

INFLUENCIA DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AIRE EN EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA MADERA EN EL GRAN TEATRO DE LA HABANA ALICIA ALONSO.

Autores: Lic. Claudia Mariam Torres Fernández, Dr. C. Juan Manuel García Delgado, Tec. Natividad Triguero Issasí, Tec. Claudia de la C. Galán Valenzuela

Instituto de Investigaciones Agro-forestales (INAF), calle 174 No.1723 e/ 17c y 17b, Rpto Siboney, Playa, Cuba, claudiam@forestales.co.cu, mariam151090@gmail.com

El Gran Teatro de La Habana "Alicia Alonso", sede del Ballet Nacional de Cuba, es una de las principales instituciones culturales de la capital y arquitectónicamente uno de los íconos de la ciudad. Inaugurado en 1838, llamado entonces como "Teatro Tacón", fue señalado como un hecho histórico en la vida social y cultural de la capital cubana. En 2013 es sometido a una reparación capital, que concluye dos años más tarde en 2015. A finales del 2016 el inmueble presentó problemas de deterioro en los elementos maderables de varias salas, presumiblemente por la acción descomponedora de insectos y microorganismos xilófagos. El presente trabajo tuvo como objetivo: Evaluar la influencia de la calidad microbiológica del aire en la conservación de los objetos maderables en seis salas principales del Gran Teatro de La Habana Alicia Alonso. Se empleó en el muestreo un método gravimétrico de sedimentación. Se concluye que el ambiente interior de dicha sala se encuentra altamente contaminado por la presencia de hongos de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Curvularia*, *Mucor*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Neurospora*, *Syncephalastrum*, *Cladosporium* y *Nigrospora*. Varios de los géneros encontrados en el muestreo ambiental coinciden con los hallados en el muestreo directo a las piezas maderables de las puertas de la sala. Estos géneros excretan pigmentos al medio de cultivo y causan manchado y daños estructurales a la madera y se consideran potencialmente patógenos de la salud humana, causando rinitis, alergias, asma, entre otras afecciones respiratorias y cutáneas. Los resultados demuestran que la frecuencia de aparición de hongos es alta. Esto puede deberse a las condiciones de altas temperaturas y humedad relativa encontradas en las salas en el momento del muestreo microbiológico del aire, así como la moderada ventilación y poca recirculación del aire.

Abstract

The Gran Teatro de La Habana "Alicia Alonso", headquarters of the National Ballet of Cuba, is one of the main cultural institutions of the capital and architecturally one of the icons of the city. Inaugurated in 1838, then called "Tac"atro Theater", it was designated as a historic event in the social and cultural life of the Cuban capital. In 2013 it underwent a capital repair, which ends two years later in 2015. At the end of 2016, the property presented problems of deterioration in the wood elements of several rooms, presumably due to the decomposing action of insects and xylophagous microorganisms. The objective of this work was to: Evaluate the influence of microbiological air quality on the conservation of wood objects in six main halls of the Gran Teatro de La Habana Alicia Alonso. A gravimetric method of sedimentation was used in the sampling. It is concluded that the interior environment of this room is highly contaminated by the presence of fungi of the genera *Aspergillus*, *Penicillium*, *Curvularia*, *Mucor*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Neurospora*, *Syncephalastrum*, *Cladosporium* and *Nigrospora*. Several of the genera found in environmental sampling coincide with those found in the direct sampling of the wood pieces of the doors of the room. These genera excrete pigments to the culture medium and cause staining and structural damage to the wood and are considered potentially pathogenic to human health, causing rhinitis, allergies, asthma, among other respiratory and skin conditions. The results show that the frequency of appearance of fungi is high. This may be due to the conditions of high temperatures and relative humidity found in the rooms at the time of the microbiological sampling of the air, as well as moderate ventilation and little air recirculation.

Introducción

El Gran Teatro de La Habana "Alicia Alonso", sede del Ballet Nacional de Cuba, es una de las principales instituciones culturales de la capital y arquitectónicamente uno de los íconos de la ciudad (De Las Cuevas, 2001). El actual edificio fue levantado para acoger la sede del Centro Gallego de La Habana y fue el recinto donde se tocó en 1907, por primera vez, la marcha del *Himno gallego*. Inaugurado en 1838, llamado entonces como "Teatro Tacón", fue señalado como un hecho histórico en la vida social y cultural de la capital cubana (Rey, 2005). Entre 1907 y 1915 se construyó el edificio actual, con un costo de 1.8 millones de pesos, para albergar la sede del Centro Gallego de La Habana obra del arquitecto belga Paul Beleu (De Las Cuevas, 2001).

La sala principal, llamada Federico García Lorca, tiene capacidad para 1500 personas. Cuenta con otras salas como la Sala Lecuona y espacios como el Café Adagio, donde se ofrecen recitales de música de cámara (Rey, 2005).

Además, es sede del Festival Internacional de Ballet de La Habana, el cual constituye un acontecimiento en el mundo de la danza, donde se presentan bailarines del Royal Ballet de Londres, de la Scala de Milán,

el New York City Ballet y del Ballet del Teatro Colón, de Argentina, entre otras grandes compañías del género.

En septiembre de 2015, el Consejo de Estado de la República de Cuba acordó, con carácter excepcional y en reconocimiento a los aportes de la bailarina Alicia Alonso a la cultura cubana y universal, su amor a la Patria y fidelidad a la Revolución cubana, denominarlo como Gran Teatro de La Habana “Alicia Alonso” (Arencibia, 2004).

Fue declarado desde el año 1978, Monumento Nacional y es considerado el teatro en activo más antiguo del hemisferio occidental (Weiss, 1996). Ha sido motivo de varias investigaciones, entre las que destaca la realizada por Arencibia, (2004), el cual cita a estudios hechos por la Oficina del Historiador, donde plantea que para realizar con éxito cualquier intervención en un inmueble de valor patrimonial, uno de los aspectos fundamentales es el “dominio de las afectaciones y sus causas, para tratarlas adecuadamente”. En 2013 es sometido a una reparación capital, que concluye dos años más tarde en 2015, pero no es hasta el 1 de enero de 2016 que reabre sus puertas, como parte de la celebración del aniversario 57 del Triunfo de la Revolución (Rey, 2005).

El trabajo reconstructivo abarcó todo el inmueble. Fueron restaurados las fachadas, vestíbulos, palcos, cubierta y tabloncillo. Asimismo, se dotó al teatro con nuevo mobiliario, telones, sistema de climatización, acústica, mecánica escénica, salones de ensayos para los bailarines y la orquesta, un estudio de grabación y más de 20 camerinos y baños.

A finales del 2016 a meses de su inauguración luego de la reparación capital recibida, el inmueble presentó problemas de deterioro en los elementos maderables de varias salas, presumiblemente por la acción descomponedora de insectos y microorganismos xilófagos.

Por otra parte, se conoce que los objetos que forman parte de las colecciones de museos, archivos y bibliotecas están esencialmente constituidos por materiales de naturaleza orgánica, por ello están sujetos inevitablemente a la acción de los agentes físicos, químicos y biológicos. Una característica de estos materiales es que son generalmente higroscópicos y altamente susceptibles al deterioro. Vale destacar que los procesos de degradación físico-química facilitan el biodeterioro al brindar un sustrato más asequible como fuente nutricional (Borrego, 2013).

El biodeterioro se produce, sobre todo, a causa de microorganismos heterótrofos, capaces de degradar enzimáticamente las sustancias orgánicas (Crespo, 1984; Valentín, 2010). Entre los microorganismos contaminantes que tienen relevancia en la conservación de las colecciones se destacan dos grandes grupos: las bacterias que tienen requerimientos nutritivos definidos y específicos, y los hongos que, por el contrario, admiten una gran diversidad; desde compuestos muy simples a los más complejos (Caneva *et al.*, 2000; Arroyo, 1995).

Los altos valores de temperatura, humedad relativa, iluminación, contaminantes del aire como cloruros, azufre y polvo, así como una escasa ventilación, influyen negativamente en el estado de conservación de

los objetos de museo. Por lo general estos factores actúan de forma conjunta, acentuando el daño y condicionando el desarrollo de los microorganismos sobre los diferentes soportes (Cassares, 2007).

El hecho de que los museos en Cuba se encuentran generalmente en edificaciones históricas no concebidas inicialmente con este propósito, que en las condiciones climáticas predominan especialmente los altos valores de HR existentes en estas edificaciones, hace de los organismos vivos uno de los agentes de deterioro más importantes que inciden sobre el patrimonio cultural cubano. Dentro de estos organismos adquieren significativa relevancia los microorganismos que pueden infectar los bienes culturales y causar, además, serias afecciones a la salud del personal encargado de su manejo en las instituciones culturales (Borrego, 2013). Por todo lo anteriormente citado, el objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de la calidad microbiológica del aire en la conservación de los objetos maderables en siete salas principales del Gran Teatro de La Habana Alicia Alonso''.

El Gran Teatro de La Habana "Alicia Alonso", sede del Ballet Nacional de Cuba, es una de las principales instituciones culturales de la capital y arquitectónicamente uno de los íconos de la ciudad (De Las Cuevas, 2001). El actual edificio fue levantado para acoger la sede del Centro Gallego de La Habana y fue el recinto donde se tocó en 1907, por primera vez, la marcha del *Himno gallego*. Inaugurado en 1838, llamado entonces como ''Teatro Tacón'', fue señalado como un hecho histórico en la vida social y cultural de la capital cubana (Rey, 2005). Entre 1907 y 1915 se construyó el edificio actual, con un costo de 1.8 millones de pesos, para albergar la sede del Centro Gallego de La Habana obra del arquitecto belga Paul Beleu (De Las Cuevas, 2001).

La sala principal, llamada Federico García Lorca, tiene capacidad para 1500 personas. Cuenta con otras salas como la Sala Lecuona y espacios como el Café Adagio, donde se ofrecen recitales de música de cámara (Rey, 2005). Además, es sede del Festival Internacional de Ballet de La Habana, el cual constituye un acontecimiento en el mundo de la danza, donde se presentan bailarines del Royal Ballet de Londres, de la Scala de Milán, el New York City Ballet y del Ballet del Teatro Colón, de Argentina, entre otras grandes compañías del género.

En septiembre de 2015, el Consejo de Estado de la República de Cuba acordó, con carácter excepcional y en reconocimiento a los aportes de la bailarina Alicia Alonso a la cultura cubana y universal, su amor a la Patria y fidelidad a la Revolución cubana, denominarlo como Gran Teatro de La Habana ''Alicia Alonso'' (Arencibia, 2004).

Fue declarado desde el año 1978, Monumento Nacional y es considerado el teatro en activo más antiguo del hemisferio occidental (Weiss, 1996).

Ha sido motivo de varias investigaciones, entre las que destaca la realizada por Arencibia, (2004), el cual cita a estudios hechos por la Oficina del Historiador, donde plantea que para realizar con éxito cualquier intervención en un inmueble de valor patrimonial, uno de los aspectos fundamentales es el ''dominio de las afectaciones y sus causas, para tratarlas adecuadamente''. En 2013 es sometido a una reparación capital,

que concluye dos años más tarde en 2015, pero no es hasta el 1 de enero de 2016 que reabre sus puertas, como parte de la celebración del aniversario 57 del Triunfo de la Revolución (Rey, 2005).

El trabajo reconstructivo abarcó todo el inmueble. Fueron restaurados las fachadas, vestíbulos, palcos, cubierta y tabloncillo. Asimismo, se dotó al teatro con nuevo mobiliario, telones, sistema de climatización, acústica, mecánica escénica, salones de ensayos para los bailarines y la orquesta, un estudio de grabación y más de 20 camerinos y baños.

A finales del 2016 a meses de su inauguración luego de la reparación capital recibida, el inmueble presentó problemas de deterioro en los elementos maderables de varias salas, presumiblemente por la acción descomponedora de insectos y microorganismos xilófagos.

Por otra parte, se conoce que los objetos que forman parte de las colecciones de museos, archivos y bibliotecas están esencialmente constituidos por materiales de naturaleza orgánica, por ello están sujetos inevitablemente a la acción de los agentes físicos, químicos y biológicos. Una característica de estos materiales es que son generalmente higroscópicos y altamente susceptibles al deterioro. Vale destacar que los procesos de degradación físico-química facilitan el biodeterioro al brindar un sustrato más asequible como fuente nutricional (Borrego, 2013).

El biodeterioro se produce, sobre todo, a causa de microorganismos heterótrofos, capaces de degradar enzimáticamente las sustancias orgánicas (Crespo, 1984; Valentín, 2010). Entre los microorganismos contaminantes que tienen relevancia en la conservación de las colecciones se destacan dos grandes grupos: las bacterias que tienen requerimientos nutritivos definidos y específicos, y los hongos que, por el contrario, admiten una gran diversidad; desde compuestos muy simples a los más complejos (Caneva *et al.*, 2000; Arroyo, 1995).

Los altos valores de temperatura, humedad relativa, iluminación, contaminantes del aire como cloruros, azufre y polvo, así como una escasa ventilación, influyen negativamente en el estado de conservación de los objetos de museo. Por lo general estos factores actúan de forma conjunta, acentuando el daño y condicionando el desarrollo de los microorganismos sobre los diferentes soportes (Cassares, 2007).

El hecho de que los museos en Cuba se encuentran generalmente en edificaciones históricas no concebidas inicialmente con este propósito, que en las condiciones climáticas predominan especialmente los altos valores de HR existentes en estas edificaciones, hace de los organismos vivos uno de los agentes de deterioro más importantes que inciden sobre el patrimonio cultural cubano. Dentro de estos organismos adquieren significativa relevancia los microorganismos que pueden infectar los bienes culturales y causar, además, serias afecciones a la salud del personal encargado de su manejo en las instituciones culturales (Borrego, 2013). Por todo lo anteriormente citado, el objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de la calidad microbiológica del aire en la conservación de los objetos maderables en siete salas principales del Gran Teatro de La Habana Alicia Alonso''.

Materiales y Métodos

Se realizaron 95 muestreos en total en las siete salas identificadas como las de mayor área y relevancia socio-cultural en el teatro entre septiembre y octubre del 2018. Los muestreos fueron realizados alrededor de las 11:00 a.m., hora reportada como la de mayor concentración microbiana en el ambiente aéreo. Las placas se colocaron a una altura de 1.5 m. A continuación, se presenta el área de las salas analizadas:

- Sala García Lorca: 300 m²
- Sala Carpentier: 160 m²
- Centro Gallego: 100 m²
- Sala Lecuona: 72 m²
- Sala Lezama Lima: 45 m²
- Sala Orígenes: 28 m²

Los muestreos se realizaron por triplicado en cada punto seleccionado, empleando el método de sedimentación descrito por Omeliansky, exponiendo placas Petri de 90 mm de diámetro con Agar Extracto de Malta (AEM) suplementado con NaCl (7.5 %) durante 10 min. Se realizaron también muestreos directos por hisopado sobre superficies de madera en muebles, pisos, puertas. Una vez finalizada la recolección, las muestras directas y las tres réplicas de cada punto fueron incubadas a 28 °C por un período de 7 a 10 días.

Finalizado el período de incubación se contaron las colonias fúngicas y bacterianas emergentes encada placa y luego se calcularon las unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire (UFC/m³) en cada punto, mediante el empleo de la ecuación propuesta por Omeliansky (Bogomolova y Kirtsidile, 2009).

$$\text{Frecuencia de aparición} = \frac{\text{No. muestreos en que aparece un taxa} \times 100}{\text{No. total de muestreos}}$$

$$\text{UFC/m}^3 = 5a \times 10^4 \times (\text{b.t})^{-1}$$

donde:

a: número de colonias.

b: área de la placa en cm².

t: tiempo en min.

• **Identificación de microorganismos aislados**

Se observaron sus características culturales y morfológicas (micro y macroscópicas) y la identificación se realizó con ayuda de manuales de identificación taxonómica (Barnett y Hunter, 1987; The *Aspergillus* Website, 2006; Pitt, 2007).

• **Determinación de la distribución relativa de las colonias**

Para determinar la frecuencia de aparición y la densidad relativa de los géneros aislados se utilizaron las ecuaciones de frecuencia y de densidad relativa (Esquivel *et al.*, 2003; Smith, 1980) donde:

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

- **Determinación cualitativa de la actividad celulolítica y de la producción de pigmentos de hongos**

Para determinar cualitativamente la actividad celulolítica de las cepas fúngicas aisladas, en el Laboratorio de Diagnóstico del grupo empresarial RESTAURA de la OSDE del Centro Histórico, se procedió a su siembra en un medio de cultivo cuya composición salina para 1L fue: 2 g de nitrato de sodio; 1g de fosfato de dipotasio; 0,5 g de sulfato de magnesio; 0,5 g de cloruro de potasio; 0,01 g de sulfato ferroso; 0.5g de extracto de levadura, 20 g de agar; pH inicial se ajustó a 5,5. Como fuente de carbono se empleó en un primer caso, una tira de papel de filtro de 4,8 cm x 1 cm de ancho (equivalente a 50 mg de papel de filtro); en el segundo, celulosa cristalina (1 %); en el tercer caso, celobiosa (1 %) y como control, se empleó glucosa (1 %). Los cultivos se incubaron a 28 °C durante 21 días. La producción de pigmentos se evaluó sobre la tira de papel de filtro (Smith, 1980).

- **Determinación de la producción de ácidos de hongos**

Una asada de esporas de cada cepa de hongos aislada, se sembró en el caldo de cultivo de composición salina similar al empleado anteriormente, pero con glucosa al 1 %. El pH se ajustó a 7 y se le adicionó rojo fenol a 0,001 % como indicador de pH. Los cultivos se incubaron a la misma T antes mencionada por 3 días. El resultado positivo se evidenció por el cambio de coloración en el medio de cultivo (de rojo a amarillo) y por una disminución del pH después de haberlo medido con un potenciómetro (Rautela y Cowling, 1986, citado por Borrego, 2013).

- **Determinación cualitativa de actividad amilolítica**

Cada cepa fúngica aislada fue inoculada en placa Petri con medio salino de composición similar a los empleados previamente con 5 g/L de almidón soluble utilizado como fuente de carbono. Después de 7 días de incubación a 28 ± 2 °C, se añadieron 5 ml del reactivo de Lugol a cada placa de cultivo y una zona no coloreada alrededor de la colonia fue considerado como indicador de una hidrólisis positiva (Borrego *et al.*, 2008).

- **Medición de temperatura (T) y humedad relativa (HR)**

Durante la realización del muestreo microbiológico ambiental se midieron los valores de T y HR existentes en las salas de estudio, empleando un psicrómetro de molinete que, a partir de las lecturas de T en los bulbos seco y húmedo, y el empleo de tablas psicrométricas, nos permite conocer con exactitud el valor de estos parámetros ambientales. Durante todo el período de estudio se colocó un termohigrógrafo con sistema de relojería manual, con el cual se registraron de manera continua las variaciones de HR y T, realizándose el cambio de la plantilla de registro y la calibración del equipo los días de muestreo.

- **Análisis estadístico**

Para el procesamiento estadístico de los resultados se empleó el sistema automatizado *Statsoft Statistica v 7.061.0*.

Resultados y Discusión

- Niveles de contaminación microbiana ambiental

A partir de los resultados obtenidos al analizar el comportamiento de los contaminantes fúngicos aislados del ambiente entre los meses de septiembre y octubre de 2018, se aprecia que la media de los niveles máximos alcanzados en el local fue de 2092 ufc/m³. Al comparar estos niveles con la escala propuesta por Omeliansky para evaluar el grado de contaminación microbiana del aire, y otros reportes más recientes que consideran que un ambiente está contaminado cuando presenta un nivel de contaminantes microbianos superior a 1000 ufc/m³ (Cassares, 2007), pudiéramos considerar que las salas Carpentier, García Lorca y el Centro Gallego presentan un ambiente que puede considerarse de altamente contaminado; donde, al haber condiciones ambientales desfavorables para la conservación de la madera, con niveles de humedad superiores a los 65 % y elevadas temperaturas, resultan favorables para el desarrollo biológico de la micobiota ambiental, representando un peligro potencial de biodeterioro. Por otra parte, las salas Orígenes y Lecuona, se clasifica el ambiente como contaminado y como no contaminado la Sala Lezama Lima (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados obtenidos del muestreo microbiológico ambiental en las seis salas estudiadas en el GTH Alicia Alonso.

Sala	Área (m ²)	Cantidad de puntos muestreados	Unidades Formadoras De colonia Por m ³ de aire (ufc/m ³ aire)	Densidad Relativa/ Frecuencia De aparición (%)	T (° C)	HR (%)	Categoría de contaminación
Carpentier	160	20	3636	48.4	28.6	83	Altamente Contaminado
Orígenes	28	8	1029	14.3	27.6	81	Contaminado
Lecuona	72	12	1406	12.5	25.3	78	Contaminado
García Lorca	300	32	3879	25	28.6	77	Altamente Contaminado
Centro Gallego	100	15	2163	19.4	25.6	82	Altamente Contaminado
Centro de Documentación	45	8	439	12.5	27.5	83	No Contaminado

Las figuras 1 y 2 representan los resultados obtenidos de las ufc/m³ así como la densidad relativa o frecuencia de aparición en cada una de las salas muestreadas. Las salas con mayor densidad fúngica fueron las clasificadas como altamente contaminadas. Por su parte la figura 3 muestra las ufc/m³ obtenidas en el muestreo microbiológico ambiental en las seis salas estudiadas y la escala de contaminación descrita por Omeliansky.

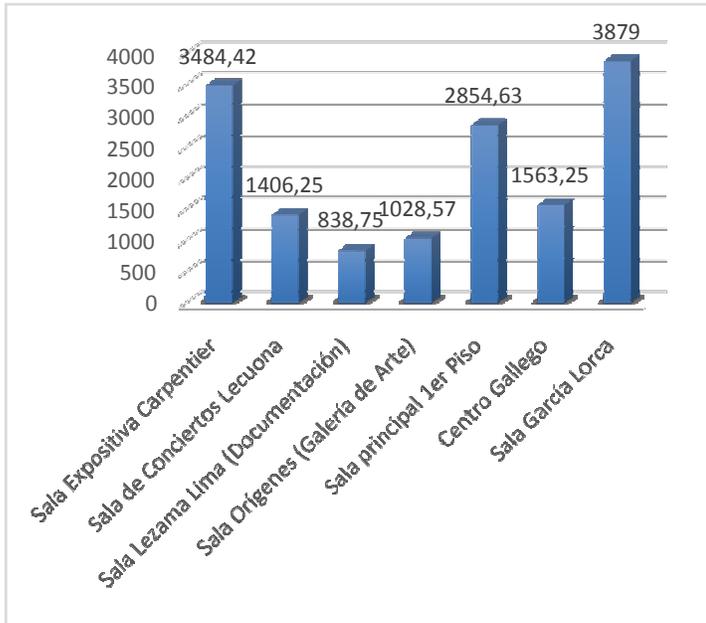


Gráfico 1. Representación gráfica de los hongos encontrados en el muestreo ufc/m³ de aire en las salas muestreadas del GTH Alicia Alonso

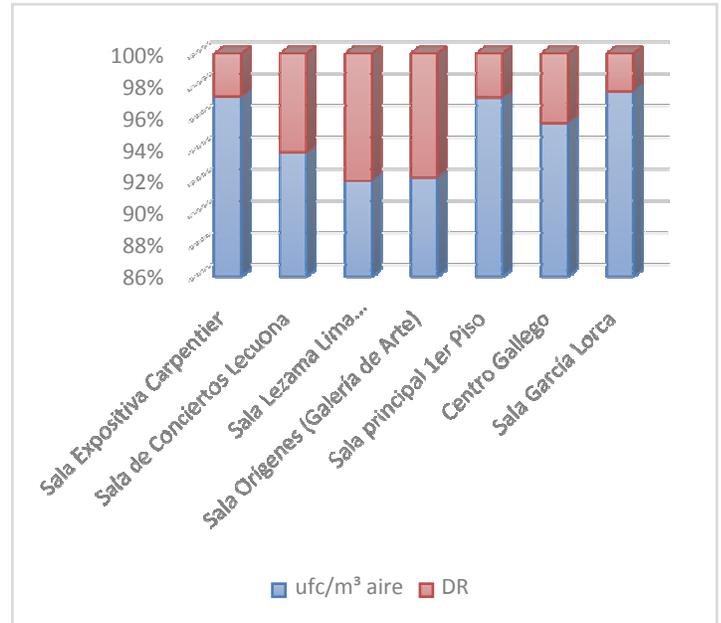


Gráfico 2. Representación gráfica de la densidad relativa de microbiológico del aire en las salas muestreadas.

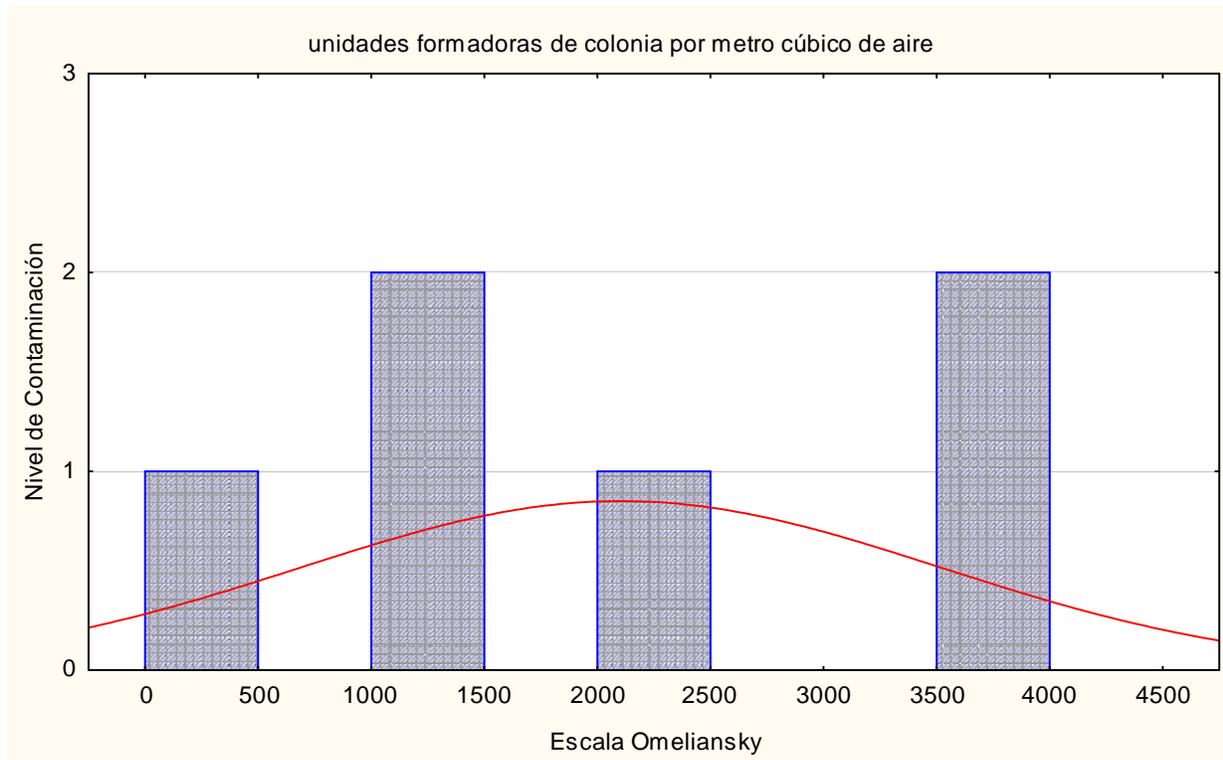


Gráfico 3. Representación gráfica de las ufc/m³ y la escala del nivel de contaminación descrita por Omeliansky

Es importante tener en cuenta que valores microbianos superiores a las 100 ufc/m³ de aire, pueden ser considerados de importancia desde el punto de vista del biodeterioro de los materiales presentes en dicho ambiente y para la conservación del Patrimonio Cultural específicamente. El Ministerio de Cultura de Italia, según Resolución 2000 de 1998, norma valores menores de 150 ufc/m³ de aire para hongos, por lo que desde el punto de vista de la conservación preventiva es importante mantener un control climático adecuado, con niveles de HR que no excedan valores del 65 %, los cuales propician el desarrollo vegetativo de las esporas fúngicas depositadas en superficies.

Niveles de contaminación microbiana similares han sido reportados en Cuba en ambientes interiores de viviendas, bibliotecas, archivos y museos, que han sido muestreados con biocolectores (Levetin, 2002; Rojas y Martínez, 2000; Pons y Rojas, 2003; Borrego, 2005) y con el método de sedimentación.

La HR y la T de las salas mostraron un comportamiento estable, pero con valores altos, como puede apreciarse en la figura 4, la T osciló entre los 25 y 28 °C, mientras la HR osciló entre los 74 y 83 %. Este comportamiento demuestra que las salas muestreadas poseen un clima estable que favorece la existencia de brotes de contaminación fúngica a partir de la posible germinación de las esporas depositadas en la superficie de los elementos maderables.

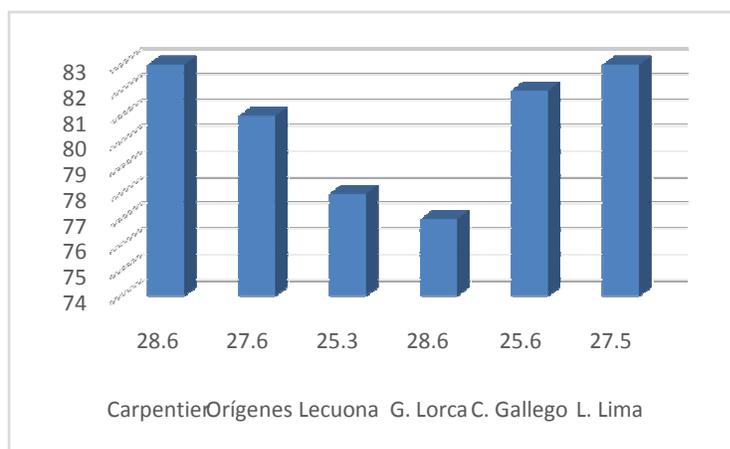


Gráfico 4. Valores medios observados de Humedad Relativa (HR) versus Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las seis salas estudiadas.

El comportamiento de los parámetros climáticos garantiza además que ocurra biodeterioro causado directamente por las variaciones bruscas o valores elevados, especialmente de la HR, como el stress causado por estas variaciones en este tipo de material orgánico a partir de su comportamiento higroscópico.

- Caracterización microbiana

Los géneros *Cladosporium* y *Aspergillus* resultaron los de mayor predominio seguidos por el género *Penicillium*, lo que concuerda con otros resultados de muestreos ambientales realizados en Cuba que hacen de estos géneros fúngicos los contaminantes por excelencia en ambientes interiores de museos, archivos y bibliotecas así como en muestreos directos realizados por hisopado sobre el sustrato físico de los bienes culturales (Borrego *et al.*, 2007).

Sala Orígenes	Sala Carpentier	Sala Lecuona	Sala García Lorca
---------------	-----------------	--------------	-------------------

Resulta significativa la amplia diversidad de géneros detectados durante el período de muestreo, donde se detectaron indistintamente representantes de los géneros *Aspergillus sp.*, *Cladosporium sp.*, *Fusarium sp.*, *Alternaria sp.*, *Neurospora sp.*, *Penicillium sp.* y *Syncephalastrum sp.*, los cuales han sido reportados en varios estudios como representantes de la microbiota de ambientes interiores. Las diferencias en los géneros detectados en los muestreos se corresponden también con otros reportes de estudios realizados en Cuba, lo cual está en dependencia fundamentalmente de los parámetros ambientales predominantes durante el muestreo (Tabla 2).

Tabla 2. Géneros fúngicos aislados del muestreo microbiológico ambiental realizado en las salas muestreadas.

<i>Aspergillus spp</i> <i>Cladosporium sp.</i> <i>Penicillium sp.</i>	<i>Alternariasp.</i> <i>Aspergillus niger</i>	<i>Aspergillus spp.</i> <i>Cladosporiumsp.</i>	<i>Penicilliumsp.</i> <i>Alternariasp.</i>
<i>Neurosporacrassa</i> <i>Apergilluspp.</i> <i>Penicilliumsp.</i> <i>Alternariasp.</i>	<i>Penicillium sp.</i> <i>Alternaria sp.</i> <i>Nigrospora sp.</i> <i>Syncephalastrum sp.</i>	<i>Nigrospora sp.</i> <i>Syncephalastrum sp.</i> <i>Aspergillus spp.</i>	<i>Nigrospora sp.</i> <i>Syncephalastrum</i> <i>sp.</i> <i>Aspergillus spp.</i>
<i>Penicilliumsp.</i> <i>Cladosporiumsp.</i>	<i>Aspergillus spp.</i> <i>Penicilliumsp.</i>	<i>Cladosporiumsp.</i> <i>Penicilliumsp.</i>	<i>Penicilliumsp.</i> <i>Cladosporiumsp.</i>
<i>Penicillium sp.</i> <i>Alternaria sp.</i> <i>Nigrospora sp.</i> <i>Syncephalastrumsp</i>	<i>Aspergillus spp</i> <i>Cladosporium sp.</i> <i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicilliumsp.</i> <i>Alternariasp.</i> <i>Neurosporacrassa</i>	<i>Aspergillus spp.</i> <i>Cladosporium sp.</i> <i>Neurosporacrassa</i>

La presencia de hongos en ambientes interiores con una densidad relativa (DR) superior al 20 % y una frecuencia relativa (FR) superior al 70 %, determina la presencia de estos sobre los sustratos materiales existentes en el ambiente. Una de las mayores afectaciones que sufren los materiales orgánicos en condiciones de clima tropical como el nuestro, se debe a la actividad de los hongos contaminantes del aire, los cuales requieren una actividad del agua superior a 0.65 correspondiente con una HR del 65 % y hacen de ellos agentes de deterioro potencialmente peligrosos para la conservación de estos materiales (Tabla 3).

Tabla 3. Densidad Relativa y Frecuencia de aparición de los géneros fúngicos más comunes hallados en el muestreo a las seis salas de estudio en el GTH Alicia Alonso.

Géneros Fúngicos	Frecuencia de Aparición (%)	Densidad Relativa (%)
<i>Aspergilluspp.</i>	78	40
<i>Cladosporiumsp.</i>	63	35
<i>Penicilliumsp.</i>	56	30
<i>Fusariumsp.</i>	45	27
<i>Curvulariasp.</i>	38	24
<i>Neurosporasp.</i>	38	24
<i>Syncephalastrum sp.</i>	32	22

Se estudió el potencial de deterioro fúngico en las diferentes salas a partir de la determinación de la producción de ácidos y la actividad celulolítica de aquellas colonias que forman parte de los géneros más representativos de la microbiota fúngica contaminante, o sea, aquellas correspondientes a los géneros *Cladosporium*, *Aspergillus* y *Penicillium*. En la mayoría de los muestreos se determinó que la mayor densidad de las colonias de *Aspergillus* aisladas correspondían a *Aspergillus niger*, una de las especies más reportadas como contaminante de ambientes interiores y ampliamente aislada de la superficie de documentos contaminados, resultado que concuerda con otros reportes realizados en estudios similares (Borrego *et al.*, 2007).

Estos resultados han servido para trazar estrategias por parte de la Dirección General del Gran Teatro de La Habana Alicia Alonso, encaminadas a mejorar las condiciones sanitarias de la instalación, ya que constituye una investigación pionera en el inmueble para determinar la calidad microbiológica del aire así como el biodeterioro de la madera presente en el mismo, causada por hongos e insectos. A esto se suma la elaboración de un plan de medidas preventivas y/o curativas con vistas a reducir los posibles impactos negativos que esta situación pueda acarrear en la salud humana y en general en el inmueble.

Conclusiones

1. Los resultados demuestran que la frecuencia de aparición de hongos es alta. Esto se debe a las altas temperaturas y humedad relativa encontradas en las salas en el momento del muestreo microbiológico del aire, así como la moderada ventilación y poca recirculación del aire.
2. La calidad micológica del aire en las salas Carpentier, García Lorca y el Centro Gallego se clasificó como altamente contaminada según las ufc/m³ encontradas, mientras que la sala Orígenes y la sala de conciertos Lecuona como contaminada. Por su parte la sala Lezama Lima se clasificó como no contaminada por la presencia de agentes fúngicos.
3. Los géneros fúngicos más comunes aislados fueron *Aspergillus sp*, *Cladosporium sp*, *Penicillium sp*, *Fusarium sp*, *Curvularia sp*, *Neurospora sp* y *Syncephalastrum sp*, tanto en el muestreo del aire como el muestreo por hisopado directo, coincidiendo con reportes donde se demuestran que son agentes biodeteriogenos de objetos maderables.
4. La calidad del aire interior de las salas muestreadas en el GTH Alicia Alonso influye en el estado de conservación de los objetos maderables que en ella se encuentran, así como los factores climáticos y abióticos del ambiente circundante.

Recomendaciones

Se deben tratar las afectaciones con fungicidas e instalar deshumificadores y climatización en todas las salas con el objetivo de estabilizar la humedad relativa y la temperatura de la misma, ya que a mayores valores de estas variables, se propician las condiciones idóneas para la proliferación y deposición de las esporas fúngicas en el aire y la madera.

Se deben realizar muestreos sistemáticos de la calidad microbiológica del aire.

Se debe garantizar la recirculación del aire en aquellas salas que no presentan climatización.

Agradecimientos

A la Dirección General del Gran Teatro de La Habana Alicia Alonso específicamente a su Director Artístico Adjunto Ernesto Eduardo González López, a sus trabajadores por la paciencia en los días previos, durante y posteriores a la toma de muestras, así como por la información brindada requerida para la realización de este trabajo.

Referencias

Arencibia, Sergio R. Estudio del deterioro presente en la fachada del Gran Teatro de La Habana. Tesis en Opción al Título Académico de Máster en “Conservación y Explotación de Edificaciones”. Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría. Facultad de Arquitectura. Ciudad de La Habana, 2004.

ARROYO I: Análisis y control de microorganismos causantes de biodeterioro. Curso Internacional del ICRBC. Madrid. pp. 23, 1995.

BARNETT H.L, Hunter B.B: Illustrated genera of imperfect fungi. 3rd Edition, Minneapolis: Burgess Publishing Co. 1987.

BOGOMOLOVA E.V, Kirtsideli I: “Airborne fungi in four stations of the St. Petersburg Underground railway system”. International Biodeterioration and Biodegradation. 63:156-61, 2009.

BORREGO, S., Guiamet P., Pons V., Gómez de Saravia S., Perdomo I.: “Estudio de la microbiota aislada de documentos especiales y del aire de los depósitos donde estos se almacenan”. Taller sobre la conservación del patrimonio documental y la prevención contra catástrofes en países de clima tropical. ISBN 978-959- 7196. La Habana, Cuba, 2007.

BORREGO S., Pons V., Perdomo I.: “La contaminación microbiana del aire en dos depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba”. Revista CENIC Ciencias Biológicas. 39 (1): 63-69. 2008.

Borrego, S y J. C. García. 2013. Caracterización micológica del ambiente aéreo del depósito de los fondos bibliográficos del Museo Nacional de la Música ISSN 0864-0769, NÚMERO 21, ENERO-DICIEMBRE 2013, PP. 48-60.

CANEVA G., Nugari P.M., Salvadori O.: Biodeterioro de los materiales de naturaleza orgánica. Ed. Nerea S.A. La

Biología en la Restauración. pp. 69- 114, 2000 .

CASSARES N.C.: “Calidad del aire interior”. Taller de Preparación para desastres. Recuperación de los daños biológicos en colecciones afectadas por desastres. Instituto de Historia de Cuba, 2007.

CRESPO C., Viñas V: La preservación y restauración de documentos y libros en papel: Un Estudio del RAMP con directrices. UNESCO. pp. 109, 1984.

De las Cuevas Toraya, Juan. 500 años de construcciones (*Eds.*) Cuba, D. V. Chavin, Servicios Gráficos y Editoriales, S. L., La Habana, 2001.

EAGLE Industrial Hygiene Associates: "Microbial Sampling and Analysis: molds and bacteria". <http://www.eagleih.com/micro.html>, 2004, (Consultado 19/05/2009).

ESQUIVEL P.P, Mangiaterra M., Giusiano G., Sosa M.A: "Microhongos anemófilos en ambientes abiertos de dos ciudades del nordeste argentino". *Boletín Micológico*, 18: 21-28, 2003.

PITT J.I.: "A laboratory guide to common *Penicillium* species". Color Appendix. 3rd edition. Food Science Australia. http://www.dehs.umn.edu/iaq_fi_b_fg_gloss_penicilliumsp.htm, 2007, (Consultado: 26/10/2007).

RAUTELA G.S, Cowling E.B: "Simple culture test for relative cellulolytic activity of fungi". *Appl Microbiol*; 14: 892-7, 1986.

Rey Alonso, Francisco. Gran Teatro de La Habana: biografía de un coliseo. Actividades en saludo al aniversario 167 del Gran Teatro, 2005. 52 páginas.

SMITH G.: *Ecology and Field Biology*, 2nd Edition, p. 134. Harper & Row. New York, 1980.

SPECIES images of *Aspergillus*: The *Aspergillus* Website. Image Bank. Disponible en: <http://www.aspergillus.man.ac.uk/index.html>. 2006, (Consultado: 20/9/2007).

VALENTIN N: "Contaminación microbiana en museos, archivos y bibliotecas". *Revista de Archivos, Bibliotecas y Monumentos*, tomo LXXVII. pp. 747-767, 2010.

Weiss, E.J., *La arquitectura colonial cubana*. En: Instituto Cubano del Libro. (Ed.), Cuba, 1996.