



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

**Diversidad de microhongos atmosféricos de distintas
áreas citadinas**

TESIS PROFESIONAL

Para obtener el título de Biólogo

PRESENTA:

Ortiz Diaz Tania Graciela

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Gama-Flores José Luis

Av. De los Barrios #1. Col. Los Reyes Iztacala.
Tlalnepantla, Edo. de México, 2011.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.



"Todos somos muy ignorantes. Lo que ocurre es que no todos ignoramos las mismas cosas". Albert Einstein

Dedicatorias

A dios ya que me brindo la dicha de la vida.

A mi madre Graciela por ser una gran mujer, amiga, confidente y de ser el mejor ejemplo de que nunca hay que darse por vencido a pesar de los obstáculos.

A mi padre Jorge por sus exigencias ya que sin ellas no me hubiese superado.

A mis hermanos

Beto porque a pesar de las diferencias siempre haz estado a mi lado.

Yael porque contigo conocí lo que es tener una hermana y por ser la mejor de las amigas.

Dea por lo linda que eres y por la admiración que me profesas.

A mis abuelos

Ausencia †, Antonio †, Trino † por que a pesar de su ausencia en estos momentos me enseñaron lo que es la fuerza, perseverancia, coraje y el amor que se le puede dar a un nieto.

Esperanza por ser una abuela que me ha enseñado tanto que no se como agradecerle y que aunque tenemos nuestras diferencias nos queremos.

A mis tíos

Marcela, Antonio, Laura, Mary, Cecilia, Adriana y Claudia por ser los que me dieron el gusto por la lectura, documentales y sobre todo por la biología.

Virginia, Genia, Marcos, Eliseo, Gerardo, Pepe, Enrique y Hugo †, por demostrarme y enseñarme que hay muchas cosas por las que luchar en esta vida y por estar conmigo en cada aspecto de mi vida.

Agradecimientos

Agradezco de una forma especial al Dr. José Luis Gama Flores, el haberme brindado la oportunidad de trabajar con él, su imperecedera paciencia, por ampliar mi horizonte y por cada uno de sus consejos más allá de lo académico. Porque siempre recordare al profesor más carismático con sus manos siempre detrás y andar singular.

Agradezco también al Dr. Víctor Manuel Rivera Aguilar, por sus sabios consejos.

A la M en C. María Elena Huidobro Sala, por ser una pieza crucial en mi enseñanza de hongos y por estar siempre dispuesta a ayudarme.

A la M en C. Irene Frutis Molina. Por que no solo conocí a los hongos micromicetes sino también a los macro y por que cada consejo valía mucho la pena.

Al Biol. Antonio Moisés Chávez Araujo. Por ser un gran amigo y consejero, por dejarme estar en el laboratorio y enseñarme tantas cosas que no sabía.

Al Dr. José Alejandro Baeza Reyes. Por que se puede aprender más allá del aula y por la dedicación, interés y apoyo brindado.

A los profesores que dejaron marca en mí Graciela Molina, José Martínez, Beatriz Urbieto, Arturo Calderón, Martha Salcedo, Arcelia Rosario Sánchez y Pilar Villeda. Por ser pilares importantes en mi desarrollo académico y por que siempre estará su presencia en mí.

A mis amigos Ericka Bello, Víctor Antonio Becerra y Mario Velasco que estuvieron conmigo en las buenas y en las malas, por esas prácticas de campo, por que cada consejo significó mucho para mí y por cada momento que me brindaron y me mostraron que siempre hay una luz al final del túnel.

"Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber." Albert Einstein

Índice

Introducción	6
Objetivos	8
Aspectos generales de la contaminación atmosférica	9
1. Ambiente atmosférico	9
1.1 Componentes de la atmósfera.....	9
1.2 Contaminación atmosférica	10
2. Partículas fracción respirable (Grupos principales).....	11
2.1 Fracción respirable PM ₁₀	11
2.2 Fracción respirable PM _{2.5}	11
3. Normatividad federal para la calidad del aire	12
3.1 Valores normados para los contaminantes	13
4. Elementos biológicos de las partículas (Los Micromicetes).....	15
4.1 Características Morfo- Anatómicas.....	15
4.2 Reproducción y tipos de esporas.....	17
4.3 Clasificación.....	18
4.4 Características biológicas y ecológicas.....	19
4.5 Factores de dispersión (parámetros ambientales) y regulación natural.....	19
4.6 Metodología para el estudio de los micromicetes anemófilos.....	29
4.6.1 Técnicas de muestreo	29
4.6.2 Muestreo pasivo	29

4.6.3 Muestreo activo	30
5. Relación entre esporas fúngicas y factores ambientales.....	31
5.1 Potencial patogénico y alergénico (grupos funcionales).....	31
5.2 Micromicetes y salud de la población.....	32
5.3 Especies patógenas y potencialmente patógenas.....	34
6. Investigación sobre micromicetes anemófilos y sus aplicaciones.....	35
6.1 Determinación de la fuente y origen de la contaminación.....	35
Descripción de los sitios de estudio.....	36
Material y métodos.....	39
Resultados	40
Discusión	47
Conclusiones	51
Referencias.....	52
Anexo.....	58

INTRODUCCIÓN.

La Ciudad de México se encuentra entre las mayores metrópolis latinoamericanas, en su atmósfera se registran, altos niveles de dióxido de sulfuro, monóxido de carbono y ozono troposférico, óxidos de plomo, nitrógeno y partículas en suspensión. De estas, las de origen biológico, se componen principalmente de restos orgánicos de plantas y animales, virus, bacterias, granos de polen y esporas o propágulos reproductivos, entre las cuales se encuentran los hongos. (Quadri y Sánchez, 1992).

Los hongos (reino fungi), son organismos eucarióticos, que por lo general se reproducen sexual y asexualmente por esporas y cuyas estructuras somáticas, por lo común filamentosas y ramificadas, están típicamente rodeadas por una pared celular que contiene celulosa o quitina o ambas. Son descomponedores primarios de la materia muerta de plantas y de animales (Alexopoulos, 1985). Entre las 100.000 especies conocidas de hongos, se encuentran el grupo de los hongos imperfectos con más de 15,000 especies los cuales son de interés preferencial ya que algunos afectan la salud humana. Los que presentan mayor incidencia son especies de los géneros *Cladosporium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Eurotium* y *Wallemia* (Bold *et al*, 1989).

Debido a su tamaño, las partículas se sedimentan a velocidad tan lenta, que pueden ser inhaladas, lo cual incrementa su potencial tóxico o patógeno (Quadri y Sánchez, 1992 y Maroni *et al*. 1995). En este estudio existe una fuerte evidencia científica que relaciona a la microflora anemófila con algunos efectos sobre la salud. Efectos adversos pueden resultar de exposición a esporas o metabolitos fúngicos y micotoxinas (Portnoy, *et al*, 2005).

La relación hongos anemófilos y los efectos en la salud, es un hecho probado. Los efectos son diversos en el humano y animales (Adhikari, *et al.*, 2004., Howard, 2003) y las enfermedades incluyen asma, alergias, síntomas de alergia

respiratoria y cutáneas (Dales *et al.*, 2004., Garret *et al.*, 1998., Strachan, 1998), además de neumonía y diversas formas de gastroenteritis y bronquitis (Quadri y Sánchez, 1992.).

La concentración de esporas puede diferir de lugar a lugar, de acuerdo con las variables ambientales locales, incluidas las actividades humanas (Adhikari, *et al.*, 2004). Si bien solo algunas de estas especies son patógenas para el hombre, su capacidad de sobrevivir en el ambiente y transportarse por el aire los hace llegar fácilmente a la piel, a los órganos del aparato respiratorio, digestivo, hacia los alimentos y a los depósitos de agua potable. Esto evidencia el riesgo en la población expuesta, especialmente en los individuos en edad preescolar, ancianos y personas con alteración inmunológica.

Antecedentes de trabajos, acerca de la comunidad de hongos en la atmósfera se han realizado algunos trabajos. En 1986, Rosas *et al.*, realizaron un aislamiento de hongos contenidos en el agua de lluvia en los meses de junio a septiembre en el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM encontrando con mayor frecuencia Deuteromicetes de los géneros *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium* y *Trichoderma*. En 2001 Raga *et al.* Reportaron un estudio de calidad del aire de la ciudad de México un periodo de 1960-2000 encontrando que los Deuteromicetes representan el 52% de esporas suspendidas en el aire y a los Basidiomicetes el 32%. En 2006 De Vizcaya-Ruiz *et al.* Realizaron una caracterización de los efectos biológicos *in vitro* de la concentración de partículas de la Ciudad de México encontrando a *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp. y *Penicillium* sp. como los más frecuentes. Cruz y Jiménez en 2006, realizaron una evaluación de la contaminación del aire por microorganismos oportunistas y su relación con el material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀) en la localidad de puente Aranda, encontrando como las especies más frecuentes a *Penicillium* spp. y *Aspergillus* spp. Vallejo *et al.*, 2002. Realizaron una compilación de efectos de la contaminación atmosférica en la salud y su importancia en la Ciudad de México, señalando que los índices de calidad de aire

no cumplen con las normas, causando así diferentes enfermedades en niños (menores de 5 años) y adultos de la tercera edad (mayores de 60 años)

De los antecedentes mencionados la mayoría los reportan en áreas urbanas y semiurbanas. Pocos estudios aerobiológicos comparan las esporas fúngicas de sitios ecológicamente contrastantes. Para la Ciudad de México, si bien existe información, dichos estudios son puntuales sin relación con la época seca o húmeda del año. Por otra parte, la distribución y determinantes del ambiente fúngico no son conocidos para la Ciudad de México.

Por tal motivo es relevante que en la contrastante Ciudad de México, con un índice de contaminación alto y donde además se combinan zonas de intenso tráfico vehicular, áreas verdes, sitios de producción agrícola y áreas de pobreza extrema, se considere necesario enfatizar en el tema, mediante los siguientes objetivos.

OBJETIVOS

General

- Evaluar la diversidad de micromicetes atmosféricos de cuatro áreas citadinas.

Particulares

- Establecer la riqueza taxonómica de micromicetes presentes en la atmosfera, durante la temporada seca y húmeda del año.
- Estimar la abundancia y distribución específica de la comunidad en áreas citadinas.
- Señalar el estudio de las causas de las enfermedades (etiología) específica de la riqueza de micromicetes.
- Elaboración de clave taxonómica y fotográfica de micromicetes atmosféricos.

ASPECTOS GENERALES DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La contaminación es un proceso natural, que puede describirse como “el acúmulo de elementos propios o ajenos al sistema y que al rebasar un cierto umbral o cantidad, ocasiona alteraciones tanto al sistema como a la comunidad de organismos” (López, 2006). Los cambios más evidentes suelen ser la pérdida o extinción de especies, alteración de las tramas tróficas y de los ciclos nutrimentales, entre otros. Este fenómeno puede ser lento o rápido. El azolve de un cuerpo de agua (ecológicamente considerado como envejecimiento del sistema) o una erupción volcánica, son ejemplos de lo anterior.

En la actualidad, la contaminación se ha agudizado debido a; la actividad humana en la industria química (producción y liberación de agroquímicos al medio), del sector salud (aplicación de insecticidas para prácticas sanitarias), la industria automotriz (alteración de la composición atmosférica por la liberación enorme de gases), la industria alimenticia (sustancias para acelerar el crecimiento de los organismos y preservantes de alimento enlatado), y los desechos ciudadanos. Esto es lo que podría considerarse como una *contaminación antrópica* (López, 2006).

La contaminación puede ocurrir tanto en el medio acuático, terrestre como en el atmosférico, y su impacto depende de su composición y del medio. En esta síntesis, se describirá, de forma global, la de la atmósfera (Calderón *et al*, 1997).

I.- Ambiente atmosférico

1.1. Componentes de la Atmósfera.

Los siguientes gases, son los constituyentes mayoritarios de la atmósfera, y están jerarquizados en orden decreciente según su proporción. Son el Nitrógeno (N₂), Oxígeno (O₂), Argón (Ar), Bióxido de Carbono (CO₂), Neón

(Ne), Helio (He), Metano (CH₄), Kriptón (Kr), Hidrogeno (H₂), Oxido nitroso (N₂O). Más del 99 % de la atmósfera la constituye una mezcla de nitrógeno y del oxígeno. El resto, debido a su poca representatividad en la atmosfera, son considerados como gases raros.

1.2. Contaminación atmosférica.

En el aire, la contaminación está dada por las emisiones de tipo natural o antropogénico de gases, vapores, partículas líquidas o sólidas y por presencia de microorganismos patógenos u oportunistas en el aire que afectan de manera adversa la salud de los humanos, animales, plantas, vida microbiana y estructuras o materiales. En el humano, pueden contribuir en la incidencia de enfermedades respiratorias y gastrointestinales en seres humanos especialmente en niños, ancianos y personas con alteraciones en su sistema (Cruz y Jimenez 2006). Cuando los contaminantes del aire se encuentran en “concentraciones bajas y hay un periodo de exposición largo pueden llegar a producir afecciones crónicas o efectos agudos cuando se expone a altas concentraciones y hay un periodo de exposición corto”. Estos son los más comunes y de mayor presencia en los centros urbanos que es donde la población se concentra con mayor frecuencia, presentándose una mayor probabilidad de sufrir efectos nocivos en su salud

1. Material particulado.

2. Óxidos de azufre

3. Monóxido de carbono

4. Ozono

5. Óxidos de Nitrógeno

6. Plomo (De Neversj, 1998).

2.- Partículas Fracción respirable (Grupos principales).

Dentro del grupo del material particulado, en la atmósfera, existe una fracción de ellas, conocidas como fracción suspendida, respirable y rotulada, por su tamaño y densidad, como las PM_{10} y $PM_{2.5}$ (De Neversj, 1998).

2.1.- Fracción Respirable PM_{10}

Las partículas gruesas o PM_{10} ; tiene un diámetro aerodinámico menor a $10\mu m$, se forman cuando se desintegra una masa de mayor tamaño y quedan suspendidas en el aire millones de partículas (masas) de menor diámetro; éstas tienden a precipitarse a una velocidad mas lenta y permanecer en la atmósfera sólo durante algunos minutos u horas, dependiendo de su tamaño, la velocidad del viento, turbulencia y precipitación debido a esto, pueden ser inhaladas, lo cual incrementa el potencial tóxico y/o patógeno de sus componentes ; son emitidas por diferentes fuentes como el polvo que es arrastrado por el viento o levantado por los vehículos en carreteras sin pavimentar, también se encuentran las generadas en operaciones industriales, agrícolas y de construcción; así mismo los elementos biológicos como bacterias, protozoarios, virus, hongos, polen y esporas integrados dentro de esta categoría (Guías para la calidad del aire, 2004 y Quadri y Sánchez,1992).

2.2 Fracción Respirable $PM_{2.5}$

Las partículas finas o $PM_{2.5}$, tienen un diámetro aerodinámico inferior a 2.5 micrómetros. Proviene generalmente de la utilización de combustibles fósiles y polvos: Estas se forman en la atmósfera principalmente por la presencia de gases como los óxidos de azufre, NO_x y COV. Generalmente permanecen más tiempo en la atmósfera que las gruesas, por periodos que pueden ser de días o semanas

y tienden a dispersarse de manera más uniforme generando transformaciones atmosféricas locales, durante el estancamiento atmosférico o durante el transporte de largas distancias al convertirse en un aerosol medianamente estable; lo que conlleva a que en una región la concentración de la masa total de partículas más gruesas sea menos uniforme que la de partículas finas. En esta categoría se incluye a las partículas inhalables de mayor penetración en el sistema respiratorio y, por lo tanto, las más dañinas para la salud y la que por su tamaño interfieren con la dispersión de la luz contribuyendo a la disminución de la visibilidad. (Guías para la calidad del aire, 2004 y Quadri y Sánchez 1992).

3. Normatividad federal para la calidad del aire

3.1.- Valores normados para los contaminantes.

Para proteger la salud de la población susceptible a la contaminación atmosférica, existe una legislación que pretende regular la calidad atmosférica de un ambiente ciudadano (NOM-026-SSA1-1993). En ella, se incluyen tanto factores químicos gaseosos como orgánico biológicos. Está basada en la estimación del “Índice de la Calidad del Aire Metropolitano, por sus siglas conocido como IMECA, y que registra los valores de los compuestos gaseosos y particulados arriba señalados. La normatividad establece además, de la toxicidad de cada uno de los factores, el tipo de exposición (agudo y crónico), el tiempo y la frecuencia de la exposición, así como los valores máximos permitidos (tabla 1).

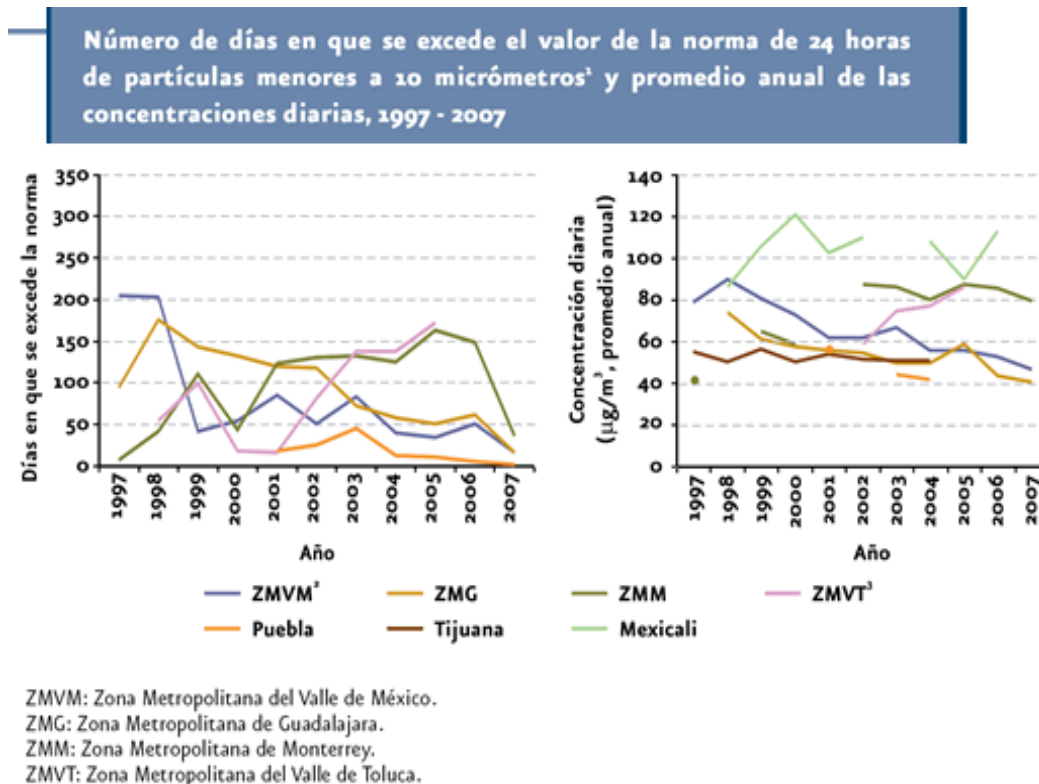
Tabla 1.0. Valores normados para los contaminantes.

Compuesto	Limite de aceptabilidad/ exposición crónica.	Tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	Toxicidad.	Observaciones
CO (Monóxido de carbono)	9 ppm	8 h.	1 vez al año	Envenenamiento de la sangre.	Es un contaminante típico producido por medios de transporte.
	35 ppm	1h.			
NO ₂ (Bióxido de nitrógeno)	0.1 ppm	30 min.	1 vez al año	Irritaciones en vías respiratorias	Se produce en combustiones a alta temperatura.
(SO ₂) Bióxido de azufre	0.03 ppm	24 h.	1 vez al año	Aumenta la resistencia del flujo pulmonar.	Producida en combustiones que contienen azufre.
	0.1 ppm	98% de la Media diaria			
PST (partículas suspendidas totales)	260 µg/m ³	24 h.	1 vez al año.	Directa causada por algunos componentes	Dimensiones entre 0.001 micras y 10000 micras.
PM ₁₀ (Partículas fracción respirable)	150 µg/m ³	24 h.	1 vez al año.		
O ₃ (Ozono)	0.1 ppm	1 h.	1 vez cada 3 años	Congestión pulmonar	Se forma a partir del O ₂ en presencia de NO ₂ y radiación solar.

Fuente: NOM-026-SSA1-1993.

En las décadas de los ochenta-noventa las partículas PM₁₀ se habían convertido en un problema de salud emergente en la Zona Metropolitana de Valle de México

(ZMVM). A partir de ahí, según la DGGIA-INE (1999) se registro una tendencia a incrementar el número de días en que se viola la norma (Quadri y Sánchez, 1992). En la ZMVM, la tendencia a rebasar constantemente la norma el NE, E y el Centro de la ciudad (gráfica 1.0). En 1998, por primera vez se rebasaron los 200 puntos IMECA de PM₁₀, esto incremento por las condiciones meteorológicas excepcionales en ese momento (altas temperaturas, baja humedad relativa) (Gutiérrez, 2000 y SEMARNAT, 2008).



Gráfica 1.0. PM₁₀ media anual 1997-2007 (SEMARNAT, 2008)

La normatividad sobre la fracción de partículas respirables (PM₁₀), señala valores límite de exposición aguda de 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24-h., con una frecuencia máxima aceptable de una vez al año. Mientras que para una exposición crónica es de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1- h. (Gutiérrez, 2000).

Los promedios anuales de las concentraciones (PM₁₀) diarias también disminuyeron: a partir de 1999 la ZMVM reporta concentraciones menores que las

detectadas en la ZMM e incluso en varios años que las de ZMVT y Mexicali. Se observa un incremento en la ZMVT y ZMM, en contraste con la disminución registrada en la ZMG a partir de 1999 (SEMARNAT, 2008).

4.- Elementos biológicos de las partículas (Los Micromicetes).

Dentro de los elementos biológicos en o asociados a las partículas atmosféricas, como describen Quadri y Sánchez (1992), se encuentran los hongos micromicetes. Estos, al igual que otras formas biológicas se encuentran presentes como propágulos de dispersión en forma fragmentos o esporas.

4.1 Características Morfo – Anatómicas.

Tanto los hongos macroscópicos como los microscópicos están constituidos por estructuras filamentosas que son las unidades funcionales denominadas hifas. Estas estructuras cilíndricas, generalmente ramificadas están cubiertas por una membrana que contiene el protoplasma por la pared celular. Las hifas sirven para sostener a las formas de reproducción. Al conjunto de hifas se le denomina micelio que puede ser homo o heterotálico, dicariótico y rara vez diploide. Salvo un grupo los Blastomicetes y los Deuteromicetes tienen hifas bien desarrolladas septadas y ramificadas. Es general que las células sean polinucleadas y los tabiques entre ellas similares a los Ascomicetes. (Alexopoulos, 1985 y Palacios, 2000).

A su vez las hifas se dividen en:

- Cenocíticas: con un solo protoplasma que se extiende a lo largo de todos los filamentos con numerosos núcleos.
- Hifas septadas: están interrumpidas a intervalos regulares o irregulares por septos transversales dividiendo las hifas en células que a su vez pueden ser uninucleadas o multinucleadas.

De acuerdo a su origen se dividen en:

- Hifas verdaderas: propias de los hongos filamentosos formada a partir de un conidio o espora

En cuanto al micelio, se pueden distinguir los siguientes tipos:

- Por su función
 - Vegetativo o de nutrición: se encarga de la absorción y transformación de los nutrientes, se encuentra en el le sustrato.
 - Reproductivo o aéreo: se encarga de soportar las estructuras y formas de reproducción se encuentra libre.
- Por su forma:
 - Filamentoso: propio de los hongos mohos, se extiende en el sustrato a todos sentidos dando un aspecto de masa algodonosa.
- Por su diámetro:
 - *Macrosifonado*: con diámetro mayor a 1 μ m.
- Por el pigmento:
 - *Hialino*: es aquel que carece de pigmento (familias *Tuberculariaceae* y *Monilaceae*).
 - *Pigmentado*: es aquel que posee pigmento melánico difundido al medio, es propio de los hongos Dematicaceos.

Las hifas pueden presentar ciertas modalidades de micelio que son de gran importancia en la tipificación de los hongos. Las más comunes son:

- Zarcillo: es cuando las hifas se tornan en forma de gancho (*Cephalosporium*).
- Espirales: es cuando las hifas toman un aspecto de resorte (*T. mentagrophytes*).
- Cuerpos nodulares: las hifas parten de un nudo o masa (Hongos negros).
- Candelabro fávico: toman el aspecto de un candelabro (algunos dermatofitos).
- Coremium: asociación de hifas formando un paquete parecido a un “haz de trigo” (*Cephalosporium*).

Exceptuando un grupo todos los Deuteromicetes se reproducen por medio de esporas especiales denominadas conidios; se trata de esporas asexuales, no flageladas, que se forma en el ápice o en los laterales de la célula esporógena. Existe una gran variedad en la morfología de los conidios, además los conidios pueden ser hialinos o coloreados (Alexopoulos, 1985).

- Conidióforo: hifa especializada o prolongación del talo que soporta a los conidios.
- Esterigma: pequeña ramificación o estructura hifal que puede estar unida al conióforo.
- Fiálide: estructura que nace del micelio en forma de “florero”, internamente produce los conidios expulsándolos al alcanzar la madurez.
- Esporangióforo: sostiene al esporangio (se presenta en los mucorales).
- Vesícula: prolongación del conidióforo en forma de burbuja, característica del género *Aspergillus*.
- Esporangio: estructura membranosa en forma de bolsa en cuyo interior se guardan las esporangiosporas.
- Columnela: es una estructura estéril formada por la prolongación del esporangióforo, se encuentra dentro del esporangio.

4.2 Reproducción y tipos de esporas:

Los Deuteromicetes son hongos que carecen de fase sexual (fase perfecta), suelen llamarse hongos imperfectos, por lo que tienen una reproducción parasexual, este término suele emplearse en contra posición del desarrollo sexual autentico de los hongos que conduce tarde o temprano a la cariogamia, la división reductora, y en los hongos superiores a la esporulación en el aparato reproductor principal. El proceso de parasexualidad involucra lo siguiente (Alexopoulos, 1985 y Frutis y Huidobro, 2009).

- Formación del micelio heterocarion
- Diploidización de los núcleos.

- Restauración de los núcleos diploides hacia su estado haploide. (haplodización).

En cuanto a la reproducción asexual o imperfecta, no hay unión de micelios sexuales, gametos u órganos especiales. Los conidios asexuales se clasifican en base a su morfología y son denominados de acuerdo al tipo de célula conidiogénica de donde proceden (Bonifaz, 1982).

1. Taloconidio: se forma a partir de la hifa:
 - a. Arthroconidios: se forman por fragmentación de la hifa (*Geotrichum*).
 - b. Clamidioconidios: se forman por el engrosamiento del micelio, son específicas de *C. albicans*.
 - c. Dictioconidios: son conidios que se dividen de forma transversal y longitudinalmente (característicos de algunos pertenecientes a la familia *Dematiacea*).
 - d. Aleuroconidios: son conidios formados directamente de hifas (dermatofitos).
2. Conidios: tiene su origen sobre estructuras especializadas conidióforos, esterigmas y vesículas.
 - a. Microconidios: son unicelulares (*Aspergillus*).
 - b. Macroconidios: son multicelulares o pluricelulares (*Helmithosporium*, *Fusarium*).

4.3.- Clasificación

La gran cantidad de especies pertenecientes a los micromicetos y la inexistencia o desconocimiento de las fases sexuales o perfectas de la mayoría de ellos ha hecho que se crearan unas categorías, formas o grupos dentro del mismo para reconocerlos, como clase-forma o "genero- forma". En cada categoría se agrupan hongos con similitudes en sus características asexuales; pero esto no implica que las especies que estén en el mismo grupo estén en realidad emparentadas, ya que al desconocer la fase sexual no se pueden establecer relaciones entre ellas.

Hoy en día los deuteromycetos se dividen en los siguientes tres grupos:

- *Blastomycetes*: tienen el soma formado por células con aspecto de levadura, con o sin pseudomicelio; si tienen micelio verdadero nunca este bien desarrollado.
- *Coelomycetes*: hongos con micelio septado bien desarrollado y que se reproducen mediante conidios que se forman en picnidios o acérvulos.
- *Hypomycetes*: hongos con micelio septado bien desarrollado y en los cuales los conidios nunca se forman en picnidios o acérvulos.

4.4.- Características biológicas y ecológicas

La mayoría de los Deuteromicetes, son terrestres, aunque algunos son acuáticos en agua dulce y salada su variedad y concentración dependen topográficamente y de las condiciones climáticas locales. Nutricionalmente la mayoría son saprofitos o parásitos de plantas, algunos son parásitos de animales y humanos. Muchas especies de estos grupos producen una variedad de micotoxinas en alimentos. En contraste con estos, muchos juegan un papel positivo en la agricultura y la medicina. Ellos descomponen materia orgánica y son recicladores de nutrientes en la naturaleza (Bonifaz, 1982).

Benéficos: *Penicillium chrysogenum*, *Aspergillus niger*, *Chepalosporium* entre otros.

Perjudiciales: *Microsporium*, *Trichophyton*, *Epidermophyton*, *Candida albicans*, *Histoplasma capsulatum*, *Aspergillus flavus*, *Verticillium* entre otros

4.5.- Factores de dispersión (parámetros ambientales) y regulación natural.

El aire proporciona un medio de transferencia para muchos microorganismos (virus, bacterias, hongos y toda clase de alérgenos), que constituyen una parte del material particulado de la atmósfera. Algunos microorganismos se encuentran en forma de células vegetativas, pero lo más frecuente son las formas esporuladas, las esporas son metabólicamente menos activas y sobreviven mejor en la

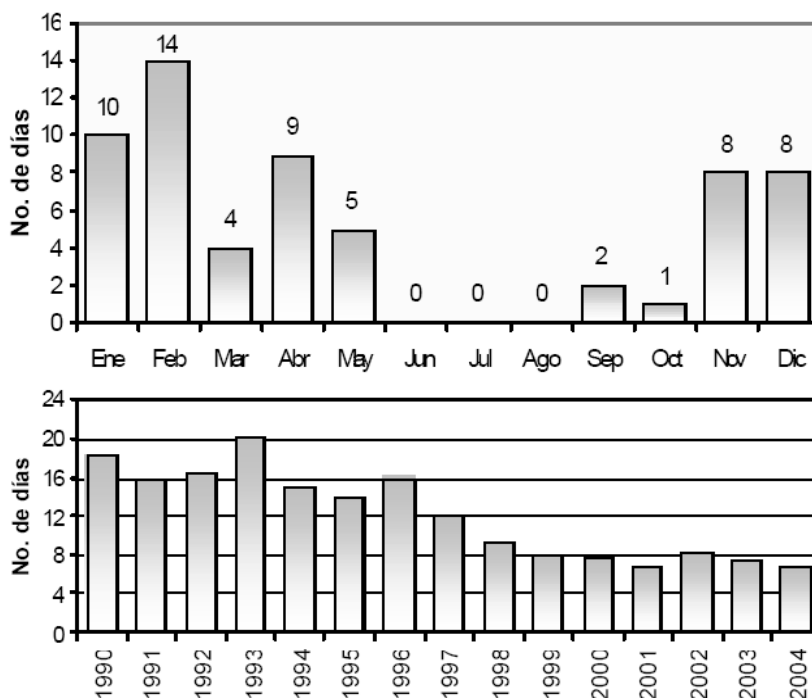
atmósfera tienen pared celular más gruesa y soportan la desecación. Las producen hongos, algas, líquenes, algunos protozoos y algunas bacterias. (Underwood, 1992). La atmósfera no tiene en sí una microbiota autóctona. Por lo general, los microorganismos, en el aire, ni son abundantes ni tampoco se hallan metabólicamente activos debido a la poca humedad y cantidad de nutrientes en la atmósfera; pero es un medio ideal para la dispersión de muchos de ellos, procedentes de otros ambientes. El transporte se realiza sobre partículas de polvo, fragmentos de hojas secas, piel, fibras de la ropa, en gotas de agua o en gotas de saliva eliminadas al toser, estornudar o hablar (Glynn, 1999). En la atmósfera, el componente microbiano de las esporas, está dominado por los hongos, con excepciones donde las bacterias serían el grupo principal (López, 2006).

Variables meteorológicas como temperatura, radiación solar, humedad, velocidad y dirección del viento y precipitación relacionadas con la topografía y características propias de las ciudades, contribuyen con los procesos de transporte, dispersión, mezcla y con las transformaciones físicas y/o químicas de los contaminantes además influyen en la activación o inactivación de bioaerosoles presentes en la atmósfera que pueden llegar a afectar la salud humana (López, 2006).

Temperatura

La temperatura está relacionada con la energía calorífica de los rayos solares y es importante porque determina la formación de las nubes, afecta los valores de humedad atmosférica o cantidad de vapor de agua que se encuentra en el aire, e influye en la presión atmosférica, esta se relaciona específicamente con la inversión térmica; fenómeno natural que se presenta durante todo el año, pero sobre todo durante el invierno y se produce cuando una capa de aire caliente queda entre dos capas de aire frío, impidiendo la libre circulación atmosférica y permitiendo que ésta se estacione a nivel del suelo. Aunque por sí sola no representa un riesgo para la salud, sí lo es cuando en su interior posee una concentración elevada de contaminantes y bioaerosoles, generados por las

diferentes fuentes de emisión, deteriorando la calidad del aire y poniendo en riesgo la salud humana. Las inversiones térmicas en el Valle de México se presentan con mayor frecuencia en los meses de noviembre a abril, (gráfica 4.0), aunque en términos absolutos, su número total es menor año con año (Mohr, 1997 y Gestión Ambiental del Aire en el Distrito Federal 2000-2006).



Gráfica 2.0 Frecuencia promedio mensual por año de inversiones térmicas en superficie, Periodo 1990-2004 y su comportamiento mensual para 2004. (GAADF.2000-2006).

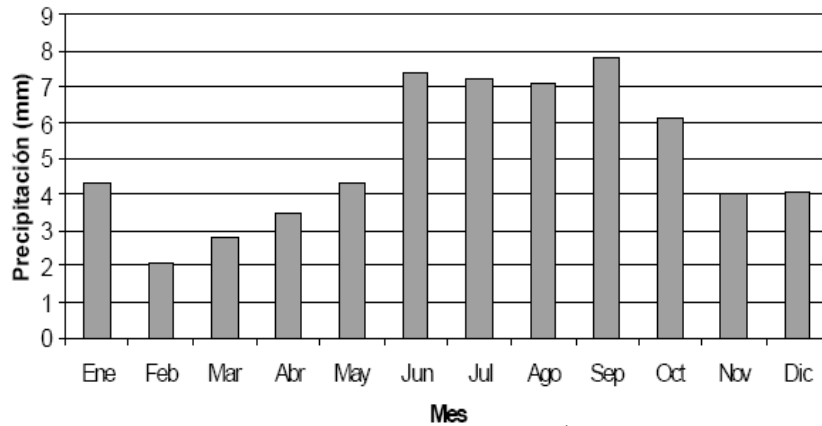
La importancia de la temperatura en la dinámica atmosférica, radica en la influencia que esta genera en la movilización y limpieza de grandes cantidades de polvo, humo, partículas y bioaerosoles suspendidos en el aire, transportándolos a través de cerros, valles y cañadas; en este proceso de limpieza del aire, también participa la lluvia que precipita al suelo las partículas suspendidas existentes. Cuando el ciclo de movimiento del aire no ocurre se tiene el riesgo de exponer a la población a respirar un aire más contaminado de lo normal debido a que el aire se encuentra estancado y la dispersión de contaminantes es prácticamente nula, (OPS, 1985).

Humedad relativa.

El vapor de agua es uno de los componentes más importantes de la atmósfera, debido a que da lugar a diferentes fenómenos atmosféricos y a la determinación de los tipos de clima. Hace referencia al número de gramos de vapor de agua contenidos en un metro cúbico de aire; mientras que la (HR) es la relación, expresada en porcentaje, entre la cantidad de vapor de agua realmente existente en la atmósfera y la que existiría si el aire estuviera saturado a la misma temperatura (Ayllon, 1996).

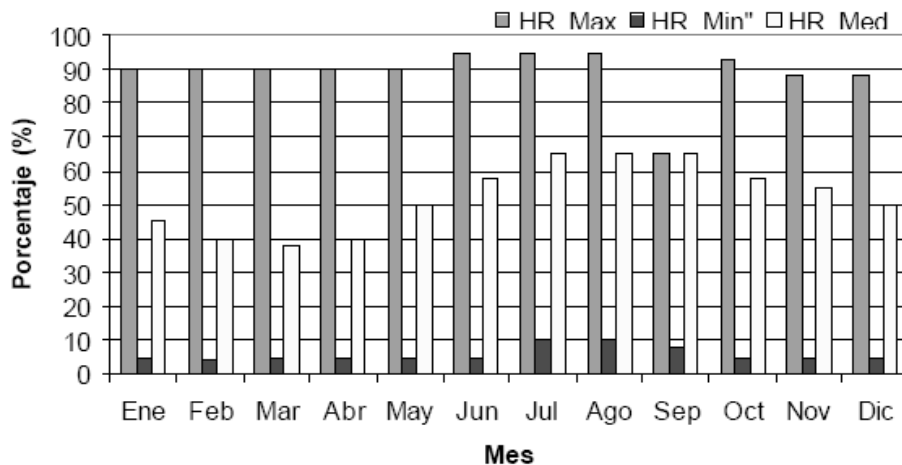
Un factor determinante en el crecimiento de los microorganismos. Cuando esta, se encuentra entre el 40 y 60%, la atmósfera no contiene el vapor de agua necesario para su óptimo crecimiento, pero por otra parte, al presentarse una baja humedad relativa se pueden presentar efectos adversos en la salud de los seres humanos, generando sequedad en las fosas nasales y garganta, lo que permite tener una mayor susceptibilidad a los patógenos que se puedan encontrar suspendidos en el aire (Ayllon, 1996).

En la ZMVM los meses de mayo a octubre, se asocia a la entrada de aire tropical con alto contenido de humedad procedente del Océano Pacífico, Mar Caribe y Golfo de México. La precipitación pluvial mitiga la resuspensión de partículas de suelos erosionados. Los sistemas meteorológicos principales que impactan a la región central del país en la temporada de verano son las Ondas Tropicales, conocidas anteriormente como Ondas del Este. En segundo lugar se ubican los Ciclones Tropicales, de los cuales destacan las Tormentas Tropicales y los Huracanes. Gráfica 3.0 se muestran los promedios mensuales de la precipitación que se registró en la Zona Metropolitana del Valle de México en el periodo 1990-2004 (Gestión Ambiental del Aire en el Distrito Federal 2000-2006).



Gráfica 3.0 Precipitación promedio mensual. Periodo 1990-2004. (GAADF.2000-2006).

La etapa de mayor humedad se enmarca dentro de la temporada de lluvias; los promedios mensuales muestran una diferencia aproximada de 41% entre el mes más húmedo (septiembre) y el mes más seco (marzo), lo cual pone de manifiesto la naturaleza de las masas de aire que afectan a la región centro del país y al Valle de México, de tipo marítimo tropical con alto contenido de humedad en la época de verano y de tipo continental en la época de invierno y primavera. La grafica 4.0 muestra el comportamiento mensual de la humedad relativa entre 1990 y 2004 (Gestión Ambiental del Aire en el Distrito Federal 2000-2006).



Gráfica 4.0 Humedad relativa máxima, mínima y media. Periodo 1990-2004. (GAADF.2000-2006).

Velocidad y dirección del viento

El viento es una masa de aire que puede presentar movimientos verticales de ascenso o descenso (convección) o en sentido horizontal (advección). Estos movimientos se dan gracias al calentamiento solar, que generan gradientes de presión horizontal creando movimientos en las masas de aire. Cuando no hay presencia de nubes en el aire se presentan zonas de divergencia en superficie, lo que genera la evacuación horizontal de las masas de aire que se producen en las regiones de alta presión, pero cuando el aire presenta alta nubosidad se presentan zonas de convergencias a bajos niveles, donde las masas de aire tienden a ascender. Los movimientos verticales son de gran importancia debido a la formación de fenómenos como la turbulencia que favorecen la dispersión de los contaminantes y los bioaerosoles en la atmósfera baja (Font Tullot, 1991).

La entrada principal del viento troposférico al Valle de México se ubica en la zona norte donde el terreno es llano a excepción de la pequeña Sierra de Guadalupe. Las masas de viento de los sistemas meteorológicos interactúan con la orografía del Valle para producir flujos, confluencias, convergencias y remolinos que provocan el arrastre, la remoción o la acumulación de los contaminantes del aire (Gestión Ambiental del Aire en el Distrito Federal 2000-2006).

En la fig. 1.0 se presentan las Rosas de Viento de cinco estaciones del Sistema de Monitoreo Atmosférico para el año 2004 (Tlalnepantla, Xalostoc, Merced, Cerro de la Estrella y Pedregal). En ellas se puede observar que la dirección preponderante del viento tiene una componente principal del Norte y que sólo en la estación Cerro de la Estrella los vientos dominantes presentan una fuerte componente del sur, debido a la cercanía de las cadenas montañosas (Gestión Ambiental del Aire en el Distrito Federal 2000-2006).

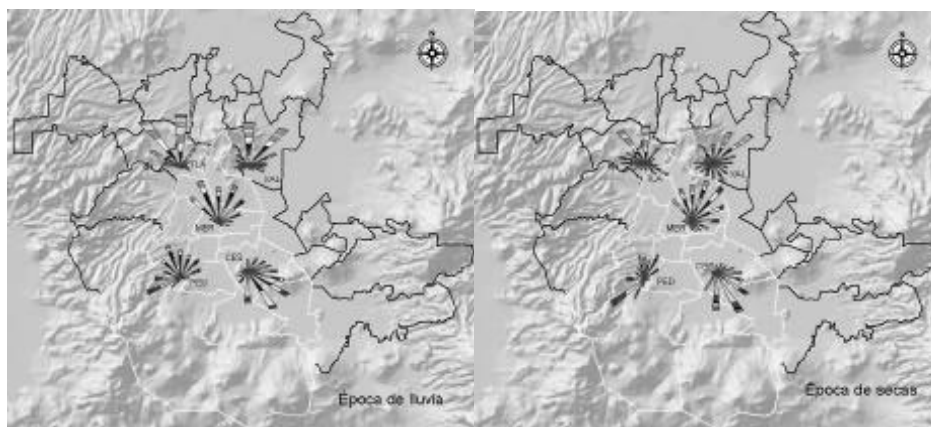


Figura 1.0 Rosas de viento promedio anual temporada 2004.

Uno de los resultados de la campaña MCMA 2003, desarrollada por el Dr. Mario Molina, identificó 3 patrones de circulación del viento (fig. 2.0):

- a) O3-South: Ocurrencia de altos niveles de ozono en el sur de la ZMVM. Fenómeno de transporte dominante hacia el sur.
- b) O3-North: Ocurrencia de altos niveles de ozono en el norte de la ZMVM. El flujo de salida dominante se dirige al Noreste de la cuenca y se presentan vientos que provienen del sur.
- c) Cold Surge: Días asociados con fenómenos como “El Norte”, caracterizados por frentes fríos provenientes del Golfo de México y lluvia por las tardes. Se forma un canal de flujo en el pasaje de Chalco con vientos dominantes del norte.

La ventilación de la ZMVM es muy rápida especialmente para 2 de los 3 episodios estudiados: O3- North y Cold Surge. Se encontró que el tiempo de residencia para el 50% de las partículas es menor a 7 horas y que el tiempo de transporte a escala regional para el 50% de las partículas es de 2 a 2.5 días. Sin embargo, para el episodio O3-South, se observaron grandes cantidades de recirculación y tiempos de residencia más largos por la mezcla vigorosa del viento para llevar hacia el sur los contaminantes (De Foy *et al*, 2006).

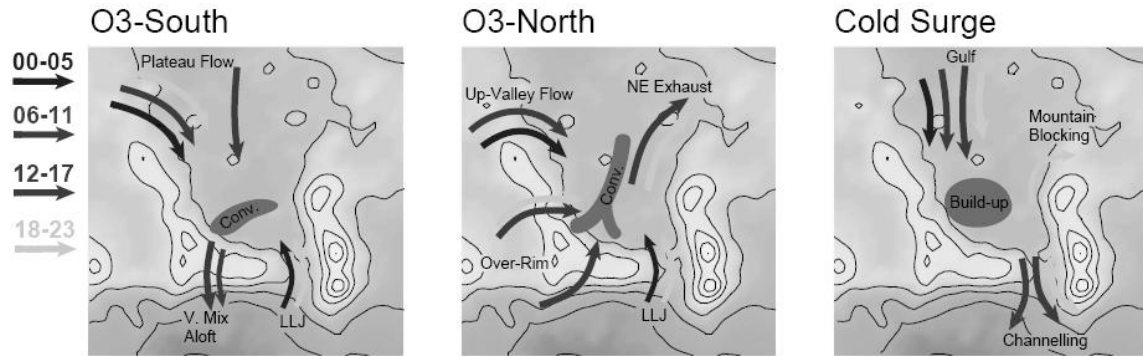


Figura 2.0. Patrones de flujo de viento ZMVM. (De Foy *et al* ,2006)

El lavado del aire por la lluvia termina rápidamente con el proceso de dispersión, siendo diez veces más eficiente que la sedimentación y la impactación. Su eficacia está en función del radio de las gotas de lluvia y de las velocidades terminales de la gota y de la partícula. El tamaño óptimo de las gotas de lluvia es el mismo para todos los tamaños de partículas, y se ha calculado menor de 2 mm (Starr y Mason, 1966) pero la eficacia de la deposición decrece con el tamaño de la partícula. La lluvia disminuye exponencialmente la concentración de partículas del aire con respecto al tiempo, tardando más las de mayor tamaño. Gregory y Monteith (1967) demostraron que el 72 % de las partículas de 4 (m permanecían en el aire después de 120 min.

En general, en el proceso de la dispersión de los micromicetos y otros microorganismos, muchos de ellos mueren rápidamente debido a la deshidratación excesiva y la radiación ultravioleta. No obstante, algunos han creado adaptaciones especializadas que favorecen su supervivencia y permanencia, como bajar su tasa metabólica y utilizar mecanismos como la formación de esporas y/o quistes que les permite resistir condiciones adversas durante largos periodos de tiempo, de donde luego se recuperan en un medio u organismo con las condiciones óptimas para crecer o infectar (Glynn, 1999).

El número de microorganismos de la atmósfera cambia según la altura (10-104 por m³), obteniéndose el más alto junto al suelo, sobre todo en los dos metros

inferiores, que constituyen el microclima del hombre, disminuyen hasta los 200 m. y luego se hacen más escasos hasta los 5.000 metros, su presencia es rara hasta el límite de la troposfera y no se encuentran en la estratosfera. Asimismo, el tiempo de permanencia en la atmósfera, depende de la forma, tamaño y peso del microorganismo y de la existencia y potencia de las corrientes aéreas que los sostengan y los eleven. Son factores adversos los obstáculos, que al oponerse a los vientos, disminuyen su velocidad y su potencia de arrastre, y las precipitaciones, que arrastran al suelo las partículas suspendidas. Su escasa densidad les permite permanecer suspendidas en el aire sin sedimentar. Algunas son muy ligeras e incluso contienen vacuolas de gas y otras tienen formas aerodinámicas que les permite viajar por la atmósfera (Gregory, 1973). Además, las esporas se producen en número muy elevado y aunque muchas mueran en la atmósfera, el éxito de unas pocas asegura la supervivencia y dispersión. Caracteres que incrementan estas posibilidades son que algunas especies poseen esporas con paredes gruesas que las protegen de la desecación y otras son pigmentadas, lo que las ayuda contra las radiaciones ultravioleta. Se llama *Curva de Supervivencia* a la curva porcentual de microorganismos vivos respecto del total de los persistentes en el aire. Se mantiene al principio, descendiendo posteriormente cuando los diversos factores adversos han actuado el tiempo necesario para matar los microorganismos. Es muy difícil que llegue a ser cero, porque siempre hay algunos microorganismos que son capaces de sobrevivir.

La sedimentación de los microorganismos por gravedad sólo es importante en el aire en calma. Generalmente, hay demasiadas turbulencias para que esto suceda, excepto en zonas de vegetación densa, donde la velocidad del viento disminuye, o en condiciones estables durante la noche, cuando la capa laminar limitante alcanza varios metros de altura. El impacto que sufren las partículas del aire cuando encuentran un obstáculo, es mayor cuando partículas grandes inciden a altas velocidades hacia objetos pequeños. Así, las esporas de hongos patógenos de plantas, como *Puccinia* o *Helminthosporium* son grandes e impactan eficazmente contra las hojas, mientras que los de hongos del suelo como

Penicillium, son pequeños y se depositan por otros sistemas. Incluso aunque el impacto de las esporas sea eficiente, no siempre quedan retenidos y pueden volver al aire. Las superficies húmedas o viscosas retienen mejor las partículas y una vez depositadas, no son resuspendidas fácilmente (Satr y Manson 1966 Campbell, 1987, Sattar y Ijaz, 1997).

El número de microorganismos del aire en las zonas pobladas depende de la actividad en esa zona, tanto industrial o agrícola, como de los seres vivos y la cantidad de polvo. El número de microorganismos es mayor en las zonas pobladas y después en el mar, cerca de las costas. En las zonas desérticas no hay más que lo que aportan los vientos de las zonas habitables próximas y en los casquetes polares no hay nada. En las zonas con clima seco, el aire contiene numerosos microorganismos y el número desciende después de la lluvia debido a que ésta los arrastra por lavado del aire (Sattar y Ijaz, 1997).

Campo de viento En la fig. 3.0 se muestran los campos de viento promedio para las épocas seca y de lluvia; se observa que durante la temporada húmeda (verano), el flujo tiene una intensa componente del norte en todo el valle. Por otro lado, la temporada seca presenta una característica importante: un vórtice (remolino) se forma muy cerca del centro del Distrito Federal, lo cual se debe al efecto conocido como "Isla de Calor", situación meteorológica generada por el aumento de la temperatura del suelo de tipo urbano, con materiales de construcción de cemento y asfalto, en contraste con las áreas forestales que la circundan.

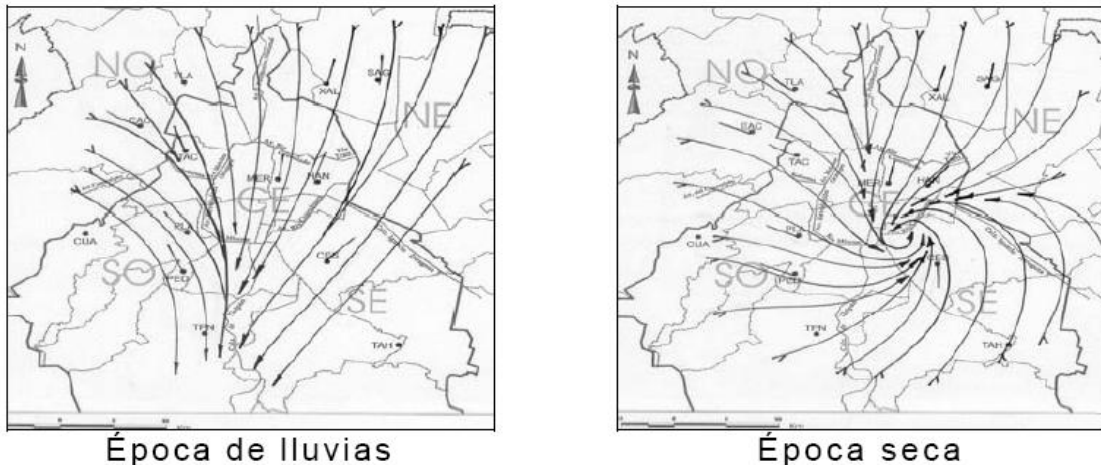


Figura 3.0. Campos de viento promedio por época

4.6.- Metodología para el estudio de los micromicetes anemófilos.

4.5.1. Técnicas de muestreo

Existen diferentes técnicas para la captación de PSA (partículas suspendidas en el aire o para PST (partículas suspendidas totales), la variación con tiempo y el nivel de concentración de las poblaciones de ambientes aéreos. Los parámetros variaran dependiendo del día, estación o tiempo de muestro. Los resultados obtenidos dependerán del tipo de metodología a seguir:

4.5.1 a. Pasivo

También llamado estático o cualitativo, la manera mas simple de obtener hongos del aire es preparando cajas de Agar y exponerlas a un intervalo de 10min. (fig. 4.0) o arriba de 10 min. Incubarlas a 21°C. o a temperatura ambiente con resultados de esporulación en 1 semana o menos. Si bien no es un muestreo cuantitativo, este método de muestreo dará muy buenos resultados comparativos. Las exposiciones se pueden hacen dentro o fuera de una habitación. Este sistema no requiere energía, haciéndolo una herramienta excelente para hacer muestreos en las regiones que son alejadas o locales, grandes o pequeñas. Sedimentación

es el método más primitivo para el muestreo de microorganismos en el aire. Una placa de Petri (generalmente de 90 mm) que contiene un agar adecuado es expuesta a la atmósfera. El medio de agar se recoge las partículas cargadas de hongos que eventualmente se depositan por gravedad. Se trata de un método pasivo, no volumétrico por sobre-representación de las partículas más grandes debido a su rápida tasa de sedimentación. Este método es ineficiente para recolectar partículas pequeñas porque la turbulencia del aire alrededor de una placa puede afectar los resultados y las partículas pequeñas no son detectadas. Las placas también son imposibles de validar, porque no hay manera de medir el volumen de aire muestreado, sin embargo se pueden utilizar como complemento de otros métodos de muestreo. Son una herramienta de bajo costo de preselección. (Stevens, 1981).

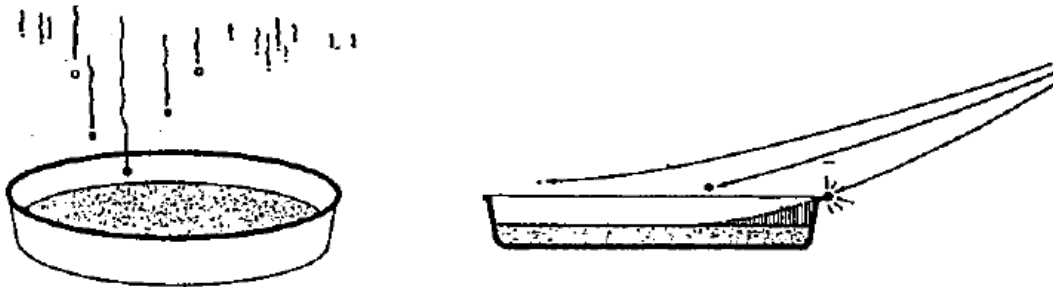


Figura 4.0 Captación por el método de muestreo pasivo.

4.5.1 b. Activo

Durante el muestreo activo se requiere una serie de aparatos especiales, una determinada cantidad de aire es pasada a través filtros jalados por unas bombas que permiten aspirarlo y lo conducen hasta cajas de Petri conteniendo medio micológico. La recolección se lleva cabo a velocidades o tasa de flujo/L./min.⁻¹. La altura a la que se coloca el muestreador suele ser a 1.5 m sobre el nivel del suelo para representar la zona de aspiración- respiración del humano, de acuerdo con protocolos estándar (Gilbert y Ward, 1999).El volumen de aire que ha sido muestreado dependerá de las características de muestreo (lo que se desea muestrear), siguiendo el mismo principio del pasivo utilizando cajas de Petri

estériles con el medio adecuado (fig. 5.0) o como se indica en los instructivos del muestreador volumétrico de aire.

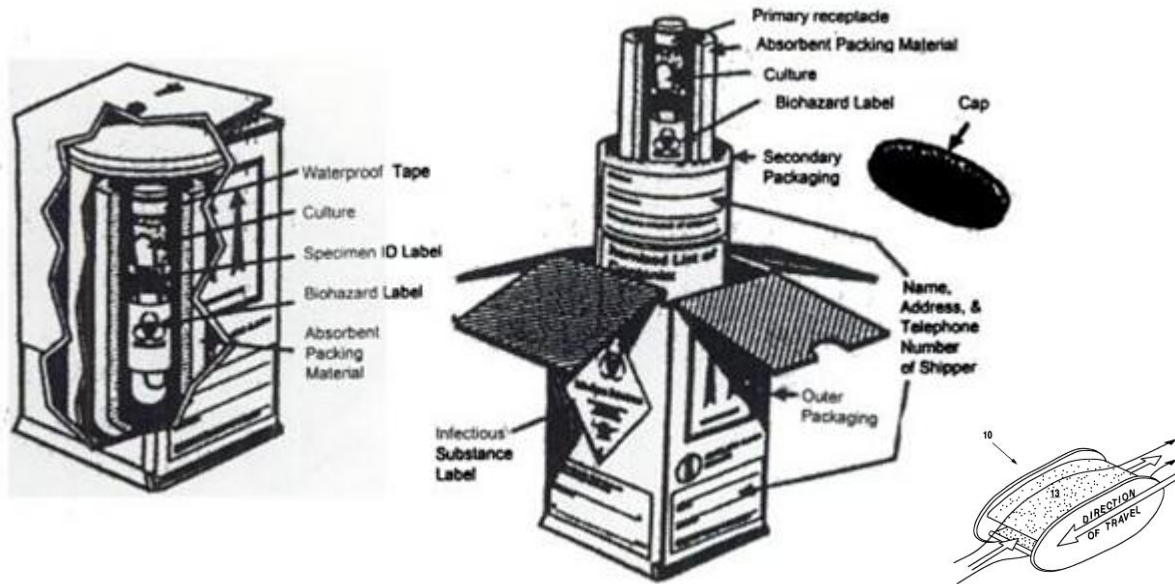


Figura 5.0. Captación por muestreo activo

5.- Relación entre esporas fúngicas y factores ambientales.

En trabajos de investigación sobre ésta relación, la importancia individual de cada factor es muy difícil de establecer debido a la naturaleza dinámica de los factores meteorológicos de la atmósfera (O’Gorman y Fuller, 2008). No obstante, las variables más frecuentemente consideradas son el momento del día, la ubicación geográfica, la contaminación del aire, condiciones meteorológicas prevalentes, actividad humana, y fuentes locales de vegetación.

Las fluctuaciones diurnas parecen estar relacionados con los medios de liberación de las esporas, según González (1998), y existen varios patrones; patrones nocturnos, diurnos y al amanecer. Las basidioesporas se suelen encontrar en la noche. Las de *Phytophthora* se liberan al disminuir la humedad relativa al amanecer durante la mañana. *Cladosporium* y *Alternaria* dependen del aire turbulento y son muy comunes al medio día (son esporas de buen clima que no dependen de la lluvia para ser liberadas). Las “esporas de aire húmedo” incluyen las de muchos

ascomicetos, particularmente los que poseen peritecios los cuales requieren estar completamente mojados para liberar las esporas, aunque un abundante rocío puede ser suficiente (Satr y Manson 1966 Campbell, 1987, Sattar y Ijaz, 1997), por lo cual podrían ser comunes en las primeras horas del día.

5.1.- Potencial patogénico y alergénico (grupos funcionales)

Los microorganismos dispersados por el aire tienen una gran importancia biológica y económica. Producen enfermedades en plantas, animales y humanos. Causan alteración de alimentos y materiales orgánicos y contribuyen al deterioro y corrosión de monumentos y metales (Rosas *et al.*, 1996. y Cruz y Jiménez, 2006).

5.1.2.- Micomicetes y salud de la población

Gran número de infecciones humanas y animales se transmiten por el aire y causan enfermedad, principalmente, en el aparato respiratorio. Al respecto, exposiciones a esporas fúngicas y granos de polen (aeroalergénicos) se han correlacionado y probado con enfermedades alérgicas y agudización de síntomas de alergia respiratoria y asma (Dales *et al.*, 2004., Garret *et al.*, 1998., Strachan, 1988). La evidencia científica prueba, que el efecto adverso puede resultar de exposición a esporas fúngicas con micotoxinas (Portnoy, *et al.*, 2005). Hay que recordar, que el diámetro de la mayoría de las esporas de hongos cae dentro del intervalo de 2-10 μm , lo cual les permite un fácil acceso al tracto respiratorio humano de donde es posible la infección por patógenos, en conjunto con una ulterior diseminación (O'Gorman y Fuller, 2008). Las enfermedades respiratorias tienen una gran importancia socio económica ya que se transmiten fácilmente a través de las actividades normales del hombre, son las más frecuentes en la comunidad y el motivo más importante de absentismo laboral y escolar. No hay que olvidar que una persona, a lo largo de su vida, respira varios millones de m^3 de aire, gran parte del cual contiene microorganismos.

Se calcula que se inhalan al día una media de diez mil microorganismos, pero el hombre posee eficaces mecanismos de defensa para evitar que invadan el aparato respiratorio. Siendo más frecuentes durante el otoño y el invierno, cuando las personas se reúnen en recintos cerrados, el tamaño de las partículas tiene una gran importancia, las más pequeñas penetran mejor y las más grandes tienen mayor supervivencia. En algunos casos se forman bioaerosoles procedentes de animales y sus productos que se resuspenden en el aire y pueden ser inhaladas, como heces desecadas y plumas de aves. Casos especiales son: *Coccidioides immitis* y *Aspergillus fumigatus* cuyas esporas, procedentes del suelo y estiércol, son diseminadas sobre el polvo y transportadas por el viento (Benenson, 1997).

La inhalación de forma continua de partículas de contaminantes químicos, derivados de la combustión de hidrocarburos, en el aire de las grandes ciudades, incrementa la susceptibilidad y agudiza la gravedad de las infecciones respiratorias (Mims, 2001).

Tabla 2.0, Hongos y las enfermedades fúngicas que son de interés clínico.

ENFERMEDADES FUNGICAS TRANSMITIDAS POR EL AIRE	
<i>Enfermedades</i>	<i>Hongos</i>
Neumonias	— <i>Pneumocystis carinii</i>
Micosis sistémicas	— <i>Cryptococcus neoformans</i> — <i>Blastomyces dermatitidis</i> — <i>Histoplasma capsulatum</i> — <i>Coccidioides immitis</i> — <i>Aspergillus fumigatus</i>
Hipersensibilidad	— <i>Alternaria</i> — <i>Botrytis</i> — <i>Aspergillus</i> — <i>Puccinia</i> — <i>Penicillium</i> — <i>Serpula</i> — <i>Cladosporium</i> — <i>Mucor</i>
Micotoxicosis	— <i>Aspergillus</i> — <i>Fusarium</i> — <i>Stachybotrys</i>

5.1.3.- Especies patógenas y potencialmente patógenas.

Dentro de los micromicetos, algunas especies son parásitas y hacen parte de la flora normal de los seres humanos. Entre ellos, uno de los más importantes es *Candida albicans*, la cual puede comportarse como oportunista y resultar patógena cuando las personas presentan inmunodeficiencias en su sistema. “Otras especies de hongos pueden producir durante su desarrollo sustancias tóxicas o micotoxinas como, por ejemplo, las aflatoxinas producidas por *Aspergillus flavus*, que es un hongo filamentoso” (Yang y Johanning, 1997) causante de enfermedades como Ontomicosis y Aspergilosis broncopulmonar. Estas micotoxinas son metabolitos secundarios, que son sintetizados y secretados hacia el medio ambiente por los hongos, “donde pueden ser ingeridos de manera inadvertida y causar efectos tóxicos directos en el ser humano y en animales (Wolfgangk y Joklik, 1996).

Hongos levaduriformes como *Cryptococcus*, *Coccidioides*, *Blastomyces*, e *Histoplasma*, son responsables de enfermedades pulmonares, desde donde pueden invadir otros tejidos y producir una enfermedad sistémica. Por otra parte las esporas de varios mohos causan reacciones de hipersensibilidad que puede ser: inmediata o alergia que afecta al aparato respiratorio superior causando rinitis y asma, producida por partículas de 30 μm como las esporas de *Puccinia*, *Alternaria* y *Cladosporium* y retardada, que afecta al aparato respiratorio inferior produciendo alveolitis y neumonitis, debida a partículas menores de 5 μm , principalmente esporas de *Aspergillus* y *Penicillium*. Estudios epidemiológicos han demostrado que la inhalación de las esporas de algunos hongos es la causa de los problemas respiratorios asociados al «síndrome del edificio enfermo» y otras enfermedades ocupacionales bien conocidas de agricultores, vinateros, cerveceros y carpinteros. Algunos hongos producen micotoxinas que afectan al hombre y a los animales cuando se ingieren, pero también se han producido casos de micotoxicosis por inhalación de esporas de hongos toxigénicos como *Aspergillus*, *Fusarium* y *Stachybotrys*, en ambientes cerrados (Yang y Johanning, 1997).

Los hongos más comunes son el deuteromiceto, *Cladosporium*, y la levadura (basidiomiceto) *Sporobalomyces*. (Campbell, 1989). *Cladosporium* es el hongo que predomina en el aire, tanto sobre la tierra como sobre el mar, aunque también es frecuente encontrar otros mohos, como *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* y *Mucor* (Takahashi, 1997). Los hongos y actinomicetos son dominantes en el aire de establos por la paja infestada de hongos, de granjas de crianza intensiva de animales, y lugares de producción de champiñones. En estos lugares, la exposición continua puede conducir a respuestas alérgicas como las del “pulmón del granjero” (Pope *et al.* 2002).

Por otra parte, hay que destacar que relacionar las esporas con una enfermedad o infección causada por los patógenos, requiere de mucha investigación dado que algunas esporas pueden no ser viables o son incapaces de permanecer viables mucho tiempo. Incluso si están presentes y son viables, su número puede no ser suficiente para causar el mal. En todos los procesos patológicos, la historia clínica resulta de vital importancia. En el caso de los hongos, esto se dificulta puesto a que la mayoría de ellos son ubicuos y no siguen una regla bien definida respecto a en que época del año son más abundantes (González, 1998), por lo menos en cuanto abundancia.

6.- Investigación sobre Micromicetes anemófilos y sus aplicaciones.

6.1.1.- Determinación de la fuente y origen de la contaminación

El origen de las esporas se podría determinar mediante deducción de la información climática en la ruta, ó bien al identificar su raza fisiológica. Se denomina *Curva de Persistencia* a la curva porcentual que se traza alejándose radialmente del punto de origen de la carga microbiana. Se observa que el número de microorganismos que persiste en el aire disminuye rápidamente al alejarse del

origen, siendo más acusada la disminución cuanto más bajo está el centro de diseminación. Este hecho es importante sanitariamente para enfermedades transmitidas por el aire, por el alcance de difusión de los microorganismos causantes de la infección. La distancia recorrida por las esporas depende en gran medida de la capa de aire atmosférico que permite dicho desplazamiento. Si las esporas sólo son elevadas por la turbulencia a una altura muy baja, únicamente serán transportadas a poca distancia. En cambio, cuando son transportadas por corrientes de convección o dispersadas por condiciones climáticas que favorecen la elevación de masas de aire frontales, podrían dispersarse hasta centenares de km.

Algunos microorganismos, incluidos bacterias, virus y hongos, son capaces de viajar grandes distancias sin perder viabilidad. Es el caso de *Puccinia graminis* ya que se encontraron esporas a 970 Km del origen, y de *Cladosporium* que formando una nube de esporas llegó a Dinamarca procedente de Inglaterra a través del mar del Norte (Gregory y Monteith, 1967).

Descripción de los sitios de estudio

Los 4 sitios de muestreo se localizan en áreas metropolitanas las cuales fueron seleccionadas en base a cuatro condiciones ambientales de temperatura, humedad relativa y cantidad de precipitación así como de entorno social (fig.6.0).

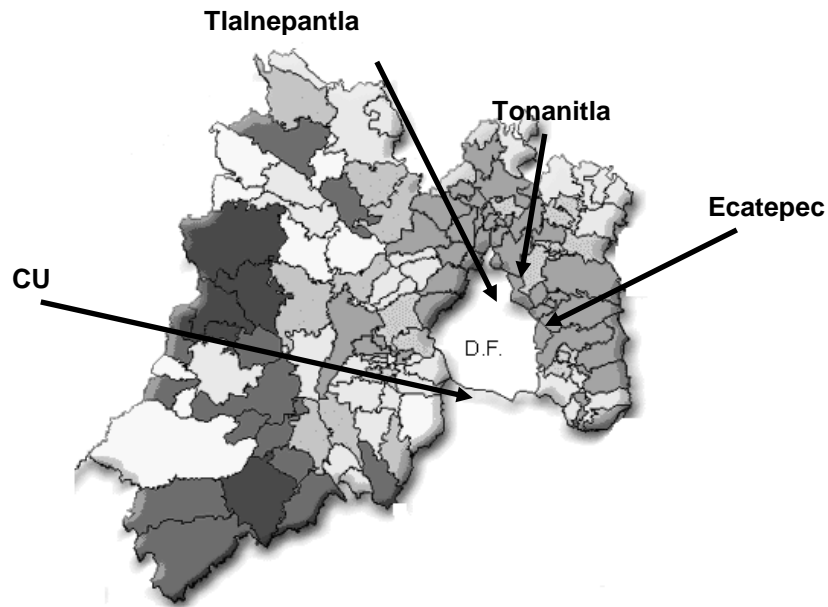


Figura 6.0 Sitios de muestreo de las zonas metropolitanas.

Sitio 1

Una zona comercial, Central de abasto de Ecatepec de Morelos (C.A.E) que se encuentra. Ubicada al noreste de la Ciudad de México, Altitud: 2.259 m. Latitud: 19° 36' 03" N Longitud: 099° 03' 09" O. El clima predominante es el templado subhúmedo, con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 13.8 °C con una máxima de 30 °C en los meses de marzo a julio y de una mínima de 7.0 °C en los meses de diciembre y enero. La zona se caracteriza por escasa área verde, muchos restos orgánicos y mucho movimiento de carga-descarga.

Sitio 2

Un área con presencia de clínicas y áreas deportivas, campos de foot ball FES Iztacala (FES-I). Ubicada al sur-poniente del estado de México a 99 12,8 de longitud O y 19 32.1 de latitud N, a 2250msnm. Precipitación anual de 640.8 mm;

siendo el período de lluvias de junio a septiembre y de sequía de diciembre a marzo. La temperatura media anual es de 15 a 18 C. La humedad atmosférica relativa es de 61 a 70 %. El clima es Cw según el sistema de Köppen (conagua.org.mx). La zona se caracteriza por una predominancia de áreas verdes, distintos desechos orgánicos y por fluctuación de gente.

Sitio 3

Un área con presencia de laboratorios (Facultad de química y medicina CU). Localizada al sur de la ciudad de México a 19° 20' 01" latitud Norte y 99° 11' 54" longitud Oeste, a una altitud de 2268 msnm. Aunque la estación se encuentra dentro de la zona urbana, está rodeada por áreas verdes, su clima es templado con lluvias en verano según el sistema de clasificación climática de Köppen (Cw) (conagua.org.mx). La temperatura media al año es de 21 °C. En verano superiores a los 30°C. En julio y agosto la temperatura máxima promedio es de 35 °C, en el invierno se registra hasta 0°C o menos. La zona está caracterizada principalmente por una extensión grande de área verde en combinación con un conjunto de edificios, campo deportivo y tránsito vehicular.

Sitio 4

Un área semirural con presencia de basurero y animales de granja (Tonanitla Edo. de Méx.). Situada a al norte de la ciudad de México 19° 40' 50" y 19° 46' 21" de latitud norte; 99° 01' 54" y 99° 07' 46" longitud oeste; a una altura de 2, 230 msnm., con una precipitación promedio anual de 600 a 700 mm. En el municipio de Tonanitla predomina el clima C(W)(w)b(i), templado subhúmedo con lluvias en verano y escasas en invierno, con una temperatura promedio de 14°C a 10°C, la máxima absoluta de 27 °C entre los meses de mayo a junio y una mínima absoluta de 5°C en los meses de diciembre a enero. La zona se caracteriza por actividad agrícola, transporte de carga, siembra y muy poca fluctuación de gente.

Material y métodos.

Recolecta

Se llevó a cabo en cajas de Petrí con medio PDA (Agar Papa Dextrosa), las cuales se mantuvieron en exposición durante 10-20 min. Incluidas y orientadas al viento (muestreo estático). Las estaciones en los sitios de trabajo se seleccionaron en base a la época seca del año (marzo) y época húmeda (octubre). Cada registro se realizó por duplicado y en horas determinadas (alrededor de las 13-15 h). Adicionalmente, de cada sitio, se registró las variables meteorológicas de temperatura y humedad atmosférica, de cada sitio usando un termohigrómetro digital (TFA H30.5005)

Incubación

Para aislar las especies, el material recolectado se incubó a temperatura ambiente manteniéndolo en observación cada 48 h. para cuantificar y caracterizar el crecimiento colonial de acuerdo con los criterios de unidades formadoras de colonias (UFC) (Adhikari *et al*, 2004).

Técnica del microcultivo

Para la identificación, los hongos se sembraron por la técnica de microcultivo según Larone (2002 en anexo), se usó un medio específico para hongos ADS (Agar Dextrosa Sabouraud) al 4%.

Tinción

Una vez transcurrido el tiempo de incubación se separaron con cuidado los portaobjetos y se retiró el agar con ayuda de unas pinzas de relojero (Nº5).

Posteriormente se le agrego una gota de Lactofenol-Azul de Algodón, colocando un cubreobjetos y se fijo la muestra con ayuda de un barniz transparente, quedando la preparación lista para fotografiar y descubrir los especímenes de estudio.

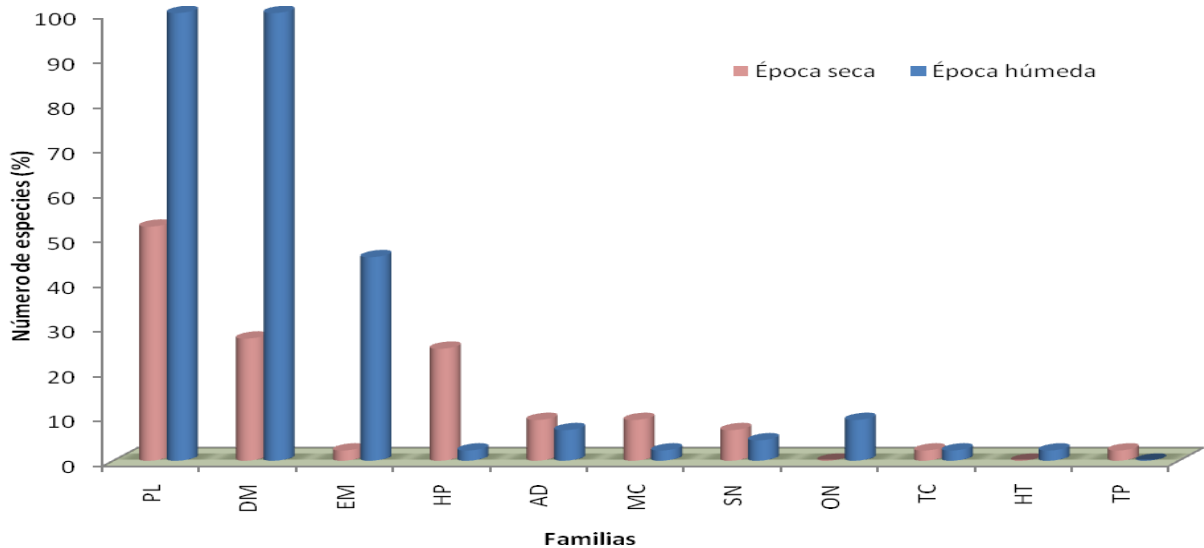
Determinación taxonómica

La determinación taxonómica se realizo con ayuda de las claves de Larone (2002), Barnett, (1972) y de Howard (2003).

De los datos de riqueza y abundancia de especies, se derivó el índice de Shannon-Wiener, según el modelo matemático.

$$H = - \sum p_i \log_2 p_i$$

Resultados

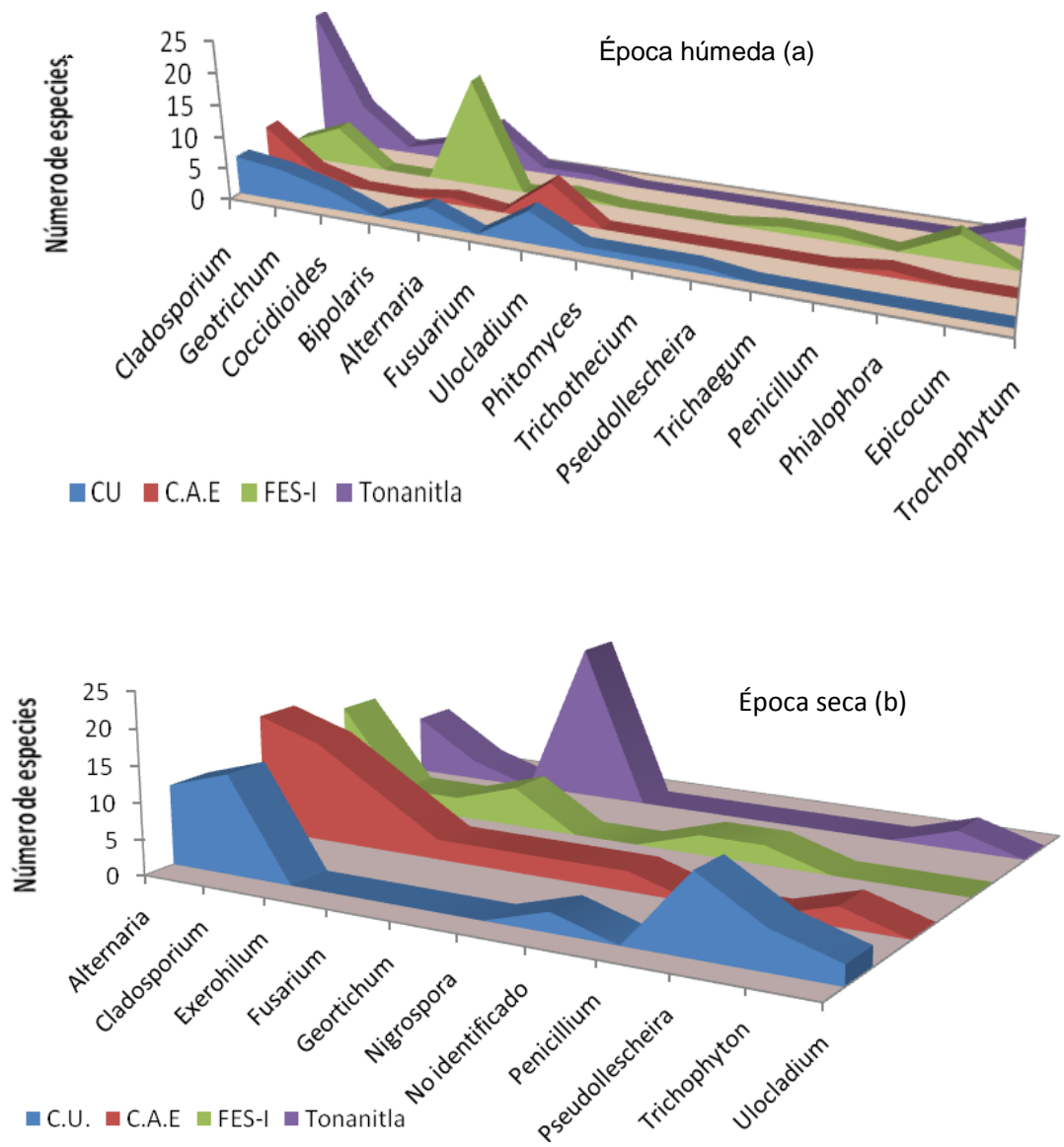


Gráfica 5.0. Familias predominantes durante un ciclo anual de sequía y humedad.

Taxonomía y grupos principales

De 181 especímenes registrados, se encontró una riqueza de 17 especies, determinadas hasta nivel genérico, básicamente, (Tabla. 3). Esta riqueza quedo

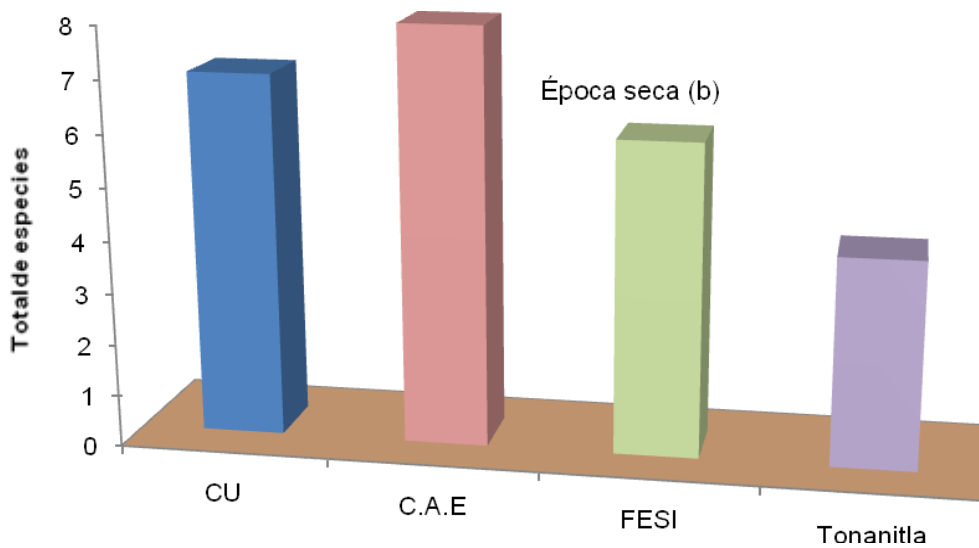
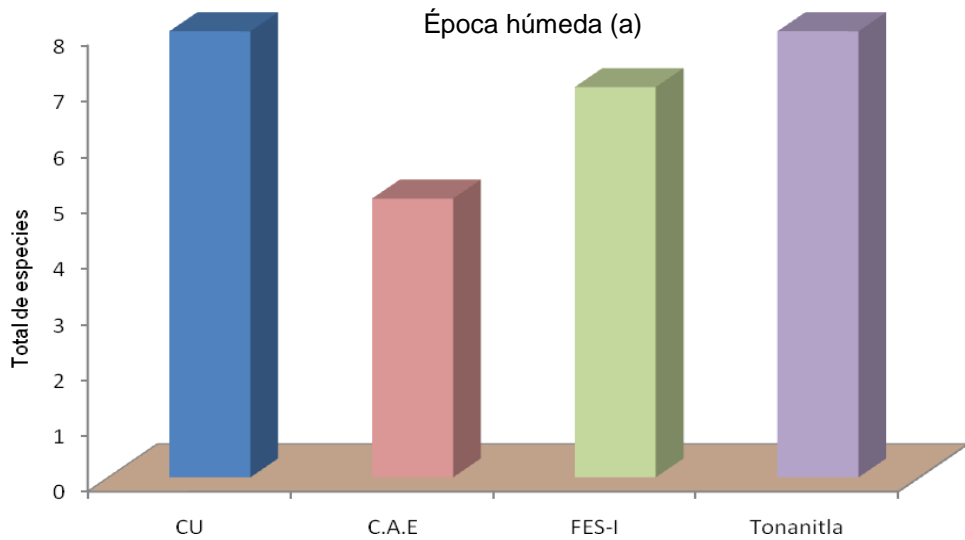
agrupada en 10 familias siendo dominantes Pleosporaceae, Dematiaceae e Hypocreaceae en las cuales se encuentra alrededor del 80% del total gráfica. 5.0.



Gráfica 6 a y b. Distribución espacial de la riqueza en las cuatro zonas y en ambas estaciones sequía y humedad.

Taxonómicamente *Cladosporium* sp, y *Alternaria* sp muestran una amplia distribución tanto en el momento seco y húmedo del año, en tanto que *Penicillium*, sp, *Ulocladium*, *Nigrospora* sp y *Geotrichum* sp muestran una distribución

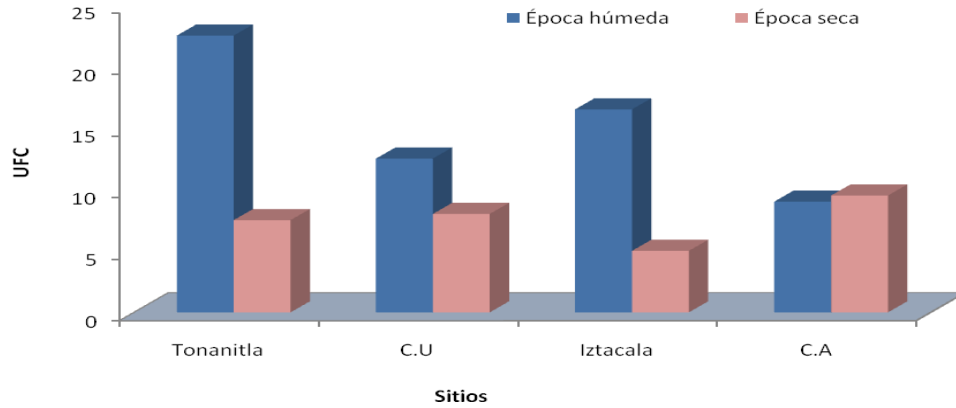
localizada en el momento seco, mientras que *Geortichum* sp. expande su distribución en el momento húmedo del año gráfica 6.0.



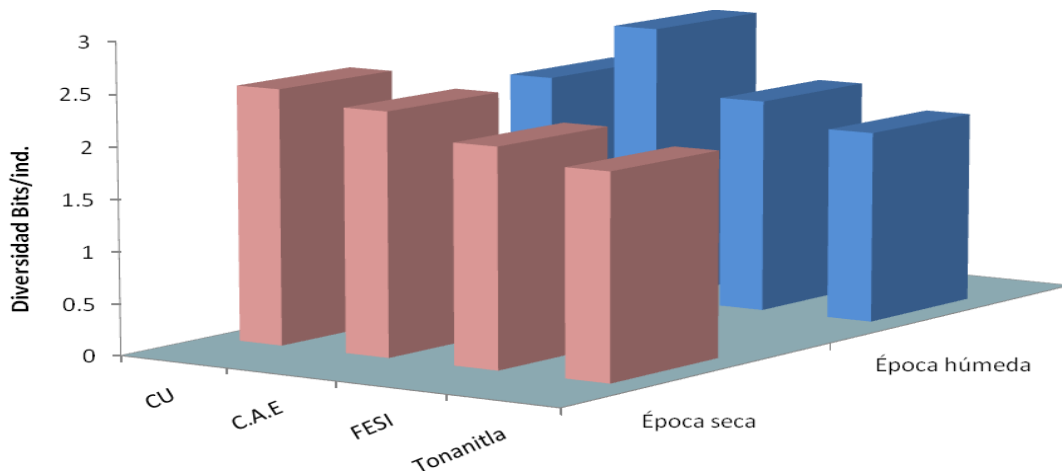
Gráfica 7 a y b. Muestran la distribución temporal de cada momento Humedad y sequía

La riqueza fúngica fue dependiente de la zona muestreada; la de mayor riqueza fue la zona norte (C.A.E) y de la de menor diversidad fue (Tonanitla) zona noreste (gráfica. 7. a.). Este patrón de distribución de la riqueza fue opuesto al momento

húmedo siendo ahora (Tonanitla y C.U. zona sur) los de mayor riqueza (gráfica. 7.b).



Gráfica 8.0. Abundancia total (UFC), de la comunidad en las cuatro zonas y en ambos momentos.

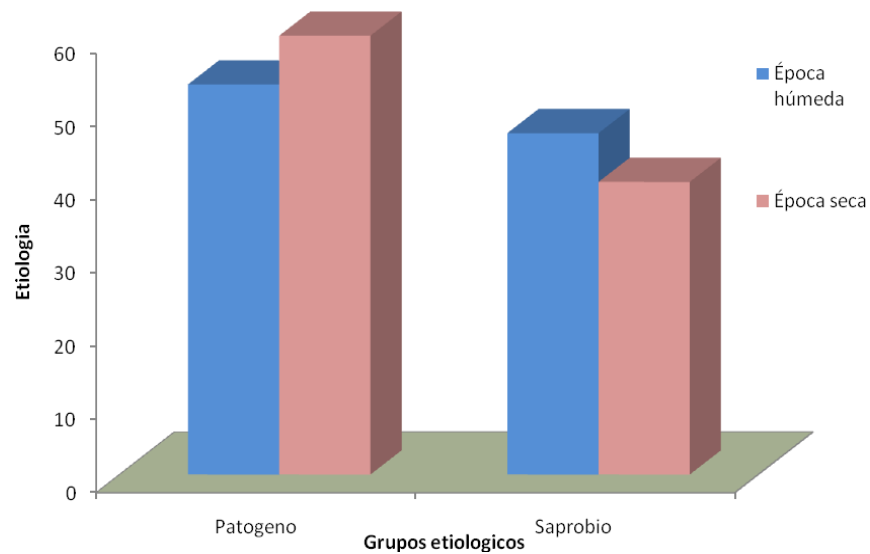


Gráfica 9.0. Diversidad de la comunidad microfúngica anemófila espacial y temporal.

La abundancia de la comunidad depende del momento y del sitio, la cual fue mayor en la zona Iztacala y Tonanitla, durante el momento húmedo salvo en C.A.E. que fue mayor en el momento seco. La abundancia total osciló entre 5-23 UFC. En cuanto a la abundancia específica *Cladosporium sp.* y *Alternaria sp.* se encontraron tanto en el momento seco y húmedo del año con preferencia en

Tonanitla, mientras que *Geotrichum* sp. (gráfica. 8.0) mostró preferencia por el momento seco y por el sitio C.A.E.

La diversidad mostró un comportamiento variable y estadísticamente significativo ($p < 0.05$) entre sitios y en el tiempo. Cuantitativamente, la diversidad osciló entre 1.85 - 2.7 bits/ind. Los valores máximos y mínimos, espacialmente, fueron, C.U y Tonanitla, respectivamente. La diversidad temporal entre los sitios, en esencia no varió, salvo en C.A.E donde incremento alrededor del 20 %. En Tonanitla fue el sitio menos diverso en espacio y tiempo (gráfica. 9.0).



Gráfica 10.0 Grupos funcionales (Saprobio y Patógeno) registrados en las estaciones sequía y humedad.

Los grupos funcionales de ambos muestreos mostraron que en la época seca del año hay alrededor de 60% de patógenos contenidos en el aire mostrando preferencia en el momento seco (gráfica 10.0.), los problemas de salud más comunes son dermatíticos y respiratorios, algunas de las especies más conocidas son *Geotrichum* sp., *Penicillium* sp. y *Fusarium* sp. (Tabla 3.).

Tabla. 3.0. Taxonomía de los hongos atmosféricos y descripción etológica de las especies.

Familia	Nombre científico	Etiología
Pleosporaceae	<i>Bipolaris</i> sp.	Causante de sinusitis en pacientes inmunodeprimidos, invade huesos y causa lesiones en el cerebro en casos severo. Ocasionalmente infecta otros sitios como la piel, ojos, la aorta, pulmones y el sistema nervioso central.
Pleosporaceae	<i>Alternaria</i> sp.	Comúnmente considerado como contaminante saprofito pero ocasionalmente causante de la feohifomicosis, mas comúnmente en tejidos subcutáneos. También son conocidas comúnmente como alérgenos en los humanos, y dentro de casa, pueden causar rinitis alérgica o reacciones de hipersensibilidad que en ocasiones pueden producir ataques de asma. También aparecen frecuentemente entre las infecciones oportunistas en personas inmunodeprimidos.
Pleosporaceae	<i>Exserohilum</i> sp .	Es uno de muchos géneros que incluye agentes causantes de feohifomicosis. La especie más común, <i>E. rostratum</i> ., ha sido reportado como un agente de la enfermedad cutánea y causante de faeohifomicosis subcutánea y agente etiológico en una úlcera de la córnea.
Pleosporaceae	<i>Ulocladium</i> sp.	Comúnmente considerado como contaminante; muy rara vez causante de Faehifomicosis.
Dematiaceae	<i>Pithomyces</i> sp.	Comúnmente considerado como un contaminante, pero en ocasiones puede estar implicado como agente etiológico en pacientes inmunocomprometidos. Causa eccema facial en las ovejas.
Dematiaceae	<i>Cladosporium</i> sp.	Las infecciones de las especies rara vez son patógenas para los seres humanos, pro han sido descritos como causantes de infecciones en piel y uña, así como de sinusitis. Si no se tratan, estas infecciones pueden convertirse en infecciones respiratorias como la neumonía. Las esporas en el aire de <i>Cladosporium</i> son alergenios importantes, y en grandes cantidades pueden afectar gravemente a, los asmáticos y a las personas con infecciones respiratorias. La exposición prolongada puede debilitar el sistema inmunológico. Algunas especies de <i>Cladosporium</i> producen micotoxinas de importante preocupación, pero no producen compuestos orgánicos volátiles (COV).algunas especies de <i>Cladosporium</i> afectan cultivos de tomate.

Dematiaceae	<i>Epicoccum</i> sp.	Comúnmente se encuentra como contaminante. No causante de infecciones aunque si es saprofito.
Arthodermataceae	<i>Trichophyton</i> sp.	Causante de distintas dermatomicosis en humanos y animales.
Onygenaceae	<i>Coccidioides</i> sp.	Puede causar la coccidioidomicosis , puede diseminarse a piel, huesos y meninges. Puede ser asintomático, benigna o letal. El microorganismo actúa como patógeno primario en individuos sanos y como oportunista en inmunodeprimidos.
–	<i>Trichothecium</i> sp.	Comúnmente considerado un contaminante. No causa ninguna infección. Débilmente parasita las plantas.
Microascaceae	<i>Pseudallescheira</i> sp.	Éstos incluyen infecciones cutáneas, sinusitis, queratitis, linfadenitis, endoftalmítis, meningoencefalitis, abscesos cerebrales, endocarditis, neumonía, absceso pulmonar, pulmonar hongo, bola de enfermedad fúngica alérgica broncopulmonar, bursitis, artritis, osteomielitis, uretritis, y las infecciones diseminadas. Las infecciones diseminadas son a menudo fatal si no se tratan. Las infecciones cerebrales se encuentran con frecuencia como una complicación en los pacientes de cerca de ahogarse.
	<i>Trichaegum</i> sp.	Saprofito de plantas
Trichocomaceae	<i>Penicillium</i> sp.	Comúnmente considerado un contaminante, causa infecciones el oído externo, en el sistema respiratorio en las corneas, en el tracto urinario así como endocarditis, muchas especies producen toxinas que pueden ser benéficas o dañinas para la salud.
Herpotrichiellaceae	<i>Phialophora</i> sp.	Causante de Cromoblastomicosis y en algunos casos de faeohifomicosis.
Endomycetaceae	<i>Geotrichum</i> sp.	Así como coloniza el tracto intestinal, <i>Geotrichum</i> puede causar infecciones oportunistas en huéspedes inmunocomprometidos; esas infecciones se refieren como geotricosis. Las infecciones usualmente se adquieren vía ingestión o inhalación.
Trichosphaeriaceae	<i>Nigrospora</i> sp.	Saprofito pero en ocasiones causante de algunas micosis cutáneas
Hypocreacea	<i>Fusarium</i> sp.	Patógeno facultativo. Diversas especies del género <i>Fusarium</i> causan infecciones en humanos, tanto superficiales como sistémicas llamadas en general fusariosis, queratomicosis, onicomosis, algunas especies son saprofiticos de plantas principalmente de la cebada y trigo, aunque también hay una especie que es de consumo humano. Comúnmente se encuentra como un contaminante.

Discusión

En este trabajo se registró una riqueza fúngica atmosférica que se puede considerar media-alta (alrededor del 70%), en relación a lo reportado por Rosas *et al.* (1996) también para el ambiente citadino de la ciudad de México. Cabe destacar, que el trabajo de estos autores se realizó únicamente en la zona de C.U, uno de los sitios de registro en mi estudio. Esto significa que en una sola área, Rosas *op cit.*, y su equipo encontraron una riqueza total mayor que la observada para las cuatro (y completamente contrastantes entre sí), de esta investigación. La diferencia podría deberse a la cantidad y tipo de muestras colectadas. Los hallazgos de este estudio provienen de registros puntuales (un par) para cada uno de las etapas del ciclo sequía-lluvia y mediante muestreo gravimétrico o pasivo (exposición de caja Petri durante un tiempo dado), en tanto que en aquel trabajo, hubo un registro continuo activo (con colectores de volumen de aire en lapsos dados e incluso durante el día) a lo largo del periodo de lluvia. De acuerdo con Cruz y Jiménez (2006), este momento se registra la mayor cantidad de esporas asociado a lo húmedo de la atmósfera. Así, lo escaso del muestreo de este trabajo, aunque incluyó más sitios y otra situación estacional (momento seco), explica la menor riqueza reportada por Rosas *et al* (1996).

No obstante esa diferencia, existe coincidencia tanto en lo taxonómico como en lo temporal. La mayor parte de las especies observadas, fueron reportadas en los trabajos Flores (2003), Esquivel *et al.* (2003) y Rosas *et al.* (1986), y Rosas *et al.*, (1996). Asimismo, hay un parecido en general en lo registrado en este trabajo y el de Rosas *et al.* (1996), en cuanto que existe un patrón de que la riqueza siempre es mayor en el momento húmedo que en el momento seco (Fillipello *et al*, 1997). Es decir, la mayor riqueza de micoflora anemófila es durante el periodo húmedo. Espacialmente, en los muestreos estacionales de sequía (abril) y de húmeda (septiembre) de los cuatro sitios, la riqueza total no se diferencias mucho con las reportadas en trabajos anteriores aunque está por debajo del porcentaje total (Flores 2003, Esquivel *et al.* 2003 y Rosas *et al.* 1986).

En relación a la distribución específica de la microflora, existen especies que tienen distribución alta y los que tienen una distribución localizada. Las especies del género *Cladosporium*, y *Alternaria* mostraron amplia distribución teniendo presencia en cada uno de los sitios, mientras que las de los géneros *Penicillium*, *Ulocladium*, *Nigrospora* y *Geotrichum* exhibieron una distribución localizada, en tanto que la de *Fusarium* y *Trichophyton* fue una distribución intermedia (gráfica.6.a y b). En particular, *Cladosporium*, *Alternaria* y *Ulocladium*, la literatura las reporta como cosmopolitas, confirmando lo registrado en este estudio. Las razones de su amplia distribución podrían ser, una gran producción de esporas durante todo el año. Un solo cuerpo fructífero puede producir hasta 108 esporas sobre cm^2 al día y vivir durante varios años (Campbell, 1989), a diferencia de otras especies, la resistencia a las condiciones atmosféricas (Rosas *et al.*, 1986).

Muy probablemente, dichas características biológicas (alta tasa de propagación anual, aunada a su tolerancia a condiciones atmosféricas adversas), explican también el que dichas especies hayan sido abundantes, con mayor cantidad de Unidades Formadoras de Colonias (gráfica .8.0). Especies como *Penicillium* sp, *Nigrospora* sp, deben su baja abundancia porque permanecen en suspensión debido a su tamaño, densidad mínima y su bajo peso, 5 μm , y ser registradas más por aerotransportadas (Rosas *et al.*, 1986). A este respecto, Holling *et al.* (2004), señalan que las partículas con mayor densidad tienden a depositarse (ser registradas por lo tanto) con mayor frecuencia que las más escasas.

La diversidad, espacialmente para el momento seco del año, indicó índices variables y con valores considerados (2.5-2.0) de diversidades bajas medias. Cabe resaltar que estos valores extremos se asociaron con una orientación sur \rightarrow norte, y con la humedad atmosférica más alta y más baja, respectivamente. Biológicamente, los hongos requieren de humedades ambientales mayores al 60%, exposición a la luz y otros factores (Alexopoulos, 1985., Bovallius *et al.*, 1978). Coincidentemente, la región sur del Valle de México es la zona con el clima más húmedo mientras que la zona norte es la más seca. Esto significa, que

durante el momento seco del ciclo anual, la zona sur (C.U) es donde existen las condiciones más propicias para la reproducción y propagación de los hongos, hecho que explica la mayor diversidad ahí registrada. Otro aspecto que refuerza esta hipótesis, es que la dispersión de las esporas fúngicas depende del viento (Cambell, 1987), y las corrientes que ingresan al Valle de México provenientes del Golfo de México, lo hacen exactamente por la zona norte y son empujadas hacia la zona sur, en cuyas montañas chocan y acumulan (Gestión Ambiental del Aire en el Distrito Federal 2000-2006) con la carga probable carga de esporas de las zonas boscosas de las partes altas atravesadas por los vientos. Lógicamente, el sistema de mayor riqueza fúngica es el bosque (Guzman, 1997). Sin embargo, temporalmente, durante el periodo de lluvias en la zona norte (C.A.E y Tonanitla) se estimo la mayor diversidad. La explicación más factible al respecto, sería porque las partículas respirables (PM₁₀) donde se incluyen elementos biológicos como los hongos, son emitidas por diferentes fuentes como las generadas por el polvo arrastrado por el viento, por los vehículos en carreteras sin pavimentar, las generadas en operaciones industriales, agrícolas y de construcción, y de desechos que estos generan (Guías para la calidad del aire, 2004 y Quadri y Sanchez, 1992). Estas son exactamente las condiciones que prevalecen en la zona norte estudiada.

En cuanto a la saprobiedad de las especies, se encontró a *Cladosporium*, *Alternaria*, y *Ulocladium* con una alta incidencia (gráfica. 10). Estas especies son saprofitas que emanan del material vegetal en descomposición (Rosas et al., 1986), el cual se reemplaza constantemente, y las dispersa constantemente, estas especies exhibiendo una amplia distribución mundial. Dichos autores añaden que *Cladosporium* en uno de los hongos más comunes encontrados en el aire debido probablemente a la resistencia a las condiciones atmosféricas a la gran producción de esporas y debido a su bajo peso para ser aerotransportadas (Rosas et al., 1986).

Existe fuerte evidencia científica de exposiciones a aeroalergénicos (esporas fúngicas y granos de polen que inducen a respuestas alérgicas) se han

correlacionado con enfermedades alérgicas y agudización de síntomas de alergia respiratoria y asma (Dales *et al.*, 2004; Garret *et al.*, 1998., Strachan, 1988). Asimismo ya se han demostrado los efectos adversos que pueden resultar de exposición a esporas o metabolitos fúngicos y micotoxinas (Portnoy, *et al.*, 2005). En este trabajo, las especies aeroalergénicas (cuerpos que inducen a respuestas alérgicas) registradas fueron especies de *Bipolaris*, *Geotrichum*, *Fusarium*, *Coccidioides*, *Pseudallescheira*, *Penicillium*, *Alternaria* y *Cladosporium*, a las cuales ya se les ha reportado asociadas a problemas respiratorios, neuronales, dermatológicos, oculares, tracto urinario, y oído (O'Groman y Fuller, 2008 y Flores, 2003). Las dos últimas, estos últimos autores y Esquivel *et al.*, (2003) las reportan como las más comunes en problemas respiratorios, con frecuente incidencia médica de niños en edad preescolar y personas mayores de 65 años (Vallejo 2003). Sin embargo, relacionar las esporas con una enfermedad o infección causada por los patógenos, requiere de mucha investigación dado que algunas esporas pueden no ser viables o son incapaces de permanecer viables mucho tiempo. Incluso si están presentes y son viables, su número puede no ser suficiente para causar el mal (Palacios, 2000).

En este aspecto, la norma oficial sobre la fracción de partículas respirables (PM₁₀), señala valores límite de exposición aguda de 260 µg/m³ 24-h., con una frecuencia máxima aceptable de una vez al año (mediante muestreo activo), mientras que para una exposición crónica es de 50 µg/m³ (Gutiérrez, 2000). Desafortunadamente debido a que en nuestro caso, la abundancia se reporta como "unidades formadoras de colonia" (muestreo por método gravitacional), no se puede establecer la equivalencia numérica con la norma oficial.

Estos resultados en relación a la salud, implican que hay que llevar a cabo estudios futuros en los que se aborde su relación con la densidad-enfermedad. Al respecto, Albuquerque (2004) urge que se realice trabajo para establecer la relación de esta.

Conclusiones

Se observó una riqueza de las familias Pleosporaceae, Dematiaceae e Hypocreaceae y una diversidad de media a baja de la comunidad microfungica anemófila.

La comunidad microfungica exhibe una distribución variable entre las zonas citadinas y en el tiempo.

Las zonas de mayor riqueza microfungica son la zona sur (C.U.), las de menor diversidad la zona noreste (Tonanitla).

Existen especies frecuentes, abundantes y con distribuciones amplias y localizadas.

Cladosporium sp., *Alternaria* sp., y *Geotrichum* sp. son especies de amplia distribución y de alta abundancia.

Se elaboró una clave para los hongos contenidos en la atmosfera de la ciudad de México

La mayoría son potencialmente patógenas.

Referencias

- Adhikari, A., Sen , M. M., Gupta-Bhattacharya, S y Chanda, S. 2004. Airborne viable, non-viable, and allergenic fungi in a rural agricultural area of India: a 2-years study of five outdoor sampling stations. *Science of the Total Environment* 326: 123-141.
- Albuquerque, M. E., Germano, P. C., Cristhiano, P. E., Madeira, S. T. G., Afrâino, C. F., Fabio, F and Morato, C. 2004. Airborne fungi causing respiratory allergy in patients from Fortaleza, Ceará, Brazil. *J Bras Patol Med Lab*.40 (2): 79-84.
- Alexopulous C, J. 1985. Introducción a la micología. Universitaria. Buenos Aires. 615 p.
- Ayllon, T.1996. Elementos de Meteorología y Climatología. México: Trillas, 197p.
- Barnett, H. L and Hunter B. B. 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi. 3ª edición. Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minesota. 241p.
- Benenson, A. S.1997. Manual para el control de las enfermedades transmisibles.16.a edic. Ed. Organización Panamericana de la Salud, Washington.541p.
- Bold, C. H., Alexopoulos, C.J. y Delevoryars T. 1989. Morfología de las plantas y los hongos. Barcelona. 911p.
- Cambell. R. E. 1989. Ecología microbiana. Limusa. Mexico. 268p.
- Calderón, C., Lacey, J., McCartney A and Rosas, I.. 1997. Influence of urban climate upon distribution of airborne Deuteromycete spore concentrations in Mexico City. *Int J Biometeorol*. 40:71–80.
- Cruz, O. A. M. y Jimenéz, P. A. A. 2006. Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos oportunistas y su relación con material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀) en la localidad de puente Aranda. Tesis en Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Universidad de La Salle. FIAS. Bogota.

- Dales, R., Cakmak, S., Judek, S., Dann, T., Doates, F., Brook, J and Burnett, R. 2004. Influence of outdoor aeroallergens on hospitalization for asthma in Canada. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 113:303-306.
- De Foy. B., Varela, J. R., Molina, L. T., and Molina, M. J. 2006. Rapid ventilation of the Mexico City basin and regional fate of the urban plume. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.* 6: 839–877.
- De Neversj. N.1998. Ingeniería del Control de la Contaminación del Aire. Mc Graw Hill. México D.F. p. 12.
- De Vizcaya-Ruiz, A., Gutiérrez-Castillo, M.E., Uribe-Ramirez, M., Cebrián, M.E., Mugica-Alvarez V., Sepúlveda, J., Rosas, I., Salinas, E., Garcia-Cuéllar, C., Martínez, F., Alfaro-Moreno, E., Torres-Flores, V., Osornio-Vargas A., Sioutas C., Fine P.M., Singh, M., Geller, M.D., Kuhng, T., Miguel A.H., Eiguren-Fernandez A., Schiestl R.H., Reliene, R and Froinesg, J. 2006. Characterization and in vitro biological effects of concentrated particulate matter from Mexico City. *Atmospheric Environment* 40 583–592.
- Esquivel P., Mangieterra M., Giusiano G y Sosa M. A. 2003. microhongos anemófilos en ambientes abiertos de dos ciudades del noreste Argentino. *Boletín Micológico.* 18: 21-28.
- Filipello, M. V., Airaudi, D and Barchi C. 1997. One-year monitoring of the airborne fungal community in a suburb of Turin (Italy) and assessment of its functional relations with the environment. *Mycol. Res.* 101(7): 821-828.
- Flores, T. F. J., Pardavé L. M y Valenzuela, I del C.C. 2007. Estudio aerobiológico de la zona aledaña al relleno sanitario “San Nicolás”, Municipio de Aguascalientes. *Investigación y ciencia.* 15 (37): 13-18.
- Font Tullot, I.1991. El hombre y su ambiente atmosférico. Madrid: Instituto Nacional de Meteorología, 230p.
- Frutis. I.M., y Huidobro S. M. E. 2009. Micología básica. Manual teórico practico. UNAM. FES-I. 151p.
- Garrett. M. H., Rayment, P. R., Hooper, M. A., Amramson, M. J and Hooper, B. M. 1998. Indoor airborne fungal spores, house dampness and

association's whit environmental factor and respiratory health in children. *Clin Exp Allergy*. (28). 459-467.

- Gestión Ambiental del Aire en el Distrito Federal 2000-2006. Secretaría del Medio Ambiente Gobierno del Distrito Federal. (sma.df). 171p.
- Gilbert, E.J and Ward, C.W. 1999. Standardized protocol for the Sampling and Enumeration of Airborne Micro-organisms at Composting Facilities the Composting Association, Coventry.
- Glynn. J. 1999 Henry. Ingeniería Ambiental, Prentice Hall. 500 p.
- González I. M. 1998. hongos alérgicos y su inmunquímica. Conferencias del Segundo Diplomado en Micológia Medica. Fac. medicina, UNAM. Tomo II.
- Gregory, P. H and Monteith, J. L. 1967. Airborne microbes. *American Journal of the Medical sciences*. 256: (6)162-912.
- Gregory, P. H.1973 The microbiology of the atmosphere. *Air; Palynology; Microbiology*. 309-346.
- Guías Para La Calidad Del Aire. 2004 Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS) y Agencia Especializada de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS). 239p.
- Gutierrez A. V. J. 2000. Calidad del aire en México. Instituto nacional de ecología. 46p.
- Guzmán, G. 1997, Los nombres de los hongos y lo relacionado con ellos en América Latina: introducción a la etnomicobiota y micología aplicada de la región sinónima vulgar y científica. Instituto de Ecología. 356p.
- Hollins P. D., Kettlewell, P. S., Atkinson, M. D., Stephenson B., Corden J. M., Millington, W. M. and J. Mullins. Relationships between airborne fungal spore concentration of *Cladosporium* and the summer climate at two sites in Britain. *Int J. Biometeorolo*. 48: 137-141.
- Howard, D. H. 2003. Pathogenic fungi in humans and animals. 17ª edición. Marcei Dekker. LA. California. 790p.
- Larone, D, H. 2002. Medically important fungi. A guide to identification. 4ª edición. American Society for Microbiology. Washington, D.C. 407p.

- López, L. 2006 La meteorología y la contaminación atmosférica.450p.
- Maroni, M., Siefert, B., and Lindvall, T. 1995. Indoor air quality. A comprehensive referenced book. *Elsevier*. 1049p.
- Miguillón, B. M. C. 2007. Composición y fuentes del material particulado atmosférico en la zona cerámica de Castellón. Impacto de la introducción de las Mejores Técnicas Disponibles. Tesis de Doctorado. UJI.España.
- Mims, C.; Nash, A., y Stephen, J. 2001 Mims pathogenesis of infections disease. *Tropical Medicine and International Health*.1 (1): 133-136.
- Mohr, A. J. 1997. Fate and transport of microorganisms in air. En: Hurst, C. J. (ed). Manual of environmental microbiology. Ed. American Society for Microbiology, Washington. 894p.
- O´Groman C. M. and Fuller T. H. 2008. Prevalence of culturable airborne spores of selected allergenic and pathogenic fungi in outdoor air. *Atmospheric Environment*. 42: 4355–4368.
- Organización Panamericana De La Salud.1985 Programa de Vigilancia de los Serotipos y Resistencia Antimicrobiana de *Streptococcus pneumoniae* y *Haemophilus influenzae*: Manual de procedimientos. 1128p.
- Palacios. R. Y. 2000. Hongos como causantes de alergias. Trabajo monográfico de Químico Farmacéutico Biológico. UNAM. Facultad de Química. Mexico D. F.
- Pope, C.A., Burnett, R.T., Thun, M.J., Calle, E.E., Krewski, D., Ito, K. and Thurston, G.D. 2002. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association* 287(9): 1132-1141.
- Portnoy, J. M., Kwak, K., Dowling, P., Van Osdol, T., Barnes, C. 2005 Health effects of indoor fungi. *Annals of Allergy, Asthma, and Immunology* 94: 313-319.
- Quadri. G y Sánchez, L, R. 1992. La ciudad de México y la contaminación atmosférica. Limusa. Grupo Noriega. 316p.
- Ragaa. G.B., Baumgardnera, D., Castroa, T., Martínez-Arroyoa, A. and Navarro-González, R. 2001. Mexico City air quality: a qualitative review of

gas and aerosol measurements (1960–2000). *Atmospheric Environment* 35. 4041-4058.

- Rosas I., Calderón, C., Martínez, L., Ulloa, M and Lacey, J. 1996. Indoor and outdoor airborne fungal propagule concentrations in Mexico City *Aerobiología*. 13: 23-30.
- Rosas I., Calderón, C., Gutiérrez, S y Mosoño, P. 1986. Airborne fungi isolated from rain water collected in México City. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2(001). 13-23.
- Sattar, S. A., and Ijaz, K. 1997. Airborne virus. En: Hurst, C. J. (ed). Manual of environmental microbiology. Ed. American Society for Microbiology, Washington. 894p.
- SEMARNAT. INE. 2008. Dirección General de Investigación sobre la contaminación urbana y regional. México. (www.semarnat.gob.mx) .
- Starr, J. R., and Mason, B. J. 1966. The capture of airborne particles by water drops and simulated snow crystal. *Quarterly Journal Review Meteorology Association*. 92, 490-499.
- Stevens R. 1981. Mycology guidebook. Mycological Society of America. 703p.
- Strachan D P. 1988. Damp housing and childhood asthma: validation of reporting of symptoms. *Br Med J*(297) : 1123-1226.
- Takahashi, T. 1997. Airborne fungal colony-forming units in outdoor and indoor environments in Yokohama, Japan. *Mycopathology*, 139, 23-33.
- Underwood, E. 1992. Ecology of microorganisms as it affects the pharmaceutical industry. En: Hugo, W. B. and Russell, A. D. (ed). Pharmaceutical microbiology. 5.a Edic. Ed. Blackwell Scientific Publication, London. 459 p.
- Vallejo. M., Juárezgui-Renaud K., Hermsillo. A. G., Márquez. M. F y Cárdenas, M. 2002. Efectos de la contaminación atmosférica en la salud y su importancia en la ciudad de México. *Gaceta Médica de México*. 139 (1) 57-63.

- Wolfgang K y Joklik, D. P. 1996 Microbiología. Zinsser. 20ed. Montevideo Uruguay.
- www.cemda.org.mx/.../NOM-026-SSA1-1993_SALUD_AMBIENTAL___CRITERIO_PARA_E_72.php
- www.conagua.gob.mx/ocpy/.../TmpContenido.aspx?id
- www.sma.df.gob.mx/sma/index.php?opcion=77&lid=452
- Yang, C. S., y Johanning, E. 1997. Airborne fungi and mycotoxins. En: Hurst, C.J. et al. (ed). Manual of environmental microbiology. Ed. American Society for Microbiology, Washington. 894p.

Anexo 1

Listado taxonómico de especies de hongos atmosféricos (Stevens, 1981)

Reino: Fungi

Subreino: Dikarya

Division: Ascomycota

Clase: Saccharomycetes

Orden: Saccharomycetales

Familia: Endomycetaceae

Género: *Geotrichum* sp

Subdivision: Pezizomycotina

Clase: Dothideomycetes

Orden: Pleosporales

Familia: Pleosporaceae

Género: *Alternaria* sp

Clase: Eurotiomycetes

Subclase: Pleosporomycetidae

Orden: Onygenales

Familia: Onygenaceae

Género: *Coccidioides* sp

Familia: Arthtodermataceae

Género: *Trichophyton* sp.

Clase: Ascomycetes

Subclase: Pleosporomycetidae

Orden: Hypocreales

Género: *Trichothecium* sp

Clase: Dothideomycetes

Orden: Pleosporales

Familia: Pleosporaceae

Género: *Bipolaris* sp

Género: *Alternaria* sp

Familia: Dematiaceae

Género: *Pithomyces* sp

Orden: Moniliales

Familia: Dematiaceae

Género: *Cladosporium* sp

Clase: Euascomycetes

Orden: Pleosporales

Familia: Pleosporaceae

Género: *Exserohilum* sp

Género: *Ulocladium* sp

Orden: Microascales

Familia: Microascaceae

Género: *Pseudallescheria* sp.

Orden: Eurotiales

Familia: Trichocomaceae

Género: *Penicillium* sp

Orden: Chaetothyriales

Familia: Herpotrichiellaceae

Género: *Phialophora* sp

Clase: Ascomycetes

Género: *Trichaegum* sp

Orden: Moniliales

Familia: Dematiaceae

Género: *Epicoccum* sp

Orden: Trichosphaeriales

Familia: Trichosphaeriaceae

Género: *Nigrospora* sp

Clase: Sordariomycetes
Orden: Hypocreales
Familia: Hypocreacea
Género: *Fusarium* sp

Anexo 2

CLAVE TAXONÓMICA PARA HONGOS ATMOSFÉRICOS

- 1a.- Células no filamentosas. En colonias cremosas pequeñas, redondeadas y brillantes, generalmente de color blanco a crema.....2
- 1b.- Celulas filamentosas, colonias algodonosas de colores variados.....3
- 2b.- Colonia con las células 3 - 10µm diámetro, las células individuales sólo se puede ver en frotis en la diapositiva en microscopio de disección.....**Levadura**
- 3 a. Colonias, generalmente, de color verde olivo y tonalidades ocasionales de café.....4
- 4 a.- Colonias con la superficie aterciopelada, con reverso oscuro comúnmente periferia oscura, blastosporas redondeadas, con forma de limón crecimiento simpoidal.....**Cladosporium sp (fig. 4-5)**
- 4.- b.- Colonias con superficie algodonosa.....5
- 5a.- Colonias con la superficie lanosa, el reverso incoloro, cadenas de esporas en forma de cepillo cada cadena surge de una fialide (fialoforas) en forma de botella.....**Penicillium sp. (fig 13-14)**

- 5b.- Colonias con el reverso oscuro.....6
- 6a.- Con la periferia blanca a crema, reverso oscuro, conidios multicelulares, dictiosporas elípticas crecimiento equinulado.....**Phithomyces sp. (fig. 16)**
- 3 b. Colonias, generalmente blancas.....7
- 7 a.- Colonias con superficie blanca en algún momento de su desarrollo.....8
- 8.- Colonias con superficie blanca (color durazno con el tiempo) y reverso incoloro, superficie plana de textura granulosa. Hifas hialinas septadas, conidióforos y conidias se visualizan. Conidióforos son largos y ramificados. Las conidias son dos unicelulares, suave, ligeramente gruesas, hialinas a la ligera de colores, y de pera, o en forma de maza. Su punto de unión a la conidióforo truncan de forma destacada.....**Trichothecium sp. (fig. 19)**
- 8 b.- Colonias con superficie blanca, y reverso blanco.....9
- 9 a.- Colonias con superficie blanca (crema incluso), y reverso de color blanco, no algodonosa al principio del crecimiento levaduriforme. Artroconidias son unicelulares, en cadenas, hialina, y el resultado de la fragmentación de hifas no diferenciadas en los extremos con una forma de barril pero más bien rectangular.....**Geotrichum sp. (fig. 11)**
- 9 b.- Colonias con superficie blanca, reverso de color gris o negro.....10
- 10 a.- Colonias con superficie de textura algodonosa, blanca de inicio que después se torna a gris o café, reverso blanco al principio y después de un tiempo gris a oscuro, ascosporas son unicelulares, ovoides a elipsoidales, lisas, de color

amarillo pálido y marrón cobre. Las conidias se forman a menudo en forma individual sobre los conidióforos.....	<i>Pseudallescheira sp.</i>(fig. 17-18)
10 b.- Colonias de superficie blanca al principio y después con el tiempo negras, lanosas, con reversos oscuros, ascosporas unicelulares oscuras.....	<i>Nigrospora sp.</i>(fig. 12)
7 b.- Colonias con superficie gris.....	11
11 a.- Colonias de color grisáceo, gris-café o de gris a oscuro.....	12
12 a.- Colonias con superficie grisácea (con micelio aéreo algodonoso y blanco al envejecer), con el reverso de color blanquecino, artrosporas en forma de barril.....	<i>Coccidioides sp.</i> (fig. 7)
12 b.- Colonias con tonalidades grisáceas y el reverso oscuro.....	13
13 a.- Colonias de color gris a tonalidades café, reverso de color oscuro, de crecimiento no algodonoso y textura aterciopelada, porosporas 3 a 6 celdas, fusoide de forma cilíndrica, con patrón de crecimiento geniculado. El poroconidio es distoseptate, tubos germinales se pueden desarrollar y se alargan en la dirección del eje longitudinal del conidio.....	<i>Bipolaris sp.</i> (fig. 5-6)
13 b.- Colonias de gris a oscura, reversos oscuros. Con superficie lanosa. Poroconodios con 6-8 celdas fusoide de forma cilíndrica.....	<i>Exserohilum sp.</i> (fig. 9)
11 b.- Colonias de otros colores.....	14
14 a.- Colonias de color rojo, rosa, violeta y púrpura.....	15

- 15 a.- de superficies algodonosas, planas, con reversos de color morado a incoloro, fialoforas curvas que tienen de uno a muchos muros transversales, macroconidios en forma de vaina y microconidios ovales.....**Fusarium sp. (fig. 10)**
- 15 b.-Colonias de color rosa con el reverso opaco, porosporas oscuras, crecimiento simpoidal.....**Trichaegum sp. (fig. 20)**
- 14 b. Colonias con colores amarillo, naranja, o café..... 16
- 16 a. Con la superficie de textura cerosa, y color amarillo a marrón, reverso de color amarillo a rojizo y café, presenta aleuriosporas, macroconidios multicelulares creciendo en la base del conidioma. Las colonias son en forma de rama.....**Trichophyton sp. (fig. 21)**
- 16 b.- Con textura dura (no algodonosa), o algodonosa, de colores café o naranja.....17
- 17 a.- Colonia, de textura dura, no algodonosa, de color café oscuro a claro con periferia oscura, reverso oscuro, porosporas formadas en cadenas ramificadas en forma de zig-zag de color café, la más joven en la punta.....**Alternaria sp. (fig. 1-2)**
- 17 b.- Colonia, de textura algodonosa, o aterciopelada, sin periferia oscura, de colores café o naranja..... 18
- 18 a.- Colonias aterciopeladas, con tonalidades café, y con el reverso oscuro, fialoforas en forma de botella, hifa subhialina.....**Phialophora sp. (fig. 15)**

18 b.- Colonias aterciopeladas, de color café..... 19

19 a.- Colonias irregulares, algodonosas, primero naranjas y después cafés a cafés oscuras, reverso algunas veces rojo, más comúnmente negro o gris oscuro. Con paredes que irradian desde el centro de esporas, como en racimo, presencia de dictiosporas.....***Epicoccum* sp. (fig. 8)**

19 b.- Colonias algodonosas, de color café a café oscuro, de reverso oliva u oscuro conidias simples o ramificados, suave, fuertemente geniculadas .Las conidias son de color marrón a negro, redondos u ovals en forma, suave o áspera y verrugosa. Por lo general son en forma de huevo y tener una base más estrecha respecto a su ápice. Estas conidias tienen tabiques transversales y longitudinales.....***Ulocladium* sp. (fig. 22)**

Anexo 3

Técnica de microcultivo

1. Previamente se prepara una caja de Agar específico para hongos agar Dextrosa Sabouraud (ADS al 4%). También se preparan cajas de Petrí con una cama de papel filtro, agua destilada, un triángulo de vidrio y un portaobjetos como se muestra en la Fig. 7.0, todo se esteriliza para su posterior uso.

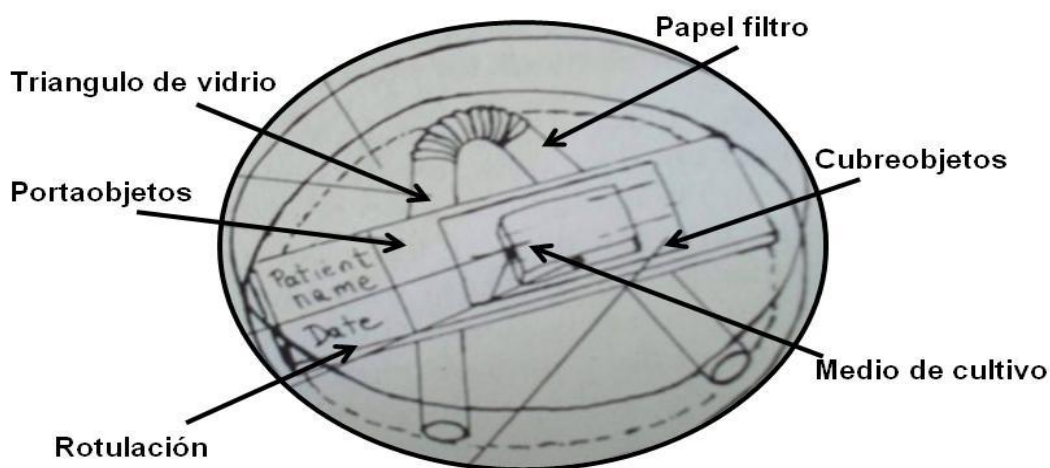


Figura 7.0. Microcultivo

2. Posteriormente se cortan pedazos de medio de cultivo de aproximadamente 1cm^2 , con la ayuda de un bisturí.
3. Se toma el pedazo de agar y se coloca en el portaobjetos, con ayuda de un asa de siembra se toma muestra y se coloca en las cuatro caras del medio de cultivo figura 8.0 .Todo en un área estéril

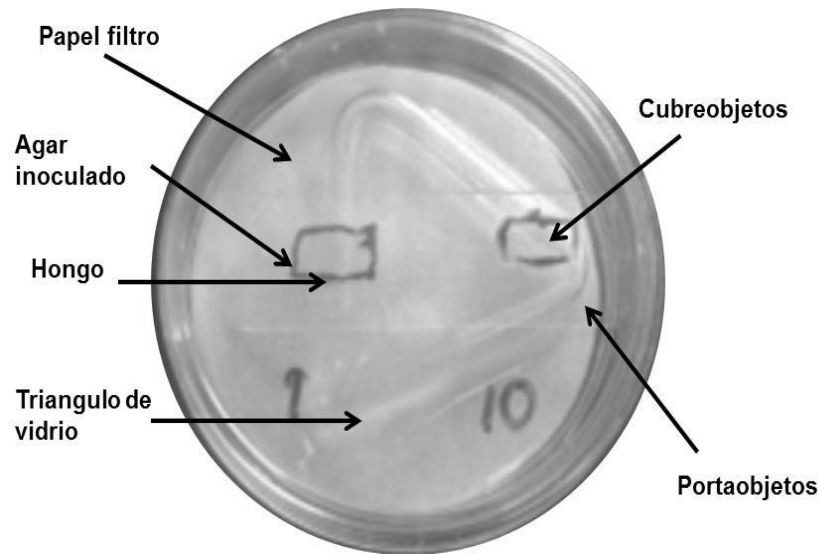


Figura 8.0. Microcultivo inoculación

4. Después de una semana se retira el cubreobjetos y el medio de cultivo.
5. Posteriormente se limpia el excedente de agua del portaobjetos y se tiñe la muestra con lactofenol azul de algodón (LAA) y se coloca un cubreobjetos limpio.
6. Se observa al microscopio.
7. Una vez observada la muestra se fija con la ayuda de un barniz transparente para una preservación temporal (Fig. 9.0).

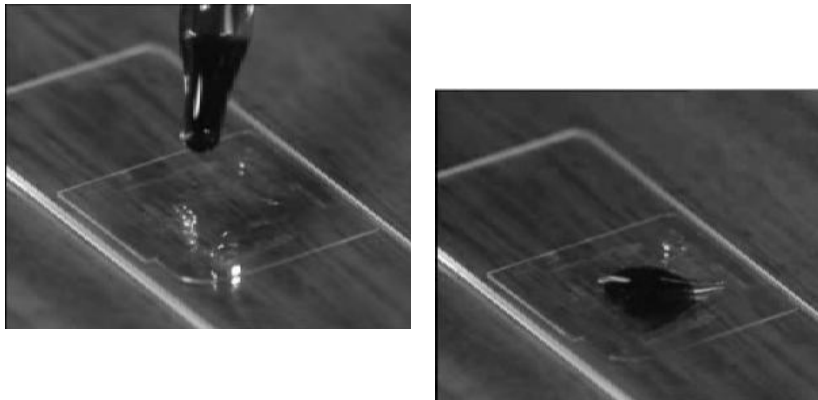


Figura 9.0. Tinción con Lactofenol Azul de Algodón (LAA)

Anexo 4

Catalogo fotográfico de especies



Fig. 1 *Alternaria* sp. PDA

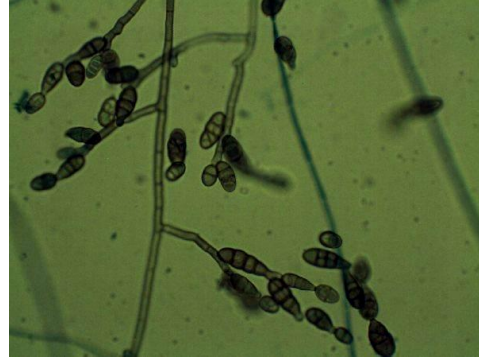


Fig. 2 *Alternaria* sp.



Fig. 3 *Cladosporium* sp. PDA



Fig. 4 *Cladosporium* sp.



Fig. 5 *Bipolaris* sp. 10X



Fig. 6 *Bipolaris* sp. 40X



Fig. 7 *Coccidioides* sp. 40 X

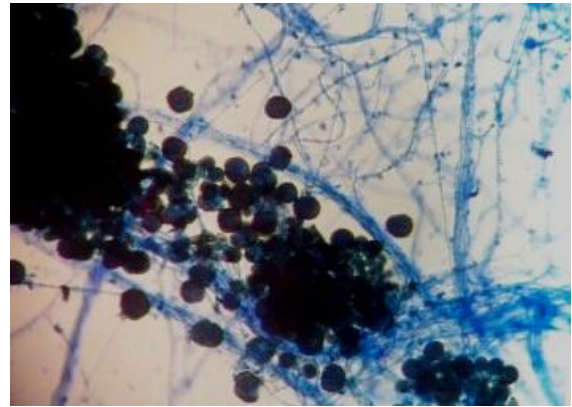


Fig 8 *Epicoccum* sp. 10X



Fig. 9 *Exserohilum* sp. 40 X

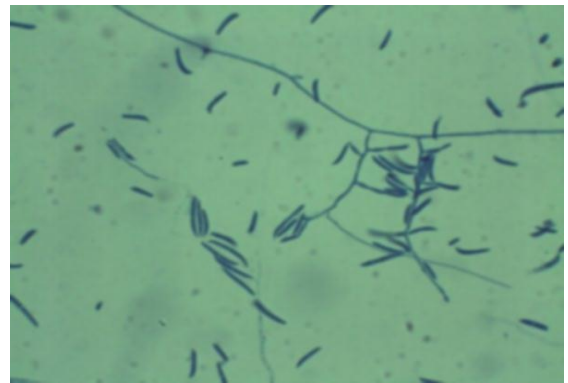


Fig. 10 *Fusarium* sp. 40X



Fig. 11 *Geotrichum* sp.

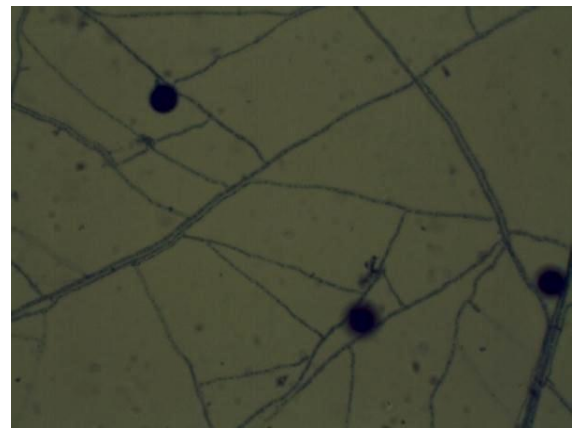


Fig. 12 *Nigrospora* sp.

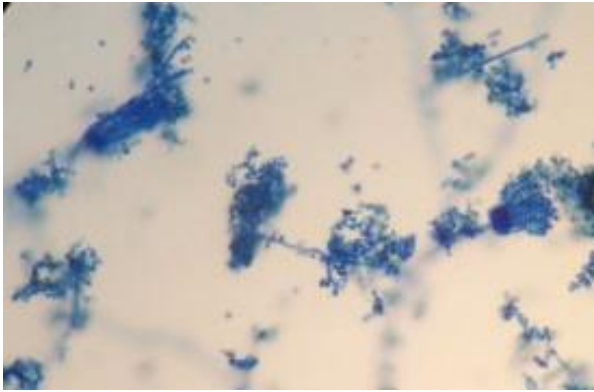


Fig. 13 *Penicillium* sp. 10X

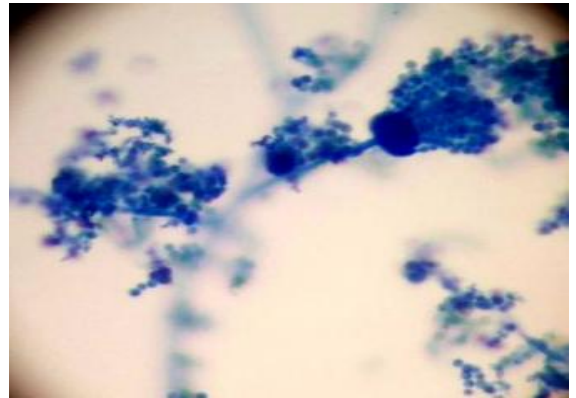


Fig. 14 *Penicillium* sp. 40X

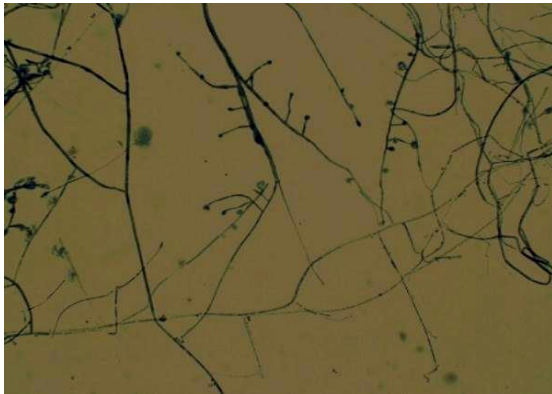


Fig. 15 *Phialophora* sp.

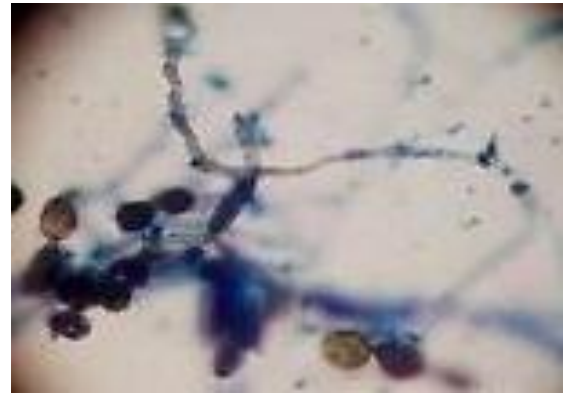


Fig. 16 *Pithomyces* sp.

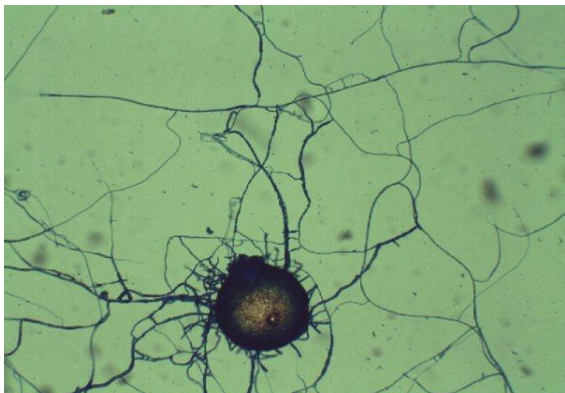


Fig. 17 *Pseudallescheira* sp.
10X

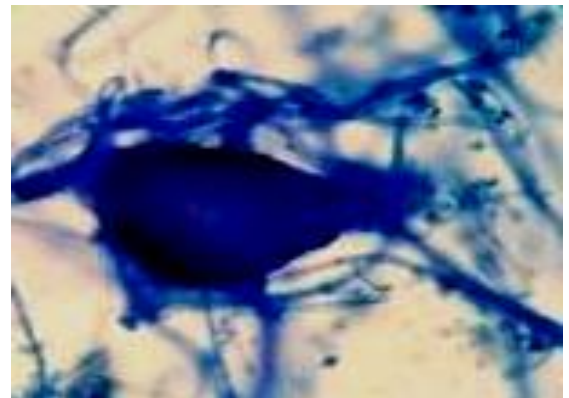


Fig. 18 *Pseudallescheira* sp.
40X

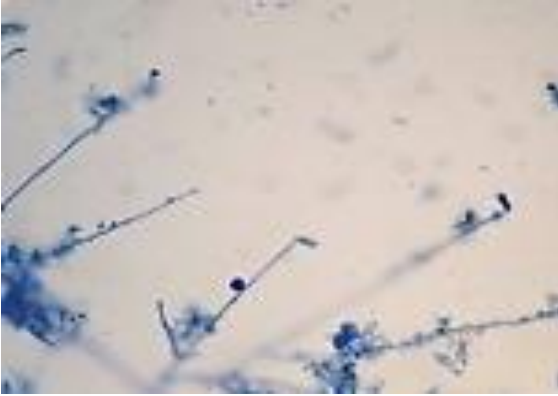


Fig. 19 *Trichotecium* sp.

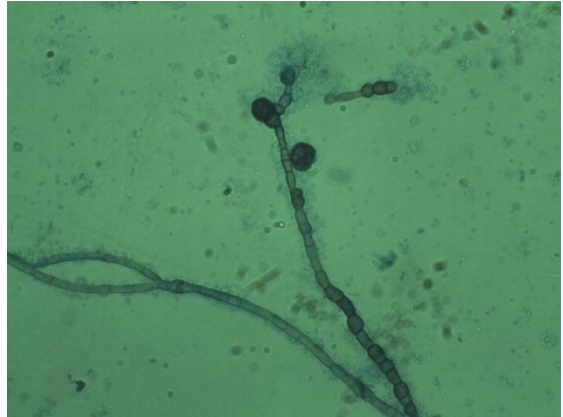


Fig. 20 *Trichaegum* sp.

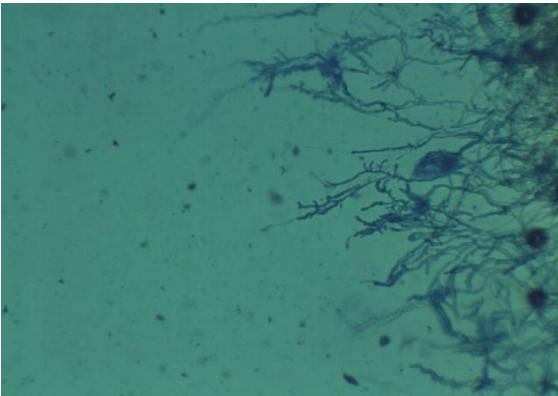


Fig. 21 *Trichophyton* sp.

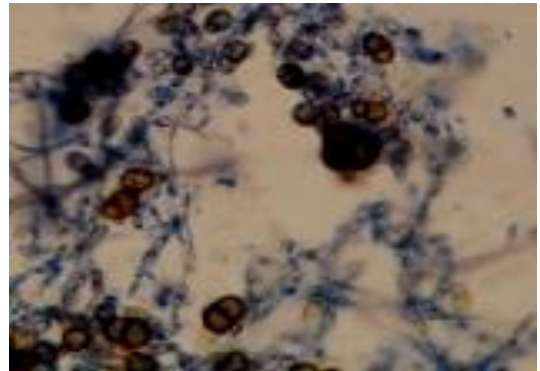


Fig. 22 *Ulocladium* sp.