

PROPIEDADES DE PAPEL DE OFICINA RESTAURADO LUEGO DE RADIOTRATAMIENTO PARA DESCONTAMINACIÓN DE HONGOS Y LEVADURAS

González, M. E., Calvo, A. M., Horak, C., Alfaro, L., Miranda, V.

Comisión Nacional de Energía Atómica. Buenos Aires, Argentina.

maegonz@cae.cnea.gov.ar

RESUMEN

Como parte del trabajo de recuperación de un archivo de documentos gravemente deteriorado por contaminación con hongos, se realizó una evaluación de propiedades mecánicas sobre muestras del papel luego de la descontaminación y restauración.

La descontaminación para eliminar los hongos era necesaria para detener el deterioro y practicar la restauración en buenas condiciones sanitarias. Se la realizó mediante un radiotratamiento con radiación gamma, con una dosis de 9 kGy, establecida mediante ensayos microbiológicos de muestras irradiadas, para lograr ausencia de hongos y levaduras.

Interesaba evaluar las propiedades del papel restaurado y su respuesta al envejecimiento acelerado para estimar su tolerancia a manipuleos con fines de digitalización, fotografiado, u otros.

El archivo estaba constituido por papel de oficina; después de la limpieza, la restauración se llevó a cabo usando metilcelulosa como adhesivo y laminación con papel japonés. A una parte de las muestras se incorporó con la metilcelulosa un 0,7 % de carbonato de calcio para reducir la acidez del papel deteriorado. Luego de la restauración se realizaron ensayos de envejecimiento acelerado sobre parte de las muestras restauradas.

Se determinó la resistencia a la tracción y la capacidad de extensión de las muestras siguiendo los lineamientos de la norma TAPPI para ensayos de tracción sobre papeles.

La resistencia a la tracción medida en el sentido de las fibras del papel fue de 14 MPa, y la capacidad de extensión porcentual de 2 %. En un papel de oficina de buena calidad, de conocida tolerancia al manipuleo y al envejecimiento natural y acelerado que se ensayó con los mismos procedimientos, los valores correspondientes fueron de 38 MPa y 3 %. En sentido transversal a las fibras los valores fueron similares en el papel restaurado y en el utilizado para comparación.

El agregado de carbonato de calcio resultó en una mejor conservación de la resistencia luego del envejecimiento térmico, que produjo escasa disminución en la elongación del papel restaurado.

De acuerdo con los resultados, el material restaurado resulta apto para el manipuleo en distintos estudios por su resistencia, capacidad de deformación y tolerancia al envejecimiento.

INTRODUCCIÓN

La contaminación de material bibliográfico con hongos, además de degradar el material, es causante de alergias principalmente por inhalación de sus esporas, por lo que resulta imprescindible proceder a la descontaminación como paso previo a una restauración.

Los métodos disponibles para tratar la contaminación por hongos de material bibliográfico son fundamentalmente la radiación ionizante, el óxido de etileno y el gas cianhídrico. Estos dos últimos son tratamientos de aplicación dificultosa, ya que deben aplicarse de modo que actúen sobre toda la masa del material a tratar y luego debe efectuarse una cuidadosa ventilación para eliminar todo resto de gas debido a su extrema toxicidad.

El tratamiento con radiación gamma tiene ventajas derivadas de su condición de tratamiento físico, por lo que no deja residuos y permite que los productos puedan emplearse inmediatamente después del procesamiento. Su alta capacidad de penetración permite tratar grandes volúmenes de material en cortos tiempos y a temperatura ambiente penetrando hasta la profundidad de los volúmenes sin requerir tratamientos previos de vacío u otros; los productos se irradian ya envasados y no se requiere el desembalado del material para tratarlo ni para ventilarlo luego del tratamiento. Otra ventaja reside en la seguridad de procesado, ya que el único parámetro a controlar es la dosis de radiación, que depende exclusivamente del tiempo que los productos están expuestos a la radiación, una vez que la instalación y el proceso han sido validados. Por otra parte, la radiación gamma no involucra ninguna posibilidad de radiactivar el material tratado ya que las energías empleadas en este proceso son insuficientes para generar alguna reacción nuclear y solo actúan a nivel químico. Tampoco es posible la contaminación con material radiactivo, ya que el mismo se encuentra encapsulado y sellado por lo que el material a tratar no entra en ningún momento en contacto con él y solo se expone a la radiación emitida por la fuente.

La Planta de irradiación semiindustrial del Centro Atómico Ezeiza se inauguró en 1970 y ha sido la herramienta para la introducción en el país de la tecnología de irradiación y para la capacitación en estos temas en toda la región. La radioesterilización de productos médicos, utilizada desde entonces, condujo a la adquisición de experiencia en el efecto de la radiación gamma sobre los materiales empleados en los productos y sus envases. Además se tratan otros productos como cosméticos, farmacéuticos, materias primas, artículos para laboratorios, alimentos para animales. Los fines buscados son tanto la esterilización como la desinfección y la descontaminación.

En los últimos años se han explorado las aplicaciones en otros ámbitos, como el de la descontaminación de diversos objetos de interés cultural y libros o papeles de archivos afectados por contaminación biológica tal como hongos o insectos. [1,2]

El Laboratorio de Conservación y Restauración de Colecciones de Papel de la CNEA, ubicado en el Centro Atómico Ezeiza aprovecha la experiencia de la CNEA, a través del CAE, en la utilización del efecto biocida de la radiación gamma para la descontaminación y/o esterilización de productos previo a las operaciones de restauración, digitalización, etc, sin riesgos para la salud de su personal. [3,4]

El tipo de reacciones químicas inducidas por la radiación gamma comprende la rotura de enlaces moleculares y la oxidación. En el caso de la molécula de celulosa las reacciones incluyen la segmentación de la cadena carbonada del polímero para formar

unidades de menor peso molecular y la apertura del anillo glucosídico con formación de diversas formas oxigenadas de mayor reactividad química .

La fragmentación de la molécula de celulosa se manifiesta en el papel como una pérdida de sus propiedades mecánicas. Sin embargo, una caída importante en el peso molecular no se refleja en la misma medida en la resistencia a la tracción o la capacidad de elongación, que disminuyen en forma mucho más gradual. [5]. Además, la magnitud de los efectos observables depende de la intensidad del tratamiento o sea, de la dosis de radiación aplicada.

Existen diversos trabajos en la literatura científica tendientes a evaluar las posibilidades de la radiación como agente biocida en material bibliográfico afectado por contaminaciones de hongos y/o insectos [1,6,7]. Sin embargo, las conclusiones no siempre coinciden con lo observado en aplicaciones prácticas.

OBJETIVO

El Laboratorio de Conservación y Restauración de Colecciones de Papel de la CNEA está realizando la restauración de un fondo documental de valor histórico importante. El fondo está constituido por documentos en papel de oficina. Este fondo sufrió un severo deterioro por hongos a causa de una inundación en el lugar donde se hallaba guardado. Los documentos estaban guardados en folios plásticos, lo que no impidió que se mojaran pero dificultó la evaporación de la humedad, de tal modo que muchos documentos quedaron adheridos a los folios resultando totalmente fragilizados.

El primer paso en el tratamiento consistió en la descontaminación por irradiación, determinándose la dosis a aplicar en el Laboratorio de Microbiología. Luego se realiza, en forma artesanal, la limpieza y se lleva a cabo la restauración usando metilcelulosa como adhesivo y laminación con papel japonés.

El trabajo que aquí se presenta tuvo el propósito de evaluar las propiedades mecánicas del papel restaurado para estimar su tolerancia a manipuleos con fines de digitalización, fotografiado, u otros. Además se evaluó el efecto de la incorporación de un neutralizador de acidez en la mezcla adhesiva y la respuesta al envejecimiento acelerado.

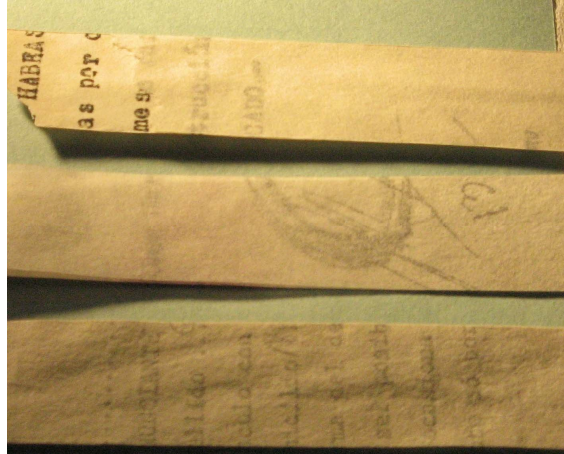
MATERIALES Y METODOS

Muestras

Las muestras se obtuvieron a partir de hojas de los documentos que estaban repetidas y podían ser destruidas

En el tratamiento de una parte de las muestras se incorporó a la metilcelulosa un 0,7% de carbonato de calcio para reducir la acidez del papel deteriorado

Las probetas fueron tiras de 200 mm de largo por 20 mm de ancho cortadas tanto en sentido longitudinal como transversal a la dirección de las hojas del papel.



Fotografía 1. Trozos de las muestras examinadas, ya restauradas.



Fotografía 2. Trozos de muestras restauradas. Se observa la coloración producida por la contaminación fúngica.

Determinación de la dosis para la descontaminación

La dosis necesaria para la descontaminación fue determinada en el Laboratorio de Microbiología, mediante irradiación de muestras en la Planta de Irradiación, para lograr ausencia de hongos y levaduras. Una vez determinada esta dosis el total del material fue irradiado para poder realizar su limpieza y posterior restauración. Los documentos se irradiaron en cajas de cartón cerradas.

Irradiación

La irradiación del material se llevó a cabo en la Planta de Irradiación Semiindustrial del Centro Atómico Ezeiza, a temperatura ambiente. La dosis total absorbida fue de 9 kGy, determinada mediante dosimetría con dosímetros de dicromato.



Fotografía 3. El recinto de irradiación en la Planta Semiindustrial del CENTRO ATÓMICO EZEIZA

Ensayos de tracción

Se realizaron siguiendo los lineamientos de la norma TAPPI T494-om06 [8] para ensayos de tracción sobre papeles.

Se determinó la resistencia a la tracción y la capacidad de extensión de las muestras; Se utilizó una máquina de ensayos universales marca Instron, modelo 1122, con celda de carga de 500 kg. La velocidad de desplazamiento del cabezal móvil fue de 20 mm/min. Se emplearon mordazas de tornillo para la sujeción de las tiras.

Los ensayos se realizaron sobre las muestras previamente estabilizadas durante 72 h en cámara climatizadora a 25 °C y 50 % hr; los ensayos sobre las muestras envejecidas y controles se realizaron durante el mismo periodo de ensayo.

Envejecimiento térmico

Parte de las muestras de material restaurado fueron sometidas a ensayos de envejecimiento acelerado por calor húmedo, según la norma ISO 5630 [9], manteniendo las muestras en una cámara climatizadora a 80 °C y 65 % de humedad relativa durante 24 h.

RESULTADOS

Se analizaron las propiedades de resistencia a la tracción y capacidad de extensión a ruptura de las muestras de papel restaurado, cortado en sentido longitudinal y transversal de las hojas de papel. Se examinó el efecto sobre dichas propiedades de la incorporación de carbonato de calcio en la suspensión de metilcelulosa. Se evaluó el comportamiento en el envejecimiento térmico del material restaurado.

Se compararon las propiedades mecánicas del material restaurado con un papel de uso habitual en documentos de las características del material tratado (planillas y formularios de uso administrativo-judicial), papel de oficina Ledesma Classic, que había sido evaluado anteriormente en su resistencia a la radiación y al envejecimiento térmico en condiciones como las aplicadas en este caso. [10]

El propósito de esta comparación es únicamente mostrar las características del papel restaurado en relación con las de un papel actualmente en uso ya que no se dispone de información sobre el o los papeles que constituyen el fondo documental en estudio y que hubiesen podido ser utilizados como referencia en cuanto a la conservación o pérdida de propiedades.

Se debe notar que los resultados obtenidos presentan grandes dispersiones, ello se debe al grado de deterioro del material que aún restaurado presenta alteraciones en su espesor y en algunos casos discontinuidades en su estructura.

Las tiras fueron cortadas del material restaurado, que contenía papel japonés como refuerzo y sostén. Se verificó que la resistencia a la tracción y la elongación correspondieron a la ruptura del papel original, quedando sin romper el papel japonés.

Los resultados corresponden a los promedios de diez probetas.

Sentido longitudinal

Debido al proceso de fabricación del papel, las fibras celulósicas toman una orientación preferencial en el sentido longitudinal de las hojas. La consecuencia de esta orientación es una mayor resistencia a la tracción en el sentido longitudinal y una mayor resistencia al rasgado en el sentido transversal debido a la diferencia en esfuerzo requerido para romper las fibras celulósicas en el primer caso o para superar las fuerzas de unión entre fibras en el segundo.

Como se muestra en la Fig. 1 la resistencia a la tracción del material restaurado equivale aproximadamente a un 40 % de la del papel Ledesma Classic. La incorporación de carbonato de calcio produjo un incremento de aproximadamente 40 % en la resistencia del material restaurado.

La capacidad de extensión, o elongación porcentual a ruptura, fue también menor en el material restaurado en comparación con el papel Ledesma (Fig. 2). Suponiendo que el papel fuese de calidad similar al Ledesma Classic, este resultado confirmaría el deterioro en las fibras ya que presenta menor resistencia y menor elongación. Sin embargo, el valor de la elongación porcentual en el material restaurado equivale a prácticamente un 70 % del que presenta el papel Ledesma nuevo.

En la misma figura se puede observar el efecto del agregado de carbonato de calcio durante la restauración. La elongación se redujo en un 12 %, lo que sugiere, tomado en conjunto con el aumento en la resistencia, que el carbonato ha actuado tornando al material más fuerte y ligeramente más rígido.

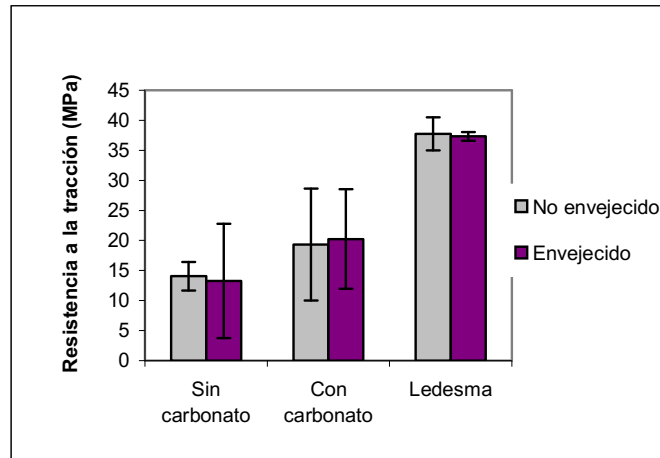


Figura 1. Resistencia a la tracción en el sentido de las fibras celulósicas

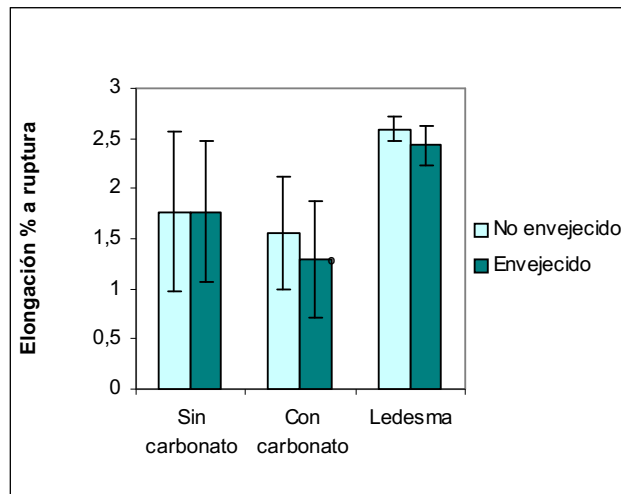


Figura 2. Capacidad de elongación porcentual en el sentido de las fibras celulósicas

Sentido transversal

En sentido transversal a la dirección de las fibras, es decir, perpendicular a la longitud de las hojas de papel, la resistencia del material restaurado es semejante a la del papel Ledesma. (Fig.3)

En el mismo sentido, la elongación porcentual del material restaurado resultó algo mayor que la del papel Ledesma. (Fig.4). Podría explicarse suponiendo que el deterioro de las fibras no habría afectado la cohesión entre las mismas, siempre dando por supuestas unas propiedades del papel original similares a las del Ledesma.

El agregado de carbonato de calcio produjo una disminución de aproximadamente 40 % en la resistencia y en la elongación. Sin embargo, la dispersión en los resultados es muy grande como para estimar que se ha afectado la cohesión entre las fibras.

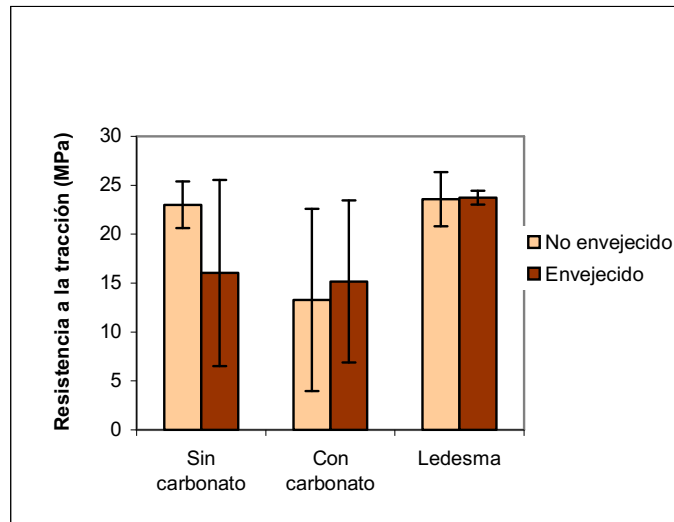


Figura 3. Resistencia a la tracción en sentido transversal a las fibras celulósicas

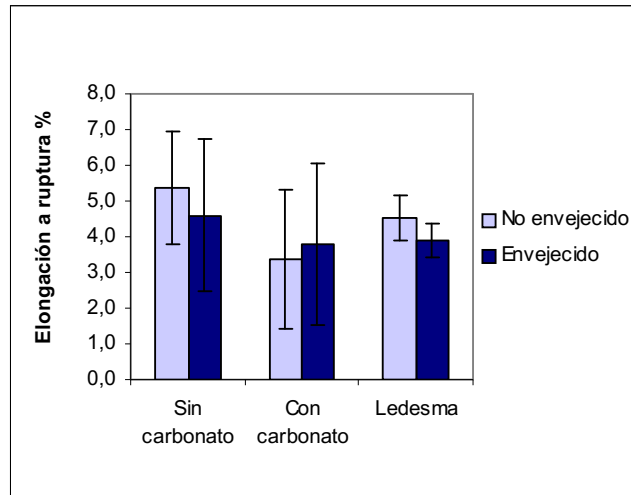


Figura 4. Capacidad de elongación porcentual en el sentido transversal a las fibras celulósicas

ENVEJECIMIENTO TÉRMICO

Si bien los ensayos de envejecimiento acelerado en el ámbito de la conservación del papel constituyen un tema de controversia, pueden considerarse como métodos para estimar la capacidad del material de tolerar un medio más agresivo y mayor nivel de energía que aquel en que será conservado.

El envejecimiento por calor húmedo favorecería la degradación hidrolítica de la celulosa, lo cual produciría pérdida de resistencia mecánica en el papel.

En las figuras 1-4 se muestran, en relación con el material restaurado, los valores obtenidos luego del envejecimiento. Como se puede observar, el tratamiento de calor húmedo a 80°C y 65 % hr no produjo descenso en la resistencia a la tracción en el sentido longitudinal del papel; en sentido transversal se registró un descenso de un 30 % en el material. La incorporación de carbonato de calcio resultó protectora, aunque los valores presentan dispersiones elevadas.

La capacidad de elongación no experimentó alteraciones importantes por el envejecimiento acelerado, tanto en sentido longitudinal como transversal del papel.

El material restaurado se mostró tan resistente, dentro de los alcances de este método de envejecimiento, como el papel Ledesma.

CONCLUSIONES

El material restaurado resultó apto para el manipuleo en distintos estudios por su resistencia, capacidad de deformación y tolerancia al envejecimiento, como se puede

deducir de la comparación de sus propiedades de resistencia y elongación con las de un papel de oficina .

El agregado de carbonato de calcio produjo un material algo más rígido y más resistente al envejecimiento térmico, sin embargo este método de envejecimiento produjo escasa disminución en las propiedades mecánicas del papel restaurado

REFERENCIAS

- [1].GONZALEZ, M.E., CALVO, A.M., KAIRIYAMA , E. "GAMMA RADIATION FOR PRESERVATION OF BIOLOGICALLY DAMAGED PAPER" *Radiat.Phys.Chem.* (63) 263 – 265 2002
- [2].CALVO, A. M., GONZÁLEZ, M. E. "TECNOLOGÍA DE IRRADIACIÓN. EFECTOS DE LA RADIACIÓN GAMMA SOBRE PAPELES DE ARCHIVOS Y MATERIAL BIBLIOGRÁFICO". *V Jornadas de Arqueología e Historia de las Regiones Pampeana y Patagónica*, 12- 14 de Octubre de 2005- Universidad Nacional de Luján (UNLu), Argentina
- [3] CALVO, A.M. "USO DE RADIACIÓN GAMMA PARA CONTROL DE MICROORGANISMOS E INSECTOS EN PAPEL COMO MÉTODO DE CONSERVACIÓN DE MATERIAL BIBLIOGRÁFICO ANTE PELIGRO DE INUTILIZACIÓN" Tesis de Maestría en Conservación preventiva de documentos. Universidad del Museo Social Argentino. 10/09/04.
- [4].CALVO, A. M. GONZÁLEZ, M. E. "THE CNEA'S LABORATORY FOR CONSERVATION AND RESTORATION OF PAPER COLLECTIONS" *XXXVI Conferencia anual del American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (AIC)*., Denver, Colorado, USA, 21-24 de abril de 2008
- [5] PHILLIPS G.O., ARTHUR, J.C. "PHOTOCHEMISTRY AND RADIATION CHEMISTRY OF CELLULOSE". *En Cellulose chemistry and its applications*. Nevell, T.P. and Zeronian, S.H. (Eds) Chicester (UK) Ellis Horwood Ltd 1985, 290-311
- [6] ADAMO M., "GAMMA RADIATION TREATMENT OF PAPER IN DIFFERENT ENVIRONMENTAL CO2NDITIONS. *Restaurator* vol 22, 2001, 107-131
- [7] GUIOMAR, M. "THE APPLICABILITY OF GAMMA RADIATION TO THE CONTROL OF FUNGI IN NATURALLY CONTAMINATED PAPER". *Restaurator* Vol 16 1995, 93-99
- [8] TAPPI "TENSILE BREAKING PROPERTIES OF PAPER AND PAPERBOARD (Using Constant Rate of Elongation Apparatus)", Test Method T 494 om-06
- [9] ISO 5630-3
"PAPER AND BOARD -- ACCELERATED AGEING -- PART 3: MOIST HEAT TREATMENT AT 80 DEGREES C AND 65 % RELATIVE HUMIDITY": 1996
- [10] CALVO, A.M., GONZÁLEZ, M.E. "ESTUDIOS SOBRE PAPEL IRRADIADO CON FINEES DE DESINFECCIÓN" *XXXV Reunión Anual de la Asociación Argentina de Tecnología Nuclear*, Buenos Aires, 10.14 de noviembre de 2008