

Uso de radiación gamma para desinfestación de Mobiliario histórico de la Ciudad de Buenos Aires.

Barrenechea C.¹, Dalto M.¹, Pastori V.³, Coluccio C.³, Pawlak E.¹, Docters A.¹, Horak C.¹.

- ^{1.} *Laboratorios de Entomología, Dosimetría y Planta de Irradiación, Gcia. Aplicaciones y Tecnología de las Radiaciones, CNEA*
- ^{2.} *Dirección de Patrimonio, Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires*

Resumen

Los bienes culturales de origen orgánico son susceptibles al biodeterioro por la acción de bacterias, hongos, levaduras, insectos, entre otros agentes que causan problemas en la conservación y protección de objetos confeccionados en madera, papel, cuero, textiles, pergamino, y otros materiales de origen animal o vegetal.

Los tratamientos convencionales usados actualmente y de gran divulgación son: biocidas químicos, tratamientos térmicos, atmósferas controladas, entre otros; estos procesos presentan limitaciones, ya sea por la generación de residuos tóxicos, que requieren un tiempo prolongado de exposición, sufren contracciones y dilataciones en el material a tratar, o requieren exponerse a un ambiente húmedo. Nuestro objetivo es plantear la utilización de Radiación ionizante, como tratamiento alternativo, el cual se utiliza para proteger y preservar los bienes culturales siendo un proceso rápido con alto nivel de efectividad, altamente penetrante, no genera residuos tóxicos, no eleva la temperatura, ni humedece el material. Si bien este tipo de tratamiento se viene desarrollando en diversos países desde hace varios años, en Argentina, aun no se ha implementado a gran escala. En el año 2016 se realizó un relevamiento en el edificio de la Legislatura Porteña, analizándose bienes de gran valor histórico con datación estimada en 85 años. Se observaron presencia de daño en la madera (orificios / túneles) y se recolectaron ejemplares de insectos vivos y muertos y se identificó la especie de organismos deteriorantes. Esta información en conjunto con los materiales constituyentes de los muebles, permitieron determinar el rango de dosis óptima necesaria para frenar el daño ocasionado, sin deteriorar los materiales, la cual estaba comprendida entre 3 y 10 kGy. La irradiación se llevó a cabo en la Planta de Irradiación Semi Industrial (PISI), del Centro Atómico Ezeiza. Posterior a la irradiación no se evidenciaron variaciones en pigmentos/ lacas, textiles ni en la madera en de los bienes tratados. Una vez finalizado el tratamiento fueron trasladados a la Legislatura para ser restaurados.

Palabras claves: bienes culturales, biodeterioro, desinfestación, Radiación Ionizantes.

Introducción

El biodeterioro de bienes culturales de origen orgánico es un fenómeno complejo que implica alteraciones de las propiedades fisicoquímicas y mecánicas del material por acción de diversos organismos (hongos, insectos, bacterias, etc), junto con las modificaciones del aspecto estético que se producen en los objetos afectados. (PintoBustillo, 2015)

La actividad de estas especies biodeteriorantes, se ve favorecida por multitud de factores que incluyen: humedad relativa, fluctuaciones de la temperatura, luz, naturaleza de los nutrientes del soporte, contenido de humedad del mismo, propiedades físicas de la superficie del objeto, mecanismo de adsorción-emisión de la humedad del material, pH, presencia de polvo, movimiento del aire ambiental y su grado de penetración en el objeto, concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono en la atmósfera. (Valentín, 2011)

El ataque biológico sobre este tipo de bienes con frecuencia involucra a más de un organismo, por lo que es difícil evaluar la eficacia de una técnica convencional de desinfestación. Los métodos que se utilizan actualmente (biocidas químicos, tratamientos térmicos, atmósferas controladas) están limitados en su mayoría por la generación de residuos tóxicos, contracciones y dilataciones del material y tiempo prolongado de exposición; por estas razones se deben implementar tratamientos alternativos como es la aplicación de radiación ionizante, la cual es una herramienta efectiva y que se utiliza para proteger y preservar los bienes culturales a nivel mundial.

Este tratamiento comenzó a utilizarse desde principios de los años 70 como una herramienta para preservar objetos del patrimonio cultural. Basado en el efecto biocida de la radiación ionizante, la técnica se desarrolló principalmente en la República Checa y en Francia, con un éxito rotundo. Algunos casos relevantes fueron la desinfestación de la Momia de Ramsés II en 1977, con una dosis de 18 kGy, piezas de madera de decoración de una iglesia rumana, en el año 2002 tratadas con un rango de dosis entre 4 - 8 kGy, en cuyo caso no se evidenciaron cambios en la coloración de las pinturas y en el 2010, el tratamiento de un mamut congelado bebe, a 20 kGy para eliminar la posible presencia de *Bacillus anthracis* en el material, reduciendo el riesgo para los restauradores Cada artefacto fue tratado en la condición que más lo favorecía (congelado, deshidratado con bajo vacío, etc)

Con el tiempo, la radiación ionizante también demostró tener otras habilidades complementarias para la preservación del patrimonio cultural como es la consolidación

(impregnación con resinas poliméricas reversibles y no, para preservar piezas que están muy próximas a su degradación). (IAEA, 2011)

Las radiaciones ionizantes por ser fotones como la luz, pero de mayor energía, permite penetrar en los materiales ocasionando en los organismos vivos deteriorantes diversos efectos perjudiciales como la fragmentación irreversible de los ácidos nucleicos (ADN) (Iordache, 2012)

Esta tecnología ha demostrado ser una alternativa limpia y segura para el tratamiento de objetos biodeteriorados. Su alta capacidad de penetración y la posibilidad de ser aplicado a una gran cantidad de materiales (a diferencia de otros tipos de tratamientos), hace que esta opción sea atractiva en la conservación, restauración y descontaminación del arte (Adamo et al., 2001; González et al., 2002). Se debe tener en cuenta, que también es un tratamiento rápido e inocuo con alto nivel de efectividad, no genera residuos tóxicos, no eleva la temperatura, ni humedece el material.

Una parte importante del patrimonio cultural se conserva en objetos de los mismos materiales biodegradables, que incluyen madera, cuero, textiles y papel; perderlos significa perder una parte de la identidad de la humanidad (Ponta, 2008). Salvaguardar este patrimonio es una tarea importante para toda la comunidad ya que las evidencias del pasado deben mantenerse en el presente y preservarlo lo mejor posible para beneficio de las generaciones futuras.

El objetivo de este trabajo fue demostrar la eficacia de las radiaciones ionizantes como tratamiento no convencional, asegurando la eliminación inmediata del ataque, mediante la interrupción del ciclo de vida de los organismos deteriorantes.

Evaluación, Materiales y Métodos

Se evaluó el estado de conservación de 56 piezas del mobiliario de la Legislatura Porteña de gran valor histórico con datación estimada en 85 años, así como las condiciones ambientales de los locales donde se encontraban.

A través de un examen a cargo de los restauradores de la Dirección de Patrimonio de la Legislatura, se detectó en el mobiliario la presencia de polvillo de madera y orificios profundos en diferentes sectores de la superficie de los muebles. Las condiciones ambientales eran desfavorables (fluctuaciones de temperatura y humedad),

volviéndose los materiales orgánicos susceptibles a la infestación de insectos xilófagos, los cuales se presentaban activos.

El estado de conservación de todas las piezas era malo, corriendo riesgo su estructura (por biodeterioro). Resolver los problemas estructurales que afectaban la supervivencia física del mobiliario era prioritario para la recuperación de su estabilidad. Por ello se recurrió a especialistas en esta problemática con la premisa de emprender un proyecto eficaz, sin por ello desvirtuar la identidad del mobiliario, conservando su legibilidad y materialidad.

En el año 2016, investigadores y tecnólogos de la Gerencia Aplicaciones y Tecnología de las Radiaciones, CNEA, realizó un relevamiento en tres locaciones distintas del edificio de la Legislatura (figura 1). Entre los bienes analizados se encontraban un libro, sillones, sillas y banquetas confeccionadas en madera con la técnica de dorado a la hoja y textiles de tapicería.

Durante la inspección se registraron las condiciones ambientales (temperatura y Humedad), se analizó presencia/ausencia de daño y se recolectaron insectos para su posterior identificación.

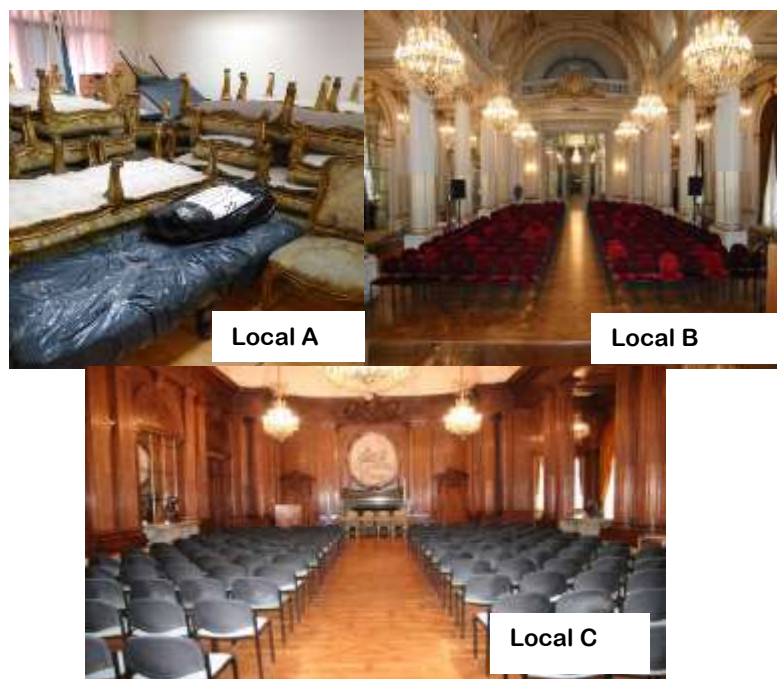


Figura 1: Los 3 locales ubicados en el edificio de la legislatura porteña, el local A: oficina utilizada como depósito para almacenar los muebles infestados. Local B: Salón dorado y el Local C: Salón San Martín.

Características de los muebles históricos

El mobiliario fue diseñado y encargado por el mismo hombre que llevó adelante la construcción del edificio de la Legislatura, el Arquitecto Héctor Ayerza, y data del año 1931. El estilo es Luis XV, protagonista de una época en la que el género barroco dio paso al estilo rococó. Las figuras que predominan en estos muebles son representaciones basadas en fantasía relacionadas con la naturaleza, las conchas centrales de los respaldos y pequeñas hojas en las patas. Se destacan las curvas en las patas y, de manera más leve, en los brazos de los sillones. La madera tiene un recubrimiento con la técnica de dorado a la hoja que está acompañado por los tonos claros de los verdes y beige en el textil. Vale aclarar que el tapizado original fue reemplazado por el que hoy lucen en la década del 70 del siglo pasado, según los registros orales que se han podido recabar.

La tipología, decoración y los materiales empleados para su ejecución son los valores simbólicos de este mobiliario histórico (SMITH, 1988).

Preparación de la muestra

Una vez evaluado el mobiliario, se procedió a intervenir con el fin de conservar su material y recuperar su estabilidad estructural.

Cada uno de los objetos fue envuelto individualmente con un film de polipropileno (Figura 2), con el propósito de evitar dispersión de los insectos o reinfestación luego del tratamiento.



Figura 2: Muebles recubiertos con film de polipropileno para evitar ser infestados antes y después de la irradiación

Los muebles a tratar fueron trasladados en camiones (en cinco viajes) desde el edificio de la Legislatura hasta la planta de irradiación ubicada en Ezeiza. Los mismos fueron irradiados en su empaque y fueron trasladados nuevamente a su lugar de origen para continuar con las diferentes etapas de restauración.

Determinación del rango de dosis a aplicar:

Para este tipo de tratamiento se requiere la determinación de una dosis mínima (la que se necesita para interrumpir el daño del agente biodeteriorante) y una máxima (la que pueden tolerar los objetos sin modificar las propiedades fisicoquímicas de los materiales). En el proceso se debe asegurar que todos los artefactos tratados estén contenidos dentro de este rango, optimizando el proceso para que la uniformidad de dosis sea lo mejor posible (la relación entre la dosis mínima y máxima recibida)

Irradiación:

La irradiación se llevó a cabo en la Planta Semi industrial (PISI) del Centro Atómico Ezeiza, usando una fuente de cobalto 60 con una actividad de 788 kCi. Los muebles a tratar fueron tratados por lotes de irradiación que permitieran la mejor uniformidad de dosis (relación entre la dosis mínima y la máxima real recibida por los artefactos).

Para la dosimetría se usaron dosímetros alanina como medios empleados para la determinación de dosis impartida por la energía de la radiación ionizante a la materia (Castro et al; 2009).

Resultados y Discusión

Evaluación de los locales y sus condiciones ambientales

Local A: oficina utilizada para almacenar los muebles infestados

Se encontraron 20 sillones de madera colocados de forma apilada, en una habitación de 6m². En algunos de los muebles se evidenció presencia de daños, tales como orificios pequeños de 1-2 mm de forma circular y bordes regulares (ver figura 3). Las condiciones ambientales registradas con un termohigrómetro digital, fueron 25°C y 60% HR

Además se hallaron ejemplares de insectos vivos y muertos de diferentes estados de desarrollo pertenecientes al orden Coleoptera. Las larvas vivas corresponden a la familia *Anobiidae* y los adultos a la familia *Dermestidae*. Estos insectos se

identificaron, utilizando lupa binocular estereoscópica y mediante uso de claces dicotómicas (ver figura 4).



Figura 3: Sillones y Silla con presencia de daño, orificios de tamaño pequeño 1- 2mm; no muy abundantes y con dispersión aleatoria.



Figura 4: Insectos encontrados del orden Coleoptera. Las Imágenes A y B corresponde a larvas de la familia *Anobiidae*, mientras que las imágenes C y D pertenecen a adultos de la familia *Dermestidae*.

Local B: Salón dorado y Local C: Salón San Martín:

Se encontraron muebles de características similares a los presentes en el local A. Las condiciones ambientales del local B eran de 25°C y 43 % HR y las del local C de 25°C y 44 %HR. Se evidenció presencia de daño en ambos locales con orificios pequeños circulares y de bordes regulares (Figura 5 y 6), no se encontraron ejemplares de insectos, deyecciones u otros residuos; esto podría atribuirse al aseo diario de los salones.



Figura 5:Sillón ubicado en el Salón dorado, con presencia de daño, orificios de tamaño pequeño 1-2mm; no muy abundantes y con dispersión aleatoria



Figura 6:Silla ubicada en el salón San Martín con presencia de daño, orificios de tamaño pequeño 1-2mm; no muy abundantes y con dispersión aleatoria

Determinación de dosis

Dosis mínima de irradiación para la inactivación de los organismos detectados:

La dosis mínima de tratamiento recomendada para lograr la mortalidad aguda de los insectos encontrados fue **3 kGy**. La misma fue calculada sobre la base de la experiencia recopilada por este laboratorio con respecto al efecto de la irradiación sobre este tipo de organismos y la bibliografía de referencia (IAEA, 2017).

Dosis máxima de irradiación sugerida para minimizar los efectos sobre los materiales constituyentes del mobiliario relevado:

Considerando los materiales constituyentes de los elementos relevados, tales como madera y textiles, la dosis recomendada hasta la cual no se debería evidenciar un perjuicio en los materiales fue **10 kGy**. De acuerdo a la experiencia del laboratorio y la bibliografía de referencia (IAEA, 2017), los elementos constituidos de celulosa toleran, sin modificaciones significativas, esas dosis de tratamiento.

Irradiación:

Se llevó a cabo en 5 fechas de irradiación, para distribuir todos los artefactos en lotes de irradiación que permitan ajustar mejor el rango de dosis indicado (3 – 10 kGy). Dicho rango de dosis es el que debe demostrarse que se logra en el proceso de irradiación, para cumplir el objetivo y que no se modifiquen características del mobiliario de forma negativa. En la tabla 1 se informan los resultados obtenidos en cada fecha de irradiación, donde se demuestra que se logró el rango requerido para garantizar los resultados.

Tabla 1: Promedio de las dosis impartidas, tasa de dosis y tiempo de exposición de los Bienes de la Legislatura tratadas con Radiaciones Ionizantes

Lote nº	Dosis mínima (kGy)	Dosis máxima (kGy)	Tasa de dosis (kGy/ hs) ⁽¹⁾	Tiempo (hs)
Lote 1	3.04	5.13	2.33	1
Lote 2	4.28	5.52	2.6	1.2
Lote 3	4.36	5.38	2.6	1.2
Lote 4	3.83	4.37	2.38	1.36
Lote 5	3.81	4.25	12.9	0.2

⁽¹⁾La tasa de dosis es la dosis absorbida por un producto por unidad de tiempo, el cual varía según la distancia desde la fuente de irradiación al producto. A mayor tasa de dosis, se requiere menor tiempo de exposición.

Como el tratamiento no deja efecto residual el acondicionamiento previo y posterior al mismo es fundamental para garantizar el objetivo. Por esta razón, se preservó la integridad de cada elemento durante los traslados, recepción, irradiación y expedición, con el film que recubría cada mueble, como fuera acondicionado por personal de la DGP (figura 2).

De acuerdo a una evaluación visual, no se evidenciaron variaciones en pigmentos/lacas debido a la irradiación.

Conclusiones:

Luego del trabajo realizado in-situ en la Legislatura porteña junto con lo realizado en el Centro Atómico de Ezeiza, podemos asegurar que este tipo de tecnología permite una aplicación segura y en un mismo tiempo tratar un gran número de objetos, facilitando las maniobras de operación y acortando los tiempos de exposición.

Las dosis empleadas coincidieron con las solicitadas, permitiendo de esta manera frenar el daño de los insectos que pudieran estar presentes en el material y conservando la originalidad de los mismos.

Recientemente en la literatura, ha habido numerosos informes sobre tratamientos de radiación ionizante para desinfectar el patrimonio cultural, que muestra que esta técnica está ganando más y más aceptación de los propietarios y administradores del patrimonio cultural.

Si bien las dosis establecidas en este trabajo comprenden un rango de dosis entre 3 a 10 kGy, también pueden aplicarse dosis distintas, no solo superiores a las señaladas sino más bajas. Según Cortella (IAEA, 2017), dosis entre 2 -3 kGy, son necesarias para la muerte aguda de las larvas luego de la irradiación, mientras que a dosis menores de 0.5-1 kGy, las larvas pueden sobrevivir por mayor cantidad de tiempo, pero sin alimentarse ni pudiendo desarrollar a un estado adulto. Resultados similares fueron planteados por Gluszewski (IAEA, 2011), utilizando dosis aún más bajas y con distintos ejemplares de insectos, la supervivencia dependía de la dosis a los cuales fueron sometidos.

Tras exponer el uso de radiación gamma para la desinfestación del mobiliario histórico, sus métodos y resultados, resta hacer hincapié en la tarea y responsabilidad de los diferentes actores que involucran el cuidado de los bienes culturales. En este caso los restauradores y científicos tenemos el compromiso de promulgar el trabajo interdisciplinario con otros profesionales.

El mobiliario constituye un valioso documento de nuestra memoria histórica. Todo mueble es reflejo del clima social, cultural, científico y tecnológico en el que fue creado, así como de las sucesivas fases que le tocó vivir hasta llegar a nosotros. De

esta manera podrá conservar, no sólo la materia sino también la identidad del objeto, con el fin de que éste pueda ser transmitido en toda su integridad a las generaciones venideras.

Bibliografía

Adamo, M., Brizzi, M., Magaudo, G., Martinelli, G., Plossi-Zappala, M., Rocchetti, F., Savagnone, F.(2001), "Gamma radiation treatment of paper in different environmental conditions: Chemical, physical and microbiological analysis", *Restaurator*, 22, 107–131.

Castro Isabel-Cristina, Castellano Esperanza, Gil Elizabeth, Almanza Ovidio, Barreto Gustavo, Milciades-Díaz José. 2009. Elaboración de dosímetros de alanina y sus posibles aplicaciones en riesgos profesionales. *Universitas Scientiarum*, Vol. 14 N° 1, 86-91

Valentín Nieves. 2011. el biodeterioro de materiales orgánicos. Instituto del Patrimonio Histórico Español Conferencia basada en la publicación. Pág. 1-22.

González, M.E., Calvo, A.M., Kairiyama, E. 2002. Gamma radiation for preservation of biologically damaged paper. *Radiat. Phys. Chem.*, 63, 263–265.

Lordache Ovidiu, Stănculescu Ioana, Plavan Viktoriia, Miu Lucreția. 2012. Scientific aspects of degradation and conservation of heritage artifacts. 4th international conference on advanced materials and systems. Pág 1 – 7.

International Atomic Energy Agency. 2011. Nuclear techniques for cultural heritage research. IAEA. Pág 1- 45

International Atomic Energy Agency. 2017. Uses of ionizing radiation for tangible cultural heritage conservation. IAEA radiation technology series N° 6. Pág 1- 264.

Ordoñez, C. Ordoñez, L Y Rota eche, M. 1997. El mueble. Conservación y restauración. Editorial Nerea, Pág 1- 288

Pinto Bustillos M. Alejandro. 2015. Biodeterioro de bienes culturales y su control usando un biocida, a partir del *Syzygium aromaticum*. Vs Simposio latinoamericano de física y química en arqueología, arte y conservación del patrimonio cultural. Pág. 1-12.

Ponta, CC. 2008. Irradiation Conservation of cultural heritage. *Nuclear physics News*, vol 18 N° 1, pag 22-24

SMITHLucie, Edward. 1988. Breve historia del mueble, Ediciones del Serbal, Barcelona, 1988.