



CARACTERIZACIÓN FÚNGICA EN EL ARCHIVO HISTÓRICO DE LA UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FUNGAL CHARACTERIZATION IN THE HISTORICAL ARCHIVE OF UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA, SEAT TUNJA

David Hernández Velandia*
Esteban López Valiente**
Luz Marina Lizarazo Forero***

Recepción 06/03/2012
Evaluación 10/05/2012
probado 11/06/2012

Resumen

Las esporas fúngicas se consideran componentes ambientales de espacios cerrados y muchas de ellas son responsables de causar biodeterioro de libros y material audiovisual. Para la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) es muy importante la conservación de los bienes culturales del archivo histórico, por tal razón, en este trabajo identificamos hasta géneros comunidades de hongos presentes en el medio ambiente y en los documentos. La metodología utilizada para detectar las esporas, fue la sedimentación en placa con Agar papa dextrosa, a fin de obtener una estimación cualitativa de la presencia de hongos en los ambientes. Además se realizó el raspado de los libros afectados. La temperatura y humedad relativa se determinaron durante cada muestreo. El hongo *Penicillium* sp. (46,1%) fue el género más frecuentemente aislado de los sitios de

* Estudiante de Biología. Semillero de investigación Biofilia, grupo de investigación Biología Ambiental, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Correo electrónico: davidhvel@gmail.com

** Estudiante de Biología. Semillero de investigación Biofilia, grupo de investigación Biología Ambiental, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Correo electrónico: estebanl_88@hotmail.com

*** PhD. en Biología, Profesora asociada, coordinadora grupo de investigación Biología Ambiental, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Correo electrónico: luz.lizarazo@uptc.edu.co

muestreo marcados A y B, y de los libros de la muestra. Otros géneros aislados fueron *Mucor* sp., (16,9%), *Aspergillus* sp., (10,8%) y *Chaetomium* sp. (7,7%).

Palabras claves: Biodeterioro, mohos, levaduras, archivo histórico.

Abstract

Fungal spores are considered environmental components of closed spaces and many of them are responsible of biodeterioration of books and audiovisual material. For Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) is very important the conservation of its cultural assets of the historical archive. For this reason, in this work we identified even genres communities of fungi present in the environment and in documents. The methodology that we used to detect spores was the sedimentation in plaque with potato dextrose Agar, in order to obtain a qualitative estimation of the presence of fungi in environments. We also made the scraping of the affected books. Temperature and relative humidity were determined for each sample. The fungus *Penicillium* sp. (46.1%) was the most frequently isolated genus of sampling sites marked as A and B, and of the sampled books. Other isolated genera were *Mucor* sp. (16.9 %), *Aspergillus* sp. (10.8%) and *Chaetomium* sp. (7.7%).

Keywords: Biodeterioration, molds, yeasts, historical archive.

Introducción

En el aire existe una enorme cantidad de partículas fúngicas de dimensiones relativamente grandes, que constituyen el grupo de los hongos anemófilos que, al ser inhalados, provocan cuadros respiratorios más o menos severos en individuos susceptibles y que se traducen en una serie de patologías [1 - 3].

Varias investigaciones se ha documentado la implicación de los hongos sobre el biodeterioro de libros, objetos de arte, material audiovisual, pintura, papel tapiz, madera, murales, pieles y otros, citando como los géneros más frecuentes a *Chaetomium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Stachybotrys*, *Paecilomyces*, *Cladosporium*, *Alternaria* [4 - 6].

Las condiciones que favorecen la contaminación microbiológica del aire en ambientes internos, son la humedad elevada y la temperatura [7], íntimamente



relacionadas, por lo que es difícil separar los efectos que producen ambas, aunque siempre es necesario un sustrato que proporcione al hongo sus nutrientes, como la madera, la celulosa, las cortinas o las alfombras [8 - 10].

Ciertos hongos son alérgenos y algunos son patógenos de plantas o de humanos y producen micotoxinas. Estos hongos podrían suponer un riesgo potencial para la salud de los ocupantes de espacios cerrados, como edificios de oficinas [11 - 17]. Aproximadamente el 20% de la población humana sufre de procesos alérgicos que pueden ser provocados por la inhalación o la infestación de hongos [18, 19].

El Archivo Histórico de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) alberga documentos tales como resoluciones, certificados, entre otros documentos, desde el año 1953 hasta 1980. Con este trabajo, se buscó aislar las diferentes colonias fúngicas presentes en el Archivo Histórico, que pueden ser causantes del deterioro de los documentos y que podrían originar reacciones alérgicas en el personal, así como relacionar su crecimiento con la temperatura y humedad relativa del ambiente. Hay que anotar que este es el primer estudio aerobiológico realizado en el Archivo Histórico de la UPTC.

Materiales y métodos

El presente estudio se hizo en el Archivo Histórico, ubicado dentro del campus de la UPTC, durante los meses de agosto y septiembre. En dicho lugar se encuentra además un taller de *scream* y la oficina de especialización en archivística.

Recolección de muestras ambientales

El muestreo ambiental se efectuó por medio del método gravimétrico de sedimentación en placa, descrito por Omeliansky [20, 21]. Las muestras fueron tomadas semanalmente, realizándose cuatro muestreos en total, cada uno de estos hacia las 10:00 horas. Se expusieron al ambiente durante treinta minutos cajas de Petri que contenían Agar PDA (Agar Papa Dextrosa-Scharlau)[®].

Para el muestreo, se dividió el área en dos zonas identificadas como A y B. En el lugar denominado A, existen 23 estantes, de los cuales se tomó el 10% usando la

metodología planteada por Gómez et al. [22]. Se ubicaron de manera aleatoria cajas de Petri en la parte superior (a una altura aproximada de 230cm), parte media (a 155cm) y parte baja (a 25cm), con respecto al nivel del suelo, en los tres estantes seleccionados. El segundo lugar, denominado B, corresponde a un pequeño cuarto donde se almacenan libros y revistas, que no están debidamente ordenados en estantes. La toma de muestras se hizo de forma similar al sitio A, dejando cajas de Petri a una altura de 15cm en promedio. Así mismo, se tomaron muestras en documentos afectados por hongos, haciendo un raspado con espátula micológica en la superficie de estos; después se procedió a sembrar la muestras en cajas de Petri que contenían Agar PDA (Agar Papa Dextrosa-Scharlau)[®].

Análisis de muestras ambientales

Las placas de Petri se incubaron a 28°C, durante una semana o hasta observar desarrollo de colonias fúngicas. Las colonias fúngicas se identificaron hasta género, según morfología macroscópica y microscópica, por lo cual se hicieron montajes con azul de lactofenol, empleando la técnica de la impronta [23], por medio de cinta adhesiva transparente y montajes entre lámina y laminillas. Los montajes fueron observados en microscopio óptico de luz, con objetivos de 10x y 40x. Así mismo, se emplearon las claves de identificación taxonómica de hongos [24 - 27].

Temperatura y humedad relativa

Simultáneamente a la toma de muestras ambientales, se reportaron datos de temperatura y humedad relativa del ambiente, empleándose un medidor atmosférico (Davis)[®], cada diez minutos, durante el tiempo de exposición de las cajas de Petri.

Resultados

Análisis fúngico del archivo

En el sitio A se registró un total de 29 colonias fúngicas pertenecientes a diez géneros entre hongos filamentosos y levaduras. Los hongos filamentosos aislados fueron Mucor, Penicillium, Geotrichum, Cladosporium, Alternaria, Aspergillus, Chaetomium, Helminthosporium, Rhizopus y un hongo



levaduriforme perteneciente al género *Rhodotorula*. El género *Mucor* representó el 33.3% del total de las colonias fúngicas aisladas, seguido por *Penicillium* (22.2%), *Geotrichum* (14.8%), *Cladosporium* (11.1%) y *Alternaria* (7.4%). Los géneros *Aspergillus*, *Helminthosporium*, *Chaetomium*, *Rhizopus* y *Rhodotorula* representaron cada uno el 3.7% (Figura 1).

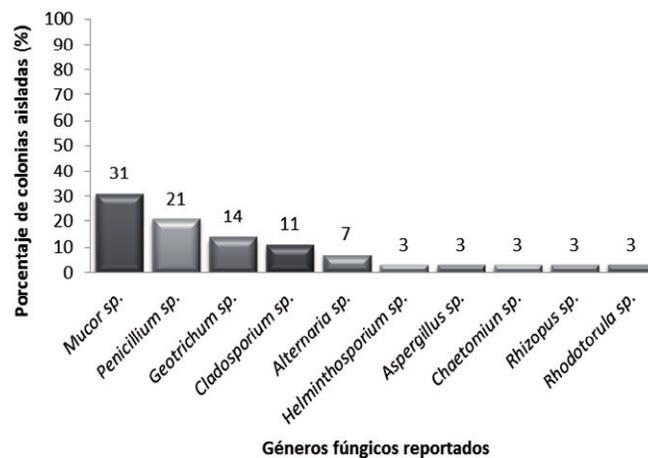


Figura 1. Porcentaje promedio de colonias aisladas en el sitio A.

En el lugar B se aisló un total de 22 colonias pertenecientes a cinco géneros: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Fusarium* y *Mucor*. De estos géneros, *Penicillium* (54.4%), fue el hongo más representativo de este lugar, seguido por *Aspergillus* con un 27.2%, sobre el total de las colonias. Por su parte, los géneros *Chaetomium*, *Fusarium* y *Mucor* representaron cada uno el 9.1% (Figura 2).

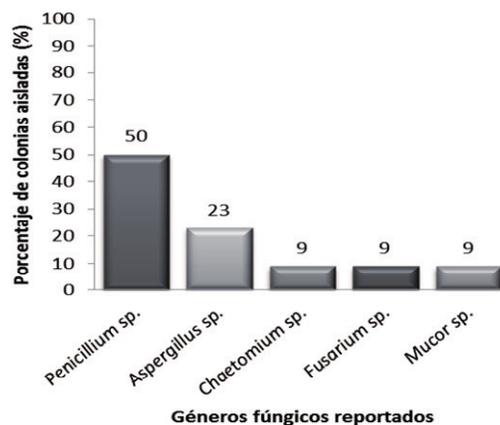


Figura 2. Porcentaje promedio de colonias aisladas en el sitio B

En total se aislaron 65 colonias pertenecientes a once géneros fungicos: Mucor, Penicillium, Geotrichum, Cladosporium, Alternaria, Aspergillus, Chaetomium, Helminthosporium, Rhizopus, Fusarium y Rhodotorula.

De estos, Penicillium, Mucor, Aspergillus y Chaetomium se registraron en los dos lugares de muestreo (Figuras 3, 4, 5, 6). En general, en el lugar A se encontró un número mayor de colonias y géneros, en comparación con el lugar B. Penicillium (46.1%) fue el género con mayor número de colonias en los dos lugares y en los libros muestreados, seguido por Mucor (16.9%), Aspergillus (10.8%), y Chaetomium (7.7%) (Tabla 1).

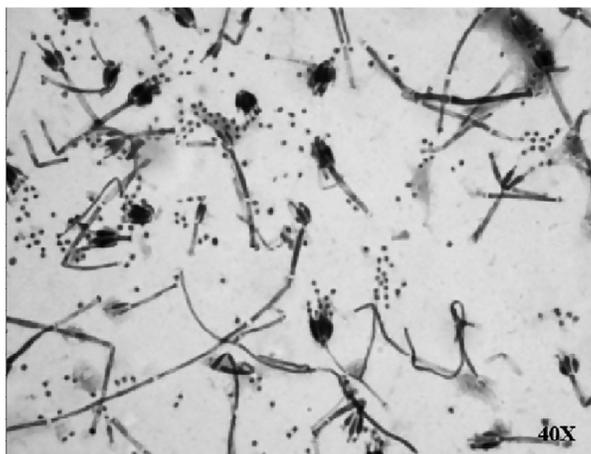


Figura 3. Género Penicillium (fuente: los autores)

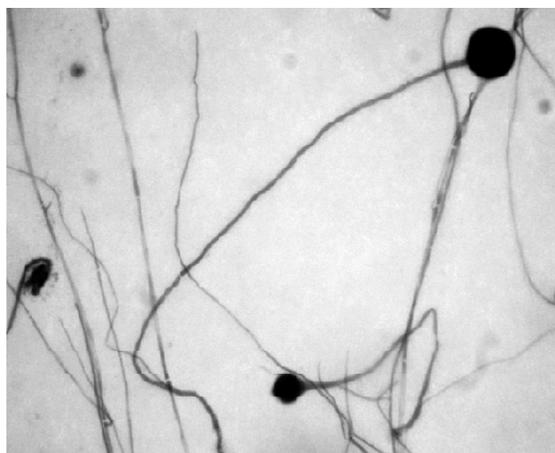


Figura 4. Género Mucor (fuente los autores)

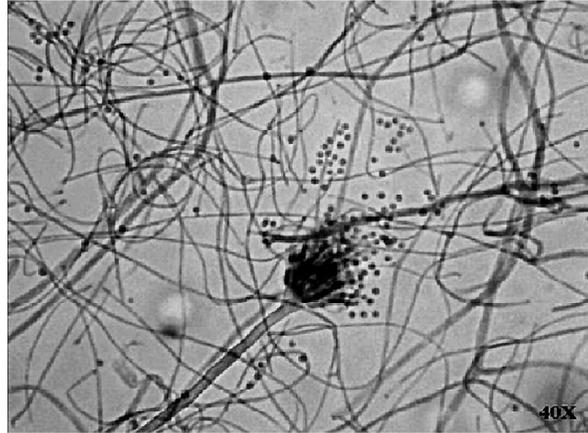


Figura 5. Género *Aspergillus* (fuente los autores)

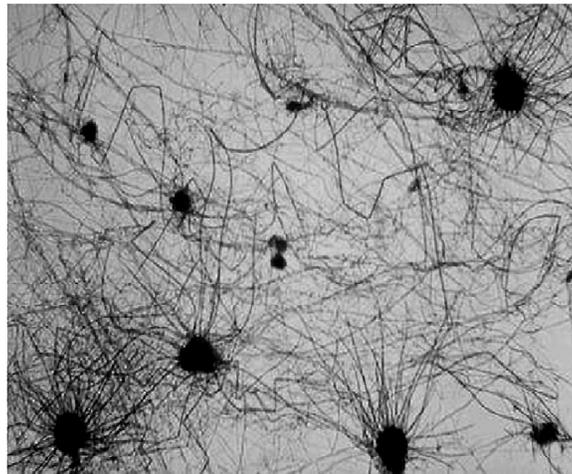


Figura 6. Género *Chaetomium* (fuente los autores)

GÉNEROS	PORCENTAJE
Penicillium spp.	44,6 %
Mucor spp.	16,9 %
Aspergillus spp.	10,6 %
Chaetomium spp.	7,4 %
Geotrichum spp.	6,1 %
Cladosporium spp.	3,9 %
Fusarium spp.	3,0 %
Alternaria spp.	3,0 %
Helminthosporium spp.	1,5 %
Rhizopus spp.	1,5 %
Rhodotorula spp.	1,5 %

Tabla I. Porcentaje total de las colonias fúngicas aisladas

De los cuatro documentos muestreados, se aislaron catorce colonias, pertenecientes a los géneros *Penicillium* y *Chaetomium*, con 85.7% y 14.2% respectivamente (Figura 7).

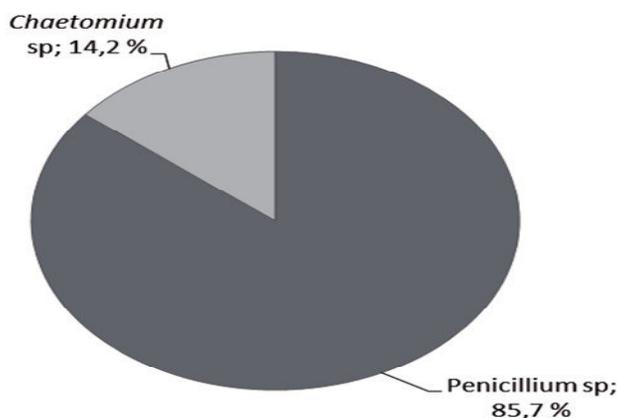


Figura 7. Porcentaje promedio de colonias aisladas en los documentos.

Variables ambientales

En el sitio A se registró una temperatura promedio de 19°C (± 0.95) y una humedad relativa promedio de 59.5% (± 1.9). En el sitio B se presentó una temperatura y una humedad relativa promedio de 20°C (± 4.1) y 56.7% (± 4.8), respectivamente.



Discusión

En los sitios A y B se registró la presencia de *Penicillium*, siendo el género que se aisló con mayor frecuencia. Las esporas de este género de hongos son un componente habitual de la aeromicroflora de interiores y exteriores [28 -36]. Sus conidios, como los de *Aspergillus*, están en todas partes, en el aire y en el suelo. Algunas especies de *Penicillium* pueden comportarse como patógenos y causar enfermedades como alergias, asma y alveolitis alérgica [9, 30]. A su vez, según De la Rosa et. al. [37], este género está implicado en casos de hipersensibilidad. También se ha reportado la especie *Penicillium frequentans*, como causante de suberosis [38].

Mucor, representado por un 17%, es un género saprófito y aerobio, presente en el polvo [33]. Según Gallo [4], es uno de los responsables de causar el biodeterioro de libros y madera. *Mucor*, junto con otros hongos como *Cladosporium*, son frecuentemente causantes de enfermedades como rinitis, asma y neumonías [38].

El género *Aspergillus* es muy común en ambientes internos y cerrados [30 - 39]. Este fue el tercer género con mayor número de colonias. Sus esporas se dispersan fácilmente en el aire, debido a un mayor tamaño aerodinámico, y producen enzimas que les permite habitar en cualquier sustrato con humedad óptima para su crecimiento. Algunas especies producen micotoxinas, mientras que otras son patógenas para el hombre, ocasionando manifestaciones clínicas como asma bronquial, aspergilosis alérgica broncopulmonar, alveolitis alérgica extrínseca, aspergioma y aspergilosis invasiva [30, 40, 41].

Chaetomium es un genero fúngico que se puede encontrar sobre papel húmedo. Sus hifas atacan la pared secundaria de las traqueidas y de las fibras leñosas. Algunas especies producen micotoxinas. Un antibiótico “chaetomina”, se ha aislado de *Ch. cochlioides* [9, 30]. Hidalgo y Borrego [42] encontraron que este género es moderadamente degradativo de la celulosa del papel.

La humedad relativa de los sitios A y B, es menor a lo reportado por Lidwell en 1990 [43], quien menciona que el 65% de la humedad relativa, es el valor mínimo para el crecimiento de hongos. Los niveles elevados de hongos que

muestran grados variables de xerofilia, al tener una necesidad menor de agua, pueden indicar la existencia de sitios de cultivo que son menos húmedos, pero, aun así, importantes para el crecimiento [44, 45]. Varían desde especies de *Cladosporium* ligeramente xerófilas (capaces de soportar condiciones de sequedad) a especies moderadamente xerófilas, como *Aspergillus versicolor* y algunas del género *Penicillium*, y las extremadamente xerófilas como *Aspergillus penicillioides*, *Eurotium* y *Wallemia* [13, 46].

Conclusiones

Del ambiente se aislaron hongos de los géneros *Penicillium*, *Mucor*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Alternaria*, reconocidos como agentes patógenos oportunistas de alergias, rinitis, asma, conjuntivitis. Además han sido implicados en el síndrome del edificio enfermo.

En los documentos analizados se aislaron los géneros *Penicillium* y *Chaetomium*, hongos de los que se ha confirmado que poseen actividad fúngica en papel, por la formación de compuestos metabólicos volátiles

Agradecimientos

Los autores del trabajo expresan un agradecimiento muy especial a la bióloga Deisy Lisseth Toloza Moreno, por su apoyo y colaboración, al fitopatólogo Jorge Orlando Blanco, por su colaboración en la confirmación de los géneros fúngicos, y a la Dirección de Investigaciones (DIN) de la UPTC, por la financiación del proyecto.

Referencias

- [1] J. Salvaggio & L. Aukurst, "Mould induced asthma", *J. Allergy Clin. Immunol.*, vol. 68, pp. 327-346, 1981.
- [2] J. Portnoy, C. S. Barnes & K. Kennedy, "Sampling for indoor fungi, current reviews of allergy and clinical immunology", *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, vol. 13, pp. 189-198, 2005.
- [3] P. Salo, S. Arbes, M. Sever, R. Jaramillo, R. Cohn & S. London, "Exposure to *Alternaria alternata* in US homes is associated with asthma symptoms", *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, vol. 118, n° 4, pp. 892-898, 2006.



- [4] F. Gallo, "Aerobiological research and problems in libraries", *Aerobiologia*, vol. 9, pp. 117-130. 1993.
- [5] A. Singh, M. Ganguli, A. B. Singh, "Fungal spores are an important component of library air", *Aerobiologia* vol. 11, n° 4, pp. 231-37, 1995.
- [6] M. Nugari, M. Realini & A. Roccardi, "Contamination of mural paintings by indoor airborne fungal spores", *Aerobiologia*, vol. 9, n° 2-3, pp. 31-39, 1993.
- [7] J. Karbowska-Berent, R. Górny, A. Strzelczyk & A. Wlazlo, "Airborne and dust borne microorganisms in selected Polish libraries and archives", *Building and Environment*, vol. 46, pp. 1872-1879, 2011.
- [8] B.G. Shelton, K.H. Kirkland, W.D. Flanders & G.K. Morris, "Profiles of airborne fungi in buildings and outdoor environments in the United States", *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 68, pp. 1743-1753, 2002.
- [9] L. C. Sáenz & B. M. Gutiérrez, "Esporas atmosféricas en la comunidad de Madrid", en *Documentos técnicos de salud pública. Comunidad de Madrid*. Madrid: Consejería de Sanidad, 2003.
- [10] P. Chandra-Mouli, S. Venkata-Mohan & S. Jayarama-Reddy, "Assessment of microbial (bacteria) concentrations of ambient air al semi-arid urban region: influence of meteorological factors", *Applied Ecology and Environmental Research*, vol. 3, n° 2, pp. 139-149, 2005.
- [11] D. J. Bueno, J. O. Silva & G. Oliver, "Hongos ambientales: un año de estudio", *Anales de Documentación*, vol. 6, pp. 27-34, 2003.
- [12] T. A. Guerrero, D. Sánchez-Ruiz, J. F. Martínez-Chacón, Y. Yáñez-García, R. Chacón-Álvarez, & M. Chio-Wong, "Aislamiento de hongos en instalaciones deportivas de la UNAM", *Rev Fac Med UNAM*, vol. 46, n° 3, pp. 93-96, 2003.
- [13] B. Flannigan, "Calidad del aire interior: contaminación biológica. Riesgos ambientales", *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*, 2007.
- [14] T. I. Rojas, E. Martínez, M. J. Aira & M. Almaguer, "Aeromicota de ambientes internos: comparación de métodos de muestreo", *Boletín Micológico*, vol. 23, pp. 67-73, 2008.
- [15] J.D. Miller, "Fungi as contaminants in indoor air", *Atmospheric Environment*, vol. 26A, pp. 2163-2172, 1992.
- [16] S. N. Labarrere, F. A. Gómez, R. I. Ávila, A. M. E. Guevara & L. B. Fernández, "Riesgos biológicos en ambientes confinados", *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, vol. 4, n° 1-2, pp. 4-7, 2003.
- [17] M. Zuraimi & K. Tham, "Indoor air quality and its determinants in tropical child care centers", *Atmospheric Environment*, vol. 42, pp. 2225-2239, 2008.



- [18] D. W. Li & B. Kendrick, "A year-round comparison of fungal spores in indoor and outdoor air", *Mycologia*, vol. 87, pp. 190–195, 1995a.
- [19] D. W. Li & B. Kendrick, "A year round out door aeromycological studying Waterloo, Ontario, Canada", *Grana*, vol. 34, pp. 199–207, 1995b.
- [20] E. Bogomolova & I. Kirtsideli, "Airborne fungi in four stations of the St. Petersburg underground railway system", *International Biodeterioration and Biodegradation*, vol. 63, pp. 156-160, 2009.
- [21] S. Borrego, V. Pons & I. Perdomo, "La contaminación microbiana del aire en dos depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba", *Revista CENIC Ciencias Biológicas (Cuba)*, vol. 39, nº 1, pp. 63-69, 2008.
- [22] A. Gómez, I. Garante, J. C. Martínez, M. A. Valdivieso, L. L. Rubio, G. P. Tarazona & M.S. Medina, "Evaluación de alérgenos presentes en polvo y ambiente de algunas bibliotecas de Bogotá, D.C.", *Universitas Médica*, vol. 46, nº 1, pp. 13-20, 2005.
- [23] M. Schaechter, F. Neidhardt & J. Ingraham, "Microbe", Ed. American Society for Microbiology (Estados Unidos), pp. 610, 2006.
- [24] H. Barnett, *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*, 2nd ed. Estados Unidos: Burgess Publishing Company, 1960.
- [25] H. Barnett & B. Hunter, "Illustrated Genera of Imperfect Fungi", 3th ed. Estados Unidos: Burgess Publishing Company, 1972.
- [26] K. Domsh, W. Gams & T. Anderson, *Compendium of Soil Fungi*, vol. 1, 1st part, Estados Unidos: Academic Press, 1980a.
- [27] K. Domsh, W. Gams & T. Anderson, *Compendium of Soil Fungi*, vol. 1, 2nd Part, Estados Unidos: Academic Press, 1980b.
- [28] S. Shadzi, M.H. Zahraee & M. Chadegani. "Incidence of airborne fungi in Isfahan, Iran", *Mycoses*, vol. 36, pp. 69–73, 1993.
- [29] V. Ibáñez, L. Thompson & J. Mañalich, "Fluctuación estacional de hongos anemófilos en Santiago -norte- Chile", *Boletín Micológico*, vol. 13, pp. 47-56, 1998.
- [30] C. Calizaya, G. Salazar & J. Silva, "Evaluación de hongos ambientales en mercados de abastos de la ciudad de Tacna, Perú", *Revista Mexicana de Micología*, vol. 31, pp. 65-67, 2010.
- [31] S. Docampo, M. M. Trigo, M. Recio, M. Melgar, J. García-Sánchez, M. C. Calderón-Ezquerro & B. Cabezudo, "High incidence of *Aspergillus* and *Penicillium* spores in the atmosphere of the cave of Nerja (Malaga, southern Spain)", *Aerobiología*, vol. 26, pp. 89–98, 2010.



- [32] D. W. Li & J. Lamondia, "Airborne fungi associated with ornamental plant propagation in greenhouses", *Aerobiologia*, vol. 26, pp. 15-28, 2010.
- [33] S. Borrego & I. Perdomo, "Aerobiological investigations inside repositories of the National Archive of the Republic of Cuba", *Aerobiologia*, vol. 28, nº 3, pp. 303-316. September 2012.
- [34] T. S. Nayar & P. S. Jothish, "An assessment of the air quality in indoor and outdoor air with reference to fungal spores and pollen grains in four working environments in Kerala, India", *Aerobiologia*, vol 29, nº 1, pp. 131-152. March 2013.
- [35] R. Balasubramanian, P. Nainar & A. Rajasekar, "Airborne bacteria, fungi, and endotoxin levels in residential microenvironments: a case study", *Aerobiologia*, vol. 28, nº 3, pp. 375-390. September 2012.
- [36] P. Reanprayoon & W. Yoonaiwong, "Airborne concentrations of bacteria and fungi in Thailand border market", *Aerobiologia*, vol 28, nº 1, pp. 49-60. March 2012.
- [37] M.C. De La Rosa, M.A. Mosso & C. Ullán, "El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos", *Revista UCM*, vol. 5, pp. 375-402, 2002.
- [38] A. Villar, A. X. Muñoz, M. J. Cruz, & F. Morell, "Neumonitis por hipersensibilidad a *Mucor* sp. en un trabajador en la industria del corcho", *Archives Bronconeumology*, vol. 45, nº 8, pp. 405-407, 2009.
- [39] I. Pyrri & E. Kapsanaki-Gotsi, "Diversity and annual fluctuations of culturable airborne fungi in Athens, Greece: a 4-year study", *Aerobiologia*, vol 28, nº 2, pp. 249-262. June 2012.
- [40] R.L. Quiroga de Pascual & R. Nobile, "Incidencia de hongos ambientales durante un año en la ciudad de Córdoba", *Revista Argentina de Micología*, vol. 8, pp.16-22, 1985.
- [41] Z.G. Nunes, A.S. Martins, A.L. Altoe, M.M. Nishikawa, M.O. Leite, P.F. Aguiar, & S.E. Fracalanza, "Indoor air microbiological evaluation of offices, hospitals, industries, and shopping centers", *Instituto Oswaldo Cruz*, vol. 100, pp. 321-330, 2005.
- [42] Y. Hidalgo & S. Borrego, "Aislamiento y caracterización de hongos en documentos de la Biblioteca Nacional José Martí", *Anales de investigación*, vol. 2, pp. 95-101, 2006.
- [43] Lidwell, O.M., *Principles of bacteriology, virology and immunity*. Ed. Edward Arnold, London, 1990.
- [44] L. Medina, A. Tuozzo, J. Herrera, Y. Perozo & L. González, "Estudio de hongos en bibliotecas de la Universidad de Carabobo-Valencia", *Revista Universidad*, vol. 3, nº 1, pp. 5-20, 1999.



- [45] N. Valentín, “Microbial contamination in archives and museums: health hazards and preventive strategies using air ventilation systems”, The Getty Conservation Institute, 2007. Retrieved from: http://www.getty.edu/conservation/science/climate/paper_valentin.pdf.
- [46] A. M. Jones & R.M. Harrison, “The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentrations-a review”, *Science of the Total Environment*, vol. 326, n° 1-3, pp. 151-180, 2003.