

# Análisis fisicoquímico de materiales de embalaje utilizados para almacenar documentos históricos/patrimoniales en instituciones culturales públicas de Costa Rica



Sharon Ugalde Soto

Escuela de Bibliotecología, Documentación e Información, Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica / sharon.ugalde.soto@una.cr | <https://orcid.org/0009-0000-8785-4671>

Camila Hernández Murillo

Escuela de Química, Universidad de Costa Rica. CICIMA, Universidad de Costa Rica, Costa Rica / camila.hernandezmurillo@ucr.ac.cr | <https://orcid.org/0009-0001-5300-8722>

Karla Abarca Montero

Escuela de Historia, Universidad de Costa Rica. CICIMA, Universidad de Costa Rica, Costa Rica / karla.abarcamontero@ucr.ac.cr | <https://orcid.org/0009-0004-1141-9242>

## Resumen

Para determinar la aptitud de materiales de embalaje elaborados en papel/cartón y empleados en diferentes instituciones públicas a cargo de patrimonio documental costarricense, se llevó a cabo la medición de la acidez (pH) de los materiales, así como el uso de espectroscopía infrarroja para estudiar los cambios en la estructura cristalina de las moléculas de la celulosa del papel, las cuales influyen en la oxidación y degradación de la celulosa como consecuencia del envejecimiento (Chiriu et al., 2018). Estudiar los materiales empleados para embalar y almacenar documentos con valor histórico/patrimonial resulta de alta importancia ya que son estos los que se mantienen en contacto directo con los bienes por años, inclusive décadas. En total se llevó a cabo la medición de las propiedades fisicoquímicas en cuatro estadios de envejecimiento diferentes (0, 8, 15 y 28 días), para comparar los resultados y conocer los cambios y degradaciones en los materiales, esto con el fin de establecer cuáles de los materiales muestreados resultan más aptos para embalar patrimonio documental, tanto a corto como a largo plazo, y según los parámetros analizados.

## Palabras clave

Patrimonio cultural  
Conservación preventiva  
Documentos históricos  
Materiales de embalaje

## Physicochemical analysis of packaging materials used to store historical/heritage documents in public cultural institutions of Costa Rica

### Keywords

Cultural heritage  
Preventive conservation  
Historical documents  
Packaging materials

### Abstract

In order to determine the suitability of packaging materials made of paper/cardboard and used in different public institutions in charge of Costa Rican documentary heritage, the measurement of the acidity (pH) of the materials was carried out, as well as the use of infrared spectroscopy to study the changes in the crystalline structure of paper cellulose molecules, which influence the oxidation and degradation of cellulose as a consequence of aging (Chiriu et al., 2018). Studying the materials used to package and store documents with historical/heritage value is of high importance since these are the ones that remain in direct contact with the cultural assets for years, even decades. In total, the measurement of the physicochemical properties was carried out in four different aging stages (0, 8, 15 and 28 days), in order to compare the results and establish the changes and degradations in the materials, this to determine which of the sampled materials are more suitable for packaging documentary heritage, both in the short and long term, and according to the parameters analyzed.

*Artículo recibido: 29-08-2023. Aceptado: 29-05-2024.*

## Introducción

La conservación preventiva del patrimonio abarca aspectos tan variados como el control medioambiental, la lucha contra el polvo y la polución, la logística de embalaje y transporte, la planificación de la prevención y la gestión de riesgos, entre muchos otros (Tapol, 2013). Al hablar de embalaje específicamente, se está refiriendo al uso de sistemas que cumplan con las funciones de almacenar, resguardar, transportar y manipular bienes patrimoniales (Instituto Canadiense de Conservación, 2014; Ministerio de Cultura de Colombia, 2015).

Para hacer uso de estos sistemas, de acuerdo con Sánchez y Prado (2018: 2), se “debe asegurar la mayor protección posible con materiales adecuados, contemplando las características singulares de cada bien”. Ello implica tomar en cuenta parámetros como el peso, la superficie de contacto del objeto, la fragilidad, morfología de los elementos y prevención de golpes, entre otros.

La presente investigación se enfoca en el estudio de la aptitud de los materiales empleados para elaborar sistemas de almacenamiento y embalaje para patrimonio documental, el cual es de gran importancia ya que como lo menciona el Centro Nacional de Conservación y Restauración de Chile,

... gran parte de la información cultural que contienen los bienes patrimoniales se ven mermados por el progresivo acopio de piezas en los depósitos institucionales, los que generan un problema en su manipulación y transporte. (Centro Nacional de Conservación y Restauración de Chile, 2022: 9)

El CNCR (2022) resalta además que, una manera de disminuir riesgos de alteraciones, deterioros y potencialmente pérdidas en los materiales patrimoniales, es confeccionar embalajes cuyos materiales no dañen los bienes que se están buscando proteger, y más bien, que estos contribuyan con su conservación a largo plazo. Para lograr esto, y

de forma ideal, algunas normativas establecen que aquellos productos utilizados para embalaje/almacenamiento en museos, archivos y bibliotecas no deberían contener contaminantes, deberían poseer estabilidad química y física a largo plazo, así como contar con una reserva alcalina mínima, entre otras características (ISO 1994; 1996).

Sin embargo, el uso de estos puede ser restrictivo y costoso de adquirir para instituciones gubernamentales a cargo de patrimonio documental (Tétreault, 2021). Afortunadamente y según menciona la autora, en ocasiones tales como cuando "... los objetos no son reactivos (o son ligeramente reactivos), son robustos o no están ubicados cerca de productos emisivos" (Tétreault, 2021, trad. propia) no es obligatorio que los materiales de embalaje sean los ideales química y físicamente. Estos productos pueden ser empleados debido a otros beneficios que presentan tales como bajo costo, sostenibilidad, funcionalidad y disponibilidad.

En el caso del patrimonio documental, el uso de embalaje para almacenamiento es clave para la conservación del papel ya que al crear un sistema de protección, es posible mitigar efectos de deterioros tales como la manipulación física, contaminantes atmosféricos, radiación incorrecta de luz y temperatura; así como actuar como protección temporal en eventos potencialmente catastróficos (Guild, 2020).

Instituciones internacionales especializadas como el Western Australian Museum (2017) y el Canadian Conservation Institute (2019), recomiendan emplear solamente materiales con una acidez (pH) neutra para almacenar libros, documentos u obras en papel, sin embargo en el contexto centroamericano estos materiales no son tan fáciles de conseguir ni de adquirir para instituciones públicas que tienen a su cargo patrimonio documental.

Teniendo en cuenta esta premisa, con la presente investigación se busca caracterizar y evaluar la aptitud de algunos de los materiales de embalaje disponibles y utilizados por instituciones públicas de Costa Rica que albergan y conservan documentos patrimoniales/históricos. Se espera brindar tanto a las organizaciones colaboradoras, como a otras similares e interesadas, un insumo que les permita tomar decisiones más informadas en cuanto a cuáles materiales de aquellos disponibles en el mercado, resultan más adecuados para almacenar patrimonio documental tanto a corto como a largo plazo, según las necesidades y posibilidades de cada institución.

Este trabajo corresponde a una investigación preliminar, ya que se trata de un primer esfuerzo documentado con el fin de evaluar materiales empleados como embalaje para resguardar el patrimonio documental en Costa Rica. En relación a esto es importante destacar que la muestra seleccionada no es muy diversa en cuanto a tipos de materiales o de marcas ya que, por un lado no hay dentro del país una oferta amplia de distribuidores y, por otra parte, se trabajó con las muestras de aquellas instituciones que voluntariamente quisieron participar del estudio.

## Metodología

El tipo de investigación es cualitativo y el diseño es descriptivo. Se tomaron muestras de materiales de embalaje de diferentes instituciones que se dedican al resguardo y conservación de patrimonio cultural de archivos y bibliotecas. La selección de estos materiales se dio bajo el entendido del contexto nacional anteriormente descrito: poca oferta de distribuidores a nivel general, y prácticamente ninguna de recursos especializados para la conservación/embalaje de papel.

Asimismo, el tamaño de la muestra se vio supeditada a la colaboración de aquellas instituciones que respondieron positivamente a la solicitud de materiales para ser analizados. Se destaca que estas organizaciones proporcionaron una muestra de cada tipo de papel y/o cartón que emplean para los procesos de almacenamiento/embalaje del patrimonio documental a sus cargos.

### Selección de muestras

Las muestras provienen de material de embalaje/almacenamiento empleado por instituciones públicas responsables de resguardar tanto obra plana como documental concerniente al patrimonio archivístico y bibliográfico del país. Las instituciones colaboradoras corresponden a la Biblioteca Nacional (3 muestras), el Museo Nacional (5 muestras), el Archivo Nacional (1 muestra), el Archivo Universitario Rafael Obregón Loría (AUROL) (4 muestras) y el Museo de la Universidad de Costa Rica (5 muestras), para un total de 18 muestras.

Del total de las 18 muestras, 5 corresponden a papeles tipo satinados/acuarela/couche, otras 5 se identifican como cartulinas/cartoncillos, 4 son elaboradas de papeles tipo tissue y las últimas 4 son tipos de cartones. La distribución de estos materiales según la institución de la que provienen se encuentra en la tabla 1 y las fotografías de las muestras, acomodadas por la institución se visualizan en la figura 1.

Tabla 1. Distribución y tipos de muestras según institución.

Muestra	Institución	Identificación
BN-1	<i>Biblioteca Nacional</i>	Recubrimiento (papel acuarela)
BN-2		Material para caja (cartón)
BN-3		Material para caja (cartoncillo)
MN-1	<i>Museo Nacional</i>	Papel blanco (couche)
MN-2		Cartulina blanca
MN-3		Papel blanco (couche/bond)
MN-4		Papel (tissue)
MN-5		Papel (tissue)
AU-1	<i>Archivo AUROL UCR</i>	Papel amarillo claro (cartulina)
AU-2		Papel crema (cartulina)
AU-3		Papel crema (cartulina)
AU-4		Papel (satinado)
MUCR-1	<i>Museo UCR</i>	Papel (couche)
MUCR-2		Papel (tissue)
MUCR-3		Papel (tissue)
MUCR-4		Sobre (papel couche)
MUCR-5		Caja roja (cartón) (adentro)
		Caja roja (cartón) (afuera)
AN-1	<i>Archivo Nacional</i>	Caja (cartón)



Figura 1. Fotografías de las muestras.

### Medición de pH

La medición del pH se llevó a cabo con un pHmetro portátil especial para mediciones de pH en muestras de cuero y papel, marca Hanna Instruments modelo HI 99171. La medición se realizó directamente sobre la superficie de la muestra humedecida con unas gotas de solución electrolítica conductiva. De cada muestra se tomó la medida tres veces, con el fin de disminuir la probabilidad de errores en la toma y para sacar un promedio de los resultados por cada muestra. Los valores de pH inferiores a 6.5 se reportan como ácidos, valores de pH entre 6.5 y 7.5 se categorizaron como neutros mientras que pH superiores a 7.5 se reportan como básicos.

### Espectroscopia infrarroja

Se empleó un espectrómetro Infrarrojo (IR) Alpha de la marca Bruker Optics con el módulo de reflectancia total atenuada. Se empleó en la región espectral comprendida entre  $400-4000\text{ cm}^{-1}$ , realizando 66 scans en cada punto y empleando una resolución espectral de  $2\text{ cm}^{-1}$ . Los espectros fueron visualizados con el software OPUS 7 y las figuras fueron preparadas empleando el software libre R.

### Tratamiento de envejecimiento acelerado

Tras tomar las medidas iniciales de pH e IR, se recortaron cuadrados de cada una de las muestras y se sometieron a un proceso de envejecimiento acelerado en una estufa a  $80\text{ °C}$  durante 8, 15 y 28 días, basándose en los lineamientos de la norma ISO 5630-1:1991. Al finalizar cada uno de los plazos de tratamiento a  $80\text{ °C}$ , se retiraron las muestras de la estufa, se dejaron atemperar a  $22\text{ °C}$  durante 24 horas; luego, se registró un espectro infrarrojo y se registró el pH de cada una de las muestras siguiendo el procedimiento previamente descrito.

De esta forma fue posible comparar los resultados de pH e IR de las muestras antes y después de un proceso de envejecimiento, esto para determinar cuáles son las opciones más aptas de embalaje tanto a corto como a largo plazo, según la degradación y los cambios en la acidez en los materiales.

La degradación por envejecimiento de la celulosa del papel involucra principalmente dos procesos: la oxidación y la pérdida de cristalinidad por cambios estructurales. La oxidación de la celulosa puede deberse a partículas metálicas agregadas en el proceso de fabricación del papel, presencia de actividad biológica y acción de la luz (Chiriu et al., 2018). Además, la oxidación genera una reducción de la resistencia de tracción de la celulosa, que provoca un aumento de su rigidez dando como resultado papel quebradizo (Dupont et al., 2012).

Por otra parte, al hablar de la cristalinidad, es importante entender que se trata de una propiedad mecánica que afecta la afinidad con el agua y accesibilidad a reactivos químicos (Goldstein, 2004). Al presentar distintas interacciones físicas y químicas, la celulosa puede presentar hinchamiento, que aumenta la accesibilidad química, y disolución, lo que permite la reprecipitación y la formación de fibras de celulosa regeneradas, produciendo así cambios morfológicos en la estructura de la celulosa, dando como resultado la pérdida de cristalinidad (Goldstein, 2004; Chiriu et al., 2018).

La espectroscopía infrarroja es una técnica no invasiva útil para estudiar ambos procesos ya que las variaciones en la intensidad de las bandas del espectro se pueden asociar a la disminución de la cristalinidad (Ali et al., 2001). Específicamente, Fengel (1992) y Alcantara & Ploeger (2018) reportan que para las bandas de  $1430\text{ cm}^{-1}$  y  $1280\text{ cm}^{-1}$ , que se encuentran dentro del espectro de referencia de la celulosa, su intensidad disminuye al darse el envejecimiento y disminución de la cristalinidad. Esto es importante ya que se espera que las regiones amorfas de la celulosa se degraden más rápido que las cristalinas (Ali et al., 2001).

## Resultados

Como resultado de la espectroscopía infrarroja, de las 18 muestras, ocho presentan disminución de la intensidad de las bandas del espectro de referencia de la celulosa que indica disminución de la cristalinidad y es una señal característica del envejecimiento (ver Tabla 2). Además, en cuanto a la oxidación de la celulosa, la banda cercana a  $1730\text{ cm}^{-1}$  sólo se identificó en 3 de las 18 muestras: MN-5, AU-4 y MUCR-5, como se muestra también en la Tabla 2.

Por otro lado, la oxidación de la celulosa causa la formación de grupos carbonilo que tienen bandas características en el espectro infrarrojo (Ali et al., 2001); en particular se le da seguimiento a la banda cercana a  $1730\text{ cm}^{-1}$  asociadas a la vibración del enlace C=O (Cocca, Arienzo & Orazio, 2011). Como se muestra en la tabla 2, dicha banda sólo se identificó en 3 de las 18 muestras: MN-5, AU-4 y MUCR-5.

A partir de la información presentada en la Tabla 2, cabe destacar que los espectros infrarrojos de ciertas muestras, como la AU-1 mostrada en la figura 2, no presentaron variaciones a pesar de las diferencias en el tiempo de exposición al envejecimiento acelerado. Mientras que en otros casos, como el de la muestra BN-1, es evidente el efecto del tratamiento de envejecimiento en los espectros infrarrojos; como se muestra en la figura 2, conforme aumenta el tiempo de exposición a las condiciones de envejecimiento se hacen más evidentes las señales asociadas a la pérdida de cristalinidad y de oxidación en la celulosa.

Tabla 2. Identificación de bandas asociadas a la degradación de celulosa en los espectros infrarrojos de las muestras.

Muestra	Disminución de intensidad banda 1280 cm <sup>-1</sup>	Disminución de intensidad banda 1425 cm <sup>-1</sup>	Presencia banda de 1730 cm <sup>-1</sup>
BN-1	X	X	
BN-2	X	X	
BN-3	X	X	
MN-1			
MN-2	—	—	—
MN-3			
MN-4	X	X	
MN-5			X
AU-1			
AU-2	X	X	
AU-3	X	X	
AU-4			X
MUCR-1	—	—	—
MUCR-2			
MUCR-3			
MUCR-4			
MUCR-5	X	X	X
AN-1	X	X	

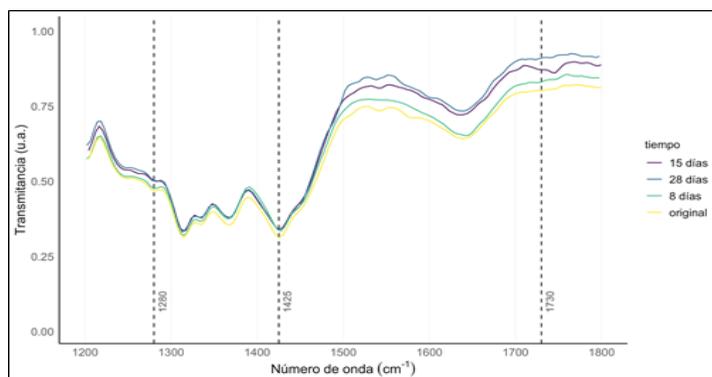
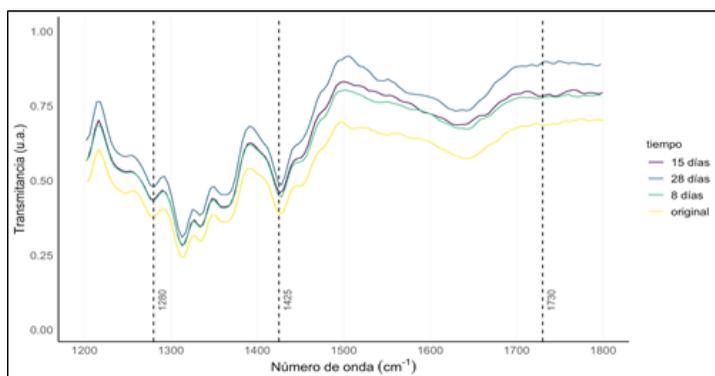


Figura 2. Espectro infrarrojo de la muestra AU1 (arriba) y BN1 (abajo) antes (línea amarilla) y después del proceso de envejecimiento acelerado con calentamiento a 80 °C durante 8 días (línea verde), 15 días (línea morada) y 28 días (línea azul)



En el caso de las muestras MUCR-1 y MN-2 las señales de interés de la celulosa no se identificaron, posiblemente por la utilización de distintos aditivos en estos materiales cuyas señales en el espectro infrarrojo coinciden con el rango de frecuencias estudiadas para dar seguimiento a la degradación de la celulosa.

Algunos factores que explican las diferencias en la degradación de los distintos materiales de embalaje son el uso de aditivos en la pulpa del papel, por ejemplo agentes hidrofóbicos, recubrimientos, agentes biocidas, tintes, así como sustancias para controlar la acidez, la humedad o para aumentar el brillo. Adicionalmente, la presencia de metales como hierro, cobre y manganeso, ya sea en el material o en tintas y pigmentos aplicados sobre este, pueden funcionar como catalizadores en la degradación y comúnmente generan manchas u oscurecimiento con el paso del tiempo (Chiriu et al., 2018).

Es importante resaltar que para poder hacer una comparación entre las distintas muestras se mantuvieron bajo las mismas condiciones ambientales (radiación, humedad relativa y temperatura) ya que se conoce que estos factores inciden en la degradación de la celulosa (Chiriu et al., 2018). Por tanto, en los periodos antes y después del proceso de envejecimiento acelerado las muestras se mantuvieron sin exposición a luz ultravioleta, humedad relativa del 40% y a una temperatura de 22°C.

En cuanto a la acidez en el papel, esta se debe a la presencia de lignina de la madera, afectando de forma especial a aquel manufacturado con pulpa de madera a partir del siglo XIX (al inventarse la máquina de papel continuo). Materiales como cartón y papel “Kraft” generalmente son fabricados con pulpa por lo que el contenido de lignina suele ser elevado. La acidez es causa de la hidrólisis de la celulosa y se manifiesta como una pérdida de resistencia mecánica, o inclusive, puede llegar a causar la descomposición (Elvira y Silleras, 1995).

Según los lineamientos de la Federación Internacional de Asociaciones de Bibliotecarios y Bibliotecas, los materiales de embalaje para bibliotecas y archivos deben tener preferiblemente un pH superior a 7 e inferior a 9 (IFLA, 2019) ya que se considera que una reserva alcalina permite “neutralizar los ácidos que puedan formarse en el futuro” (IFLA, 1998, p. 6); no obstante es importante destacar que solamente en 2 de las 18 muestras estudiadas se obtuvo un resultado inicial alcalino (pH superior a 7.5), más específicamente corresponden a las muestras MN-1 y MUCR-1 cuyos valores iniciales de pH fueron 7.8 y 7.7 respectivamente.

Por otra parte, siete de las muestras (BN-3, MN-2, MN-3, AU-1, AU-2, AU-3 y MUCR-4) dan como resultado un inicial de pH neutro (6.5-7.5), lo que significa que se pueden considerar como materiales adecuados para embalar bienes patrimoniales a corto plazo. Tras la primera medición, las muestras fueron sometidas al proceso de envejecimiento y a partir de este, las medidas de pH fueron tomadas tres veces más.

La tabla 3 muestra la comparación entre los resultados de toma de pH antes de y después del proceso de envejecimiento, con el fin de poder evaluar cambios en los niveles de acidez y por tanto la idoneidad de uso de estos materiales también a largo plazo.

Otro aspecto a resaltar es que 9 de las 18 muestras presentaron desde la primera medición un pH ácido (ver tabla 3), en un rango de pH entre 4.6 y 5.4 en su medición inicial. Como se mencionó anteriormente, materiales ácidos no son recomendables para el embalaje por lo que resulta llamativo que la mayoría de las muestras hayan registrado un pH inferior a 6.5 incluso antes del proceso de envejecimiento acelerado.

Tabla 3. Distribución de las muestras según su nivel de acidez, comparación antes y después del proceso de envejecimiento

Muestra	pH antes del envejecimiento	pH 8 días después	pH 15 días después	pH 28 días después
BN-1	Ácido	Ácido	Ácido	Ácido
BN-2	Ácido	Ácido	Neutro	Neutro
BN-3	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro
MN-1	Básico	Básico	Básico	Básico
MN-2	Neutro	Neutro	Neutro	Básico
MN-3	Neutro	Básico	Básico	Básico
MN-4	Ácido	Ácido	Ácido	Ácido
MN-5	Ácido	Ácido	Ácido	Ácido
AU-1	Neutro	Básico	Básico	Básico
AU-2	Neutro	Básico	Neutro	Neutro
AU-3	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro
AU-4	Ácido	Ácido	Ácido	Ácido
MUCR-1	Básico	Básico	Básico	Básico
MUCR-2	Ácido	Ácido	Ácido	—
MUCR-3	Ácido	Ácido	Ácido	—
MUCR-4	Neutro	Básico	Neutro	Básico
MUCR-5	Ácido	Ácido	Ácido	Ácido
AN-1	Ácido	Ácido	Ácido	Ácido

Tras pasar por el proceso de envejecimiento, se registró nuevamente el pH de las muestras 3 veces más en intervalos de 8 días. A partir de estas mediciones se registró que las siete muestras ya identificadas como neutras en la primera medición (Tabla 3) mantuvieron un resultado superior a 7, inclusive en cuatro de los casos (MN-3, AU-1, AU-2 y MUCR-4) se obtuvo en mediciones posteriores un resultado básico o alcalino (superior a 7.5); llegando incluso hasta el valor de pH más alto registrado en este análisis que corresponde a 8.6 de la muestra MN-3 después de 28 días de envejecimiento.

Este dato nos indica que en cuanto a la medición de pH, las muestras MN-3, AU-1, AU-2 y MUCR-4 se podrían considerar aptas para ser empleadas como materiales de embalaje/almacenamiento a mediano/largo plazo debido a que aún tras pasar por un proceso de envejecimiento y degradación, no se vuelven ácidas. Con respecto a este resultado se destaca el hecho de que es vital mantener el monitoreo constante de las propiedades de los materiales.

Destaca además el caso de la muestra BN-2, ya que en la primera medición registró un pH de 4.8 pero en las siguientes semanas registró valores progresivamente mayores de 5.8, 6.8 y 6.9 a los 8, 15 y 28 días respectivamente. Se considera que sería interesante analizar estas muestras más a fondo para explicar este comportamiento. Con respecto a las muestras MUCR-2 y MUCR-3, no se realizó la última medición ya que la cantidad de muestra no fue suficiente para registrar todos los valores.

En cuanto a las ocho muestras que arrojaron resultados ácidos en todas las mediciones, los valores se variaron entre 4.3 y 5.9, considerándose moderadamente/ligeramente ácidos. La recurrencia en los resultados de pH inferiores a 6.5 de estas muestras es un indicador importante de que no deberían emplearse en contacto directo con obras patrimoniales en papel.

Al comparar los resultados de la Tabla 2 y Tabla 3, se puede observar que existe una relación entre los pH bajos y el envejecimiento de las muestras al exponerse a condiciones de envejecimiento acelerado. Este patrón se da debido a la hidrólisis ácida de la celulosa, que es una de las principales causas de fragilidad y pérdida de resistencia mecánica del papel. Esta se da cuando los iones hidronio del medio se adhieren de manera catalítica sobre la celulosa, que a través de una serie de reacciones culmina con la descomposición total de la estructura de la celulosa (Martínez, 2015). Es decir, un medio ácido favorece la disminución de la cristalinidad y la oxidación de la celulosa, por lo que los medios de embalaje ácidos se relacionan con un mayor envejecimiento del papel.

## Conclusiones

En Costa Rica, no se comercializan productos creados específicamente para embalaje de bienes patrimoniales, por lo cual estos se deben importar (lo cual puede ser muy costoso para instituciones culturales de índole público) o en su defecto, utilizar aquellos materiales disponibles que no fueron creados con ese propósito.

Es por ello que se consideró importante realizar este estudio, ya que es un primer acercamiento al análisis de los materiales usados comúnmente para embalar documentos en bibliotecas/archivos/museos que albergan patrimonio documental, tal y como comenta Tétrault (2021),

Muchos productos se pueden utilizar en el cuidado de objetos en colecciones de museos con un bajo riesgo de daño a muchos tipos de objetos. Sin embargo, antes de elegir sus materiales, se debe realizar una evaluación de riesgos adecuada. (trad. propia)

En relación con esta idea, autores como Sánchez (1997) y Someillán, Gómez y González (2006) comentan que las pérdidas económicas y de conocimiento causadas por el desgaste físico y la pérdida de los ejemplares patrimoniales pueden llegar a ser irreparables. Esto no significa que, aquellas organizaciones con bajos presupuestos no puedan tomar medidas y acciones para proteger el patrimonio documental que tengan a sus cargos. Si bien no se pueden adquirir los materiales idóneos para almacenar y embalar libros u obras patrimoniales en papel, si se puede promover el uso de aquellos materiales que por medio de la investigación, se determine que son los más adecuados en el mercado disponible.

Por esto, se utilizó espectroscopía infrarroja para estudiar los cambios en la cristalinidad de la celulosa en las muestras utilizados como materiales de embalaje en las diferentes instituciones involucradas en el resguardo de bienes muebles que forman parte del patrimonio cultural del país. Para el caso en estudio, se prestó especial atención a las bandas de  $1430\text{ cm}^{-1}$  y de  $1280\text{ cm}^{-1}$ , características de la celulosa, y que al ser sometidas las muestras a condiciones específicas y controladas de temperatura y tiempo, presentaron disminución en intensidad lo que evidencia disminución de cristalinidad.

En cuanto a la acidez de las muestras, tras una primera toma para analizar en primer lugar la idoneidad de los materiales a corto plazo, se obtuvo que ninguna de estas cuenta con una reserva alcalina, que sería la condición ideal; del 61% se obtuvo un resultado ácido y el restante 39% dió un resultado neutro, significando que estas últimas son mejores opciones para ser usadas provisionalmente.

Tras pasar por el proceso de envejecimiento y volver a tomar tres veces más la medida de pH, el mismo 39% mantuvo un resultado neutro, significando que dichas muestras pueden ser empleadas también a mediano y largo plazo como materiales de embalaje/almacenamiento (considerando que se lleve a cabo una revisión periódica de las mismas).

El 61% de las muestras que arrojaron resultados ácidos desde la primera toma, no deberían ser empleados como materiales de embalaje/almacenamiento debido a que si tienen contacto directo con las obras patrimoniales en papel, su nivel de acidez puede afectarles negativamente. En caso de que no exista una alternativa, se recomienda firmemente que se emplee otro material más como amortiguador entre la obra o libro y el material de embalaje, para que el bien patrimonial no se dañe.

Se puede afirmar que las muestras que contaron con un pH ácido desde la primera medición presentan degradación de la celulosa ya sea por disminución de la cristalinidad o por la oxidación al exponerse a un proceso de envejecimiento acelerado. Mientras que, aquellas muestras que presentaron un pH neutro que se mantuvo o se alcaliniza con el paso del tiempo, bajo las condiciones de tratamiento a las que fueron expuestas, no presentaron cambios significativos en las bandas  $1430\text{ cm}^{-1}$  y de  $1280\text{ cm}^{-1}$ .

En futuras investigaciones se espera poder profundizar, así como ampliar la cantidad y tipologías de materiales analizados, incluyendo además a nuevas instituciones públicas culturales responsables de este tipo de patrimonio, con el fin de mejorar la validez e incrementar la relevancia de los resultados obtenidos. Relacionado a esto, se considera que se podrían comparar los datos aquí expuestos con resultados de muestras expuestas a radiación ultravioleta o sometidas a envejecimiento acelerado en condiciones húmedas para complementar la discusión y tener un panorama más completo sobre la degradación de estos materiales.

Otro análisis que se podría realizar a futuro es el test de Oddy para la detección de emanación de compuestos orgánicos volátiles (VOC). Este permite la detección de emanaciones de gases dañinos en materiales empleados para transporte, embalaje y exhibición de colecciones (Araya e Icaza, 2016).

## Agradecimientos

Este trabajo se pudo realizar gracias a la colaboración de las instituciones y los funcionarios que nos prestaron los materiales de embalaje: Biblioteca Nacional, el Museo Nacional, el Archivo Nacional, el Archivo Universitario Rafael Obregón Loría y el Museo de la Universidad de Costa Rica.

Se agradece enormemente también la doctora Mavis Montero Villalobos y al Lab-Cultura perteneciente al Centro de Investigación en Ciencias e Ingeniería de Materiales (CICIMA) de la Universidad de Costa Rica por el préstamo del equipo para la toma de pH y espectros infrarrojos.

## Referencias bibliográficas

- » Alcantara Garcia, J. & Rebecca Ploeger. 2018. Teaching Polymer Chemistry through Cultural Heritage. En *Journal of Chemical Education*, Vol. 95, no. 7, 1118–1124. <<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00975>>
- » Ali, M., Alan M. Emsley, Henryk Herman & Richard J. Heywood. 2001. Spectroscopic studies of the ageing of cellulosic paper. En *Polymer*, Vol. 42, no. 7, 2893–2900. <[https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(00\)00691-1](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(00)00691-1)>
- » Araya Monasterio, C. y Monica Icaza Toro. 2016. Evaluación de la calidad de conservación de materiales de embalaje: una realidad temporal. En *Conserva*, Vol. 21, 25-40. <[https://www.cncr.gob.cl/sites/www.cncr.gob.cl/files/images/articles-75780\\_archivo\\_05.pdf](https://www.cncr.gob.cl/sites/www.cncr.gob.cl/files/images/articles-75780_archivo_05.pdf)> [Consulta: 01 marzo 2023].
- » Canadian Conservation Institute [CCI]. 2019. *Storing Works on Paper: Notes 11/2*. <<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/storing-works-paper.html>> [Consulta: 01 marzo 2023].
- » Centro Nacional de Conservación y Restauración [CNCR]. 2022. *Catálogo de materiales para embalaje. Conservación de objetos patrimoniales*. <[https://www.cncr.gob.cl/sites/www.cncr.gob.cl/files/2022-05/20220524\\_catalogo\\_materiales\\_VF.pdf](https://www.cncr.gob.cl/sites/www.cncr.gob.cl/files/2022-05/20220524_catalogo_materiales_VF.pdf)> [Consulta: 01 noviembre 2023].
- » Chiriu, D., Pier Carlo Ricci, Giancarlo Cappellini & Carlo Maria Carbonaro. 2018. Ancient and modern paper: Study on ageing and degradation process by means of portable NIR  $\mu$ -Raman spectroscopy. En *Microchemical Journal*, Vol. 138, 26–34. <<https://doi.org/10.1016/j.microc.2017.12.024>>
- » Cocca, M.C., Lucia D' Arienzo y Loredana D' Orazio. 2011. Effects of Different Artificial Agings on Structure and Properties of Whatman Paper Samples. En *International Scholarly Research Network*, Vol. 2011. <<https://doi.org/10.5402/2011/863083>>
- » Dupont, A. L., Zied Souguir, Bertrand Lavédrine, Stephane Ipert & Herve Cheradame. 2012. Désacidification et renforcement des papiers très dégradés par les aminosilanes, l'exemple de l'AMDES. : En *Actualités de la conservation*, Vol. 3, 1-5. <<https://bnf.hal.science/hal-00793314>> [Consulta: 19 enero 2024].
- » Elvira y Silleras, M. 1995. Gestión de la preservación del patrimonio documental y bibliográfico. En *Berceo*, no. 128, 265-279. <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=61847>> [Consulta: 09 enero 2024].
- » Federación Internacional de Asociaciones e Instituciones de Bibliotecas [IFLA]. 1998. Principios para el cuidado y manejo de material de bibliotecas. <<http://repository.ifla.org/bitstream/123456789/1191/1/ipi1-es.pdf>> [Consulta: 01 febrero 2023].
- » Fengel, D. 1992. Characterization of Cellulose by Deconvoluting the OH Valency Range in FTIR. En *Spectra*, Vol. 46, no. 4, 283-288. <<https://doi.org/10.1515/hfsg.1992.46.4.283>> [Consulta: 01 noviembre 2023].
- » Goldstein, I. S. 2004. Wood formation and properties. Chemical Properties of Wood. En *Encyclopedia of Forest Sciences*, 1835-1839. <<https://doi.org/10.1016/B0-12-145160-7/00042-9>>
- » Guild, S. 2020. *Caring for paper objects*. Canadian Conservation Institute. <<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/preventive-conservation/guidelines-collections/paper-objects.html#shr-pgo>> [Consulta: 22 febrero 2023].

- » Instituto Canadiense de Conservación [CCI]. 2014. Notas del ICC 1/1 Precauciones para las Zonas de Depósito. <<https://bit.ly/3oDKVhb>> [Consulta: 19 julio 2023].
- » International Federation of Library Associations and Institutions [IFLA]. 2019. *Principles for the care and handling of library material*. <<https://www.ifla.org/wp-content/uploads/2019/05/assets/pac/ipi/ipi1-en.pdf>> [Consulta: 19 julio 2023].
- » International Organization for Standardization. 1994. *ISO 9706:1994 Information and documentation — Paper for documents — Requirements for permanence*. <<https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:9706:ed-1:v1:en>> [Consulta: 22 febrero 2023].
- » International Organization for Standardization. 1996. *Information and documentation — Archival paper — Requirements for permanence and durability*. <<https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:11108:ed-1:v1:en>> [Consulta: 22 junio 2023].
- » Martínez Rendo, C. 2015. *Hidrólisis ácida de la celulosa: Magnitud del problema, solución y extensión de la vida útil del papel*. <<https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/1367>> [Consulta: 21 abril 2023].
- » Ministerio de Cultura de Colombia. 2015. *Guía para manipulación, embalaje, transporte y almacenamiento de bienes culturales muebles*. <<https://bit.ly/3jhFSsg>> [Consulta: 02 abril 2023].
- » Sánchez, A. 1997. Conservación en bibliotecas de bajo presupuesto. En *Educación y Biblioteca*, Vol. 78, 52-56. <[https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/113394/EB09\\_No79\\_P52-56.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/113394/EB09_No79_P52-56.pdf?sequence=1&isAllowed=y)> [Consulta: 21 abril 2023].
- » Sánchez Fernández, A. y Beatriz Prado Campos. 2018. Diseño de embalajes para objetos culturales: método de plantillas por fotogrametría. En *Conservar patrimonio*, no. 32, 8-17. <<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/107210/Dise%C3%B1o%20de%20Embalajes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> [Consulta: 05 mayo 2023].
- » Someillán Lopez, M., Amelia Gómez Fernandez y Guillermo González Junco. 2006. Aspectos teóricos y conceptuales útiles para el diseño e implementación de una política de conservación preventiva. En *Acimed*, Vol. 14, no. 6. <[http://eprints.rclis.org/9275/1/http\\_\\_\\_bvs.sld.cu\\_revistas\\_aci\\_vol14\\_6\\_06\\_acio7606.htm.pdf](http://eprints.rclis.org/9275/1/http___bvs.sld.cu_revistas_aci_vol14_6_06_acio7606.htm.pdf)> [Consulta: 15 enero 2023].
- » Tapol, Benoit de. 2013. La necesaria adaptación de la conservación preventiva al concepto de sostenibilidad con especial atención a las herramientas de gestión. En *Patrimonio cultural de España*, no. 7, 81-90. <[https://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/520652/Conservacion\\_preventiva\\_revisio\\_de\\_una\\_disciplin%20%282%29.pdf?sequence=1](https://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/520652/Conservacion_preventiva_revisio_de_una_disciplin%20%282%29.pdf?sequence=1)> [Consulta: 21 abril 2023].
- » Tétreault, J. 2021. Products Used in Preventive Conservation - technical bulletin 32. Canadian Conservation Institute. <<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/technical-bulletins/products-used-preventive-conservation.html>> [Consulta: 21 abril 2023].
- » Western Australian Museum. 2017. *Packing for storage*. <<https://manual.museum.wa.gov.au/conservation-and-care-collections-2017/handling-packing-and-storage/packing-storage>> [Consulta: 26 abril 2023].