

Determinación y comparación aerobiológica en tres archivos de la Empresa de Energía de Boyacá, Tunja (Colombia)

Aerobiological determination and comparison in three archives of the Empresa de Energía de Boyacá, Tunja (Colombia)

David Ricardo Hernández-Velandia¹, Luz Marina Lizarazo-Forero²

Resumen

Objetivos: El propósito de este estudio fue determinar las variaciones en la composición y concentración de los agentes aerobiológicos presentes en tres archivos de la Empresa de Energía de Boyacá (EBSA) que pudieran estar causando alergias respiratorias en el personal que trabaja en estas áreas.

Materiales y métodos: En el análisis microbiológico del aire se empleó un método de sedimentación usando agar PDA (agar patata-dextrosa) y agar nutritivo, y se registraron datos de temperatura y humedad durante cada toma de muestras, y se recolectaron muestras de polvo para el cultivo de hongos y ácaros. Asimismo, se aplicó una encuesta a los trabajadores con el fin de conocer sintomatología respiratoria sugestiva y se tomaron muestras de fosas nasales.

Resultados: Se aisló un promedio de 470,2 UFC/m³, de microorganismos para los tres archivos muestreados. Se identificó 29 géneros, entre bacterias, hongos y levaduras, y una forma fúngica sin identificar, y se apreció una mayor diversidad en las formas fúngicas.

Los géneros fúngicos predominantes fueron Cladosporium, Mucor, Penicillium y Alternaria y en menor proporción formas levaduriformes, y se destacó principalmente el género Rhodotorula. Entre las bacterias, los géneros más abundante correspondieron a Pseudomonas, Neisseria y Staphylococcus. De las muestras de fosas nasales se aislaron géneros como Penicillium, Cladosporium, Aspergillus, Mucor y Alternaria.

En el análisis realizado en las muestras de polvo recolectadas no se observaron ácaros. No se encontró correlación estadísticamente significativa entre el promedio de unidades formadoras de colonia con temperatura y humedad relativa del ambiente.

Conclusiones: La presencia significativa de hongos y bacterias en el ambiente y en fosas nasales que es capaz de afectar la salud del personal que labora en los archivos, y en especial de géneros de hongos que pueden tener implicaciones importantes debido al potencial

¹ Grupo de Investigación Biología Ambiental, Facultad de Ciencias Básicas, Escuela de Biología, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Uptc), sede Tunja.

² Ph. D. Empresa de Energía de Boyacá (EBSA) y Dirección de Investigaciones-Uptc

Correspondencia: Luz Marina Lizarazo Forero. A. A 1094. 3213705343. Tunja (Boyacá). bio.ambient@uptc.edu.co.

aumento en la liberación de alérgenos de sus esporas y patogenicidad en individuos inmunocomprometidos.

Palabras claves: aerobiología, microorganismos de ambientes internos, archivos, hongos asociados al síndrome del edificio enfermo.

Abstract

In indoor and outdoor environments there great quantities of particles suspended in the air, they are the atmospheric aerosol. Between particles of biological origin are bacteria, fungal spores, algae, viruses, protozoa, pollen grains.

Many researchers believe that fungi are indicators of the level of bio-pollution and are associated with nonspecific clinical symptoms in stays indoors or sick building syndrome

Objective: *Therefore, the purpose of this study was to determine the variations in the composition and concentration of the agents aerobiological present in three archives the Boyacá Power Company (EBSA), which could be causing respiratory allergies personnel working in these areas*

Materials and methods: *A gravimetric method was used to perform the microbiological sampling of the air using potato dextrose agar, and agar nutrient, recording temperature and humidity data during each sampling, and collected dust samples for the cultivation of fungi and mites. Also surveyed workers in order to record respiratory symptoms suggestive and sampled the nostrils*

Results: *We isolated an average 470.2 UFC/m³ of microorganisms in the three archives sampled. 29 genera were identified among bacteria, fungi and yeasts, and one non identified structure of fungi, prevalence the more diversity in fungal forms.*

The predominant fungal genera were Cladosporium, Mucor, Penicillium and Alternaria and to a lesser proportion yeast forms, mainly Rhodotorula genera .

Among the bacteria, the most abundant genera corresponded to Pseudomonas, Neisseria, and Staphylococcus. In the samples nostrils were isolated the genera Penicillium, Cladosporium, Aspergillus, Mucor and Alternaria.

Not observed mites in the analysis the dust samples. No statistically significant correlation was found between mean colony forming units with temperature and relative humidity.

Conclusions: *The significant presence of fungi and bacteria in the environment and in nostrils are able to affect the health of working in the archives and special genera of fungi that may have important implications because of the potential increase in the release of allergens of their spores and pathogenicity in immunocompromised individuals.*

Keywords: *Aerobiology, microorganisms in indoor environments, archives, fungi associated with sick building syndrome.*

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos pueden ser transportados desde el exterior hacia el interior de los lugares de trabajo por diferentes partículas presentes en el polvo, bien sea por medio de la ventilación o de los visitantes. Estas condiciones unidas a las bajas (-5 °C) o altas (60 °C) temperaturas (1, 2), humedad relati-

va (2,3), precipitación, inversiones térmicas, contaminación, disponibilidad de sustrato y actividades humanas (4, 5, 6) favorecen la deposición de microorganismos en ambientes exteriores e interiores donde vive el ser humano (1, 4, 7, 8, 9).

Una de las características de las esporas de hongos es su alta incidencia en ambientes

interiores y exteriores. La presencia de propágulos de hongos y micotoxinas en el aire puede causar problemas en la salud humana (10, 11, 12). Más de 80 hongos alérgenos han sido aislados, mientras que el número de pacientes que sufren de ellos han aumentado en las últimas décadas (11, 13, 14, 15, 16). La mayoría de los hongos alergénicos se clasifican en Ascomycetos y Deuteromicetos, y muy pocos en Basidiomicetos (16). La manifestación de la enfermedad se ve afectada por el grado de exposición, así que las exposiciones repetidas a grandes concentraciones de esporas, con tamaños de 1-5 micras de diámetro, pueden causar síntomas graves de alergia respiratoria (17).

La presencia de agentes biológicos como bacterias, hongos y ácaros en el aire de interiores puede contribuir al síndrome del edificio enfermo (18, 19), el cual ha sido definido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como un conjunto de enfermedades originadas o estimuladas por la contaminación del aire en espacios cerrados (20, 21).

Las investigaciones que han evaluado la calidad del aire y los impactos sobre la salud de los trabajadores indican que en archivos y bibliotecas, por ser ambientes cerrados y donde se almacenan documentos, son apropiados para el desarrollo y mantenimiento de microorganismos que pueden causar daños a los documentos o a las personas que los usan y trabajan con estos (3, 7, 22).

El objetivo de esta investigación fue identificar los agentes aerobiológicos presentes en los archivos de la Empresa de Energía de Boyacá (EBSA) que podrían estar originando reacciones alérgicas en el personal los trabajadores, así como relacionar su presencia con la temperatura y humedad relativa del ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en tres archivos dentro de la sede administrativa de la Empresa de Energía de Boyacá, en la ciudad de Tunja (Boyacá). La documentación está organizada en cajas de cartón sobre anaqueles móviles. Se diseñaron planos de cada uno de los archivos. De acuerdo con el área se seleccionaron los estantes y puntos de muestreo. Para el archivo 1, con un área aproximada de 88 m², fueron seleccionados dos puntos de muestreo; del archivo 2, con un área aproximada de 3 m², se tomó un solo punto, mientras que del archivo 3 con un área aproximada de 4,2 m² y por estar dividido con puerta de acceso principal, se tomaron dos puntos de muestreo.

Toma de muestras ambientales

Las muestras de ambiente fueron tomadas quincenalmente entre noviembre de 2011 a enero de 2012; se realizaron 6 seis muestreos en total, cada uno de estos hacia las 10:00 horas. Con el fin de hacer la estimación cualitativa de los microorganismos presentes en el ambiente se usó el método gravimétrico de sedimentación en placa (23), para el muestreo de aire con exposición al ambiente por 15 minutos de 180 cajas de Petri (30 cajas por muestreo) que contenían agar papa dextrosa PDA (Scharlau)[®] y agar nutritivo (Pronadisa)[®]. Las cajas de Petri fueron ubicadas a una altura del piso de 2,10 m (Archivo 1), 80 cm (Archivo 2) y sobre el piso (Archivo 3); simultáneamente se tomaron datos de temperatura y humedad relativa cada 5 minutos durante el tiempo de exposición de las cajas de Petri; y se empleó un medidor atmosférico (Davis)[®].

Análisis de las muestras

Las muestras de bacterias se incubaron a 32 °C entre 24 y 72 horas después de haber sido realizado el muestreo. Se determinaron las características macroscópicas y microscópicas. Se hicieron repiques de las colonias aisladas en los medios selectivos agar eosina-azul de metileno (Pronadisa)[®] y agar McConkey (Pronadisa)[®]. Siembras en pruebas bioquímicas tradicionales y API 20 E y NE (para no enterobacterias-Biomérieux)[®] para su identificación hasta género.

En relación con los hongos, las cajas de Petri se incubaron a 28 °C durante una semana o hasta ver desarrollo micelial. Las colonias fúngicas se identificaron hasta género, según morfología macroscópica y microscópica para lo cual se hicieron montajes con azul de lactofenol; se empleó la técnica de impronta y montajes entre lámina y laminillas. Los montajes fueron observados en microscopio óptico con objetivos de 10x y 40x. Asimismo, se emplearon las claves de identificación taxonómica de hongos (24, 25, 26, 27).

Luego de la incubación de las cajas de Petri se realizó el conteo de unidades formadoras de colonia sobre metro cúbico de aire (UFC/m³) para poder determinar la concentración microbiana presente en el ambiente (23).

$N = 5a.104 (bt)-1$

Donde N- concentración microbiana en UFC/m³, a- número de colonias por caja de Petri, b- superficie de la placa (cm²), t- tiempo de exposición, min.

Muestras de polvo para el estudio de ácaros

Las muestras de polvo fueron tomadas en cada uno de los archivos usando una aspiradora portátil (Black and Decker)[®] y posteriormente colocadas en bolsas Ziploc herméticamente cerradas y conservadas a temperatura ambiente. Se tomaron 20 mg del polvo obtenido suspendido en una solución de NaCl 0,9 % p/v y ácido láctico en una caja de Petri de 5 cm de diámetro e incubado por 24 horas a 40 °C. Los ácaros fueron observados en un microscopio óptico usando los objetivos 4X y 10X. En el sexto muestreo se realizó una siembra a profundidad con parte del polvo colectado, y se emulsionó en una solución salina al 0,85 %, para luego ser sembrado en cajas de Petri con agar Sabouraud (dextrose agar- Scharlau)[®] y se incubaron a temperatura ambiente.

Aplicación de la encuesta y toma de muestras de las fosas nasales

Se les aplicó una encuesta a los 11 once funcionarios que tienen contacto con los archivos muestreados, en la que se les preguntó 1. Cuándo usted se encuentra dentro de los archivos, ¿ha presentado alguno (s) de los siguientes síntomas?: irritación de ojos, irritación de nariz, dolor de cabeza, fatiga, ningún síntoma, otro. 2. En caso de presentar alguno de los anteriores síntomas, ¿ha seguido algún tratamiento médico?; esto para saber el tipo de sintomatología respiratoria que presentaban.

Con el análisis de las encuestas se tomaron muestras de fosas nasales a 8 ocho de los funcionarios, las cuales fueron tomadas con aplicadores estériles para su posterior siembra en cajas de Petri con agar medio PDA (agar papa dextrosa- Scharlau)[®] y agar nutritivo (Pronadisa)[®] e incubadas a una temperatura de 28 y 35 °C, respectivamente, durante 24 y

72 horas para el caso de bacterias y de cinco a siete días para hongos, y luego se realizaron los respectivos montajes.

Simultáneamente se realizó la técnica de eosinófilos en moco nasal, mediante frotis con hisopo estéril de la mucosa del corne inferior (dos portaobjetos por cada fosa nasal). Las muestras obtenidas se tiñeron con el método de Wright y se realizó conteo celular diferencial al microscopio en objetivo de inmersión

Análisis de resultados

Se empleó un análisis de varianza ANOVA para establecer diferencias estadísticas entre las UFC por archivo y muestreo. Además se empleó el coeficiente de correlación de Spearman (rs) para relacionar el promedio de colonias formadas con las variables ambientales de temperatura y humedad relativa, utilizando el paquete estadístico StatGraphics versión 5.0 con un nivel de confianza del 95,0 %.

RESULTADOS

Aislamiento de microorganismos en el ambiente

Se obtuvo un promedio de 470,2 UFC/m³ para los tres archivos muestreados, y se observó que la concentración bacteriana fue mayor que la fúngica (tabla 1).

Como se muestra en la figura 1, el mayor número de UFC para bacterias, hongos y levaduras, se presentó en el primero y tercer archivo. En cuanto a los muestreos, en el primero fue donde se aisló un mayor número de UFC, mientras que en el cuarto se mostraron los números más bajos.

Se pudo determinar estadísticamente que no existe diferencia significativa entre las UFC y los muestreos realizados ($p=0,8107$), pero sí entre las UFC y los archivos muestreados ($p=0,0449$).

Los datos de las variables ambientales tomados durante el estudio revelan el promedio más alto de temperatura (21,2° C) para el archivo 3, mientras que para el archivo 1 se presenta el promedio más bajo, no obstante este archivo muestra el promedio más alto de humedad relativa (61,2 %) del estudio (tabla 2). Sin embargo, no se halló una correlación estadísticamente significativa entre la temperatura promedio y número de colonias para el archivo 1 ($rs=-0,143$; $p=0,787$), archivo 2 ($rs=0,143$; $p=0,787$) y para el 3 ($rs=0,638$; $p=0,173$). Asimismo, no se presentó correlación entre la humedad relativa promedio y el número de colonias para el archivo 1 ($rs=-0,143$; $p=0,787$), archivo 2 ($rs=-0,429$; $p=0,397$) y archivo 3 ($rs=0,058$; $p=0,913$).

Se aislaron 29 géneros de microorganismos y una forma fúngica miceliar sin identificar, y los hongos fueron los que mostraron una mayor diversidad, seguido de bacterias y levaduras. Los géneros fúngicos más representativos se aislaron de los tres archivos estudiados. *Cladosporium*, con 3,9% del total de colonias aisladas, fue el género fúngico más abundante, seguido de *Mucor*, con un 2,9 %, *Penicillium*, 2,7 %, y *Alternaria*, 1,9 %. Géneros como *Aspergillus*, *Gliocladium*, *Haplosporangium*, *Cephalosporium*, *Verticillium*, *Papularia*, *Chaetomium*, *Monacrosporium*, *Piricularia*, *Sclerotinia*, *Acremonium*, *Botrytis*, *Calcarisporium*, *Monotospora*, *Paecilomyces*, *Rhizopus* se registraron en un bajo porcentaje. Las levaduras representaron el 2,4 % del total de colonias, y *Rhodotorula* fue el único género aislado. En cuanto a las bacterias *Neisseria*, con 33,8 %, fue el género bacteriano de mayor predominio en el estudio (tabla 3).

Tabla 1. Valores promedio de la concentración de bacterias, hongos y levaduras en el aire (UFC/m³), en los tres archivos, durante los seis muestreos

Tipo de Microorganismo	Archivo 1	Archivo 2	Archivo 3	Promedio Total
	UFC/m ³	UFC/m ³	UFC/m ³	
Bacterias	428	267,9	375,5	357,1
Hongos	119,4	133,9	46,6	99,9
Levaduras	14,5	20,8	4,4	13,2
Total de Microorganismos				470,2

Tabla 2. Datos promedio de la temperatura (T) y humedad relativa (HR) en los tres archivos de la empresa, durante los seis muestreos

Archivo	T (°C)	HR (%)
1	17,9	61,2
2	20,3	59,6
3	21,2	56,8

Tabla 3. Géneros de hongos, levaduras y bacterias registrados en el ambiente de los 3 archivos en la EBSA

Género	UFC %	Género	UFC %	Género	UFC %
Hongos Filamentosos		Hongos Filamentosos		Levaduras	
<i>Cladosporium sp.</i>	3,9	<i>Monacrosporium sp.</i>	0,3	<i>Rhodotorula sp.</i>	2,4
<i>Mucor sp.</i>	2,9	<i>Piricularia sp.</i>	0,3	Bacterias	
<i>Penicillium sp.</i>	2,6	<i>Sclerotinia sp.</i>	0,3	<i>Neisseria sp.</i>	33,8
<i>Alternaria sp.</i>	1,9	<i>Acremonium sp.</i>	0,2	<i>Pseudomonas sp.</i>	22,3
<i>Gliocladium sp.</i>	1,3	<i>Botrytis sp.</i>	0,1	<i>Staphylococcus sp.</i>	15,1
<i>Aspergillus sp.</i>	1,1	<i>Calcarisporium sp.</i>	0,1	<i>Bacillus sp.</i>	6,1
<i>Haplosporangium sp.</i>	1,1	<i>Monotospora sp.</i>	0,1	<i>Micrococcus sp.</i>	1,6
<i>Cephalosporium sp.</i>	0,8	<i>Paecilomyces sp.</i>	0,1	<i>Acinetobacter sp.</i>	1,4
<i>Verticillium sp.</i>	0,7	<i>Rhizopus sp.</i>	0,1		
<i>Papularia sp.</i>	0,5	Micelio sin esporular	0,1		
<i>Chaetomium sp.</i>	0,3				

Tabla 4. Géneros de hongos y levaduras aislados en las fosas nasales de los funcionarios

Género de Hongos Filamentosos	UFC%
<i>Penicillium sp.</i>	41,2
<i>Cladosporium sp.</i>	17,6
<i>Aspergillus sp.</i>	11,8
<i>Mucor sp.</i>	11,8
<i>Alternaria sp.</i>	11,8
Levaduras	
<i>Rhodotorula sp.</i>	5,9

Análisis de ácaros

En el análisis realizado en las muestras de polvo recolectadas no se observaron ácaros. En la siembra a profundidad de las muestras de polvo recolectadas se aisló hongos pertenecientes a los géneros *Mucor* y *Rhizopus*

Análisis de las encuestas

Los resultados de la encuesta mostraron que el 63,6 % de los funcionarios encuestados presentan más de dos síntomas y la irritación de ojos, de nariz y el dolor de cabeza son los síntomas más frecuentes. Sin embargo, el 36,36 % de las personas encuestadas que presentaron más de un síntoma, manifestó haber seguido algún tratamiento médico. También se pudo constatar que solo algunos de estos funcionarios usaban implementos de protección personal como guantes y tapabocas (figura 2).

Siembra y Recuento de eosinófilos de muestras de fosas nasales

Los resultados de los cultivos de fosas nasales revelaron morfotipos de bacterias correspondientes a microbiota normal de la

nariz. Para el caso de hongos se aislaron los géneros *Penicillium*, con un 41,2 %, seguido de *Cladosporium*, con 17,6 %, y *Aspergillus*, *Mucor* y *Alternaria*, con 11,8 %. Además se aisló una levadura perteneciente al género *Rhodotorula*, con 5,9 % (tabla 4). El recuento de eosinófilos fue negativo para 100 campos observados en las muestras analizadas.

DISCUSIÓN

La concentración microbiana del ambiente interno de los archivos reveló un valor promedio de 470,2 UFC/m³, y mostró un nivel intermedio de contaminación, que de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (20), entre 10-100 UFC/m³ son niveles normales en una atmósfera limpia, niveles intermedios se encuentran entre 100-500 UFC/m³, mientras que niveles por encima de 1000 UFC/m³ son suficientes para causar problemas de salud.

Se evidenció un predominio de las bacterias sobre los hongos y levaduras en el ambiente interno de los archivos; (28) indicaron una concentración bacteriana más elevada en el interior; adicionalmente (2) confirmaron que la presencia de un mayor número de ocupantes incrementa las concentraciones de bacterias en espacios cerrados.

Las colonias fúngicas aisladas mostraron gran diversidad de géneros, siendo *Cladosporium*, *Mucor*, *Penicillium* y *Alternaria* los que se presentaron con mayor frecuencia en el ambiente de los tres archivos. Estos hongos se reconocen como agentes patógenos oportunistas para el hombre, y están asociados con alergias, rinitis, asma, conjuntivitis; además están implicados en el síndrome del edificio enfermo. *Cladosporium* es el hongo que predomina los ambientes cerrados seguidos de *Penicillium* y *Alternaria*. El género *Penicillium* es muy frecuente y abun-

dante en ambientes interiores y exteriores, pero especialmente de ambientes interiores (4, 5, 7, 22, 29, 30, 31, 32, 33). El género *Mucor* ha sido reportado como responsable de causar el bio-deterioro de diferentes tipos de documentos, y en los últimos años ha mostrado un aumento significativo en archivos y bibliotecas (5, 30). La *Rhodotorula* en el ambiente está asociada a la microbiota saprofita de la piel y mucosa humana (5).

Los géneros bacterianos con mayor frecuencia en los archivos correspondieron a *Pseudomonas*, *Neisseria* y *Staphylococcus*, los cuales son comunes en este tipo de ambiente; no obstante, algunas cepas pueden producir endotoxinas, que al ser inhaladas pueden causar irritación del sistema respiratorio, malestar general y dolor de cabeza (2, 3, 4, 22).

Aunque no se presentó una correlación positiva entre la humedad relativa y las UFC de los archivos, los valores de humedad obtenidos muestran que el archivo uno presentó niveles por encima de los rangos óptimos (60-90 %). La humedad interior alta permite el crecimiento de hongos, principalmente de *Penicillium* y *Aspergillus*, con liberación concomitante de conidios y fragmentos en la atmósfera (10).

De las fosas nasales de los funcionarios se aislaron los géneros *Penicillium*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Mucor* y *Alternaria*, y existe concordancia con lo reportado por (5); estos hongos son los más frecuentes en este tipo de muestras, junto a géneros como *Alternaria* (34). Se observó reciprocidad entre los resultados de los estudios ambientales y los aislamientos nasales.

Penicillium tiene la capacidad de colonizar la cavidad nasofaríngea, y puede ir en aumento si las condiciones de los recintos, tales

como humedad y deterioro de los sustratos orgánicos, lo permiten (5). Los estudios desarrollados en varias especies de *Aspergillus* y *Penicillium* han confirmado que en ambas especies tanto los fragmentos de hifas como de esporas comparten antígenos que en sujetos atópicos pueden causar alergias (35). Además, se ha demostrado en varias investigaciones que estos géneros son conocidas como productoras de micotoxinas que parecen estar ligadas a la cantidad de polvo generado en los recintos, que al ser inhaladas pueden penetrar a las vías respiratorias o ser absorbidas por la piel y provocar dermatosis severa (12, 20, 36).

El género *Aspergillus* es uno de los principales contaminantes de ambientes interiores, capaz de crecer incluso en condiciones de deficiencia de nutrientes, y debido al pequeño tamaño de sus esporas, algunas especies pueden penetrar los alvéolos, y es responsable de aproximadamente del 70 % de los casos de enfermedades respiratorias (37). Por consiguiente, es de interés particular en estudios clínicos y se asocia con un amplio espectro de enfermedades respiratorias, así como otras patologías, incluyendo las distintas formas de aspergilosis (38).

Para el caso de *Cladosporium*, este se considera un hongo no patógeno, pero podría causar reacciones alérgicas a partir de fragmentos de hifas (12), está frecuentemente en el aire libre en las zonas templadas del planeta, y se puede encontrar en zonas boscosas y en el centro de las ciudades, asociándose a casos de rinitis. Especies como *Cladosporium herbarum* y *Alternaria alternata* han sido reportadas como los hongos alérgicos respiratorios de mayor importancia en casos de asma y rinitis (34).

No se observó ácaros en las muestras de polvo analizadas. Se ha reportado que los

artrópodos poseen factores limitantes para su crecimiento y desarrollo, como es el caso de la humedad relativa (70-90 %), y otros factores bióticos y abióticos (39, 40). En la siembra a profundidad del polvo, se aislaron hongos pertenecientes a los géneros *Mucor* y *Rhizopus*. El género *Mucor* fue también aislado del ambiente y de la mucosa nasal.

La calidad del aire interior, temperatura, humedad relativa y algunas actividades humanas son condiciones favorables para el crecimiento de microorganismos que influyen en la vida de las personas. Se ha mostrado que algunos hongos poseen una importante capacidad alergénica y que en sujetos atópicos pueden provocar asma y rinitis. Además, las personas en recintos cerrados entran en contacto con los alérgenos a través del aire que respiran, ocasionándoles así síntomas relacionados con el síndrome del edificio enfermo.

Conflicto de interés: ninguno.

Financiación: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), sede Tunja.

REFERENCIAS

1. Chao J, Schwartz J, Milton D, Burge H. Populations and determinants of airborne fungi in large office buildings. *Environmental Health Perspectives* 2002; 110(8): 777-782.
2. Rajasekar A, Balasubramanian R. Assessment of airborne bacteria and fungi in food courts. *Building and Environment* 2011; 46(10): 2081-2087. DOI 10.1016/j.buildenv.2011.04.021
3. Karbowska-berent J, Górny R, Strzelczyk A, Wlazlo A. Airborne and dust borne microorganisms in selected polish libraries and archives. *Building and Environment* 2011; 46(10): 1872-1879.
4. Balasubramanian R, Nainar P, Rajasekar A. Airborne bacteria, fungi, and endotoxin levels in residential microenvironments: a case study. *Aerobiologia* 2012; 28(3): 375-390.
5. Calizaya C, Salazar G, Silva J. Evaluación de hongos ambientales en mercados de abastos de la ciudad de Tacna (Perú). *Revista mexicana de micología* 2010; 31: 65-67.
6. Wang W, Ma Y, Ma X, Wu F, Ma X, An L, Feng H. Diversity and seasonal dynamics of airborne bacteria in the mogao grottoes, dunhuang, china. *Aerobiologia* 2012; 28(1): 27-38.
7. Borrego S, Perdomo I, Guiamet P, Gómez S. Estudio de la concentración microbiana en el aire de depósitos del archivo nacional de cuba. *Augmdomus* 2010; 1:118-137.
8. Borrego S, Guiamet P, Gómez S, Batistini P, Garcia M, Lavin P et al. The quality of air at archives and the biodeterioration of photographs. *International Biodeterioration & Biodegradation* 2010b; 64: 139-145.
9. Borrego S, Perdomo I, De la Paz J, Gómez S, Guiamet P. Relevamiento microbiológico del aire y de materiales almacenados en el Archivo Histórico del Museo de la Plata, Argentina y en el Archivo Nacional de la República de Cuba. *Revista del Museo de La Plata* 2011; 18(119): 1-18.
10. Cabral J. Can we use indoor fungi as bio-indicators of indoor air quality? Historical perspectives and open questions. *The Science of the Total Environment* 2010; 408(20): 4285-4295. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2010.07.005
11. Hardin B, Kelman B, Saxon A. Adverse human health effects associated with molds in the indoor environment. *J Occup Environ Med* 2003; 45(5): 470-478.
12. Khan N, Wilson B. An environmental assessment of mold concentrations and potential mycotoxin exposures in the greater southeast Texas area. *J Environ Sci Health a Tox Hazard Subst Environ Eng* 2003. 38(12):2759-2772.
13. D'amato G. Outdoor air pollution, climate and allergic respiratory diseases: evidence of a link. *Clinical & Experimental Allergy*

- 2002; 32(10): 1391-1393. DOI: 10.1046/j.1365-2745.2002.01519.x
14. Horner W, Helbling A, Salvaggio J, Lehrer S. Fungal allergens. *Clin. Microbiol. Rev* 1995; 8(2): 161-179.
 15. Rivera-Mariani F, Bolaños-Rosero B. Allergenicity of airborne basidiospores and ascospores: need for further studies. *Aerobiologia* 2012; 28(2): 83-97. DOI 10.1007/s10453-011-9234-y
 16. Kurup V, Shen H, Vijay H. Immunobiology of fungal allergens. *Int Arch Allergy Immunol* 2002; 129(3): 181-188.
 17. Barui N, Chanda S. Aeromycoflora in the central milk dairy of Calcutta, India. *Aerobiologia* 2000; 16 (3-4): 367-372.
 18. Bakke J, Norbäck D, Wieslander G, Hollund B, Florvaag E, Haugen E. Symptoms, complaints, ocular and nasal physiological signs in university staff in relation to indoor environment—temperature and gender interactions. *Indoor air* 2008; 18(2), 131-143. DOI: 10.1111/j.1600-0668.2007.00515.x
 19. Takigawa T, Saijo Y, Morimoto K, Nakayama K, Shibata E, Tanaka M et al. A longitudinal study of aldehydes and volatile organic compounds associated with subjective symptoms related to sick building syndrome in new dwellings in Japan. *Science of the Total Environment* 2012; 61(7): 417-418. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.12.060
 20. Nevalainen A, Morawska L. Biological agents in indoor environments. Assessment of health risks. 2009. Organización mundial de la salud. Disponible en: <http://www.ilaqh.qut.edu.au/misc/biological_agents_2009.pdf>.
 21. Polizzi V, Adams A, Picco A, Adriaens E, Lenoir J, Van Peteghem C et al. Influence of environmental conditions on production of volatiles by *Trichodermaatro viride* in relation with the sick building syndrome. *Building and Environment* 2011; 46(4): 945-954. DOI: 10.1111/j.1600-0668.2007.00515.x
 22. Borrego S, Perdomo I. Aerobiological investigations inside repositories of the national archive of the republic of Cuba. *Aerobiologia* 2012; 28(3): 303-316. DOI: 10.1007/s10453-011-9235-x
 23. Bogomolova E, Kirtsideli I. Airborne fungi in four stations of the St. Petersburg Underground railway system. *International Biodeterioration and Biodegradation* 2009; 63(2): 156-160. DOI: 10.1016/j.ibiod.2008.05.008
 24. Barnett H. *Illustrated genera of imperfect fungi*. 2ª ed. Estados Unidos: Burgess Publishing Company; 1960.
 25. Barnett H, Hunter B. *Illustrated genera of imperfect fungi*. 3ª ed. Estados Unidos: Burgess Publishing Company; 1972.
 26. Domsh K, Gams W, Anderson T. *Compendium of soil fungi*, Vol 1, Part I. Estados Unidos: Academic Press; 1980.
 27. Domsh K, Gams W, Anderson T. *Compendium of soil fungi*, Vol 1, Part II. Estados Unidos: Academic Press; 1980.
 28. Soto T, García R, Franco A, Vicente-Soler J, Cansado J, Gacto M. Indoor airborne microbial load in a Spanish University (University of Murcia, Spain). *Anales de Biología* 2009; 31: 109-115.
 29. Docampo S, Trigo M, Recio M, Melgar M, García-Sánchez J, Calderon-Ezquerro M et al. High incidence of *Aspergillus* and *Penicillium* spores in the atmosphere of the cave of Nerja (Malaga, Southern Spain). *Aerobiologia* 2010; 26(2): 89-98. DOI 10.1007/s10453-009-9146-2
 30. Toloza-Moreno D, Lizarazo-Forero L. Aeromicrobiología del archivo central de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Tunja, Boyacá). *Acta Biol. Colomb* 2011;16(1): 185-194.
 31. Iglesias I, Seijo M, Fernández M, Escuredo O. Aerobiological monitoring of *Aspergillus* / *Penicillium* spores during the potato storage. *Aerobiologia* 2012; 28(2): 213-219.
 32. Rojas T, Aira M. fungal biodiversity in indoor environments in Havana, Cuba. *Aerobiologia* 2012; 28(3): 367-374.

33. Recio M, Trigo M, Docampo S, Melgar M, García-Sánchez J, Bootello L et al. Analysis of the predicting variables for daily and weekly fluctuations of two airborne fungal spores: *Alternaria* and *Cladosporium*. *International Journal of Biometeorology* 2012; 56(6): 983-991. DOI: 10.1007/s00484-011-0509-3
34. Sellart-Altisent M, Torres-Rodríguez J, Gómez S, Alvarado-Ramírez E. Microbiota fúngica nasal en sujetos alérgicos y sanos. *Rev. Iberoam. Micol* 2007; 24: 125-130.
35. Curtis L, Lieberman A, Stark M, Rea W, Vetter M. Adverse health effects of indoor moulds. *Journal of Nutritional & Environmental Medicine* 2004; 14(3), 261-274. DOI: 10.1080/13590840400010318
36. Jarvis B, Miller J. Mycotoxins as harmful indoor air contaminants. *Appl Microbiol Biotechnol* 2005; 66(4): 367-372.
37. Bial-Aristegui. Hongos Actinomicetos alérgicos. Alergia a hongos. 1 ed. *Revista Iberoamericana de Micología*. Bilbao (España); 2002.p. 10-18.
38. Tomee J, Van Der Werf T. Pulmonary aspergillosis. *Neth J Med* 2001; 59(5): 244-258.
39. Moreno A, Sánchez A, Yrarragorri C, Abdo A. Asociación entre el *Dermatophagoides pteronyssinus* y la rinitis alérgica. *Alergia e Inmunol Pediatr* 1999; 8(1): 21-24.
40. Meza J, Mendoza D, Mercado D. Identificación de ácaros del polvo casero en colchones y almohadas de niños alérgicos de Santa Marta, Colombia. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud Duazary* 2008; 5(1): 24-31.