Rev. Int. Contam. Ambie. 35 (1) 137-150, 2019
DOI: 10.20937/RICA.2019.35.01.10

DIVERSIDAD FÚNGICA EN LA ATMÓSFERA DE LA HABANA (CUBA) DURANTE TRES PERÍODOS POCO LLUVIOSOS

Kenia Caridad SÁNCHEZ ESPINOSA[1*], Michel ALMAGUER CHÁVEZ[1], Ian PÉREZ RAMÍREZ[1], Teresa Irene ROJAS FLORES[1] y María Jesús AIRA RODRÍGUEZ[2]

[1] Facultad de Biología, Universidad de la Habana. 25, Número 455. Entre I y J. La Habana, Cuba
[2] Departmento de Botánica, Facultad de Farmacia, Universidad de Santiago de Compostela. Campus Vida, 15782, España
*Autor para correspondencia: ksanchez@fbio.uh.cu

(Recibido octubre 2017, aceptado junio 2018)

Palabras clave: hongos, aire, alergia, estaciones

RESUMEN

El clima de La Habana favorece la presencia de hongos en el aire durante gran parte del año, principalmente en el horario diurno. En los períodos poco lluviosos (noviembre - abril) se evidencian las mayores variaciones climatológicas que pueden incidir en la severidad de enfermedades alérgicas y respiratorias. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la micobiota atmosférica diurna de La Habana durante tres períodos poco lluviosos consecutivos. Se realizaron 48 muestreos volumétricos de propágulos fúngicos viables mediante un biocolector de rendija (colector chirana) durante tres períodos poco lluviosos (noviembre/2012-abril/2013, noviembre/2013-abril/2014 y noviembre/2014-abril/2015). Los hongos recolectados se aislaron e identificaron. Simultáneamente se realizó la identificación visual de esporas en las preparaciones procedentes de un captador tipo Hirst Lanzoni VPPS 2000, en el mismo día y hora de los muestreos viables. Posteriormente se calculó la concentración, densidad y frecuencia relativa de los propágulos fúngicos identificados por ambos métodos. Los períodos evaluados fueron similares de forma cuantitativa y cualitativa. Se identificaron 32 géneros fúngicos, tres sólo mediante cultivo, 17 sólo con metodología no viable y 11 con ambos sistemas de captación. También se identificaron esporas del orden Uredinales y de la familia Xylariaceae por el método no viable. Destacaron *Cladosporium, Aspergillus, Penicillium, Fusarium* y *Curvularia* por su abundancia y frecuencia relativa. La micobiota detectada en los tres períodos fue similar en diversidad y concentración de géneros. La temperatura media y la humedad relativa media se correlacionaron con las concentraciones atmosféricas de propágulos fúngicos. Los datos aportados son útiles para la prevención de alergias y enfermedades respiratorias, con alta incidencia en la población cubana en períodos invernales y secos.

Key words: fungi, air, allergy, dry seasons

ABSTRACT

The climate of Havana favors a high representation of fungi in the air during the year, mainly in the day-time. In the periods of low rainfall (November to April), the greatest

climatic variations are evident, which can affect the appearance of allergic and respiratory diseases. The objective of this work was to characterize the atmospheric diurnal mycobiota of Havana during three consecutive dry periods. Forty-eight viable volumetric samples were obtained using a slit biocolector (chirana aeroscope) during three periods of low rainfall (November/2012-April/2013, November/2013-April/2014 and November/2014-April/2015). The collected fungi were isolated and identified. Simultaneously, visual identification of spores was conducted on the preparations from a Hirst type sampler (Lanzoni VPPS 2000), on the same day and time as the viable samplings. Subsequently, the concentration, relative density and relative frequency of fungal propagules identified by both methods were calculated. The three evaluated periods were quantitatively and qualitatively similar. Thirtyt two genera were identified, three genera only by viable methodology, 17 by non-viable and 11 by both methodologies. Spores of the order Uredinales and of the family Xylariaceae were also identified by the non-viable method. The genera *Cladosporium, Aspergillus, Penicillium, Fusarium* and *Curvularia* highlighted by their abundance and relative frequency. The mycobiota detected in both periods was similar in diversity and concentration of genera. Mean temperature and mean relative humidity were correlated with atmospheric concentrations of fungal propagules. The data provided are useful for the prevention of allergies and respiratory diseases, with a high incidence in the Cuban population during winter and dry periods.

INTRODUCCIÓN

Los estudios sistemáticos de identificación y recuento de esporas fúngicas del aire exterior permiten dar seguimiento a la dinámica de las concentraciones de propágulos de hongos con interés para la salud (Grinn-Gofron 2011, Sidel et al. 2015).

La diversidad fúngica atmosférica se puede caracterizar mediante métodos que permiten el cultivo (viables) y otros basados en la identificación visual (no viables) (Akgül et al. 2016). La combinación de estos dos tipos de métodos en La Habana ha permitido una caraterización continua de la atmósfera y la identificación del contenido fúngico en el aire (Almaguer et al. 2015). El método viable permite aislar del aire e indentificar propágulos de hongos capaces de crecer en un medio de cultivo, que se recolectan en muestreos con una frecuencia variable. Los métodos no viables posibilitan un monitoreo continuo y la determinación de la variación temporal de las concentraciones de géneros o tipos esporales (Das y Gupta-Bhattacharya 2012).

Almaguer et al. (2013) constataron una elevada diversidad de la aeromicobiota de La Habana en el período de un año utilizando dos métodos volumétricos complementarios (viable y no viable). La mayoría de los hongos detectados en este estudio mostraron un patrón diurno con concentraciones máximas de esporas de las 11:00 am a las 12:00 pm. Otros trabajos aerobiológicos previos realizados en La Habana informaron una elevada diversidad y concentración fúngica durante estaciones poco lluviosas e invernales y una fuerte presencia de hongos con potencialidades alergénicas (Almaguer y Rojas 2013, Almaguer et al. 2015). La continuidad y sistematicidad de los estudios aerobiológicos permite conocer la diversidad fúngica en el aire de La Habana, de utilidad para los médicos y la población susceptible en general. Los alergólogos podrán mejorar el diagnóstico de sus pacientes, conocer la presencia de especies alergógenas y correlacionar los síntomas con la representación en el aire de estas biopartículas. La población se puede mantener informada sobre los hongos ambientales que pueden impactar negativamente en su salud. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la micobiota atmosférica de La Habana a las 11:00 h durante tres períodos poco lluviosos consecutivos mediante la combinación de dos métodos volumétricos (viable y no viable).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en La Habana, localizada en la costa septentrional de Cuba (**Fig. 1**). La Habana presenta un clima subtropical con dos estaciones diferenciables, de acuerdo al acumulado de precipitaciones: una poco lluviosa (noviembre a abril) y otra lluviosa (mayo a octubre). Los muestreos se realizaron durante tres períodos correspondientes a tres estaciones poco lluviosas consecutivas (período 1: noviembre 2012 - abril 2013, período 2: noviembre

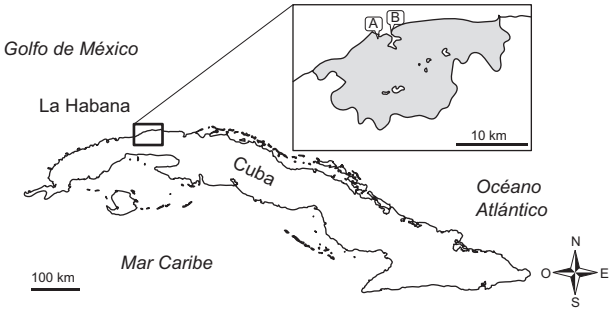

Fig. 1. Mapa de Cuba donde se indica la posición de La Habana. A: Facultad de Biología (23 º 08 ' 12 '' Latitud Norte y 82 º 23 ' 3 '' Longitud Oeste), B: Estación Meteorológica de Casablanca, Instituto Cubano de Meteorología, INSMET (23 º 08 ' 35 '' de latitud norte y los 82 º 20 ' 30 '' de longitud oeste).

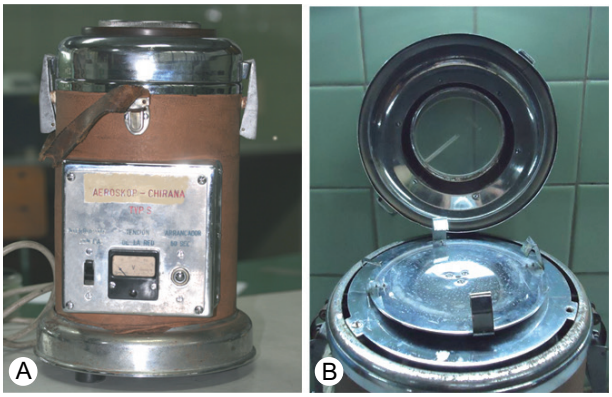

Fig. 3. Muestreador chirana (Checoslovaquia). **A**: Vista frontal del equipo. **B**: Vista superior donde se aprecia el lugar, debajo de la rejilla, donde se sitúa una caja de Petri con medio de cultivo, la cual gira 360 º/min.

2013 - abril 2014, período 3: noviembre 2014 - abril 2015). Los períodos 1, 2 y 3 presentaron temperaturas medias promedio de 23.03 ºC, 23.97 ºC y 22.04 ºC, respectivamente. La humedad relativa promedio fue 72.23 % en el período 1, de 77.42 % en el período 2 y 77.14 % en el período 3. Las precipitaciones acumuladas fueron de 268.1 mm, 1407.5 mm y 419.4 mm, respectivamente (**Fig. 2**).

Se realizaron 16 muestreos en cada uno de los períodos estudiados. La recolecta de propágulos viables fue siempre a las 11:00 h, mediante un captador volumétrico chirana (Checoslovaquia) (**Fig. 3**), referido por Medrela-Kuder (2003), Rojas et al. (2008), Almaguer et al. (2013) y Almaguer y Rojas (2013). El principio de funcionamiento de este equipo consiste en la succión de un volumen conocido de aire que pasa a través de una rejilla intercambiable situada en la parte superior del aparato y que posee un orificio en forma de ranura. Por debajo de dicha rejilla se sitúa una placa de Petri con medio de cultivo, la cual gira 360 º en un minuto. El flujo de aire que succiona oscila entre 18 y 50 L/min dependiendo del tipo de rejilla; en nuestro caso se ha utilizado la rejilla II con un diámetro de 0.3 mm y un volumen de 29 litros. Se tomaron 29 L/min, que impactaron en placas con agar extracto de malta (MEA) a pH = 5 (Almaguer et al. 2013). Las placas de cada muestreo se incubaron a 28 ± 1 º C hasta siete días, se contaron las unidades formadoras de colonias (UFC) y se calculó la concentración de los propágulos de hongos del aire expresada en UFC/m^3. Las diferentes colonias

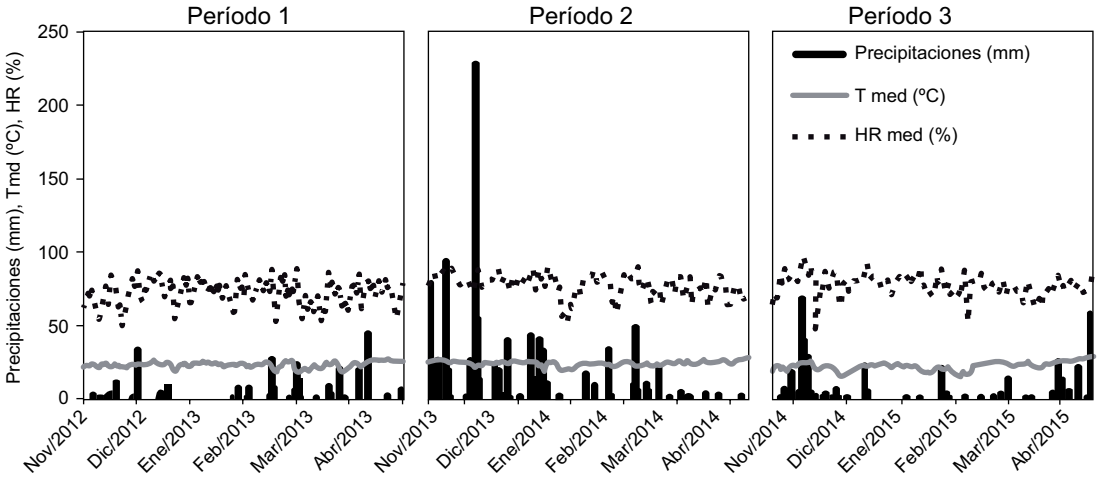

Fig. 2. Meteorograma de los períodos estudiados. Período 1 (noviembre/2012 - abril/2013), período 2 (noviembre/2013 - abril/2014) y período 3 (noviembre/2014 - abril/2015). Tmed = temperatura media, HR med = humedad relativa media

se aislaron hacia tubos de cultivo con MEA para su caracterización. La identificación taxonómica se basó en caracteres morfológicos, teniendo en cuenta los procedimientos planteados en monografías especializadas para cada uno de los géneros identificados (Ellis 1971, Klich y Pitt 1988, Klich y Pitt 1992, Leslie y Sumerrell 2006, Seifert et al. 2011, Bensch et al. 2012, Samson et al. 2014).

Las esporas detectadas por el método no viable fueron recolectadas mediante el captador tipo Hirst (Lanzoni VPPS 2000, Bolonia, Italia), ampliamente utilizado por la Red Española de Aerobiología (REA) y la European Aeroallergen Network (EAN). Las esporas se identificaron por microscopía directa (Galán et al. 2007). El equipo se mantuvo operando continuamente durante los tres períodos de estudio en la azotea de la Facultad de Biología (Universidad de La Habana), a una altura de 35 m del nivel del suelo (23 º 08 ‘ 12 ’’N y 82 º 23 ‘ 3 ’’ W). Se utilizó un flujo de 10 litros de aire por minuto, y las esporas impactaron en una cinta Melinex recubierta con una solución de silicona al 2 %. La preparación de las muestras se realizó según la metodología propuesta por Galán et al. (2007). Se marcaron líneas por la parte posterior con un rotulador de punta superfina correspondientes a cada hora del día. Se realizó la observación en cuatro barridos horizontales en la franja correspondiente a las 11.00 h de las muestras coincidentes con el mismo día y hora de los muestreos viables. Se utilizó un aumento de 400 x y 1000 x en algunos casos para lograr un examen más detallado. Los resultados de las concentraciones se expresaron como esporas por metro cúbico de aire (esporas/m^3).

El análisis ecológico se basó en la frecuencia relativa (FR) y densidad relativa (DR) de los hongos identificados, que se calculó mediante las siguientes ecuaciones: FR = número de días en los que se detecta un taxón / número de días de un período determinado x 100; DR = concentración del taxon/ concentración de las esporas totales identificadas o propágulos fúngicos viables en un período determinado x 100 (Esquivel et al. 2003). El coeficiente de similitud de Sørensen (Sørensen 1948) se utilizó para comparar las semejanzas entre la composición de géneros y especies entre los tres períodos de estudio: Coeficiente de similitud de Sørensen (QS) = 2C/A + B, donde A y B son el número de géneros y/o especies de los períodos a comparar, y C es el número de géneros o especies comunes (Abu-Dieyeh et al. 2010). Se utilizaron los criterios de Lee et al. (2006) con una modificación para determinar la relación entre la concentración de propágulos fúngicos viables y no viables en cada día de muestreo, que indica la cultivabilidad de los propágulos fúngicos (C) y se calculó mediante la siguiente ecuación: C (%) = Concentración de propágulos fúngicos cultivables (UFC/m^3) / Concentración total de esporas de hongos (esporas/m^3) × 100.

A los datos de concentración de propágulos viables (UFC/m^3) se les comprobó la normalidad (prueba de Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad de varianza (prueba de Bartlett). Posteriormente, para detectar la existencia de diferencias significativas entre estos valores, se realizó un análisis de varianza de clasificación simple que se completó, cuando existieron diferencias significativas, con la prueba de Tukey. También se realizó la prueba de Kruskal Wallis para comparar las concentraciones totales y de los géneros predominantes, obtenidas por cada método. Además, se realizó la prueba U de Mann-Whitney para comparar las concentraciones promedio de propágulos viables totales y no viables de los tres períodos. La relación entre la concentración de los géneros fúngicos más frecuentes detectados y los valores promedio de las variables meteorológicas diarias y de hasta tres días anteriores, se analizó a través del coeficiente de correlación por rangos de Spearman (rs). Los datos meteorológicos corresponden a la estación de Casablanca, estación No. 78325 del Instituto de Meteorología (INSMET, 2018). Dicha estación está ubicada dentro de la ciudad de La Habana, en los 23 º 08 ’ 35 ’’ de latitud norte y los 82 º 20 ’30 ’’ de longitud oeste (González et al. 2013) a 4 km de la Facultad de Biología (Almaguer et al. 2013). Todas las pruebas utilizadas se encuentran en el programa estadístico SATISTICA 8.0.

RESULTADOS

En la atmósfera de La Habana, las concentraciones de propágulos viables y de esporas totales de los tres períodos poco lluviosos analizados fueron similares (Kruskal-Wallis $p_{viable} = 0.9199$ y $p_{no\ viable} = 0.1054$).

En el período 1 la mayor concentración de propágulos fúngicos cultivables se detectó el 5 de abril de 2013 (1781 UFC/m^3) y la menor el 16 de noviembre de 2012 (80 UFC/m^3). El valor promedio de este período fue de 710 UFC/m^3, y en siete muestreos se constató una concentración superior a dicho valor (**Fig. 4**). La mayor concentración de propágulos fúngicos cultivables del período 2 se detectó el 20 de noviembre de 2013 (2517 UFC/m^3) y la menor el 14 de marzo de 2014 (195 UFC/m^3), con un promedio de 731 UFC/m^3 e igualmente siete muestreos con concentraciones superiores a dicho valor promedio.

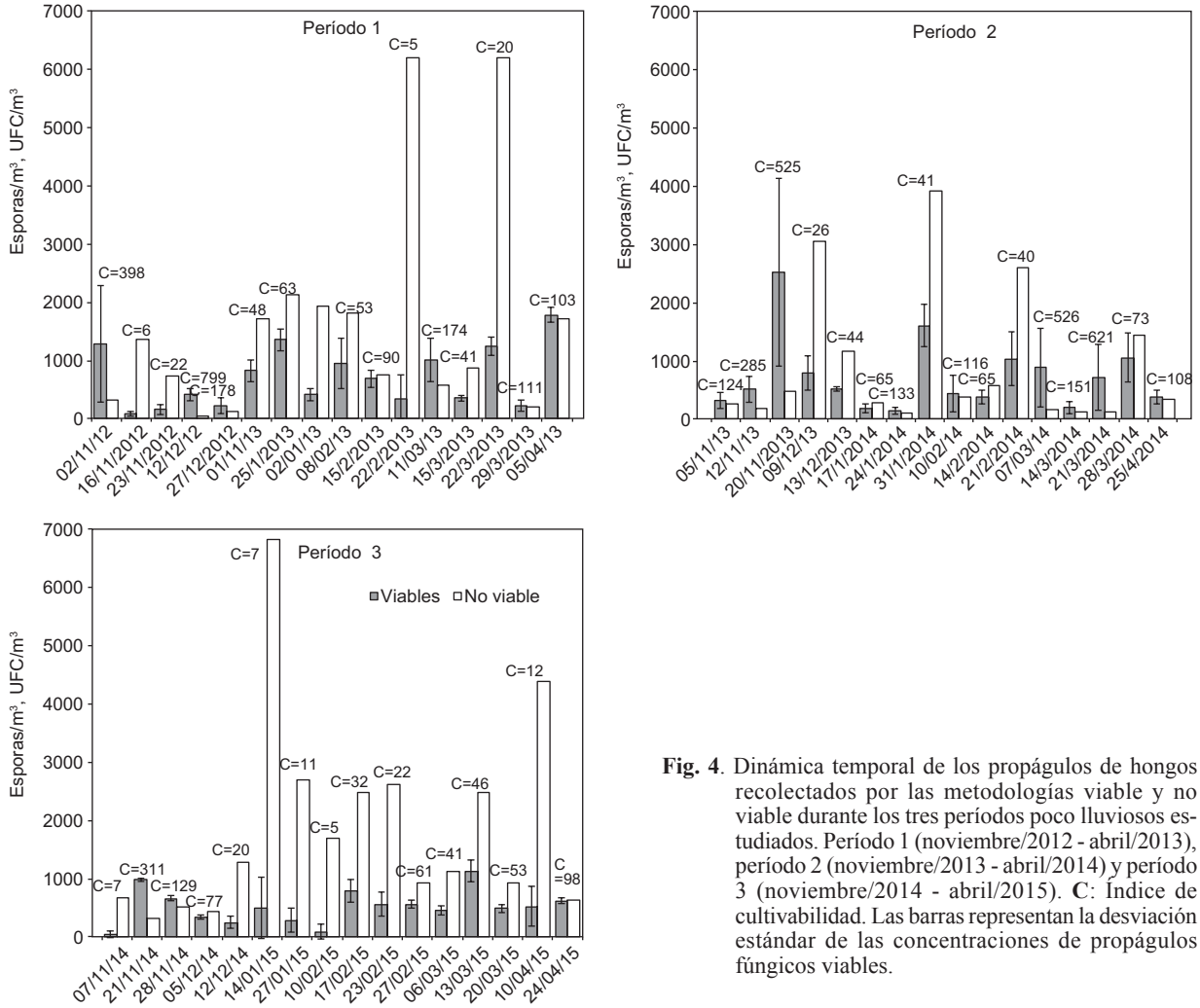

Fig. 4. Dinámica temporal de los propágulos de hongos recolectados por las metodologías viable y no viable durante los tres períodos poco lluviosos estudiados. Período 1 (noviembre/2012 - abril/2013), período 2 (noviembre/2013 - abril/2014) y período 3 (noviembre/2014 - abril/2015). **C**: Índice de cultivabilidad. Las barras representan la desviación estándar de las concentraciones de propágulos fúngicos viables.

En el período 3 el mayor valor de concentración se detectó el 13 de marzo de 2015 (1138 UFC/m^3) y el menor el 7 de noviembre de 2014 (46 UFC/m^3), el promedio fue de 521 UFC/m^3, superado en ocho muestreos.

Los valores de concentración de esporas fúngicas en el período 1 oscilaron entre 52 esporas/m^3 (12 de diciembre de 2012) y 6203 esporas/m^3 (22 de febrero de 2013 y el 22 de marzo de 2013). La concentración promedio de este período fue de 1673 esporas/m^3, y en cinco muestreos se evidenció una concentración superior. En el período 2 se detectaron concentraciones entre 104 esporas/m^3 (24 de enero de 2014) y 3056 esporas/m^3 (31 de enero de 2014), el promedio fue de 951 esporas/m^3, y seis de los muestreos mostraron mayores concentraciones. Los valores de concentración de esporas en el período 3 oscilaron entre 316 esporas/m^3 (21 de noviembre de 2014) y 6835 esporas/m^3 (14 de enero de 2015). El valor promedio de este período fue de 1878 esporas/m^3, y en seis de los muestreos se encontraron concentraciones superiores.

Los valores de concentración de esporas fúngicas no se diferenciaron estadísticamente de la concentración de própagulos fúngicos cultivables, según la prueba U de Mann-Whitney (p = 1.000).

Se identificaron 32 géneros fúngicos, tres sólo mediante cultivo (*Phoma, Rhyzopus* y *Chrysonilia*), 17 sólo con metodología no viable (*Leptosphaeria, Coprinus, Cercospora, Pseudocercospora, Epicoccum, Ganoderma, Pleospora, Chaetomium, Venturia, Torula, Beltrania, Spegazzinia, Gliomastix, Tetraploa, Pestalotiopsis, Parapheosphaeria* y *Pyricularia*) y 11 con ambos sistemas de captación (*Cladosporium, Aspergillus, Penicillium, Curvularia, Bipolaris, Fusarium, Nigrospora, Monodictys, Pithomyces,*

Alternaria y *Periconia*). También se identificaron esporas del orden Uredinales y de la familia Xylariaceae por el método no viable (**Cuadro I**).

Cladosporium fue el género más frecuente y abundante en los tres períodos estudiados (FR: 88 - 100 %, DR: 38 - 94.7 %)**.** Un segundo grupo de géneros se detectó con DR > 4 % en los tres períodos. Entre estos se encuentran, *Aspergillus* y *Penicillium* en los tres períodos, *Coprinus* en el período 1*, Periconia* en el período 2. *Aspergillus* destacó por una elevada abundancia (DR 28.7 % en el período 1, DR 40 % en el período 2 y DR 37.9 % en el período 3). El resto de los géneros fueron menos abundantes (DR 0.1 % - 3.7 %) y se encontraron de forma moderada, ocasional o rara (FR 3.7 % - 6 %).

Los valores del QS evidenciaron que los resultados obtenidos por ambos métodos durante los tres períodos de muestreo fueron similares en la composición de géneros, con valores entre 0.53 y 0.82 (**Cuadro I**).

CUADRO I. DIVERSIDAD ATMOSFÉRICA FÚNGICA, DENSIDAD RELATIVA (DR) Y FRECUENCIA RELATIVA (FR) EN LA HABANA. QS = COEFICIENTE DE SIMILITUD DE SØRENSEN

	Período 1				Período 2				Período 3			
	Viable		No viable		Viable		No viable		Viable		No viable	
Hongos	DR	FR	DR	FR	DR	FR	DR	FR	DR	FR	DR	FR
Cladosporium Link	54.1	100	61.5	88	37.6	88	70.8	94	94.7	94	88.7	94
Aspergillus P. Micheli ex Link	28.7	75			39.5	69			37.9	75		
Penicillium Link	9.4	88			4.8	63			35.61	81		
Aspergillus/Penicillium			12.4	81			3.5	50			2.7	13
Curvularia Boedijn	2.8	44	0.4	38	2.6	44	0.7	25			0.5	13
Bipolaris Shoemaker			0.2	25	0.2	6	0.2	13	0.4	6		
Fusarium Link	1	31	0.2	13	3.5	31					0.2	6
Nigrospora Zimm	1	25	2.4	69	0.6	13	1.5	44			0.5	13
Monodictys S. Hughes	0.8	13	0.5	31			3	25				
Pithomyces Berk. & Broome	0.2	6	0.2	13			0.1	6				
Alternaria Nees	1	19			0.2	6	0.1	6	1.5	13	0.7	19
Leptosphaeria Ces. & De Not.			3.7	63			1.5	31			2,2	25
Coprinus Pers.			4.4	69			2.5	56			1	19
Cercospora Fresen.			0.1	13			0.8	25			0.2	13
Pseudocercospora Speg.			0.2	6			0.4	19				
Epicoccum Link.							0.1	6				
Periconia Tode			1.9	56			4.3	63	0.4	6	0.7	19
Ganoderma P. Karst.			0.6	38							0.2	6
Uredinales			0.5	31			1.1	50			0.7	19
Pleospora Rabenh. ex Ces. & De Not.			0.1	13			0.1	6			0.2	6
Chaetomium Kunze ex Fr			0.2	13			0.1	6			0.2	6
Xylariaceae			0.1	13			0.8	13			0.2	6
Venturia De Not.			2.2	69			1	31			0.7	13
Torula Pers.			0.7	31			0.6	25				
Beltrania Penz.			0.7	25			0.2	13				
Spegazzinia Sacc.			0.5	31								
Gliomastix Guég.			0.1	13								
Tetraploa Berk. & Broome							0.1	6				
Pestalotiopsis Steyaert							0.2	13				
Paraphaeosphaeria O.E. Erikss.							0.3	13				
Pyricularia Sacc.				6			0.1	6				
Phoma Sacc.	0.2	6										
Rhyzopus Ehrenb.						6			1	19		
Chrysonilia (Mont) Arx	0.4	6										
Stemphilium Wallr											0.2	6

Viable Período 1- Período 2 QS=0,76; Período 2- Período 3 QS=0,75; Período 1- Período 3 QS=0,53
No viable Período 1- Período 2 QS=0,82; Período 2- Período 3 QS=0,67; Período 1- Período 3 QS=0,75

Posteriormente se identificaron 41 especies de los géneros con FR > 10 % y DR > 1 % recolectados por la metodología viable: *Cladosporium* (6), *Aspergillus* (10), *Alternaria* (2), *Curvularia* (3), *Fusarium* (3), *Nigrospora* (1), *Penicillium* (14) y *Rhizopus* (2).

Cladosporium cladosporioides fue la especie más frecuente (**Cuadro II**). Lo sigue *Aspergillus flavus,* que se encontró de forma moderada en el período 1 y ocasional en los períodos 2 y 3. También destacaron *Aspergillus sydowii* de forma ocasional en el período

CUADRO II. DIVERSIDAD DE ESPECIES DETECTADAS POR EL MÉTODO VIABLE EN LA ATMÓSFERA DE LA HABANA, DENSIDAD RELATIVA (DR) Y FRECUENCIA RELATIVA (FR). QS = COEFICIENTE DE SIMILITUD DE SØRENSEN

	Período 1	Período 2	Período 3
Epecies	FR	FR	FR
Cladosporium cladosporioides (Fresen) G.A. de Vries	100	69	75
Cladosporium sphaerospermum Penz.	6		13
Cladosporium basiinflatum Bensch, Crous & U. Braun			19
Cladosporium exile Bensch, Glawe, Crous & U. Braun			19
Cladosporium oxysporum Berk. & M.A. Curtis			44
Cladosporium tenuissimum Cooke, Grevillea			31
Aspergillus flavus Link	44	31	38
Aspergillus niger Tiegh.	19	19	19
Aspergillus terreus Thom	19		
Aspergillus clavatus Desm.	6	6	
Aspergillus sydowii (Bainier & Sartory) Thom & Church	6		25
Aspergillus carbonarius (Bainier) Thom	6	6	
Aspergillus versicolor (Vuill.)Tirab.	6		6
Aspergillus fumigatus Fresen	6		6
Aspergillus tamarii Kita	6		
Aspergillus uvarum G. Perrone, Varga & Kozak.			6
Alternaria alternata (Fr.) Keissl	13		
Alternaria tenuissima (Kunze) Wiltshire	6	6	13
Curvularia aeria (Bat., J.A. Lima & C.T. Vasconc.) Tsuda	38	25	
Curvularia verruculosa Tandon & Bilgrami ex M.B. Ellis	6		
Curvularia pallescens Boedijn	6	6	
Fusarium sulphureum Schltdl.	25	6	
Fusarium oxysporum Schltdl.		6	
Fusarium graminearum Schwabe	13		
Nigrospora sphaerica (Sacc.) E.W. Mason	19	13	
Penicillium citrinum Thom	19	6	13
Penicillium chrysogenum Thom	19	6	19
Penicillium aurantiogriseum Dierckx	19	25	13
Penicillium fellutanum Biourge	19	13	
Penicillium minioluteum Dierckx	13		
Penicillium janczewskii K.M. Zalessky	6		
Penicillium decumbens Thom	6		
Penicillium waksmanii K.M. Zalessky		6	
Penicillium citreonigrum Dierckx	13		
Penicillium purpurogenum Stoll			13
Penicillium janthinellum Biourge			19
Penicillium corylophilum Dierckx			6
Penicillium frequentans Westling			6
*Penicillium griseofulvu*m Dierckx			6
Rhizopus nigricans Ehrenb.			13
Rhizopus stolonifer (Ehrenb.) Vuill.			6

Período 1- Período 2 QS=0,65; Período 2- Período 3 QS=0,34; Período 1- Período 3 QS=0,42

3 y *Penicillium aurantiogriseum* como ocasional en el período 2. Asimismo, fueron ocasionales *Fusarium sulphureum* en el período 1 y *Curvularia aeria* en los dos primeros períodos. Los períodos 1 y 2 fueron similares en la composición de especies (QS P1 - P2 = 0. 65), ya que más de la mitad de las especies detectadas están presentes en ambos. Mientras que el período 3 difirió del 1 y el 2 teniendo en cuenta los valores obtenidos a través del QS (QS P2 - P3 = 0.34, QS P1 - P3 = 0.43).

Mediante los dos métodos de muestreo se constató que las mayores concentraciones correspondieron a *Cladosporium* (**Cuadro III**). Los máximos niveles diarios de este género en el período 1 fueron de 4069 UFC/m^3 (5 de abril de 2013) y 4364 esporas/m^3 (22 de febrero de 2013). En el período 2 se registraron 1966 UFC/m^3 (7 de marzo de 2014) y 3406 esporas/m^3 (31 de enero de 2014). En el período 3 se obtuvieron como máximos valores 1000 UFC/m^3 (13 de marzo de 2015) y 1450 esporas/m^3 (23 de febrero de 2015).

Los máximos valores diarios de concentración de *Aspergillus* se localizaron en noviembre en los períodos 1 y 2, 1000 UFC/m^3 (2 de noviembre de 2012) y 2400 UFC/m^3 (20 de noviembre de 2013). En el período 3 el valor máximo de concentración se detectó el 27 de febrero de 2015 (172 UFC/m^3) (**Cuadro III**). *Penicillium* alcanzó máximas concentraciones el 25 de enero de 2013 (379 UFC/m^3), el 5 de noviembre de 2013 (276 UFC/m^3) y el 28 de noviembre de 2014 (264 UFC/m^3). El tipo esporal *Aspegillus/Penicillium* se encontró en la atmósfera con una concentración promedio mayor en el primer período (189 esporas/m^3) respecto al segundo (32 esporas/m^3) y al tercero (60 esporas/m^3), con máximos valores el 22 de febrero de 2013 (712 esporas/m^3), el 5 de noviembre de 2013 (181 esporas/m^3) y el 28 de noviembre de 2014 (273 esporas/m^3).

La concentración de propágulos fúngicos viables de *Curvularia* y *Fusarium* no se diferenciaron significativamente y tienden a representarse mejor por el método viable (mayor FR y DR).

La temperatura media (Tmed-1) del día anterior al muestreo y la del mismo día (Tmed), así como la humedad relativa media de dos y tres días antes (Hr med-2 y Hr med-3) mostraron una correlación positiva con la concentración total de propágulos fúngicos viables (Tmed-1, rs = 0.3610*; Tmed, rs = 0.4827*; Hr med-2, rs = 0.3122*; Hr med-3, rs = 0.3099*). Además, el género *Cladosporium* presentó una correlación positiva con la temperatura del día del muestreo y hasta dos días previos (rs = 0.4398*; rs = 0.4494*; rs = 0.3248*). Asimismo, la concentración de *Aspergillus* se correlacionó positivamente con la temperatura media y la humedad relativa media de tres días antes al muestreo (rs = 0.4522*; rs = 0.2996*) y negativamente con las precipitaciones de tres días previos al muestreo (rs = - 0.3046*).

DISCUSIÓN

En este estudio se utilizaron dos equipos, uno para la recolecta de hongos viables (muestreador chirana) y uno no viable para la recogida de esporas (Lanzoni VPPS 2000), cuya eficacia se ha demostrado por otros investigadores en ambientes exteriores o interiores (Medrela-Kuder 2003). El muestreador chirana se escogió para este estudio debido a que las escasas investigaciones aerobiológicas sistemáticas realizadas con anterioridad en La Habana utilizaron este mismo equipo (Rojas et al. 2007, Rojas 2010, Almaguer et al. 2013), por lo que facilitaba la comparación de los resultados obtenidos. Además, permite aislar los propágulos del aire, realizar los cultivos y lograr una identificación taxonómica más precisa, incluso de algunos hongos de rápido crecimiento, cuyas esporas no son diferenciables por métodos no viables. Por su parte, la utilización del equipo de captación no viable permitió un registro de esporas de varios géneros y tipos esporales y estudiar su dinámica temporal. Por tanto, la utilización de ambas metodologías presenta grandes ventajas para obtener una caracterización completa de la micobiota ambiental, ya que se complementan.

En los tres períodos estudiados la concentración total promedio obtenida mediante cada método no se diferenció estadísticamente. No obstante, si se analiza cada estación de forma independiente se observan mayores concentraciones de esporas fúngicas (C < 100 %), en diez muestreos del período 1, siete del período 2 y 14 del período 3. Esta diferencia puede deberse a que en el recuento mediante identificación visual se registran todas las esporas, independientemente de su viabilidad, mientras que en el muestreo de viables se detectan sólo las esporas viables capaces de crecer en el medio de cultivo y las condiciones de incubación seleccionadas. Además, algunos hongos filamentosos, como los parásitos foliares, pueden detectarse sólo por el método no viable (Pyrri y Kapsamaki-Gotsi 2007). Por otra parte, la pérdida de viabilidad de las esporas en el aire puede explicar algunos valores bajos de propágulos detectados con el método viable. La alta radiación y temperatura del trópico que se manifiesta a las 11:00 h puede favorecer la desecación de las esporas aerotransportadas y disminuir su viabilidad. En este sentido, Pyrri y

CUADRO III. CONCENTRACIONES DE PROPÁGULOS EN UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS (UFC/M^3) Y ESPORAS (ESPORAS/M^3) DE *Cladosporium*, *Aspergillus, Penicillium* Y A*spergillus/Penicillium* DURANTE LOS TRES PERÍODOS DE MUESTREOS.

	Cladosporium		*Aspergillus*	*Penicillium*	*Aspergillus/Penicillium*
Fecha	Viable (UFC/m^3)	No viable (esporas/m^3)	Viable (UFC/m^3)	Viable (UFC/m3)	No viable (esporas/m3)
			Período 1		
02/11/12	34	-	1000	103	-
16/11/2012	34	777	-	-	350
23/11/2012	69	337	69	34	-
12/12/12	207	26	241	138	-
27/12/2012	69	-	69	-	52
01/11/13	586	932	138	207	272
25/1/2013	552	1645	241	379	168
02/01/13	207	609	172	207	414
08/02/13	414	1101	-	69	337
15/2/2013	828	466	138	69	52
22/2/2013	724	4364	-	34	712
11/03/13	828	246	-	69	65
15/3/2013	276	414	138	34	259
22/3/2013	172	2888	-	138	181
29/3/2013	172	91	34	69	65
05/04/13	4069	1088	69	69	104
			Período 2		
05/11/13	34	13	172	276	181
12/11/13	345	-	828	-	-
20/11/2013	966	414	2400	138	-
09/12/13	655	1955	172	-	-
13/12/2013	414	829	-	103	26
17/1/2014	-	26	276	34	65
24/1/2014	-	26	34	-	-
31/1/2014	828	3406	-	-	39
10/02/14	276	39	586	172	-
14/2/2014	379	518	69	172	-
21/2/2014	966	2266	-	0	65
07/03/14	1966	26	-	34	52
14/3/2014	345	13	-	-	13
21/3/2014	586	39	69	103	-
28/3/2014	379	673	69	-	78
25/4/2014	690	220	-	103	-
			Período 3		
07/11/14	-	78	-	-	-
21/11/14	259	1075	34	69	117
28/11/14	267	130	69	264	273
05/12/14	41	-	138	138	-
12/12/14	34	427	-	52	52
14/01/15	43	39	34	34	39
27/01/15	34	65	97	69	104
10/02/15	34	194	52	-	-
17/02/15	287	194	69	161	65
23/02/15	284	1450	-	207	39
27/02/15	241	117	172	155	65
06/03/15	86	130	138	34	117
13/03/15	1000	78	-	-	-
20/03/15	181	246	147	69	-
10/04/15	34	52	94	103	-
24/04/15	207	492	80	241	91

Kapsamaki-Gotsi (2007) informaron una pérdida de 20 a 94 % de viabilidad de los propágulos de hongos en el aire en Atenas, Grecia.

En seis muestreos del período 1, nueve del período 2 y dos del período 3 se detectaron concentraciones mayores por el método viable (C > 100 %). Lee et al. (2006) obtuvieron similares resultados en el aire de una zona urbana de los Estados Unidos América (EUA). Esto puede deberse a que en el medio de cultivo es posible obtener crecimiento de colonias a partir de fragmentos de hifas que no se contaron mediante el método no viable (Akgül et al. 2016). Por otro lado, el aire no es homogéneo y los propágulos fúngicos se suelen encontrar en conglomerados, lo que puede contribuir a algunas diferencias en los resultados al utilizar métodos combinados de recolección. Fernández-Rodríguez et al. (2011) y Tormo-Molina et al. (2012) plantearon que en muestreos que usan métodos viables y no viables simultáneamente, puede calcularse el índice de cultivabilidad definida por Lee et al. (2006).

La comparación de las concentraciones promedio de cada período evidenció similitud entre los tres períodos. Entre las variables meteorológicas que pueden influir en esta semejanza está la temperatura media del mismo día y del día anterior. Éstas se correlacionaron positivamente con las concentraciones totales de propágulos viables y oscilaron entre 18.7 y 27.4 ºC. La humedad relativa de dos y tres días previos al muestreo se relacionó de forma positiva con la concentración de propágulos fúngicos viables. Ello evidencia condiciones que pueden favorecer la formación y el desarrollo de las esporas.

Anteriormente, Almaguer et al. (2013) constataron que la humedad relativa es la variable meteorológica que más se correlaciona con la concentración fúngica total y de los hongos predominantes en La Habana. No obstante, se ha comprobado que la humedad relativa puede tener una correlación variable sobre las concentraciones fúngicas dependiendo de la combinación de aquella con otros factores meteorológicos (Grinn-Gofron y Strelcazak 2013, Grinn-Gofron y Bosiacka 2015).

En la presente investigación, sólo se evidenció correlación entre las precipitaciones con las concentraciones del género *Aspergillus*. Este hecho también se reportó en San Juan, Puerto Rico y Oporto, Portugal, por Quintero et al. (2010) y Oliveira et al. (2007) respectivamente.

Mediante ambos metódos se evidenció el predominio de hifomicetos, lo que concuerda con los estudios previos realizados en la zona de estudio (Rojas et al. 2007, Almaguer et al. 2012, Almaguer y Rojas 2013). Los 11 géneros que se identificaron por ambos sistemas volumétricos, se citaron anteriormente en estudios ambientales cubanos de exteriores, en los que también se reflejó a *Cladosporium, Aspergillus* y *Penicillium* como abundantes (Almaguer et al. 2012, Almaguer y Rojas 2013). Similares resultados se registraron en República Dominicana (Landa et al. 2015), Colombia (Alzate et al. 2015) y México (Rocha et al. 2013).

Se constató que la temperatura registrada en el día de muestreo y hasta dos días antes, se relacionó positivamente con las concentraciones de propágulos viables del género *Cladosporium*. Este tiene un desarrollo óptimo entre 20 y 28 ºC, valores de temperatura que se alcanzan en estos períodos poco lluviosos. Varios autores han planteado que la temperatura influye notablemente sobre la biología de este género (Grinn-Gofron y Bosiacka 2015, Kasprzyk et al. 2016). En Rumanía, Ianovici (2016) comprobó que esta variable meteorológica tenía una fuerte influencia sobre su concentracion en el aire.

La detección del género *Cladosporium* en el aire tiene importancia para la salud humana, ya que sus esporas tienen un reconocido carácter alergénico (Tham et al. 2017). Adicionalmente, pueden causar feohifomicosis en personas inmumocomprometidas (Qiu-Xia et al. 2008). La especie *Cladosporium cladosporioides* fue la más frecuente, lo que se ha comprobado en la misma zona de estudio durante otros períodos y en otros países tropicales (Flores et al. 2007, Kshirsagar y Pande 2012, Almaguer y Rojas 2013). Sin embargo, se informa por primera vez para Cuba la presencia en el aire de propágulos de *C. exile* y *C. basiinflatum*. Estas especies fueron aisladas en los EUA sobre las hojas de plantas de la familia de las Betuláceas (*Corylus avellana*) y en Alemania en la superficie de plantas de la familia de las Poáceas o gramíneas (*Hordum vulgare*) (Bensch et al. 2012). Estas especies no se han registrado en el aire anteriormente. Ello se debe a que la mayoría de los estudios aeromicológicos se realizan mediante métodos volumétricos no viables y sólo diferencian las esporas de *Cladosporium* en dos tipos esporales (*C. cladosporioides* y *C. herbarum*), teniendo en cuenta las principales características morfológicas de las esporas.

El patrón temporal variable y la abundancia de *Aspergillus* y *Penicillium* en la atmósfera habanera está en correspondencia con los estudios previos de Rojas et al. (2007) y Almaguer et al. (2013). Estos géneros producen gran cantidad de esporas, que se relacionan con varias enfermedades en los humanos, debido a su fácil penetración en las vías respiratorias. Venero et al. (2009) indicaron su posible impacto

en el asma bronquial y la rinitis en escolares de La Habana. Estos géneros cuentan con gran cantidad de especies, de las cuales se destacan como causales de procesos alérgicos *A. flavus, A. fumigatus, A. niger* y *P. citrinum* (Pomés et al. 2016, Roy et al. 2017, Mueller-Rompa et al. 2017).

Penicillium jancezewski se registra por primera vez en la atmósfera de Cuba. Esta especie es común en alimentos y el suelo, por lo que sus esporas pueden ser arrastradas por el viento desde estos sustratos (Cruz et al. 2013). Se ha comprobado que produce varias micotoxinas como la neurotoxina penitrem A y la ocratoxina A (Oancea y Stoia 2008). La correlación positiva entre las concentraciones de *Aspergillus* y la temperatura media de tres días previos al muestreo puede incidir en el desarrollo y formación de esporas. El valor promedio de la temperatura durante los períodos evaluados fue de 24 ºC, valor que se encuentra en el rango óptimo para el desarrollo de las especies identificadas de este género (Samson et al. 2014). La correlación positiva entre la concentración y la temperatura de periodos previos al día muestreo, también fue detectada por Grinn-Gofron (2011) en Polonia.

Aunque menos frecuente, también es importante la detección del género *Alternaria,* ya que en estos hongos pigmentados se han identificado varias proteínas alergénicas, que también pueden encontrarse en el género *Cladosporium*. La especie implicada con más frecuencia en procesos alérgicos es *A. alternata* (Gabriel et al. 2017), que fue detectada en el presente estudio y se ha informado en otros períodos analizados en la misma zona de estudio (Almaguer y Rojas 2013).

Los géneros que sólo se detectaron a través de la metodología no viable, pertenecen a hongos conidiales (*Epicoccum, Spegazzinia, Pestalotiopsis, Tetraploa* y *Torula*), ascomicetos (*Leptosphaeria, Paraphaeosphaeria, Chaetomium,* Xylariaceae*, Pleospora* y *Venturia*) y basidiomicetos (Uredinales*, Coprinus* y *Ganoderma*), previamente citados en la atmósfera de la zona de estudio (Almaguer et al. 2015).

El QS permitió evaluar cualitativamente la similitud entre los tres períodos muestreados, evidenciando que el grado de recambio en la composición fúngica entre estos períodos fue bajo. La mayoría de los géneros y especies identificados estuvo presente en los tres períodos. Lo que puede deberse a que gran parte de la micobiota identificada es pantropical, saprobias sobre diversas plantas y se encuentra ampliamente distribuida en el occidente de Cuba (Ellis 1971, Seifert et al. 2011).

No se aprecia una coincidencia en la fecha de los valores máximos de concentración de los géneros predominantes, por lo que el impacto depende en gran medida de la capacidad alergénica de cada uno. De ahí la importancia de estudiar la dinámica aeromicológica de la mayor diversidad fúngica posible.

La evaluación de la diversidad aeromicológica en períodos invernales en el occidente de Cuba tiene aplicación práctica en la salud ya que estos propágulos fúngicos pueden producir reacciones alérgicas debido a las proteínas o glicoproteínas que se encuentran en su pared (Pomés et al. 2016). En este tipo de respuesta influye la concentración en el aire de esporas que sean capaces de inducir sensibilización, pudiendo producir rinitis, asma bronquial o neumonitis. La severidad de este tipo de patología depende del tipo de hongo, de la zona de las vías respiratorias donde se depositen las esporas y de la susceptibilidad individual (Ayats et al. 2011). El clima durante los periodos poco lluviosos es más variable en la zona occidental del país. Los valores de la temperatura fluctúan notablamente, es menos caluroso, las precipitaciones son más escasas y llegan frentes fríos (Lecha et al. 1994). Sin embargo, durante los tres períodos analizados en este estudio se observó una similitud fúngica cualitativa y cuantitativa. En Cuba se ha trabajado en métodos de pronósticos biometeorológicos para ofrecer con antelación información oportuna a las instituciones de salud y servicios de emergencia médica, buscando la prevención y profilaxis de algunas enfermedades crónicas no transmisibles de alta incidencia (Lecha 2018). En este sentido los datos aportados por este trabajo contribuyen a mejorar la salud de la población cubana, sobre todo en un período de alta incidencia de alergias y otras enfermedades respiratorias.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Osvaldo Cuesta y al Lic. Javier Bolufé del Instituto de Meteorología (INSMET) por el acceso a los datos meteorológicos, como parte del Proyecto Nacional P211LH007-017 “Caracterización aeromicológica de la atmósfera de La Habana: su impacto en la salud y la agricultura”.

REFERENCIAS

Abu-Dieyeh M. H., Barham R., Abu-Elteen K., Al-Rashidi R. y Shaheen I. (2010). Seasonal variation of fungal spore populations in the atmosphere of Zarqa Area, Jordan. Aerobiologia 26 (4), 263-276. DOI: 10.1007/s10453-010-9162-2

Akgül H., Yılmazkaya D., Akata I., Tosunoğlu A. y Bıçakçı A. (2016). Determination of airborne fungal spores of Gaziantep (SE Turkey). Aerobiologia 32 (3), 441-452. DOI: 10.1007/s10453-015-9417-z

Almaguer M. y Rojas T. (2013). Aeromicota viable de la atmósfera de La Habana, Cuba. NACC. Bioloxía 20, 35-45.

Almaguer M., Aira M. J., Rodríguez-Rajo F. J. y Rojas T. I. (2013). Study of airborne fungus spores by viable and non-viable methods in Havana, Cuba. Grana 52 (4), 289-298. DOI: 10.1080/00173134.2013.829869

Almaguer M., Aira M. J., Rodríguez-Rajo F. J., Fernandez-Gonzalez M. y Rojas-Flores T. I. (2015). Thirty-four identifiable airborne fungal spores in Havana, Cuba. Ann. Agric. Environ. Med. 22 (2), 215-220. DOI: 10.5604/12321966.1152068

Almaguer M., Rojas T., Dobal V., Batista A., Rives N., Aira M. J., Hernández A. N. y Hernández A. (2012). Aerobiological dynamics of potentially pathogenic fungi in a rice agroecosystem in La Habana, Cuba. Aerobiologia 28 (2), 177-83. DOI: 10.1007/s10453-011-9222-2

Alzate F., Quijano M. A., Alvarez A. y Fonnegra R. (2015). Atmospheric pollen and spore content in the urban area of the City of Medellin, Colombia. Hoehnea 42, 1-13. DOI: 10.1590/2236-8906-52/2013

Ayats J., Martín-Mazuelos E., Pemán J., Quindós G., Sánchez F., García-Rodríguez J. y Cuenca-Estrella M. (2011). Recomendaciones sobre el diagnóstico de la enfermedad fúngica invasora de la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica (SEIMC). Actualización 2010. Enferm. Infecc. Microbiol. Clin. 29 (1), 39-41. DOI: 10.1016/j.eimc.2010.08.005

Bensch K., Groenewald J. Z., Dijksterhuis J., Starink-Willemse M., Andersen B., Summerell B. A., Shin H. D., Dugan F. M., Schroers H. J., Braun U. y Crous P. W. (2012). Species and ecological diversity within the *Cladosporium cladosporioides* complex (Davidiellaceae, Capnodiales). Stud. Mycol. 67, 1-94. DOI: 10.3114/sim.2010.67.01

Cruz R., Silva J., Cordoville J., Santos M. J., Massa D. M. y Pereira G. (2013). Diversity of filamentous fungi of Area from Brazilian Caatinga and high-level tannase production using mango (*Mangifera Indica* L.) and surinam cherry (*Eugenia uniflora* L.) leaves under Ssf. Adv. Microbiol. 3 (8), 52-60. DOI: 10.4236/aim.2013.38A009

Das S. y Gupta-Bhattacharya S. (2012). Monitoring and assessment of airborne fungi in Kolkata, India, by viable and non-viable air sampling methods. Environ. Monit. Assess. 184 (8), 4671-4684. DOI: 10.1007/s10661-011-2294-1

Ellis M.B. (1971). Dematiaceous hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, Inglaterra, 608 pp.

Esquivel P., Mangaterra M., Giusiano G. y Sosa M. (2003). Microhongos anemófilos en ambientes abiertos de dos ciudades del nordeste argentino. Bol. Micol. 18, 21-28. DOI: 10.22370/bolmicol.2003.18.0.376

Fernández-Rodríguez S. F., Manzano J. M. M., Garrido, A. O., de Tena Pascual, D., Palacios, I. S., Garijo, Á. G. y Molina, R. T. (2011). Evaluating fungi indoor presence in homes through viable and non-viable sampling. Bol. Micol. 26. 2-9. DOI: 10.22370/bolmicol.2011.26.0.63

Flores Tena F., Pardavé L. y Valenzuela Cárdenas I. (2007). Estudio aerobiológico de la zona aledaña al relleno sanitario "San Nicolás", Municipio de Aguascalientes. Investigación y Ciencia 15 (37), 13-18.

Gabriel M. F., Postigo I., Tomaz C. T. y Martínez J. (2017). *Alternaria alternata* allergens: Markers of exposure, phylogeny and risk of fungi-induced respiratory allergy. Environ. Int. 89, 71-80. DOI: 10.1016/j.envint.2016.01.003

Gabriel M. F., Uriel N., Teifoori F., Postigo I., Suñén E. y Martínez J. (2017). The major *Alternaria alternata* allergen, Alt a 1: A reliable and specific marker of fungal contamination in citrus fruits. Int. J. Food. Microbiol. 257, 26-30. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.06.006

Galán C., Cariñanos P., Alcázar P., y Domínguez E. (2007). Manual de calidad y gestión de la red española de aerobiología. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba, España, 61 pp.

Grinn-Gofron A. (2011). Airborne *Aspergillus* and *Penicillium* in the atmosphere of Szczecin (Poland) (2004–2009). Aerobiologia 27 (1), 67-76. DOI: 10.1007/s10453-010-9177-8

Grinn-Gofron A. y Bosiacka B. (2015). Effects of meteorological factors on the composition of selected fungal spores in the air. Aerobiologia 31 (1), 63-72. DOI: 10.1007/s10453-014-9347-1

Grinn-Gofroń A. y Strzelczak A. (2013). Changes in concentration of *Alternaria* and *Cladosporium* spores during summer storms. Int. J. Biometeorol. 57 (5), 759-768. DOI: 10.1007/s00484-012-0604-0

Ianovici N. (2016). Atmospheric concentrations of selected allergenic fungal spores in relation to some meteorological factors, in Timişoara (Romania). Aerobiologia 32 (1), 139-56. DOI: 10.1007/s10453-016-9427-5

Kasprzyk I., Kaszewski B. M., Weryszko-Chmielewska E., Nowak M., Sulborska A., Kaczmarek J., Szymanska A., Haratym W. y Jedryczka M. (2016). Warm and dry weather accelerates and elongates *Cladosporium* spore seasons in Poland. Aerobiologia 32 (1), 109-126. DOI: 10.1007/s10453-016-9425-7

Klich M. A. y Pitt J. I. (1988). A laboratory guide to the common *Aspergillus* species and their teleomorphs. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Division of Food Processing. Sydney, Australia, 116 pp.

Klich M. A. y Pitt J. (1992). A computer assisted synoptic key to common *Penicillium* and their teleomorphs. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Division of Food Processing. Sydney, Australia, 120 pp.

Kshirsagar J. J. y Pande B. N. (2012). Prevalence of *Cladosporium* spores over sunflower fields at Rajuri (N) M. S., India. Sci. Res. Repot. 2 (1), 66-68.

Landa E., Gugnani HC., Burman A., Duman K., Ciochetto Z., Saini H., Prasla I., Bassford J., Uchel T, Park S., Mahon A., Chavez N. y Kotwal G.J. (2015). A simple, cost effective and rapid air borne mold-monitoring model developed in St. Kitts for ensuring global public health safety and food security. Virol. Mycol. 4 (1), 2-6.
DOI: 10.4172/2161-0517.1000139

Lecha L. (2018). Biometeorological forecasts for health surveillance and prevention of meteor-tropic effects. Int. J. Biometeorol. 62 (5), 741-771.
DOI: 10.1007/s00484-017-1405-2

Lecha L., Paz L. y Lapinel B. (1994). El clima de Cuba. Academia, La Habana, Cuba, 50 pp.

Lee T., Grinshpun S. A., Martuzevicius D., Adhikari A., Crawford C. M. y Reponen T. (2006). Culturability and concentration of indoor and outdoor airborne fungi in six single-family homes. Atmos. Environ. 40 (16), 2902-2910.
DOI: 10.1016/j.atmosenv.2006.01.011

Leslie J. F. y Summerell B. A. (2006). The *Fusarium* laboratory manual. Blackwell Publishing, Carlton, Victoria, Australia. 369 pp.

Medrela-Kuder E. (2003). Seasonal variations in the occurrence of culturable airborne fungi in outdoor and indoor air in Craców. Int. Biodeterior. Biodegradation 52 (4), 203-205. DOI: 10.1016/S0964-8305(02)00167-1

Mueller-Rompa S., Janke T., Schwaiger K., Mayer M., Bauer J., Genuneit J. y Ege M. J. (2017). Identification of fungal candidates for asthma protection in a large population-based study. Pediatr. Allergy Immunol. 28 (1), 72-78. DOI: 10.1111/pai.12665

Oancea S. y Stoia M. (2008). Mycotoxins: a review of toxicology, analytical methods and health risks. Universitatis Cibiensis Series E. Food Technology. 7 (1), 19-36.

Oliveira M., Abreu I., Ribeiro H. y Delgado L. (2007). Esporos fúngicos na atmosfera da Cidade Do Porto e suas implicações alergológicas. Rev. Port. Imunoalergologia 15 (1), 61-85.

Pomés A., Chapman M. D. y Wünschmann S. (2016). Indoor allergens and allergic respiratory disease. Curr. Allergy Asthma Rep. 16 (6), 43.
DOI: 10.1007/s11882-016-0622-9

Pyrri I. y Kapsanaki-Gotsi E. (2007). A comparative study on the airborne fungi in Athens, Greece, by viable and non-viable sampling methods. Aerobiologia 23 (1), 3-15. DOI: 10.1007/s10453-006-9039-6

Qiu-Xia C., Chang-Xing L., Wen-Ming H., Jiang-Qiang S., Wen L. y Shun-Fang L. (2008). Subcutaneous phaeohyphomycosis caused by *Cladosporium sphaerospermum*. Mycoses 51, 79-80.
DOI: 10.1111/j.1439-0507.2007.01417.x

Quintero E., Rivera F. y Bolaños B. (2010). Analysis of environmental factors and their effects on fungal spores in the atmosphere of a tropical urban area (San Juan, Puerto Rico). Aerobiologia. 26 (2), 113-24.
DOI: 10.1007/s10453-009-9148-0

Rocha A., Alvarado M. A., Gutiérrez R., Salcedo S. M., y Moreno S. (2013). Variación temporal de esporas de *Alternaria, Cladosporium, Coprinus, Curvularia* y *Venturia* en el aire del área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. Rev. Int. Contam. Ambie. 29 (2), 155-165.

Rojas T. I., Llanes N., Benitez M., Aira M. J.y Malagón H. (2007). El género *Aspergillus* en la atmósfera de La Habana (Cuba). Bol. Micol. 22, 41-46.

Rojas T.I., Martínez E., Aira M.J. y Almaguer M. (2008). Aeromicobiota de ambientes internos: comparación de métodos de muestreo. Bol. Micol. 23, 67-73.

Roy S., Chakraborty A., Maitra S. y Bhattacharya K. (2017). Monitoring of airborne fungal spore load in relation to meteorological factors, air pollutants and allergic symptoms in Farakka, an unexplored biozone of eastern India. Environ. Monit. Assess. 189 (8), 370.
DOI: 10.1007/s10661-017-6044-x

Samson R. A., Visagie C. M., Houbraken J., Hong S. B., Hubka V., Klaassen C.H.W., Perrone G., Seifert K. A., Susca A., Tanney J. B., Varga J., Kocsub S., Szigeti G., Yaguchi T. y Frisvad J. C. (2014). Phylogeny, identification and nomenclature of the genus *Aspergillus*. Stud. Mycol. 78, 141–173.
DOI: 10.1016/j.simyco.2014.07.004

Seifert K., Morgan-Jhones G., Gams W. y Kendrick B. (2011). The genera of hyphomycetes. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, Países Bajos, 650 pp.

Sidel F.F.B., Bouziane H., Del Mar Trigo M., El Haskouri F., Bardei F., Redouane A. y Kazzaz M. (2015). Airborne fungal spores of *Alternaria*, meteorological parameters and predicting variables. Int. J. Biometeorol. 59 (3), 339-346.
DOI: 10.1007/s00484-014-0845-1

Sørensen T. (1948). A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Biol. Skr. 5, 1-34.

Tham R., Katelaris C. H., Vicendese D., Dharmage S. C., Lowe A. J., Bowatte G. y Erbas B. (2017). The role of outdoor fungi on asthma hospital admissions in children and adolescents: A 5-year time stratified case-crossover analysis. Environ. Res. 154, 42-49. DOI: 10.1016/j.envres.2016.12.016

Tormo-Molina R., Gonzalo-Garijo M. A., Fernández-Rodríguez S. y Silva-Palacios I. (2012). Monitoring the occurrence of indoor fungi in a hospital. Rev. Iberoam. Micol. 29 (4), 227-234. DOI: 10.1016/j.riam.2012.04.002

Venero S.J., Varona P., Fabret D., Suárez R., Bonet M. y Molina E. (2009) Asma bronquial y rinitis en escolares de Ciudad de La Habana (2001 a 2002). Revista Cubana de Higiene y Epidemiología 47 (1), 1-5.