

## Aproximación a la identificación de agentes fúngicos en control de biodeterioro

---

Yerko Andrés Quitral Quitral **01** | Richard Francisco Solís **01** |

El control ambiental en archivos y museos se ha convertido en el principal eje de estudio en planes de conservación preventiva en colecciones de interés. El factor de mayor importancia en la conservación de los objetos es el mantenimiento estable de variables como la temperatura, la humedad relativa y la iluminación. Contextos ambientales con alta humedad traen como consecuencia el desarrollo de hongos dentro de las colecciones y su proliferación en el tiempo, acelerando los procesos degradativos del papel, además de poner en riesgo la salud de quienes manipulan dicho material.

En la presente investigación se procederá a la identificación in situ de la carga microbiológica en cada uno de los ambientes donde se mantienen las colecciones del Archivo Central, por medio del cultivo en placas de crecimiento bacteriano, comparando tanto los ambientes de interior como los de exterior del edificio. La identificación de la carga microbiológica presente en las salas del Archivo ayudará a desarrollar planes de conservación específicos, asociados a métodos de limpieza, mantenimiento de las condiciones ambientales necesarias para la conservación preventiva de los libros y la elaboración de estrategias de salud ambiental en cada caso.

### Palabras clave

Archivo Central Andrés Bello (Chile) | Archivos | Biodeterioro | Conservación | Hongos | Papel |

## Approach to the identification of fungal agents in biodeterioration control

---

Yerko Andrés Quitral Quitral **01** | Richard Francisco Solís **01** |

Environmental control in archives and museums has become the main focus of study in plans for preventive conservation of collections of interest. The most important factor in the preservation of objects, is maintaining stable environments such as temperature, relative humidity, and lighting. The consequences of environmental parameters such as high humidity lead to development of fungi within the collections and their proliferation in time, accelerating the degradation processes of the paper, along with endangering the health of those who handle such material.

The aim of this work is the in situ identification of microbial load in each of the environments where the collections of the Central Archives are kept. An experimental approach involving growth on bacterial plates comparing environments from both inside and outside of the building will be developed. The identification of fungal contamination in the Archive rooms will help develop specific conservation plans, associated with cleaning methods, in order to maintain the environmental conditions necessary for preventive conservation of books and the development of environmental health strategies in each case.

### Keywords

Archivo Central Andrés Bello (Chile) | Archives | Biodeterioration | Preservation | Fungi | Paper |

URL de la contribución <<http://www.iaph.es/phinvestigacion/index.php/phinvestigacion/article/view/90>>

## INTRODUCCIÓN

Se ha descrito ampliamente que las condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de los agentes bióticos son los ambientes húmedos, cálidos, oscuros y de poca ventilación, asociados al tipo de sustrato que se contenga (PADFIELD, 2002). Esto se agrava por la presencia de contaminación y polución ambiental que se transmite al material de forma directa. Los límites críticos de los parámetros ambientales, antes de la aparición de los deterioros, dependen del material sustrato de los objetos, en donde una pieza de piedra compacta tendrá límites críticos más amplios que una pieza de material orgánico. De acuerdo a esto, los materiales más propensos al ataque biológico son aquellos de origen orgánico como el papel, la pintura, los textiles y la madera (ARROYO, 2009; LÓPEZ-MARTÍNEZ; HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ; MILLÁN-CHIU et ál., 2007).

Dentro de los principales materiales que son atacados por hongos el papel puede sufrir ataque biológico y degradación por varios microorganismos (HEMPEL; RAKHRA; ROTHWELL et ál., 2014; KARBOWSKA-BERENT; GÓRNYB; STRZELCZYKA et ál., 2011; PADFIELD, 2002), tanto en bibliotecas como archivos, variando su efecto en función de las condiciones medioambientales y la composición del sustrato (AREA; HERVÉ, 2011; VALENTÍN; GARCÍA; LUIS et ál., 1998; HAYLEEYESUS; MANAYE, 2014).

Los insectos y los hongos son los agentes biológicos más frecuentes, y detener la evolución de este tipo de deterioro no es fácil, debido a que este es originado frecuentemente por las condiciones indebidas de almacenaje (AREA; HERVÉ, 2011), sumado a la eventual negligencia del personal del museo –factor antrópico– sobre el control de variaciones medioambientales –factor medioambiental–, que traerá como consecuencia la aparición de colonias de microorganismos sobre los soportes –factor biodeterioro– (ARROYO, 2009; LÓPEZ-MARTÍNEZ; HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ; MILLÁN-CHIU et ál., 2007).

Entre los principales factores que estimulan la degradación del papel se encuentran las degradaciones ácida, alcalina y biológica, la oxidación y los gases atmosféricos (ZOTTI; FERRONI; CALVINI, 2008; AREA; HERVÉ, 2011; CHANDRU; GABRIELLE, 2002).

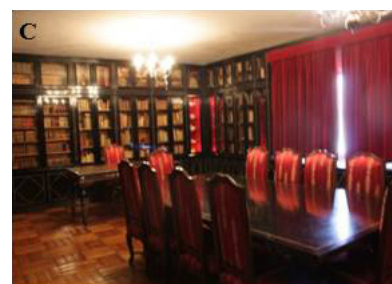
Otros sufren deterioro de forma endógena (pH, iones metálicos, lignina, productos de degradación) y exógena (calor, humedad, polución) (AREA; HERVÉ, 2011; DAHLIN, 2002; SAWOSZCZUK; WANDEL; BARANSKI et ál., 2004). En este caso, los principales factores de riesgo son los ambientales dentro de las salas de exposición de los objetos (DAHLIN, 2002), llevando a elevar las contaminaciones microbiológicas.

La degradación de la celulosa puede deberse a varios tipos de energía impuesta, como energía química, térmica y radiante, que pueden provenir de variadas rutas de reacción. El modelo de degradación del papel incluye la degradación química (hidrólisis ácida, hidrólisis enzimática, degradación alcalina y degradación oxidativa), degradación térmica debido a variaciones de temperatura, radiación por exposiciones a radiación (UV/visible y de alta energía) (AREA; HERVÉ, 2011; ZOU; GURNAGUL; UESAKA et ál., 1994).

La degradación es un proceso hidrológico delimitado por la temperatura, la humedad y el agua presente en el papel (equilibrio de humedad) (AREA; HERVÉ, 2011), siendo de vital importancia especialmente en archivos y museos, donde el envejecimiento en varias condiciones reduce las propiedades mecánicas y la calidad óptica de los papeles, libros y otros artefactos. Las reacciones de deshidratación proceden de elevadas temperaturas, que llevan a la formación de dehidropolisacáridos (KAČÍKA; KAČÍKOVÁB; JABLONSKÝC et ál., 2009).

La infección de hongos sobre objetos de exhibición o almacenados en depósitos con alta humedad es un problema frecuente en distintos países, junto con la aparición de algunas bacterias que pueden provocar riesgos (DAHLIN, 2002; SAHAB; DISSOKI; SAHABA et ál., 2012; UMEH; JULUKU; ICHOR, 2007). De los agentes biológicos que atacan material orgánico se podría establecer a los hongos como uno de los más dañinos; estos degradan una gran diversidad de materiales mediante la producción de enzimas específicas. El crecimiento de los micelios (conjunto de hifas que componen el hongo) hace que este se extienda rápidamente por la superficie del material infestado. Esto ocasiona el debilitamiento de los enlaces químicos de los materiales y manchas o coloraciones producto de los ácidos que metabolizan. Aunque el agente de daño sea controlado y eliminado, su paso por el soporte deja evidencias irreversibles para lo cual no existe un método de conservación no invasivo que permita reestablecer su apariencia original (ARROYO, 2009; LÓPEZ-MARTÍNEZ; HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ; MILLÁN-CHIU et ál., 2007).

Dentro del daño biológico causado por agentes fúngicos, *Aspergillus niger* y *Paecilomyces variotii* son representativos de los hongos más comunes encontrados en documentos contaminados. Los hongos producen enzimas que atacan químicamente las fibras del papel y degradan las macromoléculas de celulosa. Sin embargo, este no es el único problema, debido a que el metabolismo de los hongos puede producir desechos ácidos, los cuales contribuyen a la degradación (AREA; HERVÉ, 2011). El color de una colonia madura proporciona sólo una guía general para la identificación del organismo, y puede variar ampliamente en manchas micológicamente idénticas, lo que depende de su fase de desarrollo, los nutrientes en el sustrato, la



**Imagen 1 |**

Identificación de ambientes en estudio interior Archivo Central Andrés Bello. Laboratorio de Conservación/Restauración (A), Depósito de documentos (B), Sala Neruda (C). Fotos: Yerko A. Quitral Quitral, de todas las imágenes del artículo, salvo que se especifique lo contrario

presencia de otros organismos, edad, pH y otros factores ambientales (MAYNOR, 1998). Como resultado de este proceso de degradación, se obtiene un papel frágil y con puntos coloreados.

El mayor problema es la gran resistencia que poseen las esporas que originan el desarrollo de los hongos, pudiendo estar inertes o “dormidas” por años, siendo reactivadas bajo condiciones favorables de humedad y temperatura (AREA; HERVÉ, 2011; VALENTÍN; GARCÍA; LUIS et ál., 1998; PADFIELD, 2002). Los hongos requieren alimento orgánico para su desarrollo y materiales que contienen celulosa como el papel proveen de un buen sustrato para su crecimiento (SARANRAJ; STELLA; REETHA, 2012; MAYNOR, 1998; KUHAD; GUPTA; SINGH, 2011; TORRES; NEGRO; FUENTE et ál., 2012).

En la naturaleza, los hongos cumplen una función necesaria como parte del ciclo a través del cual la materia orgánica es reutilizada. En colecciones de museos, archivos y bibliotecas estamos intentando detener el ciclo por el cual la materia orgánica se descompone para liberar dióxido de carbono. Este ciclo depende de la temperatura y la humedad, por lo que el control ambiental es una herramienta esencial para evitar la germinación y el crecimiento (MAYNOR, 1998).

Son variados los estudios realizados en relación con la contaminación biológica proveniente de la polución ambiental en archivos y museos (VALENTÍN; GARCÍA; LUIS et ál., 1998; APETREI; DRĂGĂNESCU; POPESCU et ál., 2009; BANKOLE, 2010; BORREGO; LAVIN; PERDOMO et ál., 2012; BORREGO; PERDOMO, 2012; KALWASIŃSKA; BURKOWSKA; WILK, 2012; HAYLEEYESUS; MANAYE, 2014; HEMPEL; RAKHRA; ROTHWELL et ál., 2014). En dichos estudios se investiga la carga biológica ambiental, asociada a contaminantes externos, como las personas que transitan por los lugares de trabajo y los equipos de ventilación, entre otros.

El daño producido al papel es irreversible y, a largo plazo, puede causar una completa destrucción de los documentos. Por esta razón realizaremos un estudio específico de las condiciones ambientales de los lugares de depósito de los documentos y la identificación de los principales patógenos que atacan, siendo relevantes para la elaboración de planes de erradicación biológica y de conservación del material.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Determinación de carga fúngica presente en el edificio

La identificación de la carga fúngica presente en las distintas dependencias del edificio se realizará por medio de una toma de muestra

directa en los estantes contenedores de las colecciones y en cada una de las principales salas del edificio.

Se tomaron 10 muestras de estantes contenedores de las colecciones, junto con muestras ambientales de la carga fúngica de 8 salas de relevancia (aquellas que contienen colecciones patrimoniales).

Cada una de las muestras, tanto las tomadas de muebles como las ambientales, se cultivaron a temperatura ambiente durante 7 días, observando su progreso de forma diaria hasta el crecimiento. Cada una de las muestras se registró por medio de fotografía digital (cámara Canon EOS 5D) y cuantificada por medio del programa ImageJ 1.48v.

### **Identificación de la infección**

Una primera aproximación en la detección de la carga biológica asociada a infecciones por hongos comunes se determinó en una colección con relevancia histórica de aproximadamente 6.000 ejemplares pertenecientes a la Colección Neruda, donde alrededor de un 1,7% del total de la colección presentaba infección fúngica en estado de espora.

Se tomaron muestras al azar de 6 libros y 8 estantes que contienen la colección. Esta acción se realizó por medio de hisopos de algodón estéril sobre una superficie de 3 cm<sup>2</sup> en cada caso. Posteriormente se sembraron en placas de crecimiento con gelatina al 15% suplementadas con antibiótico (penicilina y estreptomycin) al 1%.

Las placas fueron crecidas a temperatura ambiente (25 °C) durante 7 días, registrando su crecimiento por medio de fotografía digital (cámara Canon EOS 5D).

Al final del crecimiento se cuantificó por medio del programa ImageJ 1.48v y analizados estadísticamente (ANOVA una vía) por medio del programa SigmaPlot 12.

### **Identificación por medio de microscopía óptica**

Se tomaron muestras de libros contenidos en los estantes que presentan infección fúngica en las muestras anteriormente dispuestas. Se sometió a fotografía por microscopía óptica para evidenciar la presencia de esporas en estado de reposo.

La identificación se realizó por medio del microscopio marca Interlab, SZMCTV1/2 guardando las imágenes en formato JPEG en cada caso.

### **Determinación de la efectividad de protocolo de limpieza para material papel infectado**

Se analizaron aproximadamente 100 libros correspondientes a una infección fúngica a gran escala a causa de anegamiento en el Instituto Nacional de Chile. Cada ejemplar se registró antes y después de la utilización del protocolo de limpieza.

Para comenzar el proceso se debe identificar y clasificar las muestras (libros) según el grado de contaminación visible (alta, media o baja contaminación). Posteriormente se debe realizar una desinfección/limpieza mecánica por medio de aspiradora con filtro húmedo. En el caso de no existir el equipo, poner a la aspiradora normal en la parte que corresponde al filtro de pelusas, un filtro papel Whatman n.º 5 o tela gasa embebido en etanol 70%. Si no se encuentra disponible agua destilada, utilizar agua hervida y fría, tapada sin contacto con el ambiente y mantenida en radiación UV por 25 min, cambiando la solución cuando esté completamente ennegrecida. Los desechos deben dejarse en un contenedor con etanol al 70% hasta su eliminación.

Después de la aspiración se limpió de forma mecánica por medio de cepillos o brochas en un ambiente aireado o bajo campana de extracción, protegidos con mascarilla, anteojos de seguridad y guantes de látex. Una vez terminado el proceso de limpieza eliminar guantes y desechos en el contenedor con alcohol 70%.

Luego se debe realizar una limpieza individual utilizando gasa humedecida en la solución de alcohol al 70% directamente en la tapa del libro, pero sin usar de modo directo en las hojas. Si se encuentra infección dentro del libro remover solamente con brocha y gasa seca. En el proceso, jamás tocar con la mano; sólo debe realizarse utilizando pinzas y eliminar en frasco con alcohol 70%. Una vez realizada la limpieza ventilar el libro hasta su secado según protocolos de laboratorio.

Se debe considerar que existe una variabilidad de protocolos dispuestos para la limpieza de documentos y otros para pergaminos (VORONINA; NAZAROVA; PETUSHKOVA, 1980) y cueros (GONZÁLEZ ÁLVAREZ, 2005). Sin embargo en esta investigación sólo recurriremos en primera instancia a la incorporación de la dilución de etanol mencionada para observar cambios considerables con respecto de la infección encontrada.

Cuando los libros se encuentren en su lugar de almacenaje, se debe fumigar el conjunto de libros, de manera tal que reciban la misma cantidad de alcohol en su superficie, sin mojar el papel, sino humedecer de forma leve. Para conseguir esto, la solución debe ser agitada fuer-

temente antes de dispersar y en lo posible estar levemente tibia para facilitar su dispersión y penetración en el material.

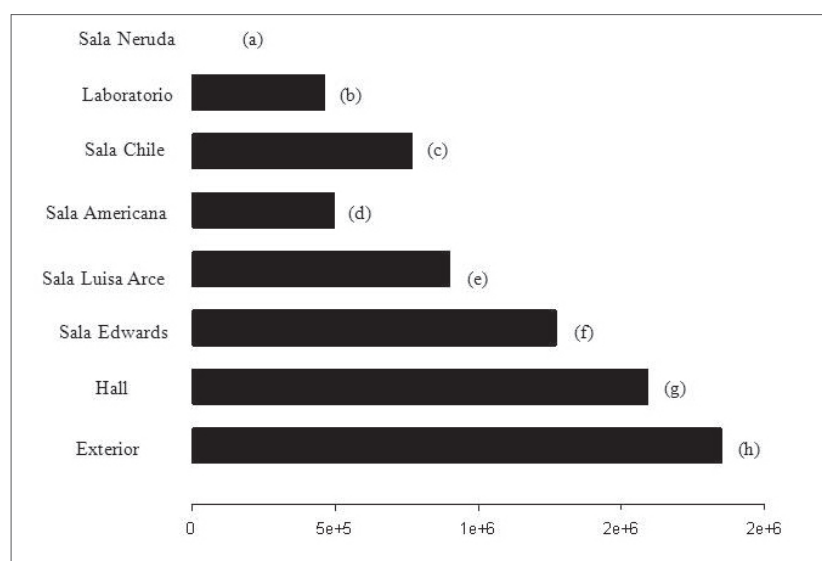
Finalmente dejar airear los libros a temperaturas no superiores a 22 °C con humedad estable no superior a 45% y aireación constante. Monitorear la estabilidad de las muestras durante al menos 15 días en condiciones ambientales estables, con control de temperatura ambiental y humedad dentro del establecimiento, al mismo tiempo que se observan in situ los contenedores de libros. En paralelo, deben mantenerse en condiciones adecuadas las instalaciones contenedoras de los libros, como las estanterías. Estas deben someterse a una rigurosa limpieza por medio de aspiración y por medio de paños húmedos en alcohol 70%.

## RESULTADOS

### Carga fúngica presente en el edificio

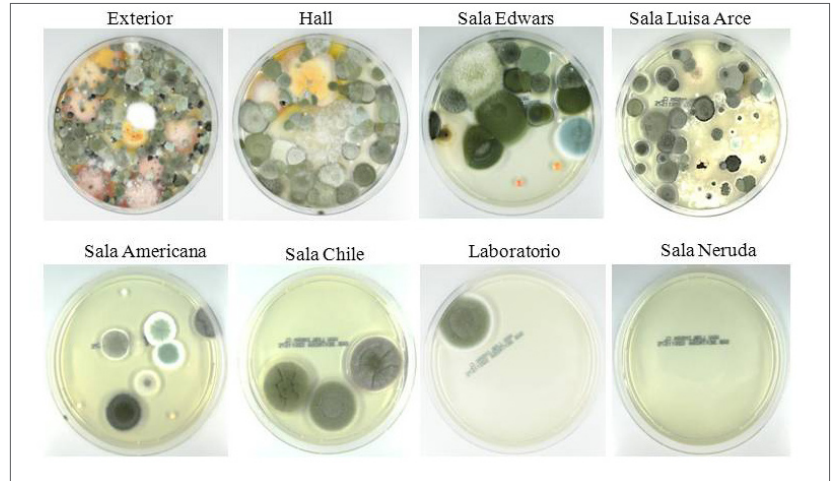
Como se describió en materiales y métodos, se estudiaron 8 salas de relevancia en el Archivo Central Andrés Bello, las cuales contienen colecciones relevantes para Chile. Cada una de las muestras se tomó por triplicado para registrar diferencias entre las salas por medio de la cuantificación del crecimiento, donde se observaron diferencias significativas entre las salas, como se aprecia en las imágenes 2 y 3, respectivamente.

Dentro de las principales características registradas, está la variación existente en relación con la afluencia de personas por día (tabla



**Imagen 2 |**

Cuantificación del crecimiento fúngico en las distintas salas del Archivo Central Andrés Bello. Diferencias significativas (a, b, c, d, e, f, g y h) en todos los niveles ( $\alpha$  0,05,  $\alpha$  0,01 y  $\alpha$  0,001)



**Imagen 3 |**

Detección de la carga fúngica ambiental en el Archivo Central Andrés Bello en salas de relevancia y de trabajo. Cada muestra se obtuvo por triplicado (n=3) en distintos lugares de la sala

1), la cual se correlacionó con la cuantificación realizada del crecimiento fúngico en cada sala. La correlación encontrada en el exterior del Archivo ( $p$  0,98396) y en el hall de entrada ( $p$  0,79339) nos dice que existe una relación casi perfecta ( $p$  1.0) entre la concentración de hongos registrados y la afluencia de público, resultados esperados para espacios abiertos y sin control de ningún tipo. Por otro lado, la Sala Edward Matte ( $p$  0,69686), la Sala Luisa Arce ( $p$  0,6318) y el Laboratorio ( $p$  0,49746) presentan una correlación positiva menor a las anteriores, pero de igual forma relacionando el número de personas con el crecimiento fúngico registrado. En la Sala Americana y Sala Chile se registraron valores de  $p$  -0,37382 y  $p$  -0,16092 respectivamente; existe una correlación negativa en ambos casos.

### Identificación de infección

La contaminación ambiental de las salas no se encuentra relacionada directamente con la que pueda estar presente en el material propiamente dicho. Por esta razón se realizó una toma de muestra en los estantes contenedores de las colecciones en cada caso.

En la imagen 4 se observa la cuantificación del crecimiento en unidades de crecimiento (uc) por placa para distintos estantes del Archivo, incluyendo Sala Neruda, pasillos y estantes fuera de las salas antes mencionadas (tabla 1).

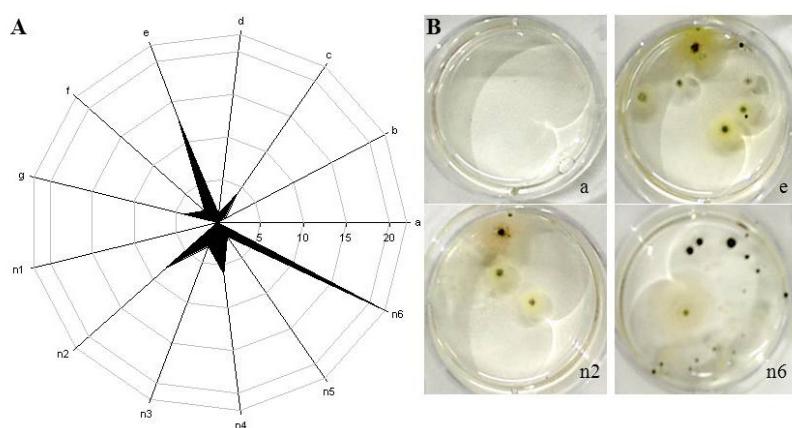
Se observa un crecimiento diferencial en cada una de las muestras tomadas para los estantes del edificio y un crecimiento positivo en alguno de los estantes de la Sala Neruda, que no había registrado contaminación ambiental.

Durante el registro de libros contaminados en la Sala Neruda, se identificó la presencia de esporas en estado de latencia (imagen 5), obser-

sala	nombre	T.º	% H	afluencia
1	Exterior	16	47	+20
2	Hall de entrada	14,1	50,3	+20
3	Sala Domingo Edwards Matte	16,3	48,3	0
4	Sala Luisa Arce	14,2	50,1	+2
5	Sala Americana	15,4	49,1	+1
6	Sala Universidad de Chile	14,7	50,09	0
7	Laboratorio	15	51	+5
8	Sala Neruda	13,9	47	0

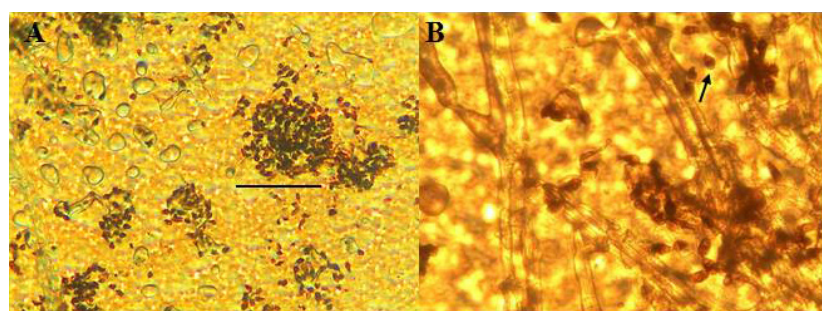
**Tabla 1 |**

Salas del Archivo Central Andrés Bello expuestas a toma de muestras ambientales. Se destaca la temperatura y humedad relativa en cada caso



**Imagen 4 |**

Identificación de carga fúngica (cf) en estantes de Sala Neruda y Archivo Central. En A se representa el conteo de cf en placa para los estantes a-b-c-d-e-f y g. Estantes n.º 1 al n.º 6 son muestras al azar de distintos estantes del edificio. En B, se observa el crecimiento en placas obtenido para las máximas (e, n2 y n6) en relación con el control sin crecimiento



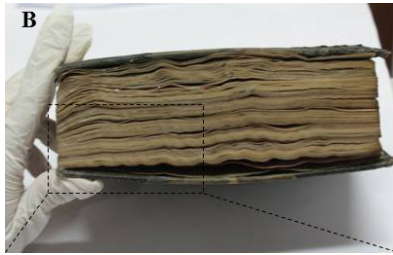
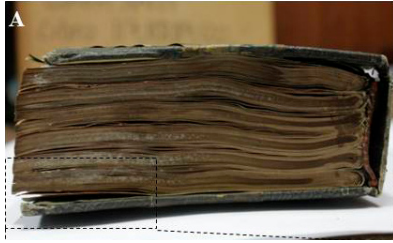
**Imagen 5 |**

Esporas e hifas de hongos identificados en ejemplares de la Colección Neruda observados bajo microscopio invertido en aumento 20X donde se observa una agrupación de las esporas contenidas en la muestra (A) y en aumento 60X donde se identifica una espora en particular (B)

vándose estructuras fúngicas características junto con una agrupación de esporas en detalle.

### Determinación de la efectividad de protocolo de limpieza para material papel infectado

En relación con los niveles de infección encontrados, tanto en el



**Imagen 6 |**  
 Inhibición y contención de la infección fúngica por medio de la estandarización de métodos de limpieza y esterilización. En A se presenta un libro con un alto porcentaje de infección por hongos y en B el mismo libro posterior a los protocolos de limpieza. Maximización de la infección en C y maximización de la limpieza en D

ambiente y los estantes de contención de libros, se estandarizó un protocolo de desinfección con mínima intervención para libros que sufrieron un anegamiento de lluvia directa por falla de material techumbre.

Para la prueba del protocolo de esterilización del material (libros) que se describió en materiales y métodos, se utilizaron elementos estériles y desechables para cada uno de los libros.

En la imagen 6 se observa un libro caracterizado con grado alto de contaminación sometido al protocolo de limpieza, registrándose las diferencias en el grado de infección posterior al procedimiento de desinfección.

## DISCUSIÓN

La identificación de la carga fúngica y microbiológica presente en espacios de conservación patrimonial supone en primera instancia una protección para las personas que trabajan y manipulan los materiales de tipo orgánico (papeles, fibras, pinturas), ya que se ha descrito con anterioridad contaminaciones importantes en archivos, museos y lugares de almacenamiento (APETREI; DRĂGĂNESCU; POPESCU et ál., 2009; ARROYO, 2009; BANKOLE, 2010; BORREGO; LAVIN; PERDOMO et ál., 2012; BORREGO; PERDOMO, 2012; DAHLIN, 2002; HEMPEL; RAKHRA; ROTHWELL et ál., 2014). La inexistencia de investigaciones al respecto pueden llevar a importantes contaminaciones tanto de los materiales contenidos en estos lugares como a la transmisión de enfermedades entre las personas (ALBERTI; BOUAKLINE; RIBAUD et ál., 2001; PERDELLI; CRISTINA; SARTINI et ál., 2006; KAMAL; BURKE; VESPER et ál., 2014; NEVALAINEN; TÄUBEL; HYVÄRINEN, 2015).

Según los datos obtenidos para las salas en estudio, todas registraron un nivel de contaminación menor al control positivo (exterior). El *hall* de entrada presentó un nivel levemente menor al del exterior, explicándose claramente por la conexión directa presente al ambiente externo. En las salas propiamente dichas, se encontró una carga variable y considerable en cada una de ellas (imágenes 2 y 3). Sin embargo en la Sala Americana y en la Sala Chile los niveles de contaminación encontrados no se asocian directamente al número de personas que puedan transitar en la sala, sino a factores externos, como contaminación cruzada traída desde el exterior por parte de los trabajadores o la utilización de equipos de ventilación inapropiados.

Del mismo modo, se realizó la determinación para estantes pertenecientes a las salas en estudio y específicamente para la Sala Neruda donde la detección ambiental no había registrado crecimiento fún-

gico. Así dentro de las muestras que se tomaron, se registró un crecimiento variable entre los estantes contenedores, indicando que se deben establecer protocolos de limpieza específicos para este tipo de muebles.

En la Sala Neruda se presentó contaminación en cinco de los seis estantes analizados, registrándose la más alta contaminación en el estante n.º 6 (imagen 4). Estos resultados nos indican que, independientemente de que la carga fúngica ambiental de la Sala Neruda sea cero (imagen 3), en el interior de los estantes se encuentran esporas en estado de latencia para colonizar el material orgánico dispuesto en ellas.

Referente a lo anterior, se registró por medio de microscopía óptica un ejemplar contenido en los estantes contaminados para la identificación de esporas en estado de latencia. La obtención de la imagen (imagen 5) muestra las esporas encontradas en el ejemplar que será posteriormente llevado a limpieza y esterilización.

La totalidad de los ejemplares encontrados con grados variables de infección se sometió a limpieza, siendo posteriormente guardados bajo condiciones de temperatura y humedad controladas, sumado a condiciones de conservación del material, como cajas libres de ácido, entre otras.

Identificando las variables ambientales que estimulan la proliferación fúngica en las salas con contaminación y la correlación de la infección con la manipulación del personal que trabaja con los libros, se desarrollarán protocolos de limpieza de las salas de contención de las colecciones, junto a protocolos de manipulación y limpieza de libros y material orgánico dentro del edificio para disminuir los niveles de carga fúngica registrados en este estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALBERTI, C.; BOUAKLINE, A.; RIBAUD, P. et ál.** (2001)  
Relationship between environmental fungal contamination and the incidence of invasive aspergillosis in haematology patients. *Journal of Hospital Infection*, n.º 48 (3), 2001, pp. 198-206
- APETREI, I. C.; DRĂGĂNESCU, G.; POPESCU, I. et ál.** (2009)  
Possible cause of allergy for the librarians: books manipulation and ventilation as sources of fungus spores spreading. *Aerobiologia*, n.º 25 (3), 2009, pp. 159-166
- AREA, M. C.; HERVÉ, C.** (2011)  
Paper aging and degradation recent findings and research methods. *BioResources*, n.º 6, 2011, pp. 5307-5337
- ARROYO, I.** (2009)  
The Role of Fungi in the Deterioration of Movable and Immoveable Cultural Heritage. *e-conservation magazine*, n.º 9, 2009, pp. 40-50
- BANKOLE, O. M.** (2010)  
A review of biological deterioration of library materials and possible control strategies in the tropics. *Library Review*, n.º 59 (6), 2010, pp. 414-429
- BORREGO, S.; LAVIN, P.; PERDOMO, I., et ál.** (2012)  
Determination of Indoor Air Quality in Archives and Biodeterioration of the Documentary Heritage. *ISRN Microbiology*, n.º 10, 2012
- BORREGO, S.; PERDOMO, I.** (2012)  
Aerobiological investigations inside repositories of the National Archive of the Republic of Cuba. *Aerobiologia*, n.º 28 (3), 2012, pp. 303-316
- CHANDRU, J. S.; GABRIELLE, H.** (2002)  
Spontaneous Formation of Acids in the Natural Aging of Paper. *Studies in Conservation*, n.º 47 (Supplement-3), 2002, pp. 189-192
- DAHLIN, E.** (2002)  
Preventive conservation strategies for organic objects in museums, historic buildings and archives. In: *5th EC Conference report Cultural Heritage Research: a pan European Challenge*, 2002, pp. 16-18
- GONZÁLEZ ÁLVAREZ, G. M.** (2005)  
Recientes avances en conservación de objetos de cuero. *Revista de la Subdirección General de Museos Estatales*, n.º 1, 2005, pp. 80-87
- HAYLEYESUS, S. F.; MANAYE, A. M.** (2014)  
Microbiological Quality of Indoor Air in University Libraries. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, n.º 4 (Suppl 1), 2014, pp. S312-S317
- HEMPEL, M.; RAKHRA, V.; ROTHWELL, A. et ál.** (2014)  
Bacterial and fungal contamination in the library setting: a growing concern? *Environmental Health Review*, n.º 57 (01), 2014, pp. 9-15
- KAČÍKA, F.; KAČÍKOVÁB, D.; JABLONSKÝC, M. et ál.** (2009)  
Cellulose degradation in newsprint paper ageing. *Polymer Degradation and Stability*, n.º 94 (9), 2009, pp. 1509-1514
- KALWASIŃSKA, A.; BURKOWSKA, A.; WILK, I.** (2012)  
Microbial air contamination in indoor environment of a university library. *Ann Agric Environ Med*, n.º 19 (1), 2012, pp. 25-29
- KAMAL, A.; BURKE, J.; VESPER, S. et ál.** (2014)  
Applicability of the Environmental Relative Moldiness Index for Quantification of Residential Mold Contamination in an Air Pollution Health Effects Study. *Journal of environmental and public health* [en línea], 2014 <<http://www.hindawi.com/journals/jeph/2014/261357/>> [Consulta: 14/12/2015]
- KARBOWSKA-BERENT, J.; GÓRNYB, R. L.; STRZELCZYKA, A. B. et ál.** (2011)  
Airborne and dust borne microorganisms in selected Polish libraries and archives. *Building and Environment*, n.º 46 (10), 2011, pp. 1872-1879
- KUHAD, R. C.; GUPTA, R.; SINGH, A.** (2011)  
Microbial Cellulases and Their Industrial Applications. *Enzyme Research* [en línea], 2011, p. 10 <<http://www.hindawi.com/journals/er/2011/280696/>> [Consulta: 14/12/2015]
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, R.; HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, F.; MILLÁN-CHIU, B. E. et ál.** (2007)  
Efectividad del imazalil en el control del deterioro por hongos de momias del museo de El Carmen, Ciudad de México. *Revista Iberoamericana de Micología* [en línea], n.º 24 (4), 2007, pp. 283-288 <<http://www.reviberoammicol.com/2007-24/283288.pdf>> [Consulta: 14/12/2015]
- MAYNOR, C.** (1998)  
Catálogo de conservación de papel del American Institute for Conservation: Hongos. *Conservaplan: Documentos para Conservar*, n.º 14, 1998, p. 42
- NEVALAINEN, A.; TÄUBEL, M.; HYVÄRINEN, A.** (2015)

Indoor fungi: companions and contaminants. *Indoor air*, vol. 25, n.º 2, abril 2015, pp. 125-156

**PADFIELD, T.** (2002)

The Interplay between building components. En *Conservation Physics-Index* [en línea], 2002 <[http://www.conservationphysics.org/wproj/wproj\\_tp\\_ver9.pdf](http://www.conservationphysics.org/wproj/wproj_tp_ver9.pdf)> [Consulta: 19/11/2015]

**PERDELLI, F.; CRISTINA, M. L.; SARTINI, M. et ál.** (2006)

Fungal contamination in hospital environments. *Infection Control*, n.º 27 (01), 2006, pp. 44-47

**SAHAB, A.; DISSOKI, B.; SAHABA, S. et ál.** (2012)

Studies on fungal contamination of current Egyptian paper banknotes. *Intl J Microbiol Res*, n.º 3 (1), 2012, pp. 75-81

**SARANRAJ, P.; STELLA, D.; REETHA, D.** (2012)

Microbial celulasas and its applications: a review. *International Journal of Biochemistry & Biotech Science*, n.º 1, 2012, pp. 1-12

**SAWOSZCZUK, T.; WANDELT, P.; BARANSKI, A. et ál.** (2004)

Degradation of paper as studied by fiber length measurements after hydrodynamical treatment. En *Proceedings of the International Conference. Durability of Paper and Writing, November 16-19, 2004, Ljubljana, Slovenia* [en línea]. Ljubljana: National and University Library, 2004, pp 78-80 <<http://www.science4heritage.org/Zbornik.pdf>> [consulta: 19/11/2015]

**TORRES, C.; NEGRO, C.; FUENTE, E. et ál.** (2012)

Enzymatic approaches in paper industry for pulp refining and biofilm control. *Applied microbiology and biotechnology*, n.º 96 (2), 2012, pp. 327-344

**UMEH, E.; JULUKU, J.; ICHOR, T.** (2007)

Microbial contamination of Naira (Nigerian currency) notes in circulation. *Res J Environ*, n.º 1, 2007, pp. 336-339

**VALENTÍN, N.; GARCÍA, R.; LUIS, O. DE et ál.** (1998)

Microbial control in archives, libraries and museums by ventilation systems. *Restaurator Copenhagen*, n.º 19, 1998, pp. 85-107

**VORONINA, L. I.; NAZAROVA, O. N.; PETUSHKOVA, Y. P.** (1980)

Disinfection and Straightening of Parchment Damaged by Microorganisms. *Restaurator*, vol. 4 (2), 1980, pp. 91-98

**ZOTTI, M.; FERRONI, A.; CALVINI, P.** (2008)

Microfungal biodeterioration of historic paper: Preliminary

FTIR and microbiological analyses. *International Biodeterioration & Biodegradation*, n.º 62, 2008, pp. 186-194

**ZOU, X.; GURNAGUL, N.; UESAKA, T. et ál.** (1994)

Accelerated aging of papers of pure cellulose: mechanism of cellulose degradation and paper embrittlement. *Polymer Degradation and Stability*, n.º 43 (3), pp. 393-402