colecciones o de los criterios seguidos por cada institución.

Bookkeeper es seguro ya que no utiliza disolventes, por lo que no hay restricciones de tintas, pigmentos, colas, tapas o encuadernaciones. No daña las fotografías. Es inodoro y no elimina la humedad de los elementos tratados. La fórmula no contiene agua por lo que el papel no se humedece. Los productos químicos empleados y el proceso de tratamiento no son tóxicos ni inflamables, ni suponen algún peligro para los materiales, para los seres humanos ni para el medioambiente.

El líquido fluorado utilizado en el proceso de desacidificación es más pesado que el agua. Como resultado, se deben sujetar los materiales de papel para que no floten. El tratamiento de los volúmenes encuadernados mediante sistemas de desacidificación no acuosa es más eficaz si se colocan separados unos de otros. El tratamiento más uniforme se produce cuando los volúmenes se mantienen en posición abierta (Pauk Sophia 1996).

Los volúmenes encuadernados de tamaño medio se tratan en unidades de tratamiento verticales. Los libros se colocan en un soporte que sujeta firmemente el lomo con una única conexión rápida. Un soporte contiene varios libros y en la cámara de tratamiento se colocan varios soportes (Figuras 6 y 7).



Tratamiento en cilindro vertical
7: Cilindros verticales

Fi
gu
ra
6:



Figura

Los documentos sueltos y los panfletos pequeños se tratan en una cámara de tratamiento horizontal. El material se coloca en unos sobres perforados de material plástico diseñados especialmente para proteger los documentos y asegurar la uniformidad del tratamiento.

Los volúmenes de gran formato, como los periódicos, se tratan en una cámara horizontal colocando el material también en soportes especialmente diseñados para grandes formatos.

Durante el baño hay un gentil movimiento de mecido de los materiales y el líquido circula suavemente y se filtra en la cámara para asegurar la homogeneidad del tratamiento y para eliminar posibles impurezas.

Los productos químicos utilizados en el tratamiento son tan seguros que el papel pudiera permanecer indefinidamente en el líquido sin ningún riesgo de daño químico, pero un tratamiento eficaz se puede efectuar en tan sólo 15 minutos. No obstante, el tiempo de tratamiento total se puede ajustar de acuerdo con las necesidades para cada caso. Un proceso completo de tratamiento, con baño y recuperación del fluido, puede realizarse en tan solo dos horas quedando los materiales listos para su devolución al fondo de origen.

Tras el tratamiento, el líquido se filtra y bombea a un depósito de almacenamiento. El fluido restante que queda en el papel se evapora al vacío, se condensa, se filtra y una vez recuperado se vuelve a utilizar.

Bookkeeper puede ser aplicado también manualmente por rociado con el mismo nivel de eficacia (Figuras 8 y 9) (Kidder L. y otros. 1998 AIC).



Figuras 8 y 9. *Tratamiento manual a pistola*

Tras el proceso de tratamiento se procede a la comprobación de la calidad del mismo. Se efectúan ensayos de pH y reserva alcalina sobre papeles testigo introducidos en los lotes de tratamiento que serán destruidos durante los análisis. Los ensayos de control de calidad se hacen según los estándares internacionales.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Bookkeeper puede lograr muy buenos resultados incluso en materiales muy ácidos. Los pHs alcanzados oscilan entre 7.5 y 9.5 dependiendo de la tipología de los materiales y su estado de acidez. La reserva alcalina expresada en % de CaCO_3 habitualmente está entre 1 y 2 siendo el promedio mayoritario 1.5. La reserva alcalina puede ajustarse a los requerimientos del cliente mediante el control de la concentración de la suspensión química y el tiempo de inmersión.

Numerosos ensayos de envejecimiento acelerado muestran que la desacidificación con Bookkeeper puede alargar la vida útil del papel en un ratio mínimo de entre tres y cinco veces. Esta extensión puede ser incluso mucho mayor si se interviene antes de que la celulosa esté muy degradada.

Al final de la presente contribución se aportan, como parte de las referencias bibliográficas, algunos de los análisis independientes internacionales realizados durante los últimos 25 años.



El primero y más exhaustivo análisis independiente sobre Bookkeeper fue llevado a cabo por la Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos de América a comienzos de los años 90. Fueron evaluadas 2000 hojas de materiales datados entre 1874 y 1990, con 100 tipos de papel distintos, 100 tipos de otros materiales existentes entre los materiales de biblioteca, una variedad de encuadernaciones, adhesivos, cubiertas, colas, colores, etc. La conclusión del estudio fue que Bookkeeper no usa disolventes, no cambia el color del papel y no disuelve las tintas (Congress Library 1994). Estudios posteriores ejecutados por otras instituciones confirman estas conclusiones (Rhys-Lewis J. y otros 2003) (PAPERTREAT 2008).

Figura 10: Páginas a todo color tratadas con Bookkeeper

A continuación se muestra una imagen de microscopía electrónica de barrido (SEM) realizadas en la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del País Vasco, España. En ella se observan las partículas microscópicas de óxido de magnesio entre las fibras del papel y su distribución homogénea. (Figura 11).

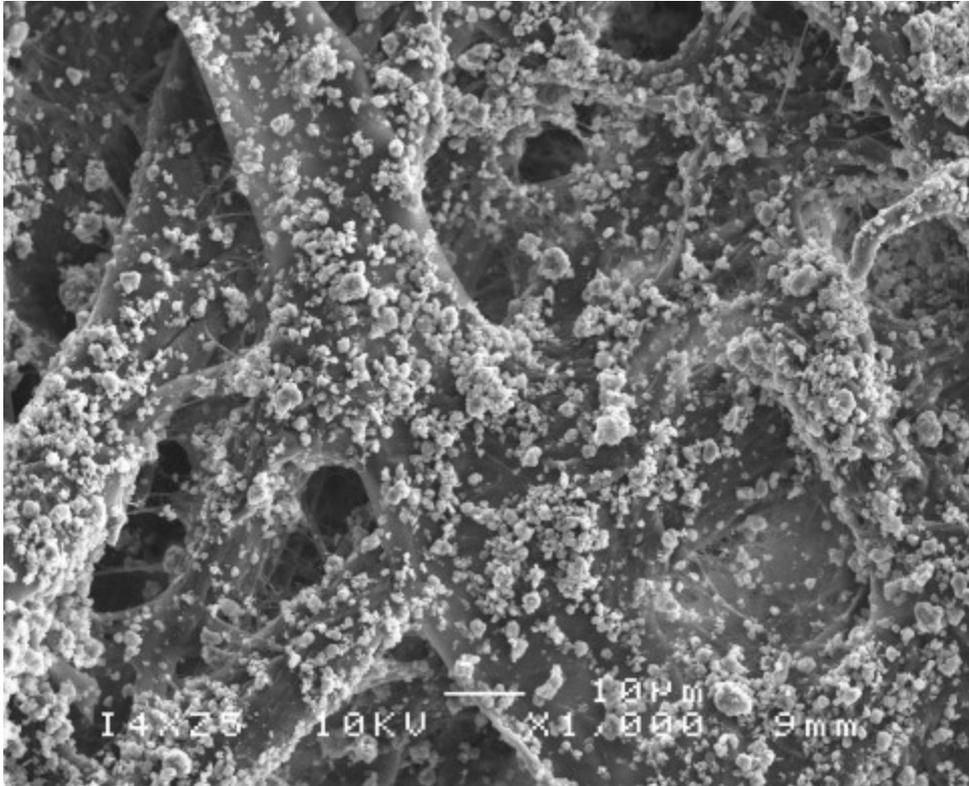


Figura 11: *Microscopía electrónica de barrido mostrando las partículas blancas de MgO entre las fibras del papel tras el tratamiento.*

5.CONCLUSIONES

La hidrólisis ácida de la celulosa se presenta en el escenario de la conservación como uno de los problemas químicos degradativos más graves y extendidos. Esto es especialmente cierto en las colecciones históricas datadas entre los años 1840 y 1980. Su origen está en un proceso de industrialización que implicaba un cambio en las fuentes de obtención de celulosa y el posterior proceso de tratamiento hasta la elaboración del papel.

Dado que se trata de un fenómeno masivo y de origen industrial no puede ser abordado mediante las técnicas artesanales tradicionales de conservación. Se requieren procesos tecnológicos industriales que respetando la integridad de los libros y documentos sean capaces de eliminar la

acidez del papel y de aportar una reserva alcalina protectora que alargue su vida útil. Todo ello sin efectos secundarios negativos para la obra tratada, los seres humanos y el medioambiente.

Bookkeeper es un proceso de desacidificación en masa que surge como consecuencia de esa demanda. Tras veinticinco años de trabajo y plantas de tratamiento en cuatro continentes, Bookkeeper ha demostrado ser el proceso más contrastado y seguro para los materiales, los seres humanos y el medioambiente. No daña los elementos sustentados ni los sustentantes y no es tóxico ni perjudicial para los seres humanos y el medioambiente.

Ha sido positivamente evaluado por numerosos estudios independientes internacionales.

Consigue muy buenos niveles de pH incluso en materiales muy ácidos, estando el ratio entre 7.5 y 9.5 y deja una reserva alcalina protectora entre las fibras del papel en torno al 1.5 % expresado como CaCO_3 que servirá de barrera protectora para el futuro.

El tratamiento consigue resultados muy homogéneos.

No usa disolventes, por lo que no tiene restricciones de tintas, colores, encuadernaciones, cubiertas, colas y cualesquier otros elementos sustentantes o sustentados presentes en las obras.

No usa agua como parte de su fórmula, tampoco deshidrata el papel ni deja olores.

Ha desarrollado una logística de trabajo que permite tratar diferentes formatos de libros, documentos sueltos y otros materiales con el máximo cuidado y atención para cada caso.

Los ensayos de envejecimiento acelerado muestran que el proceso puede alargar la vida útil del papel en un ratio mínimo de entre tres y cinco veces. Pero si se interviene antes de que la hidrólisis acida esté muy avanzada el ratio de extensión de la vida útil del papel se multiplica.

Además de como “tratamiento en masa”, Bookkeeper también se encuentra disponible para “tratamientos manuales”, muy útil tanto para laboratorios de restauración como para particulares.

8. REFERENCIAS

BATTY J.W., Maitland C.L., Minter W., Hubbe M.A., Jordan-Mowery S.K.,(2010) “Deacidification for the conservation and preservation of paper-based works: a review”, *BioResources*, 5(3),pp 1955-2023.

CONGRESS LIBRARY REPORT (1994): “An Evaluation of the Bookkeeper Mass Deacidification Process” LC, USA.

HAVERMANS J.B.G.A(1997).: “*Deacidification using the Bookkeeper process*”. TNO Institute of Industrial Technology. The Netherlands.

KIDDER Lynn, Boone Terry, Russick Susan,(1998)“*Bookkeeper Spray for use in single item treatments*”. LC preservation department USA. Presented at the Annual Meeting of the American Institute for Conservation (AIC).

LIÈNARDY Anne (1992) “*Evaluation of seven mass deacidification treatments*” . Royal Institute for Cultural Heritage. Belgium.

PAPERTREAT REPORT (2008): “*PAPERTREAT Evaluation of mass deacidification processes*” It is an European project, multinational study. Europe.

PAUK Sophia (1996): “*The Bookkeeper Mass Deacidification-Some Effects on 20th Century Library Material*”. Koninklijke Bibliotheek, The Netherlands.

RHYS-LEWIS Jonathan, Walker Alison,(2003), “*INFOSAVE Project Report. Saving our national written heritage from the threat acid deterioration*”. Resource: The Council for Museums, Archives and Libraries. London.

<http://www.euita.upv.es> “*Estructura de la pared celular*”