

50
2 ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES ATMOSFERICAS SOBRE LA AEROMICROBIOTA EN UNA ZONA SUBURBANA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

BEATRIZ ESCAMILLA GARCIA

MEXICO, D.

TESIS CON
FALSA DE ORIGIN

1990



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O

RESUMEN	i
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	8
OBJETIVOS	16
LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	17
MATERIAL Y MÉTODO	24
Muestras del aire	24
Observaciones meteorológicas	24
Aislamiento y Determinación	25
RESULTADOS	28
Análisis Cuantitativo	28
Análisis cualitativo.	36
DISCUSIÓN	56
CONCLUSIONES	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

RESUMEN

Se llevo a cabo una investigación para determinar la influencia de algunos factores meteorológicos sobre la aeromicobiota en una zona suburbana del suroeste de la Ciudad de México (Ciudad Universitaria). Para ello se realizaron muestreos puntuales del aire (10 minutos), durante 6 meses, a las 7:30, 14:00 y 19:00 horas, mediante un muestreador Andersen, efectuándose la impactación de los propágulos fúngicos sobre cajas de Petri con extracto de malta agar. Se registraron concentraciones entre 47 y 7580 UFC m⁻³ en la época de lluvias y 85 y 1905 UFC m⁻³ en la época de secas. Las variaciones registradas en los valores de la concentración de aeropartículas fúngicas totales se relacionaron en las mañanas con la disminución de la presión de vapor, de la velocidad del viento y el índice de estabilidad de atmosférica de Turner; al mediodía con la disminución de la presión de vapor y de la temperatura, y en las noches con el aumento de estos últimos dos factores. En este estudio se colectaron 11 géneros, siendo los más frecuentes *Cladosporium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Monilia* y *Rhizopus*; del total de géneros colectados *Cladosporium* constituyó el 30 %, *Alternaria* el 2 % y *Aspergillus* el 2 %, de éste último se determinaron 8 grupos y 9 especies, algunas de ellas reportadas como patógenos oportunistas. El estudio generó información sobre la variación diurna y estacional de la concentración de aeropartículas fúngicas presentes Ciudad Universitaria, concluyendo así mismo que el muestreador Andersen es indispensable en evaluaciones cualitativas requeridas para el conocimiento de alérgenos inhalables.

INTRODUCCIÓN

Los hongos constituyen un componente importante dentro de la biota aérea, de interés no sólo para la biología sino también para la fitopatología y la medicina, ya que algunas especies resultan fitopatógenas o patógenas oportunistas y/o alergenas en los animales y el hombre. La aeromicrología estudia la forma en que se introducen y dispersan los propágulos fúngicos en la atmósfera e intenta establecer correlaciones entre éstos y las condiciones atmosféricas bajo las cuales se presentan.

La concentración de propágulos fúngicos en el aire varía con la estación del año, el día y la hora. Diversos estudios muestran que esta variación está determinada por cambios en las condiciones meteorológicas que afectan en mayor o menor grado los ritmos circadianos y la dispersión de los organismos en cuestión y difieren en intensidad de una región a otra (Hirst, 1953; Adams, 1964; Gregory, 1973; Edmonds, 1979; Lacey, 1981; Lawrence Jr. y Zehr, 1983; Burge, 1986; Hurtado y Riegler-Goihman, 1986; Atluri et al., 1988 a).

En las regiones templadas y tropicales el número de esporas suele ser mayor que en las latitudes altas y en los desiertos, y con frecuencia la concentración de esporas es mayor en la época de lluvias que en la de secas, principalmente en el verano e inicio del otoño (Pady et al., 1962; Adams, 1964; Pathak y Pady, 1965, Hurtado y Riegler-Goihman, 1986). En las regiones polares y subárticas la estación de máxima producción de esporas frecuentemente es corta, predominando ascosporas y basidiosporas (Lacey, 1981). En los desiertos la colonización está limitada por las temperaturas altas y la escasa vegetación, y la máxima concentración de esporas puede darse en otoño o invierno (Youssef y Karam El-Din, 1988 a, b).

Introducción

Se ha observado que la lluvia influye sobre la concentración de esporas en el aire (Kramer et al., 1963; Lacey, 1981). La caída de las primeras gotas incrementa la concentración de algunas esporas secas, como las de *Cladosporium*, *Alternaria*, *Erysiphe* y *Fusicladium effusum*, entre otros (Ingold, 1957; Rich y Waggoner, 1962; Ingold, 1971; Lacey, 1981; Gottwald y Bertrand, 1982). Si la lluvia persiste, las esporas de estos géneros son lavadas del aire y en cuestión de minutos los niveles de ascosporas y basidiosporas comienzan a aumentar, cuyo número y tipo dependen de la magnitud de la precipitación (Pady, 1957; Gregory, 1952; Pady et al., 1962; Kramer et al., 1963; Goodman et al., 1966; Pathak y Pady, 1965; Ogunlana, 1975; Jones y Cookson, 1983; Burge, 1986).

Durante períodos muy prolongados de lluvia ocurre un lavado atmosférico y la concentración de esporas secas disminuye. La cantidad de partículas que permanecen en el aire, entre ellas los propágulos fúngicos, disminuye exponencialmente con la amplitud del lavado. Las esporas de 60, 36 y 12 μm de diámetro y un 1 % de las de 30 μm continúan suspendidas durante 15, 30, 60 y 120 minutos, respectivamente, durante lluvias de 2 mm h^{-1} (Lacey, 1981).

Los hongos presentan una variación diurna más marcada que la estacional y los cambios diurnos con respecto a la concentración de propágulos fúngicos en el aire dependen del desarrollo, la producción, el tipo de liberación de las esporas y las condiciones meteorológicas prevalecientes (Gregory, 1973; Lacey, 1981; Atluri et al., 1988a). Con frecuencia la concentración de esporas es mayor en la noche que en el día y los tipos nocturnos están representados por basidiosporas y ascosporas principalmente (Panzer et al., 1957; Pady et al., 1962; De Groot, 1966; Adams, 1964; Sreeramulu, 1963; Gregory, 1973; Lacey, 1981; Atluri et al., 1988 a,b). Se ha sugerido que el aumento en la concentración nocturna de esporas

está asociado a un incremento en la humedad (Pady et al., 1962; Sreeramulu, 1963; Ingold, 1971), ya sea debido al rocío (Gregory, 1952) o a la lluvia (Pady, 1957; Adams, 1964; Ogunlana, 1975), o bien que se relacione con la disminución en la velocidad del viento o la turbulencia (Gregory, 1952; De Groot, 1968; Rich y Waggoner, 1962).

Adams (1964) observó que la máxima concentración nocturna de hongos coincidía con temperatura y humedad relativa altas, durante periodos de lluvia, en tanto que la máxima concentración diurna se dio bajo condiciones generalmente secas, ya sea con lluvia ligera o nula, temperatura entre 18 y 38°C, y humedad relativa decreciente. Entre los géneros encontrados en estas condiciones están *Tilletiopsis*, *Sporobolomyces*, además de diversas ascosporas y basidiosporas, que coincidieron con clima caluroso y húmedo y periodos generalmente de lluvias, mientras que *Polythrincium*, *Torula*, *Erysiphe*, *Epicoccum*, *Cladosporium*, *Pullularia*, *Botrytis*, *Alternaria*, *Ustilago*, *Penicillium* y *Aspergillus* tuvieron la mayor liberación de esporas bajo condiciones secas, temperaturas altas y humedad relativa decreciente (Adams, 1964).

Las esporas secas se asocian con turbulencia térmica, clima caluroso y vientos de ligeros a fuertes, mientras que las esporas de tipo húmedo se relacionan con humedad relativa alta o periodos posteriores a la lluvia (Ingold, 1971; Atluri et al., 1988 a).

Los resultados obtenidos en investigaciones sobre periodicidad diurna permiten distinguir cinco patrones de máxima concentración a lo largo del día (Gregory, 1973; Lacey, 1981; Atluri et al., 1988a). Debe hacerse notar que la hora a la cual se liberan las esporas y su máxima concentración en el aire pueden diferir dependiendo de diversos factores, especialmente de la localización

del muestreador con respecto al punto en que se liberan las esporas (Atiuri et al., 1988a).

Una vez que la espora ha sido liberada, sus movimientos en la masa de aire en la cual flota y su dispersión estarán determinados por el tamaño, la forma, la textura, la densidad y la carga electrostática de la espora, y su transporte en sentido vertical y horizontal dependerá de la turbulencia mecánica y térmica, viscosidad del aire, corrientes de convección y patrones de circulación atmosférica (Ingold, 1957, Lacey, 1981).

El viento puede proporcionar la fuerza necesaria para aerolizar partículas del suelo y otras superficies, aumentando así la cantidad de aeropartículas viables suspendidas (Wright et al, 1969). Pady (1957) observó que los vientos fuertes usualmente llevan más esporas que las masas de aire con velocidades bajas. Estos vientos favorecen la liberación de esporas del suelo y tienen relación con la variación estacional de los fragmentos hifales en el aire (Pady, 1957; Pady y Kramer, 1960). Van Arsdel (1967) ha propuesto que las corrientes bajas y vientos en calma son importantes para retener las nubes de esporas e influyen en la depositación de las mismas. Respecto al tipo de esporas, Hammett y Manners (1971, citado por Lacey, 1981) observaron que el aumento en la velocidad del viento provocó la disminución de la concentración de esporas de *Alternaria* y *Cladosporium*, en tanto que esporas de *Erysiphe graminis* se correlacionaron con velocidades altas. Por otro lado, el aumento en el número de basidiosporas de *Ganoderma* y otras esporas pequeñas se ha relacionado con la disminución de la velocidad del viento y la turbulencia (De Groot, 1968).

Los vientos fuertes transportan y diluyen las nubes de

esporas. La disminución del número de esporas con la distancia se da en forma gradual y de manera lineal (Lacey, 1981) y puede llegar a evaluarse mediante modelos matemáticos (Aylor, 1986), principalmente a través de la cuantificación de hongos fitopatógenos. Esporas de *Puccinia graminis*, *Alternaria*, *Cladosporium*, y *Ustilago*, así como ascosporas y basidiosporas, se han aislado a una altura de 2 Km a varios cientos de kilómetros de la tierra (Hirst y Hurst, 1967; Hirst et al., 1967 a,b; Hermansen, 1975, citado por Aylor, 1986). El transporte de un hongo fitopatógeno puede alcanzar cerca de 54 Km día⁻¹ (Stakman y Harrar, 1957, citado por Aylor, 1986).

La temperatura ha llegado a considerarse importante para determinar la concentración de ciertos tipos de hongos en el aire (Davies et al., 1963), pero puede considerarse también su efecto como turbulencia térmica, sobre todo cuando se estudian perfiles verticales de esporas. La distribución vertical y horizontal de las esporas depende de la estabilidad atmosférica, y esta última depende de la distribución vertical de la temperatura y del gradiente adiabático, además de la velocidad del viento. La estabilidad se da con una radiación emitida alta y vientos débiles, y la inestabilidad con una gran radiación incidente, corrientes de convección y vientos ligeros o fuertes (Turner, 1964). Cuando el aire es inestable cualquier desplazamiento en sentido vertical es continuo. Cuando es estable, el desplazamiento vertical no es continuo y el aire tiende a regresar a su posición original. En términos generales se da una mezcla mayor cuando el aire es inestable y repercute sobre la distribución vertical de las esporas, por lo que en estas condiciones la concentración de esporas disminuye logarítmicamente con la altura. Bajo condiciones estables y días nublados la concentración de esporas puede ser de 6 500 esporas m⁻³ a 2100 m, en el nivel superior de una nube tipo

Introducción

cúmulus, 500 a una altura de 1 000 m, y aproximadamente 4 500 esporas m^{-3} a 600 m (Hirst y Hurst, 1967). Las condiciones de inversión térmica que inhiben la convección retienen grandes concentraciones de aeropartículas viables a nivel del suelo y limitan su ascensión.

Bajo condiciones naturales es difícil proporcionar una relación directa entre cambios en un factor meteorológico particular y la liberación de las esporas ya que aquí influyen muchas otras variables; es por ello que se ha estudiado el efecto de las mismas bajo condiciones controladas de laboratorio y se ha observado que uno de los factores que más influyen sobre la esporulación es la humedad (Leach, 1980 a,b,c; Gottwald y Bertrand, 1982; Gottwald, 1982; Gottwald, 1983).

En *Drechslera turcica*, *D.maydis* y *Pyricularia oryzae* la liberación conidial es favorecida por el aumento y la disminución cíclicos de la humedad relativa, obteniéndose un patrón bimodal de liberación. En *Drechslera* la liberación puede darse en la obscuridad o bajo la exposición a la luz infra roja, siendo mayor bajo condiciones de iluminación (Leach, 1980 a,b). En *Pyricularia oryzae* la mayor respuesta se da con un incremento en la humedad relativa hasta un 100 %, principalmente en la obscuridad, diferenciándose por esto de otras esporas secas de hongos imperfectos (Leach, 1980 c).

En *Cladosporium* la esporulación es favorecida por la disminución de la humedad relativa cercana al 40 % y suele ser estimulada por cambios breves en la humedad relativa y exposiciones cortas a la luz infra roja (Gottwald, 1982). En algunas especies la esporulación es además inducida por la vibración, especialmente en individuos irradiados (Gottwald, 1983), o bien por corrientes

Introducción

de aire ya sean secas o húmedas (Dowding, 1969). La germinación y desarrollo del micelio en *C. carpophilum* se relacionan con valores más altos de humedad relativa y temperatura entre 20 y 30°C, condiciones que además favorecen la infección por este hongo en tejidos de plantas de durazno (Lawrence Jr. y Zehr, 1982).

En la liberación conidial de las esporas de algunos mohos participan además de la humedad relativa, la luz, la temperatura y el viento. La velocidad de viento mínima necesaria para liberar los conidios varía entre 0.4 y 2.4 ms⁻¹. El número de conidios liberados se eleva al aumentar la velocidad del viento y la turbulencia y al disminuir la humedad relativa (Ingold, 1971; Leach, 1980 a,b; Lacey, 1981; Adams Jr. et al., 1986; Thomas et al., 1988). Una vez que la espора ha sido liberada y dispersada por el aire, la probabilidad de que se deposite en un sustrato específico dependerá de las corrientes advectivas, la turbulencia atmosférica, la precipitación y las fuerzas de gravedad (Lacey, 1981; Aylor, 1986).

ANTECEDENTES

En la actualidad existen numerosos estudios que proporcionan información sobre la presencia de propágulos fúngicos en la atmósfera de ambientes extramuros; la mayor parte de ellos se han realizado en el extranjero (Gregory, 1952; Pady, 1957; Adams, 1964; Kramer *et al.*, 1963; Goodman *et al.*, 1966; Auger-Barreau, 1971; Mallea *et al.*, 1972; Imshenetsky *et al.*, 1978; De Lima y Gadelha, 1983; Infante *et al.*, 1987; Jones y Cookson, 1983; Hurtado y Riegler-Goinhman, 1986; Spiekma *et al.*, 1987; Youssef y Karam El-Din, 1988a,b; Atluri *et al.*, 1988 a,b; Mari Bhat y Rajasab, 1989; Joy-Royes, 1987, entre otros).

Los estudios realizados sobre la variación estacional y periodicidad diurna de los propágulos fúngicos en el aire incluyen generalmente el efecto de los factores meteorológicos sobre las mismas bajo condiciones naturales. Se ha observado que existe una gran variación en el número y tipo de hongos presentes en la atmósfera y con frecuencia esta variación obedece a la acción de distintos factores como son la localización geográfica (Davies *et al.*, 1963; Mallea *et al.*, 1972; Spiekma *et al.*, 1987), la topografía (Davies, 1969), la época del año (Pady *et al.*, 1962; Kramer *et al.*, 1963; Goodman *et al.*, 1966; Wrigth *et al.*, 1969; Ogunlana, 1975; De Lima y Gadelha, 1983), la hora del día (Panzer *et al.*, 1957; Pady, 1957; Kramer *et al.*, 1960; Pathak y Pady, 1965; Gregory, 1973; Edmonds, 1979; Atluri, *et al.*, 1988 a), así como a las condiciones meteorológicas locales como la humedad atmosférica, la temperatura, la nubosidad, los vientos y la precipitación (Gregory, 1952; Davies *et al.*, 1963; Adams, 1964; Goodman *et al.*, 1966; De Groot, 1968; Dowding, 1969; Wrigth *et al.*, 1969; Ogunlana, 1975), además de las actividades humanas (Scott *et al.*, 1983; Jones y Cookson, 1983; De Lima y Gadelha, 1983; Atluri *et al.*, 1988b).

Antecedentes

También se ha estudiado el efecto de los factores meteorológicos sobre el desarrollo de los propágulos fúngicos bajo condiciones controladas de laboratorio (Dowding, 1969; Curran, 1980; Leach 1980 a,b,c; Gottwald, 1982; Gottwald, 1983; Gottwald y Bertrand, 1982; Lawrence Jr. y Zehr, 1982; Adams Jr. et al., 1986; Thomas et al., 1988).

La mayor parte de los estudios aeromicológicos se han realizado a nivel de la tropósfera, pero existen estudios que reportan la presencia de hongos en la mesósfera y la estratósfera (Imshenetsky et al., 1978; Imshenetskii et al., 1984 a,b,c; Agashe y Chatterjee, 1987). Estos estudios permiten conocer las posibilidades de sobrevivencia de los propágulos fúngicos bajo condiciones extremas de humedad y temperatura.

En México se han realizado diversos estudios a fin de conocer la concentración de hongos presentes en el aire. Uno de los primeros trabajos fue el de González-Ochoa y Orozco, quienes realizaron una exploración horaria de los hongos presentes en el aire de la Ciudad de México, estudiando sus relaciones con factores atmosféricos. En el estudio se aislaron 19 géneros, siendo los más frecuentes *Homodendrum*, actual sinónimo de *Cladosporium* (17.7 % de los casos), *Penicillium* (16.6 %) y *Alternaria* (9.3 %). Se encontró una ligera fluctuación estacional para la cantidad total de partículas pero no una variación horaria ni para la cantidad de colonias ni para los diferentes géneros. Los autores encontraron una correlación entre la variación total de colonias y el viento (González-Ochoa y Orozco, 1943).

Posteriormente, en 1981, López Martínez y colaboradores estudiaron la variación estacional de los hongos productores de alergias en el sur de la Ciudad de México, llegando a identificar

Antecedentes

26 géneros, de los cuales el 27 % se conocen como alérgenos. Los hongos más frecuentes fueron *Rhodotorula*, *Phialophora*, *Penicillium* y *Alternaria* (López Martínez et al., 1986).

En 1986 Rosas y colaboradores realizaron una investigación sobre los hongos presentes en la atmósfera de la Ciudad de México a través del análisis del agua de lluvia. Se registraron entre 600 y 6 000 colonias m^{-3} de agua colectada, y de los 23 géneros determinados, los más frecuentes fueron *Cladosporium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Epicoccum*, *Monilia* y *Aspergillus*, además de levaduras. La abundancia de los hongos presentes en agua de lluvia se relacionó con la velocidad del viento (Rosas et al., 1986).

Entre 1986 y 1987 Calderón estudió la variación estacional de la aeromicobiota en una zona suburbana de la Ciudad de México, llegando a aislar 11 géneros con varias especies. En el estudio no se encontraron diferencias entre las concentraciones de hongos aéreos correspondientes a la época de secas y a la de lluvias, y la turbulencia térmica se consideró como el probable factor principal para la introducción de esporas en el aire (Calderón, 1989).

Las investigaciones realizadas tanto en el extranjero como en México reportan como hongos frecuentes y cosmopolitas a *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Rhizopus* y levaduras, entre otros, (Davies et al., 1963; Rich y Waggoner, 1962; Adams, 1964; Ogunlana, 1975; Hurtado y Riegler-Goinhman, 1986; López Martínez et al., 1986; Rosas et al., 1986; Youssef y Karam El-Din, 1988 a,b). En la tabla 1 se puede observar que la concentración de hongos totales colectados difiere dependiendo del tipo de muestreador empleado. Así, con sedimentación por gravedad se obtuvo

Antecedentes

el desarrollo de entre 8 220 y 24 831 colonias de hongos totales en un período de un año (Goodman *et al.*, 1966; De Lima y Gadelha, 1983; López Martínez *et al.*, 1986; Infante *et al.*, 1987) y entre 10.7 y 22.3 colonias en promedio mensual de *Aspergillus* (Mallea *et al.*, 1972). Con un impactador en cascada se obtuvieron de 50 a 600 colonias en promedio mensual (Ogunlana, 1975), o 61 222 esporas m^{-3} en 24 horas (Gregory, 1952). Con un muestreador continuo semejante al diseñado por Hirst (Hirst, 1952), se obtuvieron entre 1509.6×10^8 y 5538.3×10^8 esporas m^{-2} en 24 horas (Panzer *et al.*, 1957), mientras que con el aparato empleado por Hirst se reportaron entre 90 y 238 819 esporas m^{-3} (Pady, 1957; Pady *et al.*, 1962; Kramer *et al.*, 1963; Davies *et al.*, 1963; Adams, 1964; De Groot, 1968). Atluri *et al.* (1988 a,b) empleando un Rotorod colectaron entre 5 510 y 93 570 esporas m^{-3} en 24 horas, en tanto que Hurtado y Riegler-Goinhman (1987) con este mismo aparato, obtuvieron entre 7 560 y 14 785 esporas m^{-3} en promedio mensual, y entre 52 068 y 231 910 esporas m^{-3} con un Burkard. En otros estudios en que se empleó este aparato se reportaron entre 0 y 4 130 esporas $mm^{-2} \text{ hora}^{-1}$ y 133 071 esporas mm^{-2} de hongos totales en un año (Mari Bhat y Rajasab, 1989).

Para el caso del muestreador Andersen, se han colectado de 12 a 4 977 colonias m^{-3} (Wright *et al.*, 1969), 318 y 255 250 esporas m^{-3} (Dowding, 1969; Hudson, 1969; Auger-Barreau, 1971), y entre 7 y 14 000 UFC m^{-3} de hongos totales (Jones y Cookson, 1983; Youssef y Karam El-Din, 1988; Calderón, 1989), y de 430 a más de 6×10^8 UFC m^{-3} de *Aspergillus fumigatus* (Scott *et al.*, 1983). Con otros muestreadores se obtuvieron 1 010 esporas cm^2 (Hurtado y Riegler-Goinhman, 1986), y de 600 a 6000 esporas ml^{-1} de agua de lluvia (Rosas, *et al.*, 1986), y entre 0 y 90 esporas ml^{-1} de *Fusicladium effusum* (Gottwald y Bertrand, 1982).

Antecedentes

En la mayoría de estos estudios se reportaron como géneros frecuentes a *Alternaria*, *Aspergillus* y *Cladosporium*, entre otros. Las especies de estos géneros de hongos se reportan como causantes de diversos padecimientos. En particular las de *Alternaria* y *Cladosporium* se relacionan con alergia y asma, y las de *Aspergillus* se asocian además con enfermedades sistémicas diversas (Rippon, 1982), por lo que si bien su concentración en el aire es menor que la de otros hongos, el asunto requiere de un estudio más amplio. Debido a su tamaño y peso las esporas son fácilmente dispersadas por el viento, pudiendo así ser inhaladas y llegar a provocar diversos tipos de padecimientos en individuos susceptibles. Es por ello que resulta necesario realizar estudios que permitan conocer los patrones de liberación de las esporas, los ritmos circadianos y la periodicidad de los hongos, así como su frecuencia de aparición y concentración bajo distintas condiciones atmosféricas, a fin de establecer programas de control y manejo de ciertas enfermedades asociadas con la aeromicobiota en ambientes extramuros.

Antecedentes

Tabla 1. Cuadro comparativo de la concentración de hongos reportada con distintos muestreadores

Concentración de hongos	Unidades	Aparato	Localidad	Géneros frecuentes	Referencia
8,220	Colonias (1 año)	Sedimentación por gravedad (10 min)	Arizona (E.U.)	<u>Alternaria</u> , <u>Heliothosporium</u> , <u>Aspergillus</u> , <u>Bispora</u> , <u>Horodendrum</u> , <u>Pullularia</u>	Goodman <u>et al.</u> , 1966.
1.2 - 27.1 15.0 - 40.1 6.0 - 29.6 8.3 - 27.5	Col. mes ⁻¹	Sedimentación por gravedad	París Londres Marsella Lyon	<u>Aspergillus</u>	Mallea <u>et al.</u> , 1972.
11,334	Colonias	Sedimentación por gravedad (10 min)	Recife (Brasil)	<u>Aspergillus</u> , <u>Penicillium</u> , <u>Cladosporium</u> , <u>Candida</u> , <u>Rhizotorula</u>	De Lencastre y Gadelha, 1983
24,831	Colonias (1 año)	Sedimentación por gravedad (20 min)	Córdoba (España)	<u>Alternaria</u> (13.6 % del total)	Infante <u>et al.</u> , 1987.
5,538 x 10 ⁶ a 1,509 x 10 ⁶	Esporas m ⁻²	Seejante al de Hirst	Maryland (E.U.)	<u>Pyricularia oryzae</u> , <u>Alternaria</u> , <u>Cladosporium</u>	Panzer <u>et al.</u> , 1957.
61,222	Esporas m ⁻³ (24 hrs)	Impactador en cascada (Casella)	Rothamsted (Inglaterra)	<u>Cladosporium</u> , <u>Alternaria</u> , <u>Ustilago</u> , <u>Erysiphe</u>	Gregory, 1952.
50 - 600	Col. mes ⁻¹	Impactador en cascada (Casella)	Ibadan (Nigeria)	<u>Cladosporium</u> , <u>Curvularia</u> , <u>Aspergillus</u> , <u>Fusarium</u> , <u>Phytoctyes</u>	Ogunlana, 1975.
1 - 160,444	Esporas m ⁻³	Impactador en cascada (Casella)	Kingston (Jamaica)	<u>Diatrypa</u> , <u>Gloesporia</u> , <u>Penicillium</u> , <u>Cladosporium</u> , <u>Microspora</u> , <u>Curvularia</u>	Joy Royes, 1967.
169 - 1,260 1,765-24,710	Esporas m ⁻³ (24 hrs) Esporas m ⁻³ (1 semana)	Hirst	Kansas (E.U.)	<u>Cladosporium</u> , <u>Alternaria</u> , <u>Aspergillus</u> , <u>Penicillium</u> , <u>Ustilago</u>	Pady, 1957.
2,118-95,945	Esporas m ⁻³ (24 hrs)	Hirst	Kansas (E.U.)	<u>Cladosporium</u> , <u>Alternaria</u> , <u>Cercospora</u> , <u>Fusarium</u> , <u>Aspergillus</u> o <u>Penicillium</u>	Pady <u>et al.</u> , 1962. Kramer <u>et al.</u> , 1963.

Antecedentes

Tabla 1. Continuación

Concentración de hongos	Unidades	Aparato	Localidad	Géneros frecuentes	Referencia
90 - 16,860	Esporas m^{-3} (24 hrs)	Hirst	Londres	<u>Cladosporium</u> , <u>Leptosphaeria</u> , <u>Sporobolomyces</u> , <u>Penicillium</u>	Davies <i>et al.</i> , 1963.
90 - 26,444	Esporas m^{-3} (24 hrs)	Hirst	Liverpool		
238,817	Esporas m^{-3} (24 hrs)	Hirst	Inglaterra	<u>Cladosporium</u> , <u>Ganoderma</u> , <u>Fomes</u>	De Groot, 1968.
2100 - 3600	Esporas m^{-3} (24 hrs)	Hirst	Cardiff (Inglaterra)	<u>Cladosporium</u> , <u>Tilletiopsis</u> , <u>Sporobolomyces</u> , <u>Penicillium</u> , <u>Pulleleria</u> , <u>Epicoccum</u> , <u>Aspergillus</u> , <u>Alternaria</u>	Adams, 1964.
55510-93570	Esporas m^{-3} (24 hrs)	Rotorod	Rhinavaram (India)	<u>Cladosporium</u> , <u>Leptosphaeria</u> , <u>Myrothecium</u> , <u>Microspora</u> , <u>Cercospora</u> , <u>Ustilaginoides</u> , <u>Stachybotrys</u> , <u>Trichosporia</u> .	Atluri <i>et al.</i> , 1988 (a, b).
7560 - 14725	Esporas m^{-3} (promedio mensual)	Rotorod	Venezuela	<u>Chaetocium</u> , <u>Leptosphaeria</u> , <u>Triblidium</u> , <u>Alternaria</u> , <u>Drechslera</u> , <u>Curvularia</u> , <u>Fusarium</u> , <u>Nigrospora</u>	Murtado y Riegler Bohman, 1987.
52068-231910	Esporas m^{-3} (promedio mensual)	Burkard	Venezuela	<u>Chaetocium</u> , <u>Leptosphaeria</u> , <u>Triblidium</u> , <u>Alternaria</u> , <u>Drechslera</u> , <u>Curvularia</u> , <u>Fusarium</u> , <u>Nigrospora</u>	Murtado y Riegler Bohman, 1987.
133,071	Esporas m^{-3} (1 año)	Burkard	India		Mari Bhat y Rajasab, 1989.
110 - 2090	UFC m^{-3}	Burkard	Montreal (Canadá)	<u>Cladosporium</u> , <u>Epicoccum</u> , <u>Alternaria</u> , <u>Penicillium</u> , <u>Fusarium</u>	Pineau y Coetois, 1989.
0 - 4,130	Esporas m^{-3} (24 hrs)	Burkard	Georgia (E.U.)	<u>Fusicladium effusum</u>	Sotwald y Bertrand, 1982.
0 - 90	Esporas m^{-1}	Colector de lluvia	Georgia		

Antecedentes

Tabla 1. Continuación

Concentración de hongos	Unidades	Aparato	Localidad	Géneros frecuentes	Referencia
6,311	Esporas (110 cm ⁻²)		Venezuela	<u>Chaetomium</u> , <u>Leptosphaeria</u> , <u>Triblidium</u> , <u>Alternaria</u> , <u>Oreochlora</u> , <u>Curvularia</u> , <u>Fusarium</u> , <u>Nirospora</u>	Hurtado y Riegler Gothean, 1996.
330 - 12243	Esporas m ⁻³ (proc. aens.)	Andersen	Cambridge (Inglaterra)	<u>Cladosporium</u> , <u>Botrytis</u> , <u>Penicillium</u> , <u>Aspergillus</u>	Hudson, 1969.
17400-255250	Esporas m ⁻³	Andersen	Cambridge (Inglaterra)	<u>Cladosporium</u> , <u>Ceratocystis</u> , <u>Penicillium</u> , <u>Leptosphaeria</u> , <u>Trichoderma</u> , <u>Gliocladium</u>	Dowding, 1965.
258 - 4,977	Colonias m ⁻³	Andersen	Minneapolis (E.U.)	<u>Cladosporium</u> , <u>Alternaria</u> , <u>Penicillium</u> , <u>Neurospora</u> , <u>Rhizopus</u>	Wright et al., 1969.
318 - 1,310	Esporas m ⁻³	Andersen	Burdeos (Francia)		Auger-Barreau, 1971.
430-6000000 1500-3700000 430-94000 800-3500000	UFC m ⁻³ UFC m ⁻³ UFC m ⁻³ UFC m ⁻³	Andersen Andersen Andersen Andersen	Landskrona Landskrona Borlange Gothenburg	<u>Aspergillus fumigatus</u>	Scott et al., 1983
424-10206	UFC m ⁻³ (proc. aens.)	Andersen	Cairo (Egipto)	<u>Cladosporium</u> , <u>Aspergillus</u> , <u>Penicillium</u> , <u>Curvularia</u> , <u>Neurospora</u> , <u>Alternaria</u>	Youssef y Karza El-Din 1988 (a).
7 - 14,000	UFC m ⁻³	Andersen	Washington	<u>Aspergillus</u>	Jones y Coatsen, 1983.
10.6 - 321	UFC m ⁻³	Andersen	Cairo (Egipto)	<u>Cryptococcus</u> , <u>Candida</u> , <u>Rhodotorula</u>	Youssef y Karza El-Din 1988 (b).
500 - 1700	UFC m ⁻³	Andersen	Finlandia	Levaduras, <u>Sporobolomyces</u> , <u>Cryptococcus</u> , <u>Rhodotorula</u> .	Rantio-Lehtisaari, 1988.
12 - 1,461	UFC m ⁻³	Andersen	México D.F. (México)	<u>Cladosporium</u> , <u>Aspergillus</u> , <u>Alternaria</u> , <u>Penicillium</u>	Calderín, 1986.

OBJETIVOS

1. Evaluar cualitativa y cuantitativamente la concentración de aerosporas de hongos presentes en el aire de una zona suburbana del suroeste de la Ciudad de México (Ciudad Universitaria).
2. Analizar la influencia de algunos parámetros meteorológicos (temperatura, velocidad y dirección predominante del viento, presión de vapor y precipitación) sobre el tipo y concentración de aerosporas fúngicas en relación con su variación diurna y estacional.
3. Analizar la frecuencia y abundancia de *Alternaria*, *Aspergillus* y *Cladosporium* respecto a su variación diurna y estacional.
4. Determinar las especies de *Aspergillus* presentes en el aire del suroeste de la Ciudad de México.

LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en una zona suburbana del suroeste de la Ciudad de México, en los campos de Ciudad Universitaria.

La Ciudad de México se localiza a 19°25'59" de latitud norte y 99°07'58" de longitud oeste, y tiene una altitud de 2220 m sobre el nivel del mar. Por la posición geográfica que ocupa, el clima es tropical y está regido por el desplazamiento estacional de la celda anticiclónica semipermanente Bermuda-Azores y de la Zona Intertropical de Convergencia del Pacífico Oriental, pudiéndose distinguir dos estaciones climáticas bien definidas, una de secas (de noviembre a abril) y otra de lluvias (de mayo a octubre).

Durante la época de secas prevalece una circulación anticiclónica, la corriente de vientos se origina en el oeste o suroeste, se desplaza hacia el sur y se intensifica con la altura. Debe hacerse notar que mientras que los vientos altos son del oeste, a nivel del suelo llegan masas de aire del norte.

El descenso del aire asociado a la circulación anticiclónica origina frecuentemente cielos despejados e inversiones térmicas superficiales o de altura, además de periodos de vientos en calma en los niveles inferiores, especialmente en las mañanas y noches. Las perturbaciones, que en forma de ondulaciones viajan en el seno de la corriente de vientos del oeste, ocasionan variaciones en la presión y en la dirección del viento; al intensificarse los vientos originan la formación de tolvaneras, principalmente en la región del antiguo Lago de Texcoco. Dichas tolvaneras son más frecuentes entre febrero y abril y pueden originarse también en nubes de corrientes convectivas al centro de la cuenca, después del mediodía (Jáuregui, 1975).

Localización y descripción del área de estudio.

El paso de tormentas invernales, unido a masas de aire frío, origina un descenso en la temperatura, aumento en la nubosidad y ocasionalmente lluvias ligeras, aunque con mayor frecuencia las masas de aire polar continental son secas, ocasionalmente frías y con poca nubosidad.

A partir del mes de abril, la circulación del viento de invierno comienza a cambiar. Como resultado del calentamiento del continente y del desplazamiento hacia el norte de la celda anticiclónica Bermuda-Azores, disminuye el gradiente meridional de presión, los vientos del oeste pierden intensidad sobre el Valle de México y son remplazados por vientos húmedos, los alisios. Esta corriente de vientos se profundiza en la región y llega hasta la tropósfera, prevaleciendo entonces los movimientos ascendentes y convergentes, compensados por un flujo divergente en los niveles de la tropósfera (Jáuregui, 1975).

Durante la época de lluvias, el desplazamiento de la Zona de Convergencia del Pacífico Oriental determina en cierta medida las variaciones que durante la estación se observan en la precipitación registrada en la Ciudad de México (Hastenrath, 1967 citado por Jáuregui, 1975).

Según el sistema de Koeppen (Koeppen, 1936), el clima de gran parte de la ciudad es templado subhúmedo (Cw), sin embargo un régimen desigual de lluvias origina regiones con características semiáridas que entran en la categoría de clima seco BS. Además, las características topográficas, el tipo de suelo, las variaciones térmicas y el grado de ventilación y de contaminación del aire dan por resultado una subdivisión de la ciudad en 5 zonas climáticas (tabla 2).

Localización y descripción del área de estudio.

La zona sur comprende los suburbios del sur y suroeste de la ciudad, con pocas construcciones fabriles, predominando las construcciones con espacios abiertos y zonas verdes, que incluyen, además de Ciudad Universitaria, un parque recreativo que ocupa 137 hectáreas. Los niveles de contaminación se han ido acrecentando y en la actualidad son altos en ozono; es una región bien ventilada, húmeda y con nublados frecuentes durante la estación lluviosa. El volumen de precipitación es alto (700 a 1100 mm) y las tempestades eléctricas son intensas y frecuentes. La amplitud de la oscilación térmica diaria, aunque considerable, es atemperada por la mayor humedad del aire (Jáuregui, 1975).

Tabla 2. Características de las zonas climáticas de la Ciudad de México.

Z O M A					
	Centro	Transición nortecentro	Oriente	Sur	Poniente
Nivel de contaminación	Alto	Moderado	Moderado	Alto en Ozono	Moderado
Grado de ventilación	Pobre	Moderado	Buena	Alto	Buena
Oscilación térmica diaria	Menor	Regular	Alta	Moderada	Moderada
Humedad ambiente	Baja	Menos seco	Seco	Alta	Moderada
Frecuencia de lluvias	Alta	Alta	Baja	Alta	Alta
Precipitación (mm)	600-700	700-600	400-600	700-1100	700-1100
Frecuencia de tormentas	Moderada	Moderada	Alta	Baja	Baja
Frecuencia de heladas	Nula	Baja	Alta	Moderada	Moderada
Frecuencia de nublados	Moderada	Moderada	Baja	Alta	Alta
Frecuencia de tormentas eléctricas	Moderada	Moderada	Alta	Alta	Alta

¹ Tomado de Jáuregui, 1975.

Localización y descripción del área de estudio.

La Ciudad Universitaria se encuentra asentada sobre una gruesa capa de rocas basálticas de topografía muy irregular, compuestas por SiO_2 y Al_2O_3 , principalmente (Schmitter, 1953). A la fecha ocupa una extensión de 734 hectáreas, de las cuales 79.8 corresponden a parques, jardines y camellones con vegetación, 16 a canchas deportivas¹ y 124.5 hectáreas decretadas como área de reserva ecológica, donde se conservan especies propias de la localidad (Alvarez et al., 1982).

La heterogeneidad topográfica de la zona ha dado lugar a la formación de una gran cantidad de macro y microambientes fácilmente diferenciables, donde se han establecido una gran variedad de especies vegetales con requerimientos diferentes.

De acuerdo con Rzedowski (Rzedowski, 1954, citado por Alvarez et al., 1982), se pueden distinguir las siguientes asociaciones vegetales :

1. Matorral de *Senecio praecox* (*Senecionetum praecocis*).
2. Matorral de encinos (*Quercetum rugosae fruticosum*)
3. Bosque de encinos (*Quercetum centralis lavosum*, *Quercetum rugosae crasipendis* y *Quercetum centralis tofosum*)
4. Bosque de pinos (*Pinietum hartwegii* y *Pinietum teocote*)
5. Bosque de oyamel (*Abietum religiosae*)
6. Bosque de aile (*Alnetum firmifoliae*).

La vegetación de Ciudad Universitaria incluye, además de la antes mencionada, las diversas especies de plantas introducidas en épocas más recientes. Debido al hecho de que se conservan amplios

¹Información proporcionada por la Subdirección de Conservación de la Dirección General de Obras, U.N.A.M.

Localización y descripción del área de estudio.

espacios cubiertos por vegetación, el área es considerada como una zona suburbana dentro de la Ciudad de México.

Hacia el límite este de la Ciudad Universitaria se localiza el edificio del Centro de Ciencias de la Atmósfera, lugar donde se realizaron los muestreos (fig. 1).

Localización y descripción del área de estudio.

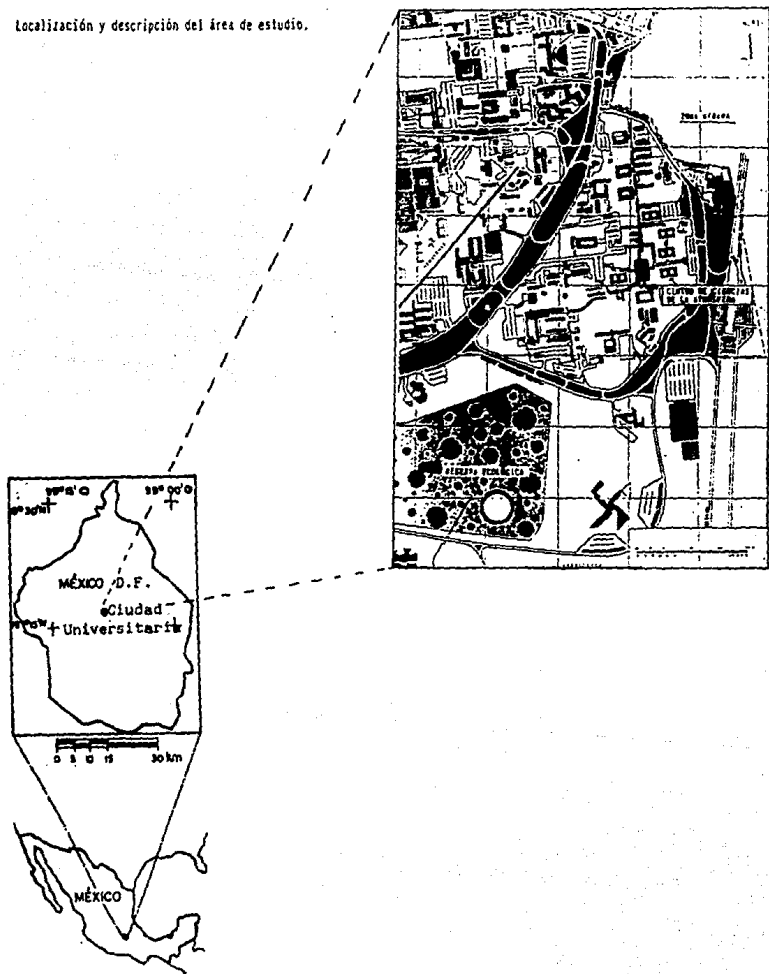


Figura 1. Localización del área de estudio.

MATERIAL Y MÉTODO

Muestreos del aire.

Se llevaron a cabo un total de 239 muestreos, durante seis meses, efectuándose 5 días a la semana, a las 7:30, 14:00 y 19:00 horas.

Los hongos se colectaron mediante un impactador en cascada para partículas viables (Andersen Sampler Inc., 1984; Calderón, 1989), el cual proporciona información cualitativa y cuantitativa de las partículas viables colectadas. En este aparato las partículas son desplazadas y seleccionadas aerodinámicamente por tamaño, densidad y forma a lo largo de una serie de placas perforadas. En el estudio se empleó un muestreador de dos etapas, correspondientes a las fracciones no respirable y respirable, cuyas aberturas de orificio son de 1.5 y 0.4 mm respectivamente. En la primera etapa pueden impactarse partículas de entre 7.0 y 4.7 μm y en la segunda se impactan las menores de 4.7 μm .

El muestreador se colocó en una torre de metal situada a 10 m de altura del suelo y se realizó la impactación sobre cajas de Petri con 20 ml de extracto de malta agar, manteniendo un flujo de aire constante a 28.3 L min^{-1} , durante 10 minutos.

Observaciones meteorológicas.

Durante el tiempo de muestreo se midieron algunos parámetros meteorológicos como son temperatura ambiente, humedad atmosférica, velocidad y dirección del viento, nubosidad, visibilidad y precipitación. Posteriormente se calculó el valor promedio de las lecturas registradas de los parámetros meteorológicos. El tiempo

de registro y los aparatos empleados para este efecto se enlistan en la tabla 3.

Aislamiento y Determinación.

Las cajas de Petri impactadas se incubaron a 27°C durante 72 horas hasta obtener el desarrollo de las colonias; posteriormente se procedió a la cuantificación, el aislamiento y la determinación de algunos de los géneros colectados. Se contó el número total de colonias desarrolladas en cada caja y luego el número de colonias de cada género seleccionado para este estudio, con sus distintas especies : *Alternaria*, *Aspergillus* y *Cladosporium*.

El número de partículas viables se expresó como UFC m⁻³. Para su cálculo se consideró un factor de corrección basado en la probabilidad de que más de una partícula viable pasen a través de un mismo orificio y se impacten en la superficie del medio; este factor se define como error de sobreposición en la cuenta microbiana aérea (Niemela et al., 1985), y se expresa como :

$$C = N \ln \frac{N}{N - P}$$

donde :

C = Cuenta corregida en el número de colonias por etapa.

N = Número de perforaciones en la placa (200).

P = Número de orificios positivos o colonias desarrolladas.

Una vez corregida la cuenta microbiana aérea se obtuvo así mismo el número de unidades formadoras de colonias que se expresa

como UFC; posteriormente la concentración de hongos se obtuvo con base en la siguiente fórmula :

$$\text{UFC m}^{-3} = \frac{\Sigma \text{ UFC en las dos etapas}}{t} \times K$$

donde:

UFC m⁻³ = Concentración aérea de hongos.

UFC = Unidades formadoras de colonias.

t = Tiempo de muestreo.

K = Factor de conversión de pies cúbicos a metros cúbicos
(constante = 36).

Cada especie de los géneros *Alternaria*, *Aspergillus* y *Cladosporium* se resembró en cajas y tubos con extracto de malta agar, papa dextrosa agar y Czapek agar para su óptimo desarrollo y preservación. La determinación de los géneros y las especies de *Aspergillus* se realizó con la ayuda de un microscopio de campo claro y uno estereoscópico, con base en claves taxonómicas (Rapper y Fennel, 1977; Ellis, 1971; Domsch et al., 1980).

Materia: y Método

Tabla 3. Parámetros meteorológicos medidos, tiempo de registro y aparatos empleados en la medición

Parámetro	Aparato	Marca	Tiempo de registro
Humedad atmosférica	Psicrómetro de onda	Imperia Eastman de México	Dos veces (inicio y final del muestreo)
Precipitación pluvial	Pluviómetro		Cuando la había
Temperatura	Sensor	Teledyne Geofech	Cada minuto
Dirección del viento	Veleta	Teledyne Geofech	Cada minuto
Velocidad del viento	Anemómetro	Teledyne Geofech	Cada minuto

RESULTADOS

El contenido de aeropartículas fúngicas colectadas mostró diferencias cualitativas y cuantitativas, presentando variaciones estacionales y diurnas.

Análisis Cuantitativo.

Se observaron diferencias en los valores de la concentración de aeropartículas de hongos. El mejor ajuste a la curva de distribución asimétrica de la concentración de hongos coincidió con una de tipo gamma, por lo que los valores estadísticos considerados fueron los atributos que distinguen a la misma (fig. 2), esto es, los parámetros beta, gamma y la moda. En la figura 2 se presenta la distribución de la concentración de hongos totales colectados en las diferentes horas de muestreo, observándose, en general, que la concentración fue mayor en la noche que en los otros dos turnos (mañana y mediodía).

La variación estacional de la concentración de hongos totales colectados por turnos de muestreo, las temperaturas máximas y mínimas y la precipitación se muestran en la figura 3. Durante los muestreos realizados en las mañanas se obtuvieron concentraciones entre 118 y 1539 UFC m^{-3} ; en general se vió que la concentración fue menor en la época de lluvias (con una moda de 228) que en la época de secas (con una moda de 475), observándose una tendencia al aumento de la concentración al incrementarse la diferencia entre las temperaturas máxima y mínima (expresada como delta T), y al hacerse nula la precipitación. El intervalo de los valores promedio mensuales del delta T fue de 9.6 a 17.5 °C, correspondiendo a los meses de agosto y febrero respectivamente. A las 14:00 horas se registraron valores de 47 a 787 UFC m^{-3} , los valores menores se

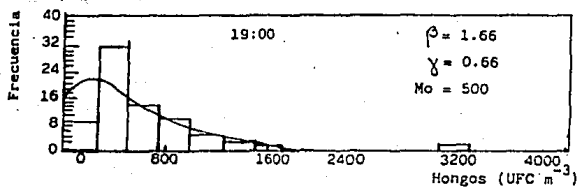
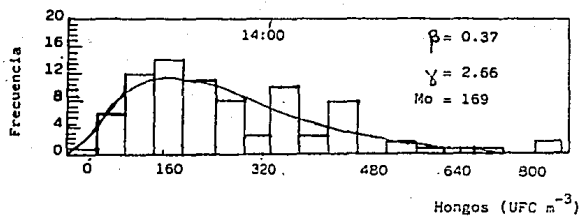
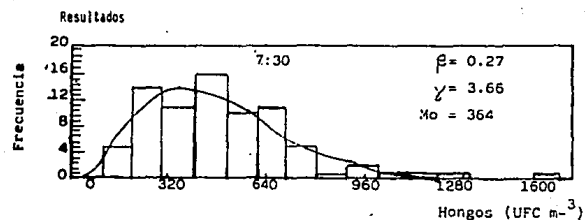


Figura 2. Curva de distribución de la concentración de hongos colectados a las 7:30, 14:00 y 19:00 horas.

obtuvieron en agosto y los mayores en septiembre. Las modas fueron muy semejantes en las dos épocas, 131 en lluvias y 196 UFC m^{-3} . A las 19:00 horas se obtuvieron concentraciones entre 85 y 3195 UFC m^{-3} ; los valores más bajos se registraron en agosto y los más altos en octubre. En este turno las concentraciones fueron mayores en la época de lluvias y mostraron una tendencia a disminuir al incrementarse la oscilación térmica, aun cuando la moda fue mayor en secas (369 UFC m^{-3}) que en lluvias (232 UFC m^{-3}). En general, con base en estas variaciones registradas en un mismo día se observó que los valores menores se registraron a las 14:00 horas y los mayores en la noche durante septiembre, octubre y diciembre, mientras que en enero y febrero se registraron en la mañana.

La variación estacional de la mediana de la concentración de hongos totales por turnos de muestreo se presenta en la figura 4. Mediante un contraste de medianas se observó que existen diferencias significativas entre las épocas, considerando los muestreos realizados a las 7:30 y 19:00 horas, y no así para las 14:00 horas ($p=0.05$); así mismo se corroboró, a través de una tabla de contingencia de 3×10 , que también existen diferencias significativas en la variación diurna de la concentración ($p=0.05$).

Las variaciones estacionales de la concentración de hongos colectados a las 7:30, 14:00 y 19:00 horas y los parámetros meteorológicos registrados durante el muestreo se presentan en la figura 5, observándose, de manera general para los tres turnos, una disminución en la humedad atmosférica (presión de vapor) y un ligero aumento en la velocidad del viento hacia la época de secas, así como una disminución en la temperatura en las mañanas y noches, pero no a las 14:00 horas, cuando las temperaturas en ambas épocas

Resultados

no presentaron grandes variaciones. Así mismo se observaron variaciones diurnas en los parámetros meteorológicos. Se observó que la presión de vapor fue mayor en las mañanas y noches y menor a las 14:00 horas. El análisis de regresión lineal (tabla 4), mostró correlación significativa entre la presión de vapor y la concentración de hongos en las mañanas y noches durante la época de lluvias, y a las 14:00 en la época de secas. La velocidad del viento fue generalmente baja en las mañanas y aumentó a las 14:00 y 19:00 horas, mostrando correlación significativa con la concentración de aeropartículas fúngicas a las 14:00 horas en la época de lluvias y a las 7:30 en secas; en relación con la temperatura de muestreo, ésta fue baja en las mañanas y noches y alta a las 14:00 horas, obteniéndose correlación a las 14:00 horas en lluvias y a las 19:00 horas en secas. Respecto al índice de estabilidad de Turner (Turner, 1964), se registraron condiciones de inestabilidad y neutras a las 7:30 y 14:00 horas y de estabilidad únicamente a las 19:00; horas, sólo se obtuvo correlación significativa entre este índice y la concentración a las 7:30 durante la época de lluvias.

Resultados

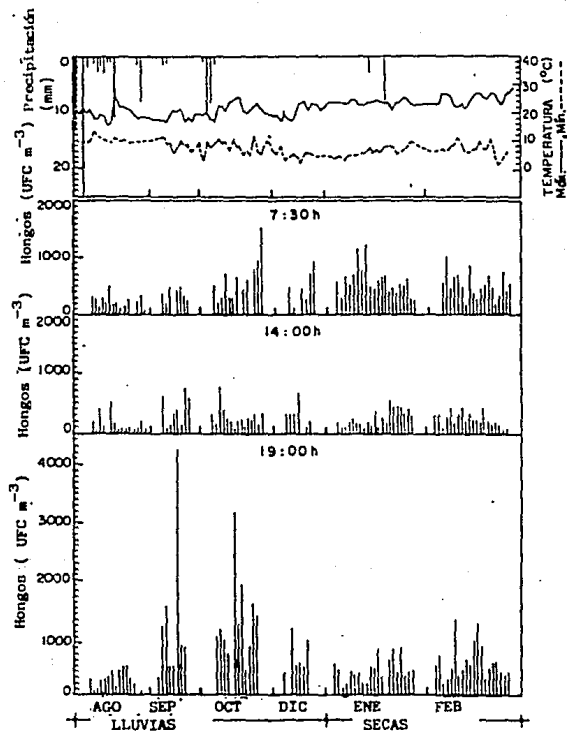


Figura 3. Variación estacional de las temperaturas máximas y mínimas, precipitación y concentración de hongos.

Hongos (UFC m^{-3})

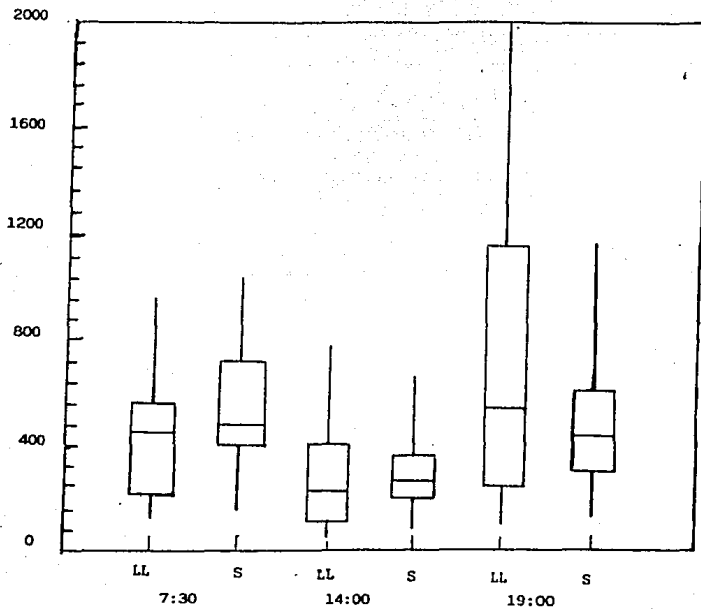


Figura 4. Diagrama de caja de bloques de la concentración de aeropartículas fúngicas respecto a la época y hora de muestreo.

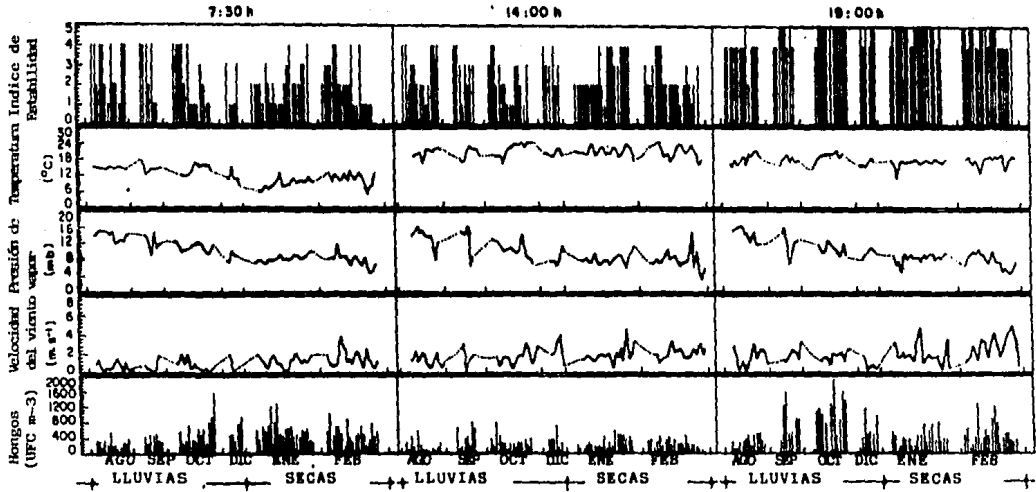


Figura 5. Variación estacional de la concentración de hongos colectados a las 7:30, 14:00 y 19:00 horas y de los parámetros meteorológicos registrados durante el muestreo.

Resultados

Tabla 4. Coeficientes de correlación^a de los parámetros meteorológicos respecto a la concentración de aeropartículas fúngicas totales.

Variable dependiente : Hongos totales						
Variable Independiente :	7:30 horas		14:00 horas		19:00 horas	
	Estación lluvias	secas	Estación lluvias	secas	Estación lluvias	secas
Presión de vapor (obar)	-0.37 ^b	0.04	-0.04	-0.44 ^b	0.31 ^b	0.10
Velocidad del viento (m s ⁻¹)	-0.12	-0.27 ^b	0.41 ^b	0.09	0.09	0.007
Temperatura (°C)	-0.03	-0.10	-0.49 ^b	-0.14	0.18	0.21 ^b
Indice de estabilidad (Turner)	-0.31 ^b	-0.08	0.09	0.03	-0.09	0.11

^a Coeficiente r de Pearson.

^b Significativo a p=0.05.

Resultados

Análisis cualitativo.

Durante el muestreo se colectaron 11 géneros, los cuales se enlistan en la tabla 5. Algunos de ellos se colectaron ocasionalmente y otros como *Cladosporium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Monilia*, *Rhizopus*, *Paecilomyces* y *Fusarium* aparecieron con mayor frecuencia; sin embargo solo se cuantificó la frecuencia y abundancia de *Cladosporium*, *Alternaria* y *Aspergillus*.

De los tres géneros estudiados sólo se determinaron las especies de *Aspergillus*, las cuales se enlistan en la tabla 6.

Tabla 5. Características morfológicas e importancia de los géneros colectados durante el muestreo

División Eumycota
 Subdivisión Zygozocotina
 Clase Zygozocetes
 Orden Mucorales
 Familia Tuberculariaceae

Género Rhizopus Ehb.

Micelio con estolones dispuestos paralelamente a la superficie del sustrato, formando rizoides en ciertos sitios, los que introduce al medio y que pueden ser de medianos a grandes (de 1 a 4 m o más de largo) o pequeños (menores a 1 m de largo). Los esporangióforos nacen arriba de los estolones, en los mismos sitios donde se originan en sentido opuesto los rizoides. Los esporangios presentan en la misma parte inferior una apéndice inconspicua y contienen numerosas aplanosporas secas, esféricas o ligeramente ovales con pared gruesa y de color obscuro, cuyo tamaño fluctua entre 4 - 6 (1-8) X 4-5 (-7) μ m, o de (4-) 9-10 (-15) X (4-) 7(-10) μ m. Al madurar las aplanosporas la pared del esporangio se deshidrata, se torna frágil y se rompe con facilidad dejando libres a las aplanosporas, las cuales son liberadas por el viento. Mecanismo de liberación pasivo. Importancia: ciertas especies producen la podredumbre húmeda del camote, la gata de las fresas y la papa y otras atacan las manzanas, peras, ciruelas, etc. Contaminan gran variedad de alimentos y se les reporta como alérgenos.

Subdivisión Deuteromycotina

Clase Hyphozocetes

Orden Moniliales

Familia Moniliaceae

Género Aspergillus Mich. ex Fr.

Colonias y textura variable dependiendo de la especie; presentan distintos colores (verde, azul verdoso, café o negro, entre otros). El micelio se encuentra parcialmente inmerso. Los conidióforos terminan en una vesícula a partir de la cual nace una hilera de filídios (aconesmiado), o una hilera de néfulas y sobre éstas una hilera de filídios (biseriado), las cuales producen conidios (filiosporas) secos, blásticos, generados en sucesión basípeta; conidios esféricos, unicelulares, de diversos colores, lisos, rugosos, verrugosos o equinulados, algunas veces con espinas arregladas espiralmente, de tamaño variable según la especie, fluctuando entre 2.5 y 6.5 μ m. Mecanismo de liberación pasivo. Importancia: contaminante de granos y semillas, produciendo micotoxinas que ocasionan trastornos leves a severos en humanos y animales. Biodeterioradores de diversos sustratos y patógenos del hombre y animales, ocasionando aspergilosis; algunas especies causan alergias.

Género Monilia Bonorden

Colonia inicialmente blanca, después anaranjada o rosada. Las hifas aéreas forman una masa de micelio que se reconoce por las masas rosadas de conidios, éstos son secos, ovales, holobásticos (blastosporas) de 1-2 μ m, producidos en sucesión acrópeta y originados en cadenas sobre conidióforos ramificados. Mecanismo de liberación pasivo. Importancia: contaminante de sustratos amiláceos (pan y masa para pan), medios de cultivo y cultivos microbianos en el laboratorio. Reportado como alérgeno.

Tabla 5. Continuación

Género Paecilomyces Bain.

Colonias de crecimiento ampliamente extendido, polvorientas, oliváceas, oscureciendo al envejecer. Conidióforos repetidamente verticilados, con filidies deigadas en forma de frasco, conidios secos, de hialinos a amarillos, elipsoidales, desiguales en tamaño dentro de la misma colonia, de 3.2-5.0 X 2.4-4.0 μ m (hasta 5 X 15 μ m). Clausosporas usualmente presentes. Mecanismo de liberación pasivo. Importancia: patógeno oportunista, raro en el hombre en casos de endocarditis e infección en el saco lacrimal.

Género Penicillium Link ex Fr.

Colonia de textura variable dependiendo de la especie, generalmente aterciopeladas y de colores verde a azul verde. Conidióforos con un cierto patrón de ramificación dependiendo de las especies, con séptulas y filidies, éstas últimas con cadenas de conidios. La morfología de los conidióforos es importante para distinguir las especies, se considera principalmente si los conidióforos son mono, bi, o poliverticilados y si la ramificación es simétrica o asimétrica. Conidios secos tipo falosporas, producidos blásticamente en sucesión basípeta, esféricos, unicelulares, de color variable, lisos o rugosos, verrugosos o equinulados, fluctuando según la especie, entre 2.0-3.0 (3.5), 4.5-5.5 y 5-8 X 4-6 μ m, aproximadamente. Mecanismo de liberación pasivo. Importancia: biodeterioradores de muy diversos sustratos incluyendo granos y semillas almacenados, algunas especies fitopatógenas y otras productoras de micotoxinas que afectan la salud de los consumidores de alimentos contaminados. Existen patógenos de animales y del hombre, en los que causan peniciliosis que es una micosis oportunista, inicialmente pulmonar pero que se vuelve sistémica. Algunas especies causan alergias, asma y la enfermedad conocida como "pulmón del granjero."

Género Trichoderma Pers. ex Fr.

Colonias de crecimiento rápido, hialinas, con conidióforos repetidamente ramificados en penachos irregulares, divergentes, filidies en forma de frasco. Los conidióforos pueden terminar en apéndices estériles con filidies creciendo solo en las ramas laterales en algunas especies. Conidióforos hialinos o más usualmente verdes de pared lisa o rugosa. En cultivos viejos se presentan usualmente clausosporas. Importancia: alérgeno.

Familia Dematiaceae

Género Alternaria Nees ex Fr.

Colonias efusivas de color gris, café negruzco obscuro o negro. Hífilas venas coloridas, moreno oliváceas o café. Conidióforos geniculados y con poros en la pared; conidios secos, producidos enteroblásticamente en cadenas de sucesión acropeta o en ocasiones producidos individualmente en los ápices de los conidióforos; conidios de forma variada, la mayoría ovalados u óvuliformes, multicelulares con septos transversales y longitudinales, fluctuando según las especies entre 18-25 X 17-19 μ m aproximadamente. Mecanismo de liberación pasivo. Importancia: incluye especies parásitas de diversas plantas y causantes de alergia en humanos.

Tabla 5. Continuación

Género Cladogonium Link ex Fr.

Colonia efusa u ocasionalmente punctiforme, frecuentemente olivácea, en algunas especies gris, ante o café negruzca oscura, aterciopelada, flocosa o velluda. Micelio interno o superficial. Conidióforos distintos o no de las hifas somáticas, según las especies, generalmente no ramificados o con ramas restringidas a la región apical, formando una cabeza de color café olivo o café, lisos o verrugosos; conidios secos, holoblasticos, en cadenas con sucesión acrópeta, generalmente unicelulares aunque también se forman los ramoconidios con uno o dos septos; abos presentan cicatrices polares que aparecen como anillos oscuros en vista frontal y como bandas oscuras en vista lateral. Los conidios pueden ser cilíndricos, elipsoidales, fusiformes ovoides, esféricos o subsféricos, pálidos o de color olivo oscuro o café, lisos, verrugosos o equinulados, de tamaño variable según la especie, de 3-4 μ m de diámetro o de 3.8-9.0 x 5.5-15 μ m. Mecanismo de liberación pasivo. Importancia: comprende especies fitopatógenas y alergenas en humanos y posiblemente en otros animales.

Género Curvularia Noordijn

Colonias formando un estrona compacto, negro en varias especies. Conidióforos erectos o ascendentes, pigmentados geniculados desde elongaciones siapodiales que producen conidios simples que terminan en poros conspicuos. Poros conidios simples, con frecuencia curvados, clavados, elipsoidales, ampliamente fusiformes, ovoides o piriformes, con tres o más septos transversales, de color café, con las células finales usualmente más pálidas que las otras. Germinación bipolar. Importancia: comprende especies patógenas facultativas de plantas de zonas tropicales y subtropicales. Se ha reportado como alergeno.

Género Helminthogonium Link ex Fr.

Colonias efusas, oscuras, velludas. Micelio interno, estrona usualmente oscuro, con frecuencia largo. Conidióforos macroneuratos, mononeuratos, no ramificados, con frecuencia cespitosos, rectos o curvados, cilíndricos o subulados, de café medio a oscuro, lisos u ocasionalmente verrugosos, con poros pequeños en el ápice y laterales en la parte inferior del septo. Células conidiógenas, poliédricas, terminales o intercalares, cilíndricas. Conidios solitarios, catenados en una especie, acropogénicos, desarrollándose lateralmente en verticilios, a través de poros muy pequeños, situados por debajo del septo, mientras que en el extremo del conidióforo hay crecimiento activo, este cesa con la formación de conidios terminales, usualmente ovalados ocasionalmente rostrados.

Familia Tuberculariaceae

Género Fusarium Link ex Fr.

Colonias de crecimiento rápido, de color pálido o brillante, micelio aéreo con apariencia de fieltro, difuso; conidióforos usualmente ramificados, que si forman péstulas complejas se llaman esporodocios, pueden constar también sólo de filídes simples. Las ramas terminales son escasas y terminan en filídes que usualmente surgen de una abertura fértil, en algunas especies hay varias debido a la proliferación siapodial, en cuyo caso son llamadas polifilídes. Los filioconidios que generalmente forman masas viscosas, pueden ser

Resultados

Tabla 5. Continuación

fusiformes o en forma de hoz, con uno o más septos; muchos conidios se diferencian en una célula apical más o menos picuda y una célula basal pedicelada. Además de estos macroconidios algunas especies producen microconidios. Las cleistosporas (terminales o intercalares) son características de algunas especies pero no son visibles en cultivos viejos, en agua destilada o creciendo en un medio pobre. Pueden producir periclios. Mecanismo de liberación pasivo. Importancia: existen especies fitopatógenas que causan la podredumbre en raíces, tallos y frutos, marchitamiento vascular y enfermedades en mazorcas y espigas. La patogenicidad en el hombre es rara, pero muchas especies causan podredumbre en granos y semillas almacenados y son productores de micotoxinas.

¹ De acuerdo a la descripción de Ellis, 1971; Domsch et al., 1980; Raper y Fennel, 1977.
² Herrera y Ullida, 1990

Resultados

Tabla 6. Características morfológicas ¹e importancia médica² de las especies de Aspergillus colectadas en el estudio

Especie	Patogenicidad
<p><u>Aspergillus candidus</u> Link</p> <p>Colonias de crecimiento lento, con micelio vegetativo ampliamente suergido y con una superficie de crecimiento que consta sólo de estructuras que fructifican directamente del sustrato o de un micelio aéreo. Micelio de color blanco, o de crema a amarillo crema. Algunas cepas producen esclerocios de color púrpura a negro. Cabezas conidiales de blanco a crema, inicialmente globosas, con cadenas de esporas adherentes en columnas difusas de 600 a 800 µm de diámetro; ocasionalmente las cabezas conidiales presentan un desarrollo incompleto de la superficie fértil. Cuando jóvenes las cabezas conidiales varían de 200 a 300 µm de diámetro, de menos de 500 µm de largo a más de 1000 µm y de 5-10 (-20) µm de diámetro con paredes gruesas, lisas, ocasionalmente septadas, poco coloridas o ligeramente amarillentas en colonias viejas. Vesículas globosas o subglobosas de 40 µm o más de diámetro, en cabezas pequeñas, típicamente fértiles sobre toda la superficie, aunque en las vesículas pequeñas sólo se desarrolla un número limitado de filides con apariencia de penacho; ocasionalmente uniseriadas, pero típicamente biseriadas, séptulas en forma de ruña, de 5-8 X 2.5-3.5 a 25-30 X 10-12 µm, ocasionalmente septadas; filides de 5-8 X 2-2.5 (-3) µm. Conidios globosos, en muchas cepas elípticos, de pared delgada, lisos, poco coloridos, de 2.5-3.5 µm ocasionalmente 4 µm; cuando se presentan esclerocios éstos son inicialmente blancos, luego de rojo púrpura a negro, consistiendo de un parénquima de paredes gruesas semejantes a células.</p>	<p>No se reporta ninguna</p>
<p><u>A. flavus</u> Link</p> <p>Colonias de crecimiento lento, micelio con cabezas conidiales de color amarillo, amarillo estroncio o amarillo lívido cuando jóvenes, que cambia rápidamente a amarillo verdoso brillante u obscuro y finalmente llegan a tonos verdes, ova intenso o verde jade al envejecer. Algunas cepas presentan esclerocios dominando la apariencia de la colonia. Las cabezas conidiales son típicamente radiadas; conidióforos de pared gruesa, incolora, áspera, de menos de 1 µm de longitud, con pedúnculos bajo las vesículas, las cuales son alargadas cuando jóvenes, luego globosas o subglobosas, uniseriadas o biseriadas. Conidios rectos, típicamente globosos o subglobosos, ásperos o equinulados, algunas veces elípticos, de 2-6 µm de diámetro.</p>	<p>Patógeno oportunista causante de aspergilosis pulmonar. Provoca infecciones pulmonares y bronquiales, además de infección en ojos, oídos y probablemente en senos nasales. Puede causar micoticoctis y es además alérgeno.</p>

Tabla 5. Continuación

Especie	Patogenicidad
<p><u>A. fumigatus</u> Fr.</p> <p>Colonia de crecimiento rápido, aterciopelada a flocosa, inicialmente blanca, después verde. Cabezas conidiales abundantes, columnares cortas. Conidióforos cortos, lisos, de color verde, originados en hifas suergidas o en ramas cortas de hifas aéreas. Vesículas con frecuencia del mismo color que los conidióforos, fértiles en la parte oeste superior, uniseriadas (sólo con filíides). Conidios secos, elípticos, lisos, la mayoría entre 3.5-4.5 x 2.2-2.8 µm ocasionalmente mayores (5.5 x 3.0 µm).</p>	<p>Patógeno oportunista causante de aspergilosis pulmonar o de tipo invasivo, ocasionando micosis diseminada del sistema nervioso central y senos nasales. Se le asocia también con lesiones en vasos sanguíneos, inflamación del músculo cardíaco y pericardio. La infección quizás sea de carácter secundario. Se le ha reportado como causante de lesiones en el sistema urinario, piel y derivados epidérmicos, ojo órbita ocular, queratitis. Alérgeno y productor de micotoxinas.</p>
<p><u>A. glaucus</u> (Grupo)</p> <p>Colonia de crecimiento lento o regular. Micelio aplanado o poco levantado, verde, verde amarillento, en algunas especies con tintes grisáceos. Hifas aéreas asociadas a abundantes gránulos amarillos, anaranjados o rojos.</p> <p>Cabezas conidiales radiadas u ocasionalmente columnares, uniseriadas, típicamente de color verde o café claro. Conidióforos lisos, poco coloridos o pigmentados, en tonos de color café, los cuales terminan en vesículas semejantes a un dobo. Conidios secos, de elípticos a globosos o subglobosos, característicamente ásperos (en algunas variedades lisos). Cleistotecios generalmente presentes, amarillos, globosos o subglobosos, de pared delgada, roja o amarilla, con hifas conspicuas costrosas. Ascas con 8 esporas sin un arreglo definido, usualmente dividida por una línea ecuatorial o por un surco, con o sin crestas en los bordes u otras ornamentaciones.</p>	<p>Además de alérgeno se le ha reportado como causante de queratitis en humanos.</p>
<p><u>A. nidulans</u> (Grupo)</p> <p>Colonias de crecimiento lento. Micelio aplanado, tendiendo a flooso, de color verde, ocasionalmente de crema a amarillo miel. Cabezas conidiales típicamente columnares cortas, usualmente de color amarillo verdoso obscuro, ocasionalmente azulverde; en algunas especies el micelio es inconspicuo, poco denso. Conidióforos más o me-</p>	<p>Provoca infecciones en la cavidad torácica y otomiosis. Patógeno oportunista y alérgeno.</p>

Resultados

Tabla 6. Continuación

Especie	Patogenicidad
<p>nos de color café, típicamente lisos, ocasionalmente con concreciones superficiales, usualmente sinuosos, raramente exceden a 250 µm de largo. Vesículas generalmente hemisféricas o en forma de frasco, menos comúnmente subglobosas o aplanadas en el ápice. Biseriadas, con células y fiálicas casi de la misma longitud. Conidios globosos o equinulados o ásperos, poco frecuentemente subglobosos, mayores a 2.5-4.0 µm de diámetro, raramente mayores o menores. Cleistotecios presentes en muchas especies, ausentes en otras, globosos, desde 300-400 µm o más, hasta 500 µm en otras. Generalmente envueltos por una capa de células de Hülle. Ascosporas de color naranja rojizo a azul violeta, usualmente con crestas ecuatoriales y superficiales convexas, lisas o variadamente ornamentadas. Las células de Hülle son de globosas a citriformes, asociadas a cleistotecios o dispuestas en racimos o a manera de costras en las especies asexuales.</p>	
<p><u>A. niger</u> Van Tiegh.</p> <p>Colonias de crecimiento rápido con micelio basal compacto, sosteniendo estructuras conidiales erectas, en grupos que inicialmente son de color blanco amarillento o sordoso negruzco. Cabezas conidiales grandes y negras, inicialmente de globosas a radiadas, luego se dividen en columnas flojas o bien definidas. Conidióforos de pared lisa, menos coloreados; vesículas globosas, biseriadas, de color café. Conidios secos, globosos al madurar, de 4-5 µm de diámetro, de color café, paredes gruesas, ásperas, irregularmente densas, con cordilleras conspicuas y equinulados, no ornamentados con estriaciones longitudinales.</p>	<p>Alérgeno y patógeno oportunista. Provoca afecciones respiratorias, desde bronconeumonía difusa hasta aspergiloma bronquial. Causa otomicosis, infección orbital y en oído. Causa adeén micoloricosis.</p>
<p><u>A. ochraceus</u> (Grupo)</p> <p>Colonias de crecimiento lento. Micelio inicialmente amarillo claro luego café amarillento u ocre, ocasionalmente con tonos brillantes. El micelio varía ampliamente en apariencia. Cabezas conidiales globosas cuando jóvenes que luego se dividen en pocas o muchas columnas compactas divergentes, de color amarillo pálido, amarillo naranja, ante u ocre. Conidióforos variables de pálido a conspicuamente pigmentados de amarillo a café y de lisos a finamente granulados o rugosos. Vesículas globosas, ocasionalmente elongadas, biseriadas. Conidios globosos, ovoides o elípticos, hialinos o</p>	<p>Patógeno oportunista raramente en el hombre. Alérgeno.</p>

Resultados

Tabla 6. Continuación

Especie	Patogenicidad
<p>poco coloridos, lisos o delicadamente rugosos. Esclerocios típicos pero no uniformes, variando en forma y color dependiendo de la especie. Cleistotecios presentes sólo en una especie, desarrollándose tardíamente en estructuras escleróticas grandes y negras. Ascas evanescentes, ascosporas no ornamentadas y surcos ecuatoriales inconspicuos.</p> <p><u>A. parasiticus</u> Speare</p> <p>Colonias de micelio basal compacto, con márgenes anchos, blancos, no esporuladas en algunas cepas, en otras sumergido, plano o radialmente surcado. Cabezas conidiales abundantes, variando de amarillo brillante a amarillo cera, cuando jóvenes de verde hierba o cedro a verde amarillento oscuro, cercano a verde hiedra, hasta verde amarillento obscuro en la madurez. Cabezas conidiales radiadas, mayores a 400-500 μm de diámetro. Conidióforos de longitud variable, desde 200 μm, raramente mayores a 1 mm, generalmente de 300-700 μm de largo, parecen poco coloridas lisas o ásperas en la parte superior y alargadas desde la base, mayores a 10-12 μm y vesículas desde subglobosas hasta en forma de frasco, de 20-35 μm de diámetro, uniseriados de 7-9 a 3-4 μm con las filídes agrupadas sobre la superficie de la vesícula, poco coloridas o en verde amarillento sólido; conidios globosos, equinulados, de 3.5-4.0 μm de diámetro, en color verde amarillento brillante.</p>	<p>Alérgeno y productor de micotoxinas.</p>
<p><u>A. setraui</u> Woros</p> <p>Colonias de crecimiento lento, micelio compacto en forma de cono en la parte central. Cadenas conidiales inicialmente de color crema o rosado y cercano a avellana cuando viejas. Exudado abundante en numerosas gotas claras. Cabezas conidiales de globosas a poco radiadas, con frecuencia menores a 100 μm de diámetro - nunca mayores a 200 μm, en algunas cepas columnares y de 500 μm de diámetro, en otras en forma de penacho y mayores a 300 μm de largo. Conidióforos de 200 a 1500 μm de largo y 4 a 10 μm de diámetro, poco sinuosos, de paredes delgadas, de color amarillo pálido, rugosos o lisos en la parte baja y rugosos cerca de la vesícula, en otras cepas rugosos en todo el conidióforo o sólo en algunas zonas dando la apariencia de granulada. Vesículas subglobosas</p>	<p>Alérgeno pero no reportado como patógeno oportunista.</p>

Tabla 6. Continuación

Especie	Patogenicidad
<p>a elongadas, fértiles sobre la superficie total, de 15 a 30 μm I 20 a 35 μm, filíides sólo en la parte superior; cuando son biseriados la primer serie es corta, nunca excede a 12 μm de largo, de 5 a 10 I 3-4 μm, frecuentemente de 6-7 μm de diámetro, filíides de 5-9 I 3,5 o hasta 2 - 4,5 μm de diámetro. Conidios subglobosos, de 2,5 - 4 μm de diámetro, o elípticos a ovalados y usualmente de 3-4 I 2,5 - 3 μm, lisos o poco rugosos. No se han reportado esclerocios.</p> <p><u>A. tamaris</u> Kita</p> <p>Colonias de crecimiento rápido, micelio de hifas muy suavizadas, abundantemente esporuladas, que cambian de verde amarillento, cercano a oro viejo u olivo, hasta café verdoso oscuro, cercano a bronce en la madurez. Cabezas conidiales de 500-600 μm de diámetro, de globosas a radiadas, con cadenas divergentes adhiriéndose en columnas delgadas. Conidióforos de 1-2 μm de longitud, poco coloridos, de paredes adelgazadas abruptamente en la base de la vesícula, usualmente ásperos en parte o en toda su longitud, algunas veces lisos. Vesículas globosas o subglobosas de 25-50 μm de diámetro, con paredes delgadas frecuentemente colapsadas, fértiles sobre casi toda la superficie, uni o biseriados, setulas de 10-15 I 4-8 μm y filíides de 7-10 I 4-6 μm. Conidios de cilíndricos a piriformes, ásperos, con tubérculos o barras, predominantemente de color café amarillento con depósitos de materia entre los bordes exterior e interior de la pared, comúnmente de 5-6,5 μm de diámetro, ocasionalmente mayores a 8 μm. Esclerocios en algunas cepas, de color rojo púrpura a negro, globosos o de piriformes a columnares cortos, con un ápice frecuentemente blanco, mayor a 1-1,2 I 1,5-2,0 μm.</p>	<p>Alérgico pero no reportado como oportunista.</p>
<p><u>A. terreus</u> (Grupo)</p> <p>Colonias de crecimiento rápido y micelio de apariencia aterciopelada o flocosa, en color canela o café anaranjado. Cabezas conidiales compactas, columnares, en color ante, canela o hasta café anaranjado. Conidióforos lisos, poco coloridos. Vesículas hemisféricas, biseriadas. Conidios globosos o subglobosos, lisos, pequeños, globosos a ovalados o truncados, de pared hialina. Masas compactas de células hinchadas irregularmente, de pared gruesa, en una de las variedades.</p>	<p>Sólo se ha reportado un caso de infección pulmonar en el hombre.</p>

Resultados

Tabla 6. Continuación

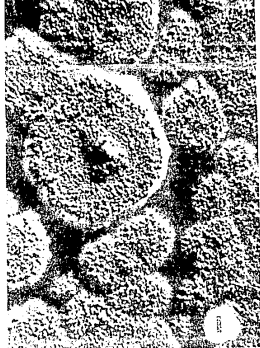
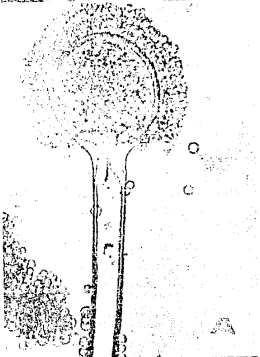
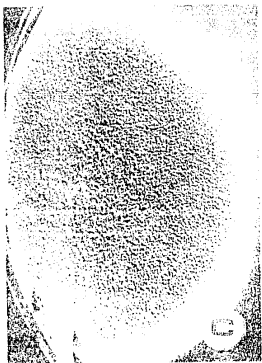
Especie	Patogenicidad
<p><u>A. versicolor</u> (Vuill.) Tiraboschi</p> <p>Colonias de poco crecimiento, de micelio compacto, con conidióforos abundantes emergiendo del sustrato o marcadamente aéreo, con conidióforos más o menos abundantes, en ramas cortas. Inicialmente blanco, luego amarillo o amarillo verdoso a verde chicharro. Evadado cuando lo hay, de color rojo claro a rojo vino. Cabezas conidiales hemisféricas, radiadas, de más de 100-125 µm de diámetro. Conidióforos poco coloridos o amarillos, de paredes gruesas, lisas, de 500-700 x 5 µm o aproximadamente 10 µm, cerca de la vesícula. Vesículas de 12-16 µm, fértiles en la región hemisférica o semielíptica; biseriadas, con néculas de 5.5-8 x 3.0 µm y filíides de 5-7.5 x 2-2.5 µm. Conidios globosos, ligeros o marcadamente equinulados, de 2-3 µm, menos comúnmente de 3.5 µm. Células de Hülle semejantes a las de <u>A. nidulans</u>, sin esclerocitos ni cleistotecios.</p>	<p>Algunas especies se han reportado como causantes de otomicosis y onicomicosis y lesiones en médula espinal y bazo.</p>
<p><u>Emmericella nidulans</u> (Eideae) Vuellstein</p> <p>Colonias de color verde oscuro con cabezas conidiales abundantes; otras de color crema a amarillo miel, con abundantes cleistotecios. Cabezas conidiales cortas, columnares, de 40-80 x 25-40 µm, comúnmente de 60-70 x 30-35 µm. Conidióforos sinuosos, lisos, de color café canela, de 60-110 x 75-110 µm de largo, aproximadamente 2.5-3 µm cerca del pie, y 3.5-5 µm cerca de la vesícula; ésta es hemisférica, de 8-10 µm de diámetro, biseriada. Néculas de 5-6 x 2-3 µm y filíides de 5-6 x 2-2.5 µm. Conidios globosos, ásperos, de 3-3.5 µm de diámetro, creciendo en bases verdes. Cleistotecios maduros en el área marginal, de 100-200 µm de diámetro, comúnmente de 125-150 µm, rodeados por hileras de color amarillo o canela que dan origen a células de Hülle mayores a 25 µm de diámetro, de color café rojizo, que contienen ascas con 8 esporas; ascosporas rojo púrpura, lenticulares, lisas, con crestas ecuatoriales, de 3.8-4.5 µm de largo x 3.5-4 µm de ancho; crestas ecuatoriales de margen sinuoso y entero, de 0.5-1.3 µm de ancho.</p>	<p>Provoca infecciones en la cavidad torácica y otomicosis. Patógeno oportunista y alergeno.</p>
<p><u>E. versicolor</u> Berr y Br.</p> <p>Colonias de crecimiento lento. Abundante micelio denso sumergido o aéreo. Cabezas conidiales verdes, inicialmente radiadas, luego co-</p>	<p>Patógeno oportunista y alergeno.</p>

Resultados

Tabla 6. Continuación

Especie	Patogenicidad ¹
<p>Juanares de 100-200 x 30-40 µm ocasionalmente mayores a 300 µm. Conidióforos lisos, café canela. Vesículas hemisféricas de 8-10 µm de diámetro, biseriadas; néctulas de 7-8 x 3-4 µm y filíides de 8-9 x 2.5-3 µm. Conidios secos, globosos, ásperos, de 2.5-3.5 µm. Cleistotecios de 300-400 µm de diámetro, rodeados por hifas y células de Hülle, que pueden alcanzar una altura de 1-1.5 m y 600 µm de diámetro formando falsos tallos. Células de Hülle globosas, de 30 µm. Cuando la pared de los cleistotecios carece de células envolventes, se observan de color café o rojo púrpura debido a las ascosporas, que en la madurez constan de una sola capa de células, que aparentan ser de más capas. Ascas de subglobosas a elongadas, conspicuamente lobuladas o estrelladas, de 10-14 x 7-9 µm, que se rompen fácilmente dejando libres a las ascosporas. Ascosporas de rojo anaranjado a rojo púrpura, lenticulares, de 3.6-4.0 x 2.8-3.0 µm, con dos crestas ecuatoriales de más de 4.0 µm, plegadas y divididas pero que parecen ser estrelladas.</p>	

¹ De acuerdo a la descripción de Raper y Fennel, 1977; ² Auswick, 1977.



Resultados

Figura 6. Especies de *Aspergillus*: (A) Conidióforo de : *A. flavus* (x 1000). Colonias de: (B) *A. flavus*, (C) *A. fumigatus*, (D) *A. nidulans*, (E) *A. niger*, (F) *A. petrakii*, (G) *A. tamarii*, (H) *A. versicolor*, (I) *Emericella variegata*.

Resultados

Del total de géneros colectados, *Cladosporium* constituyó el 30%, *Alternaria* el 2% y *Aspergillus* el 2%; el 66% restante lo constituyeron los otros géneros en conjunto.

Se observó que estos géneros mostraron diferencias en su abundancia relativa estacional y diurna. La variación estacional de *Cladosporium*, *Alternaria* y *Aspergillus* se presenta en la figura 7. Para *Cladosporium* la abundancia relativa durante todo el período de muestreo fue del 30%, y fue mayor durante la época de lluvias que en la de secas, en tanto que para *Alternaria* y *Aspergillus* fué del 2% en todo el periodo de muestreo, siendo menor durante la de lluvias.

En relación con la variación diurna de la abundancia relativa de estos tres géneros (figura 7), se observaron diferencias entre las horas de muestreo. La abundancia relativa de *Cladosporium* y *Alternaria* fue mayor a las 14:00 y 19:00 horas, y para *Aspergillus* ésta fue mayor en las mañanas.

La variación mensual y por horas de muestreo de la abundancia relativa y la frecuencia de aparición de los géneros estudiados se presenta en la tabla 7. *Alternaria* tuvo su mayor abundancia relativa a las 14:00 horas, principalmente en agosto y octubre. Su frecuencia de aparición fue mayor a las 14:00 horas (principalmente en diciembre) y menor en las mañanas (particularmente en agosto). La mayor abundancia de *Aspergillus* se observó en las mañanas (agosto y febrero) y la menor en la noche (octubre y febrero), con su mayor frecuencia de aparición en las mañanas (agosto y febrero principalmente) y la menor a las 14:00 horas (en diciembre). Para *Cladosporium* la abundancia relativa fue mayor en general a las 14:00 y menor a las 7:30 horas, especialmente en diciembre y enero. Su frecuencia de aparición fue siempre del 100 %.

Resultados

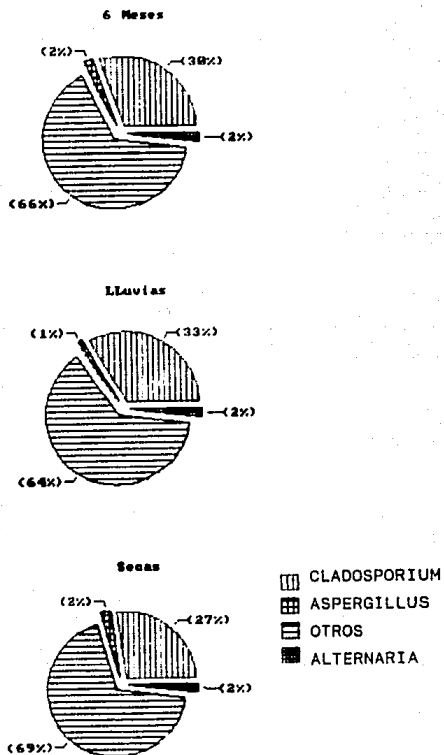


Figura 7. Variación estacional de la abundancia relativa de *Cladosporium* *Aspergillus* y *Alternaria*

Resultados

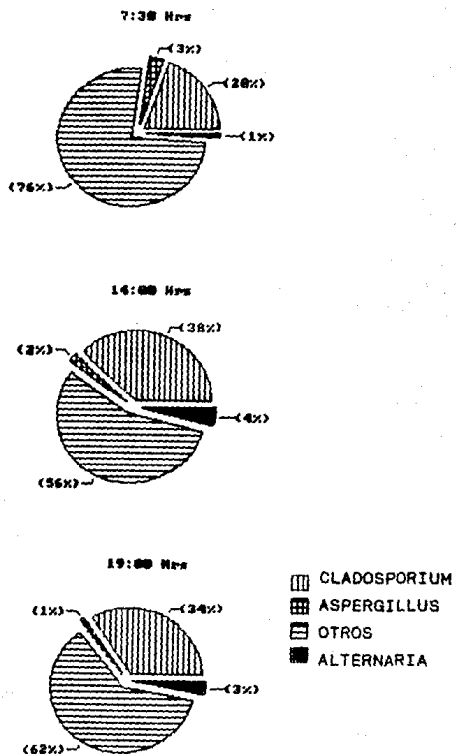


Figura 8. Variación diurna de la abundancia relativa de *Cladosporium* *Aspergillus* y *Alternaria*

Resultados

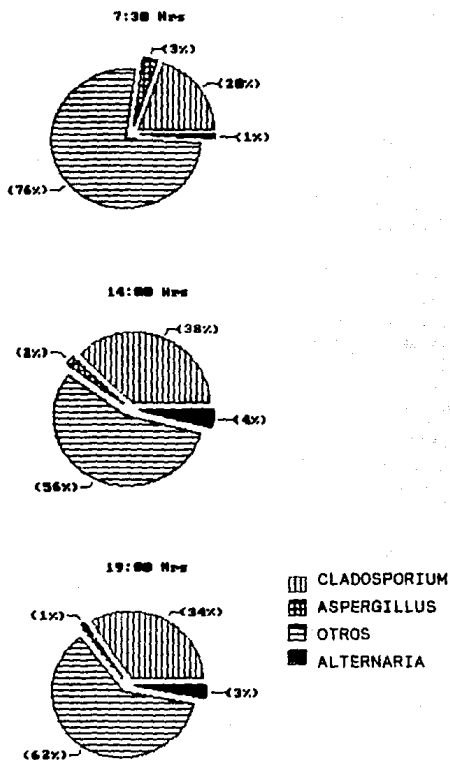


Figura 8. Variación diurna de la abundancia relativa de *Cladosporium* *Aspergillus* y *Alternaria*

Resultados

Tabla 7. Variación mensual de la abundancia relativa y la frecuencia de aparición de Alternaria, Aspergillus y Cladosporium

Género	<u>Alternaria</u>						<u>Aspergillus</u>						<u>Cladosporium</u>					
Mes	Abundancia relativa (%)			Frecuencia de aparición (%)			Abundancia relativa (%)			Frecuencia de aparición (%)			Abundancia relativa (%)			Frecuencia de aparición (%)		
Hora	7:30	14:00	19:00	7:30	14:00	19:00	7:30	14:00	19:00	7:30	14:00	19:00	7:30	14:00	19:00	7:30	14:00	19:00
Agosto	0.6	4.2	0.6	31.0	69.0	54.0	4.1	2.2	1.8	92.3	61.5	69.0	21.6	22.5	25.8	100	100	100
Septiembre	2.2	2.9	0.4	57.1	75.0	75.0	0.9	1.7	0.4	57.1	75.0	37.5	27.0	38.5	31.1	100	100	100
Octubre	1.8	4.7	2.4	92.3	87.0	91.0	2.9	2.0	0.6	69.2	67.0	73.0	26.0	45.7	41.1	100	100	100
Diciembre	0.9	3.3	1.8	80.0	100	83.3	1.5	0.7	0.5	40.0	16.7	50.0	14.7	42.3	30.0	100	100	100
Enero	1.2	3.0	2.8	71.4	76.2	75.0	2.2	1.4	1.9	76.2	48.0	65.0	16.2	32.1	28.4	100	100	100
Febrero	1.4	3.9	3.4	74.0	95.0	85.0	3.9	1.3	1.6	95.0	60.0	85.0	19.5	43.2	30.0	100	100	100
Totales :																		
Lluvias	1.6	4.0	1.3	61.0	78.0	72.0	2.8	1.9	0.7	76.0	67.0	63.0	25.0	38.0	35.0	100	100	100
Secas	1.2	3.4	3.4	73.0	87.0	80.0	2.8	1.3	1.7	80.0	49.0	70.0	17.0	38.0	31.0	100	100	100

Resultados

La distribución porcentual de los hongos colectados en las dos etapas del muestreador Andersen se muestra en la figura 9, observándose que en la mayoría de los casos el porcentaje de aeropartículas totales impactadas en la fracción no respirable (etapa 1) fue menor que en la fracción respirable (etapa 2), incrementándose el porcentaje a las 14:00 horas, el que fue del 42 %. De los géneros estudiados, *Alternaria*, *Aspergillus* y *Cladosporium* se colectaron en ambas etapas del muestreador. *Alternaria* fue más abundante en la fracción no respirable (80 %), y *Aspergillus* y *Cladosporium* lo fueron en la fracción respirable 80 %, 30 a 35 % respectivamente. El porcentaje de aeropartículas de *Alternaria* y de *Aspergillus* que se impactó en cada fracción fue igual en las tres horas de muestreo, mientras que el porcentaje de esta impactación para *Cladosporium* fue semejante al de los hongos totales.

Resultados

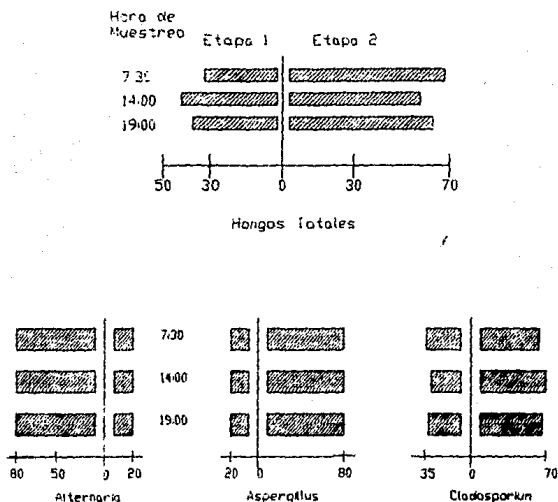


Figura 9. Distribución porcentual de la concentración de aeropartículas de hongos en cada etapa del muestreador Andersen: hongos totales, *Alternaria*, *Aspergillus* y *Cladosporium*.

DISCUSIÓN

Gran parte de los estudios aeromicológicos se han realizado en regiones templadas (Gregory, 1952; Davies *et al.*, 1963; Wrigth *et al.*, 1969; Burge, 1986; Pineau y Comptois, 1989), donde un ciclo anual presenta cuatro estaciones bien definidas, sin embargo en las regiones intertropicales, que es donde se localiza la Ciudad de México, sólo se presentan dos estaciones, una de lluvias y otra de secas (Jáuregui, 1984), por lo que los resultados obtenidos están referidos a las variaciones que caracterizan a dichas épocas (De Lima y Gadelha, 1981; Hurtado y Riegler-Goihman, 1986; Joy Royes, 1987; Atluri *et al.*, 1988 a; Mari Bhat y Rajasab, 1989).

Se ha propuesto que las variaciones en el contenido de aeropartículas fúngicas presentes en el aire se relacionan con el clima, con la presencia de un sustrato adecuado y con los movimientos de las masas de aire, factores que afectan tanto la biología de los hongos como su introducción y dispersión en la atmósfera (Ingold, 1971; Gregory, 1973; Leach, 1980; Lacey, 1981; Gottwald y Bertrand, 1982; Hawke y Meadows, 1989; Pineau y Comptois, 1989).

El presente estudio mostró que la concentración de aeropartículas fúngicas presentes en el suroeste de la Ciudad de México, evaluada empleando un muestreador Andersen, tuvo una variación mayor de acuerdo a la hora del día que a la época del año, coincidiendo con los resultados obtenidos por diversos autores en otras partes del mundo (Gregory, 1952; Pady *et al.*, 1957; Kramer *et al.*, 1963; Adams, 1964; Hurtado y Riegler-Goihman, 1986; Joy Royes, 1987; Atluri *et al.*, 1988a; Youssef y Karam El-Din, 1988 a; Pineau y Comptois, 1989), así como en México (Rosas *et al.*, 1986).

La mayoría de los hongos colectados fueron mesofílicos, saprobios, de distribución cosmopolita, con esporas de tipo seco, cuya dispersión se relaciona con turbulencia térmica, clima caluroso y vientos de ligeros a fuertes y baja humedad relativa (Ingold, 1971). Su concentración en el aire mostró una distribución de tipo gamma, cuyos valores dependen de los factores meteorológicos que distribuyen los propágulos fúngicos en la columna de aire.

La concentración de aeropartículas fúngicas fue mayor en la época de lluvias que en la época de secas, pero en el mes de agosto con una precipitación mayor, los valores registrados fueron menores a los de los otros meses incluyendo los de secas, debido a que la lluvia prolongada suele tener un efecto de lavado (Lacey, 1981; Gottwald y Bertrand, 1982), y en particular las gotas de lluvia de agosto pueden traer consigo altas concentraciones de esporas (Rosas et al., 1986). Sin embargo, como ya se mencionó, la variación estacional no fué tan marcada como la diurna.

La liberación de esporas en el aire presenta ritmos circadianos y los factores que influyen sobre la liberación también presentan una periodicidad de igual o mayor intensidad. La luz, la temperatura y la velocidad del viento alcanzan valores máximos en ciertas horas del día y la humedad atmosférica aumenta generalmente en la noche (Geiger, 1965; Ingold, 1971; Joy Royes, 1987).

El transporte de esporas en el aire está relacionado con los movimientos de las masas de aire, ya sea como turbulencia mecánica o térmica, no sólo a gran escala sino también a pequeña escala (Geiger, 1965; Ingold, 1971). Estos movimientos y cambios en los factores meteorológicos (humedad atmosférica, velocidad del viento, temperatura) determinan las variaciones observadas en los valores

registrados durante el estudio, particularmente en relación con la variación diurna de la concentración de aeropartículas, pero estos factores parecen estar influyendo de manera distinta en las diferentes horas de muestreo y aun en las diferentes épocas

De manera general, la concentración de aeropartículas fúngicas fue alta en las mañanas, disminuyó al mediodía y volvió a aumentar en la noche. Se asume que estos cambios se relacionan principalmente con la turbulencia atmosférica (Rich y Waggoner, 1962; Rosas et al., 1986; Calderón, 1989). En este estudio, el aumento en la concentración de hongos registrado en las mañanas se relacionó, en la época de lluvias, con la disminución de la presión de vapor ($r=-0.37$) y el inicio de las condiciones de inestabilidad ($r=-0.31$), esta relación pudo deberse a que el tipo de esporas que poseen los hongos colectados requieren de la disminución de la humedad para liberarse, coincidiendo con los resultados obtenidos por Hawke y Meadows (1989) y Allen et al (1983); además, dadas las propiedades higroscópicas de las esporas, éstas pueden adherirse a las gotas de agua y al ascender por movimientos convectivos y/o advectivos, inducidos por el inicio de la turbulencia atmosférica, llevar consigo a las esporas aunque sin llegar a alcanzar grandes alturas (Ingold, 1971; Lacey, 1981). En la época de secas se obtuvo correlación con la disminución de la velocidad del viento ($r=-0.27$), ya que este factor favorece la liberación e introducción de esporas en la atmósfera (Gottwald y Bertrand, 1983; Thomas et al., 1988); las velocidades registradas no fueron tan altas como para diluir notablemente las nubes de esporas, observándose correlaciones similares en los trabajos de Lacey (1981) y Rosas et al (1986).

Al incrementarse la temperatura las esporas alcanzan grandes alturas, disminuyendo su concentración al diluirse en un gran

Discusión

volumen de aire y dando por resultado las bajas concentraciones registradas a las 14:00 horas (donde se registró el máximo calentamiento). Bajo estas condiciones, en la época de lluvias se obtuvo correlación negativa con la temperatura ($r=-0.49$) y positiva con el viento ($r=0.41$), y en la época de secas las mayores concentraciones registradas se correlacionaron con la disminución de la presión de vapor ($r=-0.44$).

El aumento en la concentración de aeropartículas fúngicas registrado en las noches coincidió con la reducción de la turbulencia atmosférica, ya que a esta hora fue cuando se registraron condiciones de estabilidad y se encontró correlación en la época de lluvias con el aumento en la presión de vapor ($r=0.31$). Durante esta época la disminución de la turbulencia probablemente permitió el descenso de las nubes de esporas a nivel del muestreador, además el aumento en la presión de vapor pudo inducir la liberación de las esporas, o bien la alta humedad registrada a esta hora pudo traer consigo nubes de esporas, a través de pequeñas gotitas, por lo que dichas esporas llegaron a ser colectadas en concentraciones mayores. Por otro lado, durante la época de secas la correlación se obtuvo con el aumento en la temperatura ($r=0.21$), especialmente con el aumento en la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas. En esta época también se observó una disminución de la turbulencia, pero a lo largo del día la oscilación térmica se incrementó, es decir el calentamiento fue mayor, por lo que las esporas pudieron alcanzar alturas mayores, y en el momento en que se realizó el muestreo, con temperaturas todavía altas, las esporas aún no habían descendido a nivel del muestreador y continuaban diluidas en el aire, de ahí que las concentraciones fueran menores a las registradas en la época de lluvias. Estos resultados coinciden con lo propuesto por Rich y Waggoner (1962) y lo observado por Rosas et al (1986).

Cabe resaltar que la turbulencia atmosférica, calculada en este estudio con datos de superficie mediante el método de Turner, puede evaluarse con mayor precisión por otros métodos, especialmente por radiosondeo o a través de la colocación de torres con termosensores dispuestos a diferentes alturas. Estos métodos proporcionan información más exacta de la turbulencia atmosférica y su relación con la variación de la concentración de aeropartículas fúngicas.

Si bien todos los factores mencionados influyen sobre la concentración de esporas en el aire, su influencia varía con la hora del día y con la época del año. En ocasiones el efecto de alguno de ellos es preponderante sobre los otros, pero en otra época u hora el efecto de este mismo factor puede no ser tan importante.

Los hongos colectados durante este estudio se encuentran ampliamente distribuidos en el mundo y son frecuentes en el suelo y en la vegetación (Domsch et al., 1980). Su variación estacional está relacionada con la abundancia del sustrato; así por ejemplo, en las regiones templadas, la mayor abundancia de *Cladosporium* se ha registrado a finales del verano y principios del otoño (Davies et al., 1963; Pineau y Comptois, 1989). En este estudio, la mayor abundancia de *Cladosporium* se registró al final de la época de lluvias y principios de la época de secas, principalmente en el mes de transición entre éstas y que coincide con los meses reportados en las regiones templadas, además el área de estudio se encuentra rodeada de áreas verdes que proporcionar un sustrato vegetal putrescible adecuado para la colonización por parte de este hongo. Resultados similares han sido obtenidos en trabajos anteriores realizados en esta misma zona (Calderón, 1989).

Discusión

Los resultados obtenidos sobre periodicidad de las esporas fúngicas ubican a *Cladosporium*, *Alternaria* y *Aspergillus* entre los hongos con un patrón de doble pico (Pady, 1957; Kramer et al., 1963; Gregory, 1973; Lacey, 1981). Dicho patrón aparece como una modificación del mediodía, que se da en especies con una liberación de esporas dependiente de la turbulencia térmica y mecánica (Gregory, 1973) La abundancia relativa de los dos primeros géneros observada en el estudio coincide con este comportamiento; sin embargo *Aspergillus* se comportó como aquellos hongos con patrón en el que la mayor concentración de esporas en el aire es posterior al amanecer, ya que su concentración siempre fué mayor en las mañanas que a otras horas del día.

Dado que los muestreos fueron puntuales, la información que proporcionó la abundancia relativa de los géneros colectados, en relación con su máxima concentración a lo largo del día, fue solo aproximada y puede evaluarse con precisión con un muestreador secuencial. De igual manera, la concentración diurna acumulada está subvalorada, principalmente porque solo se reportan partículas viables desarrolladas en un medio nutritivo de impactación muy generalizado (agar con extracto de malta). La información cualitativa que proporciona este método permite realizar un análisis taxonómico a nivel específico, y la determinación a este nivel de ciertos géneros es indispensable, especialmente si se trata de patógenos oportunistas. Por ejemplo, para el caso particular de *Aspergillus* se le reporta como alérgeno y algunas de sus especies son consideradas como patógenos oportunistas, como *A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. nidulans*, y *A. versicolor* (Auswick, 1977), todas ellas aisladas en este estudio.

CONCLUSIONES

- La concentración de propágulos fúngicos en el aire de una zona suburbana mostró una distribución asimétrica de tipo gamma, dependiente de los factores meteorológicos.

- Los parámetros ambientales determinaron la variación estacional (abundancia de sustrato) y diurna (introducción y distribución en la columna de aire) de los propágulos.

- La variación diurna cualitativa y cuantitativa de la concentración de aeropartículas fúngicas fue más marcada que la estacional, observándose las concentraciones más altas en la época de lluvias que en la de secas. Con un patrón diurno de variación semejante en ambas épocas, caracterizado por valores altos en la mañana, bajos al mediodía y altos nuevamente en la noche.

- Las variaciones registradas en los valores de la concentración de aeropartículas fúngicas totales se relacionaron en las mañanas con la disminución de la presión de vapor, la velocidad del viento y del índice de estabilidad atmosférica de Turner; al mediodía con la disminución de la presión de vapor y de la temperatura y en las noches con el aumento de la presión de vapor y de la temperatura. Se concluye que, si bien todos los factores mencionados influyen sobre la concentración de aeropartículas fúngicas, su influencia varía con la hora del día y con la época del año.

- La mayoría de los hongos colectados fueron mesofílicos, saprobios, de distribución cosmopolita, con esporas de tipo seco, siendo los más frecuentes *Cladosporium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Monilia* y *Rhizopus*.

Conclusiones

- La mayor abundancia de *Alternaria* y *Cladosporium* fue al mediodía y en la noche, por lo que se consideró que presentan al igual que en otras regiones climáticas un patrón de liberación de las esporas con un doble pico, y no así *Aspergillus*, ya que su abundancia fue mayor en las mañanas con un patrón de liberación posterior al amanecer.

- Dentro de la aeromicobiota del suroeste de la Ciudad de México se determinaron especies que han sido reportadas como patógenos oportunistas y que son importantes alérgenos inhalables que quizás estén relacionados con la incidencia de algunas enfermedades de tipo respiratorio.

- A pesar de que el presente estudio no proporciona aspectos cuantitativos exactos, generó información sobre la variación diurna y estacional de la concentración de aeropartículas fúngicas presentes en el suroeste de la Ciudad de México, concluyendo, así mismo, que el muestreador Andersen es indispensable en evaluaciones cualitativas y cuantitativas volumétricas (a nivel específico) requeridas para el conocimiento de alérgenos inhalables, y que la introducción de un muestreador secuencial permitirá establecer con precisión las variaciones cuantitativas y cualitativas (a nivel género) complementarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, K. I. 1964. Year to year variation in the fungus spore content of the atmosphere. Acta Allergol. 19 : 11-50.
- Adams Jr., G.C., Gottwald, T. R. y Leach, C. W. 1986. Environmental factors initiating liberation of conidia of powdery mildews. Phytopathology 76 : 1239-1245.
- Agashe, S. M. y Chatterjee, M. 1987. Aircraft sampling of the upper airspora. En : Boehm G. y Leuschner R. M. (Eds.). Advances in Aerobiology. Birkhauser, Verlag, Basel, pp. 411-414.
- Allen, S. J., Brown, J.F. y Kochman, J.K. 1983. Effects of temperature, dew period and light on the growth and development of *Alternaria helianthi*. Phytopathology 73 : 893-896.
- Alvarez, J., Carabias, J., Meave, S., Moreno, C.P., Nava, D., Rodriguez, F., Tovar, C. y Valiente, A. 1982. Proyecto para la creación de una reserva ecológica en el Pedregal de San Angel. Cuadernos de Ecología No. 1. Facultad de Ciencias, UNAM. México, 54 pp.
- Andersen Sampler, Inc., 1984. Operating Manual for Andersen Sampler. Atlanta, 24 pp.
- Atluri, J.B., Varma, K.V. y Subba Redi, C. 1988 a. Circadian periodicity in some airborne fungi over a rice crop. Grana 27 : 71-76.
- Atluri, J.B., Varma, K.V. y Subba Redi, C. 1988 b. Effect of harvesting operations on the incidence of fungal spores over a rice field. Grana 27 : 149-152.
- Auger-Barreau, M. 1971. Constituant microbiologiques de l'atmosphère. Pollution fongique de l'atmosphère bordelaise. Pollut. atmos. 52 : 293-300.
- Auswick, P.K.C. 1977. Pathogenicity. En : Raper, K.B. y Fennel, D.I. 1977. The Genus Aspergillus. R.E. Klieger Publ. Co., Nueva York, pp 82-126.

Referencias Bibliográficas

- Aylor, D.E. 1986. A framework for examining interregional aerial transport of fungal spores. Agr. and Forest Meteorol. **38** : 263-288.
- Burge, H.A. 1986. Some coments on the aerobiology of fungus spores. Grana **25** : 143-146.
- Curran, P.M.T. 1980. The effect of temperature, pH, light and dark on the growth of fungi from Irish coastal waters. Mycologia **72** : 351-358.
- Calderón Ezquerro, M.C.L. 1989. Caracterización aeromicológica de una zona suburbana en la Ciudad de México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 87 pp.
- Davies, R.R. 1969. Climate and topography in relation to aero-allergens at Davos and London. Acta Allergol. **24** : 396-409.
- Davies, R.R., Denny, M.J. y Newton, L.M. 1963. A comparison between the summer and autumn air spora at London and Liverpool. Acta Allergol. **18** : 131-147.
- De Groot, R.C. 1968. Diurnal cycles of airborne spores produced by forest fungi. Phytopathology **58** : 1223-1229.
- De Lima, J.A. y Gadelha, W. 1983. Contaminación de hongos del aire atmosférico en la ciudad de Recife (Pernambuco, Brasil). Rev. Lat-amer. Microbiol. **25** : 243-251.
- Domsch, K.H. Gams, W. y Anderson, T.H. 1980. Compendium of Soil Fungi. Academic Press. Londres, 859 pp.
- Dowding, P. 1963. The dispersal and survival of spores of fungi causing bluestair in pine. Trans. Br. Mycol. Soc. **52** : 125-137.
- Edmonds, R.L. 1979. Aerobiology : The Ecological Systems Approach. Dowden, Hutchinson and Ross, Inc., Pensilvania, 386 pp.
- Ellis, M.B. 1971. Dematiaceous Hyphomycetes. Commonwealth Mycol. Inst. kew, Surre., 608 pp.
- Geiger, R. 1965. The Climate Near the Ground. Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass., 400 pp.
- González-Ochoa, A. y Orozco, C. 1943. Los hongos del aire de la

Referencias Bibliográficas

- Ciudad de México y su relación con los factores atmosféricos. Rev. Inst. Salub. y Enferm. Trop. 4 : 259-265.
- Goodman, D.H., Northey, W.T., Leathers, Ch.R. y Savage, Th. H. 1966. A study for airborne fungi in the Phoenix Arizona, metropolitan area. J. Allergy 38 : 56-62.
 - Gottwald, T.R. 1982. Spore discharge by the pecan scab pathogen, *Cladosporium carygenum*. Phytopathology 72 :1193-1197.
 - Gottwald, T.R. 1983. Factors affecting spore liberation by *Cladosporium carpophilum*. Phytopathology 73. : 1500-1505.
 - Gottwald, T.R. y Bertrand, P.F. 1982. Patterns of diurnal and seasonal airborne spore concentration of *Fusicladium effusum* and its impact on a pecan scab epidemic. Phytopathology 72 : 330-335.
 - Gregory, P.H. 1952. Spore content of the atmosphere near the ground. Nature 170 : 475-477.
 - Gregory, P.H. 1973. The Microbiology of the Atmosphere. Leonard Hill Ltd, Londres, 377 pp.
 - Hawke, P.R. y Meadows, M.E. 1989. Winter airspora spectra and meteorological conditions in Cape Town, South Africa. Grana 28 : 187-192.
 - Herrera, T. y Ulloa M. 1990. El reino de los hongos. Micología básica y aplicada. UNAM-Fondo de Cultura Económica, México, 552 pp. (en prensa).
 - Hirst, J.M. 1952. A volumetric spore trap. Ann. Appl. Biol. 39 : 257- 261.
 - Hirst, J.M., Stedman, O.J. y Hogg, W.H. 1967 a. Long distance spore transport : Methods of measurement, vertical spore profiles and the detection of immigrant spore clouds over the sea. J. Gen. Microbiol. 48 : 329-355.
 - Hirst, J.M., Stedman, O.J. y Hurst, G.W. 1967 b. Long distance spore transport : vertical sections of spore clouds over the sea J. Gen. Microbiol. 48 :357-377.
 - Hirst, J.M. y Hurst, G.W. 1967. Long distance spore transport.

Referencias Bibliográficas

En : Airborne microbes : 17th Symposium of the Society for General Microbiology, held at the Imperial College. London Univ. Press, Londres, pp. 307-344.

- Hudson, H.J. 1969. Aspergilli in the airspora at Cambridge. Trans. Br. Mycol. Soc. 52 : 153-159.

- Hurtado, I. y Riegler-Goihman, M. 1986. Air sampling studies in a tropical area.II. Fungus spores. Grana 25 : 69-73.

- Hurtado, I. y Riegler-Goihman, M. 1987. Air sampling in a tropical area.Four year results. En : Boehm G. y Leuschner R. M. (Eds.). Advances in Aerobiology. Birkhauser, Verlag, Basel, pp.47-54.

- Imshenetsky, A.A., Lysenko, S.V. Y Kasakov, G.A. 1978. Upper boundary of the biosphere. Appl. and Environ. Microbiol. 35 : 1-5.

- Imshenetskii, A.A., Lysenko, S.V., Kozlova T.M. Y Novichkova, A.T. 1984 a. Resistance of microorganisms from the mesosphere to periodic freezing and thawing. Microbiology 52 : 902-908.

- Imshenetskii, A.A., Lysenko, S.V. y Detina, N.S. 1984 b. Effect of drying out and low temperatures on mesosphere strains of *Aspergillus niger* and *Penicillium chrysogenum*. Microbiology 53 : 296-299.

- Imshenetskii, A.A., Lysenko, S.V., Kozlova T.M. y Demina, N.S. 1984 c. Effect of dehydration on survival, morphology and ultrastructure of conidia of atmospheric and collection strains of *Aspergillus niger* and *Penicillium chrysogenum*. Microbiology 53 : 489-494.

- Infante, F., Ruiz de Clavijo, E. Galán, C. y Gallego, G. 1987. Occurrence of *Alternaria* Nees ex Fr. in indoor and outdoor habitats in Cordoba (Spain). En : Boehm G. y Leuschner R.M. (Eds.). Advances in Aerobiology. Birkhauser, Verlag, Basel, pp. 157-163.

- Ingold, C.T. 1957. La liberacion de esporas en los hongos superiores. Endeavour : 78-83.

- Ingold, C.T. 1971. Fungal Spores : Their Liberation and

Referencias Bibliográficas

Dispersal. Clearendon Press. Oxford. 302 pp.

- Jáuregui Ostos, E. 1975. El clima urbano de la Ciudad de México. Boletín del Instituto de Geografía. No. 6 : 47-58.
- Jáuregui Ostos, E. 1984. Tropical urban climates review, an assessment. En : World Meteorological Organization (Eds.). Urban Climatology and its Application with Special Regard to Tropical Areas. México: 27-45.
- Jones, B.L. y Cookson, J.T. 1983. Natural atmospheric microbial conditions in a typical suburban aerea. Appl. and Environ. Microbiol. 45 : 919-934.
- Joy Royes, V.I. 1987. Some components of the air spora in Jamaica and their possible medical application. Grana 26 : 151-157.
- Koeppen, W. 1948. Climatología. Fondo de Cultura Económica, México, 225 pp.
- Kramer, C.L., Pady, S.M. y Rogerson, C.T. 1960. Kansas aeromycology V : Penicillium and Aspergillus. Mycologia 52 : 545-552.
- Kramer, C.L., Pady, S.M. y Wiley, B.J. 1963. Kansas aeromycology XIII : Diurnal studies 1959-60. Mycologia 55 : 380-401.
- Lacey, J. 1981. The aerobiology of conidial fungi. En : Cole, G.T. y Kendrick, B. (Eds.). Biology of Conidial Fungi. Vol 1. Academic Press, Londres, pp. 373-415.
- Lawrence Jr., E.G. y Zehr, E.I. 1982. Environmental effects on the development and dissemination of Cladosporium carpophilum on peach. Phytopathology 72 : 773-776.
- Leach, C.M. 1980 a. Influence of humidity and red-infrared radiation on spore discharge by Drechslera turcica. Additional evidence. Phytopathology 70 : 192-196.
- Leach, C.M. 1980 b. Vibrational release of conidia by Drechslera maydis and D. turcica related to humidity and red infrared radiation. Phytopathology 70 : 196-200
- Leach, C.M. 1980 c. Influence of humidity, red-infrared

Referencias Bibliográficas

radiation and vibration on spore discharge by *Pyricularia oryzae*. Phytopathology **70** : 201-205.

- López Martínez, R., Ruiz Sánchez, D., Huerta, J.G., Esquenaze, A. y Alvarez M. 1986. Variación estacional de hongos productores de alergias en el Sur de la Ciudad de México. Allergol. et Immunopathol. **14** : 43-48.

- Mallea, M. Murray, I.G., Segretain, G., Philpot, C.M., Charpin, H., Gueho, E. y Charpin J. 1972. Census of *Aspergillus* colonies in the air comparison between London, Paris, Lyon, Marseilles. Acta Allergol. **27** : 273-278.

- Mari Bhat, M. y Rajasab, A.H. 1989. Efficiency of vertical cylinder spore trap and seven day volumetric Burkard spore trap in monitoring airborne pollen and fungal spores. Grana **28** : 147-154.

- Niemela, S.J., Vaatanen, P. Mentu, J. Jokinen, A., Jappinen P. y Sillampaa P. 1985. Microbial incidence in upper respiratory tracts of workers in the paper industry. Appl. and Environ. Microbiol. **50** : 163-168.

- Ogunlana, E.O. 1975. Fungal air spora at Ibadan, Nigeria. Appl. and Environ. Microbiol. **29** : 458-463.

- Pady, S.M. 1957. Quantitative studies of fungus spores in the air. Mycologia **49** : 338-353.

- Pady, S.M., Kramer, C.L. 1960. Kansas aeromycology VI : Hyphal fragments. Mycologia **52** : 681-687.

- Pady, S.M., Kramer, C.L. y Wiley, B.J. 1962. Kansas aeromycology XII : Materials, methods and general results of diurnal studies 1959-1960. Mycologia **54** : 168-180.

- Panzer, J.D., Tullis, F.C. y Van Arsdel F.P. 1957. A simple 24 hours slide spore collector. Phytopathology **51**: 512-515.

- Pathak, V.K. y Pacy, S.M. 1965. Numbers and viability of certain airborne fungus spores. Mycologia **57** : 301-310.

- Pineau, S. y Comptois, P. 1989. The aeromycoflora of Montreal.

Referencias Bibliográficas

- En : Aerobiology Health Environment. A Symposium. (ed.) Comptois, Université de Montréal, pp. 157-164.
- Rantio Lehtimaki, A. 1988. Yeast in a rural an urban air in southern Finland. Grana 27 : 313-319.
 - Raper, K.B. y Fennel, D.I. 1977. The genus Aspergillus. R.E. Klieger Publ. Co., Nueva York, 686 pp.
 - Rich, S. y Waggoner, P.E. 1962. Atmospheric concentration of Cladosporium spores. Science 137 : 962-965.
 - Rosas, I. Calderón, C., Gutiérrez, S. y Mosiño, P. 1986. Airborne fungi isolated from rain water collected in Mexico City. Contam. Ambient. 2 : 13-23.
 - Rippon, J.W. 1982. Medical Mycology. The Pathogenic Fungi and the Pathogenic Actinomycetes. 2a. Ed. W.P. Saunders, Co., Filadelfia., 580 pp
 - Schmitter, E. 1953. Investigación petrológica en las lavas del Pedregal de San Angel. Mem. Congr. Cient. Mex. III : 218-237.
 - Scott, C., Rylander, R. y Larsson, L. 1983. Levels of gram-negative bacteria, Aspergillus fumigatus, dust and endotoxin at compost plants. Appl. and Environ. Microbiol. 45 : 1501-1505.
 - Spieksma, F., Nolard, N. Beaumont F. y Vooren, P.H. 1987. Concentrations of airborne Botrytis cinerea conidia, and frequency of allergenic sensitization to Botrytis extract. En : Boehm G. y Leuschner R.M. (Eds.). Advances in Aerobiology. Birkhauser, Verlag, Basel, pp. 165-167.
 - Sreeramulu, T. 1963. Observations on the periodicity in the airborne spores of Ganoderma applanatum. Mycologia 55 : 371-380.
 - Thomas, C.S., Marois, J.J. y English, J.T. 1988. The effect of wind speed, temperature and relative humidity on development of aerial mycelium and conidia of Botrytis cinerea on grape. Phytopathology 78 : 260-265.
 - Turner, D.B., 1964. A diffusion model for an urban area. J. Appl. Met. 3 : 83-91.

Referencias Bibliográficas

- Van Arsdel, E.P. 1967. The nocturnal diffusion and transport of spores. Phytopathology 57 : 1221-1230.
- Wright, T.J., Greane, V.W. y Paulus, H.J. 1969. Viable microorganisms in an urban atmosphere. J. Air Poll. Control. Assoc. 19 : 337-342.
- Youssef, Y.A. y Karam El-Din, 1988 a. Airborne spores of opportunistic fungi in the atmosphere of Cairo, Egypt. I. Mould fungi. Grana 27 : 89-92.
- Youssef, Y.A. y Karam El-Din, 1988 b. Airborne spores of opportunistic fungi in the atmosphere of Cairo, Egypt. II. Yeast fungi. Grana 27 : 247-250.