

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
Facultad de Química y Farmacia



**Analisis Cualitativo y Cuantitativo de las Especies
Fúngicas Presentes en el Aire, Durante la Epoca
Seca, en Diferentes Zonas de San Salvador**

TRABAJO DE GRADUACION
PRESENTADO POR:

Rhina Alicia Rivera Funes

PARA OPTAR AL TITULO DE:

LICENCIADA EN QUIMICA Y FARMACIA

NOVIEMBRE DE 1986

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA



T
589.24
R621a

EJ.1

UES BIBLIOTECA CENTRAL



INVENTARIO: 10116482

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

LICENCIADO LUIS ARGUETA ANTILLON

SECRETARIO GENERAL

INGENIERO RENE MAURICIO MEJIA MENDEZ

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

DOCTORA GRACIELA CHACON GOMEZ

SECRETARIO

DOCTORA AMINTA ACEITUNO DE KAFIE

ASESORES

DOCTOR GUSTAVO ADOLFO ESCOBAR

DOCTORA MERCEDES RAMOS

JURADO EXAMINADOR

LICENCIADA MARIA HERMINIA DE LUNA

LICENCIADA JUDITH DOLORES TOLEDO

LICENCIADA CRISTELA TURCIOS DE SALINAS

AGRADECIMIENTO

AL DOCTOR GUSTAVO ADOLFO ESCOBAR Y DOCTORA MERCEDES RAMOS,
POR SU CONSTANTE ESTÍMULO, ACERTADA ORIENTACIÓN Y AYUDA -
CIENTÍFICA QUE ME BRINDARON DURANTE LA REALIZACIÓN DEL PRE
SENTE TRABAJO.

A LAS LICENCIADAS: JUDITH DOLORES TOLEDO, MARÍA HERMINIA -
DE LUNA Y CRISTELA TURCIOS DE SALINAS, MIEMBROS DEL JURADO
CALIFICADOR, POR SU PRONTA Y VALIOSA COLABORACIÓN.

DEDICATORIA

A Dios, mi Señor, por su infinita fidelidad, misericordia y amor. A El sea toda la Honra y la Gloria.

A mis padres, René y Alis, con amor y gratitud por la pronta ayuda, comprensión y amor que en todo momento encuentro en ellos, y por haberme animado y provisto de lo necesario para finalizar mis estudios.

A mis hermanos, René y Rebeca, con mucho cariño por su apoyo moral y afectivo.

A mis familiares, profesores, amigos y compañeros de trabajo, por sus palabras de aliento, y a todas aquellas personas que en una u otra forma colaboraron en el desarrollo de la presente investigación.

INDICE

Página N°

INDICE DE TABLAS	
INDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	i
INTRODUCCION	iii
REVISION DE LITERATURA	1
MATERIALES Y METODOS	20
RESULTADOS	24
DISCUSION	45
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	58
LITERATURA CITADA	60

INDICE DE TABLAS

<u>TABLA N°</u>		<u>Página N°</u>
1	Número de colonias, Densidad Relativa (D.R.%) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O.%) de las especies fúngicas aisladas - del aire de la Zona Industrial de San Salvador.	30
2	Número de colonias, Densidad Relativa (D.R.%) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O.%) de las especies fúngicas aisladas del aire del Crematorio de San Salvador.	32
3	Número de colonias, Densidad Relativa (D.R.%) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O.%) de las especies fúngicas aisladas del aire de la Zona Residencial de San Salvador.	34
4	Número de colonias, Densidad Relativa (D.R.%) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O.%) de las especies fúngicas aisladas del - aire de la Zona Comercial de San Salvador.	35
5	Número de colonias, Densidad Relativa (D.R.%) y Frecuencia de - Ocurrencia (F.O.%) de las especies fúngicas aisladas del aire en el Area Urbana de San Salvador.	37
6	Especies de hongos del aire aislado en las cuatro zonas muestradas en el Area Urbana de San Salvador.	39

INDICE DE FIGURAS

<u>FIGURA N°</u>		<u>Página N°</u>
1	Incidencia quincenal de las especies fúngicas dominantes del aire en el Area Urbana de San Salvador, desde Noviembre 1985 hasta Abril 1986.	41
2	Distribución de los hongos del - aire en el Area Urbana de San Salvador de acuerdo a los grupos taxonómicos.	42
3	Estructura de la comunidad de las cuarenta especies fúngicas del aire en el Area Urbana de San Salvador, de acuerdo a su Densidad y distribuidas en cinco grupos de Frecuencia.	43
4	Variaciones quincenales de los hongos del aire, Humedad Relativa, Temperatura y Velocidad del Viento, en el Area Urbana de San Salvador, desde Noviembre 1985 hasta Abril 1986.	44

RESUMEN

La población de esporas fúngicas llevadas por el aire en el área urbana de San Salvador, fue muestreada quincenalmente desde Noviembre de 1985 hasta Abril de 1986, período que corresponde a la estación seca y de transición. Para este estudio, se dividió el área en cuatro zonas dependiendo de la actividad ahí realizada. En cada zona se expusieron - durante diez minutos, cajas de Petri conteniendo Agar Sabouraud como medio de cultivo, y luego fueron incubadas a temperatura ambiental. Se hizo un análisis cuali-cuantitativo de las 2,398 colonias que se obtuvieron y que resultaron - pertenecer a 40 especies, siendo 4 de la Clase Zygomycetes, 2 Ascomycetes, y 34 Deuteromycetes. No se reportó ninguna - especie de Basidiomycetes.

Las especies dominantes fueron Cladosporium herbarum, Cladosporium sp. y Micelio Estéril Cristalino, en todas las zonas.

La comunidad de esporas fúngicas llevadas por el aire, determinada en este trabajo, presenta la estructura característica de las comunidades bióticas naturales, en las que - pocas especies son comunes y la mayoría son ocasionales.

Comparando las comunidades de hongos aéreos en las cuatro zonas, se determinó que la mayoría de las especies son

comunes a todas.

Al correlacionar los factores climáticos con la incidencia quincenal de esporas en el aire, se pudo establecer que el número de esporas aumenta considerablemente en los días menos húmedos y con vientos fuertes y turbulentos.

INTRODUCCION

El aire es una capa gaseosa que rodea la Tierra y en la que se realizan constantemente diversas reacciones físicas y químicas muy importantes en los procesos vitales. Este contiene numerosas partículas de materia sólida y gran parte de ellas corresponden a estructuras de organismos, tales como células y esporas de bacterias, de mixomicetos, de hongos, de helechos y musgos, algunas de las cuales son causa de alergias (Celsi & Iacobucci, 1963).

Dentro de esta gran gama de organismos presentes en el aire, se encuentran los hongos de manera abundante; organismos que por poseer características especiales han sido considerados pertenecientes a su propio Reino, el Reino Fungi. La ^{Reprod.} velocidad de desarrollo de los hongos y la cantidad de descendencia que producen, ayudan a comprender que el aire libre lleve siempre una pesada carga, aunque invisible, de spora y fragmentos de hifas de hongos, y que toda cosa expuesta en el mismo, por espacio de pocos segundos, haya de estar casi cubierta de ellos (Christensen, 1964).

^{Reprod.} Los hongos desempeñan un papel importante en el desarrollo de infecciones respiratorias, así como también afecciones alérgicas que pueden ser cutáneas y respiratorias, causadas éstas últimas por inhalación de propágulos fúngi-

cos, los que debido a su tamaño y peso son fácilmente dispersados por el viento, que es su principal agente diseminador (Coutiño Bello, 1979).

Investigaciones recientes han sido realizadas por la Asociación de Alergistas de los Estados Unidos y éstas enfatizan la influencia estacional, geográfica y bioclimatológica, las cuales determinan la ocurrencia de esporas fúngicas y sus variaciones sobre extensas regiones o bajo ciertas condiciones dentro de áreas limitadas (Morrow et al., 1964).

Uno de los trabajos más extensos que se han publicado sobre la Micología Aérea es el realizado en Kansas, Estados Unidos, en 1954. Otras investigaciones se han realizado en San Diego, Hónolulú, Inglaterra, Australia, Nueva Zelandia, Israel, Canadá, Africa, Suecia y otros lugares. Estas investigaciones han ayudado a determinar las especies presentes en el aire, y a estimar el número relativo y de ocurrencia de las mismas. También se han establecido los cambios, tanto cualitativos como cuantitativos, que suceden dentro de la comunidad fúngica aérea al cambiar las condiciones medioambientales. Estos datos han permitido realizar una mejor evaluación en cuanto a la importancia relativa de este factor en la incidencia de alergias respiratorias, y por consiguiente, tomar las medidas de control efectivas, ya sean éstas profilácticas y/o terapéuticas, -

utilizando medios apropiados como vacunas preparadas con las especies de hongos que realmente están afectando (Coutiño Bello, 1979).

En vista de la ocurrencia general y de la importancia clínica de alergias por hongos, son de considerable interés datos sobre el número y la clase de hongos que están en el aire en las diferentes estaciones del año. Aparte de ser ayuda a los alergistas, tales datos permiten una comparación interesante con datos recopilados en otros países donde se han realizado estos estudios. Desafortunadamente no existen informes sobre estos aspectos para El Salvador. Con excepción de un estudio realizado en el Cerro Verde en el que se comparó la flora fúngica del suelo con la del aire, no se conocen los hongos que ocurren en el aire de zonas urbanas.

El presente trabajo tiene como objetivo identificar las especies fúngicas presentes en el aire en diferentes zonas de San Salvador durante la época seca, por ser ésta la que presenta mayor concentración de esporas; analizar dichas poblaciones con el fin de establecer los diferentes grupos taxonómicos predominantes y comparar las especies encontradas en las distintas zonas para determinar la similitud de las comunidades fúngicas aéreas.

REVISION DE LITERATURA

Existen sobre la Tierra aproximadamente dos millones de diferentes clases de seres vivientes, en que los hongos forman por lo menos cien mil especies. Algunos de ellos son tan predominantes y abundantes que hay que considerarlos como una de las formas más acertadas de vida. Son pequeños e inconspicuos, pero compensan este aspecto en otras formas que les permiten soportar los golpes del ambiente de modo más adecuado de lo que son capaces el hombre y muchos otros animales superiores (Christensen, 1964).

Reprod → El crecimiento de mohos sobre pan húmedo, cuero húmedo y materia vegetal descompuesta ha sido familiar al hombre desde los primeros tiempos, pero el reconocimiento de este crecimiento como hongo viene sólo con el uso del microscopio compuesto (Ingold, 1971).

Los hongos, son microorganismos eucarióticos, como tales, las células fúngicas poseen por lo menos un núcleo, una membrana nuclear, retículo endoplasmático y mitocondrias. Carecen de la propiedad de la fotosíntesis, ya que son heterótrofos que obtienen sus nutrimentos de sustancias químicas que se encuentran en la naturaleza. La mayoría de los hongos sobreviven secretando enzimas que degradan una amplia variedad de sustratos orgánicos en nutrimentos solubles, los que son absorbidos pasivamente o pasan -

a las células por acción de sistemas de transporte activo (Joklik et al., 1983).

Los hábitats naturales de muchos hongos son el agua, suelo y restos orgánicos en descomposición. Todos los hongos son aerobios obligados o facultativos. Ellos crecen en dos formas morfológicas básicas, como levaduras o como mohos. El término levadura es referido al crecimiento unicelular de éstos y son generalmente esféricos o elipsoidales y varían de 3 a 15 micras de diámetro. Muchas levaduras se producen por gemación, aunque unas pocas presentan fisión binaria. El crecimiento en forma de moho se refiere a la producción de colonias multicelulares filamentosas (Joklik et al., 1983).

Los filamentos de los hongos tienen de 5 a 10 micras de grosor, son generalmente ramificados y se denominan hifas, poseen una pared celular que contiene quitina característicamente. A diferencia de las bacterias y de la mayoría de las levaduras, los mohos crecen formando una masa enmarañada que se extiende rápidamente y que puede llegar a cubrir en 2 o 3 días una superficie de varias pulgadas; esta masa se denomina micelio. La mayor parte de los hongos son inmóviles, si bien pueden tener células reproductoras móviles (Jay, 1973; Pelczar et al., 1982).

Al igual que los demás seres vivos, los hongos reproducen su especie. Todos los hongos, con excepción de unos

pocos, se reproducen por medio de esporas. Una espora es una unidad reproductora especializada que sirve para la reproducción tanto sexual como asexual, y que no posee embrión (Deacon, 1980).

Los hongos producen esporas en grandes cantidades como medio de multiplicar su especie; esta es una de las razones de su éxito. La producción de esporas, tal como la han desarrollado los hongos, es apta para el crecimiento rápido, el viaje largo y una amplia dispersión. La velocidad de desarrollo de los hongos y la gran cantidad de descendencia que producen, ayudan a comprender que el aire posea una gran nube de esporas aunque ésta sea invisible (Christensen, 1964).

Los hongos se dispersan principalmente por las esporas. Estas unidades microscópicas, generalmente unicelulares, aunque a veces multicelulares, contienen algún alimento de reserva que generalmente es aceite o glucógeno. Algunas de estas esporas son meiosporas, como las ascosporas y las basidiosporas, pero muchas son asexuales que se producen por simple diferenciación del talo en crecimiento (Ingold, 1971; Pelczar et al., 1982). Como ejemplo de éstas últimas, Ingold (1971) cita las formas conidiales de los Hongos Imperfectos, las etapas conidiales de los Ascomycetes, las uredosporas de los Uredinales y las esporangiosporas de los Mucorales.

Aunque las esporas, como ya se mencionó antes, son microscópicas, en grupo pueden llegar a ser visibles. Estas varían generalmente en tamaño y forma, las más pequeñas miden aproximadamente 1 micra de diámetro, mientras que las mayores miden unas 300 micras de largo y son lo bastante gruesas como para percibirse a simple vista. La mayoría de las esporas oscilan entre 3 y 30 micras de diámetro o de largo máximo. En cuanto a la forma, varían de esféricas a ovales, pasando por formas en cuarto de luna y de estrella; algunas están enroscadas como los resortes de espirales y otras presentan estructuras ramificadas (Christensen, 1964). Muchas son transparentes y sin color, pareciendo blancas en masas, pero también pueden ser amarillas, rosadas, café, púrpuras o negras. El color de las esporas es una característica taxonómica importante, y éste es debido a la pigmentación en la pared de la espora, aunque pigmentos carotenoides amarillo-anaranjados disueltos en gotas de aceite en el citoplasma, pueden también contribuir al mismo (Ingold, 1971).

Se ha hecho mención que una característica notable de la mayoría de los hongos es la enorme producción de esporas. Sin embargo, en promedio, no más de una espora de cada uno tiene éxito en su función reproductora, ya que cada especie está más o menos en equilibrio, y el número de sus individuos, aunque puede fluctuar de año a año, usualmente no muestra incremento constante (Christensen, 1964).

Este autor ha señalado que un cuerpo fructífero grande de Calvatia gigantea contiene más de 7×10^{12} esporas, y que un esporocarpio de Agaricus campestris produce 16,000 millones de esporas en un período de 24 horas. Christensen también menciona que el hongo Ganoderma applanatum frecuentemente encontrado en los bosques, puede producir 350,000 esporas por segundo, durante seis meses. Gregory & Hirst (1957) registraron un máximo de concentración de 37,000 esporas por metro cúbico de aire en un establo e Ingold (1971) señala que una colonia de moho azul (Penicillium sp.) de 2.5 cm de diámetro, puede producir 400,000,000 conidios. Estos ejemplos nos dan una idea de la capacidad de producción de esporas que tienen los hongos y que éstas, al quedar en contacto con personas susceptibles, puedan producir alergias.

A pesar que las esporas son esencialmente unidades de dispersión, algunas, sin embargo, son solamente estructuras de reposo que los hongos producen en un período desfavorable, tal como el frío del invierno en zonas templadas o una prolongada sequía. Estas esporas son dispersadas por diferentes agentes como el viento, el agua y algunos animales, especialmente insectos (Christensen, 1964). Un importante atributo de las esporas es su retención del poder de germinación, ya que ellas pueden ser transportadas a grandes distancias y al final del viaje son capaces de crecer (Ingold, 1971).

Ya que la gran mayoría de hongos son dispersados a través del aire, el comportamiento de las esporas en el mismo es de especial interés. Debido a que son tan pequeñas y disponen de una superficie tan grande en relación a su masa, éstas caen en el aire quieto con sorprendente lentitud. Las esporas son tan flotantes que un rayo de luz proyectado a través de un tubo en que están cayendo, crea corrientes suficientemente fuertes para mandarlas en torbellino hacia lo alto (Christensen, 1964).

La velocidad de caída de cierto número de esporas de hongos se ha medido en el aire quieto y se ha encontrado que para una spora esférica, su velocidad de caída está gobernada por la Ley de Stokes, la cual dice: "Que la velocidad de caída es directamente proporcional al cuadrado de su radio y cuando una spora es alargada, su velocidad final es reducida comparada con la de una esférica del mismo volumen" (Ingold, 1971). Así se ha encontrado que esporas de unas 80 micras de largo por 25 de ancho, caen 30 cm en medio minuto; contrariamente, algunas de las más pequeñas, de menos de 5 micras de largo, caen 30 cm en un tiempo de 5 a 30 minutos (Christensen, 1964).

Las corrientes de aire llevan regularmente las esporas de muchas clases de hongos a alturas de varios kilómetros. En 1935, el globo Explorer II llevó una trampa para esporas, la cual fue expuesta a 10,800 metros de altura,

encontrando esporas viables de hongos (Christensen, 1975, citado por Coutiño Bello, 1979). De ahí que, si las corrientes de aire llevan las esporas a esa altura, las corrientes de convección que se producen en toda masa de aire pueden mantenerlas suspendidas en la atmósfera casi indefinidamente. Si las masas de aire descienden, asimismo bajan las esporas (Christensen, 1964). Las esporas de hongos y bacterias son las más frecuentemente encontradas en el aire a nivel del suelo, cuya concentración promedio en el verano es de 10,000 por metro cúbico; sin embargo, existen períodos en los que aumenta esa cantidad (Hawker & Linton, 1971, citado por Coutiño Bello, 1979).

Aunque la mayoría de los muestreos del aire han sido realizados a un nivel cercano de la tierra, también se han hecho estudios a grandes alturas en la atmósfera por medio de globos, con los que se han encontrado esporas viables a 60,000 o 90,000 pies, por medio de trampas para esporas, pero la concentración de las mismas fue extremadamente baja, cerca de una espora por 2,000 pies cúbicos de aire. Actualmente sondas exploratorias de vida están siendo desarrolladas para usar desde vehículos espaciales operando en el espacio; así pronto se tendrá información concerniente a la presencia o ausencia de esporas en alturas mucho mayores (Bruch, 1967, citado por Ingold, 1971).

Las gotas de lluvia en su caída arrastran esporas del

aire. De acuerdo con experimentos realizados, las primeras gotas de una tormenta pueden estar muy cargadas con esporas de hongos, pero a medida que la lluvia se prolonga, cada vez se encuentran menos en las gotas (Christensen, 1964). Pero de cualquier manera, el aire lleva suficiente cantidad de esporas de modo que la mayoría de los seres vivos - comemos, bebemos e inhalamos una buena porción de estas esporas tanto en invierno como en verano.

El contenido de esporas en el aire ha sido ampliamente investigado. El estudio sistemático de la Microbiología de la atmósfera comenzó hace un siglo, con la esperanza de encontrar la fuente de enfermedades epidémicas, tales como cólera y tifoidea. El aire libre ha sido siempre una fuente de infecciones y ha tenido complicidad en las peores enfermedades humanas y animales. Los primeros trabajos se realizaron en el Observatorio de Montsouris en París con el trabajo del bacteriólogo Pierre Miquel (1850-1922), quien diseñó técnicas para analizar el contenido diario de microorganismos presentes en el aire (Gregory, 1960).

A finales del último siglo, investigadores tales como Pasteur, Cunningham y Miquel, hicieron considerables contribuciones al estudio de la Aerobiología. Luego el interés disminuyó hasta que fue reanudado a mediados del presente siglo por los patólogos de plantas Stakman y Christensen, el biólogo Gregory y los alergistas Durham, Hayde

y Williams (Ingold, 1971).

La mayor parte de las investigaciones de la micoflora del aire se han hecho a nivel del suelo y del área que normalmente habita el hombre, animales y vegetales. Se ha encontrado que muchas de las esporas presentes en la atmósfera del exterior de las habitaciones también se han detectado en el interior, ya que son introducidas por las corrientes de aire. A pesar de esto, el tipo de micoflora de los interiores varía dependiendo del número y clase de habitantes, así como la actividad animal y humana que se realice, el tipo de ventilación, presencia de muebles, etc. (Coutiño Bello, 1979).

➤ Recientemente se ha demostrado que los agentes de enfermedades micóticas en el hombre pueden ser adquiridas por vía aérea. En Melbourne, Australia, haciendo estudios sobre micosis superficiales, se encontró que varios hongos patógenos y saprófitos provenían de esporas llevadas por el aire (Derrick & McLennan, 1963). Estudios realizados en San Diego, Estados Unidos, por Harsh y Allen (1945), demostraron que algunos hongos del aire como Hormodendrum (Cla-dosporium) y Alternaria, causaban enfermedades epidérmicas, siendo los niños más sensibles a ellas.

Gregory & Lacey (1963) reportaron que el polvo que desprende el heno almacenado en una granja contiene abundan

tes esporas fúngicas que pertenecían a Aspergillus glaucus, A. fumigatus, A. nidulans, Penicillium sp., Mucor pusillus y otros más que dan origen a enfermedades pulmonares en los granjeros. En México, corresponden a estos mismos géneros los hongos causantes de alergias respiratorias, en donde, se realizaron análisis de muestras de polvo de casas, aislándose Aspergillus fumigatus en el 80% de las muestras (González Ochoa & Orozco, 1943, citado por Coutiño Bello, 1979).

En 1961, Gregory introdujo el concepto de "esporada aérea" ("air spora") para definir la "población de partículas aéreas de origen animal o vegetal" (Ingold, 1971). La incidencia atmosférica de estas esporas llevadas por el aire ha sido determinada mediante el empleo de diversos métodos de muestreo. Uno de ellos ha sido el atrapar esporas sobre una lámina pegajosa que se protege de la lluvia y se coloca de tal manera que el aire libre tenga acceso. Después de un período de exposición, una área definida de la lámina es analizada y las esporas identificadas y contadas. La ventaja que presenta este método es su simplicidad, pero tiene la desventaja de poseer escaso valor para trabajos cuantitativos debido a que el número de esporas depositadas sobre las láminas depende de diversos factores variables, siendo uno de ellos el tamaño de las mismas. Bajo condiciones relativamente tranquilas, las esporas más grandes son sedimentadas más rápidamente que las pequeñas. Con

diciones de turbulencia favorecen, además, la impactación de las esporas más grandes, y el volumen de aire muestreado en un tiempo dado depende de la velocidad del viento. Uno de los problemas fundamentales presentados por este método es el de la identificación, ya que muchas esporas tienen la misma forma. El otro problema es que es imposible distinguir por una mera inspección entre esporas viables y muertas. Estas limitaciones han llevado a muchos investigadores a preferir, atrapar esporas sobre superficies de agar enriquecido, expuestas brevemente al aire en cajas de Petri. Una incubación posterior permite que las esporas se desarrollen en colonias que pueden ser identificadas. Este método, al igual que el anterior, presenta limitaciones. La naturaleza de los medios enriquecidos afecta diferencialmente las esporas que se desarrollan, los hongos que crecen rápidamente tienden a inundar aquellos que crecen más lentamente y muchas esporas viables como las de parásitos obligados de plantas, no son capaces de producir colonias sobre agar. Otra limitación es que las partículas menores de 30 micras son atrapadas con menor eficiencia, y cuando las cajas son expuestas al aire libre, la velocidad del viento afecta también la deposición (Ingold, 1971; Upsher & Griffiths, 1973).

Debido a que en el método de las cajas expuestas es necesaria la selección del período de exposición de las mismas para obtener un número razonable de esporas por ca-

jas de Petri y un número promedio para obtener colonias - con buena esporulación, Upsher (1985) realizó exposicio-- nes con diferentes períodos de duración y encontró que - las tasas de deposición bajaron con períodos largos de ex^u posición, y el alto porcentaje inicial fue una consecuen- cia de la turbulencia asociada con la remoción y repositi-- ción de la tapa. Resultados obtenidos en ese estudio mues^u tran que el porcentaje total de deposición de esporas fue más grande para la exposición más breve (5 minutos). Este método de cajas expuestas ha sido ampliamente empleado en investigaciones de esporas llevadas por el aire en todo - el mundo, particularmente en Europa y Norte América, así como en Australia, Nueva Zelanda, Israel y Sur Africa - (Derrick & McLennan, 1963). Estudios se han llevado a ca- bo también en zonas tropicales, como las realizadas en Cu^u ba por Alvarez y Castro (1952), en Hawaii por Myers (1956), en Méxido por Coutiño Bello (1979) y otros, y en El Salva- dor en el Cerro Verde por Arias Bonilla (1981).

A pesar de sus defectos, estos métodos de muestreo - de esporas del aire han dado valiosa información sobre el comportamiento de las mismas. Con el fin de obtener una - información más completa acerca de las esporas del aire, Kramer et al. (1959) y Pady & Gregory (1963) realizaron - muestreos aerobiológicos empleando los métodos de cultivo y de las láminas pegajosas, al mismo tiempo. El número de esporas contadas visualmente se comparó con el número de

colonias obtenidas en cultivos, y el rango obtenido fue usado para evaluar la viabilidad de las esporas. Sin embargo, fueron necesarios muchos cuidados al comparar los resultados de ambos métodos, ya que muchos hongos fueron incapaces de crecer en medios artificiales. Esporas de royas, mildiús Cercospora y Septoria fueron comunes en las láminas, pero las colonias estuvieron ausentes en las cajas. Caso contrario ocurre con Penicillium y Aspergillus que no son posibles de identificar sólo en base a sus esporas en las láminas, pero sí por sus colonias en las cajas de Petri.

Para determinar el número de esporas por unidad de volumen de aire, usualmente un metro cúbico, se han desarrollado las llamadas "trampas volumétricas". El primer aparato de este tipo fue elaborado por Frankland en 1887 para la estimación cuantitativa de microorganismos en la atmósfera. Uno más moderno es el "Impactor de Cascada" desarrollado por May en 1945. Una modificación de éste último es el "Hirst Spore Trap", diseñado por Hirst en 1952, que ha llegado a ser el aparato standard usado en la mayoría de los estudios aerobiológicos (Ingold, 1971). Esta trampa fue utilizada por Pawsey (1964) en su investigación sobre la población de esporas del aire de Nottingham, Inglaterra; así como también por Rooks et al. (1960) en su trabajo sobre la incidencia de esporas de Homodendrum (Cladosporium) y Alternaria llevadas por el aire en Iowa.

Estos muestreos volumétricos han sido empleados como un intento para establecer más exactamente la incidencia de ciertas esporas llevadas por el aire. El principio de estos métodos es el choque o impactación de partículas - contenidas en un volumen determinado de aire sobre una lámina engrasada o una caja de Petri con agar enriquecido (Ingold, 1971).

Los resultados de estudios realizados por micólogos de la Asociación de Alergistas de los Estados Unidos, han revelado cierto patrón general de distribución basado en la ocurrencia de los hongos más frecuentemente encontrados. Estos estudios enfatizaron la influencia estacional, geográfica y bioclimatológica, las cuales determinan la ocurrencia fúngica y la variación sobre extensas regiones, o bajo ciertas condiciones dentro de áreas más limitadas. Se han encontrado como géneros dominantes universales a Hormodendrum (Cladosporium), Alternaria, Aspergillus, Penicillium, Pullularia, Fusarium, Trichoderma, Helminthosporium, Curvularia, Cryptococcus y levaduras pigmentadas como Rhodotorula (Morrow et al., 1964).

Factores climatológicos como alta temperatura atmosférica, temperatura del suelo, sol, turbulencia, radiación y baja humedad, pueden tener un efecto adverso en las esporas de muchos de los hongos llevados por el aire. Se ha comprobado que la luz inhibe la germinación inicial de -

uredosporas de Puccinia graminis, aunque la misma no fue permanente; sin embargo, se ha encontrado que algunas esporas como Cercospora, germinan mejor en la luz que en la oscuridad (Pathak & Pady, 1965).

Información sobre la retención de viabilidad por las esporas en las masas de aire es de fundamental importancia, especialmente cuando el transporte de las mismas por el aire es prolongado. Fuertes vientos continuos pueden llevar las esporas a considerables distancias con el resultado de pérdida de viabilidad. Gregory (1961, citado por Pathak & Pady, 1965) ha señalado la importancia de la viabilidad en estudios de transporte aéreos y expresa que cuando la nube de esporas llega a otro lugar lejos de la fuente de emisión, pocas de ellas son viables o tal vez todas pueden estar muertas.

Se ha empleado el método de cultivo y el de láminas pegajosas simultáneamente en los estudios de viabilidad de las esporas, ya que una comparación de números de esporas con el número de colonias, provee información sobre el problema de viabilidad de las esporas. Por ejemplo, en Kansas se encontró que durante el verano el porcentaje de esporas viables en el aire disminuye hasta un 20 a 25%; mientras que en el otoño, invierno y primavera, el porcentaje de viabilidad fue entre 70 y 90% (Kramer et al., 1959).

Alvarez & Castro (1952) han señalado la importancia -

de la velocidad del viento como un factor importante en la evaluación del contenido de esporas del aire. Rich & Waggoner (1962), investigando la población de esporas en el aire de Nottingham, Inglaterra, reportaron que los conidios de Cladosporium son liberados al aire como un resultado de la elevada turbulencia mostrada por éste durante la mañana, lo que causaba su dispersión desde la fuente de origen. Este patrón de dispersión fue influenciado también por la dirección del viento. Sin embargo, el contenido de esporas tiende a ser más alto en días de mucho viento que en días calmados, sin importar la dirección del viento (Pawsey, 1964).

La población de esporas llevadas por el aire cambia de estación a estación, de día a día, y a menudo de hora a hora. En cuanto a la variación estacional, éstas tienen similitud en diferentes lugares de Europa y Norte América, pero los máximos de concentración dependen de los factores climáticos que varían de país a país (Ripe, 1962). A manera de ejemplo sobre lo anterior, se encontró que en Inglaterra los hongos más comunes durante los meses de verano fueron Cladosporium, Pullularia pullulans, Alternaria, Botrytis y Epicoccum; mientras que durante los meses de invierno y primavera, Aspergillus, Oospora y Penicillium; Stemphylium y Alternaria fueron más frecuentes al final del verano y otoño, pero escasos durante el resto del año (Pawsey & Heath, 1964).

Aunque existe una relación entre el número de hongos y la variación de temperatura durante las estaciones, la cantidad de lluvia tiene gran influencia en la elevación o disminución de los números promedios de esporas, sobre períodos de varios días dentro de las estaciones (Kramer et al., 1959). Esto fue notorio en Australia, donde Usher & Griffiths (1973) encontraron que Geotrichum fue el hongo más abundante a mediados de la estación húmeda, Lep tosphaerulina preferentemente al final de la estación húmeda y fresca, Cladosporium en toda la estación seca, Epicoccum y Nigrospora durante la parte más caliente de la estación seca, y Curvularia y Trichoderma en la parte más caliente de la época lluviosa.

En Kansas, las temperaturas altas mostraron tener un pequeño efecto sobre el número de esporas en el aire, pero altas temperaturas acompañadas por sequía bajaron más la población de esporas. En cambio, cuando las temperaturas fueron aproximadamente iguales, pero con una humedad adecuada, la cantidad de esporas fue mucho más alta (Kramer et al., 1959).

La periodicidad diurna en organismos llevados por el aire fue observado por primera vez por Miquel en Francia en 1984. Pero no fue hasta 1961 que Gregory estableció varios patrones de periodicidad diurna para 28 esporas de hongos llevados por el aire (Gregory, 1961, citado por Pa

thak & Pady, 1965). Pathak & Pady observaron que Alternaria presentó un máximo de concentración de esporas al mediodía; en cambio, alta concentración de esporas de Cladosporium fue obtenida temprano en la tarde. Estas fluctuaciones en las concentraciones diarias indican cómo el contenido de esporas del aire pueden sufrir alteraciones rápidas, las que son debidas a factores climáticos. El cambio repentino de hora a hora en el contenido de esporas indica a su vez, que no hay una mezcla homogénea de esporas en un volumen dado de aire, lo que muestra que las nubes de esporas son formadas prevaleciendo uno o varios tipos de esporas (Rooks et al., 1960).

En trabajos realizados al aire libre en Washington en 1952, los resultados obtenidos mostraron que el contenido de esporas en el aire difiere enormemente con el lugar de muestreo (Gregory, 1960). Resultados obtenidos en áreas rurales del centro y sur de Inglaterra en 1952, indicaron que el mayor cambio de la concentración de esporas depende del tiempo y de la fenología de la vegetación local y su flora fúngica asociada (Gregory & Hirst, 1957). De aquí que las concentraciones de esporas son mucho más elevadas en el aire de bosques que en el de ciudades (Adams et al., 1968, citado por Ingold, 1971).

Los hongos no están presentes en el aire sólo en forma de esporas, la presencia de numerosos fragmentos de hi

fas en el aire ha sido descubierto recientemente. En Kansas, los fragmentos de hifas fueron constantes a través de todo el año, con mayores números durante la época de crecimiento. Muchas de las hifas del aire son viables y capaces de germinar. La presencia de éstas, así como la de esporas fúngicas, varía con las estaciones, y de día a día. Estos fragmentos de hifas varían de 5 a 15 micras de tamaño y pueden ser simples o bifurcadas, coloreadas o transparentes. Para determinar la identidad de los fragmentos de hifas viables, los que germinaron fueron aislados y transferidos a tubos de cultivo conteniendo Agar Papa-Dextrosa. Al examinarlos después de siete días, se encontró que habían producido colonias de Cladosporium, Alternaria y Penicillium. El hecho de que muchos de estos fragmentos son viables, sugiere que son componentes importantes de la micoflora aérea, así como parte del mecanismo de reproducción asexual y de dispersión de los hongos, y potencialmente capaces de actuar como alérgenos (Pady & Kramer, 1960; Pady & Gregory, 1963).

MATERIALES Y METODOS

Descripción de las áreas de estudio

Para la realización de este estudio comparativo, se clasificaron los lugares de muestreo en diferentes zonas, siguiendo los criterios detallados a continuación:

a) Zona Residencial:

Son aquellas zonas destinadas a proporcionar vivienda a los habitantes, pudiendo ser éstas de diferentes tipos: viviendas mínimas, de dos plantas, multifamiliares, etc., las cuales constan de un área construida y otra libre o zona verde destinada a la iluminación y ventilación. El número de habitantes varía dependiendo del tipo de vivienda. La circulación de personas y vehículos es escasa. También están incluidos en esta zona, escuelas y campos deportivos.

b) Zona Comercial:

Estas están destinadas para actividades laborales de carácter comercial, tales como: oficinas, almacenes, edificios directivos, etc., las cuales generalmente están ubicadas en los centros de las ciudades. A diferencia de las residenciales, poseen una población fluctuante, ya que está en función de las horas de trabajo. El área verde está prácticamente suprimida, siendo ésta destinada a estacionamiento. La circulación es de gran movimiento, tanto de personas como de vehículos.

c) Zona Industrial:

Son las destinadas exclusivamente a actividades del trabajo organizado, las cuales están ubicadas en la periferia de las ciudades. La población, al igual que en la comercial es fluctuante. Las áreas ocupadas son extensas, y en éstas la vegetación está suprimida.

d) Crematorio:

Son consideradas como áreas nocivas a la salud, ya que están destinadas a la incineración de los materiales de desecho de los núcleos urbanos.

Método Microbiológico de Campo

Para el estudio de las esporas fúngicas presentes en el aire, se realizaron doce muestreos quincenales durante un período de seis meses, comprendidos desde Noviembre de 1985 a Marzo de 1986, que corresponde a la época seca; también se incluyó el mes de Abril del mismo año, por ser considerado de transición entre las estaciones seca y húmeda. Las muestras se tomaron al inicio y mediados de cada mes, en horas de la mañana, entre las 7:00 a.m y 10:00 a.m.

Se utilizó el método de las cajas de Petri expuestas al aire empleado por Upsher & Griffiths (1973) y Frey & Durie (1960), usando Agar de Sabouraud como medio de cultivo.

En las zonas delimitadas para el estudio, se expusie-

ron al aire, un metro arriba del suelo, dos cajas de Petri conteniendo 25 ml. de medio de cultivo cada una. El tiempo de exposición fue de diez minutos.

Las condiciones metereológicas tales como Temperatura, Humedad Relativa y Velocidad del viento, para el día de la exposición, fueron obtenidas de la Estación Metereológica de Comalapa del Servicio Metereológico Nacional. Los dos primeros se reportaron como promedios de valores diarios - cada quince días durante toda la época de muestreo: en cambio, valores de velocidad del viento fueron específicos - del día de muestreo.

Método Microbiológico de Laboratorio

Las cajas de Petri expuestas fueron llevadas al laboratorio y se incubaron a temperatura ambiental por un período promedio de cuatro días, hasta detectar la presencia de hongos. Las colonias obtenidas se observaron macroscópicamente y microscópicamente, utilizando para este último examen solución de Lactofenol-Azul Tripán como medio de montaje y colorante (Escobar, 1985). Los hongos obtenidos se determinaron por medio de bibliografía específica como la de Gilman (1963), von Arx (1970), Kendrick & Carmichael (1973) y Escobar (1979).

Método Estadístico

Los valores estadísticos determinados fueron: la Den

sidad Relativa (D. R.%) y la Frecuencia de Ocurrencia (F.O.%) de las especies fúngicas encontradas. Estos datos se obtuvieron mediante las siguientes ecuaciones (Arias - Bonilla, 1982):

$$D. R. = \frac{N^{\circ} \text{ de colonias de una especie}}{N^{\circ} \text{ Total de colonias}} \times 100$$

$$F. O. = \frac{N^{\circ} \text{ de muestreos en que ocurrió una especie}}{N^{\circ} \text{ Total de muestreos}} \times 100$$

Con el fin de comparar las comunidades de los hongos del aire presentes en las diferentes zonas urbanas muestreadas, se utilizó el Cociente de Similitud de Sørensen (SQ_s), cuya fórmula se presenta a continuación (Arias Bonilla, 1982):

$$SQ_s = \frac{2 C}{A+B} \times 100$$

donde

A = N° total de especies en el sitio 1

B = N° total de especies en el sitio 2

C = N° de especies comunes para ambos sitios.

RESULTADOS

Durante los muestreos realizados en cuatro zonas caracterizadas por poseer diferente actividad dentro del área urbana de San Salvador, se obtuvo un total de 2,398 colonias de hongos del aire, correspondientes a 27 géneros y 40 especies diferentes. De las cuatro zonas muestreadas, la Industrial presentó un total de 713 colonias correspondientes a 30 especies diferentes; el crematorio, 688 colonias y 27 especies; la residencial, 566 colonias y 19 especies; la Comercial, 431 colonias y 26 especies. El mayor número de estas colonias corresponde a especies pertenecientes a la Clase Deuteromycetes, representando el 99.25% del total de colonias. En menor cantidad se obtuvieron las Clases Zygomycetes y Ascomycetes, con porcentajes de 0.63% y 0.12%, del total de colonias respectivamente, apareciendo algunos de estos hongos sólo en determinadas zonas y de una manera esporádica.

La Zona Industrial presenta el mayor número de colonias de Micelio Estéril Cristalino de las cuatro zonas, con un total de 149 colonias. También, este hongo fue el único presente en todos los muestreos en esta zona, siguiéndole en orden de frecuencia Cladosporium herbarum. Este último aportó 383 colonias del total de las 713 obtenidas en esta zona. Además, Syncephalastrum racemosum, Aureobasidium pullulans y Penicillium sp.₆ sólo fueron aisla-

dos en esta zona, contribuyendo con un bajo número de colonias y apareciendo sólo en uno de los muestreos (Tabla 1).

La Tabla 2 muestra que en el Crematorio se obtuvieron 402 colonias de Cladosporium herbarum, siendo este valor el más alto de las cuatro zonas. Sin embargo, en esta zona se reportó el menor número de Micelio Estéril Cristalino. Esporas de Mucor sp. de la Clase de Zygomycetes, y de Saccharomyces y Saccharomycodes de los Ascomycetes, fueron halladas en esta zona.

En la Zona Residencial (ver Tabla 3) sólo se reportaron esporas pertenecientes a las Clases Zygomycetes y Deuteromycetes, siendo los más abundantes dentro de ésta última, Cladosporium herbarum con un total de 333 colonias y Micelio Estéril Cristalino con 110 colonias. Estos se encontraron presentes durante todos los muestreos, y fueron las especies predominantes alcanzando valores de Densidad Relativa de 58.52% y 19.43%, respectivamente.

En la Zona Comercial (Tabla 4), al igual que en la Zona Residencial, Cladosporium herbarum y Micelio Estéril Cristalino fueron los hongos de mayor incidencia, aunque en esta zona, el total de colonias de éstos últimos fue menor que el obtenido en la Residencial. También fueron aisladas colonias de Acremonium sp., Candida sp. y Penicillium sp., las cuales no fueron reportadas en otras zonas.

En la Tabla 5 se aprecia el total de colonias fúngicas obtenidas por muestreo, desde Noviembre de 1985 hasta Abril de 1986, y la variación de dicha población en cuanto a la Densidad Relativa y Frecuencia de Ocurrencia de cada especie aislada en el área urbana de San Salvador. La mayor cantidad de hongos fue registrada a finales de Marzo, con 1,012 colonias; la más baja, se reportó a principios de Abril. La mayor diversidad, con 19 especies, se obtuvo en la primera quincena de Noviembre; la mínima, con 11 especies, en la segunda quincena de Abril. Cladosporium herbarum, con un total de 1,328 colonias, fue la especie más común presentando un 100% de Frecuencia de Ocurrencia y una Densidad Relativa total de 55.38%. Micelio Estéril Cristalino fue el próximo, pero sólo con el 18.85% del total de colonias.

La Figura 1 muestra la incidencia quincenal de las tres especies dominantes, que fueron Cladosporium herbarum, Cladosporium sp. y Micelio Estéril Cristalino. La curva sobresaliente pertenece a Cladosporium herbarum, el cual tiene un pico máximo a finales de Marzo. Lo mismo ocurre con Cladosporium sp., aún cuando éste presentó niveles bajos en el resto de los muestreos. Micelio Estéril Cristalino muestra sus máximos durante la primera quincena de Diciembre 1985 y la segunda quincena de Marzo de 1986. Al principio y al final de la época seca, se puede observar que estos hongos tienen sus valores mínimos de ocurrencia.

La distribución de las especies fúngicas, arregladas por grupos taxonómicos, es mostrada en la Figura 2, en la que se relaciona el número de especies de cada grupo con la suma de su densidad. Se representan separadamente Cladosporium herbarum, Micelio Estéril Cristalino y Cladosporium sp., ya que estas especies, aisladamente, alcanzaron altos valores de densidad relativa: 55.38%, 18.85% y 8.80% respectivamente. El resto de las especies pertenecientes a la clase Deuteromycetes, contribuyen con 16.21% al total de la población de esporas fúngicas presentes en el aire. Dentro de esta Clase, el género Aspergillus presentó el mayor número de especies, el cual fue de siete, siguiéndole el género Penicillium con seis especies diferentes (Ver Tabla 6). El total de especies pertenecientes a los Deuteromycetes fue de 31. El grupo de los Zygomycetes, con cuatro especies, aportó a la población fúngica del aire solamente el 0.63%, y las dos especies de Ascomycetes, el 0.12%.

En la Figura 3 se representa la estructura de la comunidad de las especies fúngicas llevadas por el aire, distribuidas en cinco grupos de Frecuencia, relacionando el número de especies de cada grupo con la suma de sus Densidades Relativas. De las cuarenta especies encontradas, la mayoría (19) sólo son transitorias, con la más baja Frecuencia (menos del 20%) y Densidad (1.9%). En cambio, sólo seis especies estuvieron ampliamente distribuidas -

(81-100% de Frecuencia), con un valor de Densidad Relativa de 90.54%, constituyéndose en parte integral de la comunidad.

La Tabla 6 muestra las diferentes especies de los grupos taxonómicos que fueron reportados en las cuatro zonas muestreadas, y permite realizar una comparación de las comunidades fúngicas de dichas zonas por medio del Coeficiente de Similitud de Sörensen. Los valores obtenidos a partir de esta comparación fueron los siguientes: de la zona Residencial con la Comercial, Industrial y Crematorio: - 74.42%, 68.09% y 68.18%, respectivamente. Zona Comercial - con la Industrial y Crematorio, 75% y 75.47%; y de la zona Industrial con el Crematorio, 80.70%. Solamente catorce especies, del total de reportadas (40), fueron comunes para las cuatro zonas.

La Figura 4 muestra la variación en el contenido de hongos del aire durante la estación seca en relación con la Humedad Relativa, Temperatura y Velocidad del Viento. Para una mejor ilustración de esta variación, los valores graficados han sido estimados en base a promedios quincenales para los dos primeros parámetros, mientras que los valores de Velocidad del viento corresponden a los días en que se efectuó el muestreo. Los valores de Humedad Relativa oscilaron entre 60% y 75%, los de Temperatura fueron de 23.5°C hasta 26.6°C y la Velocidad del viento entre 12 Km/h

y 40 Km/h. La Figura 4 muestra que la mayor concentración de hongos en el aire se registró en la segunda quincena - del mes de Marzo, en la que se combina una Humedad Relativa baja (60%) con vientos fuertes y turbulentos (35 Km/h).

TABLA 1. Número de colonias, Densidad Relativa (D.R. %) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O. %) de cada una de las especies fúngicas aisladas del aire de la Zona Industrial de San Salvador, desde Noviembre de 1985 hasta Abril de 1986.

ESPECIE	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total Colon.	D.R. (%)	F.O. (%)
ZYGOMYCETES									
<u>Syncephalastrum racemosum</u>	-	-	-	-	-	3	3	0.42	8.33
<u>Rhizopus oryzae</u>	1	-	1	-	-	-	2	0.28	16.67
<u>Rhizopus stolonifer</u>	-	-	-	-	1	1	2	0.28	16.67
DEUTEROMYCETES									
<u>Cladosporium herbarum</u>	1	9	23	19	6	17	10	13	232
<u>Micelio Estéril Crist.</u>	7	6	14	12	11	5	11	3	65
<u>Cladosporium sp.</u>	-	-	1	-	16	12	10	6	32
<u>Micelio Estéril Oscuro</u>	-	-	1	-	5	4	1	4	-
<u>Aspergillus candidus</u>	-	1	-	-	2	2	1	1	-
<u>Penicillium sp.3</u>	1	-	-	2	1	-	1	1	-
<u>Aspergillus oryzae</u>	-	-	1	-	2	1	1	2	-
<u>Fusarium sp.</u>	-	1	3	-	-	-	-	-	-
<u>Aspergillus glaucus</u>	-	-	-	-	-	1	1	2	-
<u>Aspergillus ustus</u>	-	-	-	-	-	-	-	4	-
<u>Gliocladium roseum</u>	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<u>Penicillium sp.4</u>	-	1	-	-	-	-	-	2	-
<u>Penicillium sp.5</u>	-	-	-	2	2	-	-	-	-
<u>Rhodotorula sp.</u>	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<u>Cryptococcus sp.</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Geotrichum candidum</u>	1	-	-	-	1	-	-	-	-
<u>Torulopsis sp.</u>	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<u>Verticillium sp.</u>	-	2	-	-	-	-	-	-	-
<u>Aspergillus versicolor</u>	-	-	-	-	1	-	-	-	-

TABLA 1. Cont.

ESPECIE	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total Colon.	D.R. (%)	F.O. (%)
<u>Aureobasidium pullulans</u>	-	1	-	-	-	-	1	0.14	8.33
<u>Gonatobotryum aff. apiculatum</u>	-	-	1	-	-	-	1	0.14	8.33
<u>Hyalodictys degenerans</u>	-	1	-	-	-	-	1	0.14	8.33
<u>Monilia sitophila</u>	-	1	-	-	-	-	1	0.14	8.33
<u>Oidiendron sp.</u>	1	-	-	-	-	-	1	0.14	8.33
<u>Paecilomyces sp.</u>	-	-	-	-	-	-	1	0.14	8.33
<u>Penicillium sp.2</u>	-	1	-	-	-	-	1	0.14	8.33
<u>Penicillium sp.6</u>	-	-	-	1	-	-	1	0.14	8.33
Total de Colonias	12	48	79	40	340	9	713		
% del Total	1.68	6.73	11.08	5.61	47.69	1.26			

TABLA 2. Número de colonias, Densidad Relativa (D.R. %) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O. %) de cada una de las especies fúngicas aisladas del aire del Crematorio de San Salvador, desde - Noviembre de 1985 hasta Abril de 1986.

ESPECIE	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total Colon.	D.R. (%)	F.O. (%)
ZYCOMYCETES									
<u>Rhizopus stolonifer</u>	-	-	-	-	1	-	2	0.29	16.67
<u>Mucor sp.</u>	1	-	-	-	-	-	1	0.15	8.33
ASCOMYCETES									
<u>Saccharomyces sp.</u>	2	-	-	-	-	-	2	0.29	8.33
<u>Saccharomyces sp.</u>	1	-	-	-	-	-	1	0.15	8.33
DEUTEROMYCETES									
<u>Cladosporium herbarum</u>	9	16	33	4	2	2	402	58.43	100
<u>Micelio Estéril Crist.</u>	8	21	5	12	7	3	91	13.23	100
<u>Cladosporium sp.</u>	-	2	5	1	40	1	58	8.43	58.33
<u>Micelio Estéril Oscuro</u>	-	3	3	3	3	-	27	3.92	41.67
<u>Torulopsis sp.</u>	15	2	-	4	-	-	21	3.05	25
<u>Penicillium sp.3</u>	-	-	2	6	1	-	12	1.74	41.67
<u>Aspergillus ustis</u>	-	-	-	2	-	-	11	1.60	16.67
<u>Aspergillus oryzae</u>	2	-	-	1	2	2	10	1.45	58.33
<u>Aspergillus glaucus</u>	-	2	-	1	6	-	9	1.31	25
<u>Penicillium sp.4</u>	-	1	-	1	1	1	6	0.87	50
<u>Paecilomyces sp.</u>	5	-	-	-	-	-	5	0.73	8.33
<u>Rhodotorula sp.</u>	1	4	-	-	-	-	5	0.73	16.67
<u>Fusarium sp.</u>	-	1	1	-	-	-	4	0.58	25
<u>Monilia sitophila</u>	-	-	1	-	1	-	4	0.58	33.33
<u>Aspergillus versicolor</u>	1	-	-	-	-	1	3	0.44	25
<u>Penicillium sp.5</u>	-	1	-	-	1	1	3	0.44	25
<u>Verticillium sp.</u>	2	1	-	-	-	-	3	0.44	16.67

TABLA 2. Cont.

ESPECIE	NOV		DIC		ENE		FEB		MAR		ABR		Total Colon.	D.R. (%)	F.O. (%)
<u>Aspergillus candidus</u>	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	2	0.29	16.67
<u>Aspergillus fumigatus</u>	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.29	8.33
<u>Geotrichum candidum</u>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.15	8.33
<u>Gliocladium roseum</u>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0.15	8.33
<u>Oidiodendron sp.</u>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.15	8.33
<u>Penicillium sp.2</u>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.15	8.33
Total de Colonias	41	25	51	30	50	35	33	19	24	350	9	21	688		
% del Total	5.96	3.63	7.41	4.36	7.27	5.09	4.80	2.76	3.49	50.87	1.31	3.05			

TABLA 3. Número de colonias, Densidad Relativa (D.R. %) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O. %) de cada una de las especies fúngicas aisladas del aire de la Zona Residencial de San Salvador, desde de Noviembre de 1985 hasta Abril de 1986.

ESPECIE	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total Colon.	D.R. (%)	F. O. (%)
ZYGOMYCETES									
<u>Rhizopus stolonifer</u>	-	-	-	-	1	-	2	0.35	16.67
<u>Rhizopus oryzae</u>	-	-	1	-	-	-	1	0.18	8.33
DEUTEROMYCETES									
<u>Cladosporium herbarum</u>	1	22	17	6	9	4	333	58.52	100
<u>Micelio Estéril Crist.</u>	6	14	4	3	5	2	110	19.43	100
<u>Cladosporium sp.</u>	1	6	1	3	1	2	45	7.95	83.33
<u>Penicillium sp. 3</u>	-	-	-	21	2	-	29	5.12	33.33
<u>Micelio Estéril Oscuro</u>	1	1	1	-	3	-	15	2.65	66.67
<u>Aspergillus oryzae</u>	3	1	-	-	-	-	9	1.59	41.67
<u>Penicillium sp. 4</u>	-	-	-	-	2	-	5	0.88	25.00
<u>Aspergillus candidus</u>	-	-	-	-	-	-	4	0.71	16.67
<u>Aspergillus glaucus</u>	-	-	-	-	-	-	3	0.53	8.33
<u>Penicillium sp. 2</u>	2	1	-	-	-	-	3	0.53	16.67
<u>Fusarium sp.</u>	-	-	-	-	1	-	2	0.35	16.67
<u>Monilia sitophila</u>	-	-	1	-	-	-	2	0.35	16.67
<u>Blastomyces dermatitides</u>	-	-	-	-	-	-	1	0.18	8.33
<u>Rhodotorula sp.</u>	1	-	-	-	-	-	1	0.18	8.33
<u>Torulopsis sp.</u>	-	-	-	-	-	-	1	0.18	8.33
Total de Colonias	14	45	25	12	20	8	566		
% del Total	2.47	7.95	4.42	2.12	3.53	1.41	38.34		

TABLA 4. Número de colonias, Densidad Relativa (D.R. %) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O. %) de cada una de las especies fúngicas aisladas del aire de la Zona Comercial de San Salvador, desde Noviembre de 1985 hasta Abril de 1986.

ESPECIE	NOV	DIC	ENE	FFR	MAR	ABR	Total Colon.	D. R. (%)	F. R. (%)
ZYGOMYCETES									
<u>Rhizopus oryzae</u>	-	-	-	-	1	-	1	0.23	8.33
<u>Rhizopus stolonifer</u>	-	-	-	-	1	-	1	0.23	8.33
DEUTEROMYCETES									
<u>Cladosporium herbarum</u>	1	19	27	2	66	4	5	48.72	100
<u>Micelio Estéril Crist.</u>	11	24	10	6	14	4	-	23.67	91.67
<u>Cladosporium sp.</u>	1	-	6	3	6	-	2	6.50	66.67
<u>Micelio Estéril Oscuro</u>	3	3	1	3	2	-	2	4.41	83.33
<u>Penicillium sp.3</u>	-	-	3	-	4	-	1	3.48	50
<u>Fusarium sp.</u>	-	2	-	1	2	-	-	2.09	41.67
<u>Aspergillus oryzae</u>	-	-	-	1	-	-	3	1.39	33.33
<u>Penicillium sp.4</u>	-	-	-	-	3	-	-	1.39	25
<u>Torulopsis sp.</u>	-	2	1	1	-	-	1	1.16	33.33
<u>Aspergillus candidus</u>	-	-	1	-	-	-	1	0.93	33.33
<u>Aspergillus glaucus</u>	1	-	-	2	-	-	-	0.93	25
<u>Penicillium sp.1</u>	1	-	-	-	-	-	3	0.70	16.67
<u>Penicillium sp.2</u>	-	-	-	-	2	-	-	0.70	16.67
<u>Aspergillus versicolor</u>	-	-	-	-	-	1	-	0.46	16.67
<u>Monilia sitophila</u>	-	-	1	-	1	-	-	0.46	16.67
<u>Penicillium sp.5</u>	-	-	-	1	-	-	-	0.46	16.67
<u>Rhodotorula sp.</u>	1	1	-	-	-	-	2	0.46	16.67
<u>Acremonium sp.</u>	-	-	-	-	1	-	-	0.23	8.33
<u>Aspergillus niger</u>	-	-	-	-	1	-	-	0.23	8.33
<u>Candida sp.</u>	-	-	1	-	-	-	-	0.23	8.33
<u>Geotrichum candidum</u>	-	-	-	-	1	-	-	0.23	8.33

TABLA 4. Cont.

ESPECIE	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total Colon.	D. R. (%)	F. O. (%)
<u>Gliocladium roseum</u>	-	-	-	-	1	-	1	0.23	8.33
<u>Thermomyces aff. verrucosus</u>	-	-	-	-	-	-	1	0.23	8.33
<u>Verticillium sp.</u>	-	-	-	-	1	-	1	0.23	8.33
Total de Colonias	19	64	51	31	20	11	431		
% del Total	4.41	14.85	11.83	7.19	4.64	2.55			
	1.39	8.12	3.25	13.64	24.59	3.48			

TABLA 5. Número de colonias, Densidad Relativa (D.R.%) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O.%) de cada una de las especies fúngicas aisladas del aire en el Área Urbana de San Salvador, desde Noviembre 1985 hasta Abril 1986.

ESPECIE	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total Colon.	D. R. (%)	F. O. (%)
ZYGOMYCETES									
<u>Rhizopus stolonifer</u>	-	-	-	1	-	1	7	0.29	33.33
<u>Rhizopus oryzae</u>	1	-	2	-	1	-	4	0.17	25
<u>Syncephalastrum racemosum</u>	-	-	-	-	-	3	3	0.13	8.33
<u>Mucor sp.</u>	1	-	-	-	-	-	1	0.04	8.33
ASCOMYCETES									
<u>Saccharomyces sp.</u>	2	-	-	-	-	-	2	0.08	8.33
<u>Saccharomyces sp.</u>	1	-	-	-	-	-	1	0.04	8.33
DEUTEROMYCETES									
<u>Cladosporium herbarum</u>	12	93	116	61	33	10	54	55.38	100
<u>Micelio Estéril Crist.</u>	32	73	30	15	19	11	10	18.85	100
<u>Cladosporium sp.</u>	2	9	28	25	7	3	4	8.80	100
<u>Micelio Estéril Oscuro</u>	3	8	10	3	8	1	7	5.38	100
<u>Penicillium sp.3</u>	1	-	7	1	5	1	4	2.75	83.33
<u>Aspergillus oryzae</u>	5	2	-	3	2	1	8	1.38	83.33
<u>Torulopsis sp.</u>	15	4	2	-	-	-	2	1.21	50
<u>Fusarium sp.</u>	-	6	3	-	4	-	-	0.96	66.67
<u>Aspergillus glaucus</u>	1	-	2	1	6	-	-	0.88	58.33
<u>Aspergillus candidus</u>	-	-	1	2	3	-	9	0.83	66.67
<u>Penicillium sp.4</u>	-	1	-	1	4	1	20	0.83	58.33
<u>Aspergillus ustulii</u>	-	-	-	2	-	-	15	0.63	16.67

TABLA 5. Cont.

ESPECIE	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total Colon	D.R. (%)	F.O. (%)					
<u>Rhodotorula sp.</u>	3	5	-	-	-	-	11	0.46	33.33					
<u>Monilia sitophila</u>	-	1	3	-	-	0	9	0.38	50					
<u>Penicillium sp.2</u>	2	3	-	-	2	1	8	0.33	33.33					
<u>Penicillium sp.5</u>	-	-	-	1	-	2	8	0.33	50					
<u>Aspergillus versicolor</u>	1	-	1	-	-	2	6	0.25	41.67					
<u>Paecilomyces sp.</u>	-	-	-	-	-	-	6	0.25	16.67					
<u>Verticillium sp.</u>	-	1	-	-	-	-	6	0.25	16.67					
<u>Gliocladium roseum</u>	-	1	3	-	-	-	5	0.21	25					
<u>Geotrichum candidum</u>	1	-	1	-	1	0	4	0.17	33.33					
<u>Penicillium sp.1</u>	1	-	-	-	-	-	3	0.13	16.67					
<u>Aspergillus fumigatus</u>	-	-	-	-	-	-	2	0.08	8.33					
<u>Cryptococcus sp.</u>	-	-	-	-	-	-	2	0.08	8.33					
<u>Oidiendron sp.</u>	2	-	-	-	-	-	2	0.08	8.33					
<u>Acromonium sp.</u>	-	-	-	-	-	1	1	0.04	8.33					
<u>Aspergillus niger</u>	-	-	-	-	-	-	1	0.04	8.33					
<u>Aureobasidium pullulans</u>	-	1	-	-	-	-	1	0.04	8.33					
<u>Blastomyces dermatitides</u>	-	-	-	-	-	-	1	0.04	8.33					
<u>Candida sp.</u>	-	-	1	-	-	-	1	0.04	8.33					
<u>Gonatotobryum aff. apiculatum</u>	-	-	-	-	-	-	1	0.04	8.33					
<u>Hyalodictys degenerans</u>	-	-	-	-	-	-	1	0.04	8.33					
<u>Penicillium sp.6</u>	-	-	-	1	-	-	1	0.04	8.33					
<u>Thermomyces aff. verrucosus</u>	-	-	-	-	-	-	1	0.04	8.33					
Total de Colonias	86	208	128	205	96	116	245	94	1012	38	102	2398		
% del Total	3.59	2.84	8.67	5.34	8.55	4.0	4.84	10.22	3.92	4.22	1.58	4.25		

TABLA 6. Especies de hongos del aire aislados en las cuatro zonas muestreadas en el Área Urbana de San Salvador.

ESPECIE	ZONA RESIDENCIAL	ZONA COMERCIAL	ZONA INDUSTRIAL	ZONA CREMATARIO
ZYGOMYCETES				
<u>Mucor sp.</u>	-	-	-	X
<u>Rhizopus oryzae</u>	X	X	X	-
<u>Rhizopus stolonifer</u>	X	X	X	X
<u>Syncephalastrum racemosum</u>	-	-	X	-
ASCOMYCETES				
<u>Saccharomyces sp.</u>	-	-	-	X
<u>Saccharomyces sp.</u>	-	-	-	X
DEUTEROMYCETES				
<u>Acremonium sp.</u>	-	X	-	-
<u>Aspergillus candidus</u>	X	X	X	X
<u>Aspergillus fumigatus</u>	-	-	-	X
<u>Aspergillus glaucus</u>	X	X	X	X
<u>Aspergillus niger</u>	-	X	-	-
<u>Aspergillus oryzae</u>	X	X	X	X
<u>Aspergillus ustus</u>	-	-	X	X
<u>Aspergillus versicolor</u>	-	X	X	X
<u>Aureobasidium pullulans</u>	-	-	X	-
<u>Blastomyces dermatitidis</u>	X	-	-	-
<u>Candida sp.</u>	-	X	-	-
<u>Cladosporium herbarum</u>	X	X	X	X
<u>Cladosporium sp.</u>	X	X	X	X
<u>Cryptococcus sp.</u>	-	-	X	-
<u>Fusarium sp.</u>	X	X	X	X

TABLA 6. Cont.

ESPECIE	ZONA RESIDENCIAL	ZONA COMERCIAL	ZONA INDUSTRIAL	ZONA CREMATATORIO
<u>Geotrichum candidum</u>	-	X	X	X
<u>Gliocladium roseum</u>	-	X	X	X
<u>Gonatobotryum aff. apiculatum</u>	-	-	X	-
<u>Hyalodictys degenerans</u>	-	-	X	-
<u>Monilia sitophila</u>	X	X	X	X
<u>Oidiodendron sp.</u>	-	-	X	X
<u>Paecilomyces sp.</u>	-	-	X	X
<u>Penicillium sp.1</u>	-	X	-	-
<u>Penicillium sp.2</u>	X	X	X	X
<u>Penicillium sp.3</u>	X	X	X	X
<u>Penicillium sp.4</u>	X	X	X	X
<u>Penicillium sp.5</u>	-	X	X	X
<u>Penicillium sp.6</u>	-	-	X	-
<u>Rhodotorula sp.</u>	X	X	X	X
<u>Thermomyces aff. verrucosus</u>	-	X	-	-
<u>Torulopsis sp.</u>	-	X	X	X
<u>Verticillium sp.</u>	-	X	X	X
<u>Micelio Estéril Cristalino</u>	X	X	X	X
<u>Micelio Estéril Oscuro</u>	X	X	X	X
Número Total de Especies	17	26	30	27

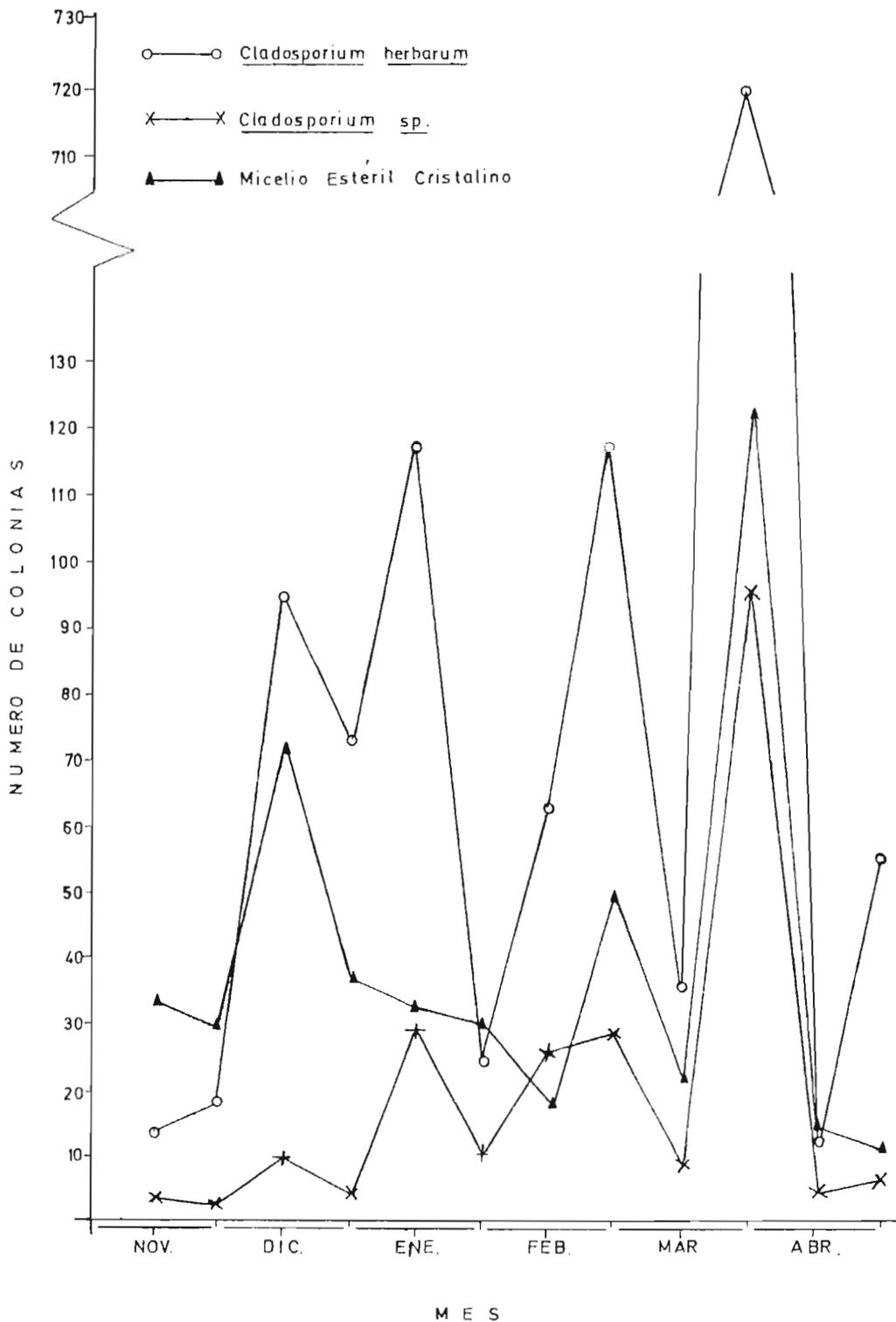


FIG. 1. INCIDENCIA QUINCENAL DE LAS ESPECIES FUNGICAS PREDOMINANTES DEL AIRE EN EL AREA UBANA DE SAN SALVADOR DESDE NOVIEMBRE DE 1985 HASTA ABRIL DE 1986.

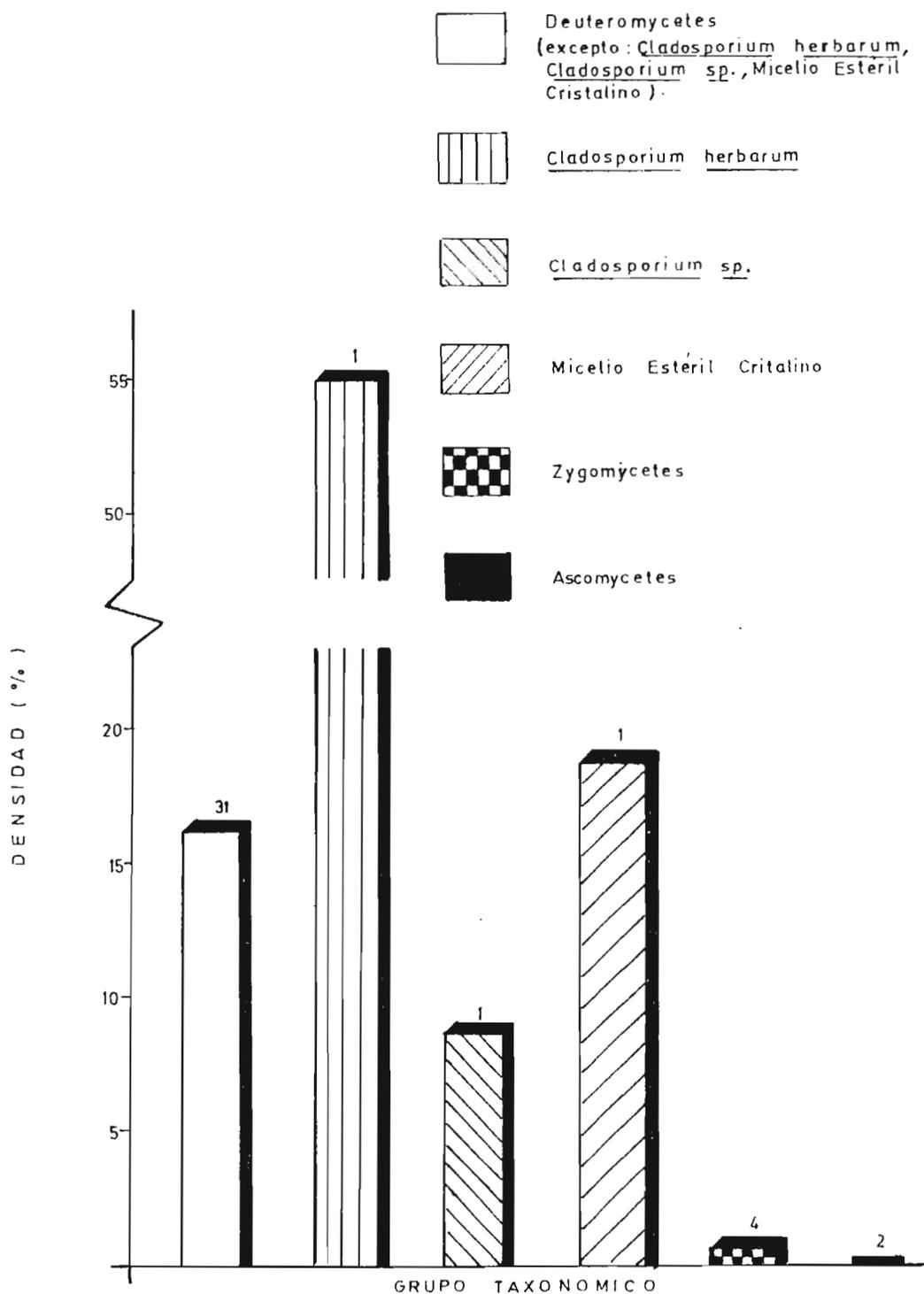


FIG. 2. DISTRIBUCION DE LOS HONGOS DEL AIRE EN EL AREA URBANA DE SAN SALVADOR DE ACUERDO A LOS GRUPOS TAXONOMICOS. EL NUMERO DE ESPECIES DE CADA GRUPO APARECE ARRIBA DE LA BARRA.

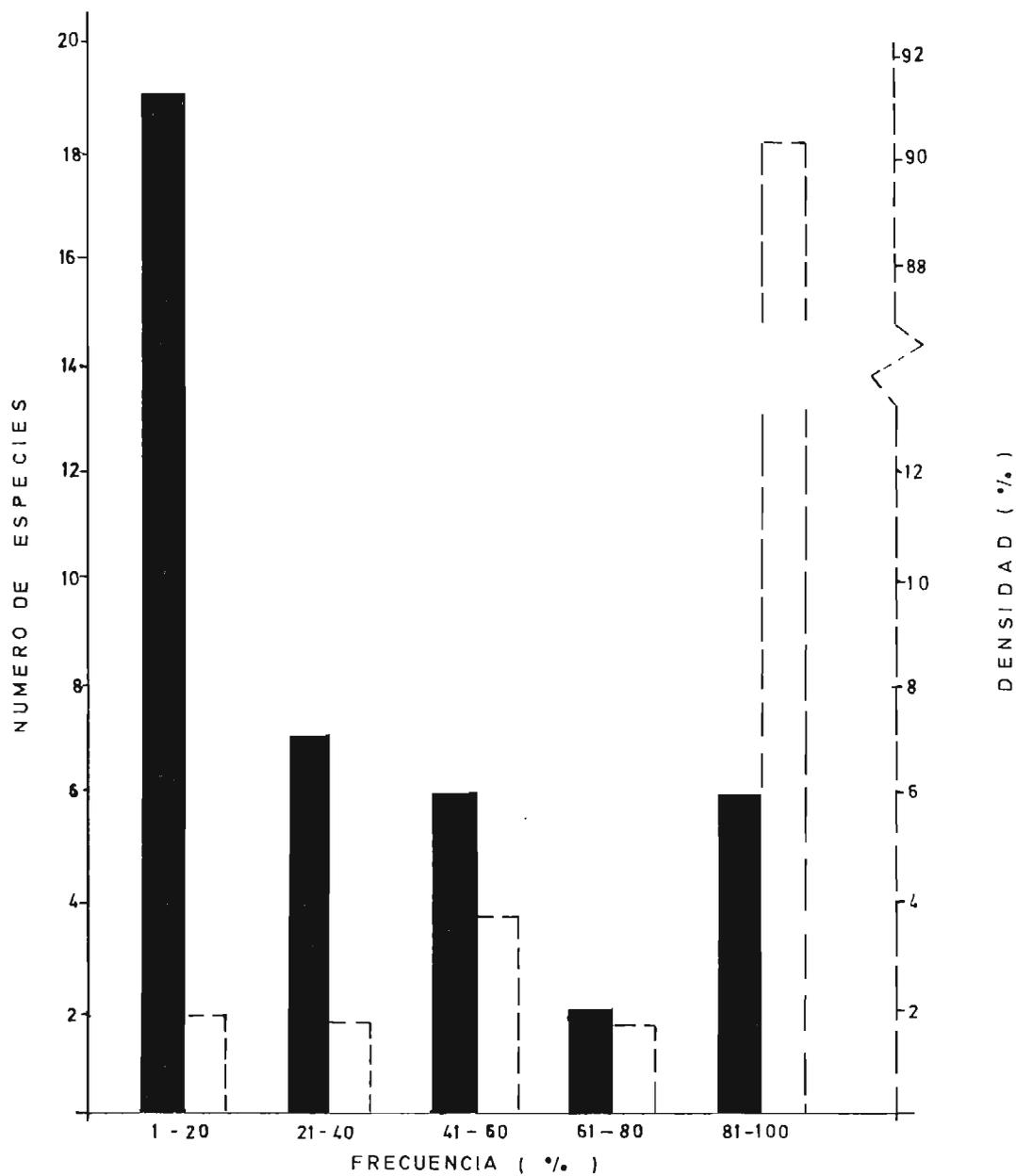


FIG. 3. ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE LAS 40 ESPECIES FUNGICAS DEL AIRE EN EL AREA URBANA DE SAN SALVADOR DE ACUERDO A SU DENSIDAD Y DISTRIBUIDAS EN 5 GRUPOS DE FRECUENCIA.

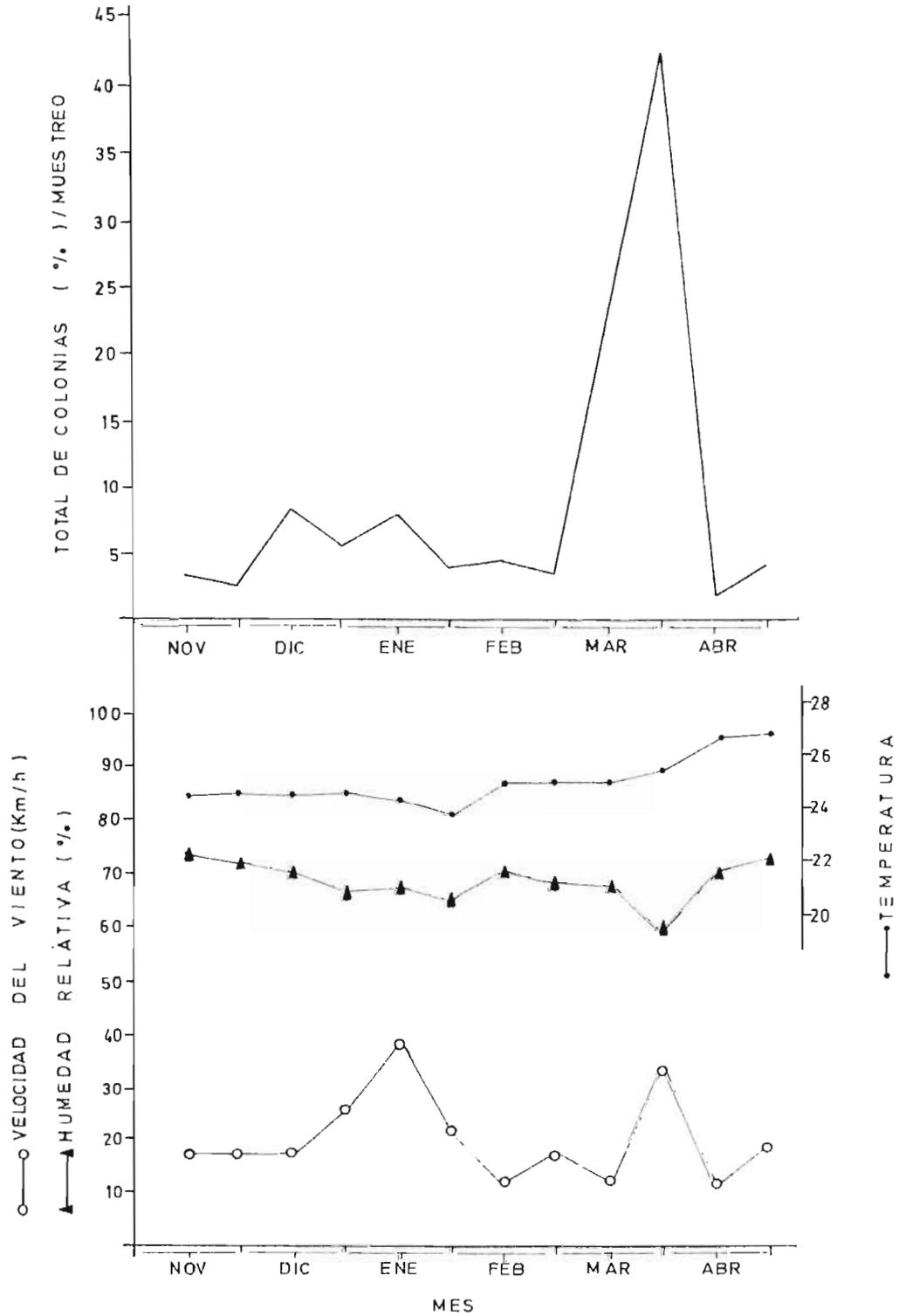


FIG.4. VARIACIONES QUINCENALES DE LOS HONGOS DEL AIRE, HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA Y VELOCIDAD DEL VIENTO, EN EL AREA URBANA DE SAN SALVADOR DESDE NOVIEMBRE DE 1985 HASTA ABRIL DE 1986.

DISCUSION

El empleo del método de exposición de cajas de Petri para la determinación cualitativa y cuantitativa de la flora fúngica del aire en el área Urbana de San Salvador, permitió la obtención de datos que son comparables con los reportados por otros investigadores que han utilizado este mismo método, ya que éste ha sido considerado como el mejor para la identificación de las especies fúngicas y para determinar la ocurrencia de la mayoría de los géneros (Harsh & Allen, 1945; Gregory & Hirst, 1957; Kramer *et al.*, 1959; Gregory, 1960; Pathak & Pady, 1965; Upsher & Griffiths, 1973; Arias Bonilla, 1982).

En esta investigación se consideró una altura de más o menos un metro del suelo para la colocación de las cajas de Petri conteniendo el medio de cultivo, debido a que la mayor parte de estudios de la micología del aire se han hecho a nivel del suelo y del área que habitan normalmente el hombre, los animales y los vegetales (Coutiño Bello, 1979).

Se creyó conveniente exponer las cajas durante diez minutos tiempo que es considerado adecuado para este tipo de investigaciones, ya que recientemente, Upsher (1985) hizo un estudio sobre la deposición de las esporas del aire sobre cajas de Petri, variando los tiempos de exposición de las mismas a fin de determinar cuál era el que favorecía la

la obtención de datos más representativos. Se encontró que las tasas de deposición decrecen cuando los tiempos de exposición son largos, y que la tasa inicial alta es una consecuencia de la turbulencia asociada con la remoción de la tapa de la caja de Petri expuesta.

Al comparar el número total de colonias fúngicas obtenidas en las cuatro zonas muestreadas (Tablas 1-4), la Industrial fue la que alcanzó el mayor número con 713 colonias. Esto mismo se observó en Melbourne, Australia donde el estudio se realizó comparando una zona industrial con una residencial. El hecho de que estas zonas reportan alto contenido de esporas fúngicas puede ser debido a que poseen jardines que son continuamente regados, lo cual provee condiciones favorables para la actividad fúngica durante la época seca (Derrick & McLennan, 1963). Pawsey & Heath (1964) han reportado que el movimiento de la grama por el viento está asociado con el incremento en el aire de un gran número de conidios y fragmentos de hifas. En este mismo contexto, Davies et al. (1963) relacionaron la alta concentración de esporas en Londres, durante el verano, con la cantidad de grama del parque en el centro de la ciudad. Una comparación similar puede ser hecha con el trabajo realizado por Arias Bonilla (1982) en el Cerro Verde, donde se encontró esporas fúngicas pertenecientes a 36 géneros y 50 especies, y éste, realizado en el área urbana de San Salvador donde sólo se reportaron esporas de 27 géneros y 40 -

especies diferentes.

Al observar la distribución de los hongos del aire - de acuerdo a los grupos taxonómicos (Fig. 2), es notable que la mayoría de especies fúngicas aisladas son miembros de los Deuteromycetes. En cambio, especies de los Zygomycetes formaron un pequeño grupo, y los Ascomycetes uno mucho menor. Estos datos son similares a los obtenidos en - el estudio realizado en el Cerro Verde por Arias Bonilla (1982) y por Kramer & Pady (1960b). No se reportaron colo- nias de Basidiomycetes debido a que, posiblemente, al - igual que en el estudio de Pady & Kramer (1960b), estas - esporas no fueron viables, o no pudieron germinar en el - medio de cultivo utilizado, pues se ha demostrado que los medios de cultivo artificiales son selectivos en algún - grado (Rogerson, 1958; Kramer et al., 1959; Davies et al., 1963).

El predominio de los hongos de la Clase Deuteromyce- tes en el aire, es debido a que, siendo un grupo muy evo- lucionado, posee mecanismos que favorecen la dispersión - de sus esporas en el aire, además de poseer característi- cas morfológicas como el tamaño y la cantidad de esporas necesarias para ese fin (Meredith, 1961; Hudson, 1972).

La diferencia en los totales quincenales mostrados - en la Tabla 5, demuestra que ocurren fluctuaciones marca- das en el contenido de esporas fúngicas del aire, ya que

éstas son influenciadas por cambios de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento. Esta influencia puede ser apreciada también en la Figura 1, especialmente con Cladosporium herbarum, el cual predomina especialmente en la época más caliente de la estación seca, lo que concuerda con los resultados aquí obtenidos por Ripe (1962), Davies et al. (1963) y Upsher & Griffiths (1973). Derrick & McLennan (1963) reportaron que la mayor concentración de esporas se halla en los meses más calientes del verano, siendo Cladosporium, Penicillium y Alternaria, los de mayor actividad en esos meses, aunque las esporas estuvieron presentes durante todo el año. Este patrón también ha sido previamente observado en áreas tropicales con estaciones secas y húmedas bien definidas (Upsher & Griffiths, 1973; Tseng & Chen, 1979).

La abundancia de Cladosporium en el área urbana de San Salvador no es extraño (Ver Fig. 1 y 2), ya que es una especie cuya predominancia en todo el mundo está bien documentada. Estudios realizados en Inglaterra, Suecia, Dinamarca, Israel, Japón, Australia, Sur Africa, Norte América, etc., han demostrado que de los hongos más comunes llevados por el aire, Cladosporium es el dominante (Kramer et al., 1959; Ripe, 1962; Derrick & McLennan, 1963). Esto es debido, según algunos investigadores, a que las colonias de Cladosporium se encuentran ampliamente distribuidas sobre escom-

bro de plantas y que sus conidios pequeños y abundantes - son fácilmente dispersados por el aire, especialmente cuando éste es fuerte y con turbulencia (Pawsey, 1964; Hudson, 1972). El alto número de colonias obtenidas, según muestra la Tabla 5, fue debido también a que los muestreos se realizaron durante la mañana (8:00 - 10:00 a.m.), ya que estudios realizados sobre periodicidad diurna, han demostrado que Cladosporium alcanza su máximo número por la mañana, debido a una cosecha única de esporas en 24 horas, que maduran de noche y están listas para ser liberadas temprano en el día (Pathak & Pady, 1965).

La Tabla 5 muestra que además de Cladosporium, estuvieron presentes con una frecuencia alta los géneros Penicillium y Aspergillus, que también han sido reportados como parte de los hongos más importantes llevados por el aire (Derrick & McLennan, 1963). La ocurrencia de Penicillium y Aspergillus fue más bien irregular, encontrándose lo mismo en Gran Bretaña en el estudio realizado por Pawsey & Heath (1964). Estos hongos también fueron de los más frecuentemente encontrados en el aire de Kansas (Kramer et al., 1960a).

Penicillium ha sido hallado como un constituyente importante de la flora aérea de California (Harsh & Allen, 1945) y Hawaii (Myers, 1956). En este estudio Penicillium fue de los hongos más comunes y se encontraron varias espe

cies de este género en diferentes zonas, aunque algunas de éstas especies fueron particularmente predominantes. A menudo las diferentes especies de Penicillium aparecieron periódicamente; es decir, unas en gran cantidad en una quincena y en la siguiente con una baja incidencia, volviendo a aumentar en la siguiente quincena (Ver Tabla 5). Esta misma periodicidad fue reportada por Ripe (1962) en su estudio en Suecia. Es también muy notorio que este género tuvo una incidencia mayor en las zonas Residencial y Comercial que en las otras dos. Ambler & Vernos (1951) en Nueva Zelandia y Richards (1956) en Inglaterra, encontraron que Penicillium fue más frecuentemente aislado del aire de grandes pueblos, que en zonas menos urbanizadas. Comparando los resultados obtenidos por ellos para las esporas de Cladosporium y Penicillium, es evidente que éste último fue típico de las áreas más densamente pobladas, o sea de zonas urbanas; en cambio, Cladosporium fue más común en el aire de campo abierto (Davies et al., 1963). Esto concuerda con los datos obtenidos en la presente investigación si se considera al Crematorio y a la zona Industrial como zonas menos urbanizadas.

Durante todo el período de muestreo (6 meses), se aislaron colonias estériles en gran cantidad (ver Fig. 1). Estas colonias fueron principalmente de dos tipos: cristalinas y oscuras, las que constituyeron el 18.85% y 3.38% respectivamente del total de colonias reportadas. Pady & Kra-

mer (1960a) encontraron este mismo tipo de hongos en Kansas y consideraron que algunas de estas colonias estériles eran de Basidiomycetes, ya que al hacer transferencias de estas colonias a tubos de cultivo para inducir su esporulación, algunas de ellas resultaron pertenecer a este grupo de hongos.

El grupo de Ascomycetes encontrados en el aire fue el más escaso y estuvo representado por las levaduras Saccharomyces y Saccharomycodes, que presentaron, al igual que en Kansas, un aumento inmediatamente después de la época lluviosa (Kramer & Pady, 1960a). La presencia de Saccharomyces y Saccharomycodes exclusivamente en el Crematorio (Ver Tabla 6), es debido probablemente a que las levaduras participan en la reducción de humus de las plantas muertas y en la degradación de la celulosa de la madera y otros de sechos, productos que son muy abundantes en este lugar (Pelczar, et al., 1982). Sin embargo, considerando todas las levaduras en conjunto, su concentración en el aire varió de un lugar a otro, ya que diferentes especies fueron encontradas en zonas distintas (Tabla 6). Comparando la Densidad Relativa total provista por las levaduras (1.87%), con las Densidades Relativas de otros hongos, es evidente que la concentración de las mismas fue relativamente baja durante la época seca. Ripe (1962) reportó que la concentración de éstas en Suecia fue más alta en primavera y otoño y baja durante los meses de verano. Contrariamente,

en Kansas fue el grupo más grande dentro de los Ascomycetes y estuvieron presentes durante todo el año, siendo el rango mucho más alto en verano (Kramer & Pady, 1960a).

Durante este estudio se colectaron cuatro miembros de los Zygomycetes. El más común de éstos fue Rhizopus stolonifer, aunque sólo representó 0.29% del total de colonias obtenidas. Un valor bajo para esta especie fue también reportado en Kansas (Kramer et al., 1960b), en donde fue más abundante en primavera y otoño que en otra época del año. El género Mucor sólo fue obtenido una vez; igualmente en Kansas presentó un bajo número de colonias, principalmente durante los meses de verano. Mucor y Rhizopus han sido reportados como los dos géneros más frecuentemente aislados del aire pertenecientes a los Zygomycetes (Kramer et al., 1960b).

La Fig. 3 indica que la población fúngica del aire en el área urbana muestreada, presenta la estructura característica de las comunidades bióticas naturales y que ha sido observada por Gochenaur (1978) en hongos del suelo y por Arias Bonilla (1982) en la micoflora aérea de un bosque. En este tipo de comunidades se tienen dos grupos de especies bien diferenciables: uno de ellos es el de individuos que son poco comunes y que a la vez presentan valores bajos de frecuencia, tal como se observa en el lado izquierdo de la Fig. 3 y a los que se les clasifica como miembros

transitorios o invasores del lugar. En cambio, a la derecha se tiene el segundo grupo, que es el de las especies dominantes que contribuyen con gran cantidad de esporas a la nube fúngica aérea, y que son aisladas frecuentemente. Estos últimos individuos se clasifican como miembros naturales o específicos de la comunidad (Burges, 1960).

La comparación de la flora fúngica en las diferentes zonas muestreadas (Ver Tabla 6), por el Método del Coeficiente de Similitud de Sørensen, dió valores altos, (68.09% - 80.70%), lo que demuestra que la mayoría de las especies son comunes a las cuatro zonas comparadas. Esto a su vez indica que las poblaciones son similares o que no existen diferencias significativas entre la micoflora aérea de las diferentes zonas de San Salvador, ya que según Gochenauro (1978) un Coeficiente de Similitud mayor del 70% demuestra semejanza entre las comunidades comparadas.

Cabe notar que para otros autores (Baker et al., 1979) sólo basta un Coeficiente de 50% para demostrar similitud.

Resultados obtenidos en otros países, han demostrado que el mayor cambio en la concentración de esporas depende del tiempo, fenología de la vegetación local y su flora fúngica asociada (Gregory & Hirst, 1957; Gregory, 1960). Pero considerando además que la periodicidad en la liberación de las esporas es una característica importante de los hongos, se ha demostrado que ésta es influenciada por

patrones diurnos y nocturnos de la turbulencia del aire y de la humedad presente (Coutiño Bello, 1979).

Al inicio y final de la estación seca se obtuvieron valores altos de humedad relativa, favorables para la proliferación de los hongos (Frazier, 1972). Esto vino a favorecer el aumento del número de esporas fúngicas al final del verano, cuando se observaron también las temperaturas más altas. Esta misma combinación de alta temperatura con humedad relativa adecuada, favoreció el incremento en el número de esporas reportadas en Australia (Derrick & McLennan, 1963).

Los días de muestreo en que prevalecieron vientos fuertes y una atmósfera menos húmeda se aisló un número alto de colonias; esto es debido a que el aire constituye uno de los mejores medios de dispersión de las esporas fúngicas y que la turbulencia del mismo aumenta el contenido aéreo de éstas (Pawsey, 1964; Ingold, 1971). Gregory & Lacey (1963) han reportado que, aunque especies diferentes de hongos se comportan en forma distinta, fuertes corrientes de aire siempre remueven más esporas que las suaves. Un trabajo reciente con esporas secas de hongos demostró que el viento seco remueve más esporas que el húmedo y, al igual que en el estudio anterior, fuertes corrientes de viento, más que las suaves (Zoberi, 1961, citado por Gregory & Lacey, 1963). Myers (1956) en Honolulu y Gregory &

Hirst (1957) en Inglaterra, han establecido que aparentemente el factor más importante en el contenido individual de esporas en las cajas de Petri es la velocidad del viento en el momento en que son expuestas, el cual tiende a ser más alto en los días turbulentos que en los calmados, no importando la dirección del mismo.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que la población de esporas fúngicas presentes en el aire del área urbana de San Salvador durante el período de esta investigación, fue en general, muy similar a las reportadas en otras partes del mundo, cuando se empleó el método de exposición de cajas de Petri.

Los cultivos de hongos llevados por el viento proveen información sobre la viabilidad de las esporas, pero excluyen miembros importantes de la micoflora, ya que los medios de cultivo tienden a tener cierta especificidad. A pesar de las limitaciones presentadas por dicho método, la mayoría de los hongos llevados por el aire fueron identificados, y sus fluctuaciones, en densidad y frecuencia, fueron también determinadas. Es claro que el número de hongos llevados por el aire es alto y que estos organismos son cosmopolitas.

Se encontraron miembros de las Clases Zygomycetes, Ascomycetes y Deuteromycetes, siendo éstos últimos los que contribuyeron con la mayor densidad a la población fúngica del aire, de los que Cladosporium fue el género claramente predominante. La mayor diversidad de especies correspondieron al género Aspergillus, seguido por Penicillium. También fueron encontrados, con densidades relativamente altas, co-

lonias de levaduras, así como colonias que no formaron esporas reconocibles y que fueron clasificadas como Micelio Estéril.

La estructura de la comunidad fúngica presente en el aire de la zona urbana de San Salvador, sigue el patrón de una comunidad biótica natural, en la que pocas especies presentan una alta frecuencia y densidad, y la mayoría son esporádicas. En el presente trabajo, los hongos que prevalecieron fueron Cladosporium herbarum, Cladosporium sp. y Micelio Estéril Cristalino.

Al comparar las comunidades de hongos aéreos de las cuatro zonas muestreadas, se encontró que éstas son similares; es decir, que no existe variación significativa en los hongos del aire en el área urbana de San Salvador, no importando el tipo de actividad que se desarrolle en determinada zona.

La población fúngica aérea de San Salvador está influenciada grandemente por factores climatológicos, especialmente por la humedad relativa y la velocidad del viento, aunque cada especie es afectada de manera diferente y específica por estos factores. Sin embargo, altas concentraciones de esporas en el aire son favorecidas también por la vegetación. La micoflora aérea de San Salvador es más pobre en número de especies que la de zonas boscosas como el Cerreo Verde, y diferente en cuanto a su composición.

RECOMENDACIONES

Ya que en el estudio de alergias de origen fúngico, es de gran importancia el tipo de hongos, se hace necesario una mayor investigación respecto a la presencia de estos en el aire y su variación estacional, pues una característica importante de estos organismos es la periodicidad en la liberación de sus esporas la que es afectada por las condiciones ambientales en un determinado momento. Entre más actualizados y precisos sean los informes sobre los elementos anemófilos, se podrán tomar medidas de control más efectivas, tanto profilácticas como terapéuticas.

Se considera que sería de mucha utilidad, realizar estudios tendientes a obtener más información que permita conocer cuáles son las especies más importantes, los periodos de liberación de las esporas y las cantidades de éstas presentes en el aire, tanto al exterior como en el interior de los diferentes tipos de construcciones donde el hombre realiza sus actividades, para relacionar dicha micoflora con el tipo de afecciones alérgicas respiratorias y cutáneas.

Una investigación alergológica acerca de las especies predominantes en la Area Urbana de San Salvador establecidas en el presente trabajo (Cladosporium herbarum, Cladosporium sp., Micelio Estéril Cristalino), sería un valioso aporte para

el estudio de las alergias causadas por hongos.

Las zonas donde se acumulan los desechos de las ciudades, deberían estar ubicadas lejos de aquellas en las que se realiza constantemente actividad humana, lo cual contribuiría a evitar una mayor contaminación del aire, protegiendo de esta manera, la salud de la población.

LITERATURA CITADA

- ADAMS, K.F., H.A. HYDE & D.A. WILLIAMS. 1968. Woodlands as a source of allergens with special reference to basidiospores. *Acta Allerg.* 23:265-281.
- ALVAREZ, J.C., & J. F. CASTRO. 1952. Quantitative studies of air-borne fungi of Havana in each of the twenty-four hours of the day. *J. Allergy* 23:259.
- AMBLER, M. P. & T. R. VERNOS. 1951. Airborne mould spores. A survey of the atmospheric spore load in the Auckland city and a suburban area. *New Zeal. J. Sci. Tech.* A 33(3): 78-80.
- ARIAS BONILLA, S. del C. 1982. Análisis cualitativo y cuantitativo de las distribuciones mensuales de la micoflora del suelo y aire en una comunidad del Cerro Verde. Departamento de Biología, Universidad de El Salvador, San Salvador. (Tesis de Licenciatura). 88pp.
- ARX. J. A. von. 1970. The Genera of Fungi Sporulating in Pure Culture. J. Cramer, Lehre, Germany. 288pp.
- BAKER, G. E., P. H. DUNN & W.S. SAKAI. 1979. Fungus communities associated with leaf surfaces of endemic vascular plants in Hawaii. *Mycologia* 71: 272-292.

- BRUCH, C. W. 1967. Microbes in the upper atmosphere and beyond.
In: P. H. Gregory & J. L. Monteith (eds.), Airborne
Microbes. Proceedings of the 17 th. Symposium of the
Society for General Microbiology, Cambridge. pp. 345-374.
- BURGES, A. 1960. Introducción a la Microbiología del Sue-
lo. Editorial Acribia, Zaragoza. 199 pp.
- CARPENTER, P. L. 1979. Microbiología. 4a. Ed. Nueva Edito
rial Interamericana, México, D.F. 518 pp.
- CELSI, S.A. & A. D. IACOBUCCI. 1963. Química Elemental Moo
derna Inorgánica. Editorial Kapelusz, Buenos Aires. 397 pp.
- CHRISTENSEN, C. M. 1964. Los Hongos y el Hombre. 2a. Ed. Edito
rial Interamericana, México D. F. 209 pp.
- CHRISTENSEN, C. M. 1975. Molds, Mushrooms and Mycotoxins.
Univ. of Minnesota Press, Minneapolis. 264 pp.
- COUTIÑO BELLO, B. 1979. Importancia de los hongos en las -
alergias de tipo respiratorio y su estudio en México.
Bol. Soc. Mex. Micol. 13: 215-222.
- DAVIES, M., J. DENNY & L. M. NEWTON. 1963. A comparision -
between the summer and autumn air-spores at London -
and Liverpool. Acta Allergologica 18: 131-147.
- DEACON, J. W. 1980. Introduction to Modern Mycology. Basic
Microbiology, Vol. 7. Blackwell Sci. Publ., Oxfor. 197 pp.

- DERRICK, E. & E. I. McLENNAN. 1963. Fungus spores found -
in the air in Melbourne (Victoria), Australia. *Acta
Allergologica* 18:26-43.
- ESCOBAR, G.A. 1979. Géneros Comunes de Micromicetos en -
Cultivo. Boletín N° 15. Departamento de Biología,
Universidad de El Salvador, San Salvador. 80 pp.
- _____. 1985. Apuntes de Micología Básica. Boletín
N° 16. Departamento de Biología, Universidad de El -
Salvador. 80 pp.
- FRAZIER, W. C. 1972. *Microbiología de los Alimentos*. 2a.
Ed. Editorial Acribia, Zaragoza. 512 pp.
- FREY, D. & E. B. DURIE. 1960. The incidence of air-borne
fungi in Sydney. *Mycopath. Mycol. Appl.* 13: 93-99.
- GILMAN, J. C. 1963. *Manual de los Hongos del Suelo*. Compañía
Editorial Continental S.A., México D.F. 572 pp.
- GOCHENAUR, S. E. 1978. Fungi of a Long Island Oak-birch
forest I. Community organization and seasonal occurrence
of the opportunistic decomposers of the A horizon.
Mycologia 70: 975-994.
- GONZALEZ OCHOA, A. & C. OROZCO. 1943. Los hongos del aire
de la ciudad de México y su relación con los factores
atmosféricos. *Rev. Inst. Salubr. y Enf. Trop.* 4: 259-265.

GREGORY, P. H. 1960. Outdoor aerobiology. Endeavour 19 (76): 445-455.

_____. 1961. The Microbiology of the Atmosphere. Leonard Hill Ltd., London. 251 pp.

_____ & J. M. HIRST. 1957. The summer air-sporal Rothamsted in 1952. J. Gen. Microbiol. 17: 135-152.

_____ & M. E. LACEY. 1963. Mycological examination of dust from mouldy hay associated with farmer's lung disease. J. Gen. Microbiol. 30: 75-88.

HARSH, G. F. & S. E. ALLEN. 1945. A study of the fungus - contaminants of the air of San Diego and vicinity. J. Allergy 16: 125-135.

HAWKER, L. E. & A. H. LINTON. 1971. Micro-organisms: Function, Form and Environment. Edward Arnold Publ., London.

HUDSON, H. J. 1972. Fungal Saprophytism. Studies in Biology, N° 32. Edward Arnold Ltd., London. 68 pp.

INGOLD, C. T. 1971. Fungal Spores, their Liberation and Dispersal. Clarendon Press, Oxford. 302 pp.

JAY, J. M. 1973. Microbiología Moderna de los Alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza. 319 pp.

JOKLIN, W. K., H. P. WILLETT & D. B. AMOS. 1983. Zinsser Microbiología. 17a. Ed. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires. 1413 pp.

KENDRICK, W. B. & J. W. CARMICHAEL. 1973. Hyphomycetes.

In: G. C. Ainsworth, F. K. Sparrow & A. S. Sussman
(eds.), The Fungi, Vol. IV-A. Academic Press, New York.
323-509 pp.

KRAMER, C. L. & S. M. PADY. 1960a. Kansas aeromycology IX.
Ascomycetes. Trans. Kan. Acad. Sci. 63(2): 53-60.

_____. & S. M. PADY. 1960b. Kansas aeromycology XI.
Fungi Imperfecti. Trans. Kan. Acad. Sci. 63(4): 228-238.

_____, S. M. PADY, & C. T. ROGERSON. 1959. Kansas -
aeromycology III. Cladosporium. Trans. Kan. Acad. Sci.
62(3): 200-207.

_____, _____ & _____. 1960a. Kansas
aeromycology V. Penicillium and Aspergillus. Mycologia
52: 545-551.

_____, _____ & _____. 1960b. Kansas
aeromycology VIII. Phycomycetes. Trans. Kan. Acad. Sci.
63 (1): 19-23.

_____, _____ & _____ & L. G. OUYE.
1959. Kansas aeromycology II. Materials, methods and
general results. Trans. Kansas Acad. Sci. 62(3): 184-198.

MEREDITH, D. S. 1961. Atmospheric content of Nigrospora
spores in Jamaica banana plantations. J. Ben. Microbiol.
26: 344-349.

- MORROW, M. B., G. M. MEYER & H. E. PRINCE. 1964. A summary of airborne mold surveys. *Ann. Allergy* 22: 575-587.
- MYERS, W. A. 1956. Air-borne molds in Honolulu. *J. Allergy* 27: 531-535.
- PADY, S. M. & P. H. GREGORY. 1963. Numbers and viability of air-borne hyphal fragments in England. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 46(4): 609-613.
- _____ & C. L. KRAMER. 1960a. Kansas aeromycology VI. Hyphal fragments. *Mycologia* 52: 681-687.
- _____ & C. L. KRAMER. 1960b. Kansas aeromycology X. Basidiomycetes. *Trans. Kan. Acad. Sci.* 63(3): 125-134.
- PATHAK, V. K. & S. M. PADY. 1965. Numbers and viability of certain airborne fungus spores. *Mycologia* 57: 301-310.
- PAWSEY, R. G. 1964. An investigation of the spore population of the air at Nottingham. II. The results obtained with a Hirst spore trap, June-July 1976. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 47(3): 357-363.
- _____ & L.A.F. HEATH. 1964. An investigation of the spore population of the air at Nottingham. I. The results of Petri dish trapping over one year. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 47(3): 351-355.
- PELCZAR, M.J., R. D. REID & E. C. S. CHAN. 1982. *Microbiologia*. 2a. Ed. Editorial McGraw-Hill, México. 826 pp.

- RICH, S. & P. E. WAGGONER. 1962. Atmospheric content of Cladosporium spores. *Science* 37: 962-965.
- RICHARDS, M. 1956. A census of mould spores in the air - over Britain in 1952. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 39: 431-441.
- RIPE, E. 1962. Mould allergy I. An investigation of the - airborne fungal spores in Stockholm, Sweden. *Acta - Allergologica* 17: 130-159.
- ROGERSON, C. T. 1958. Kansas aeromycology I. Comparison of media. *Trans. Kan. Acad. Sci.* 61(2): 155-162.
- ROOKS, R., R. S. SHAPIRO & E. C. HORMAN. 1960. The incidence of airborne Hormodendrum and Alternaria spores as determined by a volumetric sampler. *J. Allergy* 31(2): 97-105.
- TSENG, H. & Z. CHEN. 1979. The fungal air spora of Taipei as determined by the Agar Plate Method. *Taiwania* 24: 54-63.
- UPSHER, F. J. 1985. Spore deposition on the exposed agar plate. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 84(1): 162-164.
- _____ & D. A. GRIFFITHS. 1973. Air spora of a site in tropical Queensland, Australia. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 61(3): 537-545.

ZOBERI, M. H. 1961. Take-off of mould spores in relation to wind speed and humidity. *Ann. Bot. (London)* 25: 53-64.