

Estudio descriptivo de la Microbiota Fúngica Aérea en el Museo en Ciencias de la Salud en tiempos de COVID-19



Luque Aguada Lizet 1

Franco Paola 2

Cepeda Burghini Romina 1

1 Laboratorio De Microbiología, Servicio De Micología,
Clínica Universitaria Reina Fabiola

2 Museo En Ciencias de la Salud

Facultad de Ciencias Médicas

Universidad Nacional de Córdoba

Resumen

El estudio tiene como objetivo la caracterización y recuento de la microbiota fúngica aérea de diferentes espacios del Museo en Ciencias de la Salud (HNC/UNC) durante el mes de junio 2020, debido a que en ese momento algunas de las salas del museo se encontraban en refacción y queríamos conocer si el movimiento de escombros, podía generar un aumento de la microbiota ambiental que tuviese como consecuencia un potencial riesgo en la salud de los trabajadores y las colecciones allí conservadas, basándonos en trabajos que hemos realizado con anterioridad. El método aplicado fue el de sedimentación y la evaluación de la Humedad Relativa (HR) medidas en porcentajes (%) y temperatura medida en grados centígrados (°C) en las distintas salas de exhibición. Los resultados obtenidos han permitido evidenciar la presencia de microbiota fúngica en los diferentes espacios, los cuales son indicadores de riesgos potenciales de deterioro y de presencia de microclimas adversos.



Palabras clave: Microbiota Fúngica Aérea; Museo en Ciencias de la Salud; conservación.



Abstract

The objective of the study is to characterize and count the aerial fungal microbiota of the different spaces of the Museum of Health Sciences (HNC/UNC) during the month of June 2020, because at that time some of the Museum rooms were under renovation and we wanted to find out if the movement of debris could generate an increase in the environmental microbiota that would have as a consequence a potential risk to the health of the workers and the collections preserved there, based on work we have done previously. . The applied method was sedimentation and the evaluation of Relative Humidity (RH) measured in percentages (%) and temperature measured in degrees Celsius (°C) in the different rooms. The results obtained have made it possible to demonstrate the presence of fungal microbiota in the different spaces, which are indicators of potential risks of deterioration and the presence of adverse microclimates.

 **Keywords:** *Aerial Fungal Microbiota; Museum of Health Sciences; conservation*

INTRODUCCION

El análisis de la calidad del aire debe formar parte de la rutina de trabajo del museo, por ello se hace necesario desarrollar metodologías que permitan evaluar riesgos potenciales de deterioro en el edificio y en las colecciones que alberga. El presente trabajo se ha realizado en el Museo en Ciencias de la Salud, ubicado dentro del Hospital Nacional de Clínicas de la Provincia de Córdoba. El estudio de la calidad del aire se ha efectuado en salas de exposición y conservación, en ausencia de visitantes y trabajadores, durante la pandemia de COVID-19 en la que ambos establecimientos se encontraban cerrados.

El biodeterioro de materiales bibliográficos se produce, sobre todo, a causa de microorganismos heterótrofos capaces de degradar, a través de la excreción de enzimas y otros metabolitos intermediarios, como los ácidos orgánicos, los materiales presentes en las colecciones documentales (Caneva *et al.* 2000; Arroyo, 1995). Los hongos son microorganismos cosmopolitas que pueden crecer sobre numerosos tipos de sustratos por lo que juegan un papel esencial en el biodeterioro de materiales de naturaleza orgánica y son fácilmente dispersados por el aire.

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar la concentración fúngica aérea en los espacios interiores del Museo en Ciencias de la Salud y caracterizar la diversidad de géneros de dicha



micobiota fúngica aislada en cultivo. El interés principal radica en diseñar una estrategia de conservación y que la misma forme parte de una mejora continua en los procesos de mantenimiento y optimización de las condiciones de ambos espacios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar y puntos de muestreo

El estudio se llevó a cabo durante el mes de junio del año 2020 durante la pandemia de covid, en la cual las salas de exhibición del museo y la biblioteca se encontraban cerradas al público en general y con actividades reducidas, por lo que la circulación de personal también era mínima; este dato no es menor ya que será la base de comparación para trabajos futuros en el que se podría evaluar el impacto de la circulación, en la concentración fúngica ambiental de los espacios evaluados.

Para la determinación de los puntos de muestreo se utilizó la siguiente fórmula:

$$P = 3\sqrt{V}$$

Donde P, es el número de puntos de muestreo por sala
Y V, es el volumen de cada sala.

Selección de puntos críticos, para la colocación de las placas:

- Entradas de aire (puertas, ventanas)
- Rincones (es donde normalmente el aire no circula)
- Muebles

Durante los muestreos los valores de temperatura y humedad relativa de las salas se midieron empleando un psicrómetro digital.

Las condiciones ambientales de las salas y almacenes se indican en la tabla 1 y 2.

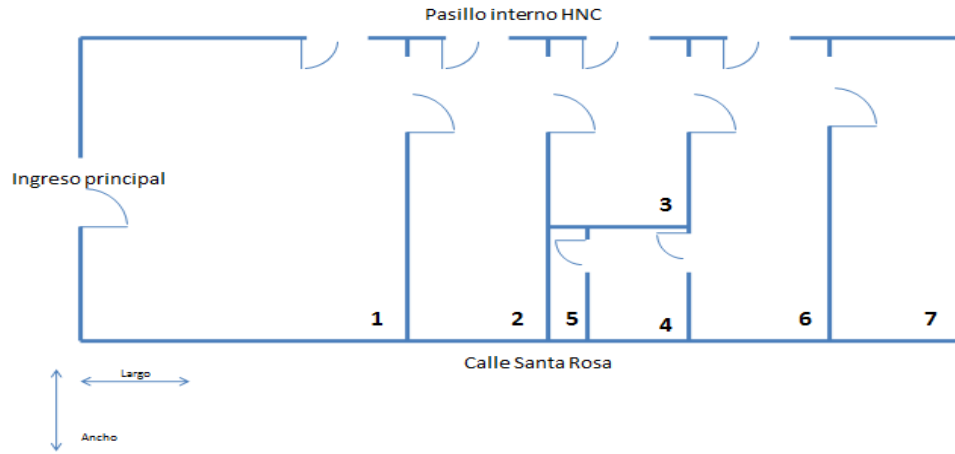


Figura 1. Plano del Museo de Genias en la Salud

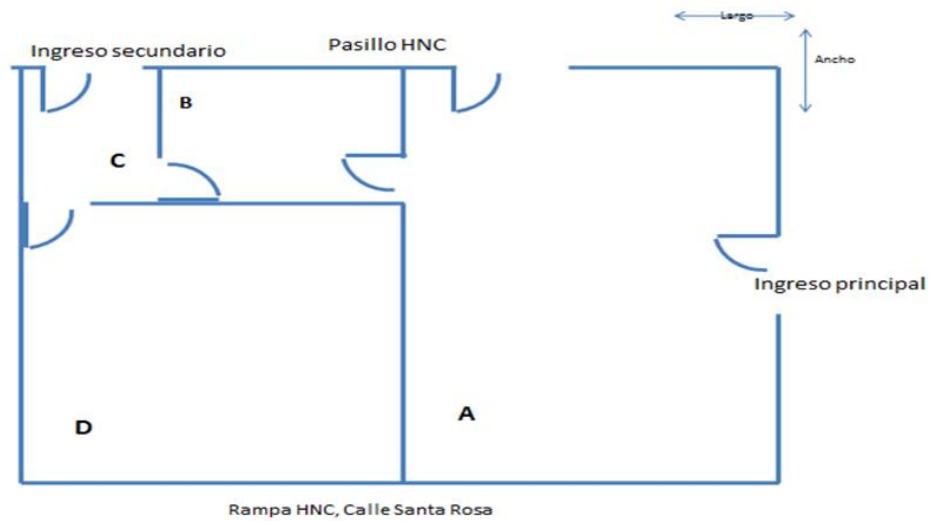


Figura 2. Plano de la biblioteca del Museo de Genias en la Salud



Muestreo microbiológico del aire

Los muestreos se realizaron según el método de sedimentación descrito por Omeliansky (Bogomolova & Kirtsideli, 2009). Se expusieron placas Petri de 110 mm de diámetro a una altura de 1.5m durante 5 min que contenían Agar Sabouraud con cloranfenicol para el aislamiento fúngico; en este trabajo no se realizó el análisis para bacterias.

Las placas se incuban a 28°C durante 7 a 10 días para el aislamiento de hongos. Concluida la incubación, se realizó el conteo de unidades formadoras de colonias para determinar la concentración microbiana del aire, expresada en unidades formadoras de colonias por m³ de aire (ufc.m⁻³) según la ecuación descrita por Omeliansky (1940).

$$N = 5a \cdot 10^4 (b \cdot t)^{-1}$$

N = concentración microbiana fúngica en ufc.m⁻³

a = número de colonias por placa Petri,

b = es la superficie de la placa ($r^2 \times \pi$) expresada en cm²

t = tiempo de exposición en minutos.

Para determinar el grado de contaminación se compararon las concentraciones micóticas obtenidas con la escala propuesta por Omeliansky quien estableció que: concentraciones menores de 500 UFC/m³ son propias de un ambiente no contaminado, si la concentración está entre 501 y 750 UFC/m³ el ambiente es poco contaminado, si se encuentra entre 751 y 1000 UFC/m³ es ligeramente contaminado, entre 1001 y 1500 UFC/m³ es un ambiente contaminado y si es mayor de 1501 UFC/m³ es altamente contaminado.

Identificación de los microorganismos fúngicos aislados

Una vez realizado el conteo de las colonias, se describieron las características macroscópicas a los 5 y 7 días de incubación para hongos filamentosos. Las características microscópicas de las colonias fúngicas se determinaron mediante el montaje con azul de lactofenol y la técnica de impronta (Schaechter et al. 2006) y en los casos en que no se observaron estructuras reproductivas de los hongos se realizaron microcultivos. La identificación de los géneros se realizó utilizando las claves de



identificación taxonómica de hongos Barnett & hunter (1987), Casadesús & Rojas (1981), Pitt & Klich (1994) y Pitt (2000). Aquellos hongos que no desarrollaron conidios de reproducción asexual ni sexual, fueron denominados hongos de micelio estéril ya que en el presente trabajo no se utilizó identificación molecular como herramienta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3 podemos observar que en las Salas A1, C y D del museo la concentración fúngica estuvo por debajo de las 500 UFC/m³ en los diferentes puntos, por lo que podría considerarse un ambiente no contaminado. En las salas A2 y B la concentración microbiana en algunos puntos supero el valor de 501 UFC/m³ por lo que podemos decir que en las mismas el ambiente es considerado poco contaminado.

En la Tabla 4 podemos observar que en la Sala 1 del museo la concentración fúngica estuvo por debajo de las 500 UFC/m³ en los diferentes puntos, por lo que podría considerarse un ambiente no contaminado; a diferencia de lo ocurrido en las salas 2 y 6 donde hay puntos de muestreo que superan el valor de 750 UFC/m³ por lo que podríamos hablar de una ambiente ligeramente contaminado. En las Sala 3 y 7 se puede ver que hay recuentos mayores a 1001 UFC/m³ por lo que se identifica un ambiente contaminado.

Tener en cuenta que concentraciones micológicas superiores a las 100 UFC/m³ de aire, son importantes desde el punto de vista del biodeterioro, tanto para los materiales presentes en dicho ambiente como para la conservación del Patrimonio Cultural en general. Esto a su vez concuerda con lo planteado por el Ministerio de Cultura de Italia, que según Resolución 2000 de 1998 norma valores menores de 150 UFC/m³ de aire (Cappitelli et al., 2009) para considerar que un ambiente no está contaminado micológicamente. Desde el punto de vista de la conservación preventiva, se puede afirmar que las cifras obtenidas representan un riesgo potencial de ataque y deterioro fúngico a las colecciones, por lo que resulta importante mantener el control climático adecuado, con niveles de HR que no excedan valores del 65%, los cuales propician el desarrollo vegetativo de las esporas fúngicas depositadas sobre la superficie de las colecciones y su acción físico química sobre las mismas, causando daños no deseados que ponen en riesgo su salvaguarda.



Tabla 1.

	Dimensiones (alto-ancho-largo)	Utilidad	Temperatura	Humedad relativa
SALA1	6 m - 6 m - 7 m	Exposición permanente	15,2 ° C	52 %
SALA2	5 m - 6 m - 4 m	Exposición permanente (actualmente vacía por remodelación)	15,2 ° C	54 %
SALA3	5 m - 3,5 m - 3,5 m	Exposición permanente (actualmente contiene colecciones de sala 2 y 7)	14,5 ° C	54 %
SALA4	Ante baño: la sala no fue evaluada			
SALA5	Baño: la sala no fue evaluada			
SALA6	5 m - 6 m - 4 m	Futura sala de exposición (actualmente contiene colecciones de sala 7)	14,5 ° C	54 %
SALA7	6 m - 6 m - 4 m	Ex sala de depósito (Actualmente vacía con serios problemas edilicios)	14,6 ° C	54 %

Tabla 1. Resultados de mediciones de temperatura, humedad relativa, situación edilicia y funcional de las salas del museo



Tabla 2

	Dimensiones (alto-ancho-largo)	Utilidad	Temperatura	Humedad relativa
SALAA1	3 m - 6 m - 3 m	Biblioteca	15,2 ° C	53 %
SALAA2	2,8 m - 6 m - 3 m	Entrepiso	15,4 ° C	53 %
SALAB	2,5 m - 2 m - 1,8 m	Archivo	15,3 ° C	53 %
SALAC	6 m - 2 m - 1,8 m	Secretaría	15,4 ° C	53 %
SALAD	6 m - 4 m - 3 m	Dirección	15,5 ° C	54 %

Tabla 2. Resultados de mediciones de temperatura, humedad relativa, situación edilicia y funcional de la biblioteca y entrepiso



Tabla 3

ZONA	UFC/m3	MICROORGANISMOS AISLADOS
SALA A 1	210	<i>Alternaria sp.</i> <i>Mycelia Sterilia</i>
	210	<i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Bipolaris sp.</i>
	315	<i>Alternaria sp.</i>
	210	<i>Mycelia Sterilia</i> <i>Alternaria sp.</i>
SALA A 2	525	<i>Alternaria sp.</i> <i>Penicillium sp.</i> <i>Mycelia Sterilia</i>
	0	
	210	<i>Alternaria sp.</i>
	105	<i>Mucor sp.</i>
SALA B	105	<i>Alternaria sp.</i>
	630	<i>Scopulariopsis sp.</i> <i>Mycelia Sterilia</i> <i>Bipolaris sp.</i> <i>Penicillium sp.</i>
	105	<i>Alternaria sp.</i>
	210	<i>Penicillium sp.</i>
SALA C	210	<i>Mycelia Sterilia</i>
	210	<i>Penicillium sp.</i>
SALA D	315	<i>Alternaria sp.</i> <i>Penicillium sp.</i>
	210	<i>Mycelia Sterilia</i> <i>Penicillium sp.</i>
	420	<i>Penicillium sp.</i> <i>Alternaria sp.</i>
	210	<i>Penicillium sp.</i> <i>Mycelia Sterilia</i>
	210	<i>Penicillium sp.</i> <i>Mycelia Sterilia</i>

Tabla 3. Resultados del muestreo ambiental fúngico de la Biblioteca del Museo



Tabla 4

ZONA	UFC/m3	MICROORGANISMOS AISLADOS
SALA 1	210	<i>Curvularia sp.</i> <i>Cladosporium sp.</i>
	105	<i>Mycelia Sterilia</i>
	420	<i>Mycelia Sterilia</i> <i>Alternaria sp</i>
	210	<i>Penicillium sp</i>
SALA 2	105	<i>Mycelia Sterilia</i>
	735	<i>Alternaria sp.</i> <i>Curvularia sp.</i> <i>Mycelia Sterilia</i>
	630	<i>Penicillium sp</i> <i>Mycelia Sterilia</i> <i>Acremonium sp</i> <i>Alternaria sp.</i>
	944	<i>Alternaria sp.</i> <i>Curvularia sp.</i> <i>Penicillium sp</i> <i>Cladosporium sp.</i>
	314	<i>Alternaria sp.</i> <i>Curvularia sp.</i>
	1154	<i>Alternaria sp.</i> <i>Fusarium sp</i> <i>Penicillium sp</i> <i>Cladosporium sp.</i> <i>Mycelia Sterilia</i>
SALA 3	525	<i>Penicillium sp</i> <i>Alternaria sp.</i>
	315	<i>Alternaria sp</i> <i>Mycelia Sterilia</i>
	210	<i>Alternaria sp</i> <i>Mycelia Sterilia</i>
	524	<i>Alternaria sp.</i> <i>Curvularia sp.</i>
SALA 6	105	<i>Rhizopus sp</i>
	210	<i>Penicillium sp</i> <i>Fusarium sp</i>
	210	<i>Alternaria sp</i> <i>Curvularia sp.</i>
	105	<i>Penicillium sp</i>
	1154	<i>Alternaria sp</i> <i>Curvularia sp.</i> <i>Penicillium sp</i> <i>Acremonium sp</i> <i>Mycelia Sterilia</i>
SALA 7	630	<i>Mycelia Sterilia</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Alternaria sp.</i>
	630	<i>Penicillium sp</i> <i>Alternaria sp.</i>
	1154	<i>Penicillium sp</i> <i>Alternaria sp</i> <i>Mycelia Sterilia</i> <i>Curvularia sp.</i>
	1469	<i>Alternaria sp</i> <i>Penicillium sp</i>

Tabla 4. Resultados del muestreo ambiental fúngico del Museo



La variabilidad de contaminantes micóticos que se observa en cada punto de toma de muestras, está relacionada con el impacto de la ventilación y de las circunstancias específicas acaecidas durante el momento en que se realizaba la toma de muestras en particular. Los resultados de los análisis micológicos del aire responden a una amplia casuística, donde confluyen muchos factores variables y, por lo tanto, es recomendable efectuar análisis periódicos para evaluar el impacto de las condiciones ambientales en las salas del museo. En la figura 3 podemos observar una imagen de los aislamientos fúngicos del aire de la biblioteca y del museo.

Está demostrado que los hongos ambientales comienzan a reproducirse cuando la humedad relativa (HR) del aire supera el 65%, la temperatura supera los 18°C y las renovaciones de aire de las salas son deficientes. En nuestro caso la humedad relativa rondó los 53%- 54% y la temperatura presentó una media de 15,08°C.

Si observamos el Gráfico 1 donde se expresan los totales de UFC/m³ por espacio en la Biblioteca, podemos observar que la sala D es la más contaminada.

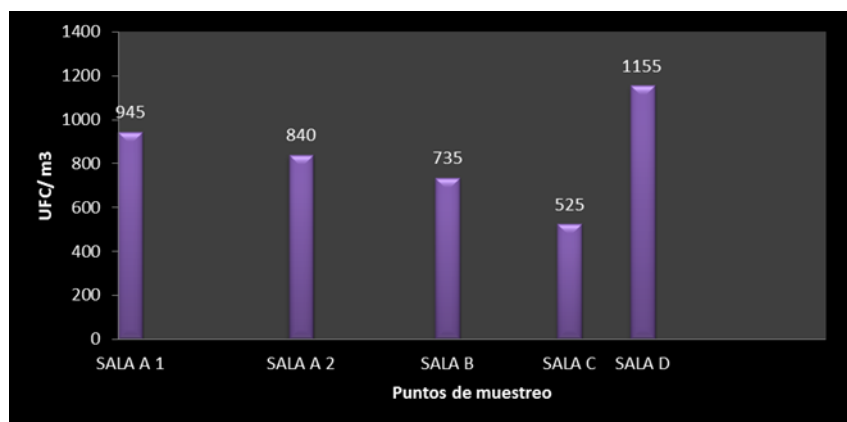


Gráfico 1. Resultados totales del muestreo ambiental de la Biblioteca del Museo



En el Gráfico 2 podemos ver que en las salas 2, 3 y 7 el recuento total supera las 1500 UFC/m³, por lo que según Omeliansky, estamos en presencia de un ambiente altamente contaminado. Mientras que las salas 1 y 6 clasificarían como ambientes ligeramente contaminados. La sala 7 exhibe la mayor contaminación micótica, esto concuerda con que en el momento de la toma de muestras se encontraba con serios problemas edilicios: humedad en los techos, paredes y techos con desprendimiento de reboque y acumulo de polvo.



Gráfico 2. Resultados totales del muestreo ambiental del Museo

Al realizar la identificación de los aislados fúngicos del aire se detectó un predominio de los géneros *Alternaria sp*, *Penicillium sp* y *Curvularia sp*. (Graficos 3 y 4).

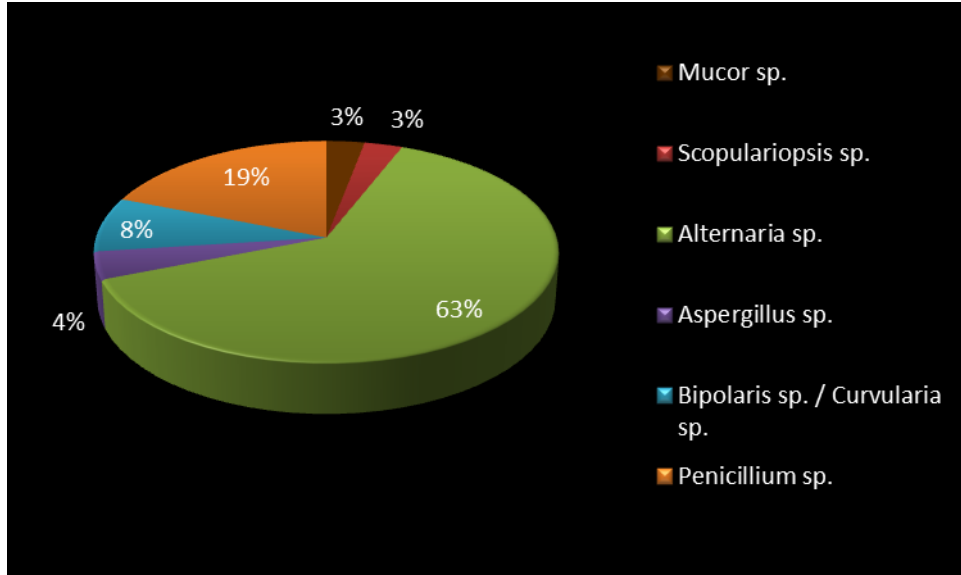


Gráfico 3. Porcentajes de géneros fúngicos aisladas en la Biblioteca del Museo

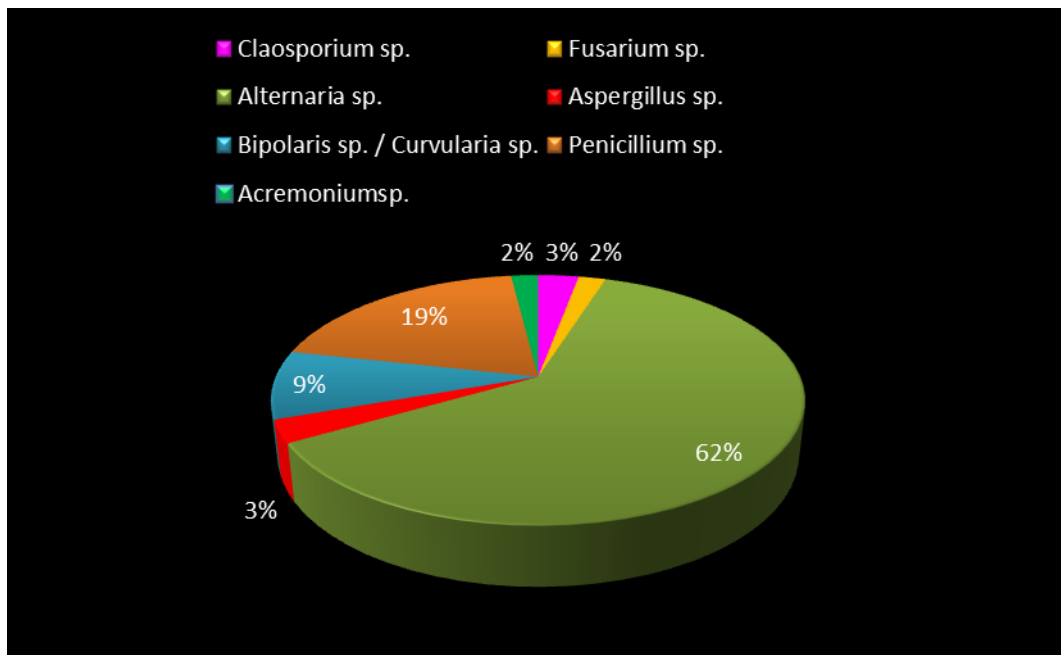


Gráfico 4. Porcentajes de géneros fúngicos aislados en el Museo



En los análisis efectuados, observamos la presencia minoritaria de microorganismos potencialmente patógenos para la salud de las personas, tal es el caso de *Aspergillus* frecuente contaminante de materiales históricos (Salkinoja-Salonen, 2003).

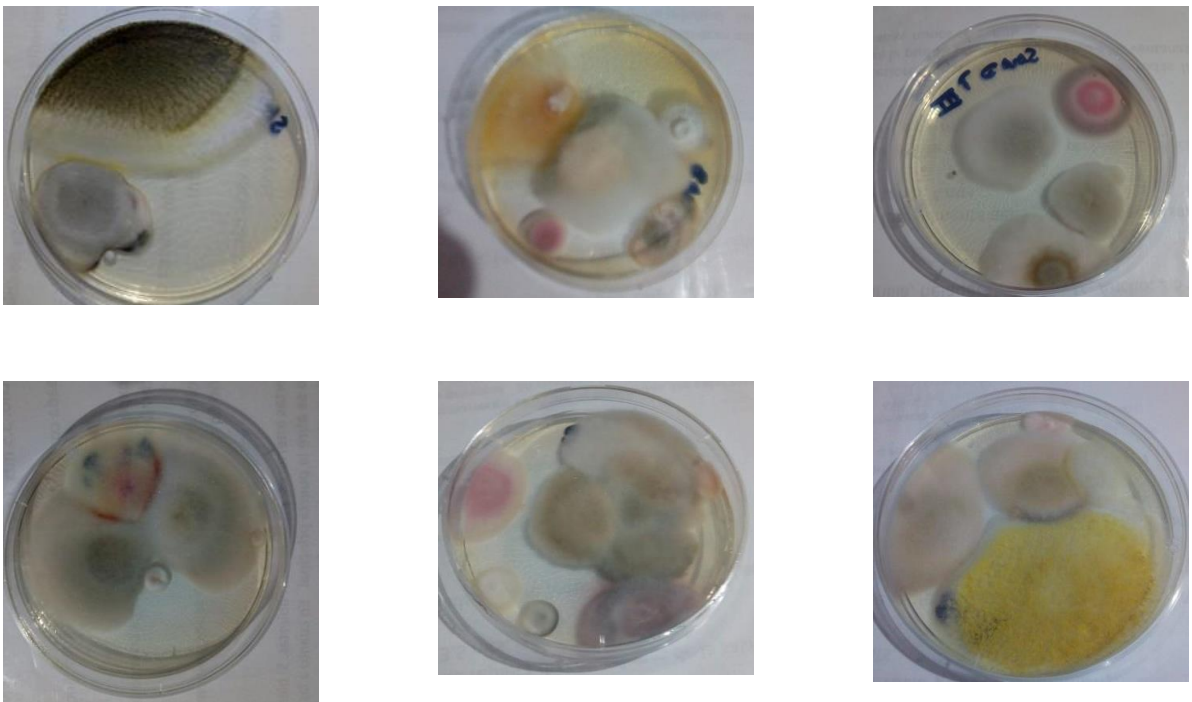


Figura 3. Ejemplos representativos de los aislamientos fúngicos del aire (arriba Biblioteca, abajo Museo)



CONCLUSIONES

Según la escala propuesta por Omeliansky (Bogomolova & Kirtsideli, 2009), en el método de sedimentación las concentraciones detectadas corresponden a un ambiente contaminado en algunas zonas y en otras no; pero si se tienen en cuenta los rangos de valores para el riesgo de deterioro biológico en colecciones de valor patrimonial, las concentraciones obtenidas hacen que este sea considerado un ambiente contaminado, con un importante riesgo potencial de deterioro.

Los aislados fúngicos identificados pertenecen a los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Acremonium*, *Scopulariopsis*, *Bipolaris/Curvularia*, *Rhizopus* y *Mucor*.

Con el presente trabajo se pretende determinar el factor de riesgo potencial de biodeterioro específico para las condiciones ambientales y características del Museo y la Biblioteca, que podrá ser aplicado en sucesivos estudios de calidad del aire y puede constituir una herramienta útil para la conservación preventiva de las colecciones que se resguardan y exponen en ambos espacios.

Este estudio no intenta ofrecer un diagnóstico definitivo, sino ser iniciador de una investigación futura donde se puedan medir otras variables que modifican la concentración circulante de microorganismos tales como: la presencia de visitantes, las diferentes estaciones del año, la temperatura y la humedad relativa, entre otras.

Debe tenerse en cuenta que todos los análisis efectuados corresponden a una toma de muestras realizada en un momento concreto, bajo condiciones específicas. Por esta razón, es adecuado y conveniente realizar seguimientos frecuentes de la contaminación del aire y de superficie, para obtener resultados significativos y establecer medidas de control correctas.

Para una próxima etapa debería evaluarse también la presencia de esporas fúngicas en superficies y objetos que se exponen en las diferentes salas.



BIBLIOGRAFIA

1. BARNETT H. (1960) Illustrated genera of imperfect fungi. 2nd ed. Estados Unidos: Burgess Publishing Company. p. 225.
2. BOGOMOLOVA, EV & KIRTSIDELI, I. (2009): Airborne fungi in four stations of the St. Petersburg Underground railway system. *International Biodeterioration and Biodegradation*; 63:156-61.
3. BORREGO ALONSO, S. F., & MOLINA VELOSO, A. (2014). Comportamiento de la aeromicrobiota en dos depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba durante 7 años de estudio. *AUGMDOMUS*, 6, 1–24. Recuperado a partir de <https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/672>
4. CANEVA, G., NUGARI, P.M & SALVADORI, O. (2000): Métodos de prevención del biodeterioro. En: *La Biología en la Restauración*. Nerea S.A. (Ed). pp. 149-164.
5. CAPPITELLI F & SORLINI C. (2010). Papers and Manuscripts. P 45-59. En: Mitchell R & McNamara CJ (ed) *Cultural Heritage Microbiology: Fundamental Studies in Conservation Science*. ASM Press, Washington, DC
6. CASADESÚS L & ROJASTI. (1981). *Micología. Manual Práctico*. Ed. MES, Cuba: 99 p
7. PITT JL. (1988). *A Laboratory guide to the common Penicillium species*. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. 183p.
8. PITT JL. (2000). *A laboratory guide to common Penicillium species*. Third Edition. Food Science, Australia: 197 p
9. RODRÍGUEZ GARCÍA, J. C.(2016), 'Microbiología aplicada: una herramienta para la conservación del Patrimonio Cultural', *Conservar Património* 24 (2016) 23-36, <https://doi.org/10.14568/cp2015007>.
10. SCHAECHTER M, NEIDHARDT F, INGRAHAM J. (2006). *Microbe*. Washington: American Society for Microbiology. p. 610



