

Diversidad y calidad fúngica del aire de la Casa Museo Polo Montañez, Artemisa, Cuba

 [Reynier Cruz Santana](#)¹,  [Rocío del Valle Montero](#)¹ y  [Kenia C. Sánchez Espinosa](#)^{1,2}

Cómo citar: Santana, R.C., Montero R.V. & Espinosa K.C.S. 2021. Diversidad y calidad fúngica del aire de la Casa Museo Polo Montañez, Artemisa, Cuba. Hoehnea 48: e1292020. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-129/2020>

RESUMEN - (Diversidad y calidad fúngica del aire de la Casa Museo Polo Montañez, Artemisa, Cuba). El estudio de la aeromicobiota de los museos contribuye a la conservación de los materiales que allí se resguardan y a la prevención de enfermedades alérgicas en los visitantes. El objetivo de este trabajo fue determinar la diversidad y calidad fúngica del aire de la Casa Museo Polo Montañez mediante una metodología volumétrica no viable. Se calculó la razón entre las concentraciones fúngicas del aire interior y exterior para evaluar su calidad. Además, se realizó un análisis ecológico de los hongos detectados. La calidad del aire interior de las salas fue buena y se comprobó la similitud entre los taxones del interior y exterior. El tipo esporal *Aspergillus/Penicillium* destacó por su abundancia en el aire interior y el tipo esporal *Cladosporium* en el exterior. De la micobiota detectada 12 géneros se informan con propiedades biodeteriorantes y nueve alergénicas. Los cuatro tipos esporales identificados pueden manifestar ambas potencialidades. Palabras clave: Aeromicología, alergia, biodeterioro, hongos, relación interior/exterior

ABSTRACT - (Diversity and fungal quality of the air at the Casa Museo Polo Montañez, Artemisa, Cuba). The study of the aeromicobiota of museums contributes to the conservation of the materials that are stored there and to the prevention of allergic diseases in visitors. The objective of this work was to determine the fungal diversity and quality of the air in the Polo Montañez House Museum by means of a non-viable volumetric methodology. The ratio between the fungal concentrations of the indoor and outdoor air was calculated to assess its quality. In addition, an ecological analysis of the detected fungi was carried out. The indoor air quality of the rooms was good and the similarity between the indoor and outdoor taxa was verified. The *Aspergillus/Penicillium* sporal type stood out for its abundance in the indoor air and the *Cladosporium* sporal type outdoors. Of the mycobiota detected 12 genera are reported with biodeteriorant properties and nine allergenic. The four sporal types identified can manifest both potentialities. Palavras-chave: Aeromycology, allergy, biodeterioration, fungi, indoor/outdoor ratio

Introducción

Los hongos constituyen el grupo más diverso de todas las biopartículas presentes en el aire (Ruga *et al.* 2015). Estos ocasionan biodeterioro de materiales orgánicos e inorgánicos presentes en ambientes interiores de museos (Borrego & Molina 2019). La alta versatilidad metabólica les permite colonizar varios tipos de sustrato y causar daños tanto de tipo estético, como químico o mecánico (Ruga *et al.* 2019).

Los propágulos fúngicos llegan al interior de estas instituciones a través de sistemas de ventilación, la ropa de los visitantes o puntos imperfectamente sellados de la edificación (Colbeck *et al.* 2019). También la presencia de microcolonias de hongos en superficies temporalmente húmedas, pueden constituir fuentes de fragmentos de hifas y esporas (Tang *et al.* 2015). Asimismo, los muebles, objetos y materiales de la construcción pueden servir como sustratos que sostienen el crecimiento de hongos en interiores, en dependencia del tipo de material por el que estén compuesto o por la cantidad de polvo que acumulen (Molina & Borrego 2014).

Los altos valores de humedad relativa y temperatura existentes en países tropicales, favorecen el incremento de la concentración fúngica en el aire (García & Sánchez 2012).

Además, permiten explicar posibles fuentes de los propágulos y su dinámica en interiores, como son la estabilidad como bioaerosoles y la deposición sobre superficies (McGinnis 2007).

La inhalación de las esporas fúngicas presentes en estos ambientes interiores, puede causar reacciones de hipersensibilidad en individuos sensibilizados que visiten el museo o laboren en él. Esto se debe a la presencia de enzimas, proteínas estructurales y metabolitos con propiedades alergénicas (Rick *et al.* 2016). El espectro de las enfermedades alérgicas que pueden provocar, incluye la dermatitis atópica, la rinitis y el asma (Simon-Nobbe *et al.* 2008).

En el muestreo de los hongos del aire exterior e interior se pueden utilizar métodos cultivables y de microscopía directa (Kleinheinz *et al.* 2006). Los métodos que utilizan el cultivo permiten la detección solamente de los hongos que crecen en el medio seleccionado y bajo determinadas condiciones de incubación, subestimando la diversidad fúngica presente (Mensah-Attipoe & Toyinbo 2019). En este sentido An *et al.* (2018) informaron que sólo del 10% - 40% de los propágulos recolectados son cultivables. Por lo tanto, el uso de la metodología de microscopía directa permite conocer el número total de esporas presentes en el aire, independientemente de su viabilidad (Cox *et al.* 2020).

1 Universidad de la Habana, Facultad de Biología, Departamento de Microbiología y Virología, Calle 25, 455 e/J e I, Vedado, Ciudad de La Habana, Cuba
2 Autor por correspondencia: ksanchez@fbio.uh.cu

No obstante, mediante este método sólo puede realizarse la identificación hasta género o tipo esporal (TE), porque no permite el reconocimiento de estructuras de reproducción ni vegetativas (Mallo *et al.* 2011, Almaguer-Chávez *et al.* 2018).

La Casa Museo Polo Montañez se fundó en honor a Fernando Borrego Linares, más conocido como Polo Montañez, el Guajiro Natural, y está ubicada en el Complejo Turístico Las Terrazas. Esta comunidad fue fundada el 28 de febrero de 1971 como parte de un proyecto de economía rural sostenible, basado en la explotación turística racional de las riquezas naturales y el mejoramiento de la calidad de vida de sus pobladores (Ramírez & Pérez 2007). En esta Casa Museo se encuentran tres salas de exposición, que tienen los discos de oro y platino obtenidos por el intérprete autodidacta, el emblemático sombrero blanco de Polo y su guitarra, así como otros objetos personales y distinciones (Najarro 2010).

En Cuba se han realizado varios estudios sobre la aeromicobiota de interiores de locales con valor patrimonial en La Habana y Matanzas (Borrego *et al.* 2010, García & Sánchez 2012, Borrego & Molina 2019). Sin embargo, todos se han realizado en zonas urbanas mediante metodologías volumétricas viables. Por ello el objetivo de este trabajo fue determinar la diversidad y calidad fúngica del aire de la Casa Museo Polo Montañez mediante una metodología volumétrica no viable.

Materiales y métodos

La Casa Museo Polo Montañez se encuentra ubicada en la zona rural de las Terrazas, Artemisa, Cuba. El área donde se ubica este museo pertenece a la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario de Cuba, categoría otorgada por la existencia de ecosistemas representativos y culturales de la región (Ramírez & Pérez 2007). La figura 1 muestra un diagrama de las salas de exposición de este museo. Para este estudio se seleccionaron la Sala 2 (S2) y la Sala 3 (S3), debido a la diversidad de sustratos orgánicos e inorgánicos que presentan (figura 2). El muestreo del aire interior se realizó en el centro de las salas y se tomaron dos muestras en el exterior (E1 y E2), el 6 de diciembre de 2019 de 1:00 a 2:00 pm. La recolección de los propágulos fúngicos se realizó durante 5 minutos con un equipo volumétrico no viable, ubicado de forma vertical a la corriente de aire y casetes colectores (Zefon Bio-Pump y Air-O-Cell cassettes, Zefon, Ocala, Florida, USA) a un índice de flujo de 15 L min⁻¹. Los valores de temperatura y de humedad relativa ambiental se tomaron *in situ* en el momento del muestreo con un termohigrómetro digital.

Las muestras fueron procesadas siguiendo las recomendaciones de Zefon International (2009). Para su preparación primeramente se añadió en el portaobjeto una o dos gotas de lactofenol azul de algodón. Se cortó el sello del casete y la cubierta de cristal deslizante (que contiene la muestra) fue removida y colocada lentamente con la muestra hacia abajo sobre el portaobjeto con la solución.

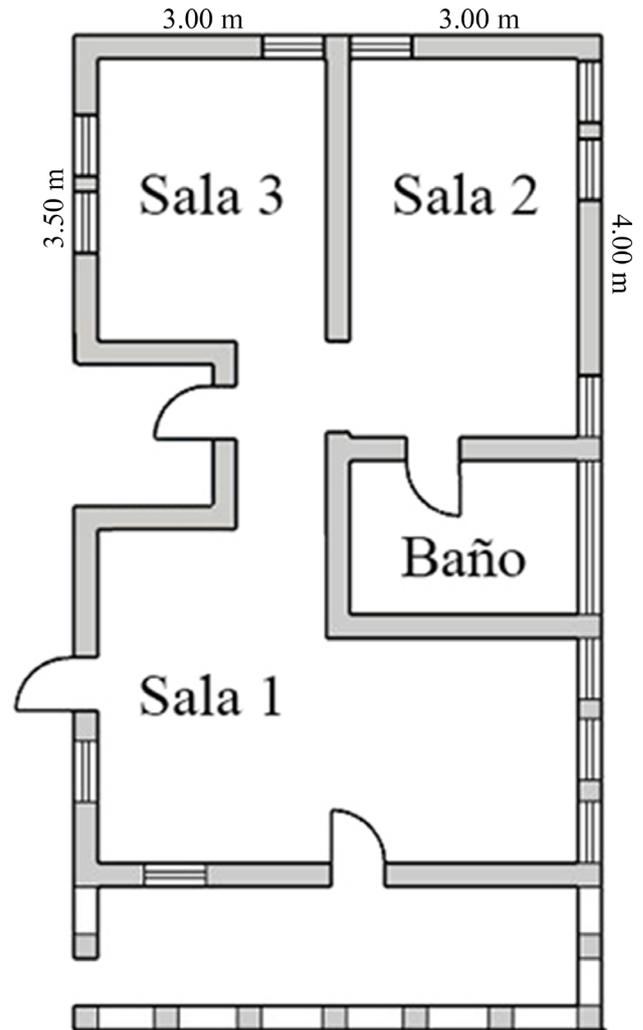


Figura 1. Planta baja del área de exposición de la Casa Museo Polo Montañez, Artemisa, Cuba.

Figure 1. Floor plan of the exhibition area of the Casa Museo Polo Montañez, Artemisa, Cuba.

El recuento de esporas se realizó en un microscopio Zoel modelo N-2000 con aumento 400X. La identificación de las esporas hasta género o TE se determinaron según lo descrito por Almaguer *et al.* (2015, 2017), Almaguer-Chávez *et al.* (2018). La concentración total del aire exterior e interior (esporas m⁻³) fue calculada por las ecuaciones proporcionadas por Zefon International (2009). Para medir la calidad del aire interior en cuanto a contaminación fúngica se utilizó la razón entre las concentraciones del interior y el exterior (I/E), clasificándose de buena (I/E ≤ 1.5), regular (1.5 < I/E ≤ 2) o deficiente (I/E > 2) (De Aquino Neto & de Goés Siqueira 2000).

Además, se calculó la Densidad Relativa (DR) y el coeficiente de similitud de Sørensen (QS). El QS se determinó por la ecuación $QS=2C/(A+B)$; donde A y B son el número de géneros y TE identificados en el interior y exterior respectivamente y C es el número de géneros y TE compartidos por ambos (Abu-Dieyeh *et al.* 2010, Borrego & Molina 2014).



Figura 2. Salas muestreadas en la Casa Museo Polo Montañez, Artemisa, Cuba. a. Sala 2. b. Sala 3.
Figure 2. Sampled rooms in the Casa Museo Polo Montañez, Artemisa, Cuba. a. Room 2. b. Room 3.

Resultados y Discusión

En S2 la concentración fúngica total del aire fue de 1587 esporas m^{-3} y en S3, 1507 esporas m^{-3} . En el aire exterior fueron 22747 esporas m^{-3} en E1 y 4707 esporas m^{-3} en E2. Tanto las concentraciones del aire interior como las del exterior fueron superiores a los informes de otras investigaciones realizadas en el Museo de La Plata (Argentina), y en la Galería Nacional de Umbría (Italia), ambas en zonas urbanas, donde se utilizaron, al igual que en este estudio, una metodología volumétrica no viable (Nitiu *et al.* 2016, Mallo *et al.* 2017, Ruga *et al.* 2019). Esto puede deberse a que las condiciones ambientales y la variabilidad de sustratos presente en zonas rurales pueden favorecer mejor el desarrollo de los hongos que en áreas urbanas (Adhikari *et al.* 2004).

Bickersteth (2016) recomiendan rangos de valores de humedad relativa (HR) entre 45% - 55% y de temperatura de 15°C - 25°C para el almacenamiento de los objetos en los museos. La temperatura determinada (tabla 1) puede favorecer la esporulación y crecimiento fúngico de las esporas que se depositen sobre los materiales de las salas (Cabral 2010, Molina-Veloso *et al.* 2017). Sin embargo, la HR (tabla 1), puede influir negativamente en ambos procesos fisiológicos (Kalyoncu 2010). Por lo tanto, las condiciones microclimáticas del museo no son adecuadas para el desarrollo de los hongos.

Teniendo en cuenta los valores de la razón I/E (tabla 2), las salas se clasificaron con una buena calidad del aire interior, según los criterios De Aquino Neto & de Goés Siqueira (2000).

Tabla 1. Temperatura (T) y Humedad Relativa (HR) registrada, Casa Museo Polo Montañez, Artemisa, Cuba.
Table 1. Recorded Temperature (T) and Relative Humidity (RH), Casa Museo Polo Montañez, Artemisa, Cuba.

Ambiente	T (°C)	HR (%)
Interior	31	48
Exterior	30	40

Tabla 2. Razón de las concentraciones determinadas entre los ambientes muestreados y valores del coeficiente de similitud de Sørensen, Casa Museo Polo Montañez, Artemisa, Cuba. I/E: relación interior/exterior. QS: coeficiente de similitud de Sørensen.
Table 2. Ratio of the concentrations determined between the sampled environments and values of the Sørensen similarity coefficient, Casa Museo Polo Montañez, Artemisa, Cuba. I/E: indoor/outdoor ratio. QS: Sørensen similarity coefficient.

	E1	E2	I/E	QS
	I/E	QS		
S2	0,07	0,64	0,34	0,70
S3	0,07	0,73	0,32	0,60

Esto indica que el sistema de ventilación natural es eficiente para controlar el nivel de esporas dentro de las salas monitoreadas, así como las condiciones de conservación y limpieza.

Tabla 3. Densidad Relativa (DR), Razón Interior/Exterior (I/E) y referencias de las propiedades alergénicas y biodeteriorantes de los géneros y Tipos Esporales (TE) encontrados en el aire exterior e interior de la Casa Museo Polo Montañez, Artemisa, Cuba. LM: Lugar del Muestreo.

Table 3. Relative density and references of the allergenic and biodeteriorating properties of the Genera and Sporal Types (ST) in the outdoor and indoor air of the Casa Museo Polo Montañez, Artemisa, Cuba. LM: Sampling site.

Géneros y Tipos Esporales	Exterior		Interior		I/E	Potencialidades	
	DR (%)	LM	DR (%)	LM		Alergénicas	Biodeteriorantes
<i>Alternaria</i>	0,05	E1				Levetin <i>et al.</i> 2016	Borrego <i>et al.</i> 2010
<i>Cercospora</i>	0,80	E1, E2	13,10	S2, S3	1,26	Jenkins 1981	
<i>Chaetomium</i>	0,05	E1	0,69	S3	1	Levetin <i>et al.</i> 2016	Fazio <i>et al.</i> 2010
<i>Curvularia</i>	36,15	E1, E2	19,31	S2, S3	0,04	Simon-Nobbe <i>et al.</i> 2008	Borrego <i>et al.</i> 2010
<i>Fusarium</i>	1,17	E1, E2	2,07	S2	0,13	Levetin <i>et al.</i> 2016	Borrego <i>et al.</i> 2010
<i>Ganoderma</i>			5,52	S2, S3		Simon-Nobbe <i>et al.</i> 2008	Dawar <i>et al.</i> 2015
<i>Gliomastix</i>			0,69	S2			McGinnis <i>et al.</i> 1975
<i>Lasiodiplodia</i>	0,05	E1					Li <i>et al.</i> 2017
<i>Leptosphaeria</i>			0,69	S3		Simon-Nobbe <i>et al.</i> 2008	Brunner <i>et al.</i> 2018
<i>Leptosphaerulina</i>			1,38	S2, S3		Green 2005	
<i>Monodictys</i>	0,85	E1, E2	7,59	S2, S3	0,68		McGinnis <i>et al.</i> 1975
<i>Nigrospora</i>	0,90	E1, E2	2,07	S2, S3	0,17	Simon-Nobbe <i>et al.</i> 2008	Fazio <i>et al.</i> 2010
<i>Pestalotiopsis</i>			0,69	S2			Bhardwaj <i>et al.</i> 2012
<i>Venturia</i>			1,38	S2			
<i>Zygosporium</i>	0,05	E1	0,69	S3	1		Ong & Sudesh 2016
TE <i>Aspergillus/Penicillium</i>	1,01	E1, E2	26,90	S2, S3	2,05	Levetin <i>et al.</i> 2016	Borrego <i>et al.</i> 2010
TE <i>Bipolaris/Drechslera</i>	5,00	E1, E3	0,69	S2	0,01	Levetin <i>et al.</i> 2016	Borrego & Molina 2014
TE <i>Cladosporium</i>	53,91	E1, E2	15,86	S2, S3	0,02	Simon-Nobbe 2008	Borrego & Molina 2014
TE <i>Periconia</i>			0,69	S2		Karne 2013	Coronado-Ruiz <i>et al.</i> 2018

El empleo, por primera vez de este método no viable (Zefon Bio-Pump y Air-O-Cell cassettes) para el monitoreo del aire en un museo de Cuba, permitió la identificación de 15 géneros y cuatro TE (tabla 3). En las dos muestras del aire interior se detectaron *Cercospora*, *Curvularia*, *Ganoderma*, *Monodictys*, *Leptosphaerulina*, *Nigrospora*, TE *Aspergillus/Penicillium*, TE *Cladosporium*. En las del exterior *Cercospora*, *Curvularia*, *Fusarium*, *Monodictys*, *Nigrospora*, TE *Aspergillus/Penicillium*, TE *Bipolaris/Drechslera* y TE *Cladosporium*. El TE *Aspergillus/Penicillium* destacó por ser abundante en el aire interior, mientras que TE *Cladosporium* en el exterior. Estos resultados concuerdan con los de Mallo *et al.* (2017) que demostraron el predominio del TE *Aspergillus/Penicillium* en el aire interior del Museo de la Plata y la de TE *Cladosporium* en el exterior. Asimismo, Codina *et al.* (2008) en un estudio en Florida obtuvieron que el TE *Aspergillus/Penicillium* predominó en el interior de las casas estudiadas y el TE *Cladosporium* presentó una mayor concentración en el exterior que en el interior.

Almaguer *et al.* (2012) aislaron los géneros *Alternaria*, *Aspergillus*, *Bipolaris*, *Cercospora*, *Cladosporium*, *Chaetomium*, *Curvularia*, *Drechslera*, *Fusarium*, *Monodictys*, *Nigrospora*, *Penicillium* y *Zygosporium* anteriormente de una zona rural de Artemisa, la misma provincia donde se encuentra ubicada la Casa Museo Polo Montañez.

También hay informes, en el aire de áreas rurales de la India, de los géneros *Alternaria*, *Aspergillus*, *Bipolaris*, *Cercospora*, *Cladosporium*, *Chaetomium*, *Curvularia*, *Drechslera*, *Fusarium*, *Ganoderma*, *Nigrospora*, *Penicillium* y *Periconia* (Adhikari *et al.* 2004).

El coeficiente de similitud de Sørensen (tabla 2) demostró la semejanza entre la micobiota del interior y del exterior. Esto puede deberse a que las ventanas de la Casa Museo permanecen abiertas durante todo el día y por tanto se favorece el intercambio de aire y la entrada inmediata de propágulos fúngicos. Ruga *et al.* (2019) plantean que el número de visitantes se relaciona con la tendencia del aumento de contaminantes fúngicos en el interior de estos locales. También la abundancia de hongos frecuentes usualmente en el exterior, como el TE *Cladosporium* y *Curvularia*, corroboran la influencia del ambiente exterior sobre el interior.

De los géneros y TE encontrados se informan 16 que son potencialmente biodeteriorantes, lo que representa el 84,21% del total identificado (tabla 3). Otros autores comprobaron que estos representantes fúngicos pueden degradar celulosa, almidón y xilano (Fazio *et al.* 2010, Borrego & Molina 2014), compuestos presentes en los sustratos del museo muestreado en esta investigación. Asimismo, Corrêa *et al.* (2019) demostraron que *Aspergillus* y *Fusarium* pueden provocar una ligera disminución de la suavidad de las superficies de vidrio. Para comprobar si los propágulos fúngicos que se encuentran en la Casa Museo presentan algunas de estas propiedades se sugiere el uso de un método de cultivo que permita el aislamiento de estos hongos. La combinación de ambos métodos también ofrecerá mayor información sobre la diversidad y calidad fúngica presente en el aire.

Por otra parte, el 68,42% de los hongos detectados tienen potencialidades alergénicas (tabla 3). La inhalación de las esporas detectadas y su posterior deposición en el tracto respiratorio puede provocar reacciones de hipersensibilidad de tipo I (An *et al.* 2018). En este sentido, Wiszniewska *et al.* (2009) demostraron que el 30% de los empleados del Museo Nacional de Varsovia estaban sensibilizados a *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* o *Alternaria*. Asimismo, Álvarez *et al.* (2020) comprobaron que un alto porcentaje de los trabajadores de la Biblioteca Central "Rubén Martínez Villena" y el Archivo Histórico de la Universidad de La Habana de Cuba estuvieron sensibilizados a estos mismos géneros. Esto evidencia que la exposición a algunos de los géneros detectados en este estudio, puede provocar el aumento del riesgo de sensibilización en las personas que asisten a la Casa Museo con antecedentes de enfermedades respiratorias alérgicas.

La calidad del aire interior de la Casa Museo Polo Montañez fue buena y la micobiota interior fue similar a la del exterior, lo que evidencia que el tipo de ventilación utilizada es eficiente. Aunque se detectaron hongos con propiedades biodeteriorantes los valores de HR registrados no favorecen su desarrollo sobre los sustratos presentes. Sin embargo, sí podrían causar reacciones de hipersensibilidad en las personas que trabajan o visitan la institución con antecedentes de enfermedades respiratorias alérgicas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Fidel Hernández Figueroa, por la coordinación para la realización de este muestreo y al cuidador del Museo, Luis Borrego Linares. Este trabajo forma parte de las actividades del Grupo Científico Estudiantil de Ecología Microbiana, Facultad de Biología, Universidad de La Habana, Cuba.

Contribución de los autores

Reynier Cruz Santana: Contribución a la concepción y diseño del estudio; contribución a la recopilación de datos; contribución al análisis de datos e interpretación; contribución a la preparación del manuscrito.

Rocío del Valle Montero: Contribución a la concepción y diseño del estudio; contribución a la recopilación de datos; contribución a la revisión crítica.

Kenia C. Sánchez Espinosa: Contribución a la concepción y diseño del estudio; contribución al análisis de datos e interpretación; contribución a la preparación del manuscrito; contribución a la revisión crítica.

Conflicto de intereses

No hay conflicto de intereses.

Literatura citada

- Abu-Dieyeh, M.H., Barham, R., Abu-Elteen, K., Al-Rashidi, R. & Shaheen, I.** 2010. Seasonal variation of fungal spore populations in the atmosphere of Zarqa area, Jordan. *Aerobiologia* 26: 263-276.
- Adhikari, A., Sen, M.M., Gupta-Bhattacharya, S. & Chanda, S.** 2004. Airborne viable, non-viable, and allergenic fungi in a rural agricultural area of India: a 2-year study at five outdoor sampling stations. *Science of the Total Environment* 326: 123-141.
- Almaguer, M., Rojas, T.I., Rodríguez-Rajo, F.J. & Aira, M.J.** 2012. Airborne fungal succession in a rice field of Cuba. *European Journal of Plant Pathology* 133: 473-482.
- Almaguer, M., Aira, M.J., Rodríguez-Rajo, F.J., Fernández-González, M. & Rojas-Flores T.I.** 2015. Thirty-four identifiable airborne fungal spores in Havana, Cuba. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 22: 215-220.
- Almaguer, M., Sánchez, K.C. & Rojas, T.I.** 2017. Dinámica de conidióforos de *Zygosporium* en la atmósfera de La Habana, Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas* 5: 1-7.
- Almaguer-Chávez, M., Aira, M.J., Rojas T.I., Fernández-González, M. & Rodríguez-Rajo, F.J.** 2018. New findings of airborne fungal spores in the atmosphere of Havana, Cuba, using aerobiological non-viable methodology. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 25: 349-359.

- Álvarez, M., Castro, R.L., Leyva, Y., López, B., Rodríguez, J., Rojas, T.I., Piera, O.M. & Labrada, A.** 2020. Sensibilización a hongos anemófilos en trabajadores(as) del Archivo y Biblioteca de la Universidad de La Habana. Archivos del Hospital Universitario "General Calixto García". Disponible en <http://revcalixto.sld.cu> (acceso el 10-X-2020).
- An, C., Woo, C. & Yamamoto, N.** 2018. Introducing DNA-based methods to compare fungal microbiota and concentrations in indoor, outdoor, and personal air. *Aerobiologia* 34: 1-12.
- Bhardwaj, H., Gupta, R. & Tiwari, A.** 2013. Communities of microbial enzymes associated with biodegradation of plastics. *Journal of Polymers and the Environment* 21: 575-579.
- Bickersteth, J.** 2016. IIC and ICOM-CC 2014 Declaration on environmental guidelines. *Studies in Conservation* 61: 12-17.
- Borrego, S., Guiamet, P., Gómez, S., Batistini, P., García M., Lavin, P. & Perdomo, I.** 2010. The quality of air at archives and the biodeterioration of photographs. *International Biodeterioration & Biodegradation* 64: 139-145.
- Borrego, S.F. & Molina, A.** 2014. Comportamiento de la aeromicrobiota en dos depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba durante 7 años de estudio. *AUGMDOMUS* 6: 1-24.
- Borrego, S. & Molina, A.** 2019. Fungal assessment on storerooms indoor environment in the National Museum of Fine Arts, Cuba. *Air Quality, Atmosphere & Health* 12: 1373-1385.
- Brunner, I., Fischer, M., Rütthi, J., Stierli, B. & Frey, B.** 2018. Ability of fungi isolated from plastic debris floating in the shoreline of a lake to degrade plastics. *PLoS one* 13: 1-14.
- Cabral, J.P.** 2010. Can we use indoor fungi as bioindicators of indoor air quality? Historical perspectives and open questions. *Science of the Total Environment* 408: 4285-4295.
- Codina, R., Fox, R.W., Lockey, R.F., DeMarco, P. & Bagg, A.** 2008. Typical levels of airborne fungal spores in houses without obvious moisture problems during a rainy season in Florida, USA. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology* 18: 156-162.
- Colbeck, I., Sidra, S., Ali, Z., Ahmed, S. & Nasir, Z.A.** 2019. Spatial and temporal variations in indoor air quality in Lahore, Pakistan. *International Journal of Environmental Science and Technology* 16: 2565-2572.
- Coronado-Ruiz, C., Avendaño, R., Escudero-Leyva, E., Conejo-Barboza, G., Chaverri, P. & Chavarría, M.** 2018. Two new cellulolytic fungal species isolated from a 19th-century art collection. *Scientific Reports* 8: 1-9.
- Corrêa, A.M., Palomar, T., Alves, L., da Silva, S., Monteiro, R., Macedo, M. & Vilarigues, M.** 2019. Fungal biodeterioration of stained-glass windows in monuments from Belém do Pará (Brazil). *International Biodeterioration & Biodegradation* 138: 106-113.
- Cox, J., Mbareche H., Lindsley, W.G. & Duchaine, C.** 2020. Field sampling of indoor bioaerosols. *Aerosol Science and Technology* 54: 572-584.
- Dawar, S., Tariq, M. & Sultan, F.** 2015. Fungal deterioration of cellulosic materials. *International Journal of Biology Research* 3: 3-5.
- De Aquino Neto, F.R. & de Goés Siqueira, L.F.** 2000. Guidelines for indoor air quality in offices in Brazil. In *Proceedings of Healthy Buildings* 4: 549-554.
- Fazio, A.T., Papinutti, L., Gómez, B.A., Parera, S.D., Romero, A.R., Siracusano, G. & Maier, M.S.** 2010. Fungal deterioration of a Jesuit South American polychrome wood sculpture. *International Biodeterioration & Biodegradation* 64: 694-701.
- García, M. & Sánchez, 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.
- Green, B.J.** 2005. Detection and diagnosis of fungal allergic sensitisation. Tesis de Doctorado, University of Sydney, Sydney.
- Jenkins, P.F., Mullins, J., Davies, B.H. & Williams, D.A.** 1981. The possible role of aero-allergens in the epidemic of asthma deaths. *Clinical & Experimental Allergy* 11: 611-620.
- Kalyoncu, F.** 2010. Relationship between airborne fungal allergens and meteorological factors in Manisa City, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 165: 553-558.
- Karne, A.V.** 2013. Aeromycological investigations in the ambient air over some crop fields in context to pathogenic and allergenic fungal bioaerosols. *Nature Environment and Pollution Technology* 12: 695-698.
- Kleinheinz, G.T., Langolf, B.M. & Englebert, E.** 2006. Characterization of airborne fungal levels after mold remediation. *Microbiological Research* 161: 367-376.
- Levetin, E., Horner, W.E., Scott, J. A., Barnes, C., Baxi, S., Chew, G.L., Kennedy, K., Larenas-Linneman, D., Miller, J.D., Phipatanakul, W., Portnoy, J.M. & Williams P.B.** 2016. Taxonomy of Allergenic Fungi. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice* 4: 375-385.
- Li, Q., Zhang, B., Wang, L. & Ge, Q.** 2017. Distribution and diversity of bacteria and fungi colonizing ancient Buddhist statues analyzed by high-throughput sequencing. *International Biodeterioration & Biodegradation* 117: 245-254.
- Mallo, A.C., Nitiu, D.S & Gardella, M.C.** 2011. Airborne fungal spore content in the atmosphere of the city of La Plata, Argentina. *Aerobiologia* 27: 77-84.
- Mallo, A.C., Elíades, L.A., Nitiu, D.S. & Saparrat, M.C.** 2017. Fungal monitoring of the indoor air of the Museo de La Plata Herbarium, Argentina. *Revista Iberoamericana de Micología* 34: 99-105.
- McGinnis, M.R.** 2007. Indoor mould development and dispersal. *Medical Mycology* 45: 1-9.

- McGinnis, M.R., Nilson, D.A. & Ware, L.L.** 1975. Mycotic biodeterioration associated with the movement and storage of commercially handled household goods. *Mycopathologia* 57: 41-45.
- Mensah-Attipoe, J. & Toyinbo, O.** 2019. Fungal growth and aerosolization from various conditions and materials. *In*: E. Silva de Loreto (ed.). *Fungal Infection*. IntechOpen, London, pp. 1-10.
- Molina, A. & Borrego, S.** 2014. Análisis de la micobiota existente en el ambiente interior de la mapoteca del Archivo Nacional de la República de Cuba. *Boletín Micológico* 29: 2-17.
- Molina-Veloso, A., Borrego, S.F. & Ortega, D.B.** 2017. Potencialidades biodeteriorantes y patogénicas de hongos anemófilos ambientales frecuentes en ambiente de archivos y museos cubanos. *Revista CENIC Ciencias Biológicas* 48: 69-80.
- Najarro, L.D.** 2010. Casa Museo del cantautor Polo Montañez. Hicuba.com. Disponible en <http://www.hicuba.com> (acceso el 13-IX-2020).
- Nitiu, D.S., Mallo, A.C., García Santa Cruz, M.G. & Gómez, A.F.** 2016. Estudio interdisciplinario de diagnóstico ambiental para la conservación preventiva en el Museo de La Plata. *Acta del I Encuentro Nacional sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable, La Plata*, pp. 351-362.
- Ong, S.Y. & Sudesh, K.** 2016. Effects of polyhydroxyalkanoate degradation on soil microbial community. *Polymer Degradation and Stability* 131: 9-19.
- Ramírez, J.F. & Pérez, I.** 2007. Desarrollo Sostenible Local a partir del manejo turístico de un área natural. *Experiencia en "Las Terrazas", Cuba. Economía y Desarrollo* 141: 121-134.
- Rick, E.M., Woolnough, K., Pashley, C.H. & Wardlaw, A.J.** 2016. Allergic fungal airway disease. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology* 26: 344-354.
- Ruga, L., Orlandi, F., Romano, B. & Fornaciari, M.** 2015. The assessment of fungal bioaerosols in the crypt of St. Peter in Perugia (Italy). *International Biodeterioration & Biodegradation* 98: 121-130.
- Ruga, L., Orlandi, F. & Fornaciari, M.** 2019. Preventive Conservation of Cultural Heritage: Biodeteriogens Control by Aerobiological Monitoring. *Sensors* 19: 3647.
- Simon-Nobbe, B., Denk, U., Pöll, V., Rid, R. & Breitenbach, M.** 2008. The Spectrum of Fungal Allergy. *International Archives of Allergy and Immunology* 145: 58-86.
- Tang, X., Misztal, P.K., Nazaroff, W.W. & Goldstein, A.H.** 2015. Siloxanes are the most abundant volatile organic compound emitted from engineering students in a classroom. *Environmental Science y Technology Letters* 2: 303-307.
- Wisniewska, M., Walusiak-Skorupa, J., Pannenko, I., Draniak, M. & Palczynski, C.** 2009. Occupational exposure and sensitization to fungi among museum workers. *Occupational Medicine* 59: 237-242.
- Zefon International** 2009. Air-O-Cell Bioaerosol Sampling Cassette. Laboratory & User Manual, Ocala, FL, USA.

Recibido: 10.12.2020

Aceptado: 23.03.2021

Editor Asociado: Regina Maria de Moraes

