

# RELACIÓN ENTRE LA MICROBIOTA AEREA AISLADA EN DEPÓSITOS DEL ARCHIVO NACIONAL DE LA REPÚBLICA DE CUBA Y LA DETECTADA SOBRE DOCUMENTOS ESPECIALES.

Sofía Borrego Alonso e Ivette Perdomo Amistad

Laboratorio de Conservación Preventiva. Archivo Nacional de la República de Cuba. (ANC) CITMA. Compostela n° 906, esquina a San Isidro, CP 10100, Habana Vieja, Ciudad de La Habana, Cuba. E-mail: [sofia@arnac.cu](mailto:sofia@arnac.cu)

## RESUMEN

Actualmente el estudio de la microbiota en ambientes interiores es de interés para los especialistas, porque los microorganismos pueden provocar afectaciones a la salud de las personas y ser causantes del biodeterioro de colecciones valiosas. Los objetivos de este estudio fueron: i) determinar la microbiota del aire en dos depósitos del Archivo Nacional de Cuba (Fototeca y Mapoteca) y los niveles de contaminación microbiana sobre fotos y mapas, ii) realizar la caracterización fisiológica de los hongos y las bacterias aislados y iii) describir brevemente las características patogénicas de los microorganismos identificados. Para el análisis microbiológico del aire se empleó un método de sedimentación y para la toma de muestra de documentos se usó el hisopado. Se obtuvieron concentraciones microbianas elevadas en el aire de los dos locales y en particular, los niveles de bacterias fueron significativamente altos. Los géneros fúngicos que predominaron en el aire de los depósitos fueron *Aspergillus*, *Cladosporium* y *Penicillium*, coincidiendo de manera general con los hallados sobre los documentos. La mayoría de los hongos aislados degradaron la celulosa y produjeron pigmentos y ácidos. Con relación a las bacterias del aire se pudo detectar que predominaron las Gram positivas en los locales y entre los géneros identificados se encontraron, *Streptomyces*, *Bacillus*, *Streptococcus* y *Staphylococcus*. De los documentos se pudieron aislar los géneros fúngicos *Aspergillus*, *Penicillium* y *Talaromyces helicus* (teleomorfismo de *Penicillium*) que por su difícil aislamiento, resulta un hallazgo novedoso, y las bacterias *Bacillus* y *Streptomyces*, con conocida actividad proteolítica y/o celulolítica. Las bacterias y los hongos aislados son capaces de producir enfermedades. En el Archivo Histórico del Museo de La Plata los valores fueron más bajos.

## INTRODUCCION

En los ambientes exteriores e interiores se encuentran un gran número de partículas de diferente origen, forma y tamaño suspendidas en el aire, ellas constituyen el aerosol atmosférico. Se pueden clasificar de diferentes formas, teniendo en cuenta el origen (biológico, orgánico, inorgánico), la localización (marina, continental, rural, industrial, urbana) y el efecto que pueden causar sobre las superficies en que se depositan (químico, tóxico, patogénico, degradativo). Entre las partículas de origen biológico se

encuentran bacterias, esporas fúngicas, algas, virus, protozoos, granos de polen, etc. (Mandrioli, 2000).

Dentro de los componentes de esas partículas, se encuentra el polvo, el cual se deposita sobre documentos, libros y otros objetos y varía en cantidad y calidad en dependencia de la situación del edificio, de las actividades que ocurran en su interior, de la estación del año y del estado de conservación de libros, documentos y objetos (Maggi *et al*, 2000). El polvo puede ser fuente de nutrientes para algunos insectos y hongos y crea un micro ambiente sobre las superficies de las colecciones impidiendo el flujo normal del aire sobre ellos, lo que facilita que las áreas superficiales absorban gran cantidad de humedad, favoreciendo la proliferación de plagas (Florian, 1997).

Por otro lado, los microorganismos pueden ser transportados por las partículas de polvo hacia el interior de locales a través de los sistemas de ventilación y los visitantes (Gallo *et al*, 1996; Vaillant y Valentín, 1996). La colonización y el crecimiento sobre la superficie de los objetos que se encuentran en el interior de los locales, también puede ser una importante fuente de contaminación del aire de los mismos (Petushkova y Kandyba, 1999).

En condiciones ambientales apropiadas, la microbiota del aire puede coexistir con las colecciones de valor histórico y con las personas en un ecosistema específico sin causar grandes daños. Sin embargo, al producirse un incremento de la temperatura y la humedad relativa, los microorganismos pueden tener efectos negativos sobre las colecciones, acelerándose el biodeterioro (Nugari and Roccardi, 2001; Florian, 2002, 2003; Pinzari *et al*, 2004), y en la salud de las personas (Toivola *et al*, 2002; Eagle Industrial Hygiene Associates, 2004), de ahí que para los especialistas tiene gran interés el conocimiento de los niveles de microorganismos en el aire del interior de los locales y en particular, en países de clima tropical.

Los hongos, a diferencia de las bacterias, están considerados los organismos de mayor importancia como agentes biodeteriorantes de la materia orgánica, pues además de producir enzimas extracelulares, presentan estructuras somáticas llamadas hifas que ejercen presión mecánica sobre el soporte produciéndole debilitamiento. La mayoría de los hongos presentes en los ambientes internos son saprofitos, pues obtienen los nutrientes para su metabolismo de materiales muertos, materia inorgánica u orgánica tales como madera, papel, pintura, suelo, polvo, piel, alimentos, etc.

Los problemas de biodeterioro alcanzan gran importancia económica y social cuando los sustratos colonizados pertenecen al patrimonio cultural (Guamet *et al*, 2006).

Los objetivos de este estudio fueron: i) determinar la microbiota del aire en dos depósitos del Archivo Nacional de Cuba (Fototeca y Mapoteca) y los niveles de contaminación microbiana sobre fotos y mapas, ii) realizar la caracterización fisiológica de los hongos y las bacterias aislados y iii) describir brevemente las características patogénicas de los microorganismos identificados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Muestreo microbiológico ambiental

En los depósitos del Archivo Nacional de Cuba (ANC), se expusieron placas de Petri abiertas a 3 m aproximadamente del piso durante 5 minutos en cinco puntos diferentes para la Mapoteca y en dos puntos para la Fototeca, las mismas contenían los medios Agar Malta (BIOCEN, Cuba) + NaCl (7,5 %) para el aislamiento de hongos y Agar Nutritivo (BIOCEN, Cuba) para bacterias. Posteriormente las placas que contenían Agar Nutritivo se incubaron a 30°C por 72 h y las de Agar Malta a 25 °C durante 7 días.

### Determinación de las unidades formadoras de colonias por m<sup>3</sup> de aire

Una vez concluida la incubación de las placas, se contaron las colonias fúngicas y bacterianas emergentes en los medios de cultivo, y se determinaron las unidades formadoras de colonia por m<sup>3</sup> de aire (UFC/m<sup>3</sup>), teniendo en cuenta la ecuación descrita por Omeliansky (Análisis Ambiental, Norma Ramal de la Pesca NRP-201, 1987).

$$\text{Número de UFC/ m}^3 \text{ de aire} = \text{Número de colonias} \times \text{factor K}$$

Donde: Número de colonias, equivale a la media total de las colonias que se contabilizaron por depósito y factor K, en un caso es igual a 100 y en otro igual a 80, pues son los factores que se emplean para placas Petri de 8 y 9 cm de diámetro, respectivamente, que fueron las usadas en los muestreos.

### Aislamiento de microorganismos de fotografías y mapas

La toma de muestras de fotos y mapas se realizó con la técnica del hisopado en forma aséptica (Rempel, 1987). Los hisopos fueron lavados con solución fisiológica estéril, la muestra se homogeneizó y se procedió al cultivo de la misma.

#### a. Recuento de bacterias aeróbicas totales

En Agar nutritivo se sembraron diluciones adecuadas de cada muestra proveniente de los diferentes materiales y se incubaron a 30 °C durante 24-48 h al cabo de las cuales se realizó el recuento en placa de las colonias.

#### b. Ausencia /Presencia de Bacterias reductoras de sulfato

En medio de Postgate B se sembraron alícuotas de las muestras proveniente de los diferentes materiales y se incubaron a 28 °C durante 15 días hasta evidenciar ennegrecimiento del medio (Postgate, 1979). En algunos casos se realizaron recuentos por la técnica de dilución por extinción o de las diluciones seriadas (Madigan *et al.*, 2004).

#### c. Ausencia /Presencia de bacterias reductoras de sulfito (*Clostridium* sp.)

Alícuotas de las muestras provenientes de los diferentes materiales se sembraron en medio diferencial reforzado para *Clostridium* (DRCM) y se incubaron a 28 °C durante 15 días hasta evidenciar ennegrecimiento del medio. En algunos casos se realizaron recuentos por la técnica del Número Mas Probable (NMP), (Madigan *et al.*, 2004).

#### **d. Recuento de hongos y levaduras**

En Agar Malta se sembraron diluciones adecuadas de cada muestra proveniente de los diferentes materiales y se incubaron a 25 °C durante 5 días al cabo de los cuales se realizó el recuento en placa (Madigan *et al.*, 2004).

#### **Identificación de microorganismos aislados.**

Para la identificación de bacterias se realizaron coloraciones de Gram y pruebas bioquímicas convencionales descritas en el Manual de Bergey (1984, 1986). Para el caso de las colonias de hongos, se observaron sus características culturales y morfológicas y la identificación taxonómica se realizó según manuales de identificación de hongos (Barnett and Hunter, 1987; Raper and Fennell, 1965), así como la información que aparece en el Image bank (2006) de la página The *Aspergillus* Website y la guía para identificar *Penicillium* que propone Pitt (2000).

#### **Determinación de la distribución relativa (frecuencia de aparición) de las colonias**

Este análisis se realizó de acuerdo a Smith (1980) donde:

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{No. de colonias del género o especie}}{\text{No. total de colonias de todos los géneros o especies}} \times 100$$

#### **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 las cepas fúngicas aisladas, se procedió a sembrarlos en un medio de cultivo cuya composición salina es la misma a la del medio Agar Czapek, sólo que la fuente de carbono de este medio que es sacarosa fue sustituida, en un caso por una tira de papel de filtro, en otro caso por celulosa cristalina (1%) y en el control por glucosa (1%). Los cultivos se incubaron a 28 °C durante 21 días (Borrego *et al.*, 2005).

#### **Determinación de la producción de ácidos de hongos**

Una suspensión de esporas de las cepas de hongos seleccionadas anteriormente se sembró en el caldo de cultivo de composición similar al Caldo Czapek pero con Glucosa al 1% y con el pH ajustado a 7. Los cultivos se incubaron a la misma temperatura por tres días y posteriormente se midió el pH del medio (Borrego *et al.*, 2005).

## **RESULTADOS**

#### **Niveles de contaminación microbiana ambiental en los depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba (ANC)**

En la tabla 1 se pueden observar las concentraciones fúngicas y bacterianas alcanzadas en los depósitos estudiados, donde los valores medios para la Mapoteca fueron de 78 y 638,6 UFC/m<sup>3</sup> respectivamente, en tanto que para la Fototeca, fueron muy superiores (260,7 y 2148,7 UFC/m<sup>3</sup>, respectivamente).

Al comparar estos valores con la escala de Omeliansky, se aprecia que para los hongos los niveles son menores que 500 UFC/m<sup>3</sup> en ambos locales por lo que los ambientes se clasifican como NO CONTAMINADOS, mientras que para las bacterias son mayores de 1500 UFC/m<sup>3</sup> por lo que los ambientes se clasifican como ALTAMENTE CONTAMINADOS.

#### **Caracterización microbiana. Géneros fúngicos aislados del aire en ambos archivos**

La densidad relativa de los géneros aislados mostró que *Aspergillus* resultó ser el género fúngico que predominó en el aire de la Fototeca (41.3%) en tanto que *Penicillium* predominó en el aire de la Mapoteca (40%) (Figura 2). Como en la Fototeca prevaleció el género *Aspergillus*, se realizó la identificación hasta especies de las cepas pertenecientes a este género debido a que posee especies de interés clínico.

Se pudo apreciar (Figura 3) que la especie que prevaleció en los dos depósitos fue *Aspergillus niger* (*A. niger*), así mismo en la Fototeca también se detectaron niveles superiores de las especies de *Aspergillus flavus* (*A. flavus*) y *Aspergillus fumigatus* (*A. fumigatus*) que son especies de mayor interés clínico (Latgé, 1999; Gost *et al*, 2003; Ellis, 2006)

Al caracterizar fisiológicamente las cepas fúngicas aisladas, se obtuvo que la mayoría de los hongos analizados fueron capaces de crecer a expensas del papel de filtro como única fuente de carbono (celulosa amorfa, de más fácil asimilación) y de la celulosa cristalina (de difícil asimilación), lo que indica que presentan actividad celulolítica (Tabla 2). Así mismo, todas las cepas produjeron ácidos, pues provocaron una disminución significativa del pH del medio de cultivo, y la mayoría excretaron diferentes pigmentos sobre el papel, abarcando colores desde el amarillo hasta el carmelita intenso pasando por el naranja y tonos rojizos.

La tabla 3 resume las afectaciones que los hongos pueden provocar al hombre.

#### **Géneros bacterianos aislados del aire en ambos locales**

En cuanto a las bacterias aisladas, pudimos apreciar que las características morfológicas de las colonias fueron muy variadas. El comportamiento ante la tinción de Gram también fue variado y se muestra en la Tabla 4. El predominio de bacterias Gram positivas en la Fototeca fue de 92% (entre cocos y bacilos), mientras que en la Mapoteca predominaron las bacterias Gram negativas con un 77% entre cocos y bacilos.

Entre las bacterias Gram positivas se aislaron *Staphylococcus* sp., *Streptococcus* sp., *Bacillus* sp., y *Streptomyces* sp. Dentro de las Gram negativas se identificaron *Serratia* sp., *Serratia marcescens* y *Enterobacter agglomerans*.

La tabla 5 resumen las afectaciones que las bacterias detectadas pueden provocar al hombre.

#### **Niveles de contaminación microbiana detectados en mapas y fotografías**

Los niveles de microorganismos aislados de las fotografías y los mapas seleccionados al azar se muestran en la tabla 6. Como se aprecia se aisló una mayor concentración de bacterias viables que de hongos. Estos resultados muestran correlación con los niveles

bacterianos detectados en el aire de los depósitos (Tabla 1) ya que la concentración bacteriana es significativamente superior a la fúngica.

Las características fisiológicas que mostraron las cepas bacterianas que se aislaron fueron diversas (Tabla 7) lo que evidencia la variabilidad de la población que coloniza a estos documentos, aunque se demuestra que la microbiota presente en las fotos y mapas es coincidente con algunos géneros aislados del aire.

La tabla 8 muestra los diferentes tipos de microorganismos que se aislaron de las fotos y los mapas. Como se puede apreciar dentro de los hongos, *A. niger* se aisló de todos los documentos, mientras que *A. flavus* sólo no se aisló de una fotografía (F1). Así mismo *Penicillium* sp se aisló de una foto (F2) y *Talaromyces helicus* Benjamín var. *major* (teleomorfismo de *Penicillium*) sólo se halló en un mapa (M2).

## DISCUSIÓN

Al analizar la concentración microbiana del aire de la Fototeca y la Mapoteca podemos apreciar que es variable y resultó significativamente mayor para la Fototeca, por lo que de acuerdo a Omeliansky, el ambiente de se considera ALTAMENTE CONTAMINADOS para bacterias. Estas consideraciones coinciden con reportes más recientes, que plantean que por encima de 1000 UFC/m<sup>3</sup> los ambientes se consideran contaminados (Indoor Air Quality, 2000; Eagle Industrial Hygiene Associates, 2004; Cassares, 2007), aunque aún no existe una normativa internacional que establezca los límites para clasificar a un ambiente interior de contaminado o no.

A pesar de lo antes expuesto, los niveles de hongos detectados en los depósitos del ANC fueron bajos, y esto pudo deberse a que existen algunas de las esporas fúngicas que son muy livianas y por tanto su sedimentación es difícil, incluso se plantea que esporas  $\leq 5 \mu\text{m}$  requieren vientos mayores de 25 m/seg para que puedan sedimentar (Leventin, 2002). Sin embargo, las células bacterianas generalmente se encuentran depositadas sobre el polvo que al sedimentar sobre las placas de Petri, las arrastran. Concentraciones microbianas similares fueron detectadas en Cuba en ambientes interiores de viviendas, archivos, bibliotecas y museos que han sido muestreados con biocolectores (Rojas & Martínez, 2000; Pons & Rojas, 2003; Borrego, 2005). Sin embargo, en estudios previos que se realizaron en otros depósitos del ANC utilizando un aeroscopio como biocolector, se encontraron niveles de contaminación microbianas significativamente menores (Vaillant *et al.*, 1989). Esto demuestra i) la necesidad de realizar muestreos sistemáticos para conocer la variabilidad de la microbiota, y ii) que esa elevada contaminación del aire de los depósitos pudiera deberse a que el ambiente que rodea al ANC posee una elevada contaminación microbiana que se introduce en los depósitos a través de los conductos de ventilación natural.

Resultados similares han sido obtenidos por otros autores con relación a los géneros fúngicos aislados del aire en los locales estudiados (Figura 1), así como las características fisiológicas de las cepas de degradar celulosa, producir pigmentos y ácidos (Tabla 3). (Martínez, 2003; Borrego *et al.*, 2005; Hidalgo & Borrego, 2006).

En lo referente a las potencialidades patogénicas de especies fúngicas (Tabla 4), existe una gran cantidad de publicaciones que refieren estos aspectos (Chapman, 2006; Gallup, 2006). En particular, el género *Aspergillus* es uno de los de mayor interés clínico pues posee especies que son capaces de provocar una gran cantidad de afectaciones a las personas tales como alergias de Tipo I (hipersensibilidad inmediata o rinitis

alérgica seguida de ataques de asma), sinusitis, otitis, keratitis y pueden ocasionar hasta aspergilosis severas (Latgé, 1999; Gost *et al.*, 2003). Dentro de ellas *A. fumigatus* y *A. flavus*, especies que fueron encontrados en los depósitos del ANC (Figura 2), son las más patogénicas (Denning, 2006; Ellis, 2006; del Palacio *et al.*, 2007; Hedayati *et al.*, 2007), de ahí la necesidad de mejorar las condiciones de ventilación de la Fototeca del ANC y de realizar muestreos microbiológicos sistemáticos en estos ambientes.

Con relación a las bacterias ambientales (Tabla 5) se observó un predominio de las Gram positivas (entre cocos y bacilos) en ambos archivos y en los depósitos del ANC se destaca además, un 1% a 8% de cepas de *Streptomyces* sp., género que se considera desde 1988 uno de los más importantes con relación a los riegos laborales (Dutkiewicz *et al.*, 1988; Jussila *et al.*, 2001; Reponen *et al.*, 2001; Hirvonen *et al.*, 2002). Asimismo, los niveles de bacterias Gram negativas detectadas fue mucho menor en la mayoría de los depósitos, a excepción de la Mapoteca que presentó un total del 77 % de este tipo de bacterias.

Otros autores han reportado niveles altos de bacterias Gram positivas en ambientes interiores (Indoor Air Quality, 2000; Tsai & Macher, 2005). Independientemente del aporte microbiano provocado por la penetración del polvo a los ambientes interiores, se plantea que las bacterias Gram positivas también pueden ingresar al interior de los locales, como consecuencia de la actividad del hombre, ya que muchas de ellas pueden formar parte de la piel y las mucosas del organismo (Zhu *et al.*, 2003). Asimismo, pueden ser transportadas por los zapatos de la personas y por el polvo que se encuentra suspendido en el piso y que se remueve cuando las personas caminan sobre él (Goh *et al.*, 2000)

Entre las bacterias Gram positivas se aislaron cepas de *Staphylococcus* sp., *Streptococcus* sp., *Bacillus* sp. y *Streptomyces* sp. Dentro de las Gram negativas se identificaron *Serratia* sp., *Serratia marcescens* y *Enterobacter agglomerans*. Los géneros *Bacillus*, *Serratia*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, y *Streptomyces* han sido aislados por otros autores en ambientes de archivos (Valentín *et al.*, 1997). Sin embargo, en toda la literatura consultada no se encontraron reportes de la presencia del género *Enterobacter* para este tipo de ambiente y puede constituir un riesgo significativo para la salud (Commission of the European Communities, 1993; Yang, 2004; Air Quality Sciences, 2007) (Tabla 8).

Con relación a *Bacillus* se ha publicado que niveles altos de especies del género en el aire de interiores son generalmente indicativo de daños provocados por el agua o por la necesidad de realizar un mantenimiento constructivo en el edificio (Indoor Air Quality, 2004). La causa de la existencia de este género bacteriano en la Fototeca (2.7%) se corresponde precisamente con la necesidad de realizar una reparación del sistema de ventilación al que se le deben colocar filtros apropiados que impidan la entrada del polvo.

Con relación a los aislamientos microbianos de fotografías y mapas (Tabla 7) se pudo observar que fue posible aislar bacterias y hongos viables de la superficie de estos documentos. Asimismo, se pudo detectar diferencias en las concentraciones microbianas, pues los niveles bacterianos fueron superiores que los fúngicos, cuestión que se corresponde con las concentraciones ambientales de estos grupos microbianos (Tablas 1 y 2). Por otro lado, las concentraciones de bacterias en M2 (mapa en seda) y F3A (foto en seda) mostraron los valores mayores, en tanto que los niveles de hongos

fueron menores al resto de los documentos analizados en el ANC; sin embargo, los hongos prevalecieron sobre los documentos de papel y cristal (M1, F1, F2, F3, F4).

Se realizó la caracterización fisiológica de las bacterias aisladas de fotos y mapas (Tabla 8) y se evidenció que los niveles de bacterias proteolíticas detectadas sobre M2 y F3A fueron significativamente más elevadas que las que se obtuvieron en los otros documentos. Esto puede deberse a que la seda al ser de naturaleza proteica, facilita el mantenimiento y desarrollo de este tipo de microorganismo. También fue posible aislar altas concentraciones de bacterias amilolíticas de todos los documentos analizados. Asimismo se detectó la presencia de bacterias acidificantes y reductoras de sulfito (*Clostridium*) en F1, F3A y F4, que tiene una marcada actividad proteolítica.

Con relación al predominio bacteriano (Tabla 9), se evidenció que prevalecieron las Gram positivas, lo que demuestra nuevamente una estrecha correlación con el ambiente (Tabla 5). Resultados similares obtuvieron Abrusci *et al.* (2005) al muestrear filmes de diferentes archivos de España.

Dentro de las cepas identificadas se encontraron los géneros *Bacillus*, *Clostridium* y *Streptomyces*.

*Bacillus* sp. es una bacteria que puede degradar un amplio rango de sustratos dado a sus características fisiológicas (Claus & Berkeley, 1986) y la mayoría de las especies producen endosporas que son altamente resistentes a condiciones ambientales extremas, a los antibióticos, desinfectantes y otras sustancias químicas, por lo que además son fáciles de diseminar. Por otro lado, se ha reportado que durante el proceso de fabricación del papel de fotografía, el género *Bacillus* puede contaminar la gelatina que forma parte de la emulsión (Stickley, 1986). Mas recientemente, se demostró que muchas bacterias podían colonizar la gelatina durante el proceso de fabricación del papel de fotografía, y aunque *Bacillus* fue el género predominante, se identificaron bacterias no esporuladas de diversas especies pertenecientes a los géneros *Salmonella*, *Kluyvera*, *Pseudomonas*, *Enterococcus*, *Streptococcus* y *Staphylococcus* (De Clerck & De Vos, 2002) que pueden licuar la gelatina. Esto explicaría la presencia de otras bacterias con formas y tinción de Gram que se corresponde con cualquiera de géneros antes mencionados. Asimismo, De Clerck *et al.* (2004) reportó que otras bacterias formadoras de endosporas también podían contaminar la gelatina, pues son capaces de resistir el tratamiento que se emplea en el proceso de su desinfección. Esto justificaría la detección de cepas de *Bacillus* sp. y *Clostridium* sp. sobre las fotografías analizadas (Tabla 9).

El hecho de que la información visual de las fotos se encuentre en la emulsión de gelatina, hace que la degradación de esta sustancia resulte de gran importancia para la conservación de este tipo de documento, pues al afectarse, se pierde la imagen y por tanto la información.

Se conoce desde hace años, que los géneros *Bacillus*, *Clostridium* y *Streptomyces* tienen una marcada actividad celulolítica (Zhang & Lynd 2003; Ramírez & Cocha, 2003; Chacón & Waliszewski, 2005; Ágoston-Szabó *et al.*, 2006) es decir, pueden atacar el papel y degradarlo a una humedad relativa de 90 % en 24 horas lo cual pudiera llevarse a cabo si la humedad relativa de los depósitos aumentara bruscamente por cualquier motivo.

En relación a los hongos aislados de fotos y mapas (Tabla 9), se pudo detectar que el género *Aspergillus* fue el de mayor predominio y dentro de éste, las especies *A. niger* y *A. flavus* se encontraron en la mayoría de los documentos. Así mismo, se aislaron

*Penicillium* sp. de F3 y F4, *Micelia sterilia* de F3 y *Talaromyces helicus* Benjamín var. *major* (teleomorfismo de *Penicillium*) sólo de M2.

Es conveniente señalar que los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* también fueron aislados del aire de estos locales y que por su distribución cosmopolita, pueden colonizar diversas superficies (Florian & Mannigan 2000; Lugauskas *et al.*, 2003). Con relación a las formas teleomórficas de los hongos se ha podido evidenciar que son difíciles de aislar de la superficie de objetos de arte y documentos (Florian 2002 b), lo cual resulta un hallazgo novedoso en este trabajo. También se pudo saber que esta forma de *Penicillium* posee actividad celulolítica (Marsh *et al.*, 1949; Wilson 1973; Brooks *et al.*, 1992; Moloney *et al.*, 2004; Chacón & Waliszewski, 2005; Protein, 2007), de ahí que su presencia en un documento es muy riesgosa para la conservación del mismo.

Se plantea que la presencia de esporas y/o células vegetativas de microorganismos sobre la superficie de materiales, indica la posibilidad de una futura biodegradación o biodeterioro. Por tal motivo, la colonización o crecimiento microbiano sobre un material siempre produce el biodeterioro de ese material (Abrusci *et al.*, 2005). Por ello, es necesario limpiar adecuadamente estos documentos antes de guardarlos en los estuches, con el fin de minimizar la posibilidad de un crecimiento microbiano futuro bajo condiciones ambientales desfavorables o en caso de desastre por agua.

## CONCLUSIONES

- Los niveles de bacterias en el aire en los dos depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba fueron superiores a los de hongo.
- En el aire del Archivo Nacional de la República de Cuba existieron diferencias entre los depósitos estudiados, ya que predominó *Penicillium* en la Mapoteca y *Aspergillus* en la Fototeca.
- La mayoría de los hongos aislados degradaron la celulosa, produjeron pigmentos y ácidos.
- *Talaromyces helicus* que posee una actividad celulolítica importante, constituye el hallazgo novedoso de este trabajo.
- Dentro de las bacterias del aire, el predominio correspondió a las Gram positivas.
- Estos estudios permitieron determinar la presencia de una flora microbiana con actividad enzimática de acuerdo a las características del sustrato investigado (papel, seda o cristal con o sin emulsión de gelatina) que fue registrada en los diferentes medios de cultivo utilizados.
- La presencia de *Staphylococcus* sp., *Bacillus* sp., *Streptomyces* sp. y de los diferentes hongos identificados indican que los ambientes son insalubres y poseen malas condiciones higiénicas.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto ADAI (087E/2005) la financiación del trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

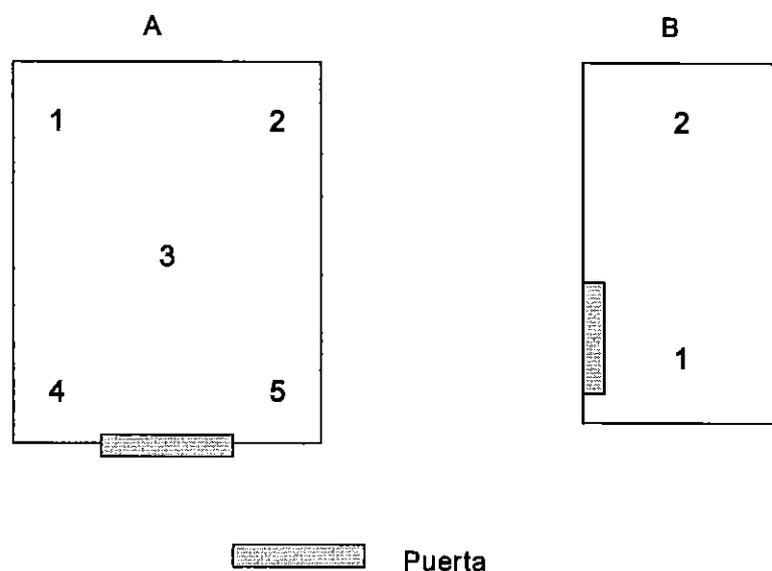
- Abrusci, C., Martín-González, A., Del Amo, A., Catalina, F., Collado, J. & Platas, G. 2005. Isolation and identification of bacteria and fungi from cinematographic films. *International Biodeterioration & Biodegradation* 56: 58-68.
- Ágoston-Szabó, E., Dinka, M., Némedi, L. & Horváth, G. 2006. Decomposition of *Phragmites australis* rhizome in a shallow lake. *Aquatic Botany* 85: 309-316.
- Air Quality Sciences. 2007. Preocupación de los agentes biológicos en ambientes interiores. <http://www.aerías.org/DesktopDefault.aspx?tabindex=4&tabid=66> (Consultado 17/10/07)
- Análisis Ambiental. 1987. Método de Omeliansky. Análisis higiénico sanitario y ambiental. Métodos de ensayos microbiológicos. 7 pps. *Norma Ramal de la Pesca NRP-201. Ciudad de La Habana. Ministerio de la Industria Pesquera.*
- Barnett, H.L & Hunter, B.B. 1987. *Illustrated genera of Imperfect fungi*. 3<sup>rd</sup> Edition, Burgess Publishing Co. Minneapolis.
- Borrego, S. 2005. El edificio de archivo: su influencia en la contaminación microbiana ambiental, el biodeterioro y la salud del personal. *IV Coloquio Iberoamericano del Papiro a la Realidad Virtual, Casa de las Américas*. La Habana, Cuba.
- Borrego, S., Pons, V. & Perdomo, I. 2005. La influencia de la contaminación microbiana ambiental en el biodeterioro y la salud del personal. *Las Bibliotecas y el Libro en el Siglo XXI. I Evento Científico-Técnico*. La Habana, Cuba.
- Brooks, M.M., Tuohy, M.G., Savage, A.V., Claeysens, M. & Coughlan M.P. 1992. The stereochemical course of reactions catalysed by the cellobiohydrolases produced by *Talaromyces emersonii*. *Biochem J*. 283: 31–34.
- Cassares, N.C. 2007. Calidad del aire interior. *Taller de Preparación para desastres. Recuperación de los daños biológicos en colecciones afectadas por desastres*. Instituto de Historia. La Habana, Cuba.
- Chacón, S.L.O. & Waliszewski, K.N. 2005. Preparativos de celulasas comerciales y aplicaciones en procesos extractivos. *Universidad y Ciencia* 21:113-122.
- Chapman, M.D. 2006. Challenges associated with indoor moulds: Health effects, immune response and exposure assessment. *Medical Mycology* 44:S29-S32
- Claus, D. & Berkeley, R.C.W. 1986. The genus *Bacillus*. In: Sneath, P.H.A., Sharpe, M.E., & Holt, J.G., (eds), *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology* Vol. 2, pp. 1105–1139. Williams and Wilkins, Baltimore.
- Commission of the European Communities. 1993. Door Air Quality & Its Impact On. *Report No. 12. Biological In Indoor Environments*. Verhoeff, A. (ed.). EUR 14988. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. Brussels, Luxembourg.
- De Clerck, E. & De Vos, P. 2002. Study of the bacterial load in a gelatin production process, focused on *Bacillus* and related endospore forming genera, *Systematic and Applied Microbiology* 25:611–618.
- De Clerck, E., Vanhoutte, T., Hebb, T., Geerinck, J., Devos, J. & De Vos, P. 2004. Isolation, characterization and identification of bacterial contaminants in semi-final gelatin extracts. *Applied and Environmental Microbiology* 70:3664–3672.

- del Palacio, A., Alambra, A., Cuétara, A.S. & Pontón, J. 2007. Estado actual del diagnóstico precoz de las infecciones invasoras causadas por *Aspergillus* y otros hongos filamentosos emergentes. *Rev Iberoam Micol* 24: 187-197
- Denning, D.W. 2006. *Aspergillosis*. Schering-Plough Corporation, United Kingdom. 76 pps.
- Dutkiewicz, J., Jablonski, L., & Olenchock, S.A. 1988. Occupational biohazards: a review. *Am. J. Ind. Med.* 14:605-623.
- Eagle Industrial Hygiene Associates. 2004. Biochem Microbial Sampler – Microbial Sample Results. <http://www.eagleih.com/micro.html>. (Consultado 15/11/04).
- Ellis, D. 2006. *Aspergillus. Hyaline Hyphomycetes. Fungal Descriptions*. Mycology Online. School Molecular & Biomedical Science, The University of Adelaide, Australia.  
[http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal\\_Descriptions/Hyphomycetes\\_\(hyaline\)/Aspergillus/index.html](http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_(hyaline)/Aspergillus/index.html) (Consultado 22/10/06)
- Florian, M.L.F & Manning, L. 2000. SEM analysis of irregular fungal fox spots in an 1854 book: population dynamics and species identification. *International Biodeterioration and Biodegradation* 46:205–220.
- Florian M.L.E. 2002 a. *Fungal Facts. Solving fungal problems in heritage collections*. Archetype Publications Ltd. London.
- Florian, M.L.E. 2002 b. The four components of biodeterioration and of preservation of our collective memory. *International Symposium a Choice and Strategies for Preservation of a Collective Memory*. Dobbiaco, Toblach, Italy.
- Gallo, F., Valenti P., Colaizzi, P., Sclocchi, M.C., Pasquariello, G., Scorrano, M., Maggi, O. & Persiana A.M. 1996. Research on the viability of fungal spores in relation to different microclimates and materials. *International Conference on Conservation and Restopration of Archive and Library Materials*. Vol. I. Erice, pp. 177-193. Roma, Italy,
- Gallup, D. (Chairman). 2006. Fungal Library. *The Environmental Reporter EMLab. A Technical Newsletter for IAQ Professionals*.  
<http://www.emlab.com/app/fungi/Fungi.po>. (Consultado 21/11/06)
- Goh, I., Obrad, J.P., Viswanathan, S. & Huang, Y. 2000. Airborne bacteria and fungal spores in the indoor environment. A case study in Singapore. *Acta Biotechnológica* 20:67-73.
- Gost, J., Bermejo, B., Rivero, M., Espatolero, M.J., Polo, I. & Sínz de la Murieta, J. 2003. Vigilancia y control de las infecciones originadas por gérmenes oportunistas: aspergilosis. *ANALES* 23:185-192.
- Guiamet, P.S., Gómez de Saravia, S.G., Arenas, P., Pérez M.L., de la Paz, J., Borrego, S.F. 2006. Natural products isolated from plant used in biodeterioration control. *Pharmacologyonline* 3:537-544.
- Hedayati, M.T., Pasqualotto, A.C., Warn, P.A., Bowyer, P. & Denning, D.W. 2007. Review *Aspergillus flavus*: human pathogen, allergen and mycotoxin producer. *Mycology* 153:1677-1692.
- Hidalgo, Y. & Borrego, S. 2006. Aislamiento y caracterización de hongos en documentos de la Biblioteca Nacional "José Martí". *Revista Biblioteca*.  
[http://www.bnjm.cu/rev\\_biblioteca/bibliotecas\\_2006/pages/articulo6.htm](http://www.bnjm.cu/rev_biblioteca/bibliotecas_2006/pages/articulo6.htm) (Consultado 18/12/06).

- Hirvonen, M.R., Huttunen, K., Jussila, J., Murtoniemi, T., Iivanainen, E., Komulainen, H., Nevalainen, A. & Roponen, M., 2002. 3B1o5 Bacterial strains from moldy building are highly potent inducers of inflammatory and cytotoxic effects. *Indoor Air 2002 Abstracts* by Hal Levin (ed.)
- Holt, J.G. (editor-in-chief). 1984. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. 1, Williams & Wilkins, Baltimore, London.
- Hueck, H.J. 1965. The biodeterioration of materials as a part of hydrobiology. *Mater Organismen* 1: 5-34.
- Image Bank. Species images of *Aspergillus*. 2006. *The Aspergillus Website*. <http://www.aspergillus.man.ac.uk/indexhome.htm> (Consultado 17/05/06).
- Indoor Air Quality. 2000. General considerations for the sampling of viable bacteria in air. *Environmental Health Resources Inc.* <http://www.chiac.com/iaq/testing.htm>. (Consultado 5/9/03).
- Indoor Air Quality. 2004. Bioaerosols: Bacteria/Endotoxin. <http://www.indoorallergyrelief.com/index.php/30>. (Consultado 23/11/04)
- Jussila, J., Komulainen, H., Huttunen, K., Roponen, M., Hälinen, A., Hyvärinen, A., et al. 2001. Inflammatory responses in mice after intratracheal instillation of spores of *Streptomyces californicus* from indoor air of moldy house. *Toxicol Appl Pharmacol*, 171:61-91.
- Koestler, R.J., Santoro, E.D., Druzik, J., Preusser, F., Koepp, L. & Derrick M. 1988. Ongoing studies of the susceptibility to biodeterioration of stone consolidated to microbiologically induced corrosion. In: *Biodeterioration 7*. Houghton, D.R., Smith, RN, Eggins, H.O.W. (eds.) Elsevier Sc. London, UK, 441 pps.
- Latgé, J.P. 1999. *Aspergillus fumigatus* and aspergilosis. *Clinical Microbiol. Rev.* 12:310-350.
- Levetin, E. 2002. Bioaerosols in agricultural and out door setting. In: Bitton, G. (ed.): *Encyclopedia of Environmental Microbiology*. John Wiley and Sons, NY.
- Lugauskas, A., Levinskaitė, L. & Peciulytė, D. 2003. Micromycetes as deterioration agents of polymeric materials, *International Biodeterioration and Biodegradation* 52: 233-242.
- Mandrioli, P. 2002. Bioaerosol and Biodeterioration. *Science and Technology for Sustainable Protection of Cultural Heritage. Technical Notes for Session 78*. UCL Center for Sustainable Heritage London, UK.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M. & Parker J. 2004. *Biología de los microorganismos*. 10ª edición. Pearson Educación, S.A., Madrid. 1011 pps.
- Marsh, P.B., Bolleenbacher, K., Butler, W.L. & Raper, K.B. 1949. The fungi concerned in fiber deterioration 2. Their ability to decompose cellulose. *Text. Res. J.* 19: 462-484.
- Martínez, P. 2003. Determinación de la acidez producida por hongos contaminantes en bienes culturales. *Boletín Patrimonio y Desarrollo* 9: 34-35.
- Moloney, A.P., Considine, P.J. & Coughlan, M.P. 2004. Cellulose hydrolysis by the cellulases produced by *Talaromyces emersonii* when grown on different inducing substrates. *Biotechnology and Bioengineering* 25:1169-1173.
- Petushkova, J. & Kandyba, P. 1999. Aeromicrobiological studies in the Moscow cathedrals. *Aerobiologia* 15:193-201.

- Pitt, J.I. 2000. A laboratory guide to common *Penicillium* species. Color Apendix. *Third edition published by Food Science Australia*. [http://www.dehs.umn.edu/iaq\\_fib\\_fg\\_gloss\\_penicillium.htm](http://www.dehs.umn.edu/iaq_fib_fg_gloss_penicillium.htm). (Consultado 29/07/07).
- Pons, V. & Rojas, T. I. 2003. Micobiota contaminante en el Museo Antropológico Montané. *Tesis de Diploma, Facultad de Biología, Universidad de La Habana, Cuba*, 150 pp.
- Postgate, J.R. 1979. *The sulphate reducing bacteria*. Cambridge, 151 pp.
- Protein: Cellobiohidrolase I (cellulase, Endoglucanase I, CBH1) from *Talaromyces emersonii*. <http://scop.mrc-lmb.cam.ac.uk/scop/data/scop.b.c.eh.b.bh.g.html>, 2007. (Consultado 12/10/07)
- Ramírez, P. & Cocha, J.M. 2003. Degradación enzimática de celulosa por actinomicetos termófilos: aislamiento, caracterización y determinación de la actividad celulolítica. *Rev. peru. biol.* 10: 67-77.
- Rempel, S. 1987. *The care of photographs*. 1° Edition, Editorial Nick Lyon Books. New York, USA. 117 pps.
- Reponen, M., Toivola, M., Meklin, T., Ruotsalainen, M., Komulainen, H., Nevalainen, A. & Hirvonen, M.R. 2001. Differences in inflammatory responses and cytotoxicity in RAW264.7 macrophages induced by *Streptomyces anulatus* grown on different building materials. *Indoor Air* 11:179-84.
- Rojas, T.I. & Martínez, E. 2000. Monitoreo microbiano del aire: Criterios metodológicos. *IV Taller de la Cátedra de Medio Ambiente, CITMA. Contribución a la Educación y la Protección Ambiental*, Vol. 1.
- Smith, G. 1980. *Ecology and Field Biology*. Harper & Row, New York.
- Sneath, P.H., Mair, N.S., Sharpe, M.E. & Holt, J.G. (eds). 1986. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. 2, Editorial Williams & Wilkins, Baltimore, London.
- Stickley, F.L. 1986. The biodegradation of gelatin and its problems in the photographic industry, *The Journal of Photographic Science* 34:111-112.
- Tsai, F.C. & Macher, J.M. 2005. Concentrations of airborne culturable bacteria in 100 US office buildings from the BASE study. *Indoor Air* 15:71-81.
- Vaillant, M., Chi, L. & Sánchez Al. (1989). Sobre la contaminación microbiológica existente en depósitos del Archivo Nacional. *Documentos* 2:44-65.
- Vaillant, M. & Valentín, N. 1996. *Principios básicos de la conservación documental y causas de su deterioro*. Ministerio de Educación y Cultura. Instituto del Patrimonio Histórico Español, Madrid.
- Valentín, N., Vaillant, M. & Guerrero, H. 1997. Programa de control integrado de plagas en bienes culturales de países de clima mediterráneo y tropical. *Apoyo* 7:13-15.
- Villalba, L.S., Mikan, J.F. & Sanchez, J. 2004. Actividades hidrolíticas y caracterización isoenzimática de poblaciones microbianas aisladas del patrimonio documental del Archivo General de Colombia. *NOVA* 2:50-58.
- Wilson, T. 1973. Studies on wood degradation and cellulolytic activity for microfungi. *Studia For. Suec.* 104:5-40.
- Yang, C.S. 2004. Endotoxins. *Aerotech P & K (Aerotech Laboratorios, Inc. and P & K Microbiology Services, Inc.)* Version 2003-1.
- Zhang, Y. & Lynd, L. 2003. Bioenergetics of Microbial Cellulose Utilization of *Clostridium thermocellum*. *25th Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals*, Breckenridge, Colorado.

- Zhu, H., Phelan, P.E., Duan, T., Raupp, G.B., Fernando, H.J.S., & Che, F. 2003. Experimental study of indoor and outdoor airborne bacterial concentrations in Tempe, Arizona, USA. *Aerobiologia* 19:201-211.



**Figura 1.** Puntos de muestreo microbiológico del aire y de medición de temperatura y humedad relativa en los depósitos estudiados, Mapoteca (A) y en la Fototeca (B).

**Tabla 1.** Concentración microbiana del aire en la Fototeca y la Mapoteca del Archivo Nacional de la República de Cuba.

Depósito	Concentración	Hongos (UFC/m <sup>3</sup> )	Bacterias (UFC/m <sup>3</sup> )	T (°C)	HR (%)
Mapoteca	Máxima	126,0	1827,0		
	Mínima	63,0	126,0		
	Media	78,0	638,6	23,8 <sup>b</sup>	44 <sup>b</sup>
<b>Microorganismos Totales <sup>a</sup></b>		<b>716,6</b>			
Fototeca	Máxima	400,0	2533,0		
	Mínima	120,0	1900,0		
	Media	260,7	2148,7	28 <sup>c</sup>	75 <sup>c</sup>
<b>Microorganismos Totales <sup>a</sup></b>		<b>2409,4</b>			

<sup>a</sup>: Indica la suma de la concentración media de hongos y de bacterias.

<sup>b</sup>: Representa la media de cinco mediciones que se corresponden con los puntos de muestreo microbiológico.

<sup>c</sup>: Representa la media de dos mediciones que se corresponden con los puntos de muestreo microbiológico.

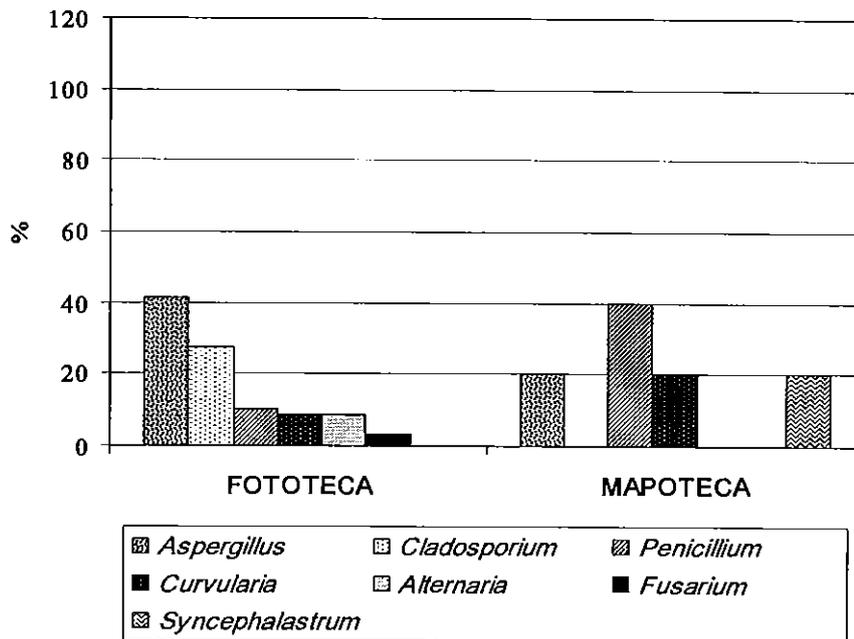


Figura 2. Densidad relativa (%) de los géneros fúngicos aislados en el aire de la Fototeca y Mapoteca del Archivo Nacional de la República de Cuba.

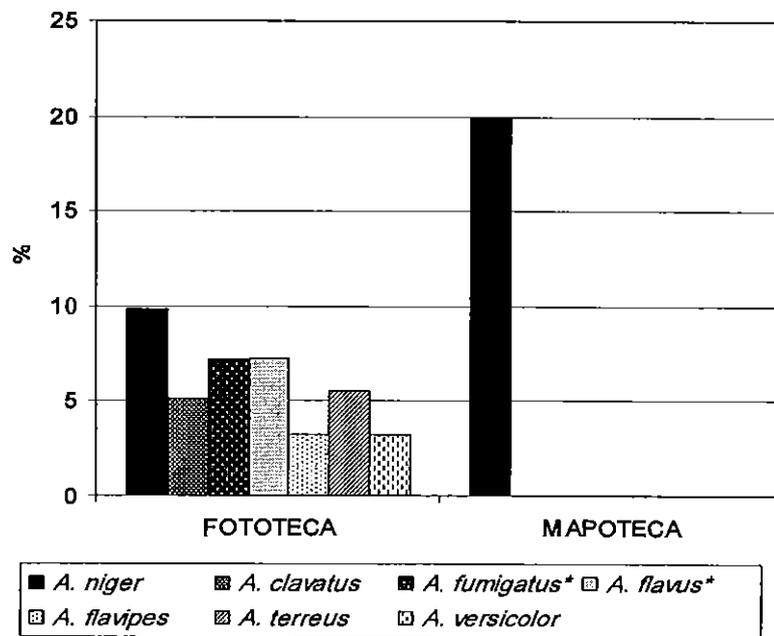


Figura 3. Densidad relativa (%) de las especies de *Aspergillus* encontradas en el aire de los depósitos estudiados. \*: Especies de mayor interés clínico (Latgé, 1999; Gost *et al*, 2003; Ellis, 2006)

**Tabla 2.** Actividad celulolítica cualitativa, producción de pigmentos y de ácidos por parte de los hongos aislados del aire de los depósitos estudiados.

Cepa	Crecimiento en PF	Crecimiento en celulosa cristalina	Producción de pigmentos <sup>a</sup>	pH
<i>A. niger</i> 1	+++	++	+	4.5
<i>A. niger</i> 2	+++	++	+	5.8
<i>A. clavatus</i>	++	+	+	4.9
<i>A. fumigatus</i>	++	+	+	6.1
<i>A. flavus</i>	+++	++	+	5.0
<i>A. flavipes</i>	++	+	-	5.2
<i>A. terreus</i>	+++	++	+	6.2
<i>A. versicolor</i>	+++	++	+	5.1
<i>Cladosporium</i> sp. 1	+++	++	+	3.6
<i>Cladosporium</i> sp. 2	+	±	+	4.7
<i>Cladosporium</i> sp. 3	++	++	+	5.0
<i>P. implicatum</i>	+++	++	-	4.4
<i>P. chrysogenum</i>	++	+	+	5.6
<i>P. commune</i>	+++	++	+	4.5
<i>P. aurantiogroscum</i>	+++	+	+	5.2
<i>P. citrinum</i>	++	+	+	6.0
<i>P. decumbens</i>	++	+	+	5.8
<i>Curvularia</i> sp.	+	+	+	5.5
<i>Curvularia</i> sp. 1	+	+	+	6.0
<i>Curvularia</i> sp. 2	+	±	+	4.5
<i>Alternaria</i> sp. 1	-	-	±	4.8
<i>Alternaria</i> sp. 2	+	±	+	5.4
<i>Fusarium</i> sp. 1	++	+	+	5.7
<i>Syncephalastrum</i> sp.	++	+	-	6.1

+++ : Indica crecimiento abundante, ++ : Indica crecimiento moderado, + : Indica crecimiento pobre, también es indicativo de la presencia de pigmento, ± : Indica crecimiento o producción de pigmento muy pobre, - : Indica NO crecimiento y NO producción de pigmento, <sup>a</sup> : La producción de pigmentos se evidenció sobre la tira de papel de filtro.

**Tabla 3.** Problemas de salud que pueden producir los géneros fúngicos aislados en mayor proporción en los depósitos (Gallup, 2006; Ellis 2006).

Género fúngico	Problemas de salud
<i>Cladosporium</i>	Es un alérgeno potente. Produce alergias del Tipo I (hipersensibilidad inmediata o rinitis alérgica seguida de ataques de asma, son el caso de la fiebre del heno y el asma) y del Tipo III (hipersensibilidad tardía, es el caso de la hipersensibilidad a neumonías). Produce toxinas tóxicas al hombre. Puede producir micosis severas
<i>Aspergillus</i>	Es un alérgeno común. Produce alergias del Tipo I y III. Puede producir broncopulmonías alérgicas, aspergilosis y sinusitis alérgica por hongos. Productor de potentes toxinas tóxicas tales como aflatoxinas B1 y B2, gliotoxinas, fumigotoxinas, etc. Puede provocar infecciones oculares y aspergilosis.
<i>Penicillium</i>	Es un alérgeno común. Produce alergias del Tipo I y III. Produce toxinas tóxicas. Produce compuestos orgánicos volátiles que dan un fuerte olor a moho o algo mohoso y que resultan irritantes. Puede producir micosis severas.
<i>Alternaria</i>	Alérgeno común. También produce alergias del Tipo I y III. Además produce lesiones nasales, subcutáneas, oculares y en uñas. Puede producir toxinas tóxicas y otras que tienen propiedades mutagénicas. Puede producir micosis severas.
<i>Curvularia</i>	Es un alérgeno común. Produce alergias del Tipo I. Produce con mucha frecuencia sinusitis alérgica por hongos. Puede causar queratitis ocular, neumonías y en paciente inmunodeprimidos o con tratamientos de esteroides puede provocar endocarditis, absceso cerebral y diseminación de la infección. Puede producir micosis severas.
<i>Syncephalastrum</i>	Sólo se ha reportado un caso de infección cutánea por <i>S. rasemosum</i> . No se ha estudiado su posible alergenidad.

**Tabla 4.** Densidad relativa de los distintos tipos de bacterias aisladas en el aire de los archivos.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LAS BACTERIAS	FOTOTECA	MAPOTECA
	Densidad relativa (%)	
Cocos Gram positivos	56.8	12.0
Cocos Gram negativos	-	55.0
Bacilos Gram positivos no esporulados	32.5 <sup>a</sup>	11.0 <sup>b</sup>
Bacilos Gram negativos	8.0	22.0
Bacilos Gram positivos esporulados	2.7	-

<sup>a</sup>: Indica que se incluye un 8 % de cepas del género *Streptomyces* sp.

<sup>b</sup>: Indica que se incluye un 1% de cepas del género *Streptomyces* sp.

**Tabla 5.** Problemas de salud que pueden producir los géneros bacterianos aislados en mayor proporción en los depósitos.

Género bacteriano	Problemas de salud
Bacterias Gram negativas	Producen endotoxinas que están compuestas por lipopolisacáridos relacionados con la membrana bacteriana, al inhalarse desencadenan irritación de las mucosas del sistema respiratorio causando fiebre, escalofríos, malestares, dolores de cabeza. Como consecuencia de una exposición continuada a este tipo de bacterias puede producirse bronquitis y asma (Yang, 2003)
<i>Staphylococcus</i> y <i>Streptococcus</i>	Tienen la capacidad de provocar en el hombre procesos inflamatorios que se acompañan con la formación de pus y provocan enfermedades.
<i>Streptomyces</i>	Se caracteriza por producir afectaciones alérgicas de los alvéolos por hipersensibilidad (neumonitis). Desde 1988, <i>Streptomyces</i> se consideraba uno de los grupos bacterianos más importantes con relación a los riesgos laborales. Sin embargo no fue hasta 1997 que Hirvonen <i>et al.</i> confirmaron experimentalmente la afectación que produce esta bacteria en el sistema respiratorio provocando asma a las personas que la respiran. Similares resultados se han publicado recientemente por otros autores (Jussila <i>et al.</i> , 2001; Reporen <i>et al.</i> , 2001)

**Tabla 6.** Concentración microbiana aislada de fotografías y mapas.

TIPO DE DOCUMENTO	UBICACIÓN	BACTERIAS (UFC/cm <sup>2</sup> )	HONGOS (UFC/cm <sup>2</sup> )
Mapa 1 (M1)	Mapoteca (ANC)	3.5 x 10 <sup>4</sup>	2.2 x 10 <sup>4</sup>
Mapa 2 (M2)	Mapoteca (ANC)	7.1 x 10 <sup>5</sup>	2.0 x 10 <sup>2</sup>
Fotografía 1 (F1)	Fototeca (ANC)	1.2 x 10 <sup>5</sup>	1.5 x 10 <sup>2</sup>
Fotografía 2 (F2)	Fototeca (ANC)	3.9 x 10 <sup>4</sup>	2.8 x 10 <sup>4</sup>

**Tabla 7.** Concentraciones de las bacterias aisladas de fotografías y mapas obtenidas por el crecimiento en diferentes medios de cultivo.

Características fisiológicas de las bacterias aisladas	M1 (papel)	M2 (seda)	F1 (seda)	F2 (papel)
Bacterias Aeróbicas Totales	3.5x10 <sup>4</sup>	7.1x10 <sup>5</sup>	1.2x10 <sup>5</sup>	3.9x10 <sup>4</sup>
Bacterias amilolíticas	1.1x10 <sup>4</sup>	3.0x10 <sup>4</sup>	7.2x10 <sup>3</sup>	-
Bacterias proteolíticas	4.2x10 <sup>3</sup>	3.0x10 <sup>5</sup>	2.4x10 <sup>5</sup>	1.6x10 <sup>4</sup>
Bacterias acidificantes	-	-	-	-
Bacterias Reductoras de Sulfato	-	-	-	-
Bacterias Reductoras de Sulfito ( <i>Clostridium</i> sp.)	-	-	+	+

**Tabla 8.** Tipos de microorganismos aislados de las fotografías y los mapas.

Tipo de microorganismo y/o características morfológicas	M1 (papel)	M2 (seda)	F1 (seda)	F2 (papel)
<b>HONGOS</b>				
<i>Aspergillus flavus</i>	+	+	+	-
<i>Aspergillus niger</i>	+	+	+	+
<i>Penicillium</i> sp.	-	-	-	+
<i>Talaromyces helicus</i>	-	+	-	-
<i>Micelia sterilia</i>	-	-	-	-
<b>BACTERIAS</b>				
Cocos Gram positivos	+	+	-	-
Cocos Gram negativos	+	+	-	+
Bacilos Gram positivos no esporulados	-	+ <sup>a</sup>	+	-
Bacilos Gram positivos esporulados	-	-	+ <sup>b</sup>	+ <sup>c</sup>
Bacilos Gram negativos	-	+	+	+

<sup>a</sup> Indica que además se aislaron cepas de *Streptomyces* sp.

<sup>b</sup> Indica la presencia de los géneros *Bacillus* y *Clostridium*.

<sup>c</sup> Indica la presencia del género *Bacillus*