



Viable allergenic fungi in a documentary deposit of the National Archive of Cuba

Hongos alergénicos viables en un depósito documental del Archivo Nacional de Cuba

Alian Molina-Veloso,¹ Sofía F. Borrego-Alonso¹

Abstract

Background: Intense and persistent exposure to indoor-air biological agents has been associated with the appearance of allergic diseases. Archives and libraries Indoor environments in tropical countries are an important reservoir of fungal propagules.

Objective: To evaluate the degree of air pollution with allergenic fungi in a repository of frequently-manipulated documents.

Methods: Air sampling was performed by two methods: active (biocollector) and passive (sedimentation plate). Fungi were taxonomically identified, and spores were measured to determine their penetrability in the human respiratory tract, and its impact on episodes of allergy.

Results: In terms of concentration and diversity, the local environment behaved as a fungal propagule reservoir, which showed that there is significant health risk for the staff that manipulates the documents. Some spores were shown to be able to reach the lower respiratory tract when inhaled, which increases their allergenic and pathogenic potential. *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium* and *Alternaria*, which are referred to as highly allergenic fungi, were prevalent.

Conclusion: Aerobiological studies are a valuable tool for the treatment of patients with allergy to fungi and other disorders they produce.

Keywords: Anemophilous fungi; Occupational diseases; Allergies; Documentary deposit

Este artículo debe citarse como: Molina-Veloso A, Borrego-Alonso SF. Hongos alergénicos viables en un depósito documental del Archivo Nacional de Cuba. Rev Alerg Mex. 2017;64(1):40-51

¹Archivo Nacional de la República de Cuba, Laboratorio de Conservación Preventiva. La Habana, Cuba

Correspondencia: Alian Molina-Veloso. alainmolina807@gmail.com

Recibido: 2016-10-21

Aceptado: 2016-11-29



Resumen

Antecedentes: La exposición intensa y persistente a agentes biológicos del aire interior se ha relacionado con la aparición de trastornos a la salud. Se ha establecido asociación entre las condiciones ambientales, los hongos anemófilos y los estados alérgicos. Los ambientes interiores de archivos y bibliotecas en países tropicales son un reservorio importante de propágulos fúngicos, cuyo seguimiento y control son primordiales en la prevención de enfermedades ocupacionales.

Objetivo: Evaluar el grado de contaminación del aire con hongos alergénicos viables en un depósito de documentos que se manipulan con alta frecuencia (ambiente laboral).

Métodos: El muestreo aéreo se realizó por métodos activo (biocolelector) y pasivo (sedimentación en placa). Los aislados se identificaron taxonómicamente, se medieron las esporas para determinar su penetrabilidad en el tracto respiratorio humano y se evaluó su impacto en los episodios de alergia.

Resultados: En concentración y diversidad, el ambiente local se comportó como un reservorio de propágulos fúngicos, lo cual evidenció riesgo para la salud del personal. Se determinó que algunas esporas pueden alcanzar el tracto respiratorio inferior, con lo que se acentúa su potencial alergénico y patogénico. Prevalcieron *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium* y *Alternaria*, referidos como hongos altamente alergénicos.

Conclusión: Los estudios aerobiológicos constituyen una herramienta de gran valor para el tratamiento de los pacientes con alergia a los hongos y otros trastornos que estos producen.

Palabra clave: Hongos anemófilos; Enfermedades ocupacionales; Alergias; Depósito documental

Abreviaturas y siglas

AM, agar Malta

DR, densidad relativa

HR, humedad relativa

MAHNE, micelio aseptado hialino no esporulado

MSHNE, micelio septado hialino no esporulado

MSPNE, micelio septado pigmentado no esporulado

NaCl, cloruro de sodio

OME, hongos detectados por método de sedimentación en placas de agar (Omeliansky)

OMS, Organización Mundial de la Salud

SAS, hongos detectados por aspiración de aire mediante biocolelector

T, temperatura

Antecedentes

La calidad microbiológica del aire interior se ha relacionado con la aparición de afecciones y enfermedades ocupacionales dado que en determinados ambientes laborales la exposición a agentes biológicos puede ser intensa y persistente.¹ Este fenómeno se potencia en zonas de clima tropical y edificios con sistemas de ventilación o climatización ineficientes.² Numerosos estudios han establecido una estrecha relación entre las condiciones ambientales, la presencia de hongos anemófilos y su incidencia en el desencadenamiento de afecciones respiratorias y alérgicas.^{3,4} Se plantea que de 753 alérgenos oficialmente reconocidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), 16 % es de origen fúngico y existe sensibilización a casi 80 géneros.⁵ Los grupos de mayor incidencia en las reacciones alérgicas tipo

I son los ascomicetos y basidiomicetos.⁶ En ambientes interiores, su presencia se asocia con otras patologías infectivas (micosis) mediadas por diversos factores de virulencia que varían según los grupos o taxones.^{7,8,9,10}

Las respuestas alérgicas a los hongos se relacionan de forma más directa con las esporas que con otros propágulos fúngicos tales como fragmentos de micelio o compuestos orgánicos volátiles asociados a ellos. Las esporas producen reacciones alérgicas debido a las proteínas o glucoproteínas que se encuentran en su pared. Las respuestas a cada tipo de spora difieren según el individuo, la población y presentan gran variabilidad en su severidad.¹¹ La posibilidad de que una persona inhale esporas, tanto en ambientes abiertos como cerrados, es elevada, lo que depende en gran medida de su concentración

ambiental y tamaño físico.¹² Los ambientes interiores de archivos y bibliotecas son un reservorio de propágulos fúngicos debido principalmente a la abundancia de polvo, la naturaleza heterogénea de los sustratos y las condiciones de hacinamiento en los depósitos, que constituyen ecosistemas complejos.¹³

Por lo anterior, se ha señalado la necesidad de realizar estudios cuantitativos y cualitativos de seguimiento y caracterización de la micobiota aérea en este tipo de ecosistema, lo que contribuirá a la mejora de la calidad de vida del personal que labora en estas instituciones o recibe servicios sistemáticos en ellas.

En Cuba existen pocos estudios de esta índole aun cuando las condiciones climáticas son propicias para el desarrollo y dispersión de los hongos y existe una sensibilización importante a sus esporas en la población.¹⁴ Los depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba (ARNAC) atesoran documentación de interés cultural, histórico y científico que solicitan diariamente cientos de usuarios. Esto conlleva a que los archiveros, estacionarios y el resto del personal implicado en el servicio se expongan a un número importante de alérgenos de naturaleza fúngica.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el grado de contaminación del aire con hongos alergénicos viables en un depósito de documentos que se manipulan con alta frecuencia (ambiente laboral).

Métodos

Características del depósito de estudio y puntos de muestreo

El estudio se realizó en un depósito que resguarda un fondo documental muy revisado en el ARNAC, ubicado en el municipio Habana Vieja, La Habana, Cuba, en una zona aledaña al puerto de La Habana, caracterizada por niveles importantes de polución del aire, producto de la actividad industrial y el movimiento vehicular. El depósito estudiado se ubica en la segunda planta y sus dimensiones de largo × ancho × altura son 15. 2 × 6.2 × 2.5 m; se ventila de forma natural a través de orificios en la pared diseñados especialmente para dicho fin. El local atesora un fondo documental en papel de alto valor científico e histórico patrimonial, que se resguarda en estantería de madera. El acceso al local por parte del personal y la manipulación de los materiales es muy frecuente

debido al elevado número de solicitudes de documentos de dicho fondo por parte de los usuarios de la institución.

Mediciones de temperatura y humedad relativa
Aunque se recogen datos de forma continua utilizando un termohigrógrafo, se realizaron mediciones durante la colecta de las muestras en cada punto de muestreo empleando un termohigrómetro digital.

Muestreo microbiológico del aire

Se establecieron 7 puntos de muestreo aéreo de acuerdo con Sánchis.¹⁵ Además, de acuerdo con Pasquarella,¹⁶ se obtuvo una muestra de aire exterior como control.

Las muestras de aire se tomaron por dos métodos: uno activo (interior y exterior) y otro pasivo (interior). Para el método de sedimentación en placa (pasivo) sugerido por Omeliansky¹⁷ se colocaron placas abiertas de 110 mm de diámetro durante 5 minutos a 1.5 m del suelo. Con el método volumétrico (activo) se utilizó un biocolelector SAS Super 100™ (VWR International Srl, Italia) para aspirar 100 L de aire/1 minuto.

En ambos casos se empleó un medio de cultivo específico para hongos: agar Malta (AM) suplementado con cloruro de sodio (NaCl) (7.5 %).¹⁸ Después de los muestreos, las placas se incubaron invertidas durante 7 días a 28 ± 1 °C y se realizó el conteo y aislamiento de colonias diferentes para análisis posteriores.

Análisis biométricos

Se determinó las unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire (UFC/m³) para cada uno de los métodos de muestreo:

1. Método pasivo, según la ecuación descrita por Omeliansky:¹⁷

$$N = 5a \times 10^4 (bt)^{-1}$$

Donde:

N, concentración microbiana en UFC/m³
a, número de colonias por placa Petri
b, área de la placa Petri (cm²)
t, tiempo de exposición (minuto)

2. Método activo, según las indicaciones del fabricante del equipo.¹⁹

Se determinó la densidad relativa (DR) de cada taxa a partir de la fórmula propuesta por Smith:²⁰

$$DR = \frac{\text{número de colonias de un taxón}}{\text{número total de colonias}} \times 100$$

Identificación taxonómica de los aislados

Para la identificación se tuvieron en cuenta las características culturales y morfológicas de las colonias y de las estructuras por observación al estéreo-microscopio y al microscopio óptico, según resultara conveniente. Dichas características se determinaron a partir de colonias de cada aislado obtenidas por inoculación en el medio AM. Para la observación de las características morfológicas se montaron microcultivos según la técnica de Casadesús y Rojas,²¹ así como preparaciones en fresco, semipermanentes con lactofenol. Para la observación de estructuras hialinas se utilizó lactofenol-azul algodón²² o lactofenol-fushina.²³

Las observaciones y mediciones se realizaron en un microscopio biológico trinocular de campo claro con cámara digital acoplada.

La identificación taxonómica hasta nivel de género se realizó de acuerdo con los criterios de Kendrick y Carmichael²⁴ y Barnett y Hunter.²⁵ La identificación de las especies de *Aspergillus* se realizaron según Raper y Fennel.²⁶ Para identificar hasta especie de los aislados del género *Cladosporium*, se efectuaron microcultivos en los medios AM, agar papa dextrosa y agar nutriente sintético; se tuvieron en cuenta los criterios de Castañeda²⁷ y Bensch.²⁸ En todos los casos se realizaron al menos 20 observaciones distribuidas en varios campos de visión, en preparaciones tanto de la parte joven como de la

zona madura de la colonia. Las mediciones del tamaño conidial de cada una de las cepas se tomaron en cuenta para el análisis de la penetración de los conidios en el tracto respiratorio humano.

Resultados y discusión

Concentración de hongos en el aire del depósito
Con el objetivo de realizar un estudio más completo desde el punto de vista cualitativo se complementó un método activo de muestreo aéreo con otro pasivo, lo cual implicó diferencias entre las concentraciones estimadas a partir de cada uno de ellos, incluso en un mismo punto de muestreo. Estas diferencias han sido informadas por varios autores,^{16,18} pero su discusión la pasaremos por alto al no ser objetivo de este trabajo.

La determinación de las concentraciones de propágulos fúngicos en el local permitió estimar de forma general el nivel de polución del aire por hongos viables (Cuadro 1).

La calidad microbiológica ambiental de un local depende de factores como la actividad que en él se desarrolla, la cantidad de personas que acceden o permanecen en el mismo, la ubicación del recinto dentro del edificio, el nivel de empolvamiento de las superficies, el tipo de ventilación/climatización, las características de los sitios colindantes, la zona geográfica y climática y la época del año.^{13,29}

Es por ello que si bien en ambientes laborales con características similares (como sucede con algunos depósitos documentales) es probable que existan semejanzas en la micobiota ambiental, no puede asumirse que su composición es homogénea. Para obtener resultados veraces deben realizarse estudios

Cuadro 1. Concentraciones de propágulos fúngicos detectados mediante dos métodos de muestreo en un depósito documental

Concentración	UFC/m ³ (pasivo)	UFC/m ³ (activo)	T (°C)	HR (%)
Máxima	1982 ^{a,b}	180 ^{a,c}	25.1	50.3
Mínima	619 ^a	10 ^a	24.5	46.6
Media	1223 ^{b,d}	50 ^d	24.8 ^e	48.2 ^e

T, temperatura; HR, humedad relativa

^aValor promedio de la concentración fúngica en cada punto muestreado (por triplicado).

^bContaminado según método de Omeliansky (método pasivo). Referencia 17

^cContaminado según Cappitelli y colaboradores (método activo). Referencia 33

^dMedia de la concentración fúngica teniendo en cuenta las 15 placas utilizadas.

^eMedia de las 5 mediciones que corresponden a los puntos de muestreo microbiológico.

puntuales y frecuentes, más aún cuando se trata de detectar microorganismos con implicaciones en la salud humana.

Aunque desde hace algunos años se han incrementado en el mundo los estudios de calidad microbiológica del aire interior de ambientes domiciliarios y laborales por el riesgo potencial que implica la presencia de hongos para la salud humana, en la actualidad no existe un consenso internacional en cuanto a regulaciones que establezcan valores límite que permitan clasificar a un ambiente interior como contaminado o no.

En la literatura se encuentran disponibles reportes que establecen diferentes niveles de contaminación fúngica en interiores.^{3,30,31,32} En relación con este estudio, dentro de la Unión Europea se plantea que 150 UFC/m³ debe ser el límite de hongos permisibles para que el ambiente interior de locales en instituciones patrimoniales se considere de calidad.³³ Es válido aclarar que en Cuba no existe normativa que regule la calidad microbiológica del aire en archivos, bibliotecas u otras instituciones públicas de características similares.

Como criterio general puede asumirse que la calidad microbiológica de un ambiente interior es buena si las concentraciones microbianas en el mismo son menores o iguales a las que existen en las áreas exteriores aledañas.^{1,34} Esto a su vez se ha visto que guarda relación con la temperatura, humedad relativa, ventilación y grado de empolvamiento.^{35,36}

En este estudio, las concentraciones detectadas en algunos puntos del interior (180 y 155 UFC/m³) fueron significativamente mayores que las de áreas exteriores, donde la media fue de 80 UFC/m³. Lo anterior es indicativo de la existencia de microambientes originados por gradientes de temperatura, humedad relativa y ventilación en diferentes zonas del depósito. Estos microambientes pueden constituir reservorios de esporas y otros propágulos que pueden tener marcado carácter alérgico y convertirse en un factor de riesgo importante considerando la elevada dosis de alérgenos y el largo tiempo de exposición de los individuos que acceden al depósito durante la jornada laboral.

La reacción excesiva del sistema inmune se va adquiriendo después de exposiciones prolongadas a concentraciones elevadas de antígenos durante meses o años. Sin embargo, una vez que el sistema in-

mune ha sido sensibilizado, la reacción de hipersensibilidad se desencadena con exposición a mínimas cantidades del alérgeno específico.^{11,37}

Así, los individuos ya sensibilizados con los alérgenos característicos de algunas esporas o propágulos podrían presentar episodios de alergia en el futuro si se ponen en contacto con una pequeña cantidad de estos, incluso fuera del ambiente laboral. Si se tiene en cuenta que la mayoría de estos hongos son anemófilos y abundan en el exterior se hace evidente que dicho contacto es altamente probable.

Los valores de temperatura y humedad relativa en el depósito (Cuadro 1) se encuentran dentro de lo establecido para la conservación de los soportes documentales que se preservan en el mismo.³⁸ Sin embargo, ante una exposición prolongada pueden propiciar que el aire seco afecte la humedad mucosal del tracto respiratorio superior o conjuntivo.³ De esta forma se facilita el paso de los antígenos a través de las mucosas, desencadenando las posteriores reacciones de hipersensibilidad. Es por ello que en instituciones de este tipo es una exigencia permanecer el menor tiempo posible dentro de los depósitos.³⁸

Identificación taxonómica y de cepas con potencial alérgico

Si se pretende realizar un diagnóstico microbiológico ambiental riguroso en un ambiente interior es necesario no solo la cuantificación de los microorganismos sino, además, su identificación y caracterización.¹³ Rojas³⁴ plantea que para valorar el riesgo de los hongos ambientales sobre la salud es necesario conocer el género y la especie, ya que los efectos pueden ser graves en ambiente con presencia de un agente altamente alérgico o toxigénico, incluso a bajas concentraciones.

En el local se detectó gran diversidad de hongos, que fueron ubicados en 19 géneros entre ascomycetos, basidiomicetos y zigomicetos (16 hongos filamentosos y tres levaduras), además de tres tipos de micelios no esporulados (Figura 1). La comparación con la muestra de aire tomada en el exterior del edificio, donde se detectaron solo 9 géneros, denotó grandes diferencias. Fue evidente que tanto para la concentración como en términos de diversidad, el local se comportó como un reservorio importante de propágulos fúngicos y, consecuentemente, de alérgenos de diferentes características.

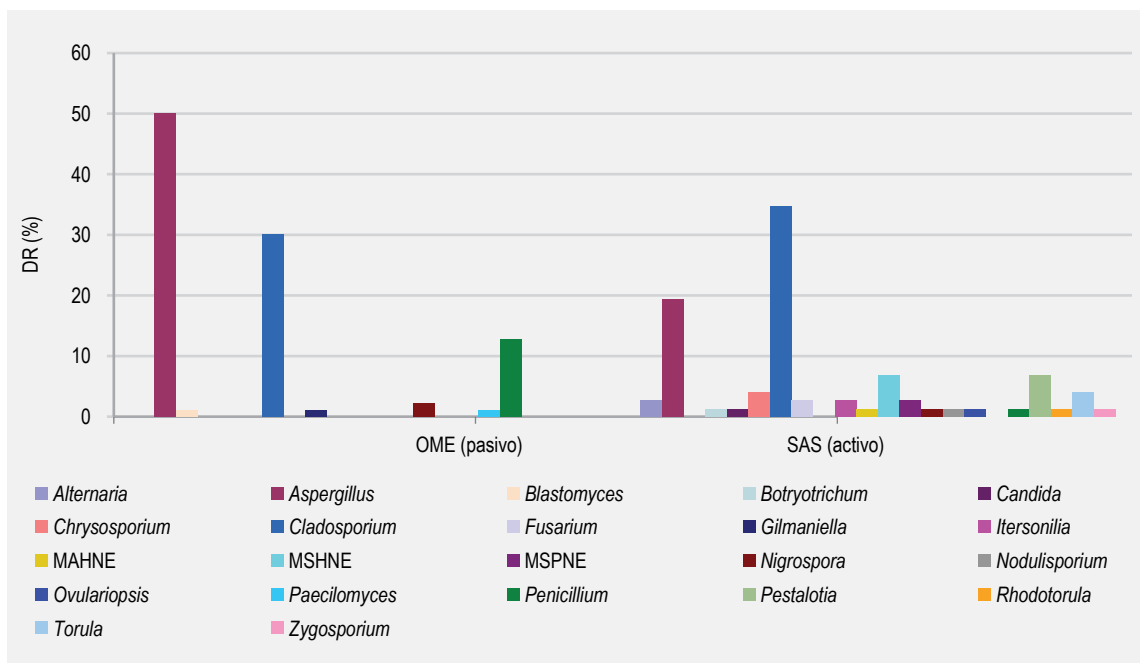


Figura 1. DR porcentuales de los géneros y micelios detectados en el depósito documental. DR, densidades relativas; OME, hongos detectados por método de sedimentación en placas de agar (Omeliensky); SAS, hongos detectados por aspiración de aire mediante biocolector; MSHNE, micelio septado hialino no esporulado; MSPNE, micelio septado pigmentado no esporulado; MAHNE, micelio aseptado hialino no esporulado.

Vale destacar que la diversidad fúngica en el ambiente pudiera ser mayor, pues no se tomaron en cuenta los propágulos fúngicos no viables, que si bien son incapaces de colonizar sustrato alguno, sí pueden causar reacciones alérgicas.

La exposición prolongada a tal diversidad de esporas u otros fragmentos de hongos de forma repetida aumenta considerablemente el riesgo de que se desarrollen reacciones alérgicas específicas contra antígenos fúngicos.¹¹

Fue evidente el predominio de representantes de los géneros *Aspergillus* y *Cladosporium*, con los mayores valores de densidad relativa. Fue notable también la presencia de *Penicillium* spp.


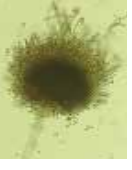



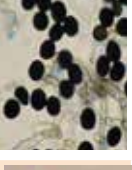


Es de amplio conocimiento que los representantes de *Aspergillus* spp., *Cladosporium* spp. y *Penicillium* spp. son productores de gran cantidad de antígenos de marcado carácter alérgico; estos pueden ser enzimas, toxinas y compuestos orgánicos volátiles (Cuadro 2). Por otra parte, algunos componentes de la pared celular de las esporas como glucoproteínas y ciertas proteínas de reacción cru-

zada de estructura altamente conservada filogenéticamente pueden ejercer efecto negativo aun sin que exista crecimiento activo o viabilidad.⁵

Si bien a un género fúngico se le pueden atribuir determinadas propiedades alérgicas, existen grandes diferencias entre especies e, incluso, entre cepas de una misma especie. En este estudio detectamos especies de los géneros mencionados que se reportan como reconocidas causantes de alergias: *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Cladosporium cladosporioides*, *Penicillium oxalicum* y *Penicillium chrysogenum*.^{5,39}

Otro género detectado de suma importancia para los alergólogos fue *Alternaria*. Aunque de forma general su concentración en el aire es menor que la de otros como *Cladosporium* spp., existen más personas alérgicas a *Alternaria* y las respuestas a sus alérgenos son mucho más severas.¹⁴ *Cladosporium* produce por lo general una reacción alérgica suave debido a sus altas concentraciones en el ambiente, causa importante de alergia inhalante y asma alérgica en los seres humanos.^{10,40} Ambos géneros fúngicos son causantes de

Cuadro 2. Hongos detectados cuyos propágulos se reportan como causantes de alergias^{5,39}

Género		Principales alérgenos	Principales afectaciones a la salud
<i>Alternaria</i>		Alt a 1 - 6	Alérgeno común que produce alergias tipo I (hipersensibilidad inmediata o rinitis alérgica seguida de ataques de asma, como en la fiebre del heno y el asma) y tipo III (hipersensibilidad tardía, como en la neumonía). Además, provoca lesiones nasales, subcutáneas, oculares y en uñas. Puede producir toxinas dañinas a la salud y otras que tienen propiedades mutagénicas, así como micosis severas.
<i>Aspergillus</i>		Asp f 1 Asp f 2 Asp f 3	Alérgeno común que provoca alergias tipos I y III. Puede producir bronconeumonías alérgicas, aspergilosis y sinusitis alérgica por hongos. Generador de potentes toxinas como aflatoxinas B1 y B2, gliotoxinas, fumigotoxinas, etcétera, que pueden causar infecciones oculares y aspergilosis.
<i>Cladosporium</i>		Cla h 1 Cla h 2	Es un alérgeno potente que produce alergias tipos I y III. Sus toxinas provocan serios efectos en el hombre como micosis severa.
<i>Penicillium</i>		Pen c 3 Pen c 22	Es un alérgeno común generador de alergias tipos I y III. Produce compuestos orgánicos volátiles que dan un fuerte olor a moho y que resultan irritantes. Algunas especies pueden ocasionar infecciones al hombre.
<i>Paecilomyces</i>		X	Produce alergias tipos I y III. Sus toxinas provocan serios efectos en el hombre como micosis severa.
<i>Nigrospora</i>		X	Produce alergias tipos I y III.
<i>Itersonilia</i>		X	Produce alergias tipos I y III. Su cuerpo de fructificación causa hipersensibilidad.
<i>Candida</i>		enolasa	Produce alergias tipo IV (hipersensibilidad retardada de tipo celular, causante probable de alveolitis alérgica).

X, antígeno no descrito con nomenclatura oficial.

reacciones de hipersensibilidad, que puede ser inmediata y afectar al aparato respiratorio superior causando rinitis y asma;⁹ algunos autores han demostrado que existe una reactividad cruzada entre estos tipos de esporas. Este hecho y las elevadas concentraciones alcanzadas por los representantes de *Cladosporium* spp. en el aire, potencia la respuesta inmunológica de las personas sensibles a *Alternaria* spp.^{10,41}

El aislamiento de *Alternaria cinerariae* en el exterior del edificio y la baja concentración a la que se encontró en el interior pudieran explicar su procedencia y su detección ocasional en el local. Se aislaron otros géneros de potencialidades para causar reacciones alérgicas (Cuadro 2).

El tamaño de los propágulos fúngicos como factor de virulencia

La capacidad individual de un microorganismo para causar enfermedades depende de una serie de mecanismos conocidos como factores de virulencia o

atributos patogénicos.⁴² En los hongos filamentosos estos son diversos y varían según el grupo, el género o la especie.⁴³

En el caso de las reacciones de hipersensibilidad, asma o micosis invasivas en las vías respiratorias, sin duda el tamaño de las esporas puede ser considerado como un atributo patogénico importante. El tracto respiratorio funciona como una compleja red para la distribución del aire inspirado, en el que los conductos se van ramificando y disminuyendo de diámetro progresivamente hasta alcanzar los alvéolos, por lo que actúa a modo de trampa atrapaesporas, filtrando y reteniendo la mayoría de las partículas que acompañan a los más de 8000 L de aire que diariamente movilizan los pulmones.^{1,44}

Cuando se inhalan en grandes cantidades, las esporas de pequeño tamaño son arrastradas al tracto respiratorio inferior y pueden llegar a los alvéolos. En este estudio, la medición de las esporas de los aisla-

Cuadro 3. Tamaño de las esporas/propágulos de los diferentes taxa detectados. Nivel del tracto respiratorio al que penetran

Género	Tamaño (µm)	TR
<i>Alternaria</i>	22-95 × 8-19	A
<i>Aspergillus</i>	2-10	A, B y C
<i>Blastomyces</i>	2-7 × 2-4.5	A, B y C
<i>Botryotrichum</i>	10-13 × 15-21	A
<i>Chrysosporium</i>	6-7 × 4-6	A y B
<i>Cladosporium</i>	3-25 × 2-8	A, B y C
<i>Fusarium</i>	30-60 × 3-5	A
<i>Gilmaniella</i>	7-10	A
<i>Itersonilia</i>	18-21.7 × 8-10.5	A
<i>Nigrospora</i>	12-15	A
<i>Nodulisporium</i>	10-13	A
<i>Ovulariopsis</i>	18.5-60 × 6-13	A
<i>Paecilomyces</i>	2.5-3 × 2-3.2	A, B y C
<i>Penicillium</i>	2.2-4	A, B y C
<i>Pestalotia</i>	17-20 × 5-8	A
<i>Zygosporium</i>	9-15 × 6-9	A
<i>Torula</i>	4-6	A y B
<i>Candida</i>	3.8 × 2-7	A y B
<i>Rhodotorula</i>	7-30 × 3-8	A

A, tracto respiratorio superior; B, tráquea, bronquios y bronquiolos; C, alvéolos

dos esporulados, además de utilizarse para la identificación taxonómica, hizo posible determinar su potencial para penetrar en las vías respiratorias (Cuadro 3).

En el tracto respiratorio superior pueden penetrar 100 % de los propágulos detectados, sin embargo, 58 % no puede pasar al resto de las vías respiratorias debido a que su tamaño excede las 10 μm .

Entre las esporas que se retienen a este primer nivel se encuentran las de los géneros *Alternaria*, *Botryotrichum*, *Fusarium*, *Gilmaniella*, *Itersonilia*, *Nigrospora*, *Nodulisporium*, *Ovulariopsis*, *Pestalotia*, *Zygospirium* y *Rhodotorula*. Las esporas de estos hongos pueden entrar en contacto con la mucosa nasofaríngea y desencadenar alergias o infecciones.

El resto de las esporas (42 %) son capaces de pasar a tráquea, bronquios y bronquiolos. Destacan en este grupo, géneros detectados con altas DR como *Aspergillus*, *Cladosporium* y *Penicillium*. Solo las esporas que presentan un tamaño inferior a 3 μm pueden penetrar a los alvéolos (26 %).

Rodríguez y colaboradores,⁴⁵ en un estudio enfocado a identificar géneros fúngicos aislados de la mucosa nasal y faríngea de pacientes con rinitis alérgica, detectaron esporas de los géneros *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria* y *Fusarium* a nivel nasal y esporas de *Cladosporium*, *Aspergillus* y *Penicillium* a nivel faríngeo, resultado que respalda el análisis que realizamos. Debe considerarse, además, que las especies de estos 3 últimos géneros se identifican con elevada frecuencia y casi siempre de forma predominante en el aire y sobre las superficies de ambientes laborales en Cuba.^{34,46}

Impacto de los estudios aeromicológicos en la alergología

Los estudios aeromicológicos constituyen una herramienta de gran valor para la lucha contra las alergias a los hongos y otras afecciones que estos producen. El mejor tratamiento para los procesos alérgicos se basa en evitar la exposición al alérgeno desencadenante de la reacción.¹¹ Aunque este tratamiento casi nunca es posible en forma plena, mediante estudios ambientales sistemáticos pudiera dilucidarse la dinámica de la microbiota caracte-

rística de determinados locales o edificios, lo que derivaría en un mejor trabajo profiláctico en la prevención de las alergias.

Uno de los mayores problemas que existen en el estudio de las alergias a los hongos es la estandarización de los extractos antigénicos debido a que hay variaciones antigénicas importantes relacionadas con las condiciones ambientales de crecimientos como la temperatura, el pH, o los sustratos en los cuales se desarrollan.⁴⁷

En ausencia de información específica sobre la composición cualitativa y la concentración de antígeno en la atmósfera y sin el empleo de extractos uniformes de antígenos, es difícil establecer una relación causa-efecto.

Los estudios aerobiológicos de interiores y exteriores en conjunto con la caracterización de los aislados de determinadas zonas geográficas, edificios, viviendas o puestos de trabajo pudieran facilitar los bancos de especímenes que permitan la elaboración de extractos con cepas a las que con mayor probabilidad se expone una población o grupo determinado. Por otra parte, permitirán ubicar posibles fuentes de esporas o zonas de deposición de determinados propágulos.

Conclusiones

En el depósito documental analizado se detectaron concentraciones considerables de propágulos correspondientes a géneros y especies fúngicas viables de marcado carácter alérgico, lo cual evidenció que existe un riesgo importante para la salud del equipo de trabajo teniendo en cuenta la permanencia en el mismo durante la jornada laboral.

Una parte importante de las esporas de la microbiota aérea puede alcanzar el tracto respiratorio inferior y llegar a los alvéolos, lo que acentúa su potencial alérgico y patológico.

Se hace necesario como una medida profiláctica esencial, exigir el uso de los medios de protección (especialmente para vías respiratorias) por parte de todo el personal que tiene acceso al local.

La generalización y sistematización de estudios aerobiológicos de este tipo en ambientes laborales y domiciliarios pueden contribuir notablemente a la profilaxis, el tratamiento y las investigaciones en el campo de la alergología.

Referencias

1. Molina A, Borrego S F. Aerobiología y biodeterioro del género *Aspergillus* link. en depósitos de tres instituciones patrimoniales cubanas. *Bol Micol.* 2016;31(1):2-18. Disponible en: <http://revistas.uv.cl/index.php/Bolmicol/article/view/247>
2. Manzano-Fernández A, Mancha-García F. De los miasmas a los edificios enfermos: hongos en el interior. *RCCV* 2007;1(2):277-287.
3. Nevalainen A, Morawska L. Biological agents in indoor environments. Assessment of health risks. Work conducted by a WHO Expert Group between 2000-2003. Disponible en: http://www.euro.who.int/air/activities/20070510_2
4. Haleem AA, Mohan S. Fungal pollution of indoor environments and its management. *Saudi J Biol Sci.* 2012;19(4):405-426. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.06.002>
5. Cramer R, Garbani M, Rhyner C, Huitema C. Fungi: The neglected allergenic sources. *Allergy.* 2014;69(2):176-185. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/all.12325>
6. Kauffman HF, van der Heide S. Exposure, sensitization, and mechanisms of fungus-induced asthma. *Curr Allergy Asthma Rep.* 2003;3(5):430-437.
7. Cabral JP. Can we use indoor fungi as bioindicators of indoor air quality? Historical perspectives and open questions. Review. *Sci Total Environ.* 2010;408(20):4285-4295. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.07.005>
8. Guarro J. Taxonomía y biología de los hongos causantes de infección en humanos. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 2012;30(1):33-39. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eimc.2011.09.006>
9. Bonifaz A. Micología médica básica. México: McGraw-Hill Educación; 2012.
10. Rocha-Estrada A, Alvarado-Vázquez MA, Gutiérrez-Reyes R, Salcedo-Martínez SM, Moreno-Limón S. Variación temporal de esporas de *Alternaria*, *Cladosporium*, *Coprinus*, *Curvularia* y *Venturia* en el aire del área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. *Rev Int Cont Ambient.* 2013;29(2):155-165. Disponible en: <http://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/25090/34622>
11. Alergia a los hongos. *Rev Iberoam Micol* [en línea]. 2002;10-18. Disponible en: <http://hongos-alergicos.reviberoammicol.com/files/010.PDF>
12. Reponen T, Grinshpun S A, Conwell K L, Wiuest J, Anderson M. Aerodynamic versus physical size of spores: Measurement and implication for respiratory deposition. *Grana.* 2001;40(3):119-125. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00173130152625851>
13. Molina A, Borrego S F. Análisis de la micobiota existente en el ambiente interior de la mapoteca del Archivo Nacional de la República de Cuba. *Bol Micol.* 2014;29(1):2-17.
14. Sánchez K, Almaguer M. Aeromicología y salud humana. *Rev Cubana Med Trop.* 2014;66(3):322-337. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602014000300002
15. Sanchis-Solera J. Los nueve parámetros más críticos en el muestreo microbiológico del aire. *Rev Tecn Lab.* 2002;276:858-862. Disponible en: <https://www.microkit.es/publicaciones/12-publi%20parametros%20criticos%20en%20control%20ambiental.pdf>
16. Pasquarella C, Sacconi E, Sansebastiano GE, Ugolotti M, Pasquariello GY, Albertini R. Proposal for a biological environmental monitoring approach to be used in libraries and archives. *Ann Agr Environ Med.* 2012;19(2):209-212. Disponible en: http://aaem.pl/abstracted.php?level=4&id_issue=859026
17. Anaya M, Borrego S, Cobo H, Valdés O, Molina A. Estudio de la aeromicota de un depósito de alimentos en La Habana, Cuba. *AUGMDOMUS.* 2014;6:95-110. Disponible en <http://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/725>
18. Rojas TI, Martínez E, Aira MJ, Almaguer M. Aeromicota de ambientes internos: Comparación de métodos de muestreo. *Bol Micol.* 2008;23:67-73. DOI: <http://dx.doi.org/10.22370/bolmicol.2008.23.0.123>
19. SAS Super 100™. Microbiological monitoring of the environment. Instruction manual. Milan, Italy: International Pbi Spa; 2001 Disponible en: www.massetrecovery.com/pictures12/sasmanual.pdf
20. Smith R, Smith T. Ecology and field biology. New York, USA: Harper & Row; 1980.
21. Casadesús L, Rojas TI. Micología. Manual práctico. La Habana, Cuba: MES; 1981

22. Johnston A, Booth C. Plant pathologist's pocketbook. Second edition. UK: Commonwealth Mycological Institute; 1983.
23. Klich M A, Pitt JI. A Laboratory guide to the common *Aspergillus* species and their teleomorphs. UK: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization; 1994.
24. Kendrick BW, Carmichael JW. Hyphomycetes. The fungi. An advanced treatise. Volume IVA. Surrey, England: Ainsworth Institute; 1973.
25. Barnett HL, Hunter BB. Illustrated genera of imperfect fungi. Fourth edition. Minneapolis, Minn: Burgess Publishing; 2003.
26. Raper KB, Fennel DI. The genus *Aspergillus*. Baltimore, Md, USA: Waverly Press; 1965.
27. Castañeda RF, Fabr  DE, Parra MPP, Pérez M, Guarro J, Cano J. Some airborne conidial fungi from Cuba. *Mycotaxon*. 1996;60:283-290.
28. Bensch K, Braun U, Groenewald JZ, y Crous PW. The genus *Cladosporium*. *Stud Mycol*. 2012;72:1-401.
29. Sánchez A. Variables de deterioro ambiental: HR y calor. El problema de la degradación medioambiental del papel. *Bol ANABAD*. 1996;46(2):98-111.
30. Radler de Aquino Neto F, Góes Siquira LF. Guidelines for indoor air quality in offices in Brazil. *Proc Healthy Build*. 2000;4:549-553. Disponible en: <http://senseair.se/wp-content/uploads/2011/05/13.pdf>
31. SBM. S Building biology evaluation guideline. Alemania: Baubiologie Maes/Institut für Baubiologie/ kologie IBN; 2008.
32. InspectaPedia.com. Mould exposure standards. Levels of allergenic or toxic mould & how much mould means a problem? Disponible en: http://InspectaPedia.com/sickhouse/Mold_Standards.htm 14/01/2010
33. Cappitelli F, Fermo P, Vecchi R, Piazzalunga A, Valli G, Zanardini E, Sorlini C. Chemical-physical and microbiological measurements for indoor air quality assessment at the Ca'Granada Historical Archive, Milan (Italy). *Water Air Soil Poll*. 2009;201(1):109-120.
34. Rojas TI. Diversidad fúngica en ambientes exteriores de áreas urbanas de ciudad de La Habana y sus potencialidades en el biodeterioro. Tesis de doctorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Biología, Universidad de La Habana, 2010.
35. Borrego-Alonso S, Molina-Veloso A. Comportamiento de la aeromicrobiota en dos depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba durante 7 años de estudio. *AUMGMDOMUS*. 2014;6:1-24. Disponible en <http://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/672>
36. Rodríguez-García JC, Rodríguez-Rosales B, Borrego-Alonso SF. Evaluación de la calidad micológica ambiental del depósito de fondos documentales del Museo Nacional de la Música de Cuba en época de lluvia. *AUMGMDOMUS*. 2014;6:123-146. Disponible en <http://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/867>
37. Ayats J, Martín-Mazuelos E, Pem n J, Quindós G, Sánchez F, García-Rodríguez J, et al. Recomendaciones sobre el diagnóstico de la enfermedad fúngica invasora de la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica (SEIMC). Actualización 2010. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. 2011;29:39.e1-39.e15. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eimc.2010.08.005>
38. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente Resolución No. 41/2009. Lineamientos para la conservación de las fuentes documentales. *Gaceta Oficial de la República de Cuba* 9 de mayo 2009. Disponible en: <http://www.arnac.cu/wp-content/uploads/2010/06/Resolución-C3%B3n-41.pdf>
39. Horner WE, Helbling A, Slvaggio JE, Lehrer SB. Fungal allergens. *Clin Microbiol Rev*. 1995;161-179. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC172854/pdf/080161.pdf>
40. Almaguer-Chavez M, Sánchez K, Rojas TI. El género *Cladosporium* en la atmósfera del Occidente de Cuba: pasado, presente y futuro. *Rev Cub Cienc Biol*. 2014;3(3):8-19.
41. Venables KM, Tee RD, Hawkins ER, Gordon DJ, Wale CJ, Farrer NM, et al. Laboratory animal allergy in pharmaceutical company. *Br J Ind Med*. 1988;45(10):660-666.
42. Llop A, Váldez-Dapena M, Zuazo J. Microbiología y Parasitología médica. La Habana, Cuba. Ciencias Médicas; 2001; 550 pp.

43. Valencia-Guerrero MF, Quevedo-Hidalgo B, Franco-Correa M, Diéz-Ortega H, Parra-Giraldo CM, Rodríguez-Bocanegra MX. Evaluación de actividades enzimáticas de *Fusarium* spp., aislados de lesiones en humanos, animales y plantas. *Universitas Scientiarum*. 2011;16(2):147-159. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49921209004>
44. Hatch TF. Distribution and deposition of inhaled particles in respiratory tract. *Bacteriol Rev*. 1961;25(3):237-240. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC441098/>
45. Rodríguez-Orozco A, Vargas-Villegas E, Tafolla-Muñoz L, Ruiz-Reyes H, Hernández-Chávez LA, Vázquez-Garcidueñas S. Géneros fúngicos aislados de pacientes con rinitis alérgica y su relación con la prueba de hipersensibilidad subcutánea de prick. *Rev Mex Micol*. 2008;28(esp):89-94.
46. Rojas TI, Aira MJ. Fungal biodiversity in indoor environments in Havana, Cuba. *Aerobiologia*. 2012;28(3):367-374. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10453-011-9241-z>
47. Carnés J. Los extractos como fármacos. En: Laboratorios Leti. Inmunoterapia como herramienta clínica moderna. [en línea]. Barcelona: Laboratorios Leti; 2009. Disponible en: https://jeronimocarnes.files.wordpress.com/2016/04/modulo_2_carnes.pdf