

Artículo original

Estudio de la concentración fúngica aérea de los depósitos del Archivo Municipal de Cárdenas, Cuba

Michel García Miniet*, Renier Sánchez Espinosa

Laboratorio de Conservación Preventiva, Archivo Nacional de la República de Cuba. La Habana, Cuba.

Recibido 29 de agosto de 2011; aceptado 22 de marzo de 2012

Resumen: El control de determinados parámetros en ambientes interiores, como la temperatura y humedad relativa, constituye un elemento esencial para la conservación del patrimonio y la preservación de la salud humana, dado el riesgo potencial que implica la presencia de microorganismos en estos ambientes, específicamente los hongos. Los objetivos del estudio fueron determinar la concentración fúngica del aire del Archivo Municipal de Cárdenas (Cuba), realizar la identificación taxonómica de los aislamientos y describir el potencial biodeteriorante y patógeno que representan para el patrimonio documental y la salud humana, respectivamente. Se empleó un biocolelector SAS Super 100 y placas de Petri conteniendo un medio de cultivo adecuado para el muestreo microbiológico; posteriormente se determinó la capacidad biodeteriorante de las cepas. Los valores de concentración fúngica obtenidos en el local 1 fueron extremadamente superiores al compararlo con el local 2, permitiendo clasificar al primero como altamente contaminado. El género fúngico predominante fue *Penicillium*, registrándose 53% y 81,8% en los locales 1 y 2, respectivamente. Todas los aislamientos presentaron marcada actividad celulolítica y producción de ácidos, mientras que el 58% excretó pigmentos al medio, comprobándose la capacidad biodeteriorante de las mismas. Los géneros fúngicos aislados representan patógenos potenciales para la salud humana.

Palabras clave: ambientes interiores, contaminación fúngica, archivos.

Study of airborne fungal concentration at the Archivo Municipal de Cardenas, Cuba

Abstract: The control of certain parameters in indoor environments, such as temperature and relative humidity, constitutes an essential element for the conservation of heritage, and preservation of human health, due to the potential risk implied by the presence of microorganisms in these environments, specifically fungi. The purpose of this study was to determine the airborne fungal concentration at the Archivo Municipal de Cardenas (Cuba), establish the taxonomic identification of isolates and describe the biodeteriorating and pathogenic potential represented for the documentary heritage and human health, respectively. We used a SAS Super 100 biocollector and Petri dishes containing an adequate culture medium for microbiological sampling, and later determined the biodeteriorating capacity of the strains. The fungal concentration values obtained at site 1 were considerably higher than those obtained at site 2, allowing classifying the first one as highly contaminated. The predominant fungal genus was *Penicillium*, registering 53% and 81.8% at sites 1 and 2, respectively. All the isolates presented marked cellulolytic activity and acid production, while 58% excreted pigments to the medium, verifying their biodeteriorating capacity. The fungus genus isolated represents potential pathogens for human health.

Keywords: indoor environments, fungal contamination, archives.

* Correspondencia:

E-mail: michel@quimimpex.minbas.cu

Introducción

El continuo conocimiento y control de las condiciones ambientales existentes en museos, archivos o cualquier depósito destinado a atesorar el patrimonio histórico, constituye hoy en día uno de los elementos más importantes a tener en cuenta en la conservación preventiva de tan preciado legado. La prevalencia de condiciones ambientales

inadecuadas junto a la presencia de elevadas concentraciones microbianas en dichos locales, ha despertado la atención de varios grupos de investigadores y especialistas en el área de conservación de bienes patrimoniales, debido al riesgo que esto implica tanto para la salud humana como para la integridad del patrimonio en ellos resguardados.

Específicamente, la contaminación fúngica es uno de los principales objetos de estudio, dado el elevado potencial

biodeteriorante y patógeno que posee este grupo microbiano [1-6].

Los altos valores de humedad relativa y temperatura existentes en países tropicales, producto de las condiciones climáticas imperantes, favorecen el incremento del polvo y de la concentración de esporas fúngicas en el aire, así como su deposición sobre diferentes sustratos, facilitando el desarrollo de hongos; estos poseen una potente, versátil y adaptable maquinaria metabólica, capaz de digerir un gran número de sustratos, tanto de origen orgánico como inorgánico, propiciando el biodeterioro de los diferentes soportes atesorados en los depósitos [7]. Por otra parte, los hongos cuentan con diferentes estructuras y mecanismos de patogenicidad, que ocasionan padecimientos específicos en el ser humano [8-11].

Numerosos estudios han establecido una estrecha relación entre las condiciones ambientales, la existencia de géneros fúngicos y la incidencia de los mismos en el desarrollo de enfermedades respiratorias [12], lográndose asociar la presencia de los mismos con el desarrollo de síntomas pertenecientes a este tipo de patologías [13,14]. Varios grupos de investigación recomiendan la necesidad de aumentar la frecuencia de estudio de las condiciones ambientales en los locales, en aras de garantizar una referencia medioambiental de los mismos en caso de desastres, así como para obtener un criterio del daño potencial al cual están expuestos tanto el patrimonio como el personal que labora en este tipo de instituciones [15-17].

Por todo lo antes descrito y dada la situación existente en el Archivo Municipal de Cárdenas (AMC) de Cuba, referente a la elevada contaminación presente en el interior de los depósitos de documentos allí existentes, se decidió realizar el estudio de la concentración fúngica aérea del mismo, para lo cual fueron trazados los siguientes objetivos: a) determinar la concentración fúngica del aire del AMC, b) realizar la identificación taxonómica de los hongos aislados, c) estudiar las características fisiológicas para determinar su potencial biodeteriorante, y d) describir brevemente las características patógenas de los principales géneros fúngicos aislados.

Materiales y métodos

Características de los depósitos muestreados: El municipio de Cárdenas ocupa la parte septentrional de la provincia de Matanzas en Cuba: limita al norte con el estrecho de la Florida, al sur con los municipios de Limonar y Jovellanos, al oeste con la cabecera provincial de Matanzas y por el este con los municipios de Martí y Perico.

El AMC se encuentra ubicado al este de este pequeño municipio. Estructuralmente está conformado por dos depósitos de documentos y otros locales destinados a sala de lectura, investigación, servicios sanitarios y recepción de clientes.

Específicamente, los locales utilizados como depósitos consisten en pequeñas áreas sin sistemas de climatización y escasa ventilación, dada la inexistencia de un adecuado flujo

de aire. Ambos depósitos se ubican en el primer piso de la instalación, en el área del patio, protegida por la sombra de altas paredes, donde escasamente incide la luz solar. Es necesario destacar que esta instalación no fue concebida en sus inicios como archivo, si no como casa de vivienda y posteriormente fue adaptada para estos fines, por lo que sus depósitos no cuentan con el diseño adecuado para la conservación de documentos.

Las paredes del interior del local 1 se encuentran revestidas por un material arenoso conocido como canto, muy higroscópico, el cual les confiere una elevada capacidad para absorber y retener agua del ambiente, favoreciendo el incremento de los valores de humedad relativa del local y generando con ello las condiciones propicias para el crecimiento y desarrollo de varios géneros fúngicos. Debido a la poca incidencia de la luz solar en ambos depósitos, las condiciones ambientales resultan favorables para el predominio de valores de humedad inadecuados para la conservación de documentos.

Muestreo de la concentración fúngica en el aire: El muestreo de la concentración fúngica en el aire se realizó mediante el uso de un biolector SAS Super 100, con capacidad de aspiración de 100 L/min, programable según tiempos y volúmenes de aire deseados, además de la posibilidad de realizar barridos de zonas y no solo toma de muestras estáticas en puntos determinados del local a estudiar. El aire aspirado es impactado directamente contra una superficie de agar malta suplementado con NaCl al 7,5% contenido en placas de Petri [3], que se colocan en el interior. Para los aislamientos, las muestras de aire fueron tomadas durante 5 minutos, correspondientes a 500 litros de aire. Dada la posibilidad de movimiento que proporciona este equipo, y la pequeña área que abarcan ambos locales, se decidió realizar el barrido del aire en toda la zona y no la selección de puntos estáticos, según las características particulares de cada depósito. Se realizaron 3 réplicas por cada local. Tras la incubación durante 7 días a 28 °C, se realizó el conteo de los aislamientos fúngicos obtenidos.

Determinación de las unidades formadoras de colonias (UFC) por m³ de aire: El número de microorganismos contados sobre la superficie de las placas necesita ser corregido, por la posibilidad estadística de que múltiples partículas pasen a través del mismo orificio. La fórmula estadística es tomada de las tablas de corrección brindada por el productor del equipo, en el manual de uso, para los dos posibles diámetros de placa a utilizar [18]: 55 mm y 88 mm (se usaron las de 55 mm). Una vez corregido el número de colonias por placas (Pr), este valor puede entonces utilizarse para el cálculo de las UFC por metro cúbico de aire muestreado, mediante la utilización de la siguiente fórmula:

$$X = \frac{Pr \times 1.000 \text{ UFC}}{V} \times 1.000 \text{ litros de aire}$$

Donde: V = volumen de aire muestreado, en este caso

500 L; Pr = número de colonias formadas según factor de corrección para los diferentes tipos de placas utilizadas, en este caso fueron de 55 mm; X = UFC por 1.000 L de aire.

Identificación de las cepas fúngicas aisladas: Se realizó la observación de las características morfológicas de cada colonia y la identificación se llevó a cabo según los manuales de identificación taxonómica [19,20], así como la información que aparece en el Image Bank de la página web The *Aspergillus* Website [21].

Determinación cualitativa de la capacidad celulolítica y la producción de pigmentos de hongos: Para determinar el poder degradativo de la celulosa y la producción de pigmentos de los aislamientos fúngicos, se procedió a sembrarlos en un medio de cultivo cuya composición salina para 1 L es: nitrato de sodio 2 g; fosfato de dipotasio 1 g; sulfato de magnesio 0,5 g; cloruro de potasio 0,5 g; sulfato ferroso 0,01 g; agar 20 g; pH=5.5. Como fuente de carbono se emplearon en un caso una tira de papel de filtro de 4,8 cm de largo por 1 cm de ancho (equivalente a 50 mg de papel de filtro), en otro celulosa cristalina (1%) y como control se empleó glucosa (1%) [22,23]. Los cultivos se incubaron a 28 °C durante 21 días.

Determinación de la producción de ácidos de hongos: Se preparó una suspensión de esporas de cada uno de los aislamientos en estudio, a partir de cultivos realizados en tubos de ensayo conteniendo agar malta; tras 10 días de incubación o en fase de esporulación, se agregó a los mismos 10 mL de agua y perlas estériles con posterior agitación, para homogenización de la suspensión. El ajuste de la concentración se realizó mediante el uso de la cámara de Neubauer y microscopio óptico a una magnificación de 40X, obteniéndose una concentración final de 2×10^5 esporas mL^{-1} . Cada suspensión obtenida se sembró en caldo de cultivo de composición salina similar al empleado anteriormente, pero con glucosa al 1% y el pH se ajustó a 7. Los cultivos se incubaron a la misma temperatura por 3 días y posteriormente se midió el pH del medio de cultivo con la ayuda de un pHmetro.

Resultados y discusión

Analizando los valores promedios de las concentraciones fúngicas obtenidas en cada local, se apreció una marcada diferencia, evidenciándose una elevada contaminación fúngica en el local 1, con un valor de 2.782 UFC/ m^3 con relación al local 2 con 68 UFC/ m^3 , como puede observarse en la tabla 1. Estos resultados se corresponden con los valores de humedad relativa registrados durante el muestreo, siendo significativamente mayores en el local 1, lo cual genera condiciones ambientales adecuadas para el crecimiento y desarrollo de los géneros fúngicos.

En la actualidad no existe un consenso internacional que permita establecer niveles de concentración fúngica para clasificar un ambiente en contaminado o no, aunque existen

Tabla 1. Densidad relativa de géneros fúngicos aislados de los depósitos del AMC.

Depósitos	Concentración media de hongos (UFC/ m^3)	T (°C)	HR (%)
AMC local 1	2788	27,8	79,4
AMC local 2	68	25,3	60,7
Concentración fúngica total	2856		

UFC/ m^3 : unidades formadoras de colonias por metro cúbico; T: temperatura; HR: humedad relativa.

estudios y normativas establecidas por varias instituciones en determinados países o regiones. Las normas dispuestas por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) y el US Public Health Service, recomiendan 200 UFC/ m^3 como un valor límite para bioaerosoles fúngicos en ambientes interiores [24]. Mientras tanto la Unión Europea estableció desde 1998, en las normas técnicas de medición de Baubiologie (Standard of Building Biology Testing Methods and Guidelines, SBM), las 500 UFC/ m^3 como límite a partir del cual se considera un ambiente interior como altamente contaminado, lo cual coincide con lo reportado por otras instituciones e investigadores [25,26]. Instituciones como Healthy Building Internacional y Brazilian Health Ministry establecen como valor límite 750 UFC/ m^3 [27]. Otros autores plantean que un ambiente interior con 300 UFC/ m^3 o más de hongos, se considera contaminado [26,28-30].

Los niveles de concentración fúngica obtenidos en el local 1 superaron ampliamente los valores límites establecidos por las diferentes normativas internacionales, por lo que puede clasificarse como altamente contaminado, a diferencia del local 2.

La detección de bajas concentraciones fúngicas en el aire de estos ambientes interiores, incluso por debajo de los límites establecidos por cualquier norma o legislación, no necesariamente es indicativo de que estos ambientes sean saludables o que no constituyan un riesgo potencial de biodeterioro para nuestras colecciones. Si bien la concentración microbiana es un factor importante, también lo son el grado de patogenicidad y capacidad metabólica de cada aislamiento, así como el grado de inmunidad de los individuos y el tiempo de exposición a este tipo de ambientes, por lo cual se impone realizar la identificación de los microorganismos aislados.

Según se muestra en la tabla 2, dentro de los géneros fúngicos aislados se evidenció un predominio de *Penicillium*, con 53% y 81,8% para los locales 1 y 2 respectivamente, seguido por *Cladosporium* y *Aspergillus*, lo cual coincide con lo reportado en la literatura, donde se establece a estos tres géneros como los principales contaminantes de ambientes interiores [31-35].

La tabla 3 muestra la caracterización fisiológica de las cepas fúngicas aisladas, lo que permitió conocer el riesgo potencial de biodeterioro. Todas las cepas fueron capaces de crecer a expensas del papel de filtro, lo que demuestra

Tabla 2. Predominio de géneros fúngicos en el AMC.

Géneros fúngicos	Densidad relativa %	
	AMC 1	AMC 2
<i>Aspergillus</i>	45,8	12,2
<i>Penicillium</i>	53,0	81,8
<i>Cladosporium</i>	1,2	3,0
<i>Fusarium</i>	-	3,0

que pueden emplear a la celulosa pura como única fuente de carbono. De manera similar, se evidenció que todas las cepas produjeron ácidos, pues propiciaron una disminución significativa del pH del medio de cultivo, lo que demuestra que pueden acidificar el papel de los documentos. El 58% de las cepas fúngicas excretaron pigmentos sobre el papel y en los diferentes medios de cultivo, abarcando tonalidades de color desde el amarillo hasta tonos rojizos. Los resultados obtenidos evidenciaron la capacidad biodeteriorante que poseen los aislamientos fúngicos obtenidos, por lo que su presencia constituye una grave amenaza para las colecciones que se encuentran en los depósitos, mientras que las condiciones ambientales no se correspondan con los valores adecuados para la conservación.

Los hongos pueden generar alteraciones cromáticas sobre los documentos por manchas de diferentes colores, tonalidades y texturas, debido al propio crecimiento micelial y a la excreción de ácidos propios de su metabolismo. Los altamente celulolíticos degradan los componentes estructurales del papel y su principal fuente carbonada, la

celulosa, excretando ácidos orgánicos tales como oxálico, fumárico, succínico y acético, que se encargan de la acidificación del soporte y posterior ruptura de los enlaces entre las moléculas de celulosa, llegando a debilitar la estructura del mismo. De esta manera se evidenció que la potente actividad biodeteriorante de este grupo microbiano puede generar daños estructurales, químicos y cromáticos sobre el patrimonio documental [36-39].

Los hongos, dependiendo del género o la especie, del valor de concentración en el ambiente, así como del grado de inmunidad del individuo y el tiempo de exposición, pueden causar una gran variedad de respuestas adversas en humanos. Existen varias vías de exposición dentro de las que se incluyen el contacto dérmico, la ingestión y la inhalación, las cuales pueden ocasionar un gran número de patologías específicas como rinitis, asma bronquial y alveolitis o neumonitis generalizada.

Estudios inmunológicos han permitido establecer un vínculo entre varios componentes que actúan como indicadores de contaminación fúngica y el desarrollo de reacciones alérgicas. En todas las células fúngicas y sus esporas se encuentran componentes moleculares como el ergosterol y el 1-3 β -D-glucano. Ambos han sido asociados a síntomas respiratorios y de otra índole en un gran número de investigaciones epidemiológicas [40,41].

La producción de compuestos volátiles orgánicos (CVO), durante el proceso de degradación de sustancias para la obtención de nutrientes, constituye la causa del mal olor asociado a la contaminación fúngica en ambientes interiores. La exposición a elevados niveles de CVO ocasiona la

Tabla 3. Actividad celulolítica cualitativa y producción de pigmentos y ácidos por parte de los hongos aislados de los depósitos del AMC.

Cepas	Crecimiento en papel de filtro	Crecimiento en celulosa cristalina	Producción de pigmentos ^a	Crecimiento en glucosa	pH
<i>Aspergillus niger</i>	+++	++	+	+++	5,8
<i>Aspergillus terreus</i>	++	++	-	+++	4,9
<i>Aspergillus flavus</i>	+++	++	+	+++	6,1
<i>Aspergillus clavatus</i>	+++	+	+	+++	5,0
<i>Aspergillus fumigatus</i>	++	+	-	++	4,8
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	+++	+++	-	+++	5,1
<i>Cladosporium sp.2</i>	+++	+	-	+++	3,6
<i>Penicillium chrysogenum</i>	+++	++	+	+++	5,6
<i>Penicillium commune</i>	+++	++	-	+++	4,5
<i>Penicillium citrinum</i>	+++	++	+	+++	5,2
<i>Penicillium sp.1</i>	+++	++	+	+++	6,0
<i>Penicillium sp.2</i>	+++	+	+	+++	5,8
<i>Epicoccum sp.</i>	+	++	-	+++	5,9
<i>Fusarium sp.</i>	+++	+	+	+++	6,7

+++ : crecimiento abundante; ++ : crecimiento moderado; + : crecimiento pobre, también es indicativo de la presencia de pigmento; ± : crecimiento o producción de pigmento muy pobre; - : sin crecimiento y sin producción de pigmento; a : la producción de pigmentos se evidenció sobre la tira de papel de filtro.

irritación de las membranas mucosas así como del sistema nervioso central, desencadenando síntomas como cefalea y dificultades en la concentración [14,42,43].

Existe otro tipo de estructuras fúngicas capaces de generar enfermedades relacionadas con la exposición a ambientes interiores contaminados. Las micotoxinas son metabolitos fúngicos que poseen efectos tóxicos de un amplio espectro y que pueden ocasionar desde ligeras irritaciones de piel y mucosas hasta inmunosupresión y cáncer. Las micotoxinas contenidas en algunas esporas fúngicas pueden ingresar al cuerpo a través del tracto respiratorio mediante la respiración, pudiendo producir manifestaciones neurotóxicas [44]. La piel constituye otro blanco potencial de exposición a las micotoxinas; toxinas de numerosos géneros fúngicos pueden causar severas dermatitis [45].

Las especies del género *Aspergillus* son contaminantes medioambientales muy frecuentes, aunque algunas especies (*A. fumigatus* 85%, *A. flavus* 7%, *A. niger* 3%, *A. terreus* 3%, etc) pueden producir diversas patologías en el ser humano, (otomicosis, queratitis, síndromes tóxicos por aflatoxinas, colonización en cavidades orgánicas y tejidos, diseminaciones sistémicas), denominadas aspergilosis. Se comportan como patógenos oportunistas en pacientes inmunocomprometidos (VIH, transplantados, pacientes oncológicos, etc). Las especies de *Aspergillus* crecen con facilidad y rapidez en casi todos los medios de uso habitual (aunque son sensibles a la actidiona). La mayoría de las cepas patógenas son termofílicas y crecen a 37 °C, pero hay excepciones como *A. glaucus*, que es mesofílica, y requiere temperaturas de 25 °C para desarrollarse [46].

Muchas especies del género *Penicillium* son contaminantes comunes de varios sustratos y son reconocidos como potenciales productores de micotoxinas, aunque raramente se encuentran especies patógenas para el hombre. Sin embargo, varios miembros de este género han sido relacionados con varias infecciones oportunistas como queratitis micóticas, otomicosis y endocarditis. Recientemente han sido reportadas algunas infecciones diseminadas en pacientes con síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA) causadas por *P. marneffeii* [47,48].

El género *Cladosporium* engloba a unas 40 especies, algunas de ellas fitopatógenas y la mayoría saprófitas sobre vegetación o el suelo; algunas de sus especies son capaces de atacar celulosa, pectina y lignina. Es un género de distribución cosmopolita, siendo uno de los taxones más aislados y abundantes en los recuentos aerobiológicos de todo el mundo. En ambientes interiores las especies de *Cladosporium* pueden desarrollarse sobre diferentes superficies en presencia de valores de humedad relativa adecuados. Es ampliamente citado como productor de asma y esporosis; incluso algunas de sus especies actúan como oportunistas y son capaces de intervenir en ciertos procesos micóticos pulmonares, atacar la piel, producir cromoblastomicosis y lesiones neurotrópicas. El mayor interés por estos hongos, desde el punto de vista sanitario, viene dado por la capacidad alergógena de sus conidios, que pueden alcanzar concentraciones muy altas en la atmósfera,

tanto en interiores como en exteriores de edificaciones. Según los datos facilitados por la Unidad de Alergia del Hospital Reina Sofía de Córdoba (España), *Cladosporium* es el tercer alérgeno fúngico en importancia después de *Alternaria* y *Aspergillus*; de los pacientes sensibles a hongos, el 22% lo son a este taxón [49].

Las especies del género *Fusarium* son hongos filamentosos, hialinos, septados que pertenecen al grupo de los agentes de las hialohifomicosis. *Fusarium sp.* es reconocido principalmente como saprófito del suelo y patógeno de plantas. En los seres humanos causa infecciones localizadas, como queratitis, especialmente en personas inmunocompetentes, e infecciones diseminadas con compromiso multisistémico en pacientes inmunocomprometidos [50].

Conclusiones

Debido a la marcada actividad celulolítica, producción de ácidos y excreción de pigmentos, evidenciada en prácticamente todos los aislamientos fúngicos recolectados de los locales del AMC, se comprobó que poseen una elevada capacidad biodeteriorante, representando un riesgo para la conservación del patrimonio cultural, así como para la salud humana.

Referencias

- Toivola M, Alm S, Reponen T, Kolari S, Nevalainen A. Personal exposure and microenvironmental concentration of particles and bioaerosols. *J Environ Monit.* 2002; 4:166-74.
- Ruga L, Bonfiglio T, Orlandi F, Romano B, Fornaciari M. Analysis of the potential fungal biodeteriogen effects in the "Doctorate Library" of the University of Perugia, Italy. *Grana.* 2008; 47:60-9.
- Pinheiro A, Filomena M. Risk assessment: a comparative study of archive storage rooms. *J Cult Herit.* 2009; 10:428-34.
- Shirakawa MA, Beech IB, Tapper R, Cincotto MA, Gambale V. The development of a method to evaluate bioreceptivity of indoor mortar plastering to fungal growth. *Int Biodet Biodeg.* 2003; 51:83-92.
- Sterflinger K. Fungi: their role in deterioration of cultural heritage. *Fung Biol Rev.* 2010; 24:47-55.
- Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER). Preliminary report on risk assessment on indoor air quality. European Commission 2007. Disponible en: http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scher/docs/scher_o_048.pdf. Acceso 20 de enero de 2011.
- Florian MLE. Aseptic technique: a goal to strive for in collection recovery of moldy archival materials and artifacts. *J Am Inst Conserv.* 2000; 39:107-15.
- Valentín N, Vaillant M, Guerrero H. Programa de control integrado de plagas en bienes culturales de países de clima mediterráneo y tropical. *Apoyo.* 1997; 7:13-5.
- Mateus J, Peña D, Peña G, Rojas A, Rojas J, Zambrano S y col. Seguimiento y control de biodeterioro microbiológico en documentos de interés histórico en el Archivo General de La Nación. *Universitas Scientiarum.* 2004; 9:37-46.
- Allshop D, Seal KJ, Gaylarde C, editors. Introduction to

- biodeterioration. 2ed. United States of America: Cambridge University Press; 2004.
11. EMLab P&K. Fungal Library. Disponible en: <http://www.emlab.com/app/fungi/Fungi.po>. Acceso 20 de enero de 2010.
 12. Bornehag C, Blomquist G, Gyntelberg F, Jarvholm B, Malmberg P, Nordvall L. Dampness in buildings and health. Nordic interdisciplinary review of the scientific evidence on associations between exposure to "dampness" in buildings and health effects (NORDDAMP). *Indoor Air*. 2001; 11:72-8.
 13. Storey E, Dangman KH, Schenck P, De Bernardo RL, Yang CS, Bracker A, Hodgson MJ, editors. Guidance for clinicians on the recognition and management of health effects related to mould exposure and moisture indoor. 1st edition. Connecticut: University of Connecticut Health Center; 2004. Disponible en: <http://www.oehc.uhc.edu/clinserv/MOLD%20GUIDE.pdf>. Acceso 20 de enero de 2010.
 14. Nevalainen A, Morawska L, editors. Biological agents in indoor environments. Assessment of health risks. Queensland: Queensland University of Technology; 2009. Disponible en: <http://www.ilaqh.qut.edu.au/Misc/BIOLOGICAL%20AGENTS%202009.pdf>. Acceso 20 de junio de 2010.
 15. Anderson JB. European heritage, conservation and health: the Danish experience. In: Proceedings of the International Society for the Built Environment Conference (ISBE). Trinity College. Dublin, Ireland. 2003. pp 23-47.
 16. Singh J. European heritage conservation and environmental monitoring: making informed decisions. In: Proceedings of the International Society for the Built Environment Conference (ISBE). Trinity College. Dublin, Ireland. 2003. pp: 12-54.
 17. Florian MLE. Fungal Facts. Solving fungal problems in heritage collections. London: Archetype Publications Ltd; 2002.
 18. SAS SUPER 100™. Microbiological monitoring of the environment. Instruction manual. Milan, Italy: International Pbi Spa. Rev 2.0/17.01.2001.
 19. Barnett HL, Hunter BB. Illustrated genera of imperfect fungi. 3rd edition. Minneapolis: Burgess Publishing Co.; 1987.
 20. Pitt JI. A laboratory guide to common *Penicillium* species. 3rd edition. North Ryde, Australia: Food Science Australia; 2000.
 21. The *Aspergillus* Website. *Aspergillus* image bank. Disponible en: <http://www.aspergillus.man.ac.uk/indexhome.htm>. Acceso 15 de enero 2011.
 22. Rautela GS, Cowling EB. Simple culture test for relative cellulolytic activity of fungi. *Appl Microbiol*. 1986; 14:892-8.
 23. Green CF, Scarpino, PV, Gibbs SG. Assessment and modeling of indoor fungal and bacterial bioaerosol concentrations. *Aerobiologia*. 2003; 19:159-69.
 24. Threshold limits values for physical agents committee. Operations manual. 1st edition. Cincinnati, Ohio: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)®; 2005. Disponible en: http://www.acgih.org/TLV/TLV-PAC_Ops_Man_2006-2-9.pdf. Acceso 5 de febrero de 2011.
 25. World Health Organization. Regional Office for Europe. Indoor air quality: biological contaminants: report on a WHO meeting, Rautavaara, 29 august-2 september 1988. European series N° 31. Copenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe; 1990.
 26. Reponen T, Nevalainen A, Jantunen M, Pellikka M, Kalliokoski P. Normal range criteria for indoor air bacterial and fungal spores in a subarctic climate. *Indoor Air*. 1990; 2:26-32.
 27. Rao CY, Buerge HA, Chang JCS. Review of quantitative standards and guidelines for fungi in indoor air. *J Air Waste Manag Assoc*. 1996; 46:899-908.
 28. Commission of the European Communities Working group 5. Verhoeff A, editor. Report N° 12. Biological particles in indoor environments. EUR 14988. Luxembourg, Brussels: Office for Official Publications of the European Communities; 1993. Disponible en: http://www.inive.org/medias/ECA/ECA_Report12.pdf. Acceso 5 de febrero de 2011.
 29. Standard of Building Biology Testing Methods and Guidelines (SBM). Neubeuern, Germany: Baubiologie, Maes/IBN; 2003. Disponible en: http://www.baubiologie.de/downloads/english/SBM2003_engl_neu.pdf. Acceso 5 de febrero de 2011.
 30. Kolwzan B, Adamiak W, Grabas K, Pawelczyk A. Introduction to Environmental Microbiology. 1st edition. Wrocław, Poland: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej; 2006.
 31. Beguin H, Nolar N. Mould biodiversity in homes, I. Air and surface analysis of 130 dwellings. *Aerobiologia*. 1994; 10:157-66.
 32. Reponen T. Aerodynamic diameters and respiratory deposition estimates of viable fungal particles in mould problem dwellings. *Aero Sci Tech*. 1995; 22:11-23.
 33. Li DW, Kendrick B. A year-round study of fungal relationships of airborne fungi and meteorological factors. *Int J Biometeorol*. 1995; 39:74-80.
 34. Hartung C, Rodrigues PP. Frecuencia de hongos en el ambiente de dos bibliotecas en Venezuela. *Bol Soc Ven Microbiol*. 1996; 16:11-2
 35. Medrela-Kuder E. Seasonal variations in the occurrence of culturable airborne fungi in outdoor and indoor air in Cracow. *Int Biodet Biodeg*. 2003; 53:203-5.
 36. Vaillant M, Valentín N. Principios básicos de la conservación documental y causas de su deterioro. Madrid, España: Ministerio de Educación y Cultura. Instituto del Patrimonio Histórico Español; 1996.
 37. Florian MLE. The four components of biodeterioration and preservation of our collective memory. In: International symposium: Choices and strategies for preservation of the collective memory. Dobbiaco, Toblach, Italy, 2003. Disponible en: <http://www.uin-muenster.de/Forum-Bestandserhaltung/kons-restaurierung/sch-florian.shtml>. Acceso: 6 de mayo de 2011.
 38. Martínez P. Determinación de la acidez producida por hongos contaminantes en bienes culturales. *Boletín Patrimonio y Desarrollo*. 2003; 9:3-11.
 39. Hidalgo Y, Borrego S. Aislamiento y caracterización de hongos en documentos de la Biblioteca Nacional "José Martí". *Revista Bibliotecas*. 2006. Disponible en: http://www.bnjm.cu/rev_biblioteca/bibliotecas_2006/pages/articulo6.htm. Acceso 12 de mayo 2011.
 40. Rylander R. Microbial cell wall constituents in indoor air and their relation to disease. *Indoor Air Suppl*. 1998; 4:59-65.
 41. Gorny RL, Reponen T, Willeke K, Schmechel D, Robine E, Boissier M, Grinshpun SA. Fungal fragments as indoor air biocontaminants. *Appl Environ Microbiol*. 2002; 68:3522-31.
 42. Levetin E. Bioaerosols in agricultural and outdoor setting. In: *Encyclopedia of Environmental Microbiology*. Bitton G,

- editor. New York: John Wiley and Sons; 2002. pp: 404-417.
43. Gallup D. Health Risks due to inhalation of fungal mycotoxins. The Environmental Reporter EMLab™. A Technical Newsletter for IAQ Professionals. 2006. Disponible en: <http://www.emlab.com/s/sampling/env-report-07-2006.html>. Acceso 9 de febrero de 2011.
 44. Croft WA, Jarvia BB, Yatawara CS. Airborne outbreak of trichothecene toxicosis. Atmosph Environ. 1986; 20:549-52.
 45. Mold and biological contamination. Eagle Industrial Hygiene Associates, Inc. Disponible en: http://www.eagleih.com/new_services_ih_mold.html.
 46. The *Aspergillus* website. Medical Information. Disponible en: <http://www.aspergillus.org.uk>. Acceso 9 de febrero 2012.
 47. Mycology Online Website. *Penicillium sp.* Disponible en: <http://www.mycology.adelaide.edu.au>. Acceso 9 de febrero 2012.
 48. Bharathi M. *Penicillium marneffeii*, AIDS defining illness. Dermatol Online. 2011; 2: 58-60.
 49. Aeromicrología de Córdoba. *Cladosporium*. Disponible en <http://www.uco.es/aerobiologia/hongos/cladospo.htm>. Acceso 9 de febrero de 2012.
 50. Olivares R, Alfaro J, Díaz MC, Thompson L. Fusariosis diseminada por *Fusarium oxysporum* en un paciente adulto con leucemia mieloide aguda y neutropenia severa febril. Rev Chil Infect. 2005; 22:356-60.