

La contaminación microbiana del aire en dos depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba

Sofía Borrego, Vanessa Pons e Ivette Perdomo.

Laboratorio de Conservación Preventiva, Archivo Nacional de la República de Cuba, Compostela 906 esquina a Calle San Isidro, La Habana Vieja, Ciudad de La Habana, Cuba. Código Postal 10100. Correo electrónico: sofia@arnac.cu

Recibido: 5 de septiembre de 2006. Aceptado: 5 de septiembre de 2007.

Palabras clave: contaminación en ambientes interiores, hongos, bacterias, biodeterioro, afectación a la salud.
Key words: indoor environment contamination, fungi, bacteria, biodeterioration, harmful effects to the health.

RESUMEN. Los objetivos del estudio fueron determinar la concentración microbiana en el aire de dos depósitos del Archivo Nacional de Cuba, realizar la caracterización fisiológica de hongos aislados y describir brevemente las características patogénicas de los microorganismos aislados. Para el aislamiento se emplearon placas de Petri expuestas según la metodología de Omeliansky. La actividad celulolítica, la producción de pigmentos y de ácidos en hongos, se determinó empleando un medio de cultivo salino empleando como fuentes de carbono una tira de papel de filtro, celulosa cristalina y glucosa (control). Se obtuvieron concentraciones microbianas elevadas en los dos locales y en particular, las de bacterias fueron significativamente elevadas. El género *Aspergillus* predominó en la Fototeca, en tanto, en el depósito 11 fue *Cladosporium*; dentro de *Aspergillus* las especies *A. fumigatus* y *A. flavus* fueron predominantes en ambos depósitos. La mayoría de los hongos aislados degradaron celulosa, produjeron pigmentos y ácidos. Se evidenció que los hongos aislados son capaces de producir enfermedades a las personas. Dentro de las bacterias Gram positivas se aislaron los géneros *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Corynebacterium*, *Bacillus* y *Streptomyces* y entre las Gram negativas *Serratia*, *Enterobacter* y *Hafnia*. Se reportan por primera vez en Cuba en ambientes de archivos la presencia de los géneros *Enterobacter* y *Hafnia*. De ellos, *Enterobacter* puede constituir un riesgo significativo para la salud. Mientras que la mayoría de los géneros bacterianos aislados puede afectar a la salud del personal, solo *Bacillus* y *Streptomyces* pueden atacar el papel en condiciones de humedad elevadas.

ABSTRACT. The objectives of the study were to determine the microbial concentration in the air at two repositories of the National Archive of Cuba, perform the physiological characterization of the fungi isolated and briefly describe the pathogenic characteristics of the microorganisms isolated. Petri plates exposed according to Omeliansky's methodology were used for the isolation. The cellulolytic activity and acid and pigment production in fungi were evaluated by means of a saline culture medium, using as carbon sources a filter paper strip, crystalline cellulose and glucose (control). Elevated microbial concentrations were obtained in both places, and particularly, the levels of bacteria were significantly high. *Aspergillus* genus prevailed at the photographic library, while *Cladosporium* was the predominant one at repository 11. *A. fumigatus* and *A. flavus* species were the most frequent within *Aspergillus* genus in both repositories. Most of the fungi isolated degraded cellulose and produced pigments and acids. It was evidenced that the fungi isolated are able to produce diseases in persons. *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Corynebacterium*, *Bacillus* and *Streptomyces* genera were isolated within Gram positive bacteria while *Serratia*, *Enterobacter* and *Hafnia* were found among Gram negative bacteria. Of them, *Hafnia* may pose a significant risk for the health of the staff. Though most of the bacterial genera isolated may affect the health of the staff, only *Bacillus* and *Streptomyces* can attack paper under elevated humidity conditions.

INTRODUCCION

Desde hace algunos años, el conocimiento de la contaminación microbiana en el aire interior de los locales es de gran interés por la importancia que tienen los microorganismos para la salud de las personas^{1,2} y en el deterioro de diferentes materiales.³⁻⁶ Dada las características del clima, los países tropicales poseen un elevado nivel de esporas fúngicas en el aire, esta condición unida a los elevados contenidos de humedad en él, favorecen la deposición de ellas sobre los sustratos y por tanto, su desarrollo, propiciándose así, el biodeterioro de los soportes tanto de origen orgánico como inorgánico. Otras propiedades importantes de los hongos están relacionadas con sus potencialidades patógenas, es decir, la capacidad que tienen muchas especies para provocar enfermedades al hombre que está en contacto con ellos. En varias investigaciones

realizadas en archivos y bibliotecas, se ha demostrado que estos agentes son la causa de muchas enfermedades profesionales y patologías situacionales.^{7,8}

Por otro lado, aunque las bacterias desempeñan un papel más limitado en el biodeterioro de los soportes comparado con los hongos, pues requieren condiciones de humedad más elevadas, se encuentran ampliamente difundidas en ambientes de interiores y pueden resultar muy dañinas por las afectaciones a la salud que pueden causar.^{7,9,10}

De ahí, que algunos especialistas dentro del campo de la conservación del patrimonio documental sugieren la necesidad de realizar muestreos microbiológicos sistemáticos. Ellos garantizan por un lado, una referencia medioambiental del riesgo al que están expuestos los documentos y sobre todo, ante casos de desastres oca-

sionados por el agua y por otro, permiten identificar el riesgo al cual se expone el personal que labora en estas instituciones.^{8,11,12}

Por ello, los objetivos de este trabajo fueron determinar la concentración microbiana del aire presente en el ambiente de dos depósitos del Archivo Nacional de Cuba, realizar la caracterización fisiológica de los hongos aislados y analizar a partir de la literatura especializada las características patogénicas de los microorganismos presentes con mayor frecuencia en el aire de estos locales.

MATERIALES Y METODOS

Selección de los locales

El estudio se realizó en julio de 2004 en el depósito 11 y en la Fototeca. El primero posee 297 m lineales de documentos y dentro de ellos, cuenta con 201 fondos pertenecientes a la Sociedad Económica "Amigos del País" a los cuales, se les había determinado unos meses antes, el estado de conservación mediante el método estadístico denominado DIAGNOS. La Fototeca en cambio es un depósito pequeño que cuenta con 6 340 fotos correspondientes al período comprendido entre 1800 y 1960.

Muestreo microbiológico ambiental

El muestreo microbiológico ambiental se llevó a cabo siguiendo el método de sedimentación descrito por Omeliansky.¹³ Para ello, placas Petri que contenían los medios agar malta y NaCl (7,5 %) para el aislamiento de hongos y agar nutriente para bacterias, se colocaron abiertas a 3 m del suelo y se expusieron por 5 min. En la nave 11 se muestrearon cinco puntos por triplicado (método diagonal) y en la fototeca, teniendo en cuenta las dimensiones del local, solo dos puntos diferentes, también por triplicado (método lineal). Posteriormente, las placas con agar malta se incubaron durante 7 d a 28 °C y las que contenían agar nutriente a 30 °C por cinco días.

Medición de la temperatura y la humedad relativa en el momento del muestreo microbiológico

Aunque es habitual desde hace varios años la medición de la temperatura (T) y humedad relativa (HR) dos veces al día en todos los depósitos del archivo (10:00 a.m. y 3:00 p.m.) con termohigrómetros ubicados en cada local, en el momento de la colecta de las muestras microbiológicas, se realizaron las mediciones en cada uno de los puntos empleando un termohigrómetro digital.

Determinación de las unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire

Una vez concluida la incubación, se realizó el conteo de las colonias fúngicas y bacterianas emergentes en los medios de cultivo y se determinaron las unidades formadoras de colonia por m³ de aire (UFC/m³), teniendo en cuenta la ecuación descrita por Omeliansky:¹³

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

donde:

Número de colonias, equivale a la media total de las colonias que se contabilizaron en un depósito.

Factor K, en este caso es igual a 80, pues según Omeliansky, este es el factor que se emplea para placas Petri de 90 mm de diámetro que fueron las usadas en el experimento.

Identificación de las cepas aisladas

Para el caso de las colonias de hongos, se observaron sus características culturales y morfológicas y su identi-

ficación se realizó según los manuales de identificación taxonómicas habituales.^{14,15} Para la identificación de bacterias se realizaron las pruebas bioquímicas descritas en el Manual de Bergey.^{16,17}

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

Este análisis se realizó de acuerdo con Smith:¹⁸

$$DR = \frac{\text{Colonias de todos los géneros o especies}}{\text{Total de colonias de todos los géneros o especies}} \cdot 100$$

donde:

DR densidad relativa

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 sembrarlas en un medio de cultivo cuya composición salina para 1 L fue: 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 empleó 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) y en otro, celulosa cristalina (1 %). Como control se empleó glucosa (1 %).^{19,20} Los cultivos se incubaron a 28 °C durante 21 d.

Determinación de la producción de ácidos de hongos

Una suspensión de esporas de las cepas de hongos aisladas, se sembró en el caldo de cultivo de composición salina similar al empleado anteriormente, pero con glucosa 1 % y pH ajustado a 7. Los cultivos se incubaron a la misma temperatura por 3 d y posteriormente, se midió el pH del medio de cultivo con la ayuda de un potenciómetro.

RESULTADOS Y DISCUSION

Grado de contaminación microbiana ambiental

Al analizar la concentración fúngica (Tabla 1), se comprobó que los valores máximos alcanzados fueron de 464 UFC/m³ en el depósito 11 y de 400 UFC/m³ en la Fototeca, mientras que para las bacterias fue de 3 224 y 2 533 UFC/m³, respectivamente. Al comparar estos valores con la escala que propone Omeliansky para evaluar el grado de contaminación del aire, se apreció que para el caso de los hongos las concentraciones fueron menores que 500 UFC/m³ en ambos locales por lo que el ambiente se clasificó como NO CONTAMINADO, mientras que para las bacterias resultó mayor de 1 500 UFC/m³ por lo que el ambiente se clasificó como ALTAMENTE CONTAMINADO. Estas consideraciones coincidieron con reportes recientes, que plantean que por encima de 1 000 UFC/m³ los ambientes están contaminados.²

El hecho de que se haya detectado una baja concentración de esporas fúngicas, puede deberse a que existen algunas de ellas que son muy ligeras y por tanto, su sedimentación es difícil, incluso se plantea que esporas $\leq 5 \mu\text{m}$ requieren vientos mayores de 25 m/s para que puedan sedimentar.²¹ Sin embargo, las células bacterianas generalmente se encuen tran depositadas sobre el polvo que al sedimentar sobre las placas Petri, las arrastra consigo.

Concentraciones microbianas similares han sido detectadas en Cuba en ambientes interiores de viviendas, archivos, bibliotecas y museos que han sido muestreados con biocolectores.^{3,22-24} Sin embargo, en estudios previos²⁵ realizados en otros depósitos del Archivo Nacional utilizando aeroscopio, se encontraron concentraciones micro-

Tabla 1. Concentración microbiana del aire en dos depósitos del Archivo Nacional de Cuba.

Depósito	Concentración	Hongos (UFC/m ³)	Bacterias (UFC/m ³)	Temperatura (°C)	HR (%)
11	Máxima	464,0	3 224,0	-	-
	Mínima	284,0	2 120,0	-	-
	Media	396,0	2 844,0	28 ^a	73 ^a
TOTAL	MICROORGANISMOS ¹	3 240,0			
Fototeca	Máxima	400,0	2 533,0	-	-
	Mínima	120,0	1 900,0	-	-
	Media	260,7	2 148,7	28 ^b	75 ^b
TOTAL	MICROORGANISMOS ¹	2 409,4			

¹ Indica la suma de la concentración media de hongos y de bacterias. ^a Representa la media de cinco mediciones que se corresponden con los puntos de muestreo microbiológico (método diagonal). ^b Representa la media de dos mediciones que se corresponden con los puntos de muestreo microbiológico (método lineal). *Nota:* El ANOVA de clasificación simple realizado para los diferentes puntos de muestreo en cada local, resultó no significativo ($p \geq 0,05$) para las UFC por metro cúbico de aire tanto para hongos como para bacterias, de ahí que en el momento del muestreo las concentraciones de hongos y de bacterias en el aire fueron homogéneas.

bianas significativamente menores. Esto demuestra dos cuestiones: primero, la necesidad de realizar muestreos sistemáticos para caracterizar la variabilidad de la microbiota, y segundo, que esa elevada contaminación del aire de los depósitos pudiera deberse a que el ambiente que rodea al Archivo Nacional posee una elevada contaminación microbiana que se introduce en los depósitos a través de los conductos de ventilación natural.

Por otro lado, al observar el comportamiento de la temperatura y la humedad relativa en esos depósitos durante un mes de estudio, incluyendo el día del muestreo (Fig. 1), se obtuvieron valores medios mensuales elevados, tanto en la Fototeca [HR = (76 ± 5,8) %; T = (28,1 ± 1) °C] como en el depósito 11 [(HR = (71,7 ±

2,3) %; T = (28 ± 0,5) °C]. Como es sabido, la humedad relativa del aire tiene gran importancia para la contaminación microbiana ambiental, sobre todo, en el caso de los hongos, por lo que incide en el nivel de esporulación y en el diámetro aerodinámico de las esporas, así como en la deposición de estas sobre las superficies e incluso en el sistema respiratorio de las personas.²⁶ Por ello, se puede afirmar que las condiciones ambientales de estos dos locales, facilitaron la presencia de elevadas concentraciones de microorganismos, principalmente, de bacterias, lo cual resulta riesgoso para el buen estado de conservación de los distintos tipos de documentos y para la salud del personal que habitualmente entra y sale de estos locales.

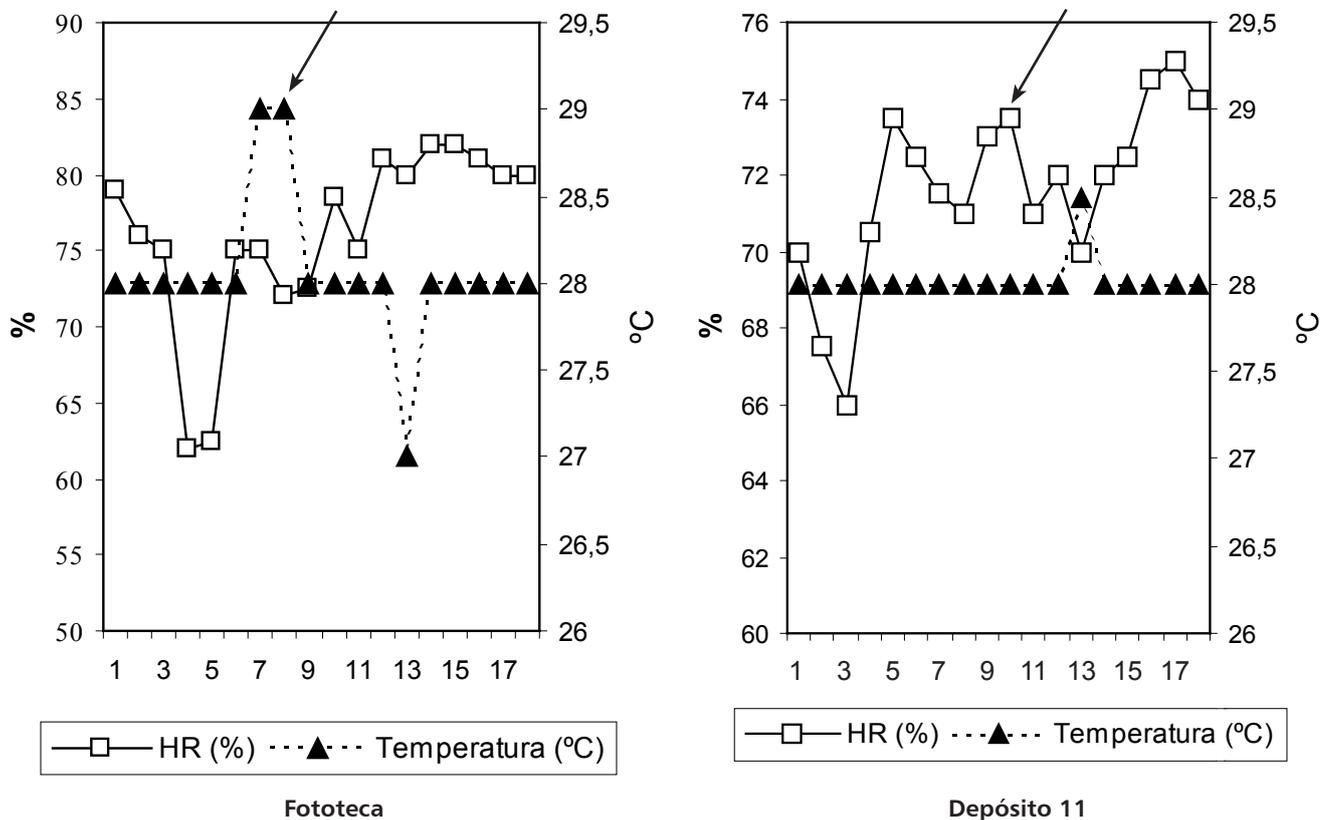


Fig. 1. Comportamiento de la humedad relativa (HR) y la temperatura en la Fototeca y en el depósito 11 en el mes en que se realizó el estudio (julio de 2004). Las saetas indican el día en que se realizó el muestreo microbiológico en los dos locales.

Caracterización microbiana. Géneros fúngicos aislados del aire en ambos locales

Del aire de la Fototeca se aislaron 29 colonias de hongos diferentes, mientras que del correspondiente al depósito 11, se aislaron 10, las que fueron identificadas totalmente. La densidad relativa de los géneros aislados mostró que *Aspergillus* resultó el de mayor frecuencia en la Fototeca (41,3 %) en tanto, *Cladosporium* predominó en el depósito 11 (40 %) (Tabla 2). Como en la Fototeca predominó el género *Aspergillus*, se realizó la identificación hasta especies de las cepas pertenecientes a este género para definir el predominio en ambos depósitos. Se pudo apreciar (Tabla 3) que la especie que predominó en la Fototeca fue *A. fumigatus* mientras que en el depósito 11 fue *A. flavus*, ambas de gran interés clínico.^{27,28}

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 4). Asimismo, un grupo elevado de estos hongos excretaron diferentes pigmentos sobre el papel, abarcando colores desde el amarillo hasta el carmelita intenso pasando por el naranja y tonos rojizos. También se evidenció que estas cepas produjeron ácidos, pues propiciaron una disminución significativa del pH del medio de cultivo. Resultados similares han sido publicados por otros autores.²⁹

Estos resultados permiten evidenciar que los hongos presentes en el ambiente de los depósitos estudiados son una fuente potencial de deterioro para los documentos. Incluso si la humedad relativa aumentara por cualquier motivo, sus esporas se depositarían con mayor rapidez sobre los documentos y podrían desarrollarse en 24 h comenzando a degradar aceleradamente el papel. Si por otro lado, se tiene en cuenta que en la Fototeca dentro del género *Aspergillus* predominó la especie *A. fumigatus*, cuyos conidios no sedimentan con facilidad,³⁰ se pudiera afirmar que las condiciones ambientales constituyen un riesgo elevado para la salud del personal, por lo que es imprescindible utilizar medios de protección.

Es conocido que la pared de las esporas fúngicas está compuesta por sustancias (β [1-3]-D-glucanos) que desencadenan reacciones tóxicas en el organismo de los seres humanos,³¹ aún cuando estas no son viables, provocando reacciones no específicas como fatiga, dolor de cabeza, irritación de ojos, nariz y garganta. Por otro lado, se conoce que tanto los géneros antes mencionados como *Alternaria*, *Curvularia* y *Fusarium*, son capaces de producir compuestos orgánicos volátiles (COV) y micotoxinas.³² Los COV están asociados a olores fuertes tales como a humedad y a material (papel o tela) viejo, los cuales resultan muy irritantes para el sistema respiratorio y los ojos provocando reacciones no específicas. Asimismo, dan lugar a un ambiente enrarecido de compuestos químicos de diferentes tipos que pudieran reaccionar con el papel u otros soportes de archivo y acelerar su deterioro.

Las micotoxinas de muchos hongos, pueden ingresar al cuerpo por las vías respiratorias.³³ Se ha registrado por lo menos un caso de síntomas neurotóxicos posiblemente relacionados con la exposición a micotoxinas transportadas por el aire en un ambiente muy contaminado.³³ La piel es otra vía potencial de exposición a las micotoxinas. Las toxinas de diversos hongos han producido casos de dermatosis severa.² En vista de que las micotoxinas provocan serios efectos tóxicos,

Tabla 2. Distribución relativa o frecuencia de aparición de los géneros fúngicos aislados en los depósitos estudiados en el Archivo Nacional de la República de Cuba.

Géneros fúngicos	Fototeca	Depósito 11
	Frecuencia de aparición (%)	
<i>Aspergillus</i>	41,3	30
<i>Cladosporium</i>	27,6	40
<i>Penicillium</i>	10,3	13
<i>Curvularia</i>	8,7	8
<i>Alternaria</i>	8,7	9
<i>Fusarium</i>	3,4	-

Tabla 3. Predominio de las especies de *Aspergillus* encontradas en la Fototeca y en el depósito 11 del Archivo Nacional de la República de Cuba.

Especies	Fototeca	Depósito 11
	Frecuencia de aparición (%)	
<i>A. niger</i>	7,8	4,2
<i>A. clavatus</i>	5,1	4,2
<i>A. fumigatus</i> ¹	10,2	4,1
<i>A. flavus</i> ¹	6,3	8,3
<i>A. nidulans</i>	-	5,1
<i>A. flavipes</i>	3,2	4,1
<i>A. terreus</i>	5,5	-
<i>A. versicolor</i>	3,2	-
TOTAL	41,3	30

¹ Especies de mayor interés clínico.^{27,28}

debería hacerse mínima la exposición a los hongos que los producen.³⁴ Por lo anterior, se sabe que los hongos son agentes que pueden afectar la salud de las personas provocándoles reacciones que generalmente se agrupan en tres categorías: reacciones alérgicas (asma, rinitis alérgica, neumonía por hipersensibilidad), infecciones (aspergilosis, micosis cutánea) y respuestas por toxicidad a determinadas sustancias.

Géneros bacterianos aislados del aire en ambos locales

En cuanto a las bacterias aisladas, después de agruparlas por sus características culturales y de tinción (Gram), se pudo apreciar que las características morfológicas de las colonias fueron muy variadas, por lo que para su posterior identificación taxonómica se seleccionaron aquellas colonias de mayor predominio. En el depósito 11 predominaron los bacilos Gram positivos esporulados (33,3 %), seguidos por cocos Gram positivos (30,6 %), cocos Gram negativos (20,2 %) y por último, bacilos Gram negativos (15,9 %). Por su parte, en la Fototeca predominaron los cocos Gram positivos (56,8 %), secundados por los bacilos Gram positivos no esporulados (32,5 %), que incluyó un 8 % de cepas del género *Streptomyces*, seguidos por bacilos Gram negativos (8 %) y bacilos Gram positivos esporulados (2,7 %).

El predominio de bacterias Gram positivas en la depósito 11 (entre cocos y bacilos, 63,9 %) y en la Fototeca (entre cocos y bacilos, 92 %) se corresponde con lo informado para este tipo de ambientes.³⁵ La presencia

Tabla 4. Actividad celulolítica cualitativa, producción de pigmentos y de ácidos por parte de los hongos aislados del aire de los depósitos 11 y Fototeca del Archivo Nacional de Cuba.

Depósito	Cepa	Crecimiento		Producción de pigmentos ¹	pH
		Sobre papel de filtro	En celulosa cristalina		
11	<i>Aspergillus niger</i> 1	+++	+++	+	4,5
	<i>Aspergillus niger</i> 2	+++	++	+	4,8
	<i>Aspergillus clavatus</i>	++	+	+	3,5
	<i>Aspergillus fumigatus</i>	+++	++	+	5,8
	<i>Aspergillus terreus</i>	+++	+	+	4,9
Fototeca	<i>Aspergillus flavus</i>	+++	+	+	6,1
	<i>Aspergillus nidulans</i>	++	±	+	4,9
	<i>Aspergillus flavipes</i>	++	+	+	5,0
	<i>Aspergillus versicolor</i>	+++	++	+	5,2
11	<i>Cladosporium</i> sp. 1	+++	+	+	5,2
	<i>Cladosporium</i> sp. 2	++	+	+	3,4
Fototeca	<i>Cladosporium</i> sp. 3	+++	+	+	3,6
	<i>Cladosporium</i> sp. 4	±	±	+	4,7
	<i>Cladosporium</i> sp. 5	+	+	+	5,0
11	<i>Penicillium</i> sp. 1	+++	++	-	4,4
	<i>Penicillium</i> sp. 2	++	+	+	5,6
Fototeca	<i>Penicillium</i> sp. 3	++	+	+	3,9
	<i>Penicillium</i> sp. 4	±	-	-	5,9
11	<i>Curvularia</i> sp. 1	+	-	+	6,0
	<i>Curvularia</i> sp. 2	+	±	+	5,5
11	<i>Alternaria</i> sp. 1	++	+	+	5,4
	<i>Alternaria</i> sp. 2	-	-	±	4,8
Fototeca	<i>Fusarium</i> sp. 1	++	+	+	5,0

¹La producción de pigmentos se evidenció sobre la tira de papel de filtro. +++ abundante crecimiento. ++ crecimiento moderado. + crecimiento pobre, también es indicativo de la presencia de pigmento. ± crecimiento o producción de pigmento muy pobre. - NO crecimiento y NO producción de pigmento.

de estos grupos de bacterias, se debe a su ingreso al interior de los locales como consecuencia de la actividad del hombre fundamentalmente, ya que muchas de ellas pueden formar parte de la piel y las mucosas del organismo. Sin embargo, en el depósito 11 también se detectó un porcentaje considerable de bacterias Gram negativas (entre cocos y bacilos, 36,1 %), lo cual indica que el ambiente de este local es poco saludable³⁶ y habría que estudiar cuál es su fuente de contaminación.

Entre las bacterias Gram positivas se aislaron cepas de *Staphylococcus* sp., *Streptococcus* sp., *Corynebacterium* sp., *Bacillus polymyxa*, *Bacillus* sp. y *Streptomyces* sp. y entre las Gram negativas se identificaron *Serratia marcescens*, *Serratia* sp., *Enterobacter agglomerans*, *Enterobacter hafniae* y *Hafnia alvei*. Los géneros *Bacillus*, *Serratia*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Corynebacterium* y *Streptomyces* han sido aislados por otros autores en ambientes de archivos.^{7,10} Sin embargo, en toda la literatura consultada no se encontraron reportados los géneros *Enterobacter* y *Hafnia* para este tipo de ambiente. Aunque a *Hafnia* no se le conoce como patógeno, *Enterobacter* puede constituir un riesgo significativo para la salud.³⁷

Las 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. Esto ocurre cuando se activan los macrófagos de los pulmones y de otras células respiratorias provocando inflamación del sistema respiratorio. Como consecuencia de una exposición continuada a este tipo de bacterias puede producirse bronquitis y asma.³⁸ También se ha visto que estas bacterias pueden exportar informaciones genéticas relacionadas con la resistencia a antibióticos y a la excreción de endotoxinas a través del aire en forma de compuestos volátiles, aún después de muertas, lo cual las hace en extremo peligrosas.³⁹ Dentro de este grupo de bacterias se reporta que *Serratia marcescens* y *Enterobacter* sp. están relacionadas con enfermedades respiratorias³⁷ y precisamente, estas especies se aislaron en los locales estudiados.

Como es conocido, especies de los géneros *Staphylococcus* y *Streptococcus* pueden provocar en el hombre procesos inflamatorios que se acompañan con la formación de pus. Cuando estas bacterias penetran al organismo humano mediante lesiones en la piel, en las membranas de las mucosas, en las vías respiratorias o en el intestino, lo debilitan y pueden pasar a los tejidos del organismo provocando enfermedades.⁴⁰ Estos géneros bacterianos se aislaron hace algunos años en depósitos del Archivo Nacional de Cuba.⁷ El género

Corynebacterium posee especies que forman parte de la microbiota normal de la piel de las personas y en caso de inmunosupresión pueden convertirse en patógenos oportunistas provocando enfermedades tales como artritis, osteomielitis, bronquitis, etc. Además, posee especies patógenas que pueden provocar difteria, faringitis, neumonías y endocarditis.⁴¹

Por su parte, el género *Streptomyces*, que solo se encontró en el aire de la Fototeca en una proporción ligeramente elevada (8 %), produce un olor desagradable (olor a tierra mojada) y está vinculado además con afectaciones alérgicas de los alvéolos por hipersensibilidad (neumonitis).⁴² Desde 1981, los científicos tenían evidencias de que la inhalación de células de *Streptomyces* sp. provocaba respuesta inmune y enfermedades respiratorias. Por ello desde 1988, *Streptomyces* se consideraba uno de los grupos bacterianos más importantes con relación a los riesgos laborales.⁴³ Sin embargo, no fue hasta 1997 que Hirvönen y cols.⁴⁴ confirmaron experimentalmente la afectación que produce esta bacteria en el sistema respiratorio y que provoca asma a las personas que la respiran.

Se ha publicado que grandes concentraciones de especies de *Bacillus* en el aire de interiores es generalmente indicativo de daños provocados por agua o por la ausencia de mantenimientos constructivos a los edificios.³⁸ La causa de la existencia de este género bacteriano en estos locales (Fototeca: 2,7 % y depósito: 11 33,3 %) se corresponde precisamente con ese aspecto y revela la necesidad de realizar una reparación del sistema de ventilación de la edificación al que se le deben colocar filtros apropiados que impidan fundamentalmente la entrada del polvo.

También, se conoce desde hace muchos años que los géneros *Bacillus* y *Streptomyces* tienen una marcada actividad celulolítica,⁹ es decir, pueden atacar el papel y degradarlo en presencia de una humedad relativa del 90 % en 24 h, lo cual pudiera llevarse a cabo si la humedad relativa de los depósitos estudiados aumentara por cualquier motivo.

CONCLUSIONES

Se determinó que el ambiente de la Fototeca y del depósito 11 del Archivo Nacional NO ESTÁN CONTAMINADOS por hongos, pero sí ALTAMENTE CONTAMINADOS por bacterias.

Aspergillus fue el género fúngico que predominó en el ambiente de la Fototeca y *Cladosporium* fue el mayoritario en el depósito 11.

Más del 95 % de las cepas fúngicas aisladas mostraron actividad celulolítica y produjeron ácidos y pigmentos.

Se evidenció que todos los géneros fúngicos aislados son alérgenos más o menos potentes y que pueden provocar afectaciones respiratorias.

En ambos locales, predominaron las bacterias Gram positivas y dentro de ellas, los cocos.

Se identificaron cepas bacterianas pertenecientes a los géneros *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Streptomyces*, *Corynebacterium*, *Enterobacter*, *Hafnia* y *Serratia*.

Por primera vez en Cuba, se detectan cepas pertenecientes a los géneros *Enterobacter* y *Hafnia* en ambientes de archivo. De ellos, *Enterobacter* puede ser muy riesgoso para la salud.

En la Fototeca, se encontraron concentraciones relativamente elevadas de cepas bacterianas pertenecientes al género *Streptomyces* y en el depósito 11, se detectaron

especies de *Bacillus*, géneros que presentan actividad celulolítica y en el caso del primero, además, actividad patógena.

BIBLIOGRAFIA

- Toivola M., Alm S., Reponen T., Kolari S. and Nevalainen A. Personal exposure and microenvironmental concentration of particles and bioaerosols. **J. Environ. Monit.**, **4**, 166-174, 2002.
- Eagle Industrial Hygiene Associates. Microbial Sampling and Analysis: molds and bacteria, <http://www.eagleih.com/micro.html>, 2004. (Consultado: 5 de diciembre de 2004.)
- Rojas T.I. Micobiota contaminante en ambientes interiores. Trabajo para optar por el título de Maestro en Ciencias Biológicas, Facultad de Biología, Universidad de la Habana, Cuba, 1998.
- Nugari M.P. and Roccardi A. Aerobiological investigations applied to the conservation of cultural heritage. **Aerobiologia**, **17**, 215-223, 2001.
- Pinzari F., Fanelli C., Canhoto O. and Magan N. Electronic nose for the early detection of moulds in libraries and archives. **Indoor Built Environ.**, **13**, 387-395, 2004.
- Florian M.L.E. Water, heritage photographic materials and fungi. **Topics in Photographic Preservation**, **10**, 60-73, 2003.
- Vaillant M. A work aimed to protect the health of the documentary heritage conservators. International Conference on Conservation and Restoration of Archive and Library Materials. Pre-prints. Erice April 22nd- 29th, 137-142, 1996.
- Florian M.L.E. The four components of biodeterioration and of preservation of our collective memory. The four components of biodeterioration and the preservation of our collective memory. International Symposium: a choice and strategies for preservation of a collective memory. Dobbiaco, Toblach, Italy. <http://www.uin-muenster.de/Forum-Bestandserhaltung/kons-restaurierung/sch-florian.shtml>, 2003. (Consultado: 5 de octubre de 2002.)
- Vaillant M. y Valentín N. Principios básicos de la conservación documental y causas de su deterioro. 1a ed. Ministerio de educación: Instituto del Patrimonio Histórico Español. , 1996.
- Valentín N., Vaillant M. y Guerrero H. Programa de control integrado de plagas en bienes culturales de países de clima mediterráneo y tropical. **Apoyo**, **7**, 13-15, 1997.
- Anderson J.B. Heritage, Conservation & Health - The Danish Experience. European Heritage Conservation and Environmentally Sustainable Solutions. Trinity Collage. Dublin, Ireland, 2003.
- Singh J. European Heritage Conservation and Environmental Monitoring - Making Informed Decisions. European Heritage Conservation Environmentally Sustainable Solutions. Trinity Collage. Dublin, Ireland, 2003.
- Análisis Ambiental. Método de Omeliansky. Análisis higiénico sanitario y ambiental. Métodos de ensayos microbiológicos. Norma Ramal de la Pesca NRP-201. Ciudad de La Habana, Ministerio de la Industria Pesquera, 1987
- Barnett H.L. and Hunter B.B. Illustrated genera of imperfect fungi. 3rd Edition, Burgess Publishing Co. Minneapolis, 1987.
- Raper K.B. and Fennell D.I. The genus *Aspergillus*. Edit. The Williams & Wilkins Company, Baltimore, USA, 1965.
- Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, Holt J.G (editor-in-chief). Edit. Williams & Wilkins, Baltimore, London. Vol.1, 1984.
- Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Sneath P.H., Mair N.S., Sharpe M.E and Holt J.G (eds.). Edit. Williams & Wilkins, Baltimore, London. Vol. 2, 1986.
- Smith G. Ecology and Field Biology. 2nd Edition. Harper & Row, New York, 1980.
- Rautela G.S. and Cowling E.B. Simple culture test for relative cellulolytic activity of fungi. **Appl. Microbiol.**, **14**, 892-898, 1986.
- Green C.F., Scarpino P.V. and Gibbs S.G. Assessment and modelling of indoor fungal and bacterial bioaerosol concentrations. **Aerobiologia**, **19**, 159-169, 2003.

21. Levetin E. Bioaerosols in agricultural and out door setting. In: Encyclopedia of Environmental Microbiology. Bitton G. (Ed.). John Wiley and Sons, NY, 2002.
22. Rojas T.I., Martínez E. 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, 2000.
23. Pons V. y Rojas, T.I. Micobiota contaminante en el Museo Antropológico Montané. Trabajo de Diploma, Facultad de Biología, Universidad de la Habana, Cuba, 2003.
24. Borrego S. 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, 2005.
25. Vaillant M., Chi L. y Sánchez A.I. Sobre la contaminación microbiológica existente en depósitos del Archivo Nacional. **Documentos**, 2, 44-65, 1989.
26. Reponen T., Grinshpun S.A., Conwell K.L., Wiest J. and Anderson M. Aerodynamic versus physical size of spores: Measurement and implication for respiratory deposition. **Grana**, 40, 119-125, 2001.
27. Latgé J.P. *Aspergillus fumigatus* and aspergilosis. **Clinical Microbiol. Rev.**, 12, 310-350, 1999.
28. Gost J., Bermejo B., Rivero M., Espatolero M.J., Polo I. y Sinz de la Murieta J. Vigilancia y control de las infecciones originadas por gérmenes oportunistas: aspergilosis. **ANALEs**, 23, 185-192, 2003.
29. Martínez P. Determinación de la acidez producida por hongos contaminantes en bienes culturales. **Boletín Patrimonio y Desarrollo**, 9, 3-4, 2003.
30. Zumbado H. Epidemiología y control microbiológico de infecciones. En: Manual de Procedimientos en Microbiología Clínica. (Isenberg H.D., Ed). <http://www.cariari.vcr.ac.cr/~gacetapc/Epidem-Control.html>, 2004. (Consultado: 10 de enero de 2005.)
31. Gorny R.L., Reponen T., Willeke K., Schmechel D., Robine E., Boissier M. and Grinshpun S.A. Fungal fragments as Indoor air biocontaminants. **Appl. Environ. Microbiol.**, 68, 3522-3531, 2002.
32. Gallup D. (Chairman). Fungal Library. The Environmental Reporter EM Lab. A Technical Newsletter for IAQ Professionals. <http://www.emlab.com/app/fungi/Fungi.po>, 2006. (Consultado: 21 de noviembre de 2006.)
33. Baxter C.S. Wey H.E. and Burg W.E. A prospective analysis of the potential risk associated with inhalation of aflatoxin-contaminated grain dusts. **Food Cosmet Toxicol.**, 19, 763-769, 1981.
34. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Contaminación del Aire en Interiores. Una Introducción para los Profesionales de la Salud. <http://www.Ambientecologicowww.htm>, 2004. (Consultado: 8 de enero de 2005.)
35. Zhu H., Phelan P.E., Duan T., Raupp G.B., Fernando H.J.S. and Che F. Experimental study of indoor and outdoor airborne bacterial concentrations in Tempe, Arizona, USA. **Aerobiologia**, 19, 201-211, 2003.
36. IndoorAirQuality.com. Indoor Air Quality - Bacteria/ Endotoxin, http://www.indoorallergyrelief.com/index.php/30_2004 (Consultado: 10 de noviembre de 2004.)
37. America`s Most Wanted Biological Agents. Bacteria Associated with Respiratory Illnesses. <http://www.aerias.org/jtf-mostwanted.htm>, 2003. (Consultado: 4 de diciembre de 2003.)
38. IndoorAirQuality.com. Gram-Negative Bacteria. Bacteria in Indoor Air, <http://www.esl.ns.ca/Bacteria.html>, 2004. (Consultado: 10 de noviembre de 2004.)
39. Heal R.D. and Parsons A.T. Novel intercellular communication system in *Escherichia coli* that confers antibiotic resistance between physical separation populations. **J. Appl. Microbiol.**, 92, 1116-1122, 2002.
40. Isenberg H.D. and D'Amato R.F. Indigenous and pathogenic microorganisms of humans. In: Manual of Clinical Microbiology. 5th Edition. Chapter 2. Balows A., Hausler Jr. W.J., Herrman K.L., Isenberg H.D. and Shadomy H.J. (editors). American Society for Microbiology, Washington, D.C, 1991.
41. Clarridge J.E. Gram-positive Bacilli: *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Listeria*, and *Erysipelothrix*. In: Clinical and Pathogenic Microbiology. Second Edition. (Howard B.J. editor-in-chief), Mosby - Year Book, Inc., St. Louis, 1994.
42. Szychalski L., Dutkiewicz J., Uminski J., Smerdel-Skórska C., Chmielewska-Badora J., Dutkiewicz E., Flecha I. and Kuce, L. Cases of mass diseases of young people caused by work with grain. II. Clinical and immunological investigation. **Med. Wiejska**, 16, 205-216, 1981.
43. Dutkiewicz J., Jablonski L. and Olenchock S.A. Occupational biohazards: a review. **Am. J. Ind. Med.** 14, 605-623, 1988.
44. Hirvönen M.R., Nevalainen A., Makkonen M., Mönkkönen J. and Savolainen K. *Streptomyces* spores from moldy houses induce nitric oxide, TNF and IL secretion from RAW264.7 macrophage cell line without causing subsequent cell death. **Environ. Toxicol. Pharmacol.**, 3, 57-63, 1997.

OZOMED mini

OZOMED mini® está diseñado para las aplicaciones médicas del ozono.

Para el tratamiento de: neuropatías ópticas, glaucoma crónico, síndrome cócleo vestibular, retinosis pigmentaria, demencias seniles, anemia drepanocítica, prevención de sepsis, artrosis, arteriosclerosis obliterante y como medio de contraste en angiografías intradiafragmáticas.

Especialidades: Oftalmología, Geriátría, Ortopedia, Angiología y Medicina Interna.

Vías de aplicación: intravenosa, intra-arterial, intrarrectal, intramuscular, autohemoterapia mayor y menor, intracavitaria, subcutánea y tópica.

Instalación y montaje: solo requiere alimentación eléctrica y un botellón de oxígeno medicinal que se interconecta al equipo mediante una manguera de PVC flexible de diámetro interior 5 mm que se coloca a la entrada del flujómetro.



Características técnicas

Cubierta de poliestireno de gran densidad e impacto.
 Dimensiones: (LXHXP) (340X220X150) mm.
 Peso: 2,8 kg (6,16 lb).
 Alimentación: ~110 V ± 10 %; 60 Hz .
 Temperatura de trabajo: 15 a 30 °C .
 Humedad relativa: hasta 90 % .
 Presión de O₂ a la salida del botellón: hasta 1 atm.
 Concentración de ozono: hasta 70 mg/L .
 Tiempo de trabajo continuo máximo: 20 min ± 10 % .
 Potencia: 50 VA ± 2 % .
 Flujo de trabajo de O₂ medicinal seco: hasta 1,5 L/min .



Centro de Investigaciones del Ozono
 Avenida 15 y calle 230 No. 1313, Playa, Ciudad de La Habana,
 Apartado Postal 6412, Cuba.