

Un estudio ambiental para minimizar los riesgos en el Archivo
Histórico de la Provincia de Córdoba

*An environmental study to reduce risks at Archivo Histórico de la Provincia de
Córdoba*

Andrea Edith, Giomi ¹, Jorgelina, Ambrosino², Stella Maris, Romero³

¹ Técnica profesional archivera, Archivo Histórico de la Provincia de Córdoba y Escuela de Archivología (FFyH-UNC), Argentina.. andigiomi@hotmail.com

² Bióloga, Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV, CONICET-UNC), Argentina

³ Dra. en Ciencias Biológicas, Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV, CONICET-UNC), Argentina.

Resumen

Se realiza un estudio para determinar la contaminación fúngica de los ambientes del Archivo Histórico de la Provincia de Córdoba (AHPC) y sobre documentos que se encuentran fuera de consulta por biodeterioro. Los resultados se integrarán al Plan Integral de Conservación del Archivo por su doble finalidad: los contaminantes fúngicos del aire constituyen un riesgo potencial para la salud de las personas y pueden causar biodeterioro en los documentos.

El objetivo es conocer los niveles de contaminación ambiental, identificar los hongos aislados, tanto los ambientales como los que produjeron daños en los documentos.

En el muestreo de las distintas salas del AHPC se empleó el método de sedimentación pasiva, mientras que para los documentos se utilizaron hisopos estériles. La identificación de los aislamientos se realizó según sus características de cultivo, micro-morfológicas y fisiológicas, siguiendo bibliografía específica y actualizada.

Se observaron recuentos fúngicos de $<43-258 \text{ UFC.m}^{-3}$ obtenidos aplicando la fórmula de Omeliansky. Se obtuvieron 49 aislamientos pertenecientes a 8 géneros: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Gibelulla*, *Penicillium* y *Phoma*. Más del 50 % de los aislamientos corresponden al género *Cladosporium*. Hasta el momento se identificaron las siguientes especies: *C. tenuissimum*, *C. cladosporioides* complex, *A. montevidensis*, *A. sydowii*, *A. pseudoglaucus*, *Curvularia brachyspora* y *Epicoccum nigrum*. En los hisopados de los documentos se aislaron principalmente cepas del género *Cladosporium*.

Los recuentos obtenidos están por debajo de los límites propuestos por la OMS. Los géneros identificados son de los más frecuentemente observados en ambientes interiores, tanto domésticos como industriales, y también de instituciones patrimoniales.

Palabras clave: contaminantes; ambientes; hongos; biodeterioro; instituciones patrimoniales.

Abstract

A study to determine the fungal contamination in indoor environments of the Historical Archive of the Province of Córdoba (AHPC) was carried out. In addition, documents that are out of consultation due to microbiodeterioration were studied. The results will be integrated into the Archive's Integral Conservation Plan because of their dual purpose: fungal air pollutants constitute a potential risk to people's health and can cause biodeterioration in documents.

The objective is to know the levels of environmental contamination, to identify the isolated fungi, both environmental and those that caused damage to the documents.

The passive sedimentation method was used for sampling in the different rooms of the AHPC, while sterile swabs were used for documents. Isolates were identified according to their culture, micro-morphological and physiological characteristics, following specific and updated bibliography.

Fungal counts of $<43-258 \text{ UFC.m}^{-3}$ obtained by applying the Omeliansky formula were observed. Forty-nine isolates belonging to 8 genera were obtained: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Gibellula*, *Penicillium*, and *Phoma*. More than 50 % of the isolates correspond to the genus *Cladosporium*. Up to now, the following species have been identified: *C. tenuissimum*, *C. cladosporioides complex*, *A. montevidensis*, *A. sydowii*, *A. pseudoglaucus*, *Curvularia brachyspora* and *Epicoccum nigrum*. Strains of *Cladosporium* were mainly isolated from the swabs of the documents.

Counts obtained are below the limits proposed by OMS. The genera identified are among the most frequently observed in indoor environments, both domestic and industrial, as well as in heritage institutions.

Keywords: pollutants; environments; fungi; biodeterioration; heritage institutions.

1. Introducción

Desde el momento de su creación, los documentos de archivo están amenazados por múltiples factores de deterioro que se constituyen como riesgos potenciales para su conservación a largo plazo. Uno de los factores con mayor incidencia en los archivos de nuestra región es el deterioro biológico, dato que surge de la Encuesta sobre las necesidades de conservación en los Archivos de Argentina, realizada en todo el país durante la segunda mitad del año 2018.

El Archivo Histórico de la Provincia de Córdoba (AHPC) gestiona fondos documentales desde 1574 hasta 1974. Estos documentos fueron producidos por diferentes instituciones oficiales en cumplimiento de sus funciones, lo cual se refleja en sus fondos documentales. La documentación más antigua y representativa del AHPC conforma los grupos de: Gobierno (1654 a 1902), Hacienda (1750 a 1902), Registros Notariales (1574 a 1925), Escribanías 1, 2, 3 y 4 (1574 a 1882), Juzgado del Crimen (1664 a 1889) y los seis primeros juzgados civiles hasta 1925.

Es importante destacar la naturaleza orgánica del patrimonio documental del AHPC. Esta condición propicia el desarrollo de diversos tipos de seres vivos, que los utilizan como fuente de alimento y, eventualmente, para anidar. Los compuestos orgánicos predominan tanto en los soportes, como en toda la variedad de componentes asociados al formato, y a los medios para transmitir el mensaje escrito: papeles, cartones, cuero, textiles, tintas, sellos, fotografías, planos, periódicos, entre muchos otros.

El estudio de caso de este trabajo toma el acervo documental del AHPC, con más de cuarenta mil documentos históricos que abarcan cuatrocientos años de nuestra historia entre los siglos XVI al XX. Estos fondos documentales han atravesado por diversas circunstancias desde su

producción hasta llegar a su actual estado de condición, el cual se revela a través de síntomas o efectos producto de los factores que repercutieron en su deterioro o buen estado de conservación.

La incidencia de la carga fúngica en el aire de los espacios donde se almacenan materiales patrimoniales de carácter histórico es una fuerte preocupación de la comunidad de conservadores-restauradores en los últimos años. Es incipiente en nuestro país el estudio de calidad del aire por parte de las instituciones que gestionan patrimonio cultural. Se procura determinar la salubridad de los ambientes, aunque no es regular la aplicación de medidas preventivas de esta naturaleza en archivos e instituciones que poseen documentos. En esto reside la importancia de este estudio y sus resultados. La patogenicidad de los microorganismos y otros contaminantes derivados presentes en la documentación de archivo debe ser estudiada según cada especie, ya que se caracterizan por su acción específica.

La experiencia nos revela que la contaminación por organismos vivos suele producirse en etapas tempranas de la gestión documental, lo cual muchas veces pasa inadvertido, especialmente mientras se cumplen los plazos de retención. Es así que se trasladan y/o transfieren documentos contaminados de los archivos intermedios a los archivos históricos sin ninguna precaución. Estas transferencias conforman un riesgo potencial para la salud de los trabajadores de los archivos y otras personas que realizan tareas asociadas a estas instituciones, incluyendo a los usuarios.

En conocimiento de las prácticas mencionadas y para que el AHPC pueda cumplir con las clásicas funciones de reunir, conservar, clasificar, facilitar la consulta, incentivar la investigación y publicación, se deben tomar medidas para brindar acceso de calidad a sus usuarios. El servicio de consulta tiene una doble dimensión a satisfacer: una, es la que abarca la seguridad de las personas, desde agentes públicos que trabajan para la búsqueda y puesta en servicio de los documentos, hasta los usuarios que requiere consultarlos, y la otra, se enfoca en

la integridad de los documentos históricos que abarca desde el diagnóstico y acondicionamiento del material para la consulta hasta las propuestas de intervención para la recuperación de los documentos patrimoniales con avanzado estado de deterioro por contaminación.

Se presentan resultados parciales de un estudio de la microbiota ambiental recolectada de los espacios interiores del AHPC. Para este trabajo nos propusimos identificar los agentes fúngicos presentes en cada ambiente y en el acervo documental contaminado para conocer los riesgos a los cuales están expuestos tanto las personas como el patrimonio documental.

2. Desarrollo

2.1 Metodología

2.1.1 Toma de muestras ambientales

Se realizó un muestreo de los contaminantes fúngicos en los diferentes ambientes del AHPC por el método de sedimentación pasiva en cajas de Petri con el medio de cultivo Agar Dicloran 18% de glicerol (DG18). Se expusieron las cajas abiertas durante 20 minutos en las diferentes salas a estudiar y se incubaron durante 7 días a 25 °C.

En la selección de los espacios del AHPC para hacer el estudio ambiental se consideraron todos aquellos en donde invariablemente hay documentos históricos y en los que necesariamente se produce interacción entre los documentos con las personas, ya sean trabajadores y/o público general que concurre al AHPC. Resulta clave describir la infraestructura del archivo, dado que las condiciones de almacenamiento y uso de los documentos históricos impactan en su estado de condición y en las patologías que en ellos se desarrollen. En concreto se estudian catorce

ambientes interiores tanto del circuito abierto al público como del circuito cerrado o restringido, entre los primeros: la sala de consulta de documentos históricos y la biblioteca en la planta baja (PB), entre las áreas restringidas se incluyen: los seis depósitos de guarda permanente en el primer y segundo piso (P1 y P2), los tres espacios habilitados para cuarentena dos salas del subsuelo (PS) y la planoteca del tercer piso (P3), dos espacios utilizados para tratamientos de limpieza de documentos en P1 y PS, y el almacén para guardar equipos e insumos químicos del P3 ubicado en el sistema húmedo del edificio. Los depósitos del P1 y P2 están compartimentados en tres salas de acervo documental en cada nivel por razones de seguridad contra incendios y eficaz control del clima, según lo indica la Norma ISO 11799/2003. Para la aclimatación de los seis depósitos (P1 y P2) y la planoteca (P3), hay unidades de aire acondicionado individual programadas entre 21-22° C de temperatura. Los depósitos, además, tienen equipos deshumidificadores programados para mantener la humedad relativa entre 45-55%; mientras, en las salas de cuarentena (PS) el equipo estabilizador de temperatura tiene un forzador de ventilación y dos equipos deshumidificadores para mantener los parámetros en 22° C (+/- 2°) de temperatura y entre 45-55% la humedad relativa. Para las salas de consulta y trabajo técnico los equipos de aire acondicionado están programados en 24° C todo el año. Cada uno de los seis depósitos está dotado de un sistema de estanterías compactas con desplazamiento manual que periódicamente se abren para ventilar y controlar los parámetros de temperatura y humedad del interior en medio de las estanterías.

Luego del tiempo de incubación, se contaron todas las colonias de hongos visibles en las cajas de Petri. Para poder comparar con otros estudios se calcularon las UFC por metro cúbico de aire (UFC.m⁻³) de acuerdo con la fórmula de Omeliansky (Borrego *et al.*, 2010a; Borrego *et al.*, 2012; Awad y Mawla, 2012):

$$N = 5a \times 10^4 \text{ (bt)}^{-1}$$

donde:

$$N = \text{UFC} \cdot \text{m}^{-3}$$

a = es el número de colonias de hongos por placa de Petri

b = es la superficie de la placa de Petri (cm^2)

t = es el tiempo de exposición (min)

2.1.2 Toma de muestras de documentos

Se seleccionaron los documentos históricos que se encuentran fuera de consulta por el grave deterioro que presentan. Hay documentos (siglos XVI a XVIII), que se diagnosticaron como contaminados en las revisiones generales del estado de conservación realizadas en 2014, para hacer embalajes diferenciados en ocasión de la mudanza del AHPC a su nueva sede. Dado el gran volumen documental en estas condiciones, se seleccionaron casos testigo de las series afectadas, Registros Notariales (1574 a 1925), Escribanías 1, 2, 3 y 4 (1574 a 1882), Juzgado del Crimen (1664 a 1889) y Juzgado Civil por ser las más antiguas y tener alta tasa de consulta. Para seleccionar las áreas de muestreo de cada tomo, primero se observaron a simple vista las manchas sospechosas, con luz natural y con lámpara led ultravioleta (de 15 watts), lo que permite detectar rastros orgánicos por fluorescencia que causan daños macroscópicos de tipo biológico. Las manchas de origen fúngico generalmente tienen una fluorescencia amarilla bajo luz ultravioleta (UV).

Para obtener las muestras se utilizó el método de recolección mediante hisopo de algodón esteril seco que se hace rodar sobre la mancha. Todas las muestras se recolectaron en tubos estériles, se transfirieron a cajas de Petri con DG18 y Agar Extracto de Malta con 50% de Glucosa (MY50G) y se incubaron a 25 °C hasta observar crecimiento o hasta 30 días. Para la obtención de cultivos puros se transfirieron los cultivos obtenidos a cajas de Petri con Agar Extracto de

Malta (MEAB), y MEAB con distintas concentraciones de glucosa para los hongos xerófilos, se incubaron a 25°C durante 7 días. Se identificaron las manchas de acuerdo a la propuesta de Florian de manera inequívoca los datos de identificación del tomo y la página, así como también el cuadrante donde se tomó la muestra mediante registro fotográfico.

2.1.3 Aislamiento e identificación fúngica

A partir de las mismas cajas del recuento y de los hisopados, y con el objeto de obtener cultivos puros, las colonias presentes se transfirieron a cajas con MEAB, MEAB con glucosa y Agar Avena (OA) según el tipo de aislamiento y se incubaron a 25 °C durante cinco días.

Los aislamientos se identificaron a nivel de género mediante claves taxonómicas utilizando bibliografía general. Se identificaron a nivel de especie según sus características de cultivo, micromorfológicas y fisiológicas siguiendo bibliografía específica y actualizada según el género. Se utilizaron diferentes medios de cultivo, MEA según Blakeslee (MEAB), MEA (Oxoid), Agar Czapek Extracto de Levadura (CYA), Agar Papa Dextrosa (PDA), Agar Avena (OA), entre otros (Domsch *et al.*, 2007; Ellis, 1971; Pitt y Hocking, 2009; Samson *et al.*, 2002). La observación micromorfológica se realizó con microscopio estereoscópico (Nikon SMZ-745T) y óptico (Zeiss Primo Star), provisto con cámara fotográfica (Zeiss).

2.2 Resultados

2.2.1 Recuentos ambientales

Los valores obtenidos de los recuentos fúngicos en las distintas salas se observan en la Tabla 1. Los valores en UFC/m³ obtenidos aplicando la fórmula de Omeliansky se calcularon para

comparar los resultados obtenidos con otros estudios ambientales, aunque sean realizados con diferentes métodos, por sedimentación o volumétrico.

Tabla 1: Recuentos obtenidos de las muestras ambientales en los 14 espacios interiores estudiados (UFC/m³).

Nº muestra	Descripción del espacio interior	UFC/m ³ *
1	Subsuelo, sala de cuarenta adelante	215
2	Subsuelo, sala de cuarenta atrás	86
3	Subsuelo, Ministerio de Agua	129
4	PB, Biblioteca	43
5	PB, Sala de consulta	65
6	Primer piso, batería 1	43
7	Primer piso, batería 2	43
8	Primer piso, batería 3	43
9	Laboratorio de limpieza	258
10	Segundo piso, batería 4	< 43
11	Segundo piso, batería 5	< 43
12	Segundo piso, batería 6	65
13	Tercer piso, depósito de planos	129
14	Tercer piso, almacén de guardado	43

* valor promedio de los duplicados.

Los recuentos más altos se observaron en uno de los espacios destinados a la cuarentena (215 UFC.m⁻³) y en el laboratorio de limpieza (258 UFC.m⁻³). Los valores más bajos son los pertenecientes a las muestras de los depósitos de los documentos históricos (muestras 6-8 y 10 y 11), que están bajo medidas de conservación, control y seguimiento.

En cuanto a los documentos que están en cuarentena en el AHPC, se transfirieron al AHPC provenientes de espacios con graves deficiencias para la conservación documental. Estos documentos se han ubicado en dos salas aisladas de acceso restringido en el PS del AHPC, en estanterías abiertas, y en el área de planoteca del P3. Esta es una instalación provisoria, bajo un medioambiente controlado, mientras se les va realizando la limpieza y descontaminación. Esta documentación requiere además de un tratamiento archivístico integral para su control e

identificación, por lo cual se trabaja en su organización, descripción multinivel, asignación y/o cambio de las unidades de conservación para su instalación en los depósitos con medidas de conservación adecuadas y signaturas para su ubicación y seguimiento.

2.2.2 Microbiota ambiental

Se obtuvieron 49 aislamientos a partir de las 14 muestras ambientales. Se identificaron especies pertenecientes a 8 géneros: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Gibelulla*, *Penicillium* y *Phoma*. La mayor presencia corresponde a *Cladosporium* (51 %), *Penicillium* (25 %) y *Aspergillus* (10 %). El resto de los aislamientos pertenecen a *Alternaria* (4 %), *Epicocum* (4 %) y a *Curvularia*, *Gibelulla* y *Phoma* (2 % cada uno de los géneros). Hasta el momento se identificaron las siguientes especies *Aspergillus montevidensis*, *A. pseudoglaucus*, *A. sydowii*, *Cladosporium cladosporioides* complex, *C. tenuissimum*, *Curvularia brachyspora* y *Epicoccum nigrum*.

2.2.3 Contaminantes fúngicos en documentos históricos

De las cuatro series documentales analizadas (40 muestras) se obtuvieron un total de 51 aislamientos, de éstos se identificaron 44 pertenecientes a 6 géneros diferentes: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Dycima*, *Penicillium* y *Wallemia*. Los géneros fúngicos predominantes fueron *Cladosporium* (41 %) y *Aspergillus* (24 %).

2.3 Discusión

El estudio de la microbiota en ambientes interiores de espacios patrimoniales, como es en el caso del AHPC, constituye una importante medida para minimizar los riesgos para la salud de los agentes que prestan servicios en el Archivo, así como el de sus usuarios. La presencia de

contaminantes fúngicos ambientales puede, además, causar el biodeterioro en el patrimonio documental del Archivo. Las concentraciones de hongos son muy variables y dependen de factores tales como el clima, la estación del año, el tipo de hongo, el tipo de construcción, antigüedad y uso del edificio, y la ventilación. También dependen en gran medida de los métodos de muestreo y análisis utilizados, por lo cual es difícil hacer comparaciones válidas entre estudios (WHO, 2009). Sin embargo, límites establecidos por diferentes organismos pueden resultar de utilidad para establecer si los resultados obtenidos constituyen un riesgo potencial para la salud. Lineamientos establecidos en Canadá para domicilios particulares establece que recuentos de hasta 150 UFC.m⁻³ de hongos procedentes de fuentes interiores debe considerarse aceptable si hay una mezcla de especies, y puede considerarse también aceptable hasta 500 UFC.m⁻³ si las especies presentes son principalmente *Cladosporium* u otros hongos relacionados (WHO, 1990). La norma UNE 171330 (España), si bien no brinda valores límite, si establece un criterio de confort de hasta 200 UFC.m⁻³ para espacios interiores (Pastor, 2016). La mayor parte de los espacios estudiados del AHPC se pueden considerar de baja contaminación (CEC, 1993), sólo cuatro muestras superan las 100 UFC.m⁻³, de las cuales tres de ellas son salas que contienen documentos en cuarentena y el laboratorio de limpieza de los mismos. Estas secciones son de acceso restringido por protocolo del área de conservación del AHPC.

En un estudio de las áreas de almacenamiento de diez archivos franceses encontraron concentraciones fúngicas de 30 a 465 UFC.m⁻³. El personal que trabajaba en los archivos más contaminados no tuvo más síntomas que el resto. Sin embargo, aquellos trabajadores que estuvieron en contacto con documentos con deterioro fúngico informaron más dolores de cabeza, fatiga, irritación ocular y de garganta, tos y congestión nasal que los otros trabajadores (Roussel *et al.*, 2012). Borrego *et al.* (2010a) encontró un valor medio de 230 UFC.m⁻³ en el Archivo Histórico del Museo de La Plata. En archivos cubanos encontraron concentraciones de

38 a 44 UFC.m⁻³ (Borrego *et al.*, 2017), de 400 a 464 UFC.m⁻³ (Borrego *et al.*, 2008) y de hasta 493 UFC.m⁻³ (Borrego *et al.*, 2010a). Valores de 490 a 5600 UFC.m⁻³ fueron registrados en archivos y bibliotecas de Polonia, los valores más elevados corresponden a una institución con signos evidentes de humedad y moho en las paredes de las salas y libros (Skóra *et al.*, 2015). En la Biblioteca Palatina de Parma (inaugurada en 1761) se registraron valores dependientes de la estacionalidad, en verano de 13 a 20 UFC.m⁻³ y en invierno de 0 a 5 UFC.m⁻³ (Pasquarella *et al.*, 2015), recuentos sensiblemente inferiores a los obtenidos en nuestro estudio.

Si bien algunos estudios concluyen que la contaminación ambiental de los espacios interiores no se encuentra relacionada directamente con la que pueda estar presente en el material propiamente dicho (Quitral y Solís, 2015), en otros se ha demostrado una fuerte correlación entre la aerobiología y el biodeterioro de bienes culturales, debido a que el aire es el principal vehículo de dispersión de microorganismos (Borrego *et al.*, 2017).

Como mencionamos anteriormente, conocer los niveles de contaminación presentes en el ambiente de estudio nos da una idea de los riesgos potenciales para la salud. Pero, además, se hace indispensable conocer qué hongos están presentes. Muchas especies son particularmente alergógenas o producen micotoxinas. Aunque las micotoxinas pueden inducir un amplio rango de efectos adversos para la salud, no hay fuertes evidencias de que jueguen un rol relacionado a la calidad de aire de ambientes interiores (WHO, 2009).

El género *Cladosporium* fue predominante tanto en muestras ambientales como de documentos. A su vez géneros como *Aspergillus* y *Penicillium* también se encontraron entre los más frecuentemente aislados. Estos tres géneros han sido aislados en museos, bibliotecas, archivos y herbarios en diferentes proporciones (Borrego *et al.*, 2012; Herrera Aguilar *et al.*, 2015; Michaelsen *et al.*, 2009; Pasquarella *et al.*, 2015), en ninguno de los casos *Cladosporium* fue el predominante. *Cladosporium*, *Aspergillus* y *Penicillium* son casi omnipresentes en muestras de aire ya que producen numerosos conidios que pueden dispersarse fácilmente por el aire y su

dispersión no está relacionada a ninguna estación climática en particular (Abrusci *et al.*, 2005; Calderón, Lacey, McCartney y Rosas, 1997). Además, *Aspergillus* y *Penicillium* tienen distribución cosmopolita y elevada adaptabilidad metabólica (Florian y Mannigan, 2000).

Cladosporium es considerado un género cosmopolita, especialmente en regiones templadas, su alta capacidad de desarrollo puede deberse a su pequeño tamaño y sus múltiples conidios, lo que puede facilitar su movilidad por el aire, haciendo de este un hongo predominante (Infante *et al.*, 1999). Por otro lado, *Cladosporium* es considerado por muchos especialistas como uno de los géneros fúngicos prevaletentes en el mundo, puesto que puede aislarse, tanto del aire interior y exterior, como de diferentes soportes (Borrego, 2012). En este género no hay especies que produzcan micotoxinas de importancia, pero sí son productores de una variedad de alérgenos (WHO, 2009). Hasta el momento, se identificaron dos especies de *Cladosporium*, *C. cladosporioides* es una especie comúnmente encontrada en muestras ambientales (Samson *et al.*, 2002) y ha sido aislada también de muestras de aire de archivos (Borrego *et al.*, 2017; Pasquarella *et al.*, 2015; Skóra *et al.*, 2015). No se conoce que esta especie sea productora de micotoxinas (Pitt y Hocking, 2009).

En los géneros *Penicillium* y *Aspergillus* hay numerosas especies potencialmente productoras de micotoxinas (Samson *et al.*, 2002). Por otro lado, infecciones con *Aspergillus* son complicaciones comunes en el tratamiento de pacientes inmunocomprometidos (WHO, 2009). En el presente estudio, se obtuvieron cinco aislamientos de *Aspergillus*, tres de ellos se identificaron como *Aspergillus montevidensis* (ex *Eurotium amstelodami*) y al resto como *A. pseudoglaucus* y *A. sydowii*. Las dos primeras especies poseen teleomorfo (ex *Eurotium*) y pertenecen a la sección *Aspergillus*, una sección con miembros xerófilos.

A. montevidensis y *Epicoccum nigrum* han sido anteriormente aislados de archivos y bibliotecas de Polonia (Skóra *et al.*, 2015).

La mayoría de los géneros fúngicos aislados del aire de archivos, bibliotecas y museos presentan actividades celulolíticas, proteolíticas y/o amilolíticas, producen ácidos, excretan diferentes pigmentos sobre los sustratos (como el papel), y contribuyen a la formación de biofilms que aceleran el deterioro de los diferentes sustratos documentales (Abrusci, *et al.*, 2007; Borrego *et al.*, 2010b; Guiamet *et al.*, 2011). El biodeterioro de papel se observa como foxing, pigmentos y degradación física por hongos xerófilos como especies de *Aspergillus* (Oetari *et al.*, 2016).

Aspergillus, *Penicillium* y *Cladosporium* son usualmente asociados a biodeterioro de libros (Bankole, 2010; Mesquita *et al.*, 2009). La identificación a nivel de especie de las muestras de documentos del AHPC se encuentra en proceso. Estos géneros aislados a partir de los documentos pertenecen a hongos biodegradadores típicos del papel, que pueden causar daños como erosiones, manchas, pigmentación y cambios en las propiedades mecánicas de documentos (Pasquarella *et al.*, 2015). Especies de *Alternaria*, *Aspergillus* y *Cladosporium* también son alergénicos, y además, algunas especies de *Aspergillus* pueden constituir un riesgo para personas inmunosuprimidas, con lo cual la manipulación de los mismos debe ser realizada con elementos de protección adecuados.

3. Conclusiones

El presente trabajo ilustra los niveles de contaminación ambiental y la diversidad fúngica en los espacios que albergan patrimonio cultural en soporte papel, así como documentos que presentan evidencias de biodeterioro fúngico. Con relación a los niveles de contaminación fúngica ambiental, no se registraron niveles que sobrepasen las 100 UFC.m⁻³, por lo que no se consideran espacios de riesgo para la salud de los ocupantes.

Los géneros predominantes en muestras ambientales fueron *Cladosporium* y *Penicillium*. Por otro lado, en documentos con evidencia de biodeterioro fúngico en AHPC fueron más abundantes *Cladosporium* y *Aspergillus*. *Cladosporium* fue aislado en proporciones similares en muestras ambientales y documentos hisopados.

Los espacios que gestionan patrimonio documental y bibliográfico pueden tener similares niveles de contaminación, pero esto no implica que la composición de la microbiota sea homogénea. Por ello se deben realizar estudios periódicos, que garanticen la salubridad ambiental para todos sus ocupantes.

Los resultados de este estudio nos permitirán incorporar nuevas estrategias de monitoreo y control al Plan Integral de Conservación del AHPC. El Plan incluye acciones sobre el edificio, infraestructura, sistemas, capital humano y sobre las necesidades específicas de los fondos documentales, la corrección y el seguimiento de parámetros evaluables, tienen la finalidad de sanear los riesgos y contribuir a ambientes saludables en el Archivo.

Referencias

Abrusci, C., Marquina, D., Del Amo, A., & Catalina, F. (2007). Biodegradation of cinematographic gelatin emulsion by bacteria and filamentous fungi using indirect impedance technique. *International biodeterioration & biodegradation*, 60(3), 137-143.

Abrusci, C., Martín-González, A., Del Amo, A., Catalina, F., Collado, J., & Platas, G. (2005). Isolation and identification of bacteria and fungi from cinematographic films. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 56(1), 58-68.

- Awad, A. H., & Mawla, H. A. (2012). Sedimentation with the Omeliansky formula as an accepted technique for quantifying airborne fungi. *Polish Journal of Environmental Studies*, 21(6), 1539-1541.
- Bankole, O. M. (2010). A review of biological deterioration of library materials and possible control strategies in the tropics. *Library Review*, 59 (6): 414-429.
- Borrego, S., Guiamet, P., de Saravia, S. G., Batistini, P., Garcia, M., Lavin, P., & Perdomo, I. (2010a). The quality of air at archives and the biodeterioration of photographs. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 64(2), 139-145.
- Borrego, S., Lavin, P., Perdomo, I., Gómez de Saravia, S., & Guiamet, P. (2012). Determination of indoor air quality in archives and biodeterioration of the documentary heritage. *International Scholarly Research Notices*, 2012.
- Borrego, S., Molina, A., & Santana, A. (2017). Fungi in archive repositories environments and the deterioration of the graphics documents. *EC Microbiology*, 11(5), 205-226.
- Borrego S., Perdomo I., Guiamet P., & Gómez de Saravia S. (2010b). Estudio de la concentración microbiana del aire en depósitos del Archivo Nacional de Cuba. *AUGMDOMUS*, 1, 118-137.
- Borrego, S., Pons, V., & Perdomo, I. (2008). La contaminación microbiana del aire en dos depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 39(1), 063-069.
- Calderón, C., Lacey, J., McCartney, A., & Rosas, I. (1997). Influence of urban climate upon distribution of airborne Deuteromycete spore concentrations in Mexico City. *International Journal of Biometeorology*, 40(2), 71-80.
- CEC, Commission of the European Communities (1993). *Indoor Air Quality and Its Impact on Man*, Report No. 12. Biological Particles in Indoor Environment, Luxemburg.

Ellis, M. B. (1971). *Dematiaceus Hyphomycetes*, Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, England, 507 pp.

Florian, ML y Manning, L. (2000). Análisis SEM de manchas irregulares de zorros fúngicos en un libro de 1854: dinámica de poblaciones e identificación de especies. *Biodeterioro y biodegradación internacionales*, 46 (3), 205-220.

Guiamet, P., Borrego, S., Lavin, P., Perdomo, I., & de Saravia, S. G. (2011). Biofouling and biodeterioration in materials stored at the Historical Archive of the Museum of La Plata, Argentine and at the National Archive of the Republic of Cuba. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 85(2), 229-234.

Herrera Aguilar, K., Cóbar, O., Barrios Rodas, R., Píerola Kyllmann, K., Chamalé Contreras, W., Quan Lam, J., ... & Maas Mó, J. (2015). Evaluación de la contaminación del aire por hongos microscópicos en dos colecciones biológicas y dos museos de la ciudad de Guatemala. *Rev. cient.(Guatem.)*, 43-58.

Infante, F., Castro, A., Domínguez, E., Guárdia, A., Méndez, J., Sabariego, S., y Vega, A. (1999). Estudio comparativo de la incidencia de conidios de *Cladosporium* en la atmósfera de cinco ciudades españolas. *Polenio*, 10 , 17-25.

ISO 11799: information and documentation: document storage requirements for archive and library materials (2003). Geneva: ISO.

Mesquita, N., Portugal, A., Videira, S., Rodríguez-Echeverría, S., Bandeira, A. M. L., Santos, M. J. A., & Freitas, H. (2009). Fungal diversity in ancient documents. A case study on the Archive of the University of Coimbra. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 63(5), 626-629.

Michaelsen, A., Pinar, G., Montanari, M. y Pinzari, F. (2009). Biodeterioro y restauración de un libro del siglo XVI mediante una combinación de técnicas convencionales y moleculares: un estudio de caso. *Biodeterioro y biodegradación internacionales*, 63 (2), 161-168.

Oetari, A., Susetyo-Salim, T., Sjamsuridzal, W., Suherman, E. A., Monica, M., Wongso, R., ... & Teja, T. P. (2016). Occurrence of fungi on deteriorated old dluwang manuscripts from Indonesia. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 114, 94-103

Pasquarella, C., Balocco, C., Pasquariello, G., Petrone, G., Saccani, E., Manotti, P., ... y Albertini, R. (2015). Un enfoque multidisciplinario para el estudio de los entornos del patrimonio cultural: experiencia en la Biblioteca Palatina de Parma. *Ciencia del medio ambiente total*, 536, 557-567.

Pastor, P (2016). Normativa de calidad ambiental en interiores. En: Guía de calidad de aire interior. Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comuna de Madrid (Eds.). Disponible en: <https://www.fenercom.com/publicacion/guia-de-calidad-del-aire-interior-2016/>

Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009). *Fungi and food spoilage*. New York: Springer.

Quitral, Y. A. Q., & Solís, R. F. (2015). 69. Aproximación a la identificación de agentes fúngicos en control de biodeterioro. *ph investigación*, (5).

Roussel, S., Reboux, G., Millon, L., Parchas, M. D., Boudih, S., Skana, F., ... & Rakotonirainy, M. S. (2012). Microbiological evaluation of ten French archives and link to occupational symptoms. *Indoor air*, 22(6), 514-522.

Samson, R. A., Hoekstra, E. S., Frisvad, J. C., & Filtenborg, O. (2002). *Introduction to food and airborne fungi*, 6th edn, 2nd print. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht.

Skóra, J., Gutarowska, B., Pielech-Przybylska, K., Stępień, Ł., Pietrzak, K., Piotrowska, M., & Pietrowski, P. (2015). Assessment of microbiological contamination in the work environments of museums, archives and libraries. *Aerobiologia*, 31(3), 389-401.

WHO, World Health Organization (1990). *Indoor air quality: biological contaminants*. WHO Regional Publications European Series No. 31.

WHO, World Health Organization (2009). WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. WHO Regional Office for Europe. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/164348>