Rev. Int. Contam. Ambie. 29 (2) 155-165, 2013

VARIACIÓN TEMPORAL DE ESPORAS DE *Alternaria*, *Cladosporium*, *Coprinus*, *Curvularia* Y *Venturia* EN EL AIRE DEL ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY, NUEVO LEÓN, MÉXICO

Alejandra ROCHA ESTRADA*, Marco Antonio ALVARADO VÁZQUEZ, Ricardo GUTIÉRREZ REYES, Sergio Manuel SALCEDO MARTÍNEZ y Sergio MORENO LIMÓN

Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México
*Autora responsable: alejandra.rochaes@uanl.edu.mx

(Recibido mayo 2011, aceptado enero 2013)

Palabras clave: aeromicoflora, concentración, alergia

RESUMEN

Se estudió la variación temporal de esporas de *Alternaria*, *Cladosporium*, *Coprinus*, *Curvularia* y *Venturia* en el aire del área metropolitana de Monterrey (AMM) durante el período comprendido entre noviembre del 2007 a octubre del 2008. Para la captura de las esporas se utilizó un captador volumétrico tipo Hirst, colocado a una altura de 15 m sobre el nivel del suelo 15 m sobre el nivel del suelo en el campus de Ciudad Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Se registró un índice de esporas de 33576 en el aire del AMM durante el periodo estudiado. El mes que presentó el índice de esporas máximo corresponde a noviembre con 5598. El día que presentó la concentración media diaria máxima fue el 25 de febrero de 2008 con 985 esporas/m^3 de aire y el 13 de enero del mismo año presentó la concentración media diaria mínima de 4 esporas/m^3 de aire. Del total de esporas registradas en el aire del AMM el 83% pertenecen a *Alternaria* (6 %), *Cladosporium* (69 %), *Coprinus* (3 %), *Curvularia* (2 %) y *Venturia* (3 %).

Key words: spores, aeromycoflora, concentration, allergy

ABSTRACT

A study on the temporal variation of spores of *Alternaria, Cladosporium, Coprinus, Curvularia* and *Venturia* in the air in the metropolitan area of Monterrey city (AMM, Spanish acronym) was carried out during the period from November 2007 to October 2008. Spores from air were sampled with a Hirst type volumetric collector placed at a height of 15 m above ground level, within an area of the Universidad Autonoma de Nuevo León (the State University). A spore index of 33576 in the air was registered during this period. The month that showed the highest spore index was November with 5598 particles. The day monitoring the highest concentration of spores was February 25, 2008 with 985 spores/m^3, while on January 13 of the same year the minimum concentration of 4 spores/m^3 was observed. Eighty three percent of the total registered spores in the air of AMM belong to *Alternaria* (6 %), *Cladosporium* (69 %), *Coprinus* (3 %), *Curvularia* (2 %) and *Venturia* (3 %).

INTRODUCCIÓN

En tiempos recientes se ha dado una gran importancia al tratamiento de enfermedades alérgicas, que han alcanzado una relevancia tal que son consideradas como problemas de salud pública. Este tipo de problemas son causados en una proporción importante por la presencia de esporas fúngicas en el aire. Se considera que las esporas de hongos son la tercera causa más frecuente de patología alérgica después de los ácaros y los pólenes. Las esporas representan el grupo más numeroso dentro de la variedad de microorganismos presentes en la atmósfera, contándose hasta cientos de miles en el aire, siendo incluso más numerosas que los granos de polen (Sáenz Laín y Gutiérrez Bustillos 2003, Rodríguez *et al*. 2001 en Oliveira *et al*. 2005). El tamaño de las esporas de hongos puede variar de 2 a 500 µm, aunque lo común es que sean menores de 20 µm (Ingold y Hudson 1993, Sáenz Laín y Gutiérrez Bustillos 2003, Das y Gupta Bhayyacharya 2008). De acuerdo con Lizaso *et al*. (2003) los principales hongos causantes de alergia son *Alternaria* y *Cladosporium* siendo niños los más frecuentemente implicados. Según un estudio multicéntrico europeo promovido por el subcomité de Aerobiología de la Academia Europea de Alergología e Inmunología Clínica, el 9.5 % de los pacientes con sospecha de alergia respiratoria están sensibilizados a *Alternaria* y *Cladosporium* o ambos, siendo España el país donde la prevalencia es mayor (20 %) y Portugal menor (3 %), mientras que para Italia se encontraron valores del 10 % (D'Amato *et al*. 1997, Corsico *et al*. 1998). Algunos autores han demostrado que existe una reactividad cruzada entre estos tipos de esporas, este hecho junto con las elevadas concentraciones alcanzadas por *Cladosporium* potencializa la respuesta inmunológica de aquellas personas sensibles a *Alternaria* (Vijay *et al*. 1991, Tee *et al*. 1997). En Texas se han realizado estudios para conocer la concentración de esporas presentes en el aire y su posible relación con alergias (Gosh *et al*. 2004, Udaya Prakash 2004). Para México se han reportado en el aire esporas de *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Ulocladium*, *Geotrichum*, *Penicillium*, *Physarum* y *Gyromitra* como las más abundantes y frecuentes (Rosas *et al*. 1990, Martínez Bernal *et al*. 2010, Martínez Olivares *et al*. 2010, Ortiz Díaz *et al*. 2010). Por su parte, Nitiu y Mallo (2011) mencionan que la presencia y abundancia de polen y esporas en el aire son fenómenos condicionados por los ciclos de vida de las fuentes emisoras, las propiedades aerodinámicas de las partículas y los factores ambientales.

Debido a la importancia aerobiológica, clínica y fitosanitaria que las esporas de hongos representan para la salud de la población y considerando que algunos extractos de hongos son usados frecuentemente en las pruebas cutáneas de rutina (Bisht *et al*. 2003, Larenas Linnemann *et al*. 2009), es necesario estudiar las esporas de *Alternaria, Cladosporium, Coprinus*, *Curvularia* y *Venturia* en el aire del área metropolitana de Monterrey, determinando su relación con las variables meteorológicas que favorecen la presencia o ausencia de dichas esporas en el aire. Esta información será de gran utilidad en estudios relacionados con alergias.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de estudio

El área metropolitana de Monterrey se localiza en la parte centro-oeste del estado de Nuevo León, quedando situada en las provincias fisiográficas de la Llanura Costera del Golfo Norte y la Sierra Madre Oriental, cubriendo parcial o totalmente los siguientes municipios, Guadalupe, Monterrey, San Pedro Garza García, Santa Catarina, Escobedo, San Nicolás y Apodaca. El núcleo urbano del área metropolitana de Monterrey geográficamente se ubica entre los 25º34´38" y 25º50´09" de latitud Norte, 100º05´10" y 100º29´43" de longitud Oeste (**Fig. 1**).

El clima característico que predomina de acuerdo con el sistema de clasificación de Köppen modificado por García (2004), es el seco estepario cálido y extremoso, con lluvias irregulares a finales de verano clasificadas –BS(h')hw(e'). La temperatura media anual es de 22.1 ºC. Los veranos son cálidos y muy secos, presentándose temperaturas en julio y agosto de 35 y hasta 40 ºC; en contraste, el invierno es corto con temperaturas bajas en los meses de diciembre y enero (9 y 2 ºC), a veces registrándose heladas con temperaturas de hasta –8 ºC. La precipitación es escasa, entre 300 y 500 mm, como consecuencia de su situación respecto del movimiento de la faja subtropical de alta presión. Los vientos dominantes en la región son del noreste y sureste, los cuales son más intensos en la mitad caliente del año. Los vientos del noreste penetran por la parte abierta del valle que mira hacia la planicie oriental, mientras que los del sureste, modificados en su dirección por el relieve, llegan por el cañón del Huajuco. Con respecto a la vegetación en el área de estudio encontramos diversos tipos como son bosques de encino y pino, pino, cedro, enebros y bosque de

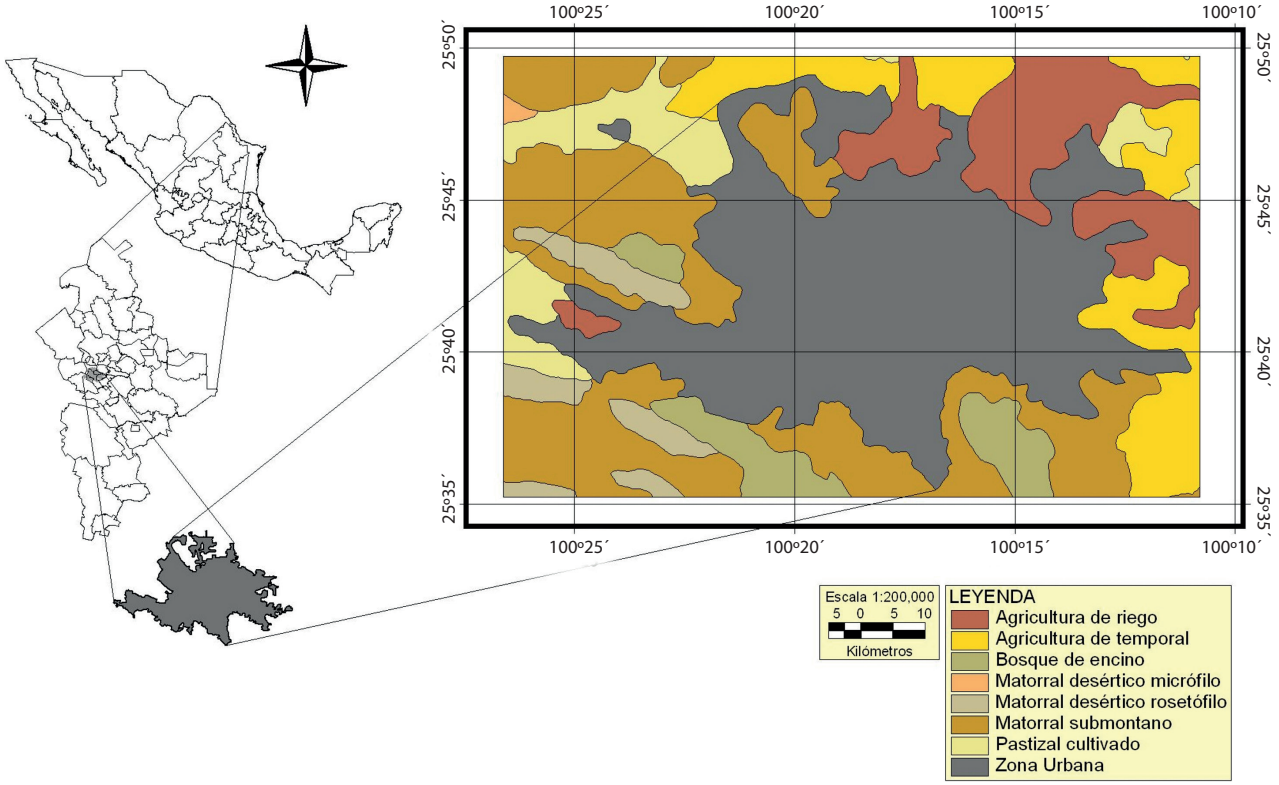

Fig. 1. Mapa de la República Mexicana y localización del área metropolitana de Monterrey, Nuevo León

encinos; matorral submontano en donde se incluyen los tipos subinerme, subinerme subcaducifolio y subinerme; matorral espinoso con palma de desierto o pitas, matorral desértico rosetófilo, chaparrales, mezquital, bosque de galería y vegetación riparia, pastizales y vegetación secundaria.

Estudio aeromicológico

Para la realización de la colecta de las esporas se tomaron en cuenta las recomendaciones de The International Association for Aerobiology (IAA) (1995), utilizando un colector volumétrico tipo Hirst marca Burkard, el cual se ubicó en un sitio distante de la influencia de plantas arbóreas en un perímetro de por lo menos 20 m, colocándose sobre una construcción a una altura de 15 m sobre el nivel del suelo y elevado a 1.5 m del techo o terraza. Este colector tienen un flujo de aire constante de 10 litros/minuto y a través de un orificio de 14 mm de anchura, las partículas impactan en una cinta especial con aceite de silicón, la cual está montada sobre un cilindro rotatorio que se desplaza a una velocidad de 2 mm/hora, el tiempo de una rotación completa es de siete días exactos.

La cinta se cambió semanalmente, y una vez retirada del aparato se llevó al laboratorio de Anatomía Vegetal donde cada cinta se dividió en siete segmentos, cada uno de 48 mm de longitud, correspondientes a cada día de muestreo. Esta cinta se adhirió a un portaobjetos estándar de vidrio y se montó con gelatina-glicerina.

Para la identificación de las esporas fúngicas se consideraron las obras de Bassett *et al*. (1978), Kapp *et al*. (2000) y Lacey y West (2006).

La concentración total de esporas y por taxón se evaluó a través del conteo de las capturadas en el colector, para lo cual se realizaron dos barridos con el objetivo de 40X, y los valores diarios se expresaron como número de esporas/m^3, utilizando el factor de corrección de 1.08. Para conocer la variación horaria, el conteo de esporas se realizó hora por hora con una plantilla impresa en acetato y los resultados se muestran en porcentaje para cada 2 horas (Galán *et al*. 1991, Trigo *et al*. 1997).

Se realizó el análisis de correlación de Spearman entre la concentración media diaria de *Alternaria, Cladosporium, Coprinus, Curvularia* y *Venturia* con la temperatura (mínima, media y máxima), humedad, precipitación y velocidad del viento en el programa computacional SPSS (v 19.0). Las variables meteorológicas diarias fueron proporcionadas por la Comisión Nacional del Agua (**Fig. 2**).

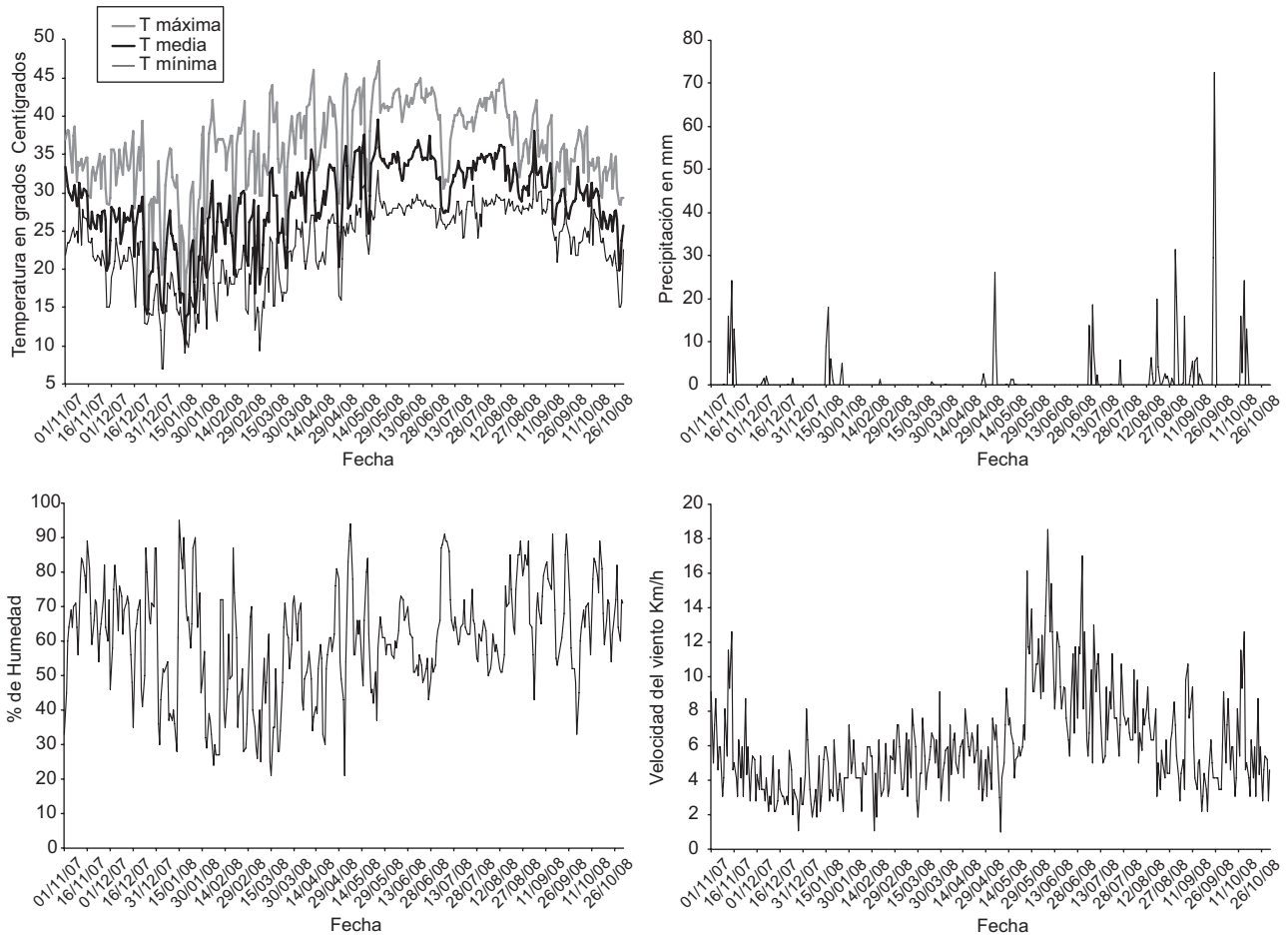

Fig.2. Variables meteorológicas para el periodo de estudio

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La diversidad de la aeromicoflora presente en el área metropolitana de Monterrey, durante el período comprendido entre noviembre de 2007 a octubre de 2008 está formada por 28 tipos de esporas registrándose un índice de esporas total de 33 576. Los días que presentaron la mayor cantidad de tipos de esporas fueron el 5, 7,11 y 27 de noviembre de 2007 con 13, mientras que el 24 de mayo solamente se registraron esporas de *Alternaria* y *Leptosphaeria.* La concentración promedio acumulada mensual de esporas para el período de estudio fue de 2.797±1.509, el mes que presentó el índice de esporas máximo corresponde a noviembre con 5598 esporas, mientras que los meses de abril y mayo presentaron el índice de esporas mínimo con 627 y 750 esporas, respectivamente. Estos resultados coinciden con el estudio realizado por Gonzalo *et al*. (1997) en España, quienes mencionan que en la dinámica de dispersión de esporas en el aire de Badajoz, se alcanzan las máximas concentraciones en noviembre. El día que presentó la media diaria máxima fue el 25 de febrero con 985 esporas/m^3 de aire y el 13 de enero con la media diaria mínima de 4 esporas/m^3 de aire.

Variación diaria y horaria de las esporas en estudio

Del total de esporas registradas en el aire del área metropolitana de Monterrey, el 83% pertenecen a *Alternaria*, *Cladosporium*, *Coprinus*, *Curvularia* y *Venturia* y el 17% comprenden otros tipos de esporas (**Cuadro I**). Entre los tipos de esporas que se encontraron en mayor cantidad corresponden a *Cladosporium* y *Alternaria*. Resultados similares son registrados en Ciudad de la Plata (Argentina) y Portugal, en donde son comunes estos tipos de esporas en el aire (Oliviera *et al*. 2009, Mallo *et al*. 2011).

i. Alternaria. Es un hongo ascomiceto muy común en abonos, plantas como fresas, crisantemos, tomates, zanahorias y espárragos; pulpa de madera y madera podrida (encino, cedros y pinos), pero también se encuentra en alimentos, papel y cuero, así como en

CUADRO I. TIPO DE ESPORAS Y EL ÍNDICE MENSUAL DE ESPORAS PARA EL AMM, NUEVO LEÓN, MÉXICO (PERIODO NOV. 2007-OCT. 2008)

Taxa	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Total	%
Alternaria	145	202	72	136	93	125	134	98	220	171	245	252	1 894	6
Cladosporium	4 422	3 485	1 623	4 089	1 085	172	367	1 333	2 051	1 084	1 560	1 997	23 267	69
Coprinus	2	50	6		30	29	4	35	195	445	18	97	913	3
Curvularia	148	63	11	19	16	9	24	31	52	54	66	58	550	2
Venturia	117	15	18	6	50	11	19	55	173	242	287	145	1 138	3
Otros	765	512	270	335	655	281	201	373	819	494	756	355	5 814	17

diferentes tipos de suelo. En las viviendas puede aislarse del aire, polvo y lugares con humedad como los marcos de las ventanas en las que se produce condensación. Su distribución es universal y se considera que es un hongo de espacios abiertos; el rango de temperatura de crecimiento varía entre 2 y 32 ºC, con temperaturas óptimas entre 25 y 28 ºC (Bassett *et al*. 1978, Kapp 2000, Pontón *et al*. 2002, Sáenz Laín y Gutiérrez Bustillo 2003). Altamente alergénico, actúa sinérgicamente con otros hongos y con el polen de gramíneas, con los cuales comparte antígenos (Halonen *et al*. 1997, Downs *et al*. 2001, Sáenz Laín y Gutiérrez Bustillo 2003).

Se contabilizaron un total de 1894 esporas que corresponden al 6 % del total de esporas encontradas en el área metropolitana de Monterrey (**Cuadro I**). Este tipo de espora estuvo presente 330 días, registrándose la concentración media diaria máxima el 15 de julio con 67 esporas/m^3 y la concentración media diaria mínima de 1 espora/m^3 para el 13 de enero (**Fig. 3**), lo que contrasta con lo reportado para la comunidad de Madrid, donde se registraron medias diarias máximas de 218 esporas/m^3 en mayo (Sáenz Laín y Gutiérrez Bustillo 2003). Con respecto a la media mensual máxima *Alternaria* presentó la mayor cantidad en los meses de septiembre y octubre con 245 y 252 esporas, respectivamente, y la media mensual mínima en enero con solamente 72 esporas (**Cuadro I**). Por su parte, Dopazo Martínez *et al*. (2001) mencionan que las esporas de *Alternaria* son más abundantes en verano aunque su presencia se extiende hasta otoño y esto concuerda con los resultados obtenidos en este estudio, ya que este tipo de espora se registró durante casi todo el periodo estudiado. Por su parte Bergamini *et al*. (2004) mencionan que *Alternaria* está presente en el aire de Módena desde mayo a noviembre con picos en el verano y otoño.

En cuanto a la variación horaria para *Alternaria* se observó que está presente durante todo el día con valores superiores al 6 % y con un patrón homogéneo. Sin embargo, la mayor presencia se da entre las 21:00 y las 22:00 horas cuando se alcanza el 11 % del total (**Fig. 4**). Por su parte, Sabariego Ruiz *et al*. (2004) mencionan que los conidios de *Alternaria* alcanzan una representación similar durante las 24 horas, esto en la atmósfera de Almería. En otro estudio realizado en Badajoz encuentran que esta espora está clasificada dentro de los tipos diurnos junto con *Dreschlera*, *Pleospora* y *Ustilago* (Gonzalo *et al*. 1996).

ii. Cladosporium. Los conidios de este ascomiceto se encuentran frecuentemente en el aire libre en las zonas templadas del planeta. *Cladosporium* produce abundantes conidios que pueden encontrarse en la atmósfera a lo largo del año, con mayores concentraciones en las últimas semanas de verano y primeras de otoño, especialmente en zonas boscosas y en el centro de las ciudades. Coloniza frecuentemente hojas y plantas, especialmente gramíneas, plantas leñosas, suelo, alimentos y textiles. La temperatura óptima de crecimiento se sitúa entre 18 y 28 ºC, pero también puede crecer a temperaturas tan bajas como –6 ºC (Bassett *et al*. 1978, Sáenz Laín y Gutiérrez Bustillo 2003). Es alergénico, está descrito como productor de asma, e incluso de intervenir en procesos micóticos pulmonares, producir cromoblastomicosis y lesiones neurotrópicas (Sáenz Laín y Gutiérrez Bustillo 2003).

El total registrado para este tipo fue de 23 267 esporas que representa el 69 % del total para el área metropolitana de Monterrey. Este tipo de espora se presentó durante 239 días, registrándose la media diaria máxima el 25 de febrero con 950 esporas/m^3 y la media diaria mínima de 5 esporas/m^3 para el 5 y 6 de enero (**Fig. 3**). Estos resultados contrastan con los encontrados para la comunidad de Madrid, donde la media diaria máxima registrada es de 2884 esporas/m^3 para el 17 de mayo de 2000 (Sáenz Laín y Gutiérrez Bustillo 2003). Con respecto a la media mensual, hay dos máximas que corresponden a noviembre y febrero con 4422 y 4089 esporas, respectivamente; mientras que la media mensual mínima de 172 esporas ocurre en abril (**Cuadro I**). Estos resultados coinciden con los obtenidos en Puerto Rico (Betancourt *et al*. 1980), España (Dopazo Martínez *et al*. 1996, Infante *et al*.1999, Morales *et al*. 2004, Sabariego Ruiz *et al*. 2004), Portugal (Peternel *et al*. 2004) y Croacia (Mitakakis *et al*. 1997), en donde *Cladosporium* también representa

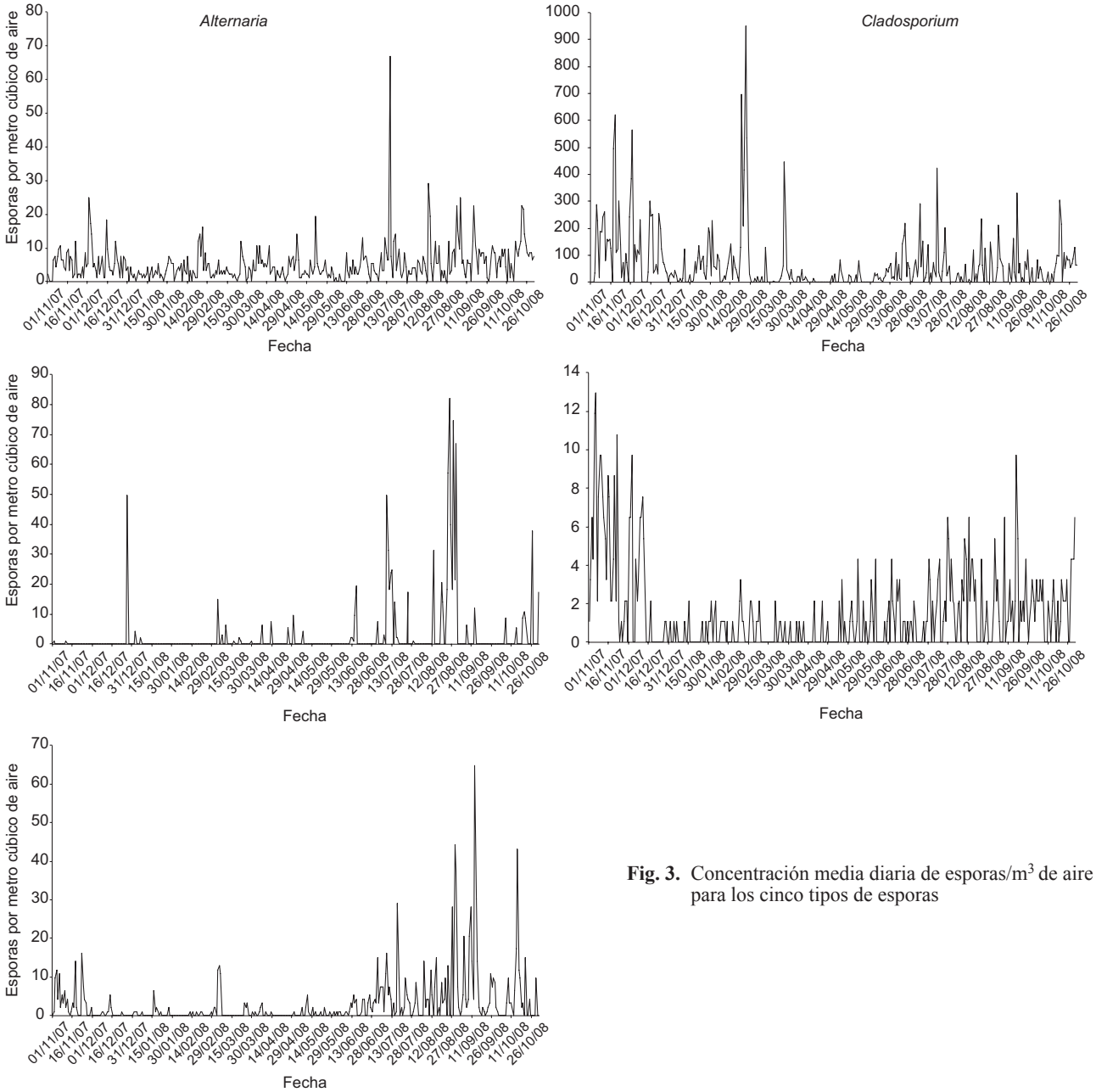

Fig. 3. Concentración media diaria de esporas/m^3 de aire para los cinco tipos de esporas

el mayor porcentaje del total de esporas registradas. Un estudio realizado en Florida, encuentran que esta espora está presente en el aire con una frecuencia del 5.1 % (Codina *et al*. 2008).

Con respecto a la distribución horaria de aparición de las esporas de *Cladosporium* se encontró que también presenta un patrón homogéneo, observándose la mayor incidencia (32 %) entre las 11 y las 16 horas (**Fig. 4**). Estos resultados también son similares a los encontrados en Badajoz donde se menciona que esta espora está clasificada dentro de los tipos diurnos junto con *Puccinia*, *Peronospora*, *Dreschlera* y *Ustilago*, mientras que *Venturia* y *Leptosphaeria* son considerados como nocturnos (Gonzalo *et al*. 1996). En Almería *Cladosporium* presenta un patrón de evolución media, donde se observa un leve intervalo de mayor presencia de la 1 a las 6 de la madrugada, produciéndose un descenso moderado de los niveles que se mantiene constante hasta las 12 de la noche (Sabariego Ruiz *et al*. 2004).

iii. Coprinus. Es un basidiomiceto aprófito que crece en los suelos húmicos de bosques y jardines, sobre excrementos y sobre restos vegetales (Sáenz Laín y Gutiérrez Bustillo 2003).

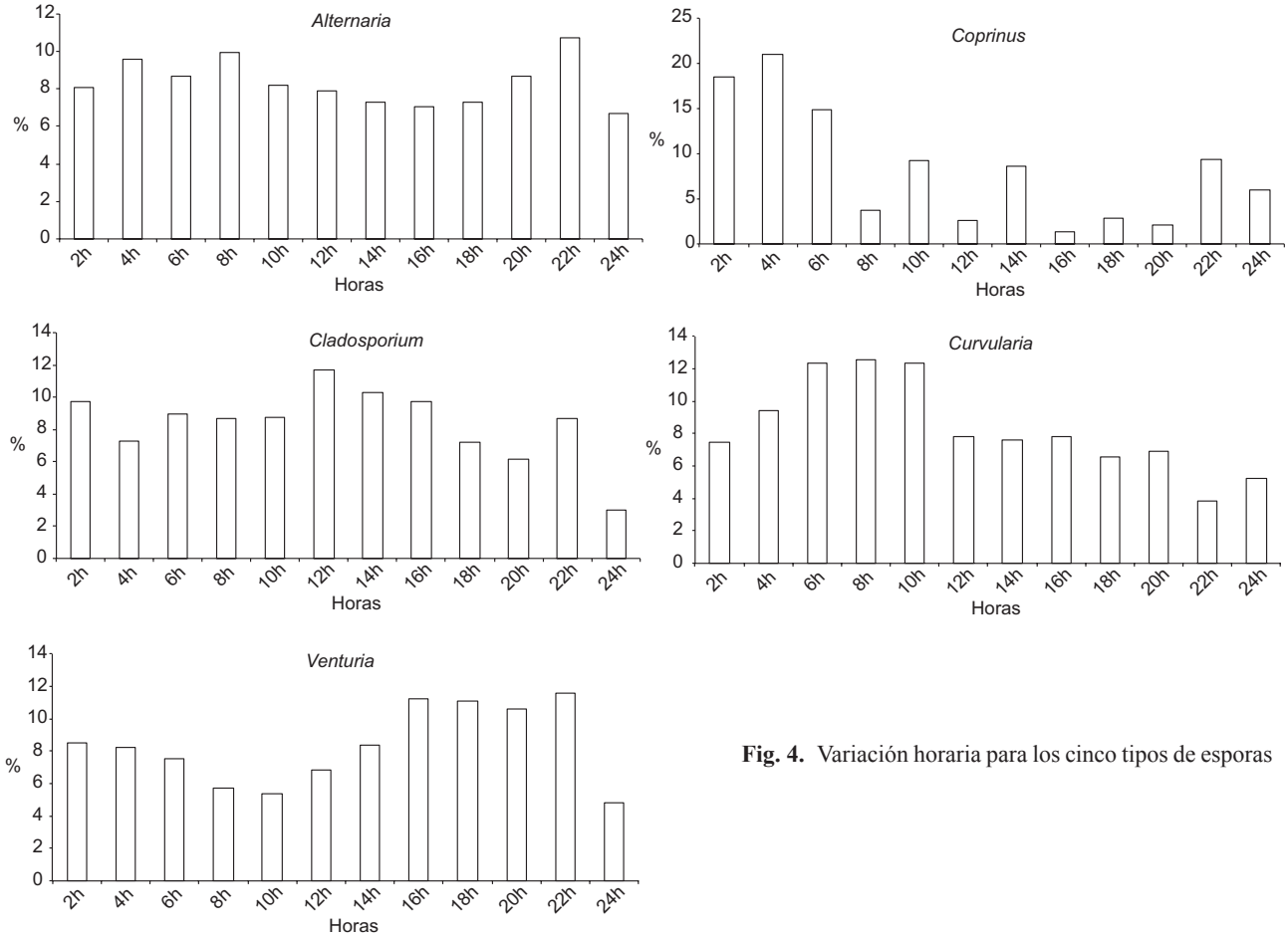

Fig. 4. Variación horaria para los cinco tipos de esporas

Se registró un total de 913 esporas (3 %), durante 54 días, la media diaria máxima ocurrió el 25 de agosto con 82 esporas/m^3 y la media diaria mínima de 1 espora/m^3 de aire el 21 de marzo (**Fig. 3**). La media mensual máxima se registró en agosto con 445 esporas y en abril la media mensual mínima de 2 esporas (**Cuadro I**). En un estudio realizado en Canadá mencionan que *Coprinus* presentó una media anual de 78 esporas (De-Wei 1995), valor muy por debajo de lo encontrado en el presente estudio (913 esporas), mientras que la ciudad de Madrid (España), se registra una media anual de 19 371 esporas (9%) y el mes de octubre se presenta la media mensual máxima (Diez Herrero *et al*. 2006). En cuanto a la variación horaria de las esporas de *Coprinus*, se encontró que para el área metropolitana de Monterrey la mayor concentración (55%) está comprendida entre la 1 y las 6 de la mañana (**Fig. 4**).

iv. Curvularia. Este ascomiceto se encuentra en regiones templadas y tropicales; es un hongo parásito de plantas cultivadas como arroz, haba, algodón, cebada, trigo, maíz, etc. En el aire la incidencia de este tipo de espora es de baja a moderada (Bassett *et al*. 1978, Kapp 2000, Sáenz Laín y Gutiérrez Bustillo 2003).

Se contabilizaron 550 esporas que representan el 2 %. Estuvo presente durante 189 días, registrándose la media diaria máxima el 6 de Noviembre con 13 esporas/m^3 y la media diaria mínima de 1 espora/m^3 para el 10 de febrero (**Fig. 3**). La media mensual máxima se presentó en noviembre y fue de 148 esporas/m^3 y en abril la media mensual mínima de 9 esporas (**Cuadro I**). Estos resultados son similares a los encontrados por Muñoz (1974) y Kaliner y Lemanske (1992), quienes mencionan que *Curvularia,* de acuerdo al mapa micológico de España, es poco frecuente en la atmósfera y su incidencia es principalmente en los meses de verano. En Florida encuentran que esta espora está presente en el aire con una frecuencia del 1.1%, pero puede alcanzar valores del 19.2 % (Codina *et al*. 2008). En cuanto a la variación horaria de *Curvularia* se observó que está presente durante todo el día, pero la mayor presencia está entre las 5 y las 10 de la mañana con un 37 % del total (**Fig. 4**).

v. Venturia. Es un ascomiceto patógeno de plantas arbustivas causándoles roña, principalmente a miembros de la familia Rosaceae (manzano y peral) y otras como los sauces también son susceptibles al ataque. En primavera las ascosporas son liberadas de los ascocarpos en hojas muertas o ramitas sobre el suelo y durante el verano la infección se propaga por conidias liberadas desde las hojas nuevas (Martínez *et al*. 1996, Ramírez Legarreta 2007, Wu 2009). Para este tipo se contabilizaron 1138 esporas que representan el 3 % del total de esporas registradas para el área metropolitana de Monterrey. Las esporas de *Venturia* se presentaron durante 178 días, obteniéndose la media diaria máxima el 13 de septiembre con 64 esporas/m^3 y la media diaria mínima de 1 espora/m^3 para el 2 de enero (**Fig. 3**). La media mensual máxima corresponde a septiembre con 287 esporas y la media mensual mínima de 6 esporas a febrero (**Cuadro I**). Estos resultados contrastan con los obtenidos para Badajoz, donde *Venturia* presenta las medias mensuales máximas en los meses de mayo con 99 esporas y junio con 11 esporas (Gonzalo *et al*. 1996). Con respecto a la variación horaria para *Venturia* se encontró que los valores máximos se presentan a partir las 16 horas, alcanzando el pico máximo a las 22 horas (12 %) (**Fig. 4**). En relación con esto Gonzalo *et al*. (1996) señalan que este tipo de espora presenta los picos más altos por la noche, por lo que está clasificada en el grupo de las esporas nocturnas junto con *Leptosphaeria*.

En el **cuadro II** se muestran los resultados de la relación entre la media diaria para *Alternaria*, *Cladosporium*, *Coprinus*, *Curvularia* y *Venturia* con las variables meteorológicas registradas durante el periodo de estudio en el AMM. Se observa que las variaciones en la temperatura se correlacionan positivamente con la presencia de esporas de *Coprinus* y *Venturia* y negativamente con *Cladosporium*. En lo que respecta a la humedad y la precipitación se encontró correlación positiva con *Coprinus*, *Curvularia* y *Venturia*, y negativa con *Cladosporium*. Por su parte Paredes *et al*. (1997) obtienen una correlación positiva y significativa con la temperatura media para *Alternaria* presente en Badajoz (España). Estos resultados difieren con los obtenidos por Sáenz Laín y Gutiérrez Bustillo (2003), quienes encuentran correlación positiva y significativa con la temperatura (media, máxima y mínima), y negativa y significativa con la humedad relativa. Resultados similares para *Coprinus* son encontrados por Herrera Isla *et al*. (2003) en Madrid, en donde la relación entre la concentración y la humedad relativa es positiva y significativa. Para *Venturia* Martínez *et al*. (1996) encuentran correlación positiva y significativa con la precipitación y la humedad relativa, negativa y significativa con la temperatura mínima. Se sabe que la liberación de esporas de basidiomicetos y ascomicetos es favorecida por un valor alto de humedad y la precipitación, mientras que las esporas de *Cladosporium* y *Alternaria* son liberadas mecánicamente por acción del viento en las hojas, algunas veces ayudada por mecanismos de ruptura activados por la deshidratación de las estructuras que las contienen (Ianovici y Tudorica 2009).

Aun cuando la mayoría de las esporas aéreas procede de fuentes cercanas al lugar donde se toman las muestras como es el suelo y la vegetación, también hay un aporte procedente de las esporas trasladadas por las corrientes atmosféricas; siendo las esporas pequeñas y de baja densidad transportadas a largas distancias y a diferentes alturas (Chakraborty *et al*. 2001, Sáenz Laín y Gutiérrez Bustillo 2003). En relación con esto, nuestro estudio se realizó a una altura de 15 m sobre el nivel del suelo, con gran probabilidad la composición y concentración a 2 m de altura deberá ser diferente. En el estudio realizado por Bergamini *et al*. (2004) en Modena (Italia) encuentran para *Alternaria* diferencias altamente

CUADRO II. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN (r) ENTRE LA CONCENTRACIÓN MEDIA DIARIA DE ESPORAS Y LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

Variables/Tipo de esporas	Alternaria		Cladosporium		Coprinus		Curvularia		***Venturia***	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
T media	0.03	0.47	–0.18**	0.00	0.07	0.16	–0.04	0.46	0.12*	0.01
T máxima	–0.02	0.65	–0.20**	0.00	0.01	0.74	–0.05	0.31	0.03	0.51
T mínima	0.06	0.19	–0.15**	0.00	0.10*	0.04	0.04	0.48	0.19**	0.00
Humedad relativa	0.01	0.75	0.08	0.10	0.12*	0.01	0.17**	0.00	0.18**	0.00
Precipitación	0.06	0.24	0.01	0.82	0.04	0.43	0.12*	0.02	0.15**	0.00
Vel. del viento	–0.03	0.53	–0.13*	0.01	0.08	0.10	–0.06	0.19	0.02	0.64

Temperatura ºC, Humedad relativa %, Precipitación mm, Velocidad del viento Km/h, **P<0.01, *P<0.05

significativas a 50 cm y 10-20 m de altura; resultados similares son reportados por Chakraborty *et al*. (2001) en India y Khattab y Levetin (2008) en Tulsa (Oklahoma) para esta misma espora muestreando a diferentes alturas, pero no así para las esporas de *Cladosporium* y *Curvularia*, para las cuales la concentración de esporas es similar.

Con respecto a la alergenicidad de las esporas fúngicas, varios estudios basados en pruebas cutáneas sugieren que entre 3 y 10 % de adultos y niños en el mundo son afectados por los hongos, provocando asma, rinitis, micosis broncopulmonares y neumonitis por hipersensibilidad (Escamilla García *et al*. 1995, Homer *et al*. 1995, Bush y Portnoy 2001, Oliveira *et al*. 2005). De acuerdo con la literatura, las esporas fúngicas más importantes por su presencia constante en el exterior y por su posible implicación en procesos alergénicos corresponden a *Alternaria*, *Cladosporium*, *Curvularia*, complejo *Aspergillus*/*Penicillium*, *Drechslera* (incluyendo *Helminthosporium*), *Epicoccum*, *Torula*, *Coprinus*, *Fusarium*, *Periconia*, *Nigrospora* y *Stemphylium* (Bassett *et al*. 1978, Nilsson 1984, Kendrick 1990 en Sáenz Laín y Gutiérrez Bustillos 2003, Chakraborty *et al*. 2001, Sáenz Laín y Gutiérrez Bustillos 2003, Simon-Nobbe *et al*. 2007). Considerando lo anterior y los resultados obtenidos en esta investigación, los habitantes del área metropolitana de Monterrey, están muy expuestos a estos tipos de esporas y por consecuencia a presentar algún tipo de enfermedad alergénica ocasionada por los mismos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP/103.5/07/2523-PROMEP/103.5/08/4897) por el apoyo otorgado para la realización de la presente investigación.

REFERENCIAS

Bassett I.J., Crompton C.W. y Parmelee J.A. (1978). An atlas of airborne pollen grains and common fungus spores of Canada. Canada Department of Agriculture. Monograph18, 215-260.

Bentancourt C., Acevedo R. y Busquest J. (1980). Reconocimiento de los hongos presentes en la atmósfera de Mayaguez Puerto Rico. Asociación Médica de Puerto Rico. 40, 11-17.

Bergamini B.M., Grillenzoni S., Andreoni A.D., Natali P., Ranzi A. y Bertolani M.F. (2004). *Alternaria* spores at different heights from the ground. Allergy 59, 746-752.

Bisht V., Kukreja N., Singh B.P., Arora N. y Sridhara S. (2003). Current status of fungal allergens. Indian J .Allergy Asthma Immunol. 17, 9-19.

Calderón C., Lacey J., McCartney A. y Rosas I. (1997). Influence of urban climate upon distribution of airborne Deuteromycete spore concentrations in Mexico city. Int. J. Biometeorol. 40, 71-80.

Chakraborty P., Gupta-Bhattacharya S., Chowdhury I., Majumdar M.R. y Chanda S. (2001). Differences in concentrations of allergenic pollen and spores at different heights on an agricultural farm in west Bengal, India. Ann. Agric. Environ. Med. 8, 123-130.

Codina R., Fox R.W., Lockey R.F., De Marco P. y Bagg A. (2008). Typical levels of airborne fungal spores in houses without obvious moisture problems during a rainy season in Florida. J. Investig. Allergol. Clin. Immunol. 18, 156-162.

Corsico R., Cinti B., Feliziani V., Gallesio M.T., Liccardi G., Loreti A., Lugo G., Marcucci F., Marcer G., Meriggi A., Minelli M., Gherson G., Nardi G., Negrini A.C., Piu G., Passaleva A., Pozzan M., D'Ambrosio F.P., Venuti A., Zanon P. y Zerboni R. (1998). Prevalence of sensitisation to *Alternaria* in allergic patients in Italy. Ann. Allergy. Asthma Im. 80, 71-76.

D'Amato G., Chatzigeorgiou G., Corsico R., Gioulekas D., Jager L., Jager S., Kontou Fili K., Kouridakis S., Liccardi G., Meriggi A., Palm CarlosM.L., Pagan Aleman S., Parmiani S., Puccinelli P., Russo M., Spieksma F., Torricelli R. y Wuthrich W. (1997). Evaluation of the prevalence of skin prick test positivity to *Alternaria* and *Cladosporium* in patients with suspected respiratory allergy. A european multicenter study promote by the Subcommittee on Aerobiology and Environmental Aspects of Inhalant Allergens of the European Academy of Allergology and Clinical Immunology. Allergy 52, 711-716.

Das S. y Gupta-Bhattacharya S. (2008). Enumerating outdoor aeromycota in suburban West Bengal, India, with reference to respiratory allergy and meteorological factors. Ann. Agric. Environ. Med. 15, 105-112.

De Wei L. (1995). A year-round comparison of fungal spores in indoor and outdoor air. Mycologia 87, 190-195.

Díez Herrero A., Sabariego Ruiz S., Gutiérrez Bustillo M. y Cervigón Morales P. (2006). Study of airborne fungal spores in Madrid, Spain. Aerobiologia 22, 135-142.

Dopazo-Martinez A., Herves Garcia M. y Aira Rodríguez M.J. (2001). Concentración de esporas de *Alternaria*, *Cladosporium* y *Fusarium* en la atmósfera de Santiago de Compostela (1996). Botanica Complutense 25, 83-91.

Downs S.H., Mitakakis T.Z., Marks G.B., Car N.G., Belousova E.G. y Leuppi J.D. (2001). Clinical importance of *Alternaria* exposure in children. Am. J. Resp. Crit. Care 3, 455-459.

Escamilla García B., Comtois P. y Cortes Borrego P. (1995). Fungal content of air samples from some asthmatic childrens homes in Mexico city. Aerobiologia 11, 95-100.

Galán C. Tormo R., Cuevas J., Infante F. y Domínguez E. (1991). Theorical daily variation patterns of airborne pollen in the South-West of Spain. Grana 30, 201-209.

García E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Autónoma de México. Series Libros Núm 6. 90 pp.

Ghosh N., Camacho R., Saadeh C., Gaylor M. y Smith D.W. (2004). Study on the fungal aeroallergen concentration in the Texas Panhandle using a Burkard volumetric spore trap. J. Allergy Clin. Immun. 113, S91.

Gonzalo M.A., Paredes M.M., Muñoz A.F., Tormo F., Silva I. y Martínez J.F. (1996). Estudio aeromicológico de la ciudad de Badajoz: Periodos de mayo a agosto de 1993 y 1994. Rev. Esp. Alergol Immunol Clin 11, 188-194.

Halonen M, Stern D.A., Wright A.L., Taussing L.M. y Martinez F.D. (1997). *Alternaria* as a major allergen for asthma in children raised in a desert environment. Am. J. Respir. Crit. Care 155, 1356-1361.

Herrera Isla L., Carranza García D. y Quiñones Ramos R. (2003). Los hongos anemófilos de la ciudad de Santa Clara, Cuba. Centro Agrícola 3, 1-25.

Ianovivi N. y Tudorica D. (2009). Aeromycoflora in outdoor environment of Timisora city (Romania). Not. Sci. Biol. 1, 21-28.

Infante F., Alba F., Caño M., Castro A., Domínguez E., Méndez J. y Vega A. (1999). A comparative study of the incidence of *Alternaria* conidia in the atmosphere of five spanish cities. Polen 10, 5-13.

Infante F., Castro A., Domínguez E., Guardia A., Mendez J., Sarabiego S. y Veja A. (1999). A comparative study of the incidence of *Cladosporium* conidia in the atmosphere of five spanish cities. Polen 10, 15-23.

Kaliner M. y Lemanske R. (1992). Rhinitis and asthma. JAMA 268, 2807-2829.

Kapp R.O., Davis O.K. y King J.E. (2000). Pollen and spores. Second edition. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation Publication 279 p.

Khattab A. y Levetin E. (2008). Effect of sampling height on the concentration of airborne fungal spores. Ann. Allerg. Asthma Im. 101, 529-534.

Lacey M.E. y West J.S. (2006). The air spora. A manual for catching and identifying airborne biological particles. Springer. 156 p.

Larenas Linneman D., Arias Cruz A., Guidos Fogelbach G. y Cid del Prado M.L. (2009). Alérgenos usados en las pruebas cutáneas en México. Revista Alergia México 56, 41-47.

Lizaso M.T., García B.E., Gómez B., Zabalegui A., Rodríguez M.J. y Tabar A.I. (2003). Tratamiento de la alergia a hongos. An. Sis. Sanit. Navar. 26, Supl. 2, 129-138.

Mallo A.C., Nitiu D.S. y Gardella Sambeth M.C. (2011). Airborne fungal spore content in the atmosphere of the city of La Plata, Argentina. Aerobiologia 27, 77-84.

Martínez Bernal A., Barrita Núñez J.C., Cárdenas González B., Blanco Jiménez S., Campos Ramos A.A. y Sepúlveda Sánchez J.D. (2010). Caracterización morfológica de polen y esporas atmosféricas mediante MEB y su relación con fuentes naturales. PL-379. XVIII Congreso Mexicano de Botánica. Guadalajara, Jalisco, 21-27 de noviembre. pp. 523-524.

Martínez J.F., Muñoz A.F., Nieto J., Paredes M.M., Silva I. y Tormo R. (1996). Dispersión de ascosporas a través del aire en la atmósfera de Badajoz y su relación con algunos parámetros meteorológicos. Bol. San. Veg. Plagas 22, 693-701.

Martínez Olivares L., Martínez Bernal A., Blanco Jiménez S., Cárdenas González B. y Sepúlveda Sánchez J.D. (2010). Biopartículas: polen y esporas en el aire de algunas regiones del estado de Hidalgo, México. PL-370. XVIII Congreso Mexicano de Botánica. Guadalajara, Jalisco, 21-27 de noviembre. p. 523

Mitakakis T.Z., Ong E.K., Stevens A., Guest D. y Knox R.B. (1997). Incidence of *Cladosporium*, *Alternaria* and total fungal spores in the atmosphere of Melboure (Australia) over three years. Aerobiology 13, 83-90.

Morales González J., Candau Fernández-Mensaque P. y González Minero F.J. (2004). Relación entre la concentración de algunas esporas fúngicas en el aire de Sevilla (España), y los índices bioclimáticos. El Clima entre el mar y la montaña, 1-10.

Muñoz E. (1974). Mapa micológico de España. L Cheminova, Española S.A. 120 pp.

Nilsson S. (1984). General biology, collecting methods and prevalence of moulds in Europe. In: Foucard T. & S. Dreborg (Eds.). Mould allergy workshop. Uppsala, Sweden. Pharmacia AB, 13-34.

Nitiu D.S. y Mallo A.C. (2011). Variaciones en la estacionalidad de polen y esporas fúngicas en la atmósfera de la ciudad de La Plata (Argentina). Bol. Soc. Argent. Bot. 46, 297-304.

Oliveira M., Ribeiro H. y Abreu I. (2005). Annual variation of fungal spores in atmosphere of Porto: 2003. Ann. Agric. Environ. Med. 12, 309-315.

Oliviera M., Ribeiro H., Delgado J.L. y Abreu I. (2009). Seasonal and intradiurnal variation of allergic fungal spores in urban and rurals areas of the North of Portugal. Aerobiologia 25, 85-98.

Ortiz Díaz T., Chávez Araujo M., Gama Flores J.L. y Huidobro Salas M.E. (2010). Hongos anemófilos

del Valle de México. MICO-602. XVIII Congreso Mexicano de Botánica. Guadalajara, Jalisco, 21-27 de noviembre. p. 503.

Paredes M.M., Martínez J.F., Silva I., Tormo R. y Muñoz A.F. (1997). Influencia de los parámetros metereológicos en la dispersión de esporas de las especies de *Alternaria* Nees ex Fr. Bol. San. Veg. Plagas 23, 541-549.

Peternel R., Culing J. y Hirga I. (2004). Atmospheric concentrations of *Cladosporium* and *Alternaria* spores in Zagreg (Croatia) and effects of some metereological factors. Ann. Agric. Environ. Med. 11, 303-307.

Pontón J., Moragues Ma. D., Gené J., Guarro J. y Quindós G. (2002). Hongos y actinomicetos alergénicos. Revista Iberoamericana de Micología. Primera edición. País Vasco, España. 45.

Ramírez Legarreta M.R., Jacobo CuéllarJ.L., Parra Quezada R.A. y Ávila Marioni M.R. (2007). Susceptibilidad de tres cultivares de manzano (*Malus sylvestris* L. Mill. var. *domestica* (Borkh.) Mansf. y manejo de la roña del manzano (*Venturia inaequalis* (Cooke) Wint.) en sistemas de producción del estado de Hidalgo, México. Revista Mexicana de Fitopatología 25, 143-151.

Rosas I., Escamilla B., Calderón C. y Mosiño P. (1990). The daily variations of airborne fungal spores in Mexico City. Aerobiologia 6, 153-158.

Sabariego S., Díaz de la Guardia C. y Alba Sánchez F. (2004). Estudio aerobiológico de los conidios de *Alternaria* y *Cladosporium* en la atmósfera de la ciudad de Almería (SE de España). Rev. Iberoam. Micol. 21, 121-127.

Sáenz Laín C. y Gutiérrez Bustillo M. (2003). Esporas atmosféricas en la Comunidad de Madrid. Documentos Técnicos de Salud Pública 3. 83 p.

Simon-Nobbe B., Denk U., Poll V., Rid R. y Breitenbach M. (2007). The spectrum of fungal allergy. Int. Arch. Allergy Immunol. 145, 58-86.

Tee R.D., Venables K. y Hawkings E. (1997). Laboratory animal allergy in pharmaceutical company. Brit. J. Ind. Med. 14, 93-96.

Trigo M.M., Recio M., Toro F.J. y Cabezudo B. (1997). Intradiurnal fluctations in airborne pollen in Malaga (S. Spain): a quantitative method. Grana 36, 39-43.

Udaya Prakash N. (2004). A preliminary investigation on the atmospheric mycoflora of Austin, TX, USA. J. Allergy Clin. Immun. 113, S64.

Vijay H., Buron M. y Young M. (1991). Allergic components of insolates of *Cladosporium herbarium.* Grana 30, 161-165.

Wu S.Y., Chung W.C., Huang J.W., Ishii H. y Chung W.H. (2009). Identification and fungicidal sensitivity of the fungus *Venturia* sp, the causal agent of pear scab in Taiwan. Plant Pathol. Bull. 18, 135-143.