

Bacterias y hongos en el ambiente y sobre la superficie de documentos de un archivo forense colombiano

Bacteria and fungi in the environment and on the surface of documents in a Colombian forensic archive

Luz Eliana Giraldo Vásquez¹, Mónica Lucia Castañeda Correa², Luz Gladys Sánchez Correa², Clara Duque Restrepo³, Mónica María Durango Zuleta³, Elizabeth Correa³, Giovan F. Gómez⁴.

Tipo de artículo: Artículo original. **Recibido:** 26 de junio de 2020 . **Aprobado:** 19 de agosto de 2020.

Resumen: los archivos forenses son de gran importancia durante la investigación criminal y su preservación son un reto continuo para los sistemas judiciales. Un primer paso hacia su preservación es identificar los microorganismos que podrían representar un riesgo de biodeterioro para los documentos. En este trabajo, se utilizaron técnicas basadas en cultivo para el aislamiento de bacterias y hongos en el ambiente y sobre superficies de documentos deteriorados de un archivo histórico del Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Regional Noroccidente de Colombia. Se aisló al menos un microorganismo en el 77,3% de los documentos evaluados, con predominio de hongos como *Cladosporium* sp. (27,4%) y otros hongos filamentosos como *Aspergillus* sp. (24,4%) previamente asociados a biodeterioro. Entre las bacterias aisladas más frecuentes se encontraron *Staphylococcus* sp. coagulasa negativa (16,1%), *Streptomyces* sp. (8,1%), entre otras, asociadas con alteraciones macroscópicas en los documentos. En el ambiente se encontraron *Cladosporium* sp. y *Fusarium* sp. Es necesario fortalecer la vigilancia y el control microbiológico en el ambiente y los archivos forenses para garantizar la preservación de los documentos y prevenir infecciones respiratorias y alergias asociadas en el personal encargado de su manejo y los usuarios.

Palabras clave: archivo, hongos, bacteria, ambiente, biodegradación ambiental, salud laboral.

1 Facultad de Derecho y Ciencias Forenses, Tecnológico de Antioquia -Institución Universitaria. Grupo de Investigación Bioinformática, Salud y Medio Ambiente –BISMA, Medellín, Colombia. CvLac: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001600176

2 Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Regional Noroccidente, Colombia. Grupo de Investigación Ciencias Forenses, Medellín, Colombia.

3 Facultad de Ciencias de la Salud, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Colombia. Grupo de Investigación Biociencias, Medellín, Colombia.

4 Facultad de Derecho y Ciencias Forenses, Tecnológico de Antioquia -Institución Universitaria. Grupo Bioforense, Medellín, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2277-6953>. CvLac: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000773450

Summary: The forensic archives are of great importance during the criminal investigation, and their preservation is a continuous challenge for the judicial system. The first step towards its preservation is identifying the microorganisms that may represent a risk of biodeterioration for the documents. In this work, culture-based techniques were used for the isolation of bacteria and fungi in the environment and on surfaces of deteriorated documents from a historical archive of the Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Regional Noroccidente de Colombia. At least a microorganism was isolated in 77,3% of the evaluated documents, with a predominance of fungi such as *Cladosporium* sp. (27,4%) and other filamentous fungi such as *Aspergillus* sp. (24,4%) previously associated with biodeterioration. Among the most frequent bacteria isolated were coagulase-negative *Staphylococcus* sp. (16,1%) and *Streptomyces* sp. (8,1%), among others, associated with macroscopic alterations in the documents. In the environment *Cladosporium* sp. and *Fusarium* sp. were found. It is vital to strengthen the surveillance and the microbiological control in the environment and the forensic archives to guarantee the preservation of the documents and prevent respiratory infection and allergies associated with the personnel in charge of its handling and users.

Keywords: archive; fungi; bacteria; environment; environmental biodegradation; labor health.

Bactérias e fungos no meio ambiente e na superfície de documentos em um arquivo forense colombiano

Resumo: Os arquivos forenses são de grande importância durante uma investigação criminal e sua preservação é um desafio constante para os sistemas judiciais. Um primeiro passo para sua preservação é identificar os microrganismos que podem representar risco de biodeterioração para os documentos. Neste trabalho, técnicas baseadas em cultura foram usadas para isolar bactérias e fungos no ambiente e em superfícies de documentos deterioradas de um arquivo histórico do Instituto de Medicina Legal e Ciências Forenses, Regional Noroeste da Colômbia. Pelo menos um microrganismo foi isolado em 77,3% dos documentos avaliados, com predomínio de fungos como *Cladosporium* sp. (27,4%) e outros fungos filamentosos, como *Aspergillus* sp. (24,4%) previamente associado à biodeterioração. Entre as bactérias mais frequentemente isoladas estavam *Staphylococcus* sp. coagulase negativa (16,1%) e *Streptomyces* sp. (8,1%), entre outros, associados a alterações macroscópicas nos documentos. *Cladosporium* sp., foram encontrados no meio ambiente. e *Fusarium* sp. É necessário fortalecer a vigilância e o controle microbiológico do meio ambiente e dos arquivos forenses para garantir a preservação dos documentos e prevenir infecções respiratórias e alergias associadas no pessoal encarregado de seu manuseio e usuários.

Palavras-chave: arquivo; cogumelos; bactéria; meio Ambiente; biodegradação ambiental; saúde Ocupacional.

Como citar este artículo: Vásquez, L., Correa, M., Correa, L., Restrepo, C., Zuleta, M., Correa, E. y Gómez, G. (2021). Bacterias y hongos en el ambiente y sobre la superficie de documentos de un archivo forense colombiano. *Memorias Forenses*, 4, 13-20.

Introducción

La conservación de los archivos en el marco de la investigación forense debe ser garantizada por las entidades que almacenan los archivos dentro de la cadena de custodia. Algunas condiciones ambientales en los lugares donde se almacenan, como la presencia de polvo, humedad e iluminación excesiva pueden causar un daño a los archivos (Vaillant Callol, 2013). Adicionalmente, la contaminación microbiológica de los documentos y la calidad ambiental de los sitios de almacenamiento de los archivos puede ocasionar problemas de biodeterioro sobre los documentos que incluyen daños físico-mecánicos, alteración de color en el soporte, problemas de oxidación, corrosión de tintas, entre otros. Así, el biodeterioro de los archivos forenses ha sido considerado como una de las principales causas de pérdida de información en archivos, museos y bibliotecas de varios países, especialmente los tropicales (Cairo Zabala, 1991; Casanova & Pinheiro, 2020).

Los procesos de justicia transicional y reparación a las víctimas del posconflicto en Colombia, así

como la investigación forense de otros casos judiciales (González Chavarría, 2010), pueden requerir de soportes documentales depositados en los archivos forenses. Así, el conocimiento de los microorganismos presentes en los archivos constituye un primer paso hacia la búsqueda de estrategias para su control de biodeterioro en estos almacenes (Sequeira et al., 2012).

Por las propiedades físicas y químicas de los diferentes documentos, especialmente el papel (Sahin & Arslan, 2008), hay una tendencia natural al deterioro a través del tiempo, situación que se acelera con la presencia de microorganismos capaces de colonizar los soportes documentales y utilizarlos como fuente de energía, modificando sus propiedades y contribuyendo a su biodeterioro (Sequeira et al., 2012). Así, este estudio buscó identificar, a través de métodos convencionales, las principales especies de hongos y bacterias presentes en el ambiente y en soportes documentales pertenecientes a un archivo forense de Colombia.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

Las muestras se recolectaron en el archivo histórico del Instituto Nacional de Medicina Legal, Regional Noroccidente de Colombia, estas representan una fuente de información importante para las investigaciones que serán adelantadas durante el proceso de paz y cuentan con registros de patología y laboratorios desde 1957 e información física a partir del año 1980.

Muestras

Se seleccionaron aleatoriamente 63 documentos por el personal del archivo central del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Medellín, teniendo en cuenta para el cálculo del tamaño muestral de 536 registros, un intervalo de confianza del 95% y un porcentaje de error del 5% en el programa estadístico EPIDAT 4.2. El criterio de inclusión de los documentos fue la presencia de signos de biodeterioro.

Cada documento se codificó y tomó muestra por triplicado en tres días diferentes, para un total de 189 muestras; de manera similar, se tomaron muestras de cada ambiente, para un total de doce muestras ambientales del archivo forense.

Para cada documento incluido se delimitó una superficie de 100 cm², con una ventana estéril, de 20 X 10 cm de longitud, ubicada en la parte más afectada del documento, y se tomó la muestra con un hisopo estéril humedecido con agua destilada estéril a partir del cual se inocularon tres medios para la recuperación de bacterias (agar MacConkey, nutritivo y Plate Count) y un agar papa dextrosa para la recuperación de mohos y levaduras.

Las muestras ambientales de los archivos forenses se recolectaron siguiendo el método gravimétrico (Bogomolova & Kirtsideli, 2009). En el espacio del archivo, se distribuyeron tres cajas de Petri que contenían los diferentes agares y se dejaron abiertas por 30 minutos.

Los agares inoculados para la recuperación de bacterias se incubaron 48 h a 35° celsius, mientras que los agares para recuperar hongos se incubaron de 2 a 3 semanas a temperatura ambiente.

Pruebas de identificación microbiológicas

La identificación se realizó por las características morfológicas de las colonias en los medios de

cultivo, la tinción de Gram para bacterias y azul de lactofenol para las estructuras micóticas. Asimismo, la identificación bacteriana se complementó con pruebas bioquímicas para identificación bacteriana como la catalasa, oxidasa, y pruebas de asimilación y fermentación de carbohidratos (Jurtshuk, 1996). Se identificó el número de aislamientos para cada muestra y se calcularon frecuencias de cada microorganismo para su interpretación.

Resultados

Se encontraron microorganismos en el 69,8% (n= 44) del total de los documentos, predominando los aislamientos de hongos en un 66,1% (n= 41) frente a los aislamientos bacterianos 33,9% (n= 21).

En relación con los aislamientos de bacterias, *Staphylococcus* sp. coagulasa negativa fue la más frecuente con 47,6% (n= 10), seguido de aislamientos de *Streptomyces* sp. 23,8% (n= 5) y *Micrococcus* sp. 14,3% (n= 3). Se obtuvo solo un aislado para *E. coli*, *Corynebacterium* sp., y *Bacillus* sp.

En el grupo de los hongos, *Cladosporium* sp. fue el más frecuente, representando el 41,5% de los aislados (n= 17), seguido de *Aspergillus* sp. con

24,4% (n= 10), *Penicillium* sp. y *Alternaria* sp. con 9,8% (n= 4), *Fusarium* sp 7,3% (n= 3). Adicionalmente, se obtuvo un aislado de cada uno de los siguientes hongos: *Curvularia* sp., *Phoma* sp. y *Epicoccum* sp. En el 77,3% de los documentos analizados (n= 34) se recuperó al menos una bacteria u hongo, mientras que en el 22,7% de los documentos se encontraron ambos grupos de microorganismos (n= 10). Cuando se detectó un solo microorganismo, el 70,6% (n= 24) correspondió a hongos, mientras que el restante a algún tipo de bacterias.

En el 100% de las muestras ambientales se recuperaron los hongos *Cladosporium* sp. y *Fusarium* sp.

Discusión

Este estudio evidenció presencia de microorganismos, tanto en los documentos analizados como en el ambiente de archivos forenses de Colombia. Adicionalmente, aunque se encontró una mayor diversidad de microorganismos en los soportes documentales, aquellos que se aislaron del ambiente fueron también aislados en los soportes.

La normatividad en relación con las condiciones ambientales y conservación de soportes documentales de interés forense indica que la temperatura en los soportes de papel debe estar entre 15 °C a 20 °C, mientras que la humedad relativa, entre 45 °C y 60 °C (Bueno et al., 2003; Pantoja et al., 2012). Sin embargo, el control sobre estos factores se dificulta por condiciones tales como la infraestructura disponible y las condiciones de mantenimiento. En el caso particular del archivo

forense analizado no se encontró evidencia de un control de temperatura y humedad relativa. La ausencia de ventilación adecuada y temperatura controlada pueden ocasionar la multiplicación de hongos y bacterias que degradan los archivos (Valentín, 2005).

Dentro de las bacterias aisladas, *Staphylococcus* sp. coagulasa negativa fue la más predominante. Estos resultados concuerdan con estudios similares realizados a archivos documentales (Guiamet et al., 2011; Kraková et al., 2012; Ovando-Chacón & Waliszewski, 2005), en los que *Staphylococcus* se han asociado con alteraciones macroscópicas, como manchas amarillas y acidificación (Vaillant Callo, 2013), cambios que fueron evidentes en los documentos seleccionados para el análisis. La presencia de bacterias en los documentos,

en especial Gram positivas, frecuentemente es atribuida a la penetración de polvo y la manipulación humana de estos (da Silva et al., 2006).

Los hongos fueron los microorganismos, en comparación con las bacterias, predominantes en este estudio e incluyeron a los géneros *Cladosporium*, *Alternaria*, *Penicillium* y *Aspergillus*. El género *Cladosporium* es comúnmente reportado en documentos de papel (Guíamet et al., 2011; Gutarowska et al., 2012; Mesquita et al., 2009; Sequeira et al., 2012); por ejemplo, este microorganismo se encontró como el hongo más predominante que causa más biodeterioro en libros de la Biblioteca Central de la Universidad del Valle (Cali-Colombia), junto a otras especies de hongos filamentosos de los géneros *Fusarium*, *Curvularia*, *Aspergillus* y *Chaetomium* (Giraldo-Castrillón et al., 2009), todos con capacidad de utilizar celulosa como fuente de energía. En otros estudios de Colombia y Portugal (Hernández Velandia et al., 2012; Mesquita et al., 2009; Páez Castillo, 2018), *Cladosporium* sp. fue catalogado como uno de los principales hongos causantes del biodeterioro en documentos. *Cladosporium* es productor de metabolitos como proteasas, ácido láctico, acético y fumárico que pueden generar en los documentos manchas rosa y azul violeta (Vaillant Callol, 2013); este hongo contiene pigmentos oscuros como melanina que pueden llegar a protegerlo de los cambios ambientales haciendo más difícil su erradicación (Sequeira et al., 2012).

Por otra parte, *Aspergillus* sp. y *Penicillium* sp. han sido descritos como microorganismos con un sistema enzimático completo de celulasas capaces de degradar parcial o totalmente la celulosa en celobiosa y glucosa, característica que representa un alto riesgo para la conservación de los documentos (Zhu et al., 2003). Similarmente, *Alternaria* s.p. se ha encontrado en ambientes de archivos y bibliotecas del mundo (Borrego Alonso y Perdomo Amistad, 2014;

Borrego et al., 2008; Carlo et al., 2016; García Miniet y Sánchez Espinosa, 2012; Giraldo-Castrillón et al., 2009; Molina Veloso y Borrego Alonso, 2014; Pantoja et al., 2012; Toloza y Lizarazo, 2013; Zhu et al., 2003) y se ha asociado como el agente causal de alergias e infecciones respiratorias (Carlo et al., 2016).

En las muestras ambientales de este estudio, se recuperaron hongos oportunistas como *Cladosporium* sp. y *Fusarium* sp., hallazgos que coinciden con los reportados en otros estudios de archivos y bibliotecas (Borrego Alonso y Perdomo Amistad, 2014; Toloza y Lizarazo, 2013). Sin embargo, no se aislaron otros hongos como *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. y *Alternaria* sp., frecuentemente reportados en estos ambientes (Guíamet et al., 2011; Hernández Velandia et al., 2012). Diferentes variables ambientales tales como la ventilación, el tipo de construcción y el microbioma de los ocupantes y del aire exterior son determinantes en la composición microbiológica del aire ambiental al interior de los archivos (Adams et al., 2013; Meadow et al., 2014; Prussin & Marr, 2015). Adicionalmente, se ha documentado que la composición microbiológica del aire en el intradomicilio podría cambiar a través de tiempo (Bueno et al., 2003).

Finalmente, la presencia de los microorganismos encontrados en los documentos y ambientes demuestran la existencia de agentes capaces de conducir al biodeterioro, donde se hace indispensable considerar programas de descontaminación (Sequeira et al., 2012; Valentín, 2005), control de temperatura y humedad relativa para prevenir el biodeterioro de los documentos que podrían ser usados en futuros procesos judiciales. Por otra parte, la vigilancia de los ambientes donde reposan los archivos forenses constituye una estrategia de prevención de enfermedades respiratorias y alérgicas para el personal que trabaja en estos espacios y los usuarios (Portnoy et al., 2005).

Conclusión

La presencia de hongos y bacterias en el ambiente y en los soportes documentales resalta la necesidad de fortalecer la vigilancia y control de los espacios en donde permanecen los archivos documentales para garantizar su preservación. Este trabajo es el primero en reportar los microorganismos hallados en el ámbito de archivos forenses de Colombia.

Conflicto de interés

Los autores manifiestan no tener ningún conflicto de interés.

Financiación

Subdirección de Investigación Científica del Instituto Nacional de Medicina Legal, Colegio Mayor de Antioquia y Tecnológico de Antioquia por la gestión de recursos para la ejecución de este trabajo.

Referencias

- Adams, R., Miletto, M., Taylor, J., & Bruns, T. (2013). Dispersal in microbes: Fungi in indoor air are dominated by outdoor air and show dispersal limitation at short distances. *ISME Journal*, 7(7), 1262-1273. <https://doi.org/10.1038/ismej.2013.28>
- Bogomolova, E., & Kirtsideli, I. (2009). Airborne fungi in four stations of the St. Petersburg Underground railway system. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 63(2), 156-160. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2008.05.008>
- Borrego Alonso, S., y Perdomo Amistad, I. (2014). Caracterización de la micobiota aérea en dos depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba. *Revista Iberoamericana de Micología*, 31(3), 182-187. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2013.09.004>
- Borrego, S., Pons, V., y Perdomo, I. (2008). La contaminación microbiana del aire en dos depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 39(1), 1-7. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181214889005>
- Bueno, D., Silva, J., y Oliver, G. (2003). Hongos ambientales en una biblioteca: un año de estudio. *Anales de Documentación*, 6, 27-34.
- Cairo Zabala, N. (1991). Preservación de materiales bibliotecarios en climas tropicales: principales temas de discusión y métodos de solución. *Ciencia y Sociedad*, 16(4), 344-358.
- Carlo, E., Chisesi, R., Barresi, G., Barbaro, S., Lombardo, G., Rotolo, V., Sebastianelli, M., Travagliato, G., & Palla, F. (2016). Fungi and bacteria in indoor cultural heritage environments: Microbial-related risks for artworks and human health. *Environment and Ecology Research*, 4(5), 257-264. <https://doi.org/10.13189/eer.2016.040504>
- Casanova, M., Da C., & Pinheiro, A. (2020). Portuguese archives and libraries: a century of preservation and conservation practices for the control of biodeterioration. *Conservar Património, 2020*. <https://doi.org/10.14568/cp2020004>
- da Silva, M., Moraes, A., Nishikawa, M., Gatti, M., Vallim de Alencar, M., Brandão, L., & Nóbrega, A. (2006). Inactivation of fungi from deteriorated paper materials by radiation. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 57(3), 163-167. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2006.02.003>
- García Miniet, M., y Sánchez Espinosa, R. (2012). Estudio de la concentración fúngica aérea de los depósitos del Archivo Municipal de Cárdenas, Cuba. *Revista de La Sociedad Venezolana de Microbiología*, 32, 37-43.
- Giraldo-Castrillón, M., Torres-González, C., y Díaz-Ortiz, J. (2009). Aislamiento de hongos celulolíticos causantes del biodeterioro de la Biblioteca Central de la Universidad del Valle (Cali-Colombia). *Rev. Mex. Mic.*, 29, 9-14.

- González Chavarría, A. (2010). Justicia transicional y reparación a las víctimas en Colombia. *Revista Mexicana de Sociología*, 4(177), 629-658. <https://doi.org/10.2307/25769913>
- Guiamet, P., Borrego, S., Lavin, P., Perdomo, I., & Saravia, S. (2011). Biofouling and biodeterioration in materials stored at the Historical Archive of the Museum of La Plata, Argentine and at the National Archive of the Republic of Cuba. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 85(2), 229-234. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2011.02.031>
- Gutarowska, B., Skora, J., Zduniak, K., & Rembisz, D. (2012). Analysis of the sensitivity of microorganisms contaminating museums and archives to silver nanoparticles. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 68, 7-17. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2011.12.002>
- Hernández Velandia, D., López Valiente, E., y Lizarazo Forero, L. (2012). Caracterización fúngica en el archivo histórico de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. *Ciencia En Desarrollo*, 4(1), 115-128.
- Jurtshuk, P. (1996). Bacterial metabolism. En *Medical Microbiology*. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4832-3135-8.50007-2>
- Kraková, L., Chovanová, K., Selim, S. A., Šimonovičová, A., Puškarová, A., Maková, A., & Pangallo, D. (2012). A multiphasic approach for investigation of the microbial diversity and its biodegradative abilities in historical paper and parchment documents. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 70, 117-125. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2012.01.011>
- Meadow, J., Altrichter, A., Kembel, S., Kline, J., Mhuireach, G., Moriyama, M., Northcutt, D., O'Connor, T., Womack, A., Brown, G., Green, J., & Bohannan, B. (2014). Indoor airborne bacterial communities are influenced by ventilation, occupancy, and outdoor air source. *Indoor Air*, 24(1), 41-48. <https://doi.org/10.1111/ina.12047>
- Mesquita, N., Portugal, A., Videira, S., Rodríguez-Echeverría, S., Bandeira, A., Santos, M., & Freitas, H. (2009). Fungal diversity in ancient documents. A case study on the Archive of the University of Coimbra. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 63(5), 626-629. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2009.03.010>
- Molina Veloso, A., y Borrego Alonso, S. (2014). Caracterización de hongos aislados de mapas conservados en el Archivo Nacional de la República de Cuba. *Ge-Conservacion*, 6, 35-44. <https://doi.org/THO14122700161>
- Ovando-Chacón, S., & Waliszewski, K. (2005). Commercial cellulases preparations and their applications in extractives processes. *Universidad y Ciencia*, 21(42), 111-120. www.ujat.mx/publicaciones/uciencia
- Páez Castillo, M. (2018). *Microorganismos en archivos*. Archivo de Bogotá. <http://archivobogota.secretariageneral.gov.co/noticias/microorganismos-archivos>
- Pantoja, L., Rizzo, R., Carvalho, B., Ferreira, V., Galas, K., Fonseca, F., y Paixão, G. (2012). Constituição da microbiota aérea de bibliotecaspúblicas no município de Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil. *Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência Da Informação*, 17(34), 31-41. <https://doi.org/10.5007/1518-2924.2012v17n34p31>
- Portnoy, J., Kwak, K., Dowling, P., VanOsdol, T., & Barnes, C. (2005). Health effects of indoor fungi. *Ann Allergy Asthma Immunol*, 94(3), 313-319. [https://doi.org/10.1016/S1081-1206\(10\)60982-9](https://doi.org/10.1016/S1081-1206(10)60982-9)
- Prussin, A., & Marr, L. (2015). Sources of airborne microorganisms in the built environment. *Microbiome*, 3, 78. <https://doi.org/10.1186/s40168-015-0144-z>
- Sahin, H., & Arslan, M. (2008). A study on physical and chemical properties of cellulose paper immersed in various solvent mixtures. *International Journal of Molecular Sciences*, 9(1), 78-88. <https://doi.org/10.3390/ijms9010078>
- Sequeira, S., Cabrita, E., & Macedo, M. (2012). Antifungals on paper conservation: An overview. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 74, 67-86. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2012.07.011>
- Toloz, D., y Lizarazo, L. (2013). Calidad microbiológica del ambiente de la biblioteca Alfonso Patiño Rosselli, Tunja-Boyacá (Colombia). *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient*, 16(1), 43-52.
- Vaillant Callo, M. (2013). *Biodeterioro del patrimonio histórico documental: alternativas para su erradicación y control*. Museu de Astronomia e

Ciências Afins; Fundação Casa de Rui Barbosa.

Valentín, N. (2005). Prevención del biodeterioro en archivos y bibliotecas. *Bienes Culturales. Instituto Del Patrimonio Histórico Español*, 30-33. [http://www.aacidcf.org.co/documentos/MI18.283 Valentín, Nieves. Biodeterioro.pdf](http://www.aacidcf.org.co/documentos/MI18.283%20Valentin,%20Nieves.%20Biodeterioro.pdf)

Zhu, H., Phelan, P., Duan, T., Raupp, G., & Fernando, H. J. S. (2003). Characterizations and relationships between outdoor and indoor bioaerosols in an office building. *China Particuology*, 1(3), 119-123. [https://doi.org/10.1016/S1672-2515\(07\)60122-5](https://doi.org/10.1016/S1672-2515(07)60122-5)