

Caracterización de bioaerosoles en tres edificaciones administrativas de Bogotá, 2012-2013

Characterization of Bioaerosols in Administrative Buildings in Bogotá 2012-2013

R. Y. Cardozo Becerra^{a,*}
L. G. Araque Muñoz^b

Resumen

Estudio observacional de corte transversal realizado en tres edificios administrativos de la ciudad de Bogotá, los cuales evidencian presencia de bioaerosoles cultivables y contables, contaminantes que podrían afectar la calidad del aire interior. Los bioaerosoles encontrados fueron comunes en los tres edificios, y en los siguientes porcentajes, en su orden: *Aspergillus* sp.: 77,2% (61) de las muestras tomadas para el edificio uno, 91% (30) para el dos y 100% (19) para el tres; *Penicillium* sp.: 60,8% (48) de las muestras para el edificio uno, 87,9% (29) para el edificio dos y 94,7% (18) para el edificio tres. Otro género encontrado en porcentajes altos en los tres edificios fue el *Cladosporium* sp. Los hallazgos se correlacionan con lo reportado por la literatura. Se hace relevante el monitoreo de la calidad del aire interior y el mantenimiento adecuado de los edificios, especialmente de los sistemas de ventilación mecánica, para así disminuir el riesgo biológico para los habitantes de edificios administrativos y evitar que estas construcciones arquitectónicas sean clasificadas dentro del síndrome del edificio enfermo.

Palabras clave: Calidad de aire interior, Construcción y arquitectura de edificio administrativo, Contaminantes del aire, Bioaerosoles cultivables y contables, Síndrome del edificio enfermo, Sistemas de ventilación.

Abstract

An observational cross-sectional study which reveals the presence of some air pollutants such as, cultivable and accounting bioaerosols, that can affect the indoor air quality of the three administrative buildings analyzed, located in Bogotá city. A cultivable and accounting bioaerosols similar high percentage was found in all the analyzed samples of the three buildings. *Aspergillus* sp. was detected in 77.2% (61 samples), 91% (30 samples) and 100% (19 samples) of the whole buildings samples, number one, two and three respectively. On the other hand *Penicillium* sp. was identify in 60.8% (48 samples), 87.9% (29 samples) and 94.7% (18 samples) for the buildings number one, two and three respectively. In addition to these pollutants, it was found *Cladosporium* sp. All the results are correlated with the reported literature values. Therefore it is relevant to monitor the indoor air quality and maintenance of the buildings, specially the mechanical ventilation systems, in order to diminish the inhabitants biological risk due to the pollutants, and to avoid that these constructions can be classified within the syndrome of the sick building.

Key words: Indoor Air Quality, Construction and Architecture of Administrative Buildings, Air Pollutants, Cultivable and Accounting Bioaerosols, Sick Building Syndrome, Ventilation Systems.

^aUniversidad del Rosario, Bogotá, Colombia.

*Autor de correspondencia: ycardozo345@gmail.com

^bUniversidad Politécnica de Madrid, España.

1. Introducción

El objetivo principal de este estudio observacional de corte transversal fue determinar las características de bioaerosoles cultivables y contables en tres edificios administrativos ubicados en la ciudad de Bogotá, durante el periodo 2012-2013.

El término “bioaerosol” describe el conjunto de materia particulada de origen biológico (vegetal, animal o microbiológico) suspendida en el aire, susceptible de ser aerotransportada y cuya vía principal de penetración en el organismo humano es la inhalatoria. Según la definición de la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), un bioaerosol puede comprender: microorganismos patógenos y no patógenos, microorganismos vivos cultivables y no cultivables, microorganismos muertos, fragmentos y estructuras de los microorganismos (por ejemplo, trozos de hifas o esporas fúngicas), sustancias tóxicas y alérgicas, endotoxinas, micotoxinas β (1.3) glucanos, enzimas peptidoglicanos, alérgenos vegetales (fundamentalmente polen), alérgenos animales (derivados de invertebrados y de vertebrados) [1].

La ventilación de un edificio es el proceso mediante el cual se suministra aire limpio y se extrae aire contaminado; puede realizarse de manera natural o mecánica; al final del proceso se espera mantener el oxígeno y diluir los contaminantes, para conservar las condiciones adecuadas del aire interior, garantizando a los habitantes del edificio una respiración saludable. Los sistemas de ventilación mecánica están compuestos por una serie de conductos que transportan el aire desde el exterior hasta las áreas internas de los edificios administrativos; estos sistemas pueden acondicionarse de manera que permiten regular las condiciones de temperatura y humedad de ambientes interiores; tales elementos básicos tienen filtros y, dependiendo de su complejidad, tienen sistemas mecánicos, eléctricos o electrónicos para impulsar el aire a través de los conductos.

La calidad del ambiente interior (CAI) hace referencia a las condiciones ambientales de los espacios internos adecuados al usuario y a la actividad, definidas por los niveles de contaminación química, microbiológica y por los valores de los factores físicos [2].

El presente estudio se enfocó en la contaminación microbiológica del aire, uno de los componentes de la calidad del ambiente interior; así, permitió establecer los niveles de concentración en aire, en unidades formadoras de colonia-UFC, de contaminantes del aire, como los bioaerosoles cultivables y contables, en áreas de tres edificios administrativos de Bogotá, durante el periodo 2012-2013, y relacionar los niveles de concentración y los géneros encontrados con diferentes variables consideradas, que se interrelacionaron entre los pisos de cada uno de los edificios, y después se correlacionaron las comunes a los tres edificios. Estas variables se analizaron teniendo en cuenta que aunque los bioaerosoles son obicuos e importantes para el ecosistema, porque degradan la materia orgánica y la reincorporan al suelo, si encuentran condiciones propicias se desarrollan de manera potencial, convirtiéndose en un factor de riesgo para la salud.

El desarrollo de los bioaerosoles es favorecido por la humedad, la temperatura, las características arquitectónicas de la construcción y la operación o el mantenimiento inadecuado de los sistemas de ventilación mecánica. Porcentajes mayores al 70 % de humedad son el cultivo ideal para los bioaerosoles, aunque hay especies que crecen en ambientes interiores menos húmedos [3]. La temperatura óptima para los bioaerosoles es entre 10 y 40 °C, que corresponde a la temperatura ambiente, aunque hay unos que pueden crecer en rangos inferiores de temperatura, entre 0 y 10 °C [4].

La construcción arquitectónica y la operación o el mantenimiento inadecuado de los sistemas de ventilación mecánica pueden afectar negativamente la calidad del aire interior, al generarse dificultades en los recambios de aire necesarios; las torres de refrigeración podrían exceder los promedios de temperatura y humedad, podrían permitir el ingreso de contaminantes del aire exterior, como, partículas aerobiológicas que pueden establecerse en el polvo, favoreciendo crecimientos microbiológicos en los conductos y otros lugares de los circuitos, lo que incrementaría el riesgo para la salud de las personas, además de representar biodeterioro de diversos materiales; por ello, se debe tener especial atención con las unidades de calefacción y de refrigeración, las tomas de aire exterior, los puntos de expulsión del aire, de retorno y las torres de refrigeración. Importante

tener en cuenta que el sistema puede actuar como reservorio y facilitar el crecimiento microbiano [5]. Se destaca que la construcción arquitectónica de edificios administrativos ha cambiado en los últimos años, con el objetivo de acoger requerimientos de sostenibilidad que podrían incidir en la calidad del aire interior.

De otro lado, las patologías generadas por los bioaerosoles tienen una contribución alta en enfermedades que afectan la salud ambiental con diferentes niveles de severidad, desde efectos inocuos hasta enfermedades graves, dependiendo de los factores de susceptibilidad de cada persona y del tipo de compuesto. El grupo de trabajo de la WHO se reunió en octubre de 2007, en Bonn (Alemania), para analizar la evidencia clínica de exposición a bioaerosoles (microorganismos), y encontró que la exposición a agentes biológicos incrementa el riesgo de hipersensibilidad a la neumonitis, alveolitis alérgica, rinosinusitis crónica y sinusitis alérgica por hongos; de igual manera, se encontró que aumenta la prevalencia de asma y alergias en población no atópica [3]. Otros hongos, tipo levaduras, generan patologías tanto en pacientes sanos como en pacientes inmunocomprometidos, bien sea por vía inhalatoria o cuando hay destrucción de las barreras protectoras (piel o mucosas).

El crecimiento de hongos en sistemas de aire acondicionado y edificios puede producir el síndrome del edificio enfermo (SEE) [6]; el diagnóstico adecuado y oportuno tiene una significancia importante en la evolución, tratamiento y recuperación del edificio [7].

Los bioaerosoles se propagan rápidamente donde hay humedad; el polvo y las malas condiciones higiénicas presentes en ambientes interiores proveen suficientes nutrientes para su crecimiento y la generación de gran número de esporas, fragmentos de células, alérgenos, micotoxinas, endotoxinas y componentes orgánicos volátiles (VOC) fúngicos [3]. Algunos de los bioaerosoles contables y cultivables caracterizados en los ambientes interiores de los edificios administrativos, objeto de este estudio, hacen parte de este grupo, como son: los géneros *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium* y *Acremonium*.

Así, los bioaerosoles podrían producir enfermedades que se clasifican en dos grandes grupos: a) las ocasionadas por patógenos verdaderos, en

donde el hongo es capaz de producir enfermedad en el huésped normal cuando el inóculo es suficientemente grande, y b) un segundo grupo en que el desarrollo de la afección se relaciona más con la respuesta inmunitaria deprimida del individuo, denominándose infección oportunista. Los hongos oportunistas han emergido como causa importante de morbi-mortalidad; el aumento de las micosis emergentes va en paralelo al incremento de pacientes inmunosuprimidos [8].

Es importante destacar que aún no se tiene suficiente evidencia científica sobre los efectos adversos que pueden ocasionar los bioaerosoles contables y cultivables en la salud humana, razón por la cual grupos de científicos continúan haciendo investigación; no obstante, dichos grupos hacen énfasis en la importancia del diseño y la construcción arquitectónica, en el mantenimiento y las normas regulatorias relacionadas con la infraestructura del edificio, pero especialmente de los sistemas de ventilación, para garantizar las condiciones óptimas del aire interior [3].

Referente a los efectos sobre la salud humana, el tema también ha tomado mucha relevancia por su relación con factores de estrés medioambientales; es así como la Unión Europea, a través del Parlamento Europeo, hace referencia dentro de sus directivas al tema de la calidad del aire interior [9, 10], que incluye una lista de sustancias que deben prohibirse o regularse, tanto en la construcción arquitectónica como en el mantenimiento de edificios; normas de calidad aplicables a los diferentes tipos de ambientes de interior; protocolos de procedimiento para la gestión y mantenimiento de las instalaciones de aire acondicionado y ventilación, y normas mínimas para el mantenimiento de edificios.

En cuanto al estado del arte, en la literatura revisada se encuentra que a nivel mundial se han realizado estudios similares en edificios administrativos [3], incluyendo Latinoamérica y, en este grupo, Colombia; no obstante, la mayoría de estos estudios se realizaron en edificios administrativos de actividad cultural (bibliotecas, museos y universidades), no en edificios administrativos de oficinas.

2. Metodología

Se tomaron, cuantificaron y caracterizaron 131 muestras de aire de los ambientes interiores de tres edificios administrativos de Bogotá D.C., en el periodo 2012-2013. El edificio con codificación 1 se encuentra en un sector residencial, rodeado por edificios de apartamentos y oficinas, y en uno de los costados está situada una avenida principal, contigua a un área cuyo uso del suelo es forestal; el edificio con codificación 2 está localizado en una zona catalogada como industrial; el vecindario está compuesto por edificaciones administrativas e industriales y avenidas principales, y el edificio con código 3 está ubicado en una zona catalogada como residencial y comercial, su vecindario corresponde a edificaciones residenciales y de oficinas, avenidas principales y comercio. La construcción arquitectónica interna de cada uno de los edificios es similar (mobiliario, estructura física y sistemas de ventilación), guardando diferencias en cuanto a la distribución de puestos de trabajo y ocupación de las áreas, porque aunque la actividad básica es la administrativa (son edificios de oficinas), no todos tienen para sus empleados salas de juntas, áreas de casinos, áreas de café, etc. Por las razones mencionadas, las variables se comparan entre pisos de cada edificio, y la comparación entre edificios solamente se realiza con aquellas variables comunes.

Referente a los muestreos, se utilizó una bomba de alto flujo (modelo Quick take 30, marca SKC) y un impactador Andersen de cascada sencillo (Modelo Bio stage marca SKC). El número de muestras tomadas, incluyendo las muestras control, fueron: 79 para el edificio 1, 33 para el edificio 2 y 19 para el edificio 3. Los tiempos de muestreo estuvieron entre 10 y 15 minutos, y fueron iguales dentro de cada edificio; así, los tiempos de muestreo en los edificios 1 y 2 fueron de 15 minutos, y en el edificio 3, de 10 minutos. En cuanto a los métodos de muestreo de bioaerosoles cultivables y contables, se utilizaron los propuestos por el Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH 0800), los cuales consisten en impulsar el aire contaminado en un caudal de muestreo alto hacia el medio de cultivo expuesto; de esta manera, los microorganismos suspendidos en el aire se adhieren al agar y se incuban a una temperatura promedio de 25 °C. Para la identificación se utilizó el método de impresión

de acuerdo con las características macroscópicas y microscópicas, con ayuda de las claves de Barnett y Watanabe, y para la cuantificación se informa en términos de Unidades Formadoras de Colonia presentes en cada metro cúbico de aire (UFC/m³). La calibración de campo incluyó una verificación de los caudales pre- y posmedición; esta consistió en aplicar diariamente, antes y al final de cada serie de mediciones, una calibración de campo en un emplazamiento limpio similar en condiciones de presión y temperatura a las condiciones de campo con un rotámetro de precisión.

Es fundamental mencionar que *para los bioaerosoles cultivables* (como hongos o bacterias totales) y *contables* (como pólenes totales, esporas de hongos o bacterias) no se utilizan los TLV, por ser mezclas complejas de diferentes clases de partículas. Así, se utilizó la metodología propuesta por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos), que sugiere tomar una muestra control en la toma de entrada de aire al sistema de ventilación para comparar los hallazgos de las concentraciones de bioaerosoles en el interior de la edificación. Así las cosas, para denominar el riesgo biológico se establecieron para este estudio los rangos Bajo y Alto, teniendo como referente las muestras control; de tal manera que cuando el valor encontrado es igual o menor al de la muestra control se clasifica como bajo, y si supera el valor de la muestra control se clasifica como alto.

Consecuentemente, la clasificación Alto no implica que por encima de las concentraciones que se mencionan haya un peligro inminente para el trabajador; es solamente una referencia puntual en este estudio; adicionalmente, definir niveles mínimos, bajo los cuales no haya riesgo biológico relacionado con bioaerosoles, es muy difícil, porque, como lo describe la literatura, la mayoría de estos contaminantes son oportunistas, de manera que la virulencia depende en gran medida del huésped, y en este estudio no se incluyó población, por lo cual se desconoce si los habitantes de estos edificios han presentado patologías que se pudieran relacionar con los hallazgos.

Con relación a la metodología estadística, se realizó un estudio observacional de corte transversal que permitió determinar las características de bioaerosoles cultivables y contables, teniendo como población universo los sistemas de ventilación de diferentes

pisos en edificios administrativos localizados en la ciudad de Bogotá (Colombia), durante el periodo 2012 a 2013. La muestra la constituyeron la totalidad de registros incluidos en la base de datos de una empresa de higiene industrial en Bogotá, los cuales corresponden a estudios de calidad de aire interior enfocados en sistemas de ventilación.

Las variables identificadas son: temperatura y humedad promedio del ambiente interior, ubicación del edificio, localización del piso, tipos de bioaerosoles cultivables y contables identificados, cantidad total de bioaerosoles cultivables y contables en UFC y UFC/m³ (incluyendo la muestra control), clasificaciones bajo y alto con relación a la muestra control, y número de personas.

Respecto al análisis estadístico, los registros de las bases de datos se llevaron a matrices de Excel, y de allí se exportaron al programa estadístico STATA, versión 11, y al programa SPSS, versión 19; y las matrices de Excel también fueron utilizadas. El análisis de las variables se realizó utilizando las frecuencias absolutas y porcentajes, medidas de tendencia central promedio (media y desviación estándar) y correlación de las diferentes variables mencionadas.

Con relación a la calidad de los datos, estos fueron evaluados por un especialista (microbiólogo especialista en higiene ocupacional); posteriormente, la información fue revisada por un tercero, para asegurar la calidad de los datos, antes de ingresarla al programa estadístico, y, finalmente, se realizó una última revisión para garantizar la calidad de la información por evaluar.

3. Resultados y discusión

Los bioaerosoles cultivables y contables encontrados con mayores porcentajes en las muestras tomadas fueron comunes a los tres edificios, así, en su orden: *Aspergillus* sp. se encontró en el 77,2% (61) de las muestras del edificio 1; en el 91% (30) de las del edificio 2, y en el 100% (19) de las del edificio 3. *Penicillium* sp. se encontró en el 60,8% (48) de las muestras del edificio 1, en el 87,9% (29) de las del edificio 2, y en el 94,7% (18) de las del edificio 3. *Cladosporium* sp. fue encontrada en el 41,8% (33) de las muestras del edificio 1; en el 100% (33) de las muestras del edificio 2, y en el 84,2% (16) de las muestras del edificio 3. Los hallazgos se correlacio-

nan con lo reportado por la literatura, que describe los taxones *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. y *Cladosporium*, como los más comunes en ambientes interiores [11]. En la tabla 1 se encuentra la descripción de cada uno de los bioaerosoles cultivables y contables encontrados para cada edificio.

De los géneros encontrados, *Aspergillus* engloba diferentes especies, de las cuales, aproximadamente, 19 son capaces de producir infección en el ser humano; son saprófitos que se encuentran frecuentemente en todo el mundo, en las matrices aire y suelo, así como en cualquier tipo de materia orgánica (pintura fresca, recipientes con agua sin usar, sistemas de ventilación, paredes de refrigeradores, entre otros) y en materia orgánica en descomposición [11]. Los *Aspergillus* que se encuentran en el aire pueden permanecer, incluso, en sitios como desiertos y en las capas altas de la atmósfera; la vía primaria de infección es la inhalación de conidias transportadas por el aire [12].

El espectro de enfermedades producidas por *Aspergillus* sp. es, en general, de oportunistas; estas se denominan aspergilosis, y sus tipos más frecuentes son pulmonares, cutáneos, óticos, oftálmicos y estados de hipersensibilidad inmunológica (alergias). Dichas afecciones son cosmopolitas, reportadas prácticamente en todo el mundo. Las diversas especies oportunistas ocupan el primero o segundo lugar dentro de los hongos contaminantes del ambiente [7]. Así mismo, se describen reacciones alérgicas y colonización de cavidad nasal, senos paranasales y vías respiratorias inferiores que pueden generar infecciones invasivas de SNC [11]. En los pulmones, después de instaurarse pueden producir trombosis y necrosis hística local y, posteriormente, diseminación a órganos diana como el cerebro [12, 13]; al invadir los pulmones, los *Aspergillus* sp. pueden producir aspergilomas, y en pacientes con inmunosupresión grave hay diseminación sistémica y muerte [11].

Las patologías de piel y ojos están relacionadas, por lo general, con discontinuidad de piel y mucosas, produciendo infecciones cutáneas superficiales y de tejido celular subcutáneo (micetomas) y queratitis micótica [11]. La otomicosis se presenta tanto en individuos sanos como inmunosuprimidos, siendo mayor en estos últimos [7]. En todo caso, la virulencia depende en mayor medida de las condiciones del huésped, afectando de manera importante a

Tabla 1. Caracterización de bioaerosoles cultivables y contables en tres edificios administrativos en Bogotá. Periodo 2012-2013.

Bioaerosoles cultivables y contables	Frecuencia y porcentaje de muestras en las que está presente el bioaerosol					
	Edificio 1		Edificio 2		Edificio 3	
	Frecuencia	Porcentaje (%)	Frecuencia	Porcentaje (%)	Frecuencia	Porcentaje (%)
<i>Aspergillus</i> sp.	61	77,2	30	91,0	19	100,0
<i>Penicillium</i> sp.	48	60,8	29	87,9	18	94,7
<i>Trichoderma</i> sp.	45	57,0	1	3,0	0	0,0
<i>Monilia</i> sp.	36	45,6	9	27,3	0	0,0
<i>Cladosporium</i> sp.	33	41,8	33	100,0	16	84,2
Micelio estéril	30	38,0	17	51,5	6	31,6
<i>Acremonium</i> sp.	23	29,1	3	9,1	2	10,5
<i>Paecilomyces</i> sp.	16	20,3	6	18,2	1	5,3
<i>Fusarium</i> sp.	12	15,2	17	51,5	6	31,6
<i>Ulocladium</i> sp.	12	15,2	10	30,3	4	21,0
<i>Trametes</i> sp.	11	13,9	2	6,1	0	0,0
Levadura	9	11,4	26	78,8	13	68,4
<i>Botrytis</i> sp.	8	10,1	9	27,0	2	10,5
<i>Mucor</i> sp.	7	8,9	3	9,1	0	0,0
<i>Phoma</i>	7	8,9	0	0,0	15	79,0
<i>Verticillium</i> sp.	6	7,6	0	0,0	1	5,3
<i>Curvularia</i> sp.	5	6,3	3	9,1	5	26,3
<i>Alternaria</i> sp.	5	6,3	6	18,2	11	57,9
<i>Beauveria</i> sp.	3	3,8	1	3,0	1	5,3
<i>Stemphylium</i> sp.	3	3,8	0	0,0	0	0,0
<i>Geotrichum</i> sp.	2	2,5	2	6,1	2	10,5
<i>Gliocladium</i> sp.	2	2,5	1	3,0	0	0,0
<i>Rhizomucor</i> sp.	1	1,3	0	0,0	0	0,0
<i>Rhizopus</i> sp.	1	1,3	2	6,1	0	0,0
<i>Scopulariopsis</i> sp.	1	1,3	1	3,0	1	5,3
Actinomiceto	1	1,3	0	0,0	0	0,0
<i>Syncephalastrum</i> sp.	0	0,0	1	3,0	0	0,0
<i>Epicoccum</i>	0	0,0	0	0,0	1	5,3

pacientes inmunosuprimidos, en los cuales el porcentaje de mortalidad por patologías invasivas es alto, hasta el 80% [11]. En efecto, la aspergilosis representa la infección micelial invasiva más frecuente en el mundo [12], y en los últimos años se han identificado mutaciones que le confieren resistencia a los antifúngicos [11].

En cuanto a las especies del género *Penicillium*, pueden generar reacciones alérgicas, como asma y rinitis; causar lesiones granulomatosas pulmonares, así como infecciones diseminadas, casi siempre mortales [11]. También produce queratitis micótica y otomicosis; en individuos sanos se reportan más casos de esta patología por *Penicillium* que por *Aspergillus* sp., al contrario que en inmunosuprimidos, donde es mayor el porcentaje por *Aspergillus* que por *Penicillium*.

De acuerdo con los porcentajes reportados, para el edificio 1 se encontraron, en orden descendente, los géneros *Trichoderma*, *Monilia* y *Cladosporium*.

Las especies de *Trichoderma* son de crecimiento rápido, se han relacionado con fungomas pulmonares y micosis diseminada [11], y generan una micotoxina que produce síntomas respiratorios [12]. *Monilia* sp. puede generar otomicosis en individuos sanos [7]. *Cladosporium* sp. es un hongo oportunista común en ambientes interiores; se encuentra en el aire y el suelo; en el humano es una de las principales fuentes de sensibilización [14], especialmente en pacientes inmunosuprimidos, produciendo infecciones cutáneas, pulmonares, óticas y, finalmente, en el sistema nervioso central se han reportado casos aislados de abscesos cerebrales [7].

Referente a los otros bioaerosoles cultivables y contables encontrados, se destacan: *Acremonium* sp., que puede generar desde queratitis hasta meningitis, artritis, endocarditis y osteomielitis [11]; *Paecilomyces* sp., que puede producir patologías como queratitis micótica, granuloma periorbitario, endoftalmitis y otras enfermedades menos

frecuentes, como afecciones broncopulmonares, sinusitis, endocarditis e infección de SNC [11]; *Fusarium*, que puede producir queratitis micótica, es el primer generador de otomicosis y genera toxinas fusarinas, que tienen propiedades neurotóxicas y vasoconstrictoras [11]; este género puede producir infecciones localizadas y sistémicas hasta endocarditis y abscesos cerebrales; *Ullocadium* sp., que está asociado a *Alternaria* sp., que produce asma, rinitis y enfermedades respiratorias que pueden degenerar en fibrosis irreversible fatal, además de producir queratitis micótica y otomicosis; se han encontrado muchas similitudes entre estos dos géneros [14], y *Beauveria*, que está asociado a casos de enfermedad broncopulmonar y queratitis [11].

Otros géneros encontrados son *Mucor*, *Rhizomucor* y *Rhizopus*, que producen una enfermedad oportunista llamada mucormicosis, y generan cuadros agudos rinocerebrales y pulmonares que pueden cursar trombosis, invasión vascular e infartos, especialmente en personas inmunosuprimidas, sin tener distinción de sexo o edad. En cuanto a *Verticillium* sp., hace parte de la misma clase de *Aspergillus*, por lo que genera enfermedad alérgica superficial o sistémica, así como queratitis micótica. El género *Curvularia* produce queratitis; *Gliocadium* produce enfermedad alérgica superficial o sistémica; *Geotrichum* sp. produce otomicosis, y *Scopulariopsis* sp. se relaciona con enfermedad pulmonar (fungomas) [7, 11].

Tabla 2. Concentraciones máximas y mínimas en UFC/m³ de bioaerosoles totales cultivables y contables presentes en cada edificio administrativo y su relación con la ubicación de estos.

Edificio/Ubicación	Muestra control UFC/m ³	Cantidad máxima de UFC/m ³	Porcentaje (%)	Cantidad mínima de UFC/m ³	Porcentaje (%)
Edificio 1 Ubicación uno ¹	34,67	160	1,3	8	6,4
Edificio 2 Ubicación tres ²	323,37	1,666,67	6,1	123,33	3,0
Edificio 3 Ubicación dos ³	343	344	5,3	60	10,5

¹Construcción arquitectónica de uso administrativo localizada en un sector residencial.

²Construcción arquitectónica de uso administrativo, localizada en un sector industrial.

³Construcción arquitectónica de uso administrativo, localizada en un sector mixto (residencial y comercial).

La variable de concentraciones totales máximas y mínimas de bioaerosoles cultivables y contables en UFC/m³ por edificio, y su porcentaje con relación a la ubicación del edificio¹ muestran las concentraciones más altas en el edificio 2, y las mínimas en el edificio 1 (tabla 2).

En la tabla 3 se muestran los resultados de los tipos de bioaerosoles cultivables y contables que presentaron niveles de UFC/m³ por encima de la muestra control, por lo cual, *para efectos de este estudio*, quedaron clasificados como riesgo biológico alto.

Tabla 3. Porcentaje de muestras con niveles de UFC/m³ por encima de la muestra control.

Bioaerosoles cultivables y contables	Porcentaje (%) de muestras con niveles de UFC/m ³ por encima de la muestra control		
	Edificio 1	Edificio 2	Edificio 3
<i>Aspergillus</i> sp.	63,9	0,0	6,3
<i>Penicillium</i> sp.	75,0	7,0	0,0
<i>Trichoderma</i> sp.	55,6	100,0	0,0
<i>Monilia</i> sp.	22,2	0,0	0,0
<i>Cladosporium</i> sp.	100,0	9,1	6,3
<i>Acremonium</i> sp.	100,0	100,0	100,0
<i>Paecilomyces</i> sp.	43,8	42,9	0,0
<i>Fusarium</i> sp.	100,0	35,3	0,0
<i>Ullocadium</i> sp.	100,0	60,0	0,0
<i>Trametes</i> sp.	100,0	100,0	0,0
<i>Alternaria</i> sp.	0,0	16,7	45,5

Con relación a los resultados encontrados en el edificio 1, cuya ubicación para efectos del estudio está clasificada también como 1, todos los géneros identificados en la muestra control tuvieron concentraciones mayores. Adicionalmente, en algunos puntos se cultivaron bioaerosoles contables no detectados en la muestra, control como *Cladosporium* sp., *Acremonium* sp., *Fusarium* sp., *Ullocadium*

¹Todos los edificios están construidos en la zona urbana de la ciudad de Bogotá, sin embargo, están ubicados en zonas con diferentes usos del suelo (residencial, industrial, comercial, mixto).

sp. y *Trametes* sp., dentro de los más importantes por mencionar. Este edificio es el que recibe menor carga microbiana del exterior, pero es el que genera una contaminación mayor en el interior.

Con respecto al edificio 2, con ubicación clasificada como 3, las concentraciones de bioaerosoles están por encima de la muestra control, excepto *Aspergillus* y *Monilia*; así mismo, el resultado mostró crecimiento de géneros diferentes a los encontrados en la muestra control; dentro de los más relevantes, se encontraron los géneros *Acremonium* y *Trametes*. Este edificio es el que recibe mayor carga microbiana del exterior y hay contaminación interna, pero en menor proporción con relación al edificio 1; está ubicado en una zona industrial, donde, teóricamente, la contaminación ambiental externa, en términos de material particulado y gases de efecto invernadero, es la más alta, en comparación con las otras dos ubicaciones.

Respecto del edificio 3, con ubicación clasificada como 2, la mayoría de las concentraciones se mantienen por debajo de la muestra control; solamente se destaca el desarrollo de *Alternaria* sp., con concentración mayor a la muestra control; siendo así el edificio que presenta menor contaminación.

En el siguiente mapa (figura 1), que incluye la distribución de las localidades de Bogotá D.C., se muestra la variable de ubicación geográfica de cada uno de los edificios muestreados (codificación 1, 2 y 3).

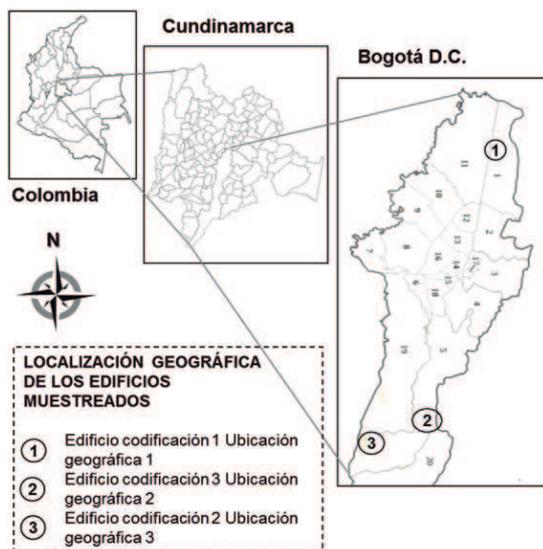


Figura 1. Ubicación geográfica de la ciudad de Bogotá y los puntos de muestreo (1, 2 y 3 edificios muestreados).

En las tablas 4 y 5 se describe la relación de las variables individuales de cada edificio con relación a la clasificación Alto y Bajo, referente al riesgo biológico para este estudio.

Tabla 4. Media y desviación típica de las variables temperatura, humedad y número de personas relacionadas con la clasificación de riesgo biológico en el edificio 1.

Clasificación del riesgo biológico	Variables	Edificio 2	
		Media	Desv. Típica
Bajo	Humedad (porcentaje)	0,71	0,059
	Temperatura (°C)	21,04	1,025
	Número de personas	170,92	18,41
Alto	Humedad (porcentaje)	0,72	0,047
	Temperatura (°C)	21,07	0,736
	Número de personas	135,0	49,61

Tabla 5. Media y desviación típica de las variables humedad y temperatura relacionadas con la clasificación de riesgo biológico en el edificio 2.

Clasificación del riesgo biológico	Variables	Edificio 2	
		Media	Desv. Típica
Bajo	Humedad (porcentaje %)	0,62	0,031
	Temperatura (°C)	24,14	1,212
Alto	Humedad (porcentaje %)	0,62	0,058
	Temperatura (°C)	23,81	1,385

Los resultados muestran que en este estudio las variables humedad y temperatura están distribuidas de manera similar en los dos niveles de riesgo biológico establecido: Bajo y Alto. Igualmente, en el edificio 1 se observa que la distribución del número de personas no está relacionada con el nivel de riesgo biológico definido para este estudio. La correlación de estas variables no aplicó para el edificio 3, porque las muestras analizadas para este edificio en su mayoría quedaron clasificadas en el nivel de riesgo bajo, no hubo crecimiento de bioaerosoles diferentes a los identificados en la muestra control y no se hicieron mediciones de temperatura ni humedad.

Adicional a las variables mencionadas, se correlacionó el desarrollo de bioaerosoles cultivables y contables con la localización del piso dentro de cada uno de los edificios. La clasificación se hizo de la siguiente manera: Localización 1 corresponde a los pisos que se encuentran entre los niveles 1 al 5; localización 2, a los pisos que se encuentran en los niveles 6 al 10, y localización 3, a los pisos comprendidos entre los niveles 11 al 16. El análisis concluye que no hay relación entre estas dos variables. Los resultados se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Porcentaje de los bioaerosoles cultivables y contables que con mayor frecuencia se encuentran en ambientes interiores con relación a la localización del piso dentro de cada edificio.

Edificio	Bioaerosoles cultivables y contables	Localización 1				Localización 2		Localización 3				
		Pisos entre niveles la 5				Pisos entre niveles 6-10		Pisos entre niveles 11 a 16				
Porcentaje del bioaerosoles por piso												
1	<i>Cladosporium</i> sp.	3,8						13,9	11,4	2,5	10,1	00
	<i>Aspergillus</i> sp.	10,1						16,5	12,7	12,7	17,7	7,6
	<i>Penicillium</i> sp.	7,6						8,9	12,7	7,6	15,2	8,9
2	<i>Cladosporium</i> sp.	100,0	100,0	100,0	100,0							
	<i>Aspergillus</i> sp.	100,0	77,8	100,0	87,5							
	<i>Penicillium</i> sp.	100,0	77,8	90,0	87,5							
3	<i>Cladosporium</i> sp.	33,3	75,0	100,0	100,0	100,0	100,0					
	<i>Aspergillus</i> sp.	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0					
	<i>Penicillium</i> sp.	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	66,7					

El análisis permitió establecer que los edificios reciben diferentes cargas microbianas del exterior y, adicionalmente, las incrementan internamente, generando un deterioro en la calidad del aire interior. La carga microbiana en términos de bioaerosoles contables y cultivables no es directamente proporcional a la carga microbiana del exterior; así, el edificio 1 recibe menor carga microbiana del exterior pero es el que tiene una contaminación mayor en su interior, inclusive hubo crecimiento de nuevos bioaerosoles, algunos de los cuales no están reportados como comunes para ambientes interiores; en los otros edificios, aunque reciben mayor carga microbiana del exterior, tienen menor contaminación interna; en el edificio 3 la contaminación interna fue mínima.

Independientemente de los crecimientos microbianos internos, se mantuvo la relación del nivel de contaminación exterior con el nivel general de contaminación de los edificios, es decir, que el edificio que recibió mayor carga microbiana externa quedó en el nivel del más contaminado, y el que recibió menor contaminación externa quedó en el nivel de menor contaminación, a pesar de que fue el edificio donde hubo mayor crecimiento de carga microbiana interna.

Las causas por las cuales se deteriora la calidad del aire interior son multifactoriales, por tanto, aplican diferentes medidas preventivas, que implican desde soluciones rápidas y económicas hasta aquellas que incluyen decisiones de la Alta Dirección. Entre otras causas están la construcción arquitectónica del edificio, un diseño inadecuado de los sistemas de ventilación y deficiente operación y mantenimiento de los sistemas de ventilación, las cuales generan inadecuada renovación del aire interior, limitación del

caudal del aire y, por tanto, limitación de la adecuada dilución y eliminación de cualquier contaminante presente en el aire interior. Es necesario destacar otra causa: las malas condiciones higiénicas en el interior de las instalaciones, las cuales aumentan la cantidad de polvo sobre las superficies, favoreciendo el crecimiento de bioaerosoles.

Dado que el objetivo de este estudio es caracterizar la carga microbiana y relacionarla con las variables mencionadas, estas tienen aplicación general para cualquier edificación administrativa. Sería interesante, para próximos estudios, correlacionar datos de contaminación de aire exterior en términos no solamente de carga microbiana, sino de material particulado y gases de efecto invernadero (lo que estipula la legislación de emisiones atmosféricas), con las cargas microbianas internas. Quizá los datos de contaminación de aire exterior se podrían tomar de las estaciones de monitoreo de calidad del aire que tienen las entidades ambientales.

A continuación mencionamos algunos datos encontrados en la literatura revisada, relacionados con esta clase de estudios. Para Colombia se realiza la comparación con estudios realizados en edificios culturales, por no encontrarse en la bibliografía revisada estudios en edificios de oficinas; se observan bioaerosoles similares a los encontrados en los edificios administrativos y, adicionalmente, otros géneros no encontrados en estas edificaciones.

1. En la Biblioteca Central Jorge Palacios Preciado, de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, en Tunja, prevalecieron 34 géneros, siendo *Cladosporium*, *Paecilomyces* y *Penicillium* los más frecuentes; se aislaron

- también bacterias como *Bacillus* y *Neisseria*. Este estudio concluyó que el ambiente de la Biblioteca podría representar un riesgo para la salud de las personas, principalmente a nivel respiratorio, si no se adoptan algunas medidas de limpieza y de adecuación de los sistemas de ventilación [16].
2. En el estudio de la Biblioteca Central de la Universidad del Valle [17], Cali, predominaron los géneros *Cladosporium*, *Fusarium*, *Curvularia*, *Aspergillus* y *Chaetomium*.
 3. En la Biblioteca Alfonso Patiño Rosselli, en Tunja (Boyacá), se registró la presencia de *Cladosporium*, *Geotrichum*, *Aspergillus* y *Penicillium*, razón por la cual es importante establecer medidas de control de estas poblaciones microbianas y de las condiciones ambientales que podrían favorecer su desarrollo [18].
 4. En la Universidad de Puebla, en México, se aislaron en total 4383 UFC, distribuidos en los géneros *Proteus*, *Escherichia* y *Enterococcus*. Los datos obtenidos impactan desde el punto de vista social, laboral y de salud pública, ya que se monitoreó la presencia de bacterias en un ambiente intramuros [19].
 5. En la Universidad de San Carlos, de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas, Farmacia y otras áreas, se encontró prevalencia de los géneros *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Monilia*, con la recomendación de la implementación de un manual de higiene y limpieza [20].
 6. En Cuba se realizó un estudio en el interior de edificios públicos y privados en la ciudad de la Habana, encontrándose altos niveles de contaminación; los géneros más comunes fueron: *Aspergillus*, *Penicillium* y *Cladosporium* [21].
 7. En el Archivo Histórico del Museo de la Plata (AHMP) y en el Archivo Nacional de Cuba (ANC) (muestreados dos depósitos) se detectaron *Penicillium*, *Aspergillus* y *Cladosporium*, y se identificaron *Streptomyces*, *Bacillus*, *Streptococcus* y *Staphylococcus* [22].
 8. En la biblioteca de Singapur, el estudio mostró concentraciones de carga microbiana más bajas en el ambiente interior (aproximadamente

cincuenta veces más bajas que las del exterior), probablemente, a causa de la humedad baja, causada por el aire acondicionado en el ambiente interior; las concentraciones no variaron con el número de ocupantes en la biblioteca. En contraste, las concentraciones de bacterias en el aire interior fueron, aproximadamente, diez veces superiores a las del aire libre, lo que indica una fuente interna de bacterias de efecto significativo, la cual se atribuyó, principalmente, al número de ocupantes de la biblioteca, que implica desechos de células de la piel, liberación de microorganismos y partículas de las vías respiratorias, y el transporte de bacterias en las partículas de polvo en suspensión de las superficies del suelo [23].

9. En la Estación del metro en San Petersburgo, Rusia, se encontraron 50 especies de hongos; los géneros más predominantes fueron *Acremonium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* y *Penicillium* sp. [24].

4. Conclusiones

En los edificios administrativos hay bioaerosoles cultivables y contables que podrían afectar la salud de sus ocupantes. La literatura evidencia que quienes tienen mayor riesgo de afectación de la salud son los individuos inmunosuprimidos, con antecedentes de alergia, etc., que están en capacidad de laborar y, por tanto, de hacer parte de los habitantes de edificios administrativos. Así las cosas, aumenta el riesgo de incrementar el número de personas afectadas por la deficiente calidad del aire interior de un edificio administrativo.

De otro lado, los pacientes alérgicos a hongos lo son generalmente a varias especies a la vez; la reactividad cruzada puede ser una de las causas de la reactividad múltiple, típica de estos individuos; los pacientes atópicos son individuos especialmente susceptibles a la sensibilización por antígenos [14], por ello, la preocupación científica de los alergólogos por los hongos como fuentes de sensibilización primaria en el desencadenamiento de patologías como el asma y la rinitis y su relación con los centros escolares y edificios, en los que pueden desarrollarse importantes colonizaciones y riesgos de exposición a estas fuentes de sensibilización [14]. Los bioaerosoles más frecuentemente implicados en este tipo

de enfermedades son *Penicillium* y *Aspergillus* [2], géneros identificados en los edificios objeto de este estudio.

Aunque se espera que los edificios ventilados de forma mecánica mediante extractores o inyectores de aire tengan menor concentración de bioaerosoles en el ambiente interior que en el exterior [19], en el estudio realizado, y en algunos mencionados anteriormente, se evidencia que los niveles de bioaerosoles son mayores en el interior que en el exterior.

Los edificios proporcionan numerosos nichos o rincones con material orgánico muerto que sirve de nutriente a la mayoría de los hongos y bacterias para su crecimiento y producción de esporas [15], de allí la importancia de los procedimientos higiénicos en el interior del edificio y, especialmente, de los sistemas de ventilación. Los materiales de construcción y equipamiento pueden ser considerados lugares adecuados para la colonización, ya que proveen nutrientes, temperatura, alcalinidad, porosidad y disponibilidad de agua, elementos básicos para el crecimiento de bioaerosoles, que utilizan diversas estrategias para colonizar y aprovechan las corrientes de aire para la liberación y transporte de sus conidias [25].

Finalmente, es preciso establecer recomendaciones que permitan disminuir el riesgo biológico para las personas que laboran en edificios administrativos (especialmente de aquellas que tienen condiciones de salud que afectan su sistema inmunológico), y, por tanto, disminuir el riesgo de clasificar las edificaciones administrativas dentro del síndrome del edificio enfermo, lo cual es un objetivo específico de este estudio, por lo que se incluyen medidas de carácter preventivo y de aplicación general para cualquier edificio administrativo.

5. Recomendaciones de carácter preventivo

- Es relevante que las personas encargadas de los sistemas de gestión en salud ocupacional y ambiental, quienes lideran el tema de la promoción y prevención de la salud del trabajador y cuidado del medioambiente, intervengan en los comités encargados de diseño y adecuaciones de los edificios para garantizar que estas actividades, así como la operación y el mantenimiento adecuado de los edificios y, especial-

mente, de los sistemas de ventilación mecánica, se realicen bajo directrices que aseguren una adecuada calidad del aire interior.

- Para la operación y el mantenimiento de los sistemas de ventilación se deben establecer, implementar y mantener procedimientos como los que aquí se sugieren:
 - (a) tener instructivos de operación que garanticen el conocimiento y el entendimiento del personal relacionado con esta tarea, para así garantizar el adecuado funcionamiento de los sistemas de ventilación del edificio, independientemente de quien opere el equipo;
 - (b) implementar una hoja de vida para cada uno de los sistemas de ventilación del edificio; este documento debe contemplar una descripción breve, clara y concisa de la infraestructura del sistema, incluyendo la fecha en que inició su funcionamiento y las fechas de los mantenimientos (deben ser definidos de acuerdo con el tipo de equipo, modelo, etc.);
 - (c) implementar una lista de chequeo que evidencie la correcta operación del equipo; dentro de sus ítems se sugieren: control de humedad y de temperatura, recambios, caudales, número de personas (preferiblemente por piso o por áreas, si el sistema está dividido por áreas), frecuencia de cambio de filtros, clase de filtros utilizados, clase de desinfectantes y biocidas, elementos encontrados durante la inspección (presencia de moho, olores, etc.). Fechas de estudios de caracterización de carga microbiana; si hay más de uno, realizar los comparativos respectivos para poder identificar mejoras y dificultades de los sistemas de ventilación.
- En lo posible, evitar realizar adecuaciones a la infraestructura del edificio cuando sus ocupantes estén presentes y, de ser así, debe ser obligatorio el uso de barreras que garanticen el control de las partículas de polvo, químicos, etc., de manera que se pueda garantizar permanentemente una buena calidad del aire interior. Lo anterior, debido a que este tipo de actividades pueden aumentar las concentraciones de

partículas, la dispersión de hongos y las emisiones de compuestos orgánicos volátiles. Otras medidas preventivas que se deben aplicar en caso de remodelaciones están relacionadas con la formación y la capacitación mínimas relativas a la calidad del aire interior para las personas que participen en este tipo de actividades, así como con tener los procedimientos concernientes a la actividad y las fichas de seguridad de todos los elementos que se utilizarán, y darlos a conocer como parte de las actividades de formación [2].

- Establecer, implementar y mantener procedimientos de limpieza de las diferentes superficies y de mantenimiento de las plantas ornamentales, debido a que el polvo y la falta de higiene pueden aumentar la carga microbiana.
- Esta información debería ser entregada a las firmas que realicen los estudios de calidad del aire interior, para poder realizar análisis completos; estos documentos formarían parte del estudio realizado.
- Sería deseable que todas las edificaciones de edificios administrativos contemplaran dentro de sus sistemas de gestión de salud y seguridad en el trabajo y gestión ambiental la gestión de la calidad del aire interior.

Referencias

- [1] *NTP 802 Agentes biológicos no infecciosos: enfermedades respiratorias*, Grupo de trabajo del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España y el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo –INSHT, España 2008.
- [2] *Calidad ambiental en interiores. Parte 1 diagnóstico de la CAI*, Norma Española UNE 171330-1. Julio de 2008.
- [3] *Guidelines for indoor air quality: Dampness and mould* [online]. World Health Organization. Regional office for Europe, Copenhagen 2009. Disponible en http://www.euro.who.int/-data/assets/pdf_file/0017/43325/E92645.pdf
- [4] *Field guide for determination of biological contaminants in environmental samples* [online]. American Industrial Hygiene Association, Estados Unidos, 2005. Disponible en <https://www.aiha.org/about-ih/Pages/Facts-About-Mold.aspx>
- [5] *NTP 431 Caracterización de la calidad del aire en ambientes interiores*, Grupo de Trabajo del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España y el Instituto Nacional de seguridad e Higiene en el Trabajo – INSHT, España, 1994.
- [6] *NTP 488 calidad del aire interior: Identificación de hongos*, Grupo de Trabajo del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España y el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo - INSHT. España, 1998.
- [7] J.A. Bonifaz. *Micología médica básica*. 3ª edición. México, 2010.
- [8] H. Vargas. “Patógenos emergentes en micosis cutáneas y sistémicas” [online] *Dermatología venezolana*, vol. 42, no. 2, pp. 6, 2004. Disponible en <http://svderma.org/revista/index.php/ojs/article/view/255>.
- [9] *Revisión intermedia del Plan de Acción Europeo sobre Medio Ambiente y Salud 2004-2010* [online]. Resolución del Parlamento Europeo, de 4 de septiembre de 2008 (2007/2252(INI)). Disponible en http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/Espectro/NivelesExposicion/ActuacionesUE/Comisi%C3%B3n%20Europea/2007_06_11_revision_intermedia.pdf.
- [10] European concerted action on indoor air quality and its impact on man [online]. (EUR13216 EN.). Decisión N° 1982/2006/ce del Parlamento europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006 relativa al Séptimo Programa Marco de la Comunidad Europea para acciones de investigación, desarrollo tecnológico y demostración (2007 a 2013). Disponible en http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/fp7/90457/fp7ec_es.pdf.
- [11] R. Arenas. *Micología médica ilustrada*, 4ª edición, México D.F., 2011.
- [12] P. R. Murray, K.S. Rosenthal, M.A. Pfaller. *Microbiología médica*. 6ª edición. Barcelona, 2009.
- [13] J. J. Garrido, A.M. Pérez, L. Mateos, F.L. Márquez, J.M. Checa *et al.* “Dos casos de aspergilosis pulmonar crónica necrotizante”. [Online] *Neumosur* vol. 15, no. 3, pp. 182-183, 2002.

- [14] A. Moreno, "Aero alérgenos de origen fúngico. Implicación de ullocadium botrytis en la hipersensibilidad mediada por Ig. E. Estandarización biológica y reactividad cruzada" [online], tesis doctoral de la Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Medicina, 2013. Disponible en <http://eprints.ucm.es/23893/1/t34993.pdf>
- [15] M.G. Martínez "Los principios de la construcción sustentable como una medida para abatir el síndrome del edificio enfermo, estudio de caso edificios académicos 10, 11 y 12 de la unidad profesional Adolfo López Mateos del JPN" [online], tesis del Instituto Politécnico Nacional de México, 2012. Disponible en http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/8843/TESIS_%20ULTIMA_m.pdf?sequence=1
- [16] D. Toloza, L. Lizarazo and J.O. Blanco, "Concentración y composición microbiana en el ambiente de la Biblioteca Central Jorge Palacios Preciado de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia" [online] *Actualidad biológica*, vol. 34, pp. 242, 2012. Disponible en <http://matematicas.udea.edu.co/~actubiol/actualidadesbiologicas/10olazooreno0124125>.
- [17] M. Giraldo, C. Torres and J.E. Díaz, "Aislamiento de hongos celulolíticos causantes del biodeterioro de la Biblioteca Central de la Universidad del Valle (Cali-Colombia)", [online] *Revista Mexicana de Micología*, Vol 29, 2009. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmm/v29/v29a3.pdf>.
- [18] D.L. Toloza and L.M. Lizarazo, "Calidad microbiológica del ambiente de la Biblioteca Alfonso Patiño Rosselli, Tunja-Boyacá-Colombia" [online]. *Revista U.D.C.A.*, vol. 16, pp. 43-52, 2013. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v16n1/v16n1a06.pdf>.
- [19] J.A. Rivera, J.A. Sánchez, G. Ortiz and C. Baharona, "Monitoreo bacteriológico en el aire interior de un edificio". [Online] *Acta Científica Estudiantil* vol. 7, pp. 4-5, 2009. Disponible en http://www.imbiomed.com.mx/1/1/articulos.php?id_revista=140.
- [20] K.L. Herrera, "Estudio micológico del aire en áreas ocupacionales y exteriores de la facultad de ciencias químicas, farmacia y otras áreas de la U. de San Carlos de Guatemala Proyecto FODECYT 040.07" [online] Tesis grado de la Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 2011. Disponible en <http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202007.40.pdf>. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3102.pdf
- [21] M.J. Rojas, M. Almaguer, M. Aira and F. Rodríguez, "Biodiversity in indoor environments in Havana, Cuba". [Online] *International Journal of Biometeorology*, vol. 28, N° 7, 2013. Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1007/s10453-011-9241-z>. http://www.pubfacts.com/fulltext_frame.php?PMID=24141621&title=Temporal%20dynamics%20of%20airborne%20fungi%20in%20Havana%20%28Cuba%29%20during%20dry%20and%20rainy%20seasons:%20influence%20of%20meteorological%20parameters
- [22] S.F. Borrego, I. Perdomo, J. De la Paz, S.G. Gómez and P.S. Guiamet, "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" [online] *Revista del Museo de La Plata*, vol. 18, no. 119 pp. 5-15, 2011. Disponible en http://www.fcnym.unlp.edu.ar/revista_mlp_botanica
- [23] I. Goh, J.P. Obbard, S. Viswanathan and Y. Huan, "Airborne bacterial and fungal spores in the indoor environment. A case study in Singapore" [online], *Revista Atmósfera*, México 26, 2013. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187->
- [24] I. Kirtsideli, "Airborne fungi in four stations of the St. Petersburg Underground railway system". [online] *International Biodeterioration & Biodegradation*, vol. 63, N° 2, pp. 156-160, 2009 Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830508001510>.

[25] L.N. Frisón, P.S. Colombia, E.F. Aríngoli and J.C. Basílico, “*Diversidad fúngica en ambientes de industrias alimentarias*” [online] FABI-CIB, vol. 16, pp. 79-89, 2012. Disponible en

<http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar/ojs/index.php/FABICIB/article/viewFile/899/1341>.