

## Aeromicota viable de la atmósfera de La Habana, Cuba

### Airborne culturable fungi of the atmosphere of Havana, Cuba

MICHEL ALMAGUER Y TERESA I. ROJAS-FLORES

Departamento de Microbiología y Virología, Facultad de Biología, Universidad de La Habana,  
La Habana 10400, Cuba  
michelalm@fbio.uh.cu; trojas@fbio.uh.cu

(Recibido: 25/09/2013; Aceptado: 03/10/2103)

#### Resumen

Se ha realizado un estudio del contenido fúngico atmosférico de La Habana (Cuba) durante dos años (noviembre 2010 a octubre 2012), utilizando un captador volumétrico viable (Aeroscope Chirana), con agar extracto de malta como medio de cultivo. Durante los 88 muestreos realizados se han contabilizado 57156 UFC/m<sup>3</sup> cuyos niveles máximos se registraron en los meses de enero y febrero de ambos años de estudio. El género más abundante y frecuente fue *Cladosporium*, seguido de *Aspergillus*, *Penicillium*, *Curvularia*, *Fusarium* y *Alternaria*. *Cladosporium* se mantuvo con concentraciones más elevadas durante el segundo año de estudio. *Aspergillus* predominó durante la estación lluviosa (mayo-octubre) del segundo año, mientras que *Penicillium* prevaleció durante la época lluviosa del primer año. Las concentraciones de *Alternaria* y *Fusarium*, fueron superiores durante el primer año, con máximos mensuales en abril y febrero de 2011, respectivamente. El parámetro meteorológico más significativo fue la humedad relativa, que influyó de forma positiva tanto sobre *Cladosporium* como sobre la concentración total de hongos. *Cladosporium cladosporioides* presentó la mayor frecuencia relativa, seguida por *Aspergillus flavus* y *Aspergillus niger*. Estos resultados aportan información sobre la variación temporal de los propágulos fúngicos en el aire, con perspectivas de uso para optimizar la atención y calidad de vida de pacientes con respuesta alérgica.

**Palabras clave:** Hongos viables del aire, Habana, Cuba, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Curvularia*, *Fusarium*, *Alternaria*

#### Abstract

A study of the atmospheric fungal content of Havana (Cuba) was conducted for two years (November 2010 to October 2012), using a volumetric sampler (Aeroscope Chirana) with malt extract agar medium. During the 88 samplings 57156 UFC/m<sup>3</sup> have been counted, whose maximum levels were recorded in the months of January and February of both years. The most abundant and frequent genus was *Cladosporium*, followed by *Aspergillus*, *Penicillium*, *Curvularia*, *Fusarium* and *Alternaria*. *Cladosporium* concentrations remained higher during the second year of study. *Aspergillus* predominated during the rainy season (May to October) of the second year, while *Penicillium* prevailed during the rainy season the first year. The concentrations of *Alternaria* and *Fusarium*, were higher during the first year, with monthly highs in April and February 2011, respectively. The most significant meteorological parameter was the relative humidity, which had a positive influence on both *Cladosporium* genus and the total fungi concentration. *Cladosporium cladosporioides* species showed the highest relative frequency, followed by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus niger*. These results provide information on the temporal variation of airborne fungal propagules with prospects use to optimize care and quality of life of patients with allergic response.

**Keywords:** culturable airborne fungi, Havana, Cuba, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Curvularia*, *Fusarium*, *Alternaria*

## INTRODUCCIÓN

Los hongos son organismos que pueden crecer sobre numerosos sustratos, siendo el aire una de las principales vías de dispersión de sus esporas. Diversos autores han señalado que las condiciones climáticas tropicales pueden favorecer su desarrollo, debido a la influencia favorable de la temperatura y la humedad (CALDERÓN *et al.*, 1997; ALMAGUER *et al.*, 2008; RIVERA-MARIANI *et al.*, 2011a,b).

La aeromicrología en Cuba se ha orientado hacia diversos aspectos, tales como taxonómicos (CASTAÑEDA-RUIZ *et al.*, 1996), protección de cultivos de interés económico (ALMAGUER *et al.*, 2008, 2012a), biodeterioro (BORREGO *et al.*, 2010, 2012; ROJAS *et al.*, 2002, 2007, 2010, 2012 a,b) y caracterización de hongos potencialmente alergógenos (AIRA *et al.*, 2002). También son de interés las bases de datos de hongos en los que se refiere el sustrato a partir del cual fueron aislados (CAMINO *et al.*, 2006). De todas estas aplicaciones una de las más relevantes es la que trata de mejorar la calidad de vida de pacientes con respuesta alérgica. En este sentido, algunos estudios señalan un mayor porcentaje de población sensible a hongos en zonas urbanas, especialmente en población infantil (VENERO *et al.*, 2009; DÍAZ *et al.*, 2010). Las primeras investigaciones aerobiológicas en exteriores se basaron en el aislamiento de propágulos mediante metodologías gravimétricas (ESTRADA DE LA RIVA, 1951; CADRECHA & FERNÁNDEZ, 1955; FUENTES, 1958; QUINTERO, 1964; SEIDEL & RAUBER, 1970; ARNOLD *et al.*, 1989), sin embargo, aunque este tipo de estudios permiten en la mayoría de los casos una caracterización a nivel específico, solamente aportan resultados cualitativos.

Estas limitaciones son superadas con la utilización de captadores volumétricos, que permiten conocer la concentración de unidades formadoras de colonias (UFC/m<sup>3</sup>) o de esporas (esporas/m<sup>3</sup>), referidas a un volumen conocido de aire. Aunque lo más idóneo es la combinación de métodos volumétricos viables y no viables para lograr la identificación precisa con la continuidad de muestreo (ALMAGUER *et al.*, 2013). Estudios previos han señalado la frecuencia y abundancia de los hongos filamentosos más representativos en

la atmósfera de la capital cubana y sus alrededores (ROJAS *et al.*, 2007; ALMAGUER *et al.*, 2012 a,b), sin embargo todavía no existen estudios que registren los propágulos fúngicos de forma continua en periodos superiores a un año. El presente trabajo se realizó durante dos años consecutivos con el fin de analizar la dinámica de la microbiota viable de La Habana y conocer la influencia de los principales parámetros meteorológicos sobre su abundancia en la atmósfera, por lo que supone una nueva contribución al desarrollo de la aeromicrología en Cuba.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### *Área de estudio y características climáticas*

El estudio se realizó en La Habana, ubicada en la costa norte de la isla de Cuba, a una altitud de 24 metros sobre el nivel del mar (Fig. 1). Su clima es subtropical, y durante los dos años de muestreo se caracterizó por una temperatura mínima promedio de 21,8°C, temperatura media de 25,1°C, temperatura máxima de 29,2°C, humedad relativa media de 74,2°C, precipitación acumulada anual de 1120mm, y velocidad promedio del viento de 11,6km/h que provienen fundamentalmente de dirección Noreste. Los valores climatológicos diarios fueron recogidos en la estación meteorológica de Casablanca y suministrados por el Instituto de Meteorología.

### *Método de muestreo aerobiológico*

Para la recogida de los hongos se utilizó un captador volumétrico (Aeroscopio Chirana, Checoslovaquia) con una capacidad de aspiración de 29l de aire/min. El principio de funcionamiento de dicho equipo se basa en la succión de aire a través de una ranura rectangular bajo la cual se sitúa una placa Petri con medio de cultivo, que gira 360° en un minuto. El captador se ubicó en la azotea de la Facultad de Biología (Universidad de La Habana) a 35 metros sobre el nivel del suelo. El muestreo se llevó a cabo semanalmente a las 11 horas, durante dos años (desde noviembre de 2010 hasta octubre de 2012). Como medio de cultivo se utilizó agar de extracto de malta y se llevaron a cabo tres réplicas para cada día de muestreo. Las

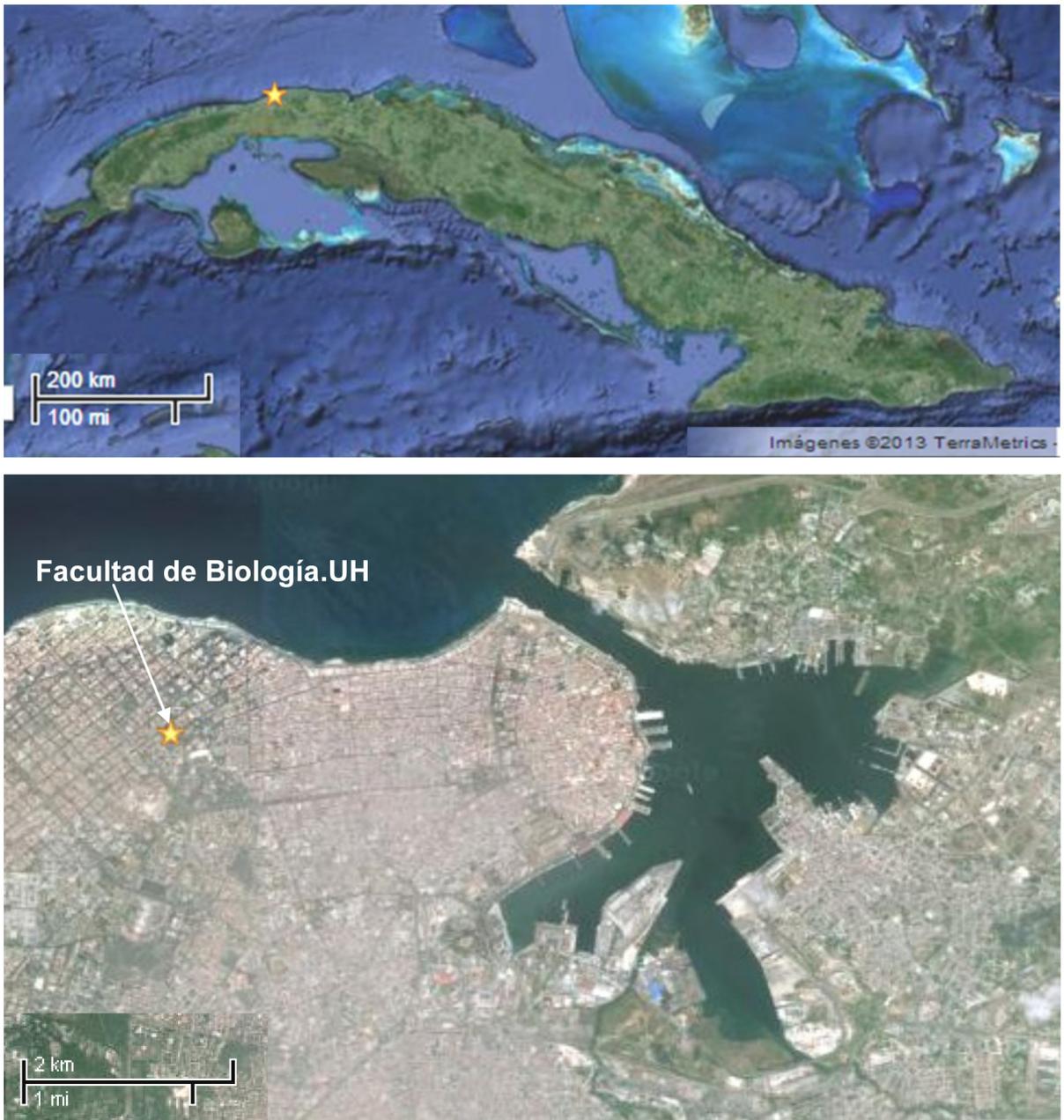


Figura 1. Localización del lugar de muestreo. *Location of sampling site.*

placas se incubaron durante 7 días a  $28^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ , posteriormente se contabilizaron todas las colonias de cada placa y se calculó un promedio. Los resultados de concentración se expresaron como unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire ( $\text{UFC}/\text{m}^3$ ), calculados mediante la ecuación  $\text{UFC}/\text{m}^3 = 1000 \times \text{UFC}/291$ .

Cada aislado se transfirió a una nueva placa Petri con el medio más apropiado para su esporulación. La identificación taxonómica se basó en

monografías especializadas (ELLIS, 1971, 1976; BARNETT & HUNTER, 1997; DE HOOG *et al.*, 2000; PITT, 2000; KLICH & PITT, 2002; entre otros). Para cada uno de los *taxa* se calculó la frecuencia relativa (FR) y la densidad relativa (DR).

#### *Análisis estadísticos*

A todos los datos concentración fúngica se les determinó la normalidad y homogeneidad de la

varianza mediante las pruebas de KOLMOGOROV-SMIRNOV y de BARTLETT, respectivamente. Para detectar la existencia de diferencias significativas entre los valores de concentración mensual promedio (UFC/m<sup>3</sup>), se llevó a cabo un análisis de varianza de clasificación simple que se completó, cuando existieron diferencias significativas, con la prueba de TUKEY. Para determinar la influencia de los factores meteorológicos sobre la concentración de esporas, se aplicó la prueba no paramétrica de Spearman con dos niveles de significación ( $p \leq 0,01$  y  $p \leq 0,05$ ), usando el programa PASW Statistics 18 versión 18.0.0.

**RESULTADOS**

Durante el periodo de estudio se contabilizaron 57156 UFC/m<sup>3</sup>, el 49% durante el primer año y el 51% durante el segundo. Los valores máximos mensuales se registraron en los dos primeros meses de cada año. En enero se contabilizó un promedio de 1314 UFC/m<sup>3</sup> y 1241 UFC/m<sup>3</sup> y en febrero 1371 UFC/m<sup>3</sup> y 1195 UFC/m<sup>3</sup>, respectivamente (Fig. 2). Los valores máximos diarios también señalan un predominio de los hongos en el mes de enero de ambos años (2034 UFC/m<sup>3</sup> primer año y 2011 UFC/m<sup>3</sup> segundo año).

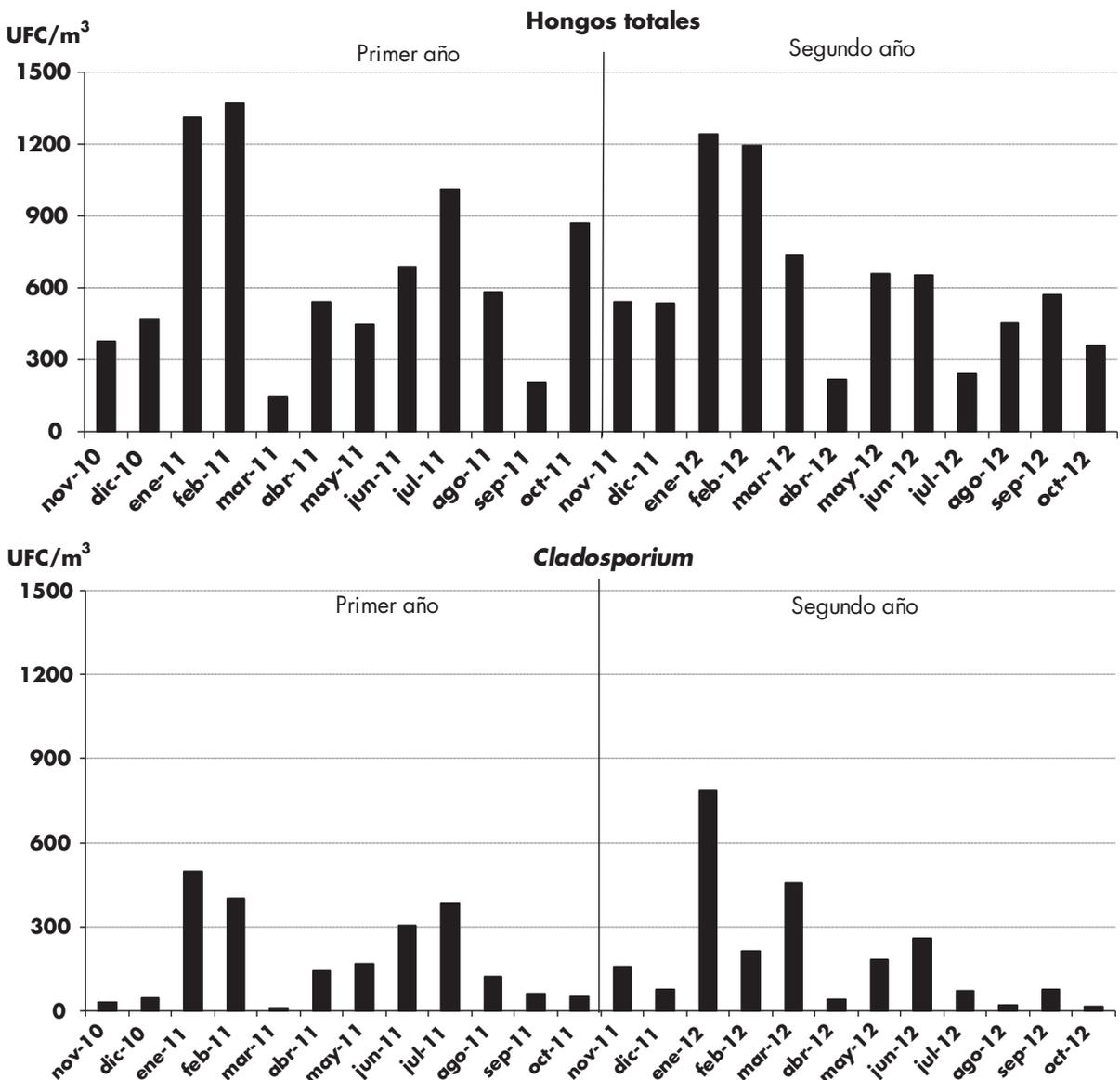


Figura 2. Promedios mensuales de las concentraciones fúngicas de los hongos totales y del género Cladosporium en cada uno de los dos años de estudio. *Monthly average of the total fungal and Cladosporium concentrations in each year of study.*

Se caracterizaron 74 *taxa*, 14 de ellos a nivel de género y 60 a nivel de especie, con predominio de hongos anamórficos (Tabla 1). Del género *Cladosporium*, se identificaron cinco especies (*C. cladosporioides*, *C. herbarum*, *C. oxysporum*, *C. sphaerospermum* y *C. tenuissimum*), entre ellas destaca *C. cladosporioides*, con una FR 92,9% y del 95,4%, en el primer y segundo año respectivamente, y una DR 41,5% en junio del primer

año y del 62% en mayo del segundo. También *C. oxysporum* ha tenido una frecuencia considerable durante el segundo año de estudio (FR 50%), y su DR alcanzó hasta un 15,5% en el mes de julio del año 2012. Por el contrario, las otras tres especies (*C. herbarum*, *C. sphaerospermum* y *C. tenuissimum*), han tenido una menor incidencia, con una FR no superior al 10,9%.

Taxa	Primer año													Segundo año												
	2011												2012												FR %	
	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O		
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	8,5	9,8	20,0	29,3	5,8	32,9	38,1	41,5	4,5	10,4	22,2	4,6	92,9	30,5	16,7	33,4	24,1	32,2	4,0	62,0	17,2	7,2	6,4	8,6	4,0	95,4
<i>Cladosporium herbarum</i>																									2,2	
<i>Cladosporium oxysporum</i>			0,2			0,5						0,3	7,1	7,6		0,9	2,9	7,1	2,6		1,3	15,5	0,6	1,5	0,8	50,0
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>			0,2										2,3	0,5							0,4	1,2		0,5	0,8	10,9
<i>Cladosporium tenuissimum</i>				0,2			0,6						4,8	0,5			0,4								1,6	6,5
<i>Aspergillus candidus</i>		0,6											2,3	0,5							0,4					4,3
<i>Aspergillus carbonarius</i>																	0,4	2,6					1,3	11,1		8,7
<i>Aspergillus clavatus</i>				0,2									2,3			0,2	0,4	1,3			0,4					8,7
<i>Aspergillus flavus</i>	1,5	2,4	0,2	0,6	1,9		1,9	7,5	0,3	5,0		0,7	59,6	1,3	1,6	0,2	0,2	1,6	5,3	0,6	4,4	2,4	1,9	4,0	1,6	86,9
<i>Aspergillus fumigatus</i>																0,2							0,6		0,8	6,5
<i>Aspergillus japonicus</i>	1,5											0,3	4,8										6,6	0,8	8,7	
<i>Aspergillus niger</i>	0,8	0,6	0,2				11,6	0,8	0,3		4,2	1,3	42,9	1,3	0,5	0,2	0,7	2,0	5,3		2,6	1,2	15,9	1,0	2,4	65,2
<i>Aspergillus niveus</i>													0,6	0,6											2,2	2,2
<i>Aspergillus ochraceus</i>													0,6			0,2									4,3	4,3
<i>Aspergillus oryzae</i>		0,6			1,9					0,3		0,3	9,5		0,5										2,2	2,2
<i>Aspergillus sydowii</i>																0,2					0,4			0,5	0,8	8,7
<i>Aspergillus terreus</i>																0,2		2,6						0,5	0,8	8,7
<i>Aspergillus versicolor</i>																							0,5	0,8	4,3	4,3
<i>Penicillium chrysogenum</i>		0,6	0,2	0,2		0,5				2,5	1,4		14,3								0,9				2,2	2,2
<i>Penicillium aulantiogriseum</i>	0,8			0,6	1,9								7,1		2,7										4,3	4,3
<i>Penicillium brevicompactum</i>					3,9								2,3													
<i>Penicillium citrinum</i>				0,2				6,7	11,3				7,1	1,3			0,2		2,6				0,5		8,7	8,7
<i>Penicillium corylophilum</i>															0,5						0,4				4,3	4,3
<i>Penicillium digitatum</i>	0,8												2,3													
<i>Penicillium funiculosum</i>																	26,0								2,2	2,2
<i>Penicillium glabrum</i>	0,8		0,2						1,0		0,3	8,3		0,5	0,7									0,8	7,1	7,1
<i>Penicillium griseofulvum</i>			0,2										2,3													
<i>Penicillium oxalicum</i>						1,6							2,3				0,2								2,2	2,2
<i>Penicillium purpurogenum</i>													2,3				0,2							1,0	0,8	6,5
<i>Penicillium simplicissimum</i>													2,3											0,6	0,8	6,5
<i>Penicillium waksmanii</i>				0,4									2,3											3,0	21,6	19,6
<i>Curvularia aerea</i>		4,9		0,6			0,6						1,3	28,6	0,6	3,2	0,2	1,0	0,8	1,3	3,2	0,9	1,2	2,5	1,0	8,7
<i>Curvularia clavata</i>													0,7	2,3										0,5	4,3	4,3
<i>Curvularia pallescens</i>																0,2	0,2							1,0	6,5	6,5
<i>Curvularia verruculosa</i>													0,7	2,3												
<i>Fusarium graminearum</i>		0,6											2,3	0,6	0,5										4,3	4,3
<i>Fusarium heterosporum</i>																	0,2								2,2	2,2
<i>Fusarium lateritium</i>	1,5			0,2		0,5							7,1												4,3	4,3
<i>Fusarium oxysporum</i>	0,8		0,2										4,8			0,2					0,4					4,3
<i>Fusarium pallidoroseum</i>																0,2									2,2	2,2
<i>Fusarium semitectum</i>				0,4							1,0	7,1	0,6	0,5	0,2	0,5								0,8	8,7	
<i>Fusarium sulphureum</i>				0,4			0,6					2,3				0,2							0,5	0,8	6,5	
<i>Alternaria alternata</i>																	0,4	1,3						0,8	6,5	
<i>Alternaria tenuissima</i>		1,2	1,1	0,6		10,1	3,2		0,3		2,8	1,0	45,2									2,5	0,5	1,6	8,7	
<i>Chysoletia sitophila</i>			0,4	0,8		3,2		1,3	0,9		2,8	0,3	21,4			1,4	0,7	1,2		0,6	0,9			1,3	15,2	
<i>Absidia</i> sp.																									0,8	2,2
<i>Acremonium strictum</i>				0,2									2,3													
<i>Bipolaris australiensis</i>	0,8			0,2								0,3	4,8								0,9				0,8	4,3
<i>Bipolaris hawaiiensis</i>						0,5							2,3	0,6											2,2	2,2
<i>Cercospora</i> sp.																							0,6		2,2	2,2
<i>Cephalosporium</i> sp.	0,2												2,3													
<i>Chaetomium globosum</i>				0,2									2,3													
<i>Epicoccum</i> sp.				0,2									2,3													
<i>Eurotium chevalieri</i>																	0,2								2,2	2,2
<i>Geotrichum</i> sp.														0,6										3,2	6,5	6,5
<i>Gliocladium</i> sp.														0,6											2,2	2,2
<i>Memnoniella</i> sp.																0,7									2,2	2,2
<i>Monodictys</i> sp.												0,3	2,3								0,4		0,6		4,3	4,3
<i>Mucor</i> sp.																0,2	0,2						1,3		6,5	6,5
<i>Nigrospora sphaerica</i>	0,8												2,3	0,6	0,5						2,4				6,5	6,5
<i>Nodulisporium</i> sp.	0,8												2,3													
<i>Paecilomyces lilacinus</i>														0,6											2,2	2,2
<i>Paecilomyces variotii</i>													0,3	2,3												
<i>Pestalotiopsis</i> sp.																	0,2								2,2	2,2
<i>Phoma</i> sp.	0,8												2,3													
<i>Pithomyces</i> sp.															0,5										2,2	2,2
<i>Rhizopus nigricans</i>	0,8									1,4			4,8													
<i>Rhizopus oryzae</i>																									1,6	2,2
<i>Rhizopus stolonifer</i>												0,3	2,3												2,2	2,2
<i>Scopulariopsis candida</i>									0,4				2,3												2,2	2,2
<i>Spegazzinia</i> sp.									0,4				2,3			0,2									2,2	2,2
<i>Syncephalastrum racemosum</i>		1,2											2,3													
<i>Trichoderma harzianum</i>									0,5				2,3	0,6									1,0		4,3	4,3
<i>Trichoderma viride</i>													2,3													

Tabla 1. Densidades relativas mensuales y frecuencias relativas anuales de los hongos identificados en cada uno de los dos años de estudio. *Monthly relative density and annual relative frequencies of the fungi in each year of study.*

Se identificaron varias especies correspondientes a los géneros *Aspergillus* (13), *Penicillium* (13), *Curvularia* (4), *Fusarium* (7) y *Alternaria* (2), de las cuales algunas destacaron por sus elevados valores de frecuencia o densidad relativa. De las especies del género *Aspergillus* sobresalen *A. flavus* (FR 86,9%) y *A. niger* (FR 65,2%). De *Penicillium* destacan por su frecuencia *P. chrysogenum* (FR 14,3%) y *P. citrinum* (FR 8,7%), y por su abundancia *P. citrinum* (DR 11,3% en julio de 2011), *P. waksmanii* (DR 21,6% en octubre de 2012) y *P. funiculosum* (DR 26% en febrero de 2012). La especie más frecuente del género *Curvularia*, fue *C. aeria* (FR 47,8%), del género *Fusarium* destacó *F. semitectum* (8,7%) y de *Alternaria* prevaleció *A. tenuissima* (FR 45,2%).

La dinámica de estos géneros durante los dos años de estudio se ilustra en las figuras 2 y 3. El

género *Cladosporium* se mantuvo con mayores concentraciones durante el segundo año y siempre superiores al resto de los géneros. Durante el primer año se detectó un promedio diario de 155 UFC/m<sup>3</sup> y en el segundo de 203 UFC/m<sup>3</sup>. El máximo valor mensual se registró en enero de 2012 con 787 UFC/m<sup>3</sup>. Además, se observó una tendencia a alcanzar elevadas concentraciones durante los meses secos y de menores temperaturas (494 UFC/m<sup>3</sup> enero 2011; 402 UFC/m<sup>3</sup> febrero 2011; 787 UFC/m<sup>3</sup> enero 2012 y 457 UFC/m<sup>3</sup> marzo 2012). Los máximos diarios durante los periodos secos fueron de 1103 UFC/m<sup>3</sup> el 21 de enero de 2011 y 1448 UFC/m<sup>3</sup> el 27 de enero de 2012.

Del resto de los géneros (Fig. 3), *Aspergillus* presentó niveles mensuales superiores al resto y sus concentraciones predominaron durante la estación lluviosa (mayo-octubre), sobre todo en

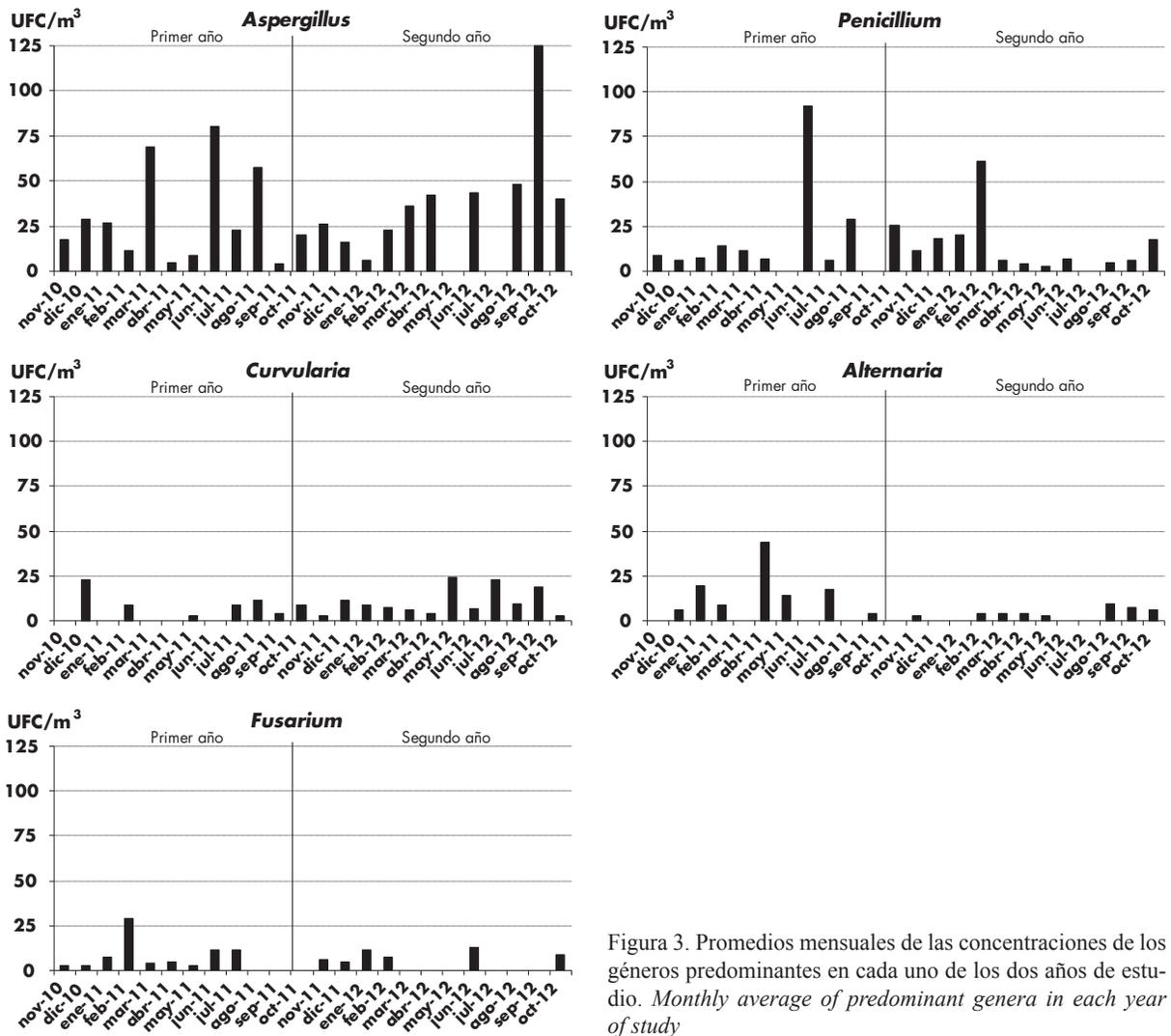


Figura 3. Promedios mensuales de las concentraciones de los géneros predominantes en cada uno de los dos años de estudio. Monthly average of predominant genera in each year of study

Tabla 2. Correlaciones estadísticas entre los parámetros meteorológicos, los hongos totales y los géneros más frecuentes. *Statistical correlations between meteorological parameters and total fungi and the more frequent genera.*

	Hongos totales	<i>Cladosporium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Curvularia</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Fusarium</i>
Precipitaciones (mm)	-0,042	<b>-0,251 *</b>	-0,010	0,163	0,122	-0,101	<b>-0,246 *</b>
Temperatura máxima (°C)	0,121	0,067	-0,067	<b>-0,238 *</b>	-0,077	0,135	-0,073
Temperatura mínima (°C)	-0,053	-0,034	0,099	-0,166	0,036	0,014	-0,206
Temperatura promedio (°C)	-0,066	-0,027	0,060	<b>-0,222 *</b>	-0,043	0,048	-0,175
Horas de sol (horas)	-0,108	0,047	-0,110	-0,186	-0,142	0,194	0,066
Humedad relativa (%)	<b>0,411 **</b>	<b>0,216 *</b>	0,019	0,052	0,066	-0,098	0,124
Velocidad del viento (Km/h)	-0,081	-0,037	0,022	<b>0,259 *</b>	-0,095	-0,098	0,064

Las diferencias significativas están señaladas en negritas con nivel de significación de \*  $p > 0,05$ , \*\*  $p > 0,01$ . *Significat differences in bold with signification level \* $p > 0,05$ , \*\* $p > 0,01$*

el segundo año. El valor mensual más elevado se registró en septiembre de 2012 (125 UFC/m<sup>3</sup>). Las concentraciones mensuales de *Penicillium* fueron ligeramente superiores durante el primer año, aumentando durante la época lluviosa y con un máximo mensual en junio (92 UFC/m<sup>3</sup>). *Curvularia* predominó durante el segundo año con concentraciones ligeramente superiores durante los meses lluviosos y con un máximo mensual en mayo de 2012 (24 UFC/m<sup>3</sup>). Las concentraciones mensuales de *Alternaria* y *Fusarium*, fueron superiores durante el primer año, con máximos mensuales en abril de 2011 (47 UFC/m<sup>3</sup>) y febrero de 2011 (29 UFC/m<sup>3</sup>), respectivamente.

Al analizar la correlación entre las variables meteorológicas y los hongos totales (Tabla 2), se observa que la humedad relativa fue el parámetro más influyente (RS 0,441\*\*), al igual que ocurre con *Cladosporium* (RS 0,216\*), en ambos casos de forma positiva. Las precipitaciones influyeron de manera negativa sobre *Cladosporium* y *Fusarium* (RS -0,251\* y RS -0,246\*, respectivamente). El género *Penicillium* mostró una influencia negativa con las temperaturas máximas (RS -0,238) y media (RS -0,222), y una influencia positiva con la velocidad del viento (RS 0,259).

## DISCUSIÓN

Durante los dos años de estudio las concentraciones de hongos filamentosos en el aire de La Habana fueron elevadas, con máximos diarios de 2034 UFC/m<sup>3</sup> el primer año y 2011 UFC/m<sup>3</sup> el segundo. En relación a los valores mensuales destacan los niveles registrados en enero y febrero de cada año, similares a los señalados por ROJAS

*et al.* (2007) en la zona más urbanizada de la capital cubana y menores a los citados por ALMAGUER *et al.* (2012b) en una zona rural cercana a la ciudad.

La identificación de hongos filamentosos viables evidenció el predominio de hongos anamórficos, como *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Curvularia*, *Fusarium* y *Alternaria*, que destacaron por el número de especies identificadas y los elevados valores de FR y DR de muchas de ellas. La mayoría de estos géneros han sido previamente reportados en la atmósfera cubana por otros autores (ARNOLD *et al.*, 1989; ROJAS *et al.*, 2002; HERRERA *et al.*, 2003; ROJAS *et al.*, 2007; ALMAGUER *et al.*, 2012a,b y GARCÍA & SÁNCHEZ, 2012), mientras que *Scopulariopsis* se ha citado en la atmósfera exterior de otras latitudes (ESQUIVEL *et al.*, 2003; PYRRI & KAPSANAKI-GOTSI, 2007). Con este estudio se constató que en La Habana, *Cladosporium* mantuvo una elevada presencia (ROJAS *et al.*, 2007; ALMAGUER *et al.*, 2012a,b), al igual que lo reportado en otros países como México (ROCHA *et al.*, 2013), Argentina (MALLO *et al.*, 2011) y en otras latitudes (PETERNEL *et al.* 2004, SABARIEGO *et al.*, 2004; OLIVEIRA *et al.*, 2009; AIRA *et al.*, 2012).

El predominio de *Aspergillus* y *Penicillium*, también ha sido citado en otras regiones (ROSAS *et al.*, 1993; HERRERA *et al.*, 2003; ROJAS *et al.*, 2007; ABU-DIEYEH *et al.*, 2010). Muchas de sus especies presentan esporas con un tamaño inferior a 5µm, por lo que se han relacionado con enfermedades del aparato respiratorio inferior (DE LA ROSA, 2002; ABU-DIEYEH *et al.*, 2010), por lo que es de destacar la posible repercusión de estos géneros en la atmósfera de la capital cubana.

En cuanto a la estacionalidad se observa que las mayores concentraciones fúngicas registradas en

este estudio corresponden a los meses invernales y secos de cada año, coincidiendo con otros trabajos realizados en Cuba (HERRERA *et al.*, 2003) y otras partes del Caribe (QUINTERO, 1964). Algunos autores han planteado que la variación temporal de hongos en regiones tropicales, presenta un patrón estacional relacionado con las precipitaciones y la humedad (QUINTERO, 1964; LEVETIN & HORNER, 2002; WU *et al.*, 2007; QUINTERO *et al.*, 2010; ALMAGUER *et al.*, 2008). Durante el periodo de estudio el acumulado de precipitaciones ha sido menor que el promedio anual para la isla y por ello las correlaciones obtenidas solamente han mostrado una influencia negativa para *Cladosporium* y *Fusarium*. La humedad relativa durante el periodo de estudio se mantuvo con un valor promedio anual cercana al 75%, adecuado para favorecer la formación y liberación de las esporas al aire (HOLLINS *et al.*, 2004). Dicho parámetro fue el más influyente en la concentración total de hongos viables y de *Cladosporium*, de tal manera que los valores máximos de concentración fúngica en ambos casos, se hallaron los días en que hubo una elevada humedad relativa (31 de enero de 2011 y el 13, 20 y 27 de enero de 2012). Otros autores han planteado que la humedad relativa ejerce un efecto positivo moderado sobre las concentraciones de *Cladosporium* en el aire, ya que favorece la liberación al aire de los conidios aún en periodos secos (AIRA *et al.*, 2006; ROJAS *et al.*, 2007; AIRA *et al.*, 2012).

Aunque la influencia de los parámetros meteorológicos sobre las esporas de *Penicillium* ha sido discutida (GRINN-GOFRÓN, 2011), en este estudio se evidenció una influencia positiva de la velocidad del viento y negativa de las temperaturas máxima y media. Por su parte *Curvularia* predominó durante el segundo año con concentraciones ligeramente superiores durante los meses lluviosos. Aunque no se evidenció una correlación estadísticamente significativa con ninguna de las variables evaluadas, algunos estudios han informado que las lluvias favorecen el desarrollo de sus estructuras reproductivas y la posterior liberación de sus conidios, fundamentalmente en verano (KALINER & LEMANSKE, 1992; PANDA *et al.*, 2009; ROCHA *et al.*, 2013).

La escasa variación en la dinámica de *Fusarium* durante el periodo de estudio pudo deberse a que,

la dispersión de sus conidios, se ve limitada por los parámetros meteorológicos indicativos de calor (temperatura y horas de sol), aspecto sugerido por MÉNDEZ *et al.* (2001). Solamente las precipitaciones mostraron un ligero efecto negativo sobre la concentración en el aire de este género debido al efecto de lavado atmosférico, al igual que los resultados obtenidos para *Cladosporium*.

La mayoría de las especies identificadas en este estudio han sido previamente citadas en el aire de La Habana (ARNOLD *et al.* 1989; ALMAGUER *et al.*, 2012 a,b ) o en otras localidades cubanas (HERRERA *et al.*, 2003). Además recientemente se ha informado de la presencia en el aire de propágulos de *Fusarium graminearum* (ALMAGUER *et al.*, 2013).

Las especies de *Cladosporium* que se aislaron en una mayor proporción fueron *C. cladosporioides* y *C. oxysporum*, además de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* y *Curvularia aerea*, también detectadas en esta ciudad por ROJAS *et al.*, (2007) y ALMAGUER *et al.*, (2012b), al igual que en otras latitudes (KASPRZYK & KONOPIŃSKA, 2006; KASPRZYK, 2008; ABU-DIEYEH *et al.*, 2010; ROCHA *et al.*, 2013). La abundancia *C. cladosporioides* ha sido citada en numerosos países al igual que *C. oxysporum* en clima tropical (ROSAS *et al.*, 1997; AIRA *et al.*, 2006; KSHIRSAGAR & PANDE, 2012). Finalmente, en un trabajo previo realizado en el aire exterior de La Habana, fueron identificadas seis especies de *Aspergillus* con predominio de *A. japonicus*, *A. flavus* y *A. niger* (ROJAS *et al.*, 2007), mientras que en el presente estudio la especie mayoritaria fue *A. flavus* seguida por *A. niger*:

Los resultados del presente trabajo ilustran la diversidad fúngica de la atmósfera de La Habana, utilizando una metodología viable. En estudios posteriores se abordará una caracterización más completa de la aeromicota, incorporando otro tipo de metodologías que permitan identificar aquellos hongos que no pueden ser cultivados o que no se pueden identificar debido a que no se logre la formación de estructuras reproductivas.

## AGRADECIMIENTOS

A la Lic. Marianela Pérez Colina especialista del Departamento de Microbiología y Virología de

la Universidad de La Habana por toda la ayuda en la realización de este estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- AIRA, M.J., ROJAS, T.I. & JATO, V. (2002). Fungi associated with three houses in Havana (Cuba). *Grana*, 41(2): 114-118.
- AIRA, M.J., RODRÍGUEZ-RAJO, F.J. & JATO, V. (2006). Comportamiento temporal de las mitosporas de *Cladosporium* en la atmósfera de Galicia (España). *Boletín Micológico*, 21: 19-26.
- AIRA, M.J., RODRÍGUEZ-RAJO, J., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, M., SEIJO, C., ELVIRARENDUELES, B., GUTIÉRREZ-BUSTILLO, M., ABREU, I., PÉREZ-SÁNCHEZ, E., OLIVEIRA, M., RECIO, M., MORALES, J. & MUÑOZ-RODRÍGUEZ, A.F. (2012). *Cladosporium* airborne spore incidence in the environmental quality of the Iberian Peninsula. *Grana*, 51(4): 293-304.
- ALMAGUER, M., ROJAS, T.I. & HERNÁNDEZ, A. (2008). Perspectivas de los estudios aeromicológicos para la protección del cultivo del arroz. *Revista de Protección Vegetal*, 23 (3): 137-143.
- ALMAGUER, M., ROJAS, T.I., DOBAL, V., BATISTA, A., RIVES, N., AIRA, M.J., HERNÁNDEZ, A.N. & HERNÁNDEZ, A. (2012a). Aerobiological dynamics of potentially pathogenic fungi in a rice agroecosystem in La Habana, Cuba. *Aerobiologia*, 28: 177–183.
- ALMAGUER, M., ROJAS, T.I., RODRÍGUEZ-RAJO, F.J. & AIRA, M.J. (2012b). 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. & ROJAS, T.I. (2013). Study of airborne fungus spores by viable and non-viable methods in Havana, Cuba. *Grana*, <http://dx.doi.org/10.1080/00173134.2013.829869>
- ARNOLD, G.R.W., GUERRA, A. G. & RODRÍGUEZ, N. (1989). Presencia de hongos en el aire del INIFAT. *Reporte de Investigación. Revista INIFAT*, 43: 3-7.
- BARNET, H.L. & HUNTER, B.B. (1997). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. New York, USA: MacMillan Publisher Co. 218 pp.
- BORREGO, S.F., GUIAMET, P., GÓMEZ DE SARAVIA, S., BATISTINI, P., GARCÍA, M., LAVÍN, P. & PERDOMO, I. (2010). The quality of air at archives and the biodeterioration of photographs. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 64: 139-145.
- BORREGO, S.F. & PERDOMO, I. (2012). Aerobiological investigations inside repositories of the National Archive of the Republic of Cuba. *Aerobiologia*, 28: 303–316.
- CADRECHA, J. & FERNÁNDEZ DE CASTRO, J. (1955). Quantitative studies of airborne culturable spores in Havana, Cuba. *Journal of Allergy*, 26(2): 150-152.
- CALDERÓN, C., LACEY, J., MCCARTNEY, A. & ROSAS, I. (1997). Influence of urban climate upon distribution of airborne Deuteromycete spore concentrations in Mexico City. *International Journal of Biometeorology*, 40:71–80.
- CAMINO, M., MENA, J. & MINTER, D.W. (2006). *Hongos de Cuba*. [www.cybertruffle.org.uk/cubafung](http://www.cybertruffle.org.uk/cubafung)
- CASTAÑEDA, R.F., FABRÉ, D.E., PARRA, M.P., PÉREZ, M., GUARRO, J. & CANO, J. (1996). Some airborne conidial fungi from Cuba. *Mycotaxon*, 60: 283-290.
- DE HOOG, G.S., GUARRO, J., GENÉ, J. & FIGUERAS, M.J. (2000). *Atlas of Clinical Fungi*. The Netherlands: Centraalbureau voor Schimmelcultures/Universitat Rovira I Virgili. 1126 pp.
- DELAROSA, M.C., MOSSO, M.A. & ULLÁN, C. (2002). El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. *Observatorio Medioambiental*, 5: 375-402.
- DÍAZ, A., FABRÉ, D., COUTIN, G. & GONZÁLEZ, T. (2010). La sensibilización a hongos ambientales y su relación con enfermedades atópicas en escolares. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 26(4): 20-29.
- ELLIS, M.B. (1971). *Dematiaceous Hyphomycetes*. Kew, England: Commonwealth Mycological Institute. 499 pp

- ELLIS, M.B. (1976). *More Dematiaceous Hyphomycetes*. Kew, England: Commonwealth Mycological Institute. 507 pp
- ESQUIVEL, P., MANGATERRA, M., GIUSIANO, G. & SOSA, M. (2003). Microhongos anemófilos en ambientes abiertos de dos ciudades del nordeste de Argentina. *Boletín Micológico*, 18: 21-28.
- ESTRADA DE LA RIVA, J. (1951). Variaciones en la Micología ambiental de Cuba. Estudio Micológico y Clínico. *International Archives of Allergy and Applied Immunology*, 2(4): 360-370.
- FUENTES, C.A. (1958). Revisión de las investigaciones sobre Micología médica y de la literatura en Cuba durante el decenio de 1945 a 1955. *Mycopathologia et Mycologia applicata*, 9(3):207-223.
- 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.
- GRINN-GOFRÓN, A. (2011). Airborne *Aspergillus* and *Penicillium* in the atmosphere of Szczecin, (Poland) (2004–2009). *Aerobiologia*, 27(1): 67–76.
- HERRERA, L., CARRAZANA, D. & QUIÑONES, R. (2003). Los hongos anemófilos de la ciudad de Santa Clara, Cuba. *Centro Agrícola*, 3(30): 78-83.
- HOLLINS, P.D., KETTEWEL, P.S., ATKINSON, M.D., STEPHENSON, D.B., CORDEN, J.M., MILLINGTON, W. & MULLIND, J. (2004). Relationships between airborne fungal spore concentration of *Cladosporium* and summer climate in Britain. *International Journal of Biometeorology*, 48: 137-141.
- KALINER, M. & LEMANSKE, R. (1992). Rhinitis and asthma. *Journal of the American Medical Association*, 268: 2807-2829.
- KASPRZYK, I. (2008). Aeromycology-main research field of interest during the last 25 years. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 15: 1-7.
- KASPRZYK, I. & KONOPIŃSKA, A. (2006). Comparative analysis of the concentration of fungal spores in the air of Lublin and Rzeszów (Eastern Poland). *Acta Agrobotanica*, 59(2): 43–150.
- KLICH, M.A. & PITT J.I. (2002). *A laboratory guide to the common Aspergillus species and their 19 teleomorphs*. Australia: CSIRO – Division of Food Processing. 116 pp
- KSHIRSAGAR, J.J. & PANDE, B.N. (2012). Prevalence of *Cladosporium* spores over sunflower fields at Rajuri (N) M.S., India. *Science Research Reporter*, 2(1): 66-68.
- LEVETIN, E. & HORNER, W. (2002). Fungal aerobiology: exposure and measurement. *Chemical Immunology*, 81: 10-27.
- 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.
- MÉNDEZ, J., SEIJO, M.C. & IGLESIAS, I. (2001). Evolución del contenido de macroconidios de *Fusarium* en el aire de la ciudad de Ourense (NW de España). *Botanica Complutensis*, 25: 73-82.
- OLIVEIRA, M., RIBEIRO, H., DELGADO, J.L. & ABREU, I. (2009). Seasonal and intradiurnal variation of allergic fungal spores in urban and rural areas of the North of Portugal. *Aerobiologia*, 25: 85-98.
- PANDA, T., PANDA, B. & MISHRA, N. (2009). Seasonal incidence of air borne fungi in coastal belt of Orissa. *Journal of Human Ecology*, 26 (3):205-207.
- PETERNEL, R., CULING, J. & HIRGA, I. (2004). Atmospheric concentrations of *Cladosporium* and *Alternaria* spores in Zagreb (Croatia) and effects of some meteorological factors. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 11:303-307.
- PITT, J.I. (2000). *A laboratory guide to common Penicillium species*. Australia: Food Science. 197 pp
- PYRRI, I. & KAPSANAKI-GOTSI, E. (2007). A comparative study on the airborne fungi in Athens, Greece, by viable and non-viable sampling methods. *Aerobiologia*, 23:3–15.
- QUINTERO, J.M. (1964). *Atmospheric Fungi*. University of Puerto Rico. 67pp.
- QUINTERO, E., RIVERA-MARIANI, F. & BOLAÑOS-ROSETO, 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): 113-124.

- RIVERA-MARIANI, F.E., NAZARIO-JIMENEZ, S., LÓPEZ-MALPICA, F. & BOLAÑOS-RO-SERO B. (2011a). Skin test reactivity of allergic subjects to Basidiomycetes crude extracts in a tropical environment. *Medical Mycology*, 49(8), 887–891.
- RIVERA-MARIANI, F.E., NAZARIO-JIMÉNEZ, S., LÓPEZ-MALPICA, F. & BOLAÑOS-RO-SERO, B. (2011b). Sensitization to airborne ascospores, basidiospores, and fungal fragments in allergic rhinitis and asthmatic subjects in San Juan, Puerto Rico. *International Archives of Allergy Immunology*, 155(4): 322-34.
- ROCHA, A., ALVARADO, M.A., GUTIÉRREZ, R., SALCEDO, R. & 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. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29 (2): 155-165.
- ROJAS, T.I., MARTÍNEZ, E., GÓMEZ, Y. & ALVARADO, Y. (2002). Airborne spore of *Aspergillus* in cultural Institutions at Havana University. *Grana*, 41:190-193.
- ROJAS, T.I., LLANES, N., BENITEZ, M., AIRA, M.J. & MALAGÓN, H. (2007). El género *Aspergillus* en la atmósfera de La Habana (Cuba). *Boletín Micológico*, 22:41-46.
- ROJAS, T.I., MARTÍNEZ, E., AIRA, M.J. & ALMAGUER, M. (2008). Aeromicota de ambientes internos: Comparación de métodos de muestreo. *Boletín Micológico*, 23: 67-73.
- ROJAS, T.I. & AIRA, M.J. (2012a). Fungal biodiversity in indoor environments in Havana, Cuba. *Aerobiologia*, 28: 367–374.
- ROJAS, T.I., AIRA, M.J., BATISTA, A., CRUZ, I.L. & GONZÁLEZ, S. (2012b). Fungal bio-deterioration in historic buildings of Havana (Cuba). *Grana*, 51:44-51.
- ROSAS, I., CALDERÓN, C., ULLOA, M. & LACEY, J. (1993). Abundance of airborne *Penicillium* UFC in relation to urbanization in Mexico City. *Applied and Environmental Microbiology*, 59: 2648–2652.
- ROSAS, I., CALDERÓN, C., MARTINEZ, L., ULLOA, M. & LACEY, J. (1997). Indoor and outdoor airborne fungal propagule concentrations in Mexico City. *Aerobiologia*, 13: 23-30.
- SABARIEGO, S., DIAZ DE LA GUARDIA, C., & ALBA, F. (2004). Estudio aerobiológico de los conidios de *Alternaria* y *Cladosporium* en la atmósfera de la Ciudad de Almería. *Revista Iberoamericana de Micología*, 21:121-127.
- SEIDEL, D. & RAUBER, A. (1970). Beobachtungen über den Flug von Pilzsporen auf Kuba. *Leipzig Karl Marx Univ Beitr Trop Subtrop Landwirt Tropenvet*, 8 (1):43-50.
- VENERO, S.J., VARONA, P., FABRET, D., SUÁ-REZ, R., BONET, M. & 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.
- WU, Y.H., CHAN, C.C., RAO, C.Y., LEE, C.T., HSU, H.H., CHIU, Y.H. & CHAO, H.J. (2007). Characteristics, determinants, and spatial variations of ambient fungal levels in the subtropical Taipei metropolis. *Atmospheric Environment*, 41: 2500–2509.