



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
I Z T A C A L A

AISLAMIENTO DE PROTOZOARIOS DE VIDA LIBRE A
PARTIR DE LA ATMOSFERA DE LA CIUDAD DE
MEXICO Y SU AREA METROPOLITANA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN **BIOLOGIA**
P R E S E N T A
MARTHA PATRICIA CHAVEZ MARTINEZ



MEXICO. D. F

1990



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

DEDICATORIA

A MI MADRE

Cuando se es niño, una afirmación en el aire se desvanece en la naturaleza, mezclándose con el trinar de los pájaros y el silbido del mar que canta, más sin embargo, el transcurso de los años la revive y alimenta, hasta que un día aparece transformándose en lo que las dos soñamos.

A MI PADRE Y HERMANOS

Por darme cariño y la libertad completa de elegir mi camino, ayudándome incondicionalmente con su confianza, consejos y comprensión a edificar un espíritu sano.

A RICARDO

Por su amor y capacidad de entenderme como ser humano, depositando en mi todo lo que posee, el mismo.

A MIS AMIGAS

Lola, Gaby y Martha porque su compañerismo y los momentos inolvidables que compartimos, son un tesoro invaluable que perdurará a través del tiempo.

A MIS PROFESORES

Por seguir cultivando en mi el deseo de alcanzar nuevas metas.

AGRADECIMIENTOS

- Agradezco sinceramente al Biol. Alfonso Lugo Vázquez por la ayuda que prestó en la realización del presente trabajo, porque su experiencia, conocimientos, comprensión y consejos rindieron fruto cerrando una etapa en mi formación académica, -- además de servir para el planteamiento de nuevos objetivos en mi vida.
- Al Dr. Fermín Rivera Agüero por fungir como director de la -- presente investigación, así como por las facilidades presta-- das dentro del Laboratorio de Conservación y Mejoramiento del Ambiente (CyMA) y el incentivo económico recibido por parte - del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) con la beca-tesis-licenciatura número 57450 (registro).
- A los Investigadores M. en C. Victor Rivera Aguilar, Biol. -- Agustín Vargas Vera y la M. en C. Patricia Bonilla Lemus por sus correcciones y sugerencias al trabajo.
- A los integrantes del Laboratorio de Conservación y Mejora--- miento del Ambiente (CyMA) de la Unidad de Investigación In-- terdisciplinaria de Ciencias de la Salud y Educación (UIICSE) de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala --- (ENEPI) que recogieron las muestras de aire y lluvia en las - diferentes estaciones de monitoreo atmosférico automático.
- A la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) que - proporcionó los registros de las concentraciones de los contauminantes atmosféricos y los parámetros meteorológicos.

C O N T E N I D O

INDICE DE GRAFICAS	I
INDICE DE FIGURAS, TABLAS Y APENDICE	II
RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
ANTECEDENTES	6
OBJETIVOS	9
AREA DE ESTUDIO	9
MATERIAL Y METODOS	10
- MUESTREO	10
- CULTIVO	14
- MEDIOS UTILIZADOS	15
- IDENTIFICACION	15
- TRATAMIENTO ESTADISTICO	17
RESULTADOS	17
- BIOXIDO DE AZUFRE	33
- OZONO	35
- MONOXIDO DE CARBONO	37
- TEMPERATURA	39
- OXIDOS DE NITROGENO	41
- VELOCIDAD DEL VIENTO	43
- HUMEDAD RELATIVA	43
- DIRECCION DEL VIENTO	46
- CORRELACIONES - ESTACION XALOSTOC -	46
- CORRELACIONES - ESTACION TLALNEPANTLA -	48
- CORRELACIONES - ESTACION C. DE LA ESTRELLA -	50
- CORRELACIONES - ESTACION PEDREGAL -	52
DISCUSION	54
- ESTACION XALOSTOC	55
- ESTACION TLALNEPANTLA	59
- ESTACION CERRO DE LA ESTRELLA	63

- ESTACION PEDREGAL DE SAN ANGEL	67
CONCLUSIONES	73
BIBLIOGRAFIA CITADA	75

INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA	1. NUMERO DE ESPECIES PARA CADA ORDEN TAXONOMICO ..	19
GRAFICA	2. PROPORCION DE ESPECIES PARA LOS GENEROS AISLADOS DE LA ATMOSFERA	19
GRAFICA	3. NUMERO DE AISLAMIENTOS TOTALES POR ESPECIE - XALOSTOC -	20
GRAFICA	4. NUMERO DE AISLAMIENTOS TOTALES POR ESPECIE - TLALNEPANTLA -	20
GRAFICA	5. NUMERO DE AISLAMIENTOS TOTALES POR ESPECIE - CERRO DE LA ESTRELLA -	21
GRAFICA	6. NUMERO DE AISLAMIENTOS TOTALES POR ESPECIE - PEDREGAL -	21
GRAFICA	7. NUMERO DE AISLAMIENTOS TOTALES DE CADA ESPECIE DE PROTOZOARIO	23
GRAFICA	8. XALOSTOC. NUMERO DE AISLAMIENTOS POR MESES DE MUESTREO	24
GRAFICA	9. TLALNEPANTLA. NUMERO DE AISLAMIENTOS POR MESES DE MUESTREO	24
GRAFICA	10. CERRO DE LA ESTRELLA. NUMERO DE AISLAMIENTOS POR MESES DE MUESTREO	24
GRAFICA	11. PEDREGAL. NUMERO DE AISLAMIENTOS POR MESES DE MUESTREO	25
GRAFICA	12. NUMERO DE AISLAMIENTOS TOTALES MENSUALES POR NIVELES DE MUESTREO	25
GRAFICA	13. NUMERO DE AISLAMIENTOS TOTALES MENSUALES POR NIVELES DE MUESTREO - ESTACIONES -	25
GRAFICA	14. BIOXIDO DE AZUPRE - XALOSTOC -	34
GRAFICA	15. BIOXIDO DE AZUPRE - TLALNEPANTLA -	34
GRAFICA	16. BIOXIDO DE AZUPRE - C. DE LA ESTRELLA -	34
GRAFICA	17. BIOXIDO DE AZUPRE - PEDREGAL -	34

GRAFICA 18. OZONO - XALOSTOC -	36
GRAFICA 19. OZONO - TLALNEPANTLA -	36
GRAFICA 20. OZONO - CERRO DE LA ESTRELLA -	36
GRAFICA 21. OZONO - PEDREGAL -	36
GRAFICA 22. MONOXIDO DE CARBONO - XALOSTOC -	38
GRAFICA 23. MONOXIDO DE CARBONO - TLALNEPANTLA -	38
GRAFICA 24. MONOXIDO DE CARBONO - C. DE LA ESTRELLA	38
GRAFICA 25. MONOXIDO DE CARBONO - PEDREGAL -	38
GRAFICA 26. TEMPERATURA - XALOSTOC -	40
GRAFICA 27. TEMPERATURA - TLALNEPANTLA -	40
GRAFICA 28. TEMPERATURA - C. DE LA ESTRELLA -	40
GRAFICA 29. TEMPERATURA - PEDREGAL -	40
GRAFICA 30. BIOXIDO DE NITROGENO - TLALNEPANTLA -	42
GRAFICA 31. OXIDO DE NITROGENO - TLALNEPANTLA -	42
GRAFICA 32. BIOXIDO DE NITROGENO - PEDREGAL -	42
GRAFICA 33. OXIDO DE NITROGENO - PEDREGAL -	42
GRAFICA 34. VELOCIDAD DEL VIENTO - XALOSTOC -	44
GRAFICA 35. HUMEDAD RELATIVA - PEDREGAL -	44
GRAFICA 36. DIRECCION DEL VIENTO - TLALNEPANTLA Y CERRO DE LA ESTRELLA -	45

INDICE DE FIGURAS, TABLAS Y APENDICE

FIGURA 1.	LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO Y MONITOREO AUTOMATICO DE LA SEDUE (SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA)	12
TABLA 1.	CLASIFICACION DE LAS ESPECIES DE PROTOZOARIOS DE VIDA LIBRE AISLADOS DE LA ATMOSFERA DE LA CIUDAD DE MEXICO Y SU AREA METROPOLITANA	18
TABLA 2.	FECHA, NIVEL Y FRECUENCIA DE AISLAMIENTO PARA LAS ESPECIES DE PROTOZOARIOS - XALOSTOC -	28
TABLA 3.	FECHA, NIVEL Y FRECUENCIA DE AISLAMIENTO PARA LAS ESPECIES DE PROTOZOARIOS - TLALNEPANTLA -	29
TABLA 4.	FECHA, NIVEL Y FRECUENCIA DE AISLAMIENTO PARA LAS ESPECIES DE PROTOZOARIOS - C. ESTRELLA -	30
TABLA 5.	FECHA, NIVEL Y FRECUENCIA DE AISLAMIENTO PARA LAS ESPECIES DE PROTOZOARIOS - PEDREGAL -	31
TABLA 6.	FECHA, NIVEL Y FRECUENCIA DE AISLAMIENTO PARA LAS ESPECIES DE PROTOZOARIOS - ENEP IZTACALA - ...	32
APENDICE.	BREVE DESCRIPCION DE LAS ESPECIES DE PROTOZOARIOS AISLADAS	81

R E S U M E N

Se realizó un estudio en cuatro zonas de la Cd. de México y su área metropolitana, de febrero de 1988 a enero de 1989, para determinar las especies de protozoarios de vida libre presentes en la atmósfera. Las especies encontradas se correlacionaron con algunas condiciones meteorológicas y concentración de contaminantes atmosféricos registradas durante su aislamiento.

Se encontraron 20 especies de protozoarios de vida libre, 17 pertenecientes al grupo de los flagelados, con marcada predominancia del orden Kinetoplastida. Xalostoc fue la estación que registró el mayor número (14) de especies aisladas. Cercobodo radiatus y Bodo repens obtuvieron el mayor número de aislamientos, mientras que, Cercobodo cometa y Bodo minimus fueron los únicos organismos presentes en las cuatro estaciones de muestreo.

Las diferencias encontradas para cada estación en lo referente al número de especies, la frecuencia de aislamiento para cada uno y su constancia a lo largo de todo el estudio, se explica con base en las características particulares de cada zona y su interrelación con los factores ambientales registrados. La fuente principal de protozoarios hacia el aire la constituyó el suelo de la Cd. de México.

La estacionalidad, los fuertes vientos de los meses de febrero y marzo, y la época de lluvia no influyeron notablemente en la presencia de protozoarios en el aire.

En el mes de febrero no se obtuvo ningún aislamiento, esto se atribuyó a las altas concentraciones de los contaminantes registrados, mientras que, durante el mes de octubre generalmente

no se excedieron los límites establecidos por SEDUE (1986) para evaluar la calidad del aire, aislándose protozoarios en todas - las estaciones. Las relaciones entre los parámetros meteorológicos y las especies aisladas resultaron muy diversas, por lo que no fue posible establecer claramente la influencia de los factores ambientales y los contaminantes atmosféricos sobre los protozoarios.

I N T R O D U C C I O N

La Aerobiología es la ciencia que estudia el transporte aéreo de los microorganismos y otros materiales biológicos microscópicos, su depositación, y las consecuencias que estos procesos tienen para ellos mismos y para otros seres vivos (Cox, --- 1987).

Con base en lo anterior existen reportes en los que se menciona que la biota aérea esta constituida por bacterias, virus, hongos, polen, algas y sólo ocasionalmente se reportan protozoarios (Schlichting, 1961 y 1970).

Antes de mencionar los procesos mediante los cuales los microorganismos pasan a formar parte de la biota aérea es necesario entender que los protozoarios son organismos constituidos por una sola célula, que no forman órganos ni tejidos, con formas sumamente variadas y un tamaño que oscila entre 1 y 70,000-um. (Jahn, Bovee y Jahn, 1979); solitarios o coloniales (dentro de la colonia los organismos conservan su individualidad) y, muchos de ellos son cosmopolitas. Desde un punto de vista ecológico y evolutivo son unidades que interactúan con su medio ambiente y con otros organismos, comparables a un organismo más que con alguna de sus células constitutivas; y considerando a un organismo como la unidad básica sobre la que actúa la selección natural, en ese sentido, los protozoarios son "organismos completos" (Fenchel, 1987).

Con referencia a los protozoarios de vida libre, se reporta que sus estadios vegetativos y tróficos ocurren en todo tipo de agua dulce y salada, de suelo o materia orgánica en descomposición; su distribución abarca desde los polos hasta los trópicos (Kudo, 1982; Martínez y Elías, 1985).

De acuerdo a los estudios realizados por diversos investigadores se sabe que todos los microorganismos viables en el aire han sido transferidos a la atmósfera ya sea desde la tierra o desde el agua (Rittenberg, 1939).

Los transferidos desde la tierra pueden originarse de fuentes y actividades humanas tales como el polvo generado por los vehículos urbanos y rurales, del suelo, de los edificios, de la superficie de las rocas, de los árboles y otras plantas (Roberts, 1973 en Lighthart, 1976; Schlichting, 1974c). Las fuentes acuáticas pueden ser los mares, los ríos, los lagos, las plantas de desechos sólidos, así como las plantas de tratamiento de aguas negras (Albraitght, 1958 en Lighthart 1976; Fannin, 1981).

Por lo tanto, toda superficie contribuye a la población microbiana de la atmósfera, pero algunas, debido a su mayor población de microorganismos, mayor movilidad de materiales superficiales e intensa turbulencia atmosférica, contribuyen mucho más (Jacobs, 1939).

Los organismos transferidos a la atmósfera están asociados con residuos como pedazos de materia orgánica, motas de polvo, partículas de sal o gotas de agua, por consiguiente, a excepción de las esporas y polen, los microorganismos existen más frecuentemente como colonias que como simples organismos (Jacobs, 1939; Donaldson, 1978).

En relación con los mecanismos de transferencia de microorganismos a la atmósfera, se menciona que existen ciertas películas de agua que se encuentran en la interfase agua-aire que contienen bacterias, hongos, protozoarios y otros microorganismos, y al caer la lluvia o nieve se permite una dispersión vertical y horizontal de los mismos (Bandoni y Koske, 1974).

El viento fuerte es otro factor ambiental responsable de la liberación y dispersión de los microorganismos en la atmósfera (Jacobs, 1939; Schlichting, 1961; Stevenson y Collier, 1962; Rosas, 1986a). También, son transportados por la turbulencia -- del aire y los movimientos de convección de las capas de aire -- (Schlichting, 1964; Blanchard y Parker, 1977; Rosas, 1986a).

No se puede dejar de mencionar como un mecanismo de transferencia de microorganismos a la atmósfera, la producción de -- burbujas de gas de manera natural e inducida por el hombre en -- los ecosistemas marinos y de agua dulce; estas burbujas adsorben selectivamente materia orgánica y microorganismos, y cuando entran en contacto con la parte superior del cuerpo de agua ocurre su rompimiento, liberando a los microorganismos adsorbidos -- dentro de la atmósfera. Tales burbujas pueden ser producidas -- por diversos factores como la lluvia y la nieve impactándose en la superficie del agua o por el rompimiento de las olas (Jacobs, 1939; Boyce, 1954; Schlichting, 1974c y 1981; Blanchard y Syzdek, 1970; Blanchard y Parker, 1977).

Es de suma importancia señalar que los microorganismos de la atmósfera sobreviven por un período largo de tiempo a condiciones adversas tales como temperatura, presión y humedad extremas; a las grandes alturas, a la radiación y a los contaminantes gaseosos (Jacobs, 1939; Schlichting, 1961; Donaldson, 1978; Dimick et al., 1979; Lundholm, 1982). Principalmente aquellas -- especies con capacidad de formar quistes y que han sido aisladas de la atmósfera (Pennak, 1953 en Schlichting, 1961; Rivera et al., 1987).

La supervivencia de los protozoarios en la atmósfera depende no sólo de las condiciones micrometeorológicas en las masas

de aire, sino también de las características morfofisiológicas que les son propias. Algunas especies pueden ser más favorecidas que otras, y esta selección natural puede restringir a algunos organismos para colonizar un hábitat dado (Schlichting, 1964; - Rivera et al., 1987).

Para finalizar, se sabe que la precipitación en forma de lluvia, nieve y granizo, la fuerza gravitacional, así como, las ráfagas de viento hacia abajo son los mecanismos por los cuales los microorganismos de la atmósfera regresan a la tierra (Gislen, 1948 en Schlichting, 1961; Roy-Ocotla y Rosas, 1985; SEDUE, 1986; Lighthart y Mohr, 1987).

A N T E C E D E N T E S

Probablemente la primera persona que recolectó protozoarios viables del aire, fue el naturalista italiano Spallanzani, quien en 1777 expuso un medio de cultivo estéril al aire y lo que encontró fue "animalculo superior", un protozoario (Brock, 1961 en Schlichting, 1964). En tanto Miquel (1883) reportó 0.1 a 0.2 "huevos de protozoarios/m³ de aire", aislados del observatorio de Montsouris, París (Schlichting, 1964).

Puschkarew en 1913 (citado en Schlichting, op cit.) realizó el primer estudio taxonómico de los protozoarios del aire basándose en cultivos vivos, aisló 13 especies de pequeñas amibas, flagelados y un ciliado; además encontró un promedio de 2.5 --- quistes de protozoarios/m³ de aire.

En 1958, Schlichting expuso lavamanos conteniendo 50 ml. de agua de estanque estéril al aire, posteriormente el agua fue puesta dentro de matraces conteniendo medio suelo-agua vaporizado, aislándose 3 especies de protozoarios (Schlichting, 1961).

Schlichting (op cit.) realizó un estudio de las algas y -- protozoarios viables de la atmósfera en la Villa de Port Sanilac, Michigan, utilizando el medio suelo-agua, aisló 7 especies de algas y un zooflagelado no identificado.

Stevenson y Colier (1962) reportaron unas cuantas diatomeas y fitoflagelados aislados en un plato de vidrio conteniendo agua de mar y expuesto al aire en la playa Galveston en el Golfo de México.

Schlichting (1964) llevó a cabo un trabajo sobre las condiciones meteorológicas que afectan la distribución de algas y -- protozoarios del aire en Michigan y Texas, colectó respectivamente 5 y 7 especies de protozoarios.

Schlichting (1969) muestreó el aire en Denton, Texas y en Port Sanilac, Michigan por medio de filtros Millipore: aisló en medio extracto de suelo 33 especies de algas y protozoarios.

En México, el estudio de la Aerobiología se inició en 1982 en el Centro de Ciencias de la Atmósfera, en donde se estudiaron algas, bacterias y hongos. El Dr. Rivera y su grupo de la FNEP Iztacala se abocó al estudio de los protozoarios, especialmente a las amibas patógenas de vida libre (Rosas y Roy-Ocotla, 1985).

Entre los estudios más sobresalientes realizados sobre este tema podemos mencionar:

- Composición algal de la atmósfera de 2 ciudades del estado de Veracruz, México (Roy-Ocotla y Rosas, 1985).
- Recolección de hongos de la atmósfera de la ciudad de México - a partir de muestras de lluvia (Rosas et al., 1986a).
- Distribución estacional de algas en la atmósfera de la ciudad

de México (Rosas y Roy-Ocotla, 1986c).

- Actinomicetos aislados del aire y del bagazo de la caña de azúcar en una fábrica de celulosa (Rosas y Cid de León, 1986b).
- Estudio de la distribución estacional y la variación diurna de la población natural de bacterias mesófilas de una zona urbana del Distrito Federal, México (Rosas y Yela, 1987b).
- Evaluación aeromicológica en la Cd. de México (Rosas y Calderón, 1987a).
- Algas potencialmente alérgicas aisladas de la atmósfera de una zona urbana de la Cd. de México (Rivera et al., 1985).
- Aislamiento de amibas de la atmósfera de la ciudad de México y sus alrededores (Rivera et al., 1987).
- Aislamiento de amibas patógenas de la atmósfera de la Cd. de México (Rivera et al., 1988).

Schlichting (1986b) hizo una recopilación, y reporta que alrededor de 250 taxa de algas y protozoarios viables del aire han sido identificadas de muestras atmosféricas a través de todo el mundo.

Los efectos que producen las sustancias tóxicas atmosféricas para la salud pública pueden ser reflejados por los protozoarios y microalgas aéreas, por lo tanto el daño producido en estos organismos puede indicar el daño que causan a las plantas, a los animales y posiblemente al hombre (Schlichting, 1986b).

Es probable que los cultivos de algas y protozoarios puedan ser usados para el monitoreo atmosférico, ayudando a conocer la concentración de contaminantes del aire, tales como, óxido de nitrógeno, dióxido de azufre, ozono, radionúclidos y metales pesados. Los microorganismos transportados por el aire actuarían como indicadores de contaminación del aire, especialmente al re

lacionar su velocidad de crecimiento, cambios polimórficos, citología y morfología con las concentraciones de sustancias tóxicas atmosféricas y esto a su vez sumarse al entendimiento de la biota aérea del planeta (Schlichting, 1986b y d).

O B J E T I V O S

General.- Recolectar a partir de la atmósfera de la ciudad de México y su área metropolitana los protozoarios de vida libre que puedan ser aislados mediante cultivos.

Específicos.- a) Aislar los protozoarios de la atmósfera utilizando medios de cultivo específicos tanto sólidos como líquidos.

b) Identificar los organismos aislados hasta nivel de especie.

c) Correlacionar el análisis protozoológico con las condiciones meteorológicas y de partículas suspendidas que prevalezcan en las zonas de estudio.

A R E A D E E S T U D I O

La ciudad de México y su área metropolitana son consideradas una de las zonas más contaminadas del mundo debido a su elevada concentración demográfica, la localización en su territorio de un gran número de establecimientos industriales y el uso intensivo y creciente de vehículos (SEDUE, 1986; Rosas et al., -1986a).

Por su latitud ($19^{\circ} 30'$) y altitud (2240 m.s.n.m.) tiene en general un clima templado con una estación de lluvias de ju-

nio a septiembre y una estación de secas durante el resto del año. Sin embargo, de acuerdo a las modificaciones realizadas -- por García (1973) a la clasificación climática de Köppen, las estaciones de Tlalnepantla y Cerro de la Estrella cuentan con un clima $C(w_0)w$ templado subhúmedo con lluvias en verano y una precipitación invernal menor del 5%, agrupado dentro de los subtipos menos húmedos de los templados subhúmedos; un clima ----- $C(w_1)w$ templado subhúmedo con lluvias en verano y una precipitación invernal menor del 5%, perteneciente a los subtipos de humedad media de los templados subhúmedos, posee la estación del Pedregal de San Angel, mientras que, la estación de Xalostoc -- tiene un clima BS_1kw semiseco templado con lluvias en verano y precipitación invernal entre 5 y 10.2%, verano cálido (SEDUE, - 1986; García, 1973; Carta Topográfica y de Climas de la ciudad de México, 1980).

Las temperaturas oscilan entre $5.3^{\circ} C$ (promedio de la temperatura mínima de enero) y más de $26.5^{\circ} C$ (promedio de la temperatura máxima en abril y mayo). Los vientos dominantes soplan en general de noreste a suroeste y se presentan ocasionalmente - vientos del suroeste en invierno (SEDUE, op cit.).

La situación geográfica del área metropolitana propicia la formación de inversiones térmicas a nivel de superficie por la presencia de masas de aire frío estacionarias sobre el Valle de México. Durante estas inversiones principalmente en invierno, - los contaminantes se acumulan en una capa de aire poco profunda, lo que deteriora la calidad del aire (SEDUE, op cit.).

M A T E R I A L Y M E T O D O S

Muestreo:

Se realizó en 4 estaciones ubicadas en Cerro de la Estrella, Pe

dregal de San Angel, Tlalnepantla y Xalostoc, a un lado de los sistemas de monitoreo automático de la SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología), que se encontraban en los lugares mencionados (Fig. 1). Los parámetros meteorológicos de temperatura del aire, humedad relativa, dirección del viento, velocidad del viento y concentración de contaminantes entre ellos ozono, monóxido de carbono y, en ciertos casos, compuestos de azufre y óxidos de nitrógeno, se midieron continuamente 24 horas antes de la recolección de las muestras. Durante los muestreos se hicieron observaciones cada hora de las condiciones meteorológicas y contaminantes atmosféricos mencionados.

Se realizaron 16 muestreos distribuidos de la siguiente manera:

No. de muestreo	Mes	Día	Año
I	Enero	18	1988 Muestreo
II	Febrero	2	" piloto
III	Febrero	15	"
IV	Febrero	29	"
V	Marzo	7	"
VI	Marzo	14	"
VII	Abril	18	"
VIII	Mayo	16	"
IX	Junio	13	"
X	Julio	25	"
XI	Agosto	15	"
XII	Septiembre	12	"
XIII	Octubre	17	"
XIV	Noviembre	23 y 24	"
XV	Diciembre	14	"
XVI	Enero	16	1989

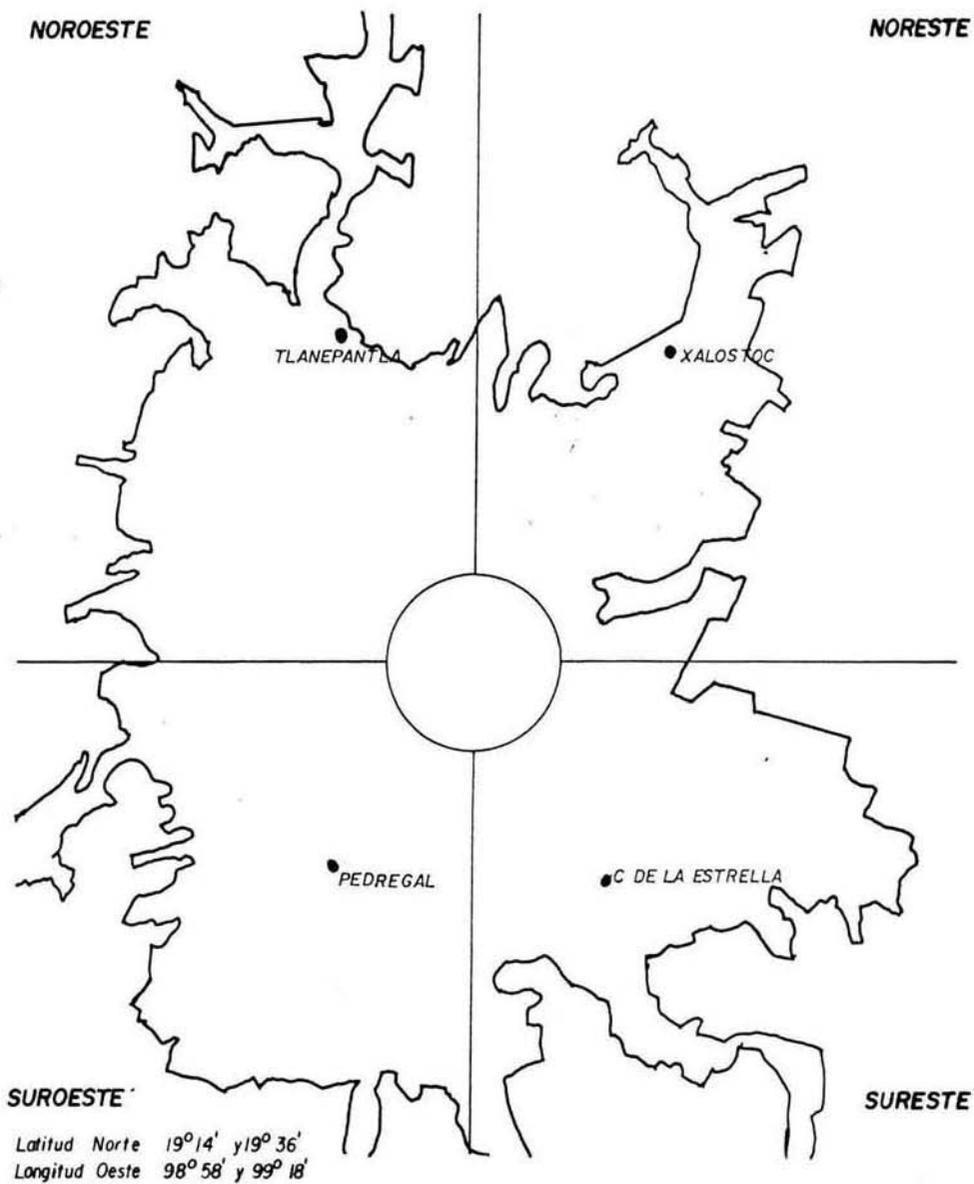


Fig. 1 Localización de las estaciones de Muestreo y Monitoreo atmosférico automático de la SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología) en la ciudad de México (SEDUE, 1986)

El 14 de abril de 1988 se realizó un muestreo en 4 niveles diferentes (2, 4, 6 y 8m. de altura) en la ENEP Iztacala. Cabe mencionar que, en este muestreo adicional no se tomaron los parámetros meteorológicos mencionados anteriormente, debido a que en este lugar no existe estación de monitoreo automático.

En cada muestreo se hizo una colecta de las 11:00 a.m. a las 12:00 a.m., a 5 m. sobre el nivel del suelo y de las 12:00 a.m. a las 13:00 p.m., a 2 m. sobre el nivel del suelo, utilizando el método de impactación en medio de Bold y Wynne, según lo describen Rivera y colaboradores (1987). Este consta de un matraz Erlenmeyer de 125 ml. que contiene medio basal de Bold (Bold y Wynne, 1978) y un tapón a través del cual pasa un tubo de vidrio de diámetro interior de 4 mm. que llega a 6 mm. del fondo del matraz. Por otro tubo de vidrio, el matraz se conecta a un sistema de vacío con rotámetro integrado, que hace pasar un flujo de aire de 19.6 l/m. El volumen final de aires muestreado es 1176 l/h en cada ocasión (Schlichting, 1961, 1964, 1969; Rivera et al., 1987).

Se llevaron a cabo 2 muestreos de agua de lluvia, el primero realizado durante el muestreo de agosto 15 de 1988 en la estación Cerro de la Estrella, de 12:00 a.m. hasta el término de la lluvia y el otro fue un muestreo nocturno realizado en Tlalpan el 16 de agosto de 1988; no se tienen datos de los parámetros meteorológicos y contaminantes atmosféricos de esta última estación, por no estar ubicada junto a la red de monitoreo automático de la SEDUE.

Las muestras de lluvia se recolectaron en matraces Erlenmeyer de un litro, por medio de un embudo de 28 cm. de diámetro superior. El matraz se colocó en un soporte universal a una al-

tura de 1.5 m. sobre el nivel del suelo, para evitar que la muestra se contaminara con microorganismos del suelo al chocar el agua contra el suelo (Maguire, 1963). Los recolectores se instalaron en los sitios de muestreo mencionados anteriormente y se taparon con papel aluminio hasta el comienzo de la lluvia, una vez terminada ésta, se taparon y se llevaron al laboratorio para su procesamiento.

El procedimiento de muestreo de lluvia y aire se realizó en condiciones de esterilidad estricta.

Cultivo:

A partir del muestreo de febrero 29 de 1988 los organismos capturados en los 50 ml. de medio de Bold se mantuvieron por espacio de una semana con fotoperíodo de 12 horas de luz y 12 de -- obscuridad a temperatura ambiente.

Posteriormente se concentraron las muestras de las 4 estaciones por centrifugación a 2000-2500 r.p.m. por espacio de 15 minutos, en seguida, se procedió a la decantación y se dejaron sólo 5 ml., los cuales se utilizaron para la siembra en los medios de cultivo.

Los cultivos se revisaron diariamente por espacio de 15 -- días (incluyendo los blancos), por medio de invertoscopio de -- luz Zeiss estándar a 10 X, 40 X y 100 X.

A las muestras de agua de lluvia se les midió su valor de pH y posteriormente se les aplicó el mismo procedimiento utilizado en las muestras de aire.

La siembra en los medios de cultivo se hizo en condiciones de esterilidad, con el concentrado previamente homogeneizado -- con ayuda de un vórtex: se aclara que sólo se utilizaron 2 ml. -

de los 5 ml. obtenidos, éstos se inocularon por partes iguales - en los medios elegidos en cada caso, con ayuda de una pipeta -- Pasteur.

Medios Utilizados:

- a) Medio Chalkley con granos de arroz (Mackinnon y Hawes, 1961), para flagelados y ciliados de vida libre. Se incubaba a 20° C.
- b) Infusión de trigo (López-Ocotereña, 1965), para flagelados y ciliados de vida libre. Se incubaba a 20° C.
- c) Medio de infusión de alfalfa (Mackinnon y Hawes, 1961), para flagelados y ciliados de vida libre. Se incubaba a 20° C.
- d) Medio enriquecido con leche en polvo (Kudo, 1982), para ciliados de vida libre. Se incubaba a 20° C.
- e) Medio extracto de suelo (Mackinnon y Hawes, 1961), para protozoarios del suelo. Se incubaba a 20° C.
- f) La combinación de medio de agar no nutritivo con Escherichia coli (NNE) (De Jonckheere, 1982) con medio basal de Bold líquido (MBB) (Bold y Wynne, 1978). Se incubaba a 20° C.

Identificación:

Para esta actividad se utilizaron las claves de Kahl (1930- --- 1935); Lackey (1976); Page (1976); Lee, Hutner y Bovee (1985); - Calaway y Lackey (1962); Deflandré (1976); Jahn, Bovee y Jahn - (1979); Hänel (1979); Grassé (1952).

Para la identificación de los protozoarios de vida libre - aislados del aire se hicieron preparaciones en fresco y se observaron al microscopio de luz con contraste de fases a 10 X, - 40 X y 100 X. Para disminuir el movimiento y facilitar la observación tanto de flagelados como de ciliados se usó una solución de Protoslo (Carolina Biological Supply).

Se registraron medidas de largo y ancho del cuerpo de 25 - organismos de cada especie y se sacó la media y la desviación - estándar de las medidas obtenidas, en el caso de que los orga-- nismos de una especie fueran escasos, se obtuvo el mayor número de medidas posible. Además se hicieron observaciones del número de flagelos de cada especie, en algunos casos, la longitud de - estos y anotaciones de las características más notables de los - organismos aislados.

Posteriormente se procedió a la comparación con las claves antes citadas.

Para observar estructuras características de los diferen-- tes grupos de protozoarios, se usaron las siguientes tinciones:

- 1) Verde de metilo acidulado (Curds, 1969).
- 2) Tinción de Noland (Calaway y Lackey, 1962).
- 3) Rojo neutro (Mackinnon y Hawes, 1961).

Para los ciliados se usaron las técnicas argénticas de --- Klein (Curds, 1982); D. Fernández-Galiano (1976), y el método - D. Fernández-Galiano modificado por Augustin et al., 1984.

Recuento:

Se hizo una estimación semicuantitativa del número y frecuencia de protozoarios, estableciendo una escala de:

Escala	Frecuencia
Menor de 10 organismos por especie/10 ml. de medio basal de Bold (MBB).	Escasa
Mayor de 10 y menor de 100 organismos/10 ml. de me-- dio basal de Bold (MBB).	Media
Mayor de 100 organismos por especie/10 ml. de me-- dio basal de Bold (MBB).	Abundante

Tratamiento Estadístico:

Se aplicó un análisis de correlación lineal simple, usando el coeficiente de Pearson, entre los parámetros biológicos: entre los parámetros meteorológicos (incluyendo contaminantes atmosféricos) y entre los parámetros meteorológicos y las especies aisladas. Previamente se estandarizaron los resultados utilizando la fórmula $\log_{10} (n+1)$ (Jeffers, 1978).

RESULTADOS

En el presente estudio se aislaron 20 especies de protozoarios de vida libre, cuya clasificación taxonómica se muestra en la tabla 1. Al grupo de los flagelados correspondieron 17 especies, 2 a las amibas (ameboflagelados) y una a los ciliados. Es necesario aclarar que las especies aisladas se obtuvieron de muestras de aire, pues en ninguna de las 2 colectas de agua de lluvia se aislaron organismos.

En el grupo de los flagelados predominaron las especies pertenecientes al orden Kinetoplastida (Gráfica 1), tratándose de pequeños flagelados incoloros que se alimentan principalmente de bacterias (Grassé, 1952), seguidos por el orden Chrysomonadida. Estos también son flagelados incoloros, pero con la característica de poseer dimensiones mucho menores (Calaway y Lackey, 1962).

El género Bodo contribuyó con 7 especies, mientras que, del género Cercobodo y Monas se aislaron 3 especies de cada uno (Gráfica 2).

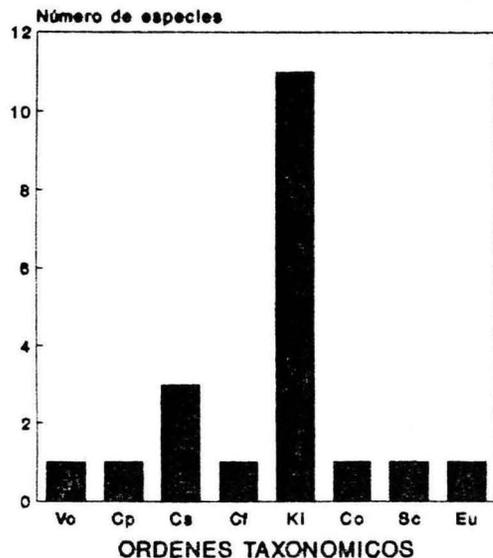
Las gráficas 3 a 6 muestran el número de aislamientos totales por especie en cada una de las cuatro estaciones. Xalostoc fue la estación donde se aislaron más protozoarios (14 espe---

TABLA 1

Clasificación de las especies de protozoarios de vida libre aislados de la atmósfera de la Cd. de México y su área metropolitana (Levine et al., 1980).

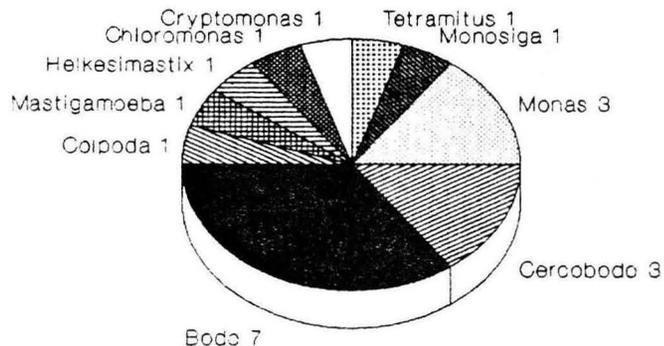
REINO	Protista	Haeckel, 1866.
SUBREINO	Protozoa	Goldfuss, 1818; emen. Von Siebold, 1845.
PHYLUM	Sarcomastigophora	Honigberg y Balamuth, 1963.
SUBPHYLUM	Mastigophora	Diesing, 1866.
CLASE	Phytomastigophorea	Calkins, 1909.
ORDEN	Volvocida	Francé, 1894.
	<u>Chloromonas</u> sp.	Gobi
ORDEN	Cryptomonadida	Senn, 1900
	<u>Cryptomonas</u> sp.	Ehrenberg
ORDEN	Chrysomonadida	Engler, 1898.
	<u>Monas guttula</u>	Ehrenberg
	<u>Monas termo</u>	Ehrenberg
	<u>Monas</u> sp.	(Müller) Stein, 1878.
CLASE	Zoomastigophorea	Calkins, 1909.
ORDEN	Choanoflagellida	Kent, 1880.
	<u>Monosiga ovata</u>	Kent
ORDEN	Kinetoplastida	Honigberg, 1963.
	<u>Bodo caudatus</u>	Klebs
	<u>Bodo repens</u>	Klebs
	<u>Bodo minimus</u>	Klebs
	<u>Bodo edax</u>	Klebs
	<u>Bodo globosus</u>	Stein
	<u>Bodo saltans</u>	Ehrenberg
	<u>Bodo erectus</u>	(Rühle) Nov comb.
	<u>Cercobodo radiatus</u>	(Klebs) Lemmermann
	<u>Cercobodo cometa</u>	Hollande
	<u>Cercobodo granulífera</u>	Hollande
	<u>Helkesimastix faecicola</u>	Woodcock y Lapage
SUBPHYLUM	Sarcodina	Schmarda, 1871.
SUPERCLASE	Rhizopoda	Von Siebold, 1845.
CLASE	Lobosea	Carpenter, 1881
SUBCLASE	Gymnamoebia	Haeckel, 1862.
ORDEN	Schizopyrenida	Singh, 1952.
	<u>Tetramitus rostratus</u>	Perty
CLASE	Eumycetozoea	Zopf, 1884.
	<u>Mastigamoeba reptans</u>	Stokes
PHYLUM	Ciliophora	Doflein, 1901.
CLASE	Kinetofragminophorea	Puytorac <u>et al.</u> , 1974.
SUBCLASE	Vestibulifera	Puytorac <u>et al.</u> , 1974.
ORDEN	Colpodida	Puytorac <u>et al.</u> , 1974.
	<u>Colpoda</u> sp.	Müller

Gráfica 1. Número de Especies para cada Orden Taxonómico

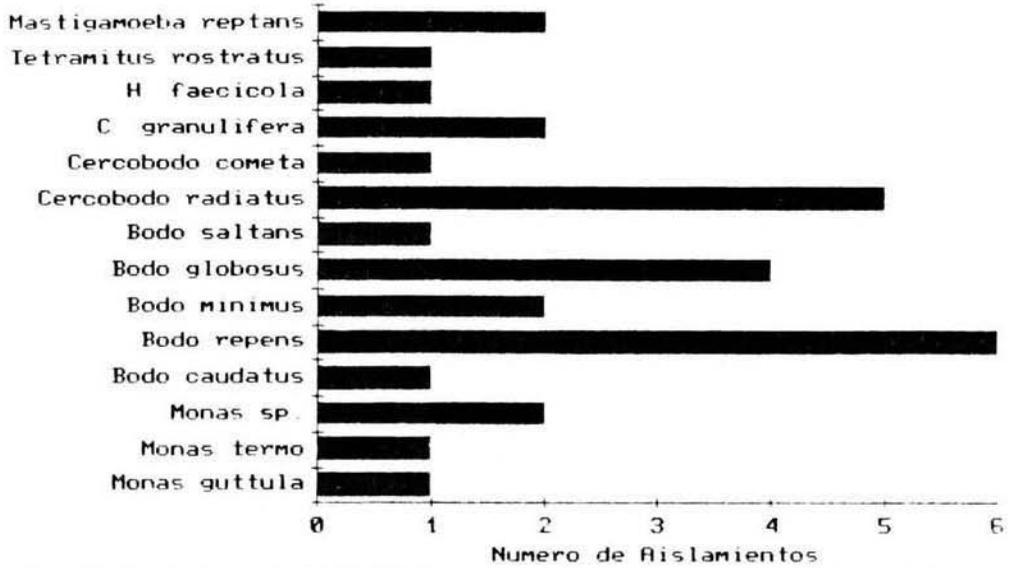


Vo: Volvocida Cp: Cryptomonadida Cs: Chrysoomonadida
 Cf: Choanoflagellida Kl: Kinetoplastida Co: Colpodida
 Sc: Schizopyrenida Eu: Eumycetozoa

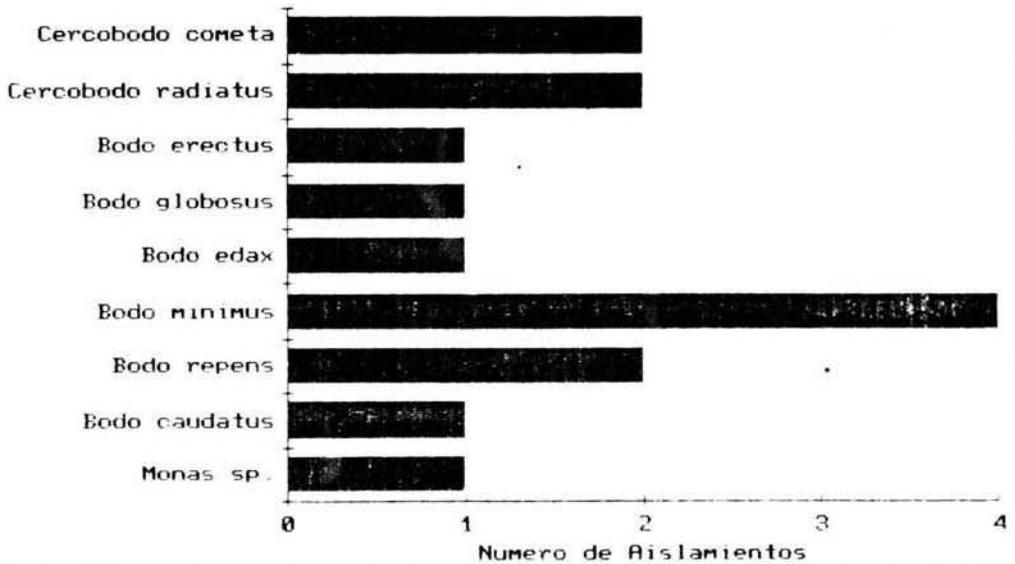
Gráfica 2. Proporción de especies para los géneros aislados de la atmósfera



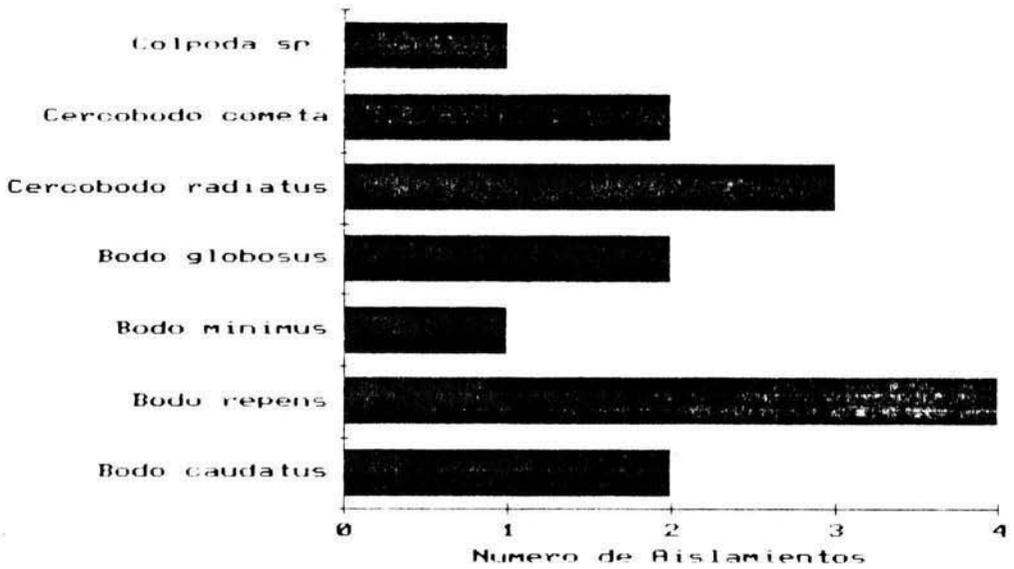
GRAFICA 3. NUMERO DE AISLAMIENTOS TOTALES POR ESPECIE. XALOSTOC



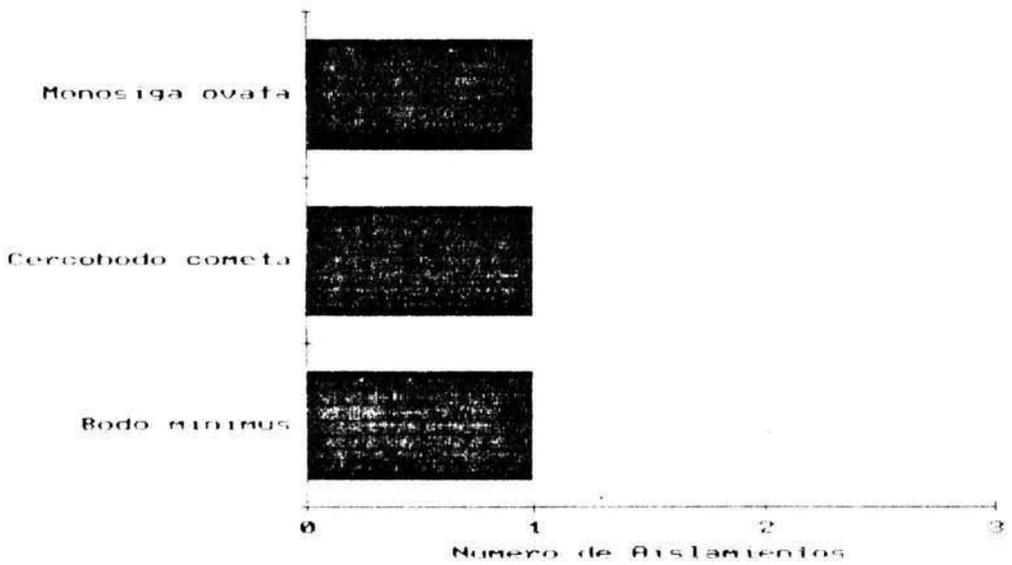
GRAFICA 4. NUMERO DE AISLAMIENTOS TOTALES POR ESPECIE. TLALNEPANTLA



GRAFICA 5 NUMERO DE AISLAMIENTOS
TOTALES POR ESPECIE C DE LA ESTRELLA



GRAFICA 6 NUMERO DE AISLAMIENTOS
TOTALES POR ESPECIE PEDREGAL



cies), seguida por Tlalnepantla (9 especies) y Cerro de la Estrella (8 especies). La estación con menor número de aislamientos por especie (3) fue la del Pedregal de San Angel.

En el muestreo vertical realizado en la ENEP Iztacala se aislaron 6 especies de protozoarios, tres pertenecientes al género Bodo; en tanto que, los géneros Cercobodo, Chloromonas y Cryptomonas contribuyeron cada uno con 1 especie. La especie Bodo repens fue la única aislada en 2 niveles (2 y 8 m.) diferentes.

Cercobodo cometa y Bodo minimus fueron las únicas especies aisladas en las 4 estaciones de muestreo.

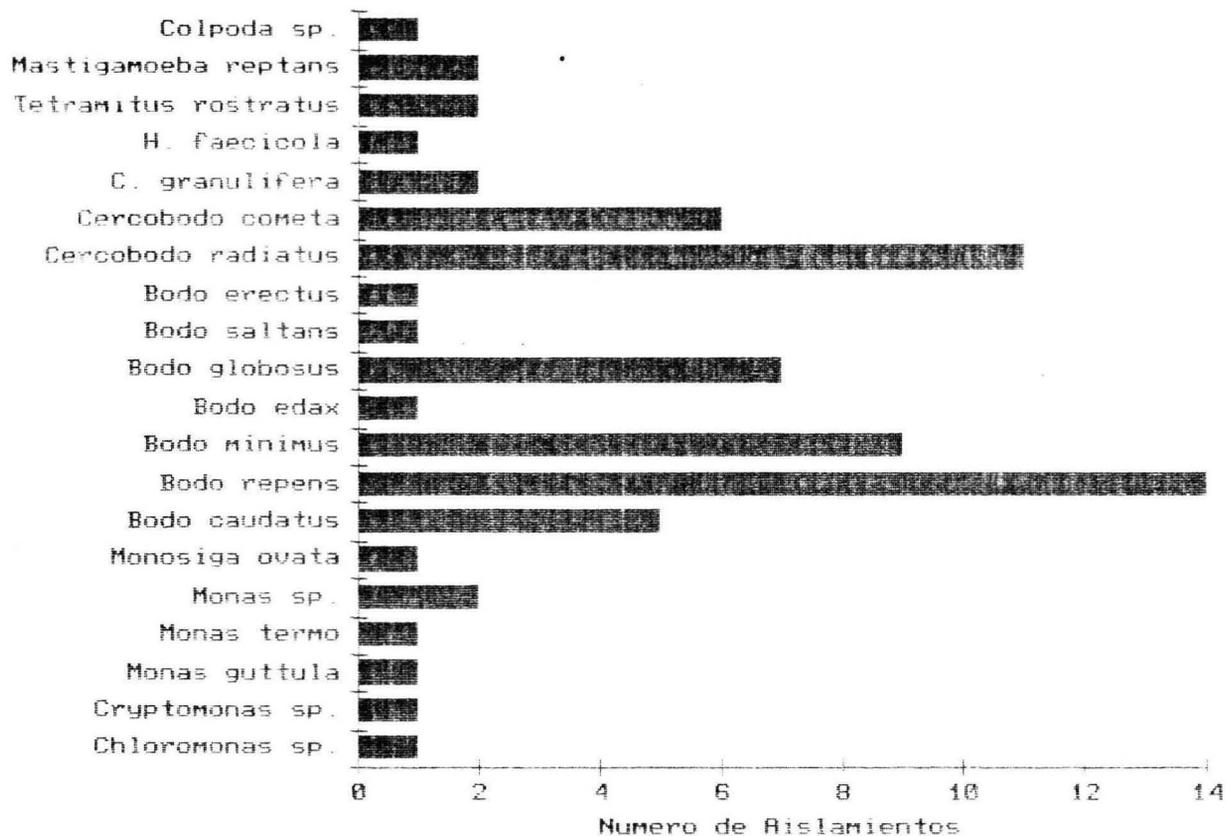
En la estación de Xalostoc, Bodo repens resultó ser la especie con mayor número de aislamientos (6), Bodo minimus (4) en Tlalnepantla, mientras que, en Cerro de la Estrella fue Bodo repens (4). En el Pedregal las tres especies obtenidas sólo se aislaron en una ocasión cada una.

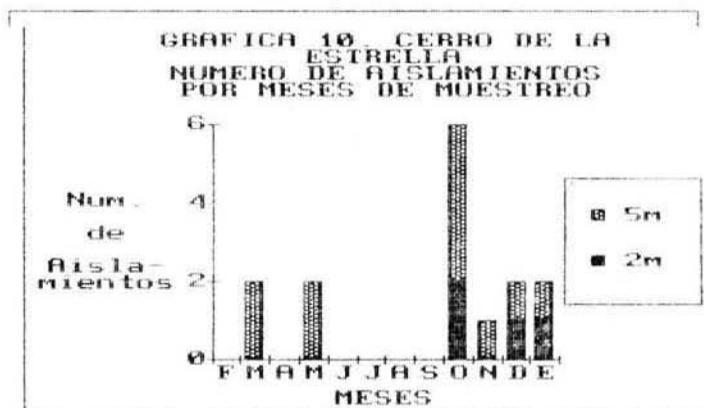
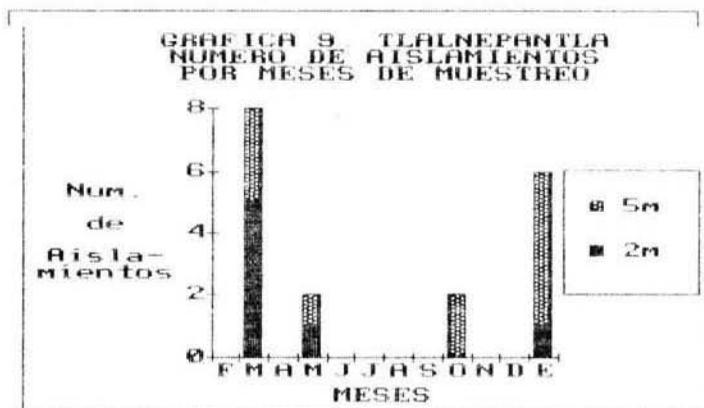
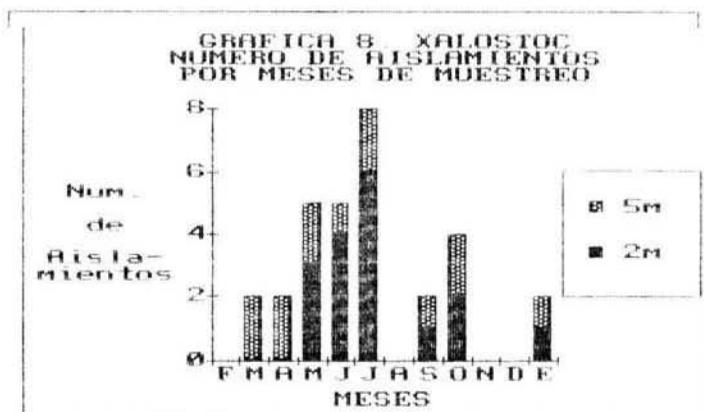
El número de aislamientos totales de cada especie de protozoarios se presenta en la gráfica 7. Bodo repens y Cercobodo radiatus fueron las especies con el mayor número de aislamientos (14 y 11 respectivamente); además puede observarse que 10 especies se aislaron sólo 1 vez.

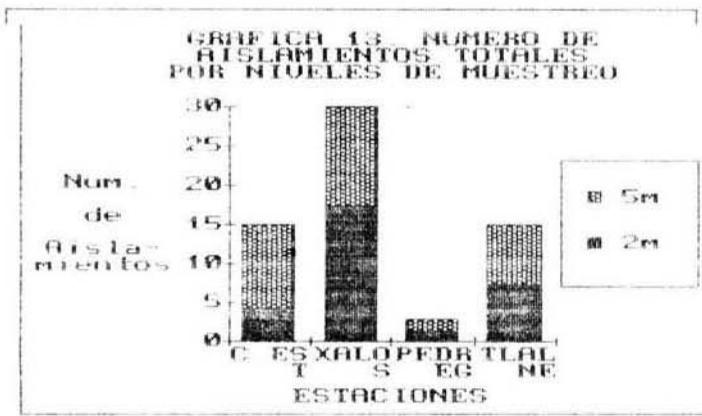
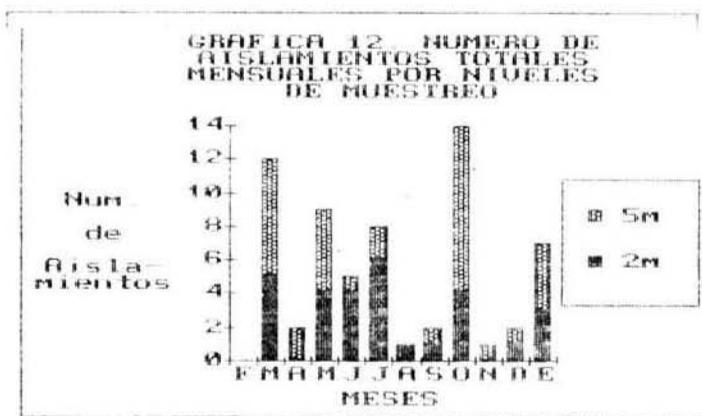
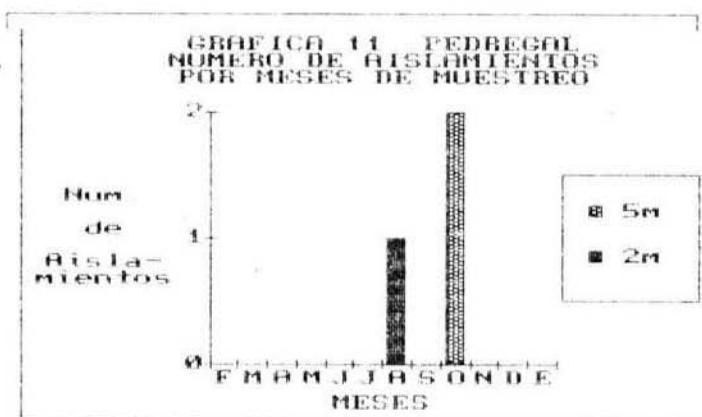
El número de aislamientos y sus respectivos niveles (2 y 5 m.) realizados en cada estación de muestreo para cada uno de los meses que abarcó el estudio se muestran en las gráficas 8 a 11. Es notoria la gran diferencia que existe entre cada una de las estaciones. En ninguna estación se aislaron protozoarios todos los meses de muestreo.

Xalostoc, fue el lugar donde el aislamiento resultó más --

GRAFICA 7. NUMERO DE AISLAMIENTOS TOTALES DE CADA ESPECIE DE PROTOZOARIO







consistente, ya que únicamente los meses de febrero, agosto, no viembre y diciembre no se aislaron protozoarios: el mes con mayor número de aislamientos (8) fue julio, correspondiendo la ma yoría de ellos (6) al nivel de 2 m.

En Tlalnepantla se aislaron protozoarios sólo en 4 meses;- el mes con mayor número de aislamientos (8) fue marzo; el nivel con mayor número de aislamientos (5) correspondió a los 2 m., - en el mismo mes.

En la estación Cerro de la Estrella sólo en 6 meses del -- muestreo se aislaron organismos; el mes de octubre tuvo el ma-- yor número de aislamientos (6) y casi todos ellos se realizaron en el nivel de 5 m.

Unicamente en 2 meses hubo aislamiento de protozoarios en la estación Pedregal y, al igual que en Cerro de la Estrella, - octubre fue el mes con mayor número de aislamientos (2), corres pondiendo estos al nivel de 5 m.

Además puede observarse que en el mes de octubre se aislaron protozoarios en las 4 estaciones de muestreo y que en el -- mes de febrero no ocurrió ningún aislamiento.

En la gráfica 12 se presenta el número de aislamientos totales mensuales por niveles de muestreo. Octubre resultó el mes que obtuvo mayor número de aislamientos (14) de los cuales 10 - correspondieron al nivel de 5 m. El nivel de 5 m. fue el que re gistró el mayor número de aislamientos (34), aunque no existe - mucha diferencia con el número (29) obtenido para el nivel de - 2 m.

Se presenta en la gráfica 13 el número de aislamientos totales por niveles de muestreo para cada una de las estaciones.

Existió similitud entre los 2 niveles para todas ellas. Es evidente que Xalostoc fue la estación con el mayor número de aislamientos (30) mientras que, la estación del Pedregal registró un número insignificante (3) con respecto a las demás estaciones.

Las tablas 2 a 6 muestran la fecha, nivel y frecuencia de aislamiento de las especies para cada una de las estaciones, incluyendo el muestreo vertical realizado en la ENEP Iztacala.

En Xalostoc la frecuencia de las especies aisladas en la mayoría de los casos fue abundante. Sin embargo, las frecuencias con las que se aislaron cada una de las especies resultaron bastante contrastantes, debido a que algunas sólo se aislaron en una ocasión. En cuanto a las especies aisladas varias veces se puede destacar a Bodo repens, Bodo globosus y Bodo caudatus, cuyas frecuencias variaron a lo largo de todo el muestreo.

En Tlalnepantla la frecuencia de las especies aisladas correspondió a media y abundante. La única especie que apareció con regularidad a lo largo de todos los muestreos fue Bodo minimus. También hubo especies que se aislaron sólo en una ocasión.

La frecuencia de las especies aisladas en Cerro de la Estrella fue escasa en la mayor parte de los aislamientos. Las especies que aparecieron regularmente a lo largo de todos los muestreos fueron Bodo repens y Cercobodo radiatus, y las especies que sólo se aislaron en una ocasión fueron Colpoda sp. y Bodo minimus.

En la estación de Pedregal se aislaron 3 especies, de las cuales, Cercobodo cometa tuvo frecuencia abundante y las otras (2) frecuencia media.

En la estación de Iztacala las especies presentaron gene--

TABLA 2

ESTACION DE MUESTREO XALOSTOC

FRECUENCIA: 1 Escasa, 2 Media, 3 Abundante

FECHA	NIVEL	Especies de Protozoarios																		
		M.	B.	B.	B.	C.	C.	H.	T.	M.	M.									
14-Mar-88	2m																			
	5m			1	1															
18-Abr-88	2m																			
	5m			3	3															
16-May-88	2m			3	3	3														
	5m					3						1								
13-Jun-88	2m			2	3	2	3													
	5m					2														
25-Jul-88	2m	3	1	1	1	1	1	1	1	3										
	5m	1	1																	
15-Ago-88	2m																			
	5m																			
12-Sep-88	2m								3											
	5m					1														
17-Oct-88	2m				3					3										
	5m									3										1
23-Nov-88	2m																			
	5m																			
14-Dic-88	2m																			
	5m																			
16-Ene-88	2m																			2
	5m									2										

M: Monas; B: Bodo; C: Cercobodo; H: Helkesimastix

T: Tetramitus; Mast.: Mastigamoeba

Fecha, Nivel y Frecuencia de aislamiento para las especies de protozoarios - Xalostoc -

TABLA 3

ESTACION DE MUESTREO TLALNEPANTLA

FRECUENCIA: 1 Escasa, 2 Media, 3 Abundante

FECHA	NIVEL	M. Monas			B. Bodo			C. Cercobodo			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
14-Mar-88	2m	1			1			1			3
	5m		2	2	2						
18-Abr-88	2m										
	5m										
16-May-88	2m										3
	5m										3
17-Jun-88	2m										
	5m										
25-Jul-88	2m										
	5m										
15-Ago-88	2m										
	5m										
12-Sep-88	2m										
	5m										
17-Oct-88	2m										
	5m					3					3
23-Nov-88	2m										
	5m										
14-Dic-88	2m										
	5m										
16-Ene-88	2m									3	
	5m					1			1		

M: Monas; B: Bodo; C: Cercobodo

Fecha, Nivel y Frecuencia de aislamiento para las especies de protozoarios - Tlalnepantla -

TABLA 4

ESTACION DE MUESTREO CERRO DE LA ESTRELLA

FRECUENCIA: 1 Escasa, 2 Media, 3 Abundante

FECHA	NIVEL	C. B.		B. C.	
		o	l	o	l
14-Mar-88	2m				
	5m		3	1	
18-Abr-88	2m				
	5m				
16-May-88	2m				
	5m		2		3
13-Jun-88	2m				
	5m				
25-Jul-88	2m				
	5m				
15-Ago-88	2m				
	5m				
12-Sep-88	2m				
	5m				
17-Oct-88	2m		1	3	
	5m	1	1	3	1
23-Nov-88	2m				
	5m				1
14-Dic-88	2m				2
	5m		1		
16-Ene-88	2m				1
	5m				3

B: Bodo; C: Cercobodo

Fecha, Nivel y Frecuencia de aislamiento para las especies de protozoarios - C. de la Estrella -

TABLA 5

ESTACION DE MUESTREO PEDREGAL

FRECUENCIA: 1 Escasa, 2 Media, 3 Abundante

FECHA	NIVEL	B.	M.	C.
		m i n i m u s	o v a t a	c o m e t a
14-Mar-88	2m			
	5m			
18-Abr-88	2m			
	5m			
16-May-88	2m			
	5m			
13-Jun-88	2m			
	5m			
25-Jul-88	2m			
	5m			
15-Ago-88	2m		2	
	5m			
12-Sep-88	2m			
	5m			
17-Oct-88	2m	2		3
	5m			
23-Nov-88	2m			
	5m			
14-Dic-88	2m			
	5m			
16-Ene-88	2m			
	5m			

B: Bodo; C: Cercoba
M: Monosiga

Fecha, Nivel y Frecuencia de aislamiento para las especies de protozoarios - Pedregal -

TABLA 6

ESTACION DE MUESTREO E.N.E.P. IZTACALA

FRECUENCIA: 1 Escasa, 2 Media, 3 Abundante

FECHA	NIVEL	<u>Bodo</u> <u>repens</u>	<u>Bodo</u> <u>caudatus</u>	<u>Bodo</u> <u>minimus</u>	<u>Cercobodo</u> <u>radiatus</u>	<u>Chloroanonas</u> sp.	<u>Cryptomonas</u> sp.
10-Ago-88	2m	3	3			2	1
	4m						
	6m						
	8m	3		3	3		

Fecha, Nivel y Frecuencia de aislamiento para las especies de protozoarios - ENEP Iztacala -

ralmente una frecuencia abundante. La única que se aisló en 2 niveles diferentes fue Bodo minimus, con una frecuencia abundante.

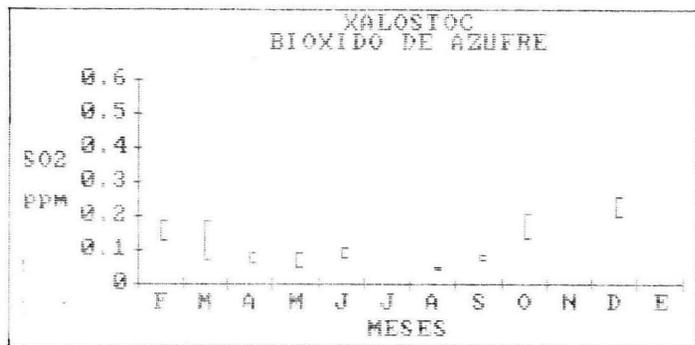
Las gráficas 14 a 36 muestran las concentraciones registradas para cada uno de los parámetros meteorológicos incluyendo a los contaminantes gaseosos, de febrero de 1988 a enero de 1989.- Es importante mencionar que los valores gráficos corresponden únicamente a aquéllos que tuvieron el mayor número de datos y además obtuvieron un valor significativo en las pruebas estadísticas de correlación. También se aclara que los valores gráficos como máximo y mínimo para cada uno de los meses, corresponden a las lecturas obtenidas a las 11:00 a.m. y 12:00 a.m. del día del muestreo.

Bióxido de azufre (SO_2)

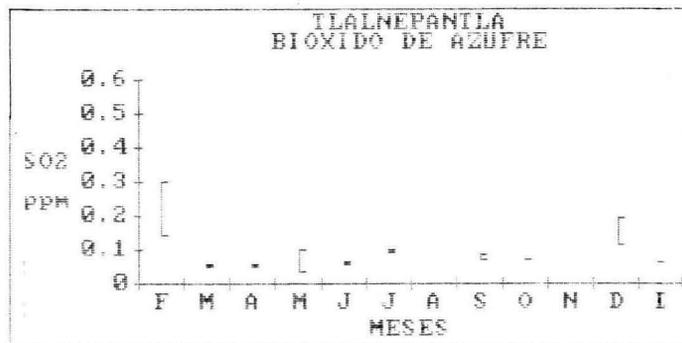
En la estación de Xalostoc (Gráfica 14) el valor mínimo (0.044 ppm) se registró en el mes de agosto y el valor máximo (0.255 ppm) se obtuvo en el mes de diciembre. El mes con máxima variación en las concentraciones registradas fue marzo. Durante los meses de febrero, marzo, octubre y diciembre las concentraciones excedieron el límite (0.13 ppm) para evaluar la calidad del aire, según lo establecido por SEDUE (1986).

En la gráfica 15 correspondiente a la estación de Tlalne--
pantla se observó que el valor mínimo (0.035 ppm) se registró en el mes de mayo y el máximo (0.303 ppm) en el mes de febrero, durante este mismo mes se observó una variación apreciable en las concentraciones registradas durante las dos horas de muestreo. La concentración del contaminante excedió el límite en los meses de febrero y diciembre.

GRAFICA 14

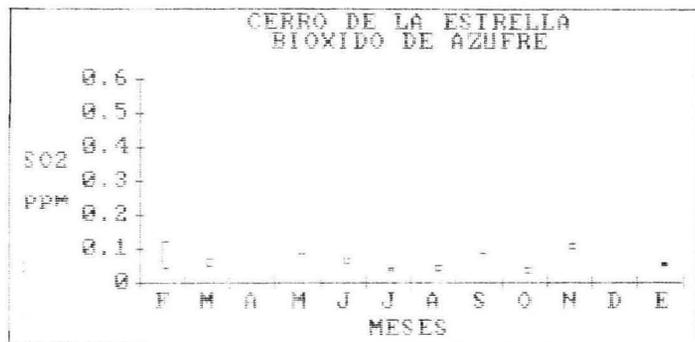


GRAFICA 15

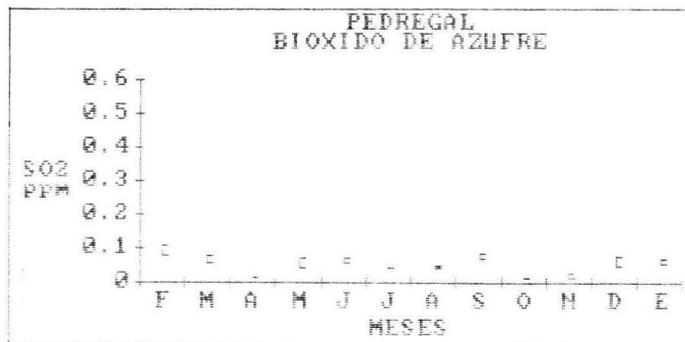


-34-

GRAFICA 16



GRAFICA 17



El valor mínimo (0.027 ppm) ocurrió en el mes de octubre - en la estación de Cerro de la Estrella y el máximo (0.121 ppm)- durante el mes de febrero, así mismo, en este mes las concentra- ciones variaron apreciablemente (Gráfica 16).

El Pedregal de San Angel (Gráfica 17) fue la estación que- registró los valores más bajos de este contaminante, y sólo du- rante el mes de febrero la concentración excedió las 0.100 ppm.

En general, las estaciones que tuvieron grandes variacio- nes en las concentraciones registradas a lo largo de todo el es- tudio fueron Xalostoc y Tlalnepantla.

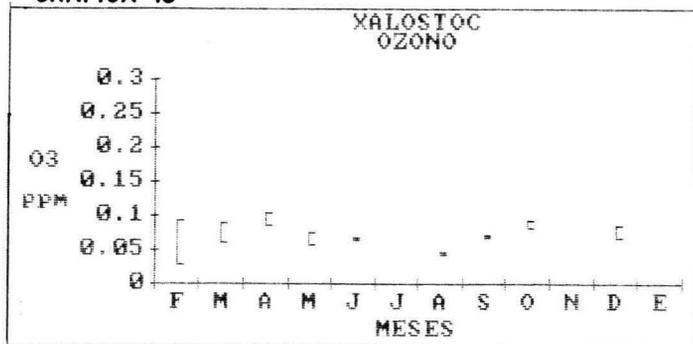
Ozono (O_3)

En la estación de Xalostoc (Gráfica 18) la mínima concentración (0.027 ppm) se registró en el mes de febrero y la máxima concen- tración (0.103 ppm) ocurrió en abril. El mes que obtuvo la máxi- ma variación entre una concentración y otra fue febrero. Esta - estación fue la única que no rebasó la concentración límite --- (0.11 ppm) de ozono, para evaluar la calidad del aire, según -- SEDUE (1986).

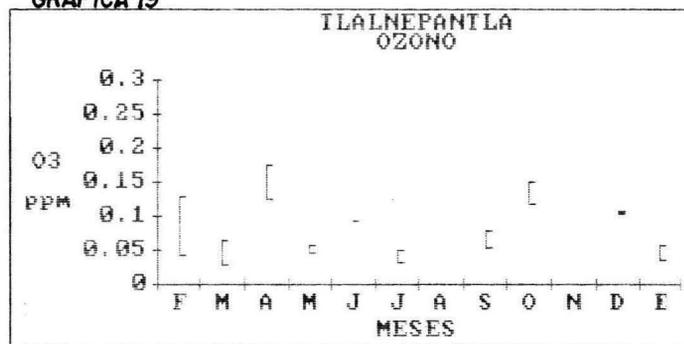
La gráfica 19 muestra que en la estación de Tlalnepantla - la mínima concentración (0.028 ppm) se registró en el mes de -- marzo y la máxima concentración (0.174 ppm) durante el mes de a- bril. Febrero fue el mes que tuvo mayor variación en las concen- traciones obtenidas, mientras que el mes con menor variación en- tre una lectura y otra fue diciembre. Los meses que excedieron- el límite correspondieron a febrero, abril y octubre.

La mínima concentración (0.25 ppm) obtenida en la estación de Cerro de la Estrella (Gráfica 20) se registró en el mes de - marzo y la máxima concentración (0.247 ppm) ocurrió en junio. -

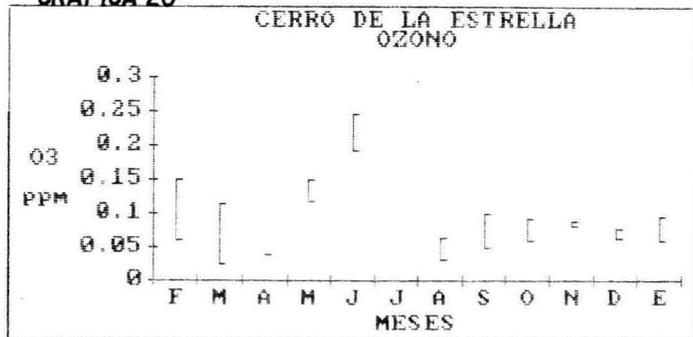
GRAFICA 18



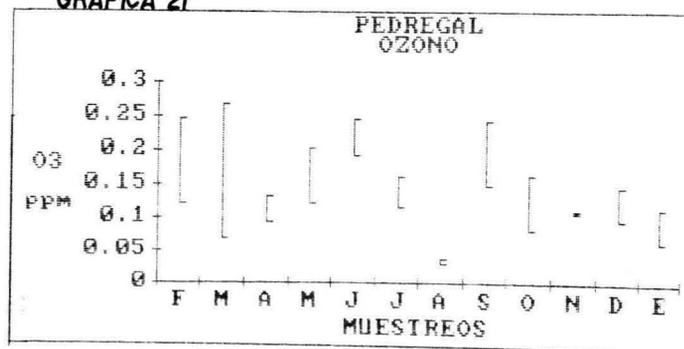
GRAFICA 19



GRAFICA 20



GRAFICA 21



Los meses que tuvieron una variación apreciable en las concentraciones registradas fueron febrero y marzo, en tanto que el mes de abril obtuvo lecturas con mínima variación. Febrero, mayo y junio excedieron el límite establecido por SEDUE (1986).

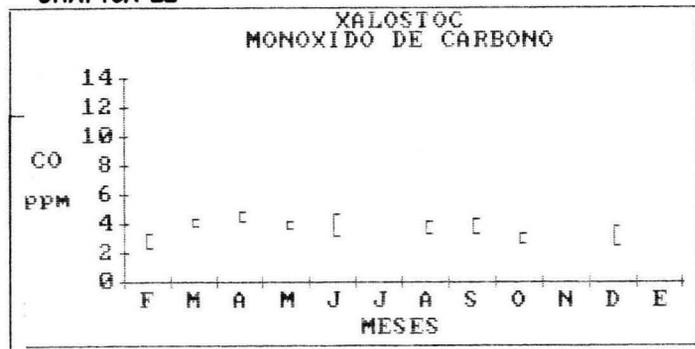
El Pedregal de San Angel (Gráfica 21) obtuvo como concentración mínima (0.028 ppm) durante el mes de agosto y registró como concentración máxima (0.245 ppm) en el mes de febrero, la diferencia entre estos dos valores es notable. El mes de marzo presentó la máxima variación en las concentraciones, y fue el mes de noviembre el que tuvo la mínima variación en las concentraciones. La concentración límite de ozono para evaluar la calidad del aire no fue rebasada durante los meses de agosto, noviembre y enero.

De acuerdo a las gráficas 18 a 21, la estación de Xalostoc presentó una variación mínima en las concentraciones de ozono a lo largo de todo el estudio, así como en los valores registrados a diferente hora para cada uno de los meses de muestreo, en contraste con las restantes estaciones, que presentaron una variación muy notoria (en especial la estación del Pedregal) en las lecturas obtenidas a diferente hora dentro de un mismo mes de muestreo y también en las concentraciones observadas a lo largo de todos los muestreos.

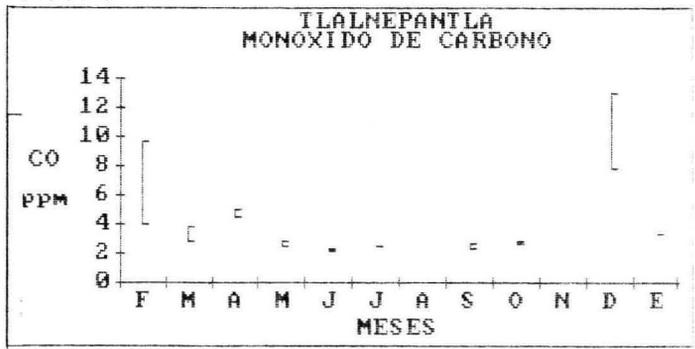
Monóxido de Carbono (CO)

La gráfica 22 corresponde a la estación de Xalostoc y muestra que el valor mínimo (2.3 ppm) registrado para dicho contaminante ocurrió en el mes de febrero y el valor máximo (4.9 ppm) se observó durante el mes de abril. Las variaciones en las concentraciones a diferente hora dentro de un mismo mes, así como las observadas de un mes a otro, no son muy grandes.

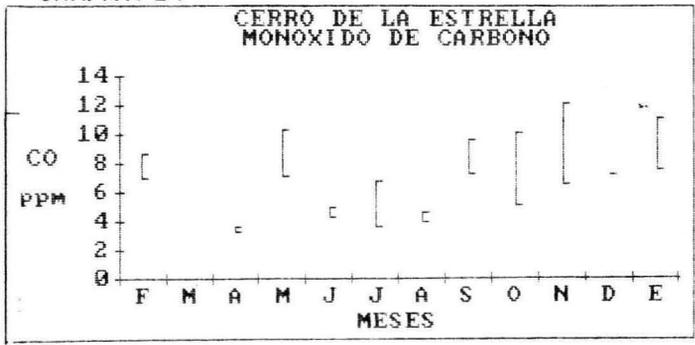
GRAFICA 22



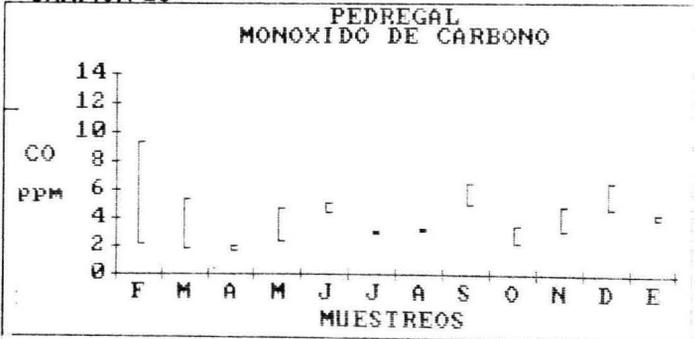
GRAFICA 23



GRAFICA 24



GRAFICA 25



En la estación de Tlalnepantla (Gráfica 23) la concentración mínima (2.1 ppm) se registró en el mes de junio y la concentración máxima (13 ppm) correspondió al mes de diciembre. Existe una gran diferencia entre la concentración mínima y la concentración máxima obtenidas en esta estación. Las concentraciones no tuvieron gran variación a lo largo del año, con excepción de los meses de febrero y diciembre, sobre todo este último mes que llegó al límite de la concentración permitida ----- (SEDUE, 1986).

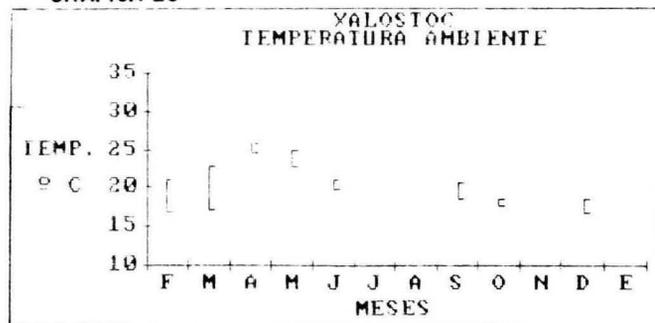
La mínima concentración (1.7 ppm) registrada en la estación del Pedregal (Gráfica 25) ocurrió en el mes de abril, mientras que la máxima concentración (9.3 ppm) se registró en el mes de febrero, la variación existente entre ambas concentraciones es apreciable. Febrero fue el mes que obtuvo la mayor variación en las concentraciones registradas y los meses con una variación mínima entre una lectura y otra fueron junio y abril.

Se puede afirmar que la estación que tuvo menor variación en las concentraciones de monóxido de carbono fue Xalostoc, en contraste con la estación de Cerro de la Estrella, donde las lecturas de monóxido de carbono registradas en todo el estudio así como las obtenidas en cada uno de los meses de muestreo variaron en gran medida (Gráfica 22 a 25).

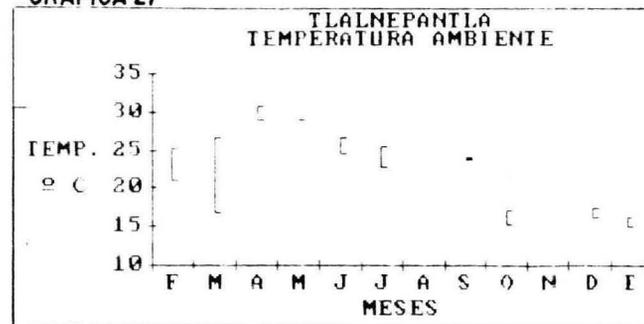
Temperatura (T)

La gráfica 26 muestra que la temperatura mínima (16.8° C) en la estación de Xalostoc ocurrió en el mes de diciembre y la temperatura máxima (25.7° C) correspondió al mes de abril. El mes con mayor fluctuación entre un valor y otro fue marzo. Es apreciable la variación en las temperaturas registradas a lo largo de todos los meses de muestreo.

GRAFICA 26

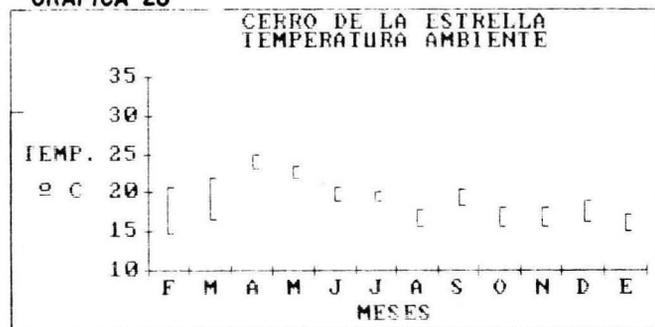


GRAFICA 27

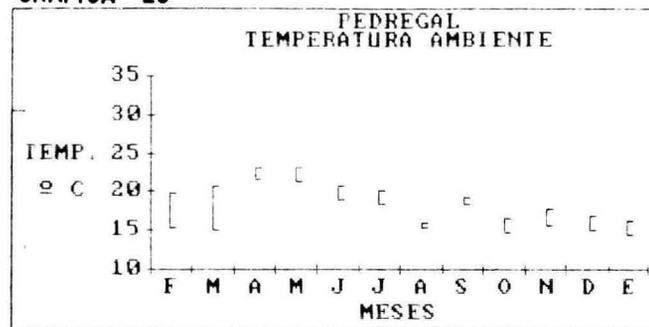


-40-

GRAFICA 28



GRAFICA 29



En la estación de Tlalnepantla (Gráfica 27) durante el mes de enero se registró la temperatura mínima (15° C) y en el mes de abril se obtuvo la temperatura máxima (30.8° C). Marzo fue el mes con mayor fluctuación entre ambas temperaturas registradas. Existió gran variación en los valores de temperatura a lo largo de todo el año.

La temperatura mínima (14.8° C) ocurrió en febrero en la estación Cerro de la Estrella y la temperatura máxima (24.8° C) se observó en el mes de abril. El mes con mayor diferencia entre los valores registrados fue marzo. La variación en las temperaturas es notoria, pero en menor grado si se compara con las dos estaciones anteriores (Gráfica 28).

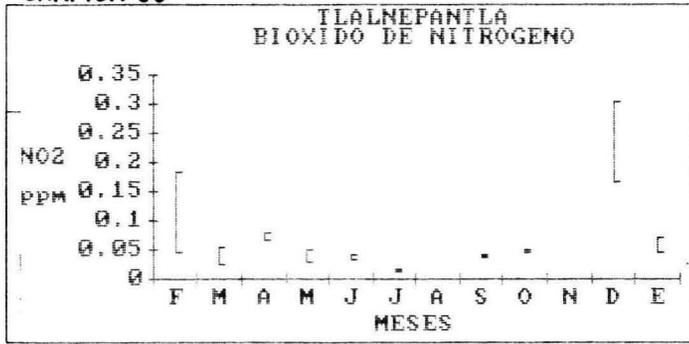
En enero se registró la temperatura mínima (14.6° C) en la estación del Pedregal (Gráfica 29), y la temperatura máxima (23.2° C) ocurrió en abril. El mes con mayor diferencia en los valores obtenidos fue marzo. La variación en las temperaturas es muy similar a las observadas en la estación de Cerro de la Estrella.

En las gráficas 26 a 29 se aprecia que las temperaturas mínimas se registraron durante los meses de enero, febrero y diciembre, mientras que, las temperaturas máximas fueron obtenidas en el mes de abril en todas las estaciones. Tlalnepantla fue la estación de muestreo que obtuvo las fluctuaciones más grandes de temperatura a lo largo de todo el año. Además es notorio que los meses en los cuales se observó la mayor diferencia de temperatura correspondió a febrero y marzo en todos los casos.

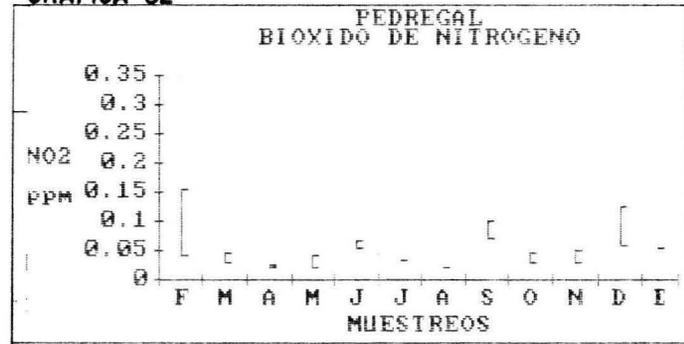
Oxidos de Nitrógeno (NO y NO₂)

Las gráficas 30 a 31 muestran el comportamiento que presentaron

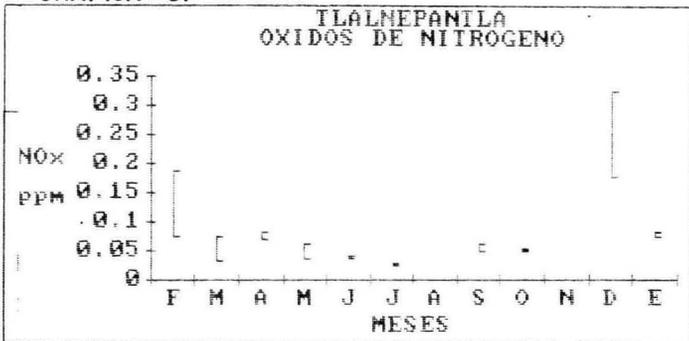
GRAFICA 30



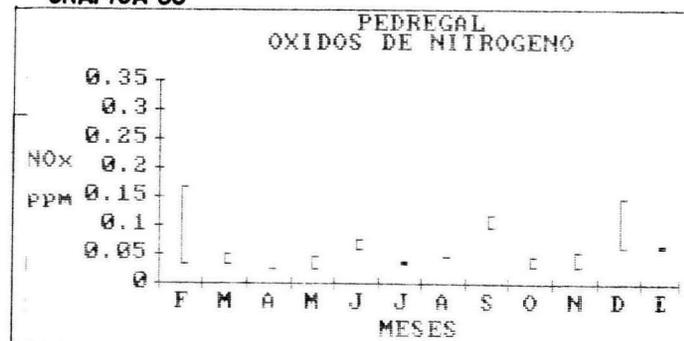
GRAFICA 32



GRAFICA 31



GRAFICA 33



estos contaminantes en la estación de Tlalnepantla. En general permanecieron en concentraciones bajas a lo largo de todos los meses, con excepción de los meses de febrero y diciembre durante los cuales alcanzaron las concentraciones más elevadas, además en este último mes las concentraciones registradas (0.166-0.304 ppm para ambos casos) se dispararon y excedieron la concentración límite (0.21 ppm) para evaluar la calidad del aire, según SEDUE (1986). Es importante señalar la estrecha relación que guardaron estos contaminantes, pues ambos presentaron un comportamiento similar a lo largo del presente estudio.

Las concentraciones registradas en la estación del Pedregal (Gráfica 32 y 33) fueron muy bajas, en ningún mes se rebasó el límite establecido por SEDUE (op cit.). La concentración mínima (0.020 ppm) se registró en el mes de abril y la concentración máxima (0.156 ppm) se registró en el mes de febrero. Al igual que la estación anterior los contaminantes se comportaron de manera semejante, e incluso las concentraciones más altas se alcanzaron en los mismos meses.

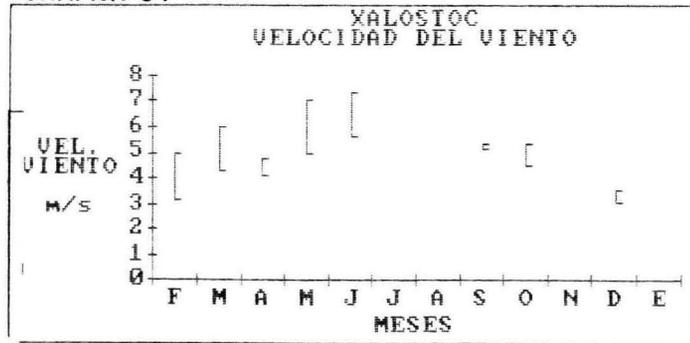
Velocidad del Viento (VV)

Los valores registrados en la estación de Xalostoc se muestran en la gráfica 34, puede observarse que la velocidad menor (3.1 m/s) ocurrió en diciembre y la mayor velocidad (7.3 m/s) fue durante el mes de junio. No existió gran diferencia entre las velocidades registradas en todo el estudio.

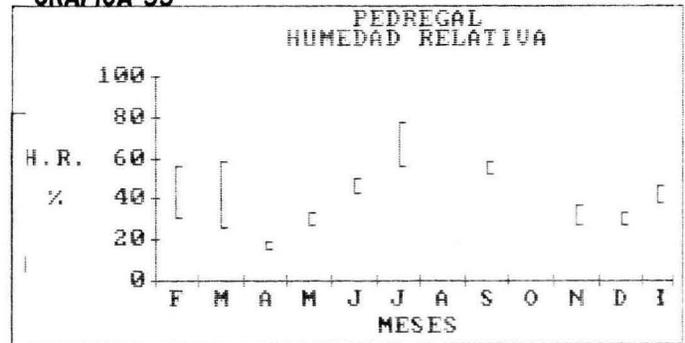
Humedad Relativa (HR)

En la estación del Pedregal (Gráfica 35) existió gran variación de un mes a otro. Abril fue el mes que registró el porcentaje mínimo (15.4 %) y en el mes de julio ocurrió el porcentaje máxi

GRAFICA 34



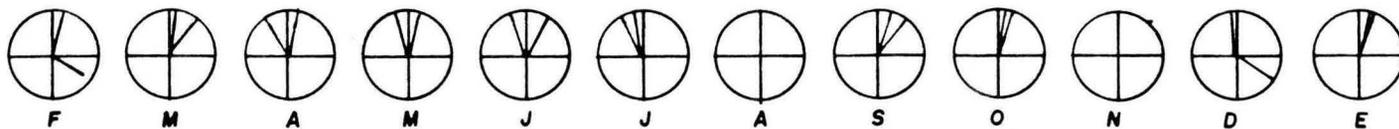
GRAFICA 35



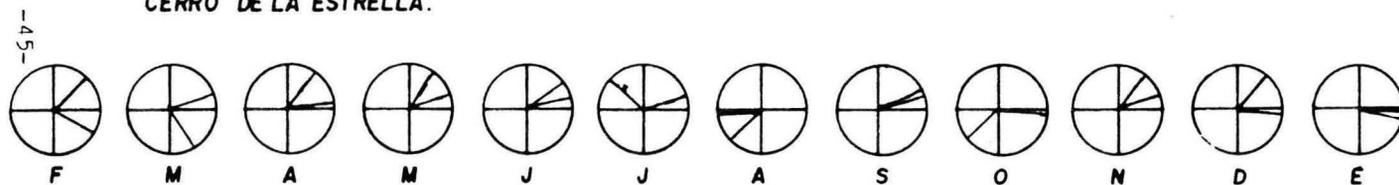
DIRECCION DE VIENTO

GRAFICA 36

TLANEPANTLA



CERRO DE LA ESTRELLA.



mo (77.3 %), mientras que febrero, marzo y julio, fueron los meses que obtuvieron mayor fluctuación durante el día del muestreo.

Dirección del Viento (DV)

La gráfica 36 muestra la dirección del viento registrada en cada uno de los meses de muestreo en la estación de Tlalnepantla y Cerro de la Estrella. Puede observarse que en Tlalnepantla la dirección fue generalmente NO o NE, mientras que en Cerro de la Estrella existió gran variación a lo largo de todo el estudio.

En cuanto a las pruebas estadísticas de correlación, éstas se realizaron tomando en cuenta únicamente las lecturas registradas a las 11:00 a.m. y 12:00 a.m. del día del muestreo para cada uno de los parámetros. Cada una de las correlaciones tuvieron 30 grados de libertad y un nivel de significancia de 0.001 (0.554 valor en tablas).

Estación Xalostoc

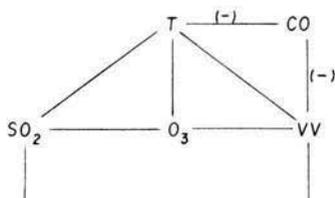
1) Correlación entre los parámetros biológicos

Valor de correlación	Entre
0.694808	<u>Monas guttula</u> - <u>Monas sp.</u>
0.694808	<u>Monas sp.</u> - <u>Monas termo</u>
0.694808	<u>Monas sp.</u> - <u>Helkesimastix faecicola</u>
0.822299	<u>Bodo repens</u> - <u>Bodo globosus</u>



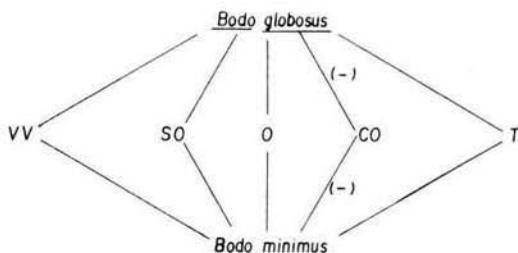
2) Correlación entre los parámetros meteorológicos

Valor de correlación		Entre
0.824452	SO ₂ -O ₃	Bióxido de azufre-Ozono
0.953355	SO ₂ -T	Bióxido de azufre-Temperatura
0.947367	SO ₂ -VV	Bióxido de azufre-Velocidad del viento
0.937360	O ₃ -T	Ozono-Temperatura
0.880781	O ₃ -VV	Ozono-Velocidad del viento
-0.561641	CO -T	Monóxido de carbono-Temperatura
0.987707	T -VV	Temperatura-Velocidad del viento
-0.561641	VV -CO	Velocidad del viento-Monóxido de carbono



3) Correlación entre los parámetros biológicos y meteorológicos

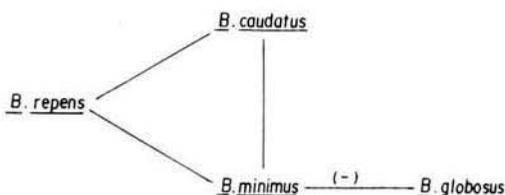
Valor de correlación		Entre
0.756166	(SO ₂)	Bióxido de azufre- <u>Bodo minimus</u>
0.756166	(SO ₂)	Bióxido de azufre- <u>Bodo globosus</u>
0.630538	(O ₃)	Ozono- <u>Bodo minimus</u>
0.630538	(O ₃)	Ozono- <u>Bodo globosus</u>
-0.835697	(CO)	Monóxido de carbono- <u>Bodo globosus</u>
-0.835697	(CO)	Monóxido de carbono- <u>Bodo minimus</u>
0.815805	(T)	Temperatura- <u>Bodo minimus</u>
0.815805	(T)	Temperatura- <u>Bodo globosus</u>
0.893462	(VV)	Velocidad del viento- <u>Bodo minimus</u>
0.893462	(VV)	Velocidad del viento- <u>Bodo globosus</u>



Estación Tlalnepantla

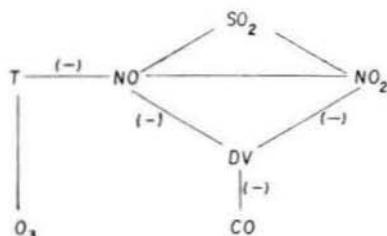
1) Correlación entre los parámetros biológicos

Valor de correlación	Entre
0.860338	<u>Bodo caudatus</u> - <u>Bodo repens</u>
0.800208	<u>Bodo caudatus</u> - <u>Bodo minimus</u>
0.841296	<u>Bodo repens</u> - <u>Bodo minimus</u>
-0.832160	<u>Bodo minimus</u> - <u>Bodo globosus</u>



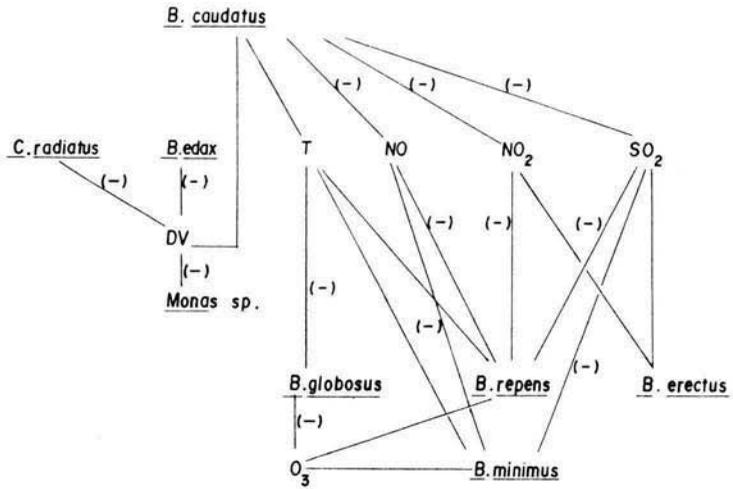
2) Correlación entre los parámetros meteorológicos

Valor de correlación	Entre
0.827202 (SO ₂ -NO)	Bióxido de azufre-Monóxido de nitrógeno
0.651019 (O ₃ -T)	Ozono-Temperatura
0.683485 (SO ₂ -NO ₂)	Bióxido de azufre-Bióxido de nitrógeno
0.928485 (NO ₂ -NO)	Bióxido de nitrógeno-Monóxido de nitrógeno
-0.743237 (NO ₂ -DV)	Bióxido de nitrógeno-Dirección del viento
-0.766586 (NO-T)	Monóxido de nitrógeno-Temperatura
-0.657466 (NO-DV)	Monóxido de nitrógeno-Dirección del viento
-0.799303 (CO-DV)	Monóxido de carbono-Dirección del viento



3) Correlación entre los parámetros biológicos y meteorológicos

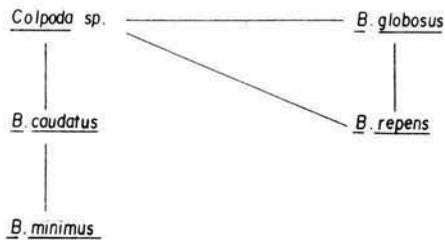
Valor de correlación	Entre
-0.649581	(SO ₂) Bióxido de azufre- <u>Bodo caudatus</u>
-0.944141	(SO ₂) Bióxido de azufre- <u>Bodo repens</u>
-0.703890	(SO ₂) Bióxido de azufre- <u>Bodo minimus</u>
0.639759	(SO ₂) Bióxido de azufre- <u>Bodo erectus</u>
0.609374	(O ₃) Ozono- <u>Bodo repens</u>
0.925732	(O ₃) Ozono- <u>Bodo minimus</u>
-0.966501	(O ₃) Ozono- <u>Bodo globosus</u>
-0.898030	(NO ₂) Bióxido de nitrógeno- <u>Bodo caudatus</u>
-0.816259	(NO ₂) Bióxido de nitrógeno- <u>Bodo repens</u>
0.692046	(NO ₂) Bióxido de nitrógeno- <u>Bodo erectus</u>
-0.960999	(NO) Monóxido de nitrógeno- <u>Bodo caudatus</u>
-0.958088	(NO) Monóxido de nitrógeno- <u>Bodo repens</u>
-0.793982	(NO) Monóxido de nitrógeno- <u>Bodo minimus</u>
0.597691	(T) Temperatura- <u>Bodo caudatus</u>
0.918318	(T) Temperatura- <u>Bodo repens</u>
0.778017	(T) Temperatura- <u>Bodo minimus</u>
-0.670443	(T) Temperatura- <u>Bodo globosus</u>
-0.799303	(DV) Dirección del viento- <u>Monas sp.</u>
0.820499	(DV) Dirección del viento- <u>Bodo caudatus</u>
-0.799303	(DV) Dirección del viento- <u>Bodo edax</u>
-0.799303	(DV) Dirección del viento- <u>C. radiatus</u>



Estación Cerro de la Estrella

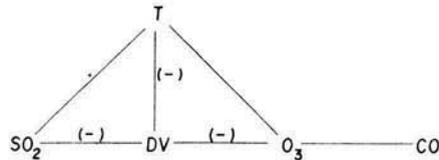
1) Correlación entre los parámetros biológicos

Valor de correlación	Entre
0.694808	<u>Colpoda</u> sp.- <u>Bodo caudatus</u>
0.608071	<u>Colpoda</u> sp.- <u>Bodo repens</u>
0.694808	<u>Colpoda</u> sp.- <u>Bodo globosus</u>
0.694808	<u>Bodo caudatus</u> - <u>Bodo minimus</u>
0.875163	<u>Bodo repens</u> - <u>Bodo globosus</u>



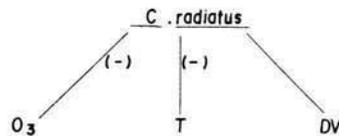
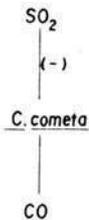
2) Correlación entre los parámetros meteorológicos

Valor de correlación		Entre
0.691124	SO ₂ -T	Bióxido de azufre-Temperatura
-0.793418	SO ₂ -DV	Bióxido de azufre-Dirección del viento
0.607596	O ₃ -CO	Ozono-Monóxido de carbono
0.960434	O ₃ -T	Ozono-Temperatura
-0.941464	O ₃ -DV	Ozono-Dirección del viento
-0.974825	T -DV	Temperatura-Dirección del viento



3) Correlación entre los parámetros biológicos y meteorológicos

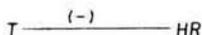
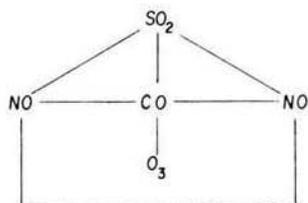
Valor de correlación		Entre
-0.620348	(SO ₂)	Bióxido de azufre- <u>Cercobodo cometa</u>
-0.612740	(O ₃)	Ozono- <u>Cercobodo radiatus</u>
0.830828	(CO)	Monóxido de carbono- <u>Cercobodo cometa</u>
-0.774931	(T)	Temperatura- <u>Cercobodo radiatus</u>
0.653260	(DV)	Dirección del viento- <u>Cercobodo radiatus</u>



Estación Pedregal de San Angel

- 1) La correlación entre los parámetros biológicos no resultó -- significativa
- 2) La correlación entre los parámetros biológicos y meteorológicos no resultó significativa
- 3) Correlación entre los parámetros meteorológicos

Valor de correlación		Entre
0.712727	SO ₂ -NO ₂	Bióxido de azufre-Bióxido de nitrógeno
0.696973	SO ₂ -NO	Bióxido de azufre-Monóxido de nitrógeno
0.750377	SO ₂ -CO	Bióxido de azufre-Monóxido de carbono
0.559831	O ₃ -CO	Ozono-Monóxido de carbono
0.995248	NO ₂ -NO	Bióxido de nitrógeno-Monóxido de nitrógeno
0.892381	NO ₂ -CO	Bióxido de nitrógeno-Monóxido de carbono
0.851190	NO -CO	Monóxido de nitrógeno-Monóxido de carbono
-0.756855	T -HR	Temperatura-Humedad Relativa



Las correlaciones que resultaron repetitivas en algunas estaciones, de las efectuadas entre los parámetros biológicos fueron: Bodo repens y Bodo globosus se correlacionaron positivamente en Cerro de la Estrella y Xalostoc, de la misma manera, Bodocaudatus y Bodo minimus obtuvieron correlación positiva en Cerro de la Estrella y Tlalnepantla.

En las correlaciones realizadas entre los parámetros meteorológicos, en la estación Cerro de la Estrella el monóxido de carbono y el ozono se correlacionaron positivamente, al igual que en la estación del Pedregal. La temperatura se correlacionó

positivamente con el ozono y el bióxido de azufre en la estación de Cerro de la Estrella y en Xalostoc. En la estación de Tlalnepantla se correlacionaron positivamente el bióxido de azufre y el bióxido de nitrógeno, el bióxido de nitrógeno con el monóxido de nitrógeno como en la estación del Pedregal, mientras que el ozono se correlacionó positivamente con la temperatura - al igual que en la estación de Cerro de la Estrella.

Los organismos que obtuvieron correlación significativa -- con los parámetros meteorológicos en más de una estación fueron: Cercobodo radiatus que se correlacionó positivamente con el ozono y la temperatura, y negativamente con la dirección del viento en la estación Cerro de la Estrella; lo mismo ocurrió en Tlalnepantla, a diferencia de que con la dirección del viento - la correlación fue negativa. En la estación de Tlalnepantla la especie Bodo globosus se correlacionó negativamente con la temperatura y el ozono, y en la estación de Xalostoc la correlación fue negativa. Bodo minimus obtuvo correlación positiva con el bióxido de azufre, el ozono y la temperatura en la estación de Xalostoc, en la estación de Tlalnepantla la correlación resultó positiva con el ozono y la temperatura, y negativa con el bióxido de azufre.

En general, las correlaciones fueron muy variadas entre -- una estación y otra, con excepción de los casos ya mencionados - e incluso los parámetros meteorológicos o biológicos no conservaron estabilidad, en cuanto a si siempre se correlacionaron positivamente o negativamente.

D I S C U S I O N

De acuerdo con los resultados, los hallazgos obtenidos desde el punto de vista taxonómico concuerdan con los realizados por otros autores. Los géneros Bodo, Monas y Colpoda han sido reportados como los protozoarios más comunes aislados del aire (Schlichting, 1961, 1964, 1969, 1971a, 1986b; Smith, 1973 en -- Schlichting, 1976).

Sin embargo, el género Cercobodo aislado en la Cd. de México con bastante frecuencia no ha sido citado en trabajos anteriores, lo mismo ocurre con los géneros Monosiga, Tetramitus, Cryptomonas, Chloromonas, Helkesimastix y Mastigamoeba, aunque sólo se aislaron ocasionalmente.

Una característica importante que deben presentar los protozoarios para poder sobrevivir en un medio hostil para ellos, como lo es el aire, consiste en la posibilidad de formar quistes que los protejan (Kudo, 1982; Rittenberg, 1939; Rivera et al., 1987). Por lo tanto todas las especies aisladas en este estudio presentan dicha característica.

El hecho de que los quistes de los flagelados son en general de tamaño mucho menor que los formados por los ciliados explica en parte que los aislamientos de los flagelados sean considerablemente más frecuentes. Los quistes de los ciliados tienden a depositarse con mayor velocidad y permanecen menos tiempo suspendidos en la atmósfera. El predominio de la presencia de los flagelados sobre los ciliados en la atmósfera se ha observado en numerosas investigaciones (Schlichting, 1964; Gregory, -- 1973 en Donaldson, 1978).

Las diferencias encontradas para cada estación en lo refe-

rente al número de aislamientos totales por especies, a la frecuencia de aislamiento y la constancia de aislamiento a lo largo de todo el estudio se explica debido a las características particulares de cada estación, pues se sabe que el número de microorganismos varía grandemente de una localidad a otra, aún -- cuando estas se encuentren separadas por distancias cortas (Horne, 1935). Además la naturaleza química del aire y las condiciones atmosféricas cambian notablemente de un lugar a otro incluso la invasión y sucesión de los microorganismos puede modificar las condiciones físicas y químicas del aire (Schlichting, 1969 y 1970).

La mayoría de las especies aisladas del aire han sido reportadas como organismos comunes del suelo (Rittenberg, 1939; Schlichting, 1976). Así que es posible suponer que la fuente principal de protozoarios hacia el aire la constituye el suelo de la Cd. de México. Estación Xalostoc

Con base en lo anterior, el mayor número de especies aisladas y generalmente con frecuencia abundante en la estación de Xalostoc se debe a que posee un clima BS_1 kw semiseco templado, pues el número de microorganismos transferidos del suelo a la atmósfera se incrementa cuando la superficie es seca, por contener una mayor cantidad de materiales superficiales acarreados por el viento (Jacobs, 1939; Schlichting, 1969; 1976 y 1986c). También la zona de Xalostoc es considerada la localidad más expuesta a tolveneras, según SEDUE (1986), confirmando el porqué en esta zona el muestreo contó con una buena cantidad de especies aisladas a lo largo de los 12 meses que abarcó el estudio.

Es importante mencionar que los muestreos en Xalostoc se realizaron en una calle con tránsito vehicular intenso y prácti

camente rodeada de un pequeño basurero, esto contribuyó al número de especies aisladas, a su frecuencia de aparición a lo largo de todo el estudio, así como a la presentada en un mismo mes de muestreo. Lighthart (1976) reportó que, los microorganismos pueden ser introducidos al aire debido al polvo generado por el movimiento de los vehículos urbanos.

El hecho de que Xalostoc sea una zona expuesta a tolvaneras demuestra lo sugerido por Schlichting (1969) al mencionar que las algas y protozoarios del aire son más abundantes y diversos en el polvo seco del área de Texas en comparación con el polvo de la atmósfera húmeda de Michigan.

Los parámetros meteorológicos con influencia más marcada en la presencia de protozoarios en el aire de acuerdo a los resultados obtenidos en las correlaciones fueron:

La velocidad del viento, debido a que Xalostoc fue la única estación en donde este parámetro obtuvo correlación ya sea con otros meteorológicos o contaminantes atmosféricos, o bien con diversos organismos, lo que demuestra que en esta zona la velocidad del viento influye en la transferencia de protozoarios hacia el aire, así como en su frecuencia. En el mes de junio se registró la máxima velocidad del viento (7.3 m/s), velocidad que cae dentro del intervalo (6.1-8.1 m/s) marcado por Schlichting (1964) como adecuado para aislar el mayor número de especies y con mayor frecuencia.

Durante los meses en los que el bióxido de azufre rebasó el límite establecido por SEDUE (1986) para evaluar la calidad del aire se observó la ausencia de protozoarios en el aire o se aislaron pocas especies con frecuencia escasa. Sin embargo, es importante mencionar que en una ocasión se aislaron 2 especies-

con frecuencia abundante, lo que ratifica que los microorganismos aéreos pueden sobrevivir en condiciones gaseosas adversas -- por un período largo de tiempo (Schlichting, 1969). Este contaminante ha aumentado considerablemente en la Cd. de México, desde 1974, como consecuencia del crecimiento urbano, del desarrollo industrial y del incremento del tránsito vehicular, y se -- considera a las zonas de Xalostoc y Tlalnepantla como las más -- afectadas (SEDUE, 1986).

En cuanto a los resultados de las correlaciones efectuadas entre los parámetros meteorológicos y contaminantes gaseosos, -- podemos observar que se estableció una relación positiva entre la temperatura y el ozono; es importante mencionar que las lecturas máximas de ambos parámetros se alcanzaron en el mismo mes (abril), lo que comprueba que cuando existen en las ciudades -- circunstancias especiales como son alta polución e insolación -- intensa, crece la proporción de ozono (Chovin y Roussel, 1968; -- SEDUE y FAC, 1988).

En contraste, cuando la temperatura y la velocidad del viento aumentan, la proporción de monóxido de carbono disminuye. Como es sabido la fuente principal de monóxido de carbono está -- constituida por los gases del escape de los automóviles que lo emiten al ras del suelo, aquél es difundido rápidamente en la -- atmósfera no sólo espontáneamente, sino también gracias al calentamiento del aire que acarrea el desplazamiento de los vehículos (Chovin y Roussel, 1968; SEDUE y FAC, 1988).

En general, en esta estación se observó una leve disminución en las concentraciones de los contaminantes durante los meses en los que la temperatura aumentó.

Los resultados de las correlaciones entre los parámetros biológicos formaron 2 grupos y es interesante mencionar que las correlaciones de las especies Monas sp., Monas termo, Monas guttula y Helkesimastix faecicola es debido a que todas ellas aparecieron únicamente durante el mes de julio, mismo que registró el mayor número de especies aisladas. Bodo repens y Bodo globosus se correlacionaron positivamente, debido a que ambos organismos tuvieron un comportamiento muy similar a lo largo de todo el muestreo, pues con excepción de los meses de marzo y octubre, su aislamiento se produjo en los mismos meses, a la misma altura y con la misma frecuencia.

En las correlaciones entre los parámetros biológicos y meteorológicos se aprecia claramente que las especies Bodo repens aunque fue la que se aisló mayor número de veces en Xalostoc, no obtuvo ninguna correlación con los parámetros meteorológicos, a diferencia de la especie Bodo globosus, con la que estuvo estrechamente relacionada. La diferencia entre las especies que obtuvieron correlación positiva con los meteorológicos es que Bodo globosus se aisló en 4 ocasiones a lo largo de todo el estudio con frecuencia regular o abundante y en ambas alturas, -- mientras que Bodo minimus sólo se aisló en 2 ocasiones con frecuencia escasa y siempre a la altura de 5 m.

Lo más relevante de este caso, es que al comparar las lecturas de los parámetros meteorológicos de los meses en los que se aisló Bodo minimus no existió gran diferencia y para el caso de Bodo globosus sucedió lo contrario. Lo anterior es similar a lo reportado por Rosas y Roy-Ocotla (1986c) al mencionar que la viabilidad y abundancia de las algas al quedar suspendidas en la atmósfera depende de los factores ambientales.

Horne (1935) menciona que los microorganismos fueron menos numerosos durante los meses de invierno, con el advenimiento de la primavera el número se incrementó alcanzando el máximo durante el verano y declinando nuevamente en el invierno. Este fenómeno es similar al ocurrido en Xalostoc, pues se observó (Tabla 2) que el mayor número de especies aisladas y generalmente con frecuencia abundante ocurrió durante el período de abril a julio, correspondiendo estos meses a parte de la primavera y el verano; además fue notoria la escasez de protozoarios en el aire durante los meses de invierno.

En la estación de Xalostoc el mayor número de especies aisladas ocurrió durante el mes de julio, las condiciones meteorológicas durante este período no fueron proporcionadas por la SEDUE. Sin embargo, se observa similitud con los resultados de Port Sanilac, Michigan reportados por Schlichting (1961), quien encontró que el mayor número de muestras positivas de algas y protozoarios de la atmósfera, se dio durante los meses de julio y agosto.

Estación Tlalnepantla

Un factor importante en el menor número de especies aisladas en las estaciones de Tlalnepantla y Cerro de la Estrella, fue el clima $C(w_0)w$ templado subhúmedo que ambas poseen y que les confiere un tipo de suelo menos árido, es decir con poca cantidad de material terrígeno que pueda ser acarreado por el viento y debido a que los microorganismos son transportados por el aire junto con el polvo, como lo sugiere Schlichting (1969) y Brown et al. (1964 y 1971 en Schlichting, 1986a). Por lo tanto al haber menor cantidad de polvo, en consecuencia menor número de microorganismos son transferidos hacia la atmósfera.

La estación de Tlalnepantla estuvo situada en una calle --

con gran tránsito vehicular, pero en este caso rodeada de una pequeña zona verde, esto aunado a que es una zona con gran cantidad de industrias, afectando de manera importante la cantidad de especies aisladas, su frecuencia de aparición, así como su constancia a lo largo de todo el estudio, tal como lo sugieren May et al., (1969) y Donaldson (1978) al mencionar que en las áreas industriales con tránsito vehicular intenso se generan -- una gran cantidad de contaminantes que afectan la sobrevivencia de los microorganismos, creen que por causarles un daño a nivel de ADN.

Efectivamente, la industria y el intenso tránsito vehicular tienen una marcada influencia en las concentraciones de los diversos contaminantes registrados. En las gráficas (14 a 36) -- se aprecia claramente que esta zona resultó ser la más contaminada, pues el bióxido de azufre, el ozono, el monóxido de carbono, el monóxido de nitrógeno y el bióxido de nitrógeno, excedieron por lo menos en una ocasión el límite establecido por SEDUE (1986).

En este caso se puede observar que las concentraciones máximas de los contaminantes se alcanzaron en los meses de invierno. También los límites establecidos por SEDUE (op cit.), se rebasaron generalmente en los meses que corresponden al invierno, por lo que se sugiere que en esta zona las inversiones térmicas influyen considerablemente, pues es sabido que la situación geográfica del área metropolitana propicia la formación de inversiones térmicas a nivel de superficie, por la presencia de masas de aire frío estacionarias sobre el Valle de México. Durante esas inversiones térmicas principalmente en invierno, los -- contaminantes se acumulan en una capa de aire poco profunda, lo que deteriora la calidad del aire (SEDUE, 1986: SEDUE y PAC, -- 1988).

Al observar las gráficas (30-31) se aprecia la estrecha relación que existe entre el monóxido de nitrógeno y el bióxido de nitrógeno, ésto se debe a que el bióxido de nitrógeno se disocia bajo la influencia de fotones ultravioleta, dando origen al monóxido de nitrógeno y al oxígeno atómico. El oxígeno atómico liberado de la reacción anterior puede reaccionar con el oxígeno molecular originando la formación de ozono, todo este proceso se acelera cuando la temperatura es elevada (Chovin y Roussel, 1968; SEDUE y FAC, 1988). En Tlalnepantla, la máxima concentración de ozono se registró durante el mes de (abril) que obtuvo la máxima temperatura a lo largo de todo el estudio, un elemento que apoya este suceso es el resultado de la correlación entre los parámetros meteorológicos en la cual la temperatura establece una correlación positiva con el ozono.

El bióxido de azufre es producto de la quema de diversos combustibles; la fuente principal de monóxido de carbono está constituida por los gases de los escapes de los automóviles; una concentración excesiva de ozono ocurre cuando hay alta polución e insolación intensa; el monóxido de nitrógeno y el bióxido de nitrógeno provienen principalmente de combustiones a alta temperatura, tanto en hornos de tratamiento térmico diversos como en motores de combustión interna (Chovin y Roussel, 1968; SEDUE y FAC, 1988). Por lo tanto todos los contaminantes registrados en Tlalnepantla, así como sus elevadas concentraciones son producto de las características particulares de la zona, tal como lo menciona SEDUE (1986), quien sugiere que debido a la industrialización de la zona los contaminantes que principalmente la afectan son el monóxido de nitrógeno y bióxido de nitrógeno seguidos por el monóxido de carbono.

La gráfica 36 muestra el comportamiento que tuvo la dirección del viento en Tlalnepantla, éste sopló generalmente hacia el Noroeste o Noreste, esto es contrario a lo reportado por --- SEDUE (1986), al mencionar que debido a las características geográficas del Valle de México los vientos dominantes soplan de --- Noroeste a Suroeste.

Los resultados de las correlaciones entre los parámetros biológicos muestran una íntima relación de tipo positiva entre Bodo minimus, Bodo caudatus y Bodo repens, especies aisladas durante el mes de marzo con una frecuencia media. Independientemente Bodo globosus y Bodo minimus establecieron una correlación negativa y se observa que en las ocasiones en que fueron aisladas tales especies jamás coincidieron.

En las correlaciones entre los parámetros biológicos y meteorológicos resultó que todas las especies aisladas estuvieron implicadas en ellas, con excepción de la especie Cercobodo cometa.

Las condiciones que prevalecieron durante el mes de marzo, en el que se aisló el mayor número de especies fueron: Bióxido de azufre, 0.052-0.055 ppm; ozono, 0.028-0.068 ppm; bióxido de nitrógeno, 0.025-0.053 ppm; monóxido de nitrógeno, --- 0.034-0.074 ppm; monóxido de carbono, 2.9-3.9 ppm; temperatura, 16.9-26.8° C; humedad relativa, 49.9 a 95.2%; velocidad del --- viento 0.8 m/s; dirección del viento, NO o NE. Estas condiciones son similares a las halladas en Port Sanilac, Michigan por Schlichting (1961), al menos para los factores de humedad relativa (28-98%), temperatura (-2.8 a 28.0° C) y velocidad del --- viento (0-2 a 4-15 mph).

El muestreo vertical en la ENEP- Iztacala ubicada también dentro de la zona de Tlalnepantla, demostró la presencia de protozoarios de vida libre en la atmósfera por lo menos a una altura generalmente habitada por el hombre (2 a 8 m.), además la posibilidad de que sean agentes de enfermedades mortales es muy baja. Investigaciones recientes en la misma Cd. de México han demostrado la presencia en el aire de otro tipo de protozoarios (amibas patógenas de vida libre) que podrían llegar a causar enfermedades fatales en los seres humanos (Rivera et al., 1987; -1988).

Nuevamente se confirmó lo ya expuesto, acerca de que las especies y el número de microorganismos varía grandemente de una localidad a otra, aún cuando éstas se encuentren separadas por distancias cortas (Horne, 1935).

En la ENEP Iztacala se aisló una cantidad mucho menor de especies (6) que en la zona cercana a la red de monitoreo automático e incluso los aislamientos ocurrieron en el mes de agosto, durante el cual en la estación ubicada junto a la red de monitoreo automático no se aislaron organismos. También los organismos Chloromonas sp. y Cryptomonas sp. aislados en la localidad de la ENEP Iztacala no aparecieron en la zona de monitoreo-automático.

Lo anteriormente expuesto refuerza lo dicho por Schlichting (1964) al mencionar que la sobrevivencia de algas y protozoarios en la atmósfera no sólo depende de las condiciones micrometeorológicas en las masas de aire, sino también de sus características morfofisiológicas.

Estación Cerro de la Estrella

La estación Cerro de la Estrella al igual que Tlalnepantla posee un clima C(w₀) w templado subhúmedo. Se ubicó aproximada-

mente a un kilómetro de la planta de tratamiento de aguas negras más grande de la Cd. de México. En la planta de tratamiento se utiliza el sistema de "lodos activados", los cuales contienen grandes cantidades de protozoarios, y debido a que el agua se encuentra en permanente y violenta agitación, no se descarta la posibilidad de que sea una fuente importante de microorganismos. El mismo fenómeno ha sido descrito por un gran número de investigadores, entre ellos Blanchard y Syzdek, 1970; Woodcock (1955 en Fannin, 1981).

Mahoney (1967 en Schlichting, 1969) menciona que una gran variedad de algas, protozoarios y bacterias fueron cultivados de muestras de aire obtenidas de una zona cercana a la planta de tratamiento de lodos activados en Denton, Texas; los mismos organismos también fueron encontrados por examen directo de los lodos activados.

Es notable mencionar que en esta zona se encuentran áreas erosionadas por la agricultura y la extracción de minerales --- SEDUE (1986); esta característica también contribuyó en la ---- transferencia de protozoarios al aire, como lo menciona Fulton (1966 en Lighthart, 1976) al hacer referencia de que la transferencia de microorganismos de la superficie terrestre hacia el - aire es debida a la acción que ejerce el viento en zonas erosionadas.

En relación con los parámetros meteorológicos registrados en Cerro de la Estrella, se observó que el contaminante que más influyó en la zona corresponde al ozono. En la gráfica 20 se aprecia que éste excedió el límite establecido por SEDUE (1986)- en tres ocasiones. Un factor que afectó directamente las lecturas anteriores y que además está implicado en las correlaciones

efectuadas entre los parámetros meteorológicos, al igual que el ozono, fue la dirección del viento, pues según los hallazgos de SEDUE (1986), esta zona por encontrarse hacia el sur del Valle de México, es afectada por los vientos dominantes que acarream el ozono del centro de la ciudad. Es importante mencionar que aunque los vientos que soplan del centro hacia el sur arrastran una gran cantidad de contaminantes hacia esa zona, puede observarse en la gráfica 36 que el comportamiento del viento en Cerro de la Estrella presentó gran variación a lo largo del presente estudio.

Zobell y Mathews (1936 en Rittenberg, 1939) citan que un cambio en la dirección del viento podría tener una selección casi inmediata en los tipos de organismos encontrados en la atmósfera. Sin embargo, debe puntualizarse que la dirección del viento no necesariamente indica la historia de las masas de aire.

Con referencia al monóxido de carbono, se puede decir que aunque tuvo una variación excesiva a lo largo de todo el estudio, jamás excedió el límite según SEDUE (1986).

En cuanto al bióxido de azufre, éste aumentó durante el mes de febrero mismo que junto con diciembre excedieron el límite.

Lo más relevante de las concentraciones registradas de el ozono, el monóxido de carbono y el bióxido de azufre, es que las máximas concentraciones o bien el límite excedido generalmente se obtuvieron durante los meses que corresponden al invierno (febrero, noviembre y diciembre).

Los resultados arrojados de las correlaciones entre los parámetros meteorológicos muestran correlaciones negativas entre la dirección del viento con el bióxido de azufre, la temperatu-

ra y el ozono; sin embargo, debido a que es imposible interpretar en la realidad este tipo de correlaciones, se descartan. Es interesante notar la correlación positiva que obtuvo la temperatura con el bióxido de azufre y el ozono, y este último con el monóxido de carbono, pues como ya se mencionó el ozono de estación es acarreado del centro de la ciudad. Sin embargo, el aumento de la temperatura y la alta polución elevan las concentraciones del ozono (Chovin y Roussel, 1968; SEDUE y FAC, 1988).

De acuerdo a la gráfica 5 Bodo repens fue la especie aislada mayor número de veces, esto se ve reflejado en los resultados de las correlaciones entre los parámetros biológicos, pues se observa que obtuvo correlación positiva con Bodo globosus y ambas con Colpoda sp.. En las correlaciones entre los parámetros biológicos todas las especies implicadas se aislaron durante el mes de octubre, mismo que obtuvo el mayor número de aislamientos en toda la investigación.

Las especies Cercobodo cometa y Cercobodo radiatus se aislaron en meses diferentes y por lo tanto cada una se correlacionó con parámetros meteorológicos distintos, además ninguna de las dos especies se aislaron durante el mes de octubre.

El aislamiento de los diferentes organismos en la estación de Cerro de la Estrella no siguió ningún orden de estacionalidad ya que las especies aparecieron de manera heterógena a lo largo de todo el año de estudio. Existe una ligera similitud con los hallazgos de Smith (1973 en Schlichting, 1976) en Raleigh, Carolina del Norte, pues reporta entre los protozoarios aislados del aire a los géneros Bodo, Colpoda y zooflagelados no clasificados, los mismos géneros fueron hallados en este estudio. También menciona que la mayor cantidad de algas fueron -

encontradas durante los períodos de febrero a mayo y de noviembre a diciembre, ésto es semejante a lo registrado en la localidad, pues se obtuvo aislamiento de organismos durante los meses de marzo, mayo, noviembre y diciembre; los meses que no caen -- dentro de los períodos marcados son enero y octubre.

Las condiciones meteorológicas que prevalecieron durante el mes de octubre, mismo que obtuvo el mayor número de especies aisladas fueron:

Bióxido de azufre, 0.027-0.040 ppm: ozono, 0.060-0.092 ppm: monóxido de carbono, 5.1-10.2 ppm: temperatura, 15.7-18.0° C: dirección del viento NE o SE.

Los valores de temperatura y dirección del viento son similares a los encontrados en Texas (1962) por Schlichting (1964), quien menciona que los intervalos favorables para coleccionar el mayor número de algas y protozoarios, son una temperatura de -- 3.3-22.8° C y una dirección del viento SSE o NO.

Estación Pedregal de San Angel

La estación del Pedregal de San Angel, se ubicó en una zona residencial dentro del jardín de una escuela, donde el terreno era principalmente rocoso, además de que la zona posee un -- clima C(w₁) w templado subhúmedo. En consecuencia, al existir poca cantidad de suelo, la cantidad de protozoarios edáficos -- transferidos a la atmósfera disminuye (Jacobs, 1939). Este es -- uno de los argumentos que explica el bajísimo número de especies aisladas en la zona.

Entre los parámetros meteorológicos que también pudieron -- influir en el número de especies aisladas, podemos mencionar al ozono y a la dirección del viento. Al observar las gráficas 18- a 21 es notorio que el Pedregal fue la estación más afectada -- por este contaminante. Se aprecia una gran variación a lo largo

de todo el estudio así como en las lecturas registradas dentro de un mismo mes de muestreo, además el límite establecido por SEDUE (1986) no fue rebasado salvo durante los meses de agosto, noviembre y enero.

Aunque la dirección del viento no apareció en las correlaciones realizadas entre los parámetros meteorológicos, esto ocurrió por la falta de datos, al no ser proporcionados por la SEDUE, pero no se descarta la importancia de la dirección del viento para esta estación en particular, pues SEDUE (op cit.) reporta que el principal contaminante de la zona que provoca el deterioro de la calidad del aire es el ozono, debido a su acarreo por los vientos del centro hacia el sur del Valle de México. Las regiones recorridas por los vientos (sean zonas urbanas con fuerte densidad de población, sean zonas industriales) sufren a veces una polución que no les es nada imputable o que viene a añadirse a la suya propia. No debería tomarse pues, la decisión de implantar una zona industrial en las proximidades de una zona urbana, sin antes haber realizado un serio estudio de los vientos dominantes (Chovin y Roussel, 1968).

El bióxido de azufre, el monóxido de carbono, el monóxido de nitrógeno y el bióxido de nitrógeno permanecieron en concentraciones muy bajas a lo largo de todo el año.

Sin embargo, al igual que en la estación de Tlalnepantla el bióxido de nitrógeno y el monóxido de nitrógeno resultaron estrechamente relacionados debido a que el monóxido de nitrógeno da origen al bióxido de nitrógeno como resultado de una oxidación en presencia de hidrocarburos, reacción considerablemente acrecentada por la irradiación. También el bióxido de nitrógeno se disocia bajo la influencia de fotones ultravioleta originan-

do monóxido de nitrógeno, el oxígeno atómico desprendido puede reaccionar con el oxígeno molecular produciendo ozono, así que la concentración de ozono se incrementa cuando existen otros -- contaminantes más una intensa insolación (Chovin y Roussel, --- 1968; SEDUE y FAC, 1988).

Lo anteriormente expuesto ratifica los resultados de las - correlaciones efectuadas entre los parámetros meteorológicos, - los cuales muestran una relación de tipo positivo entre el bi- óxido de nitrógeno con el monóxido de nitrógeno, a su vez el o- zono también apareció correlacionado con el monóxido de carbono y este último con el bióxido de azufre.

En una correlación negativa independiente aparece la tempe- ratura y la humedad relativa. Este resultado es apoyado por el- hecho que durante el mes de abril se registró la máxima tempera- tura (23.2° C) y la mínima humedad relativa (15.4 %). Se sabe - que en zonas cercanas a mantos acuíferos la temperatura y la hu- medad tienen una relación directamente proporcional. Sin embar- go, en el caso del Pedregal la escasa humedad existente en las- capas inferiores de la atmósfera desaparece conforme aumenta la temperatura. También cabe mencionar que la máxima humedad rela- tiva se obtuvo en el mes de julio, efectivamente durante el pe- ríodo de lluvias marcado por SEDUE (1986), para el Valle de Mé- xico.

La ausencia de correlaciones significativas entre los pará- metros biológicos y la falta de correlaciones entre los paráme- tros biológicos y meteorológicos se atribuyó a la escasez de es- pecies aisladas en esta estación, aunado a que los aislamientos ocurrieron sólo durante 2 meses de todo el estudio, aunque la - frecuencia de aislamiento haya sido media y abundante.

El mes que obtuvo el mayor número de especies aisladas fue octubre, durante el cual los parámetros meteorológicos se comportaron así:

Bióxido de azufre, 0.013-0.017 ppm; ozono, 0.078-0.160 ppm; bióxido de nitrógeno, 0.030-0.047 ppm; monóxido de nitrógeno, ---- 0.031-0.045 ppm; monóxido de carbono, 2.2-3.4 ppm; temperatura, 14.7-16.5° C; velocidad del viento, 3.5-5.0 m/s ; dirección del viento, generalmente NE.

Schlichting (1964) cita que la dispersión de los microorganismos en la atmósfera está relacionada con los factores geográficos, meteorológicos y micrometeorológicos que prevalezcan en la zona de estudio. La dinámica que se presentó en la estación del Pedregal en comparación con las estaciones anteriores, ratificó lo ya expuesto

En general, se puede decir que los protozoarios del aire - más importantes en la atmósfera de la Cd. de México y su área metropolitana fueron Cercobodo cometa y Bodo minimus por haberse aislado en las 4 estaciones de muestreo y Bodo repens con -- Cercobodo radiatus por obtener el mayor número de aislamientos.

Las alturas de 2 y 5 metros no tuvieron influencia marcada en la presencia de organismos en el aire, ya que ambas registraron un número similar de aislamientos.

La estacionalidad tampoco fue determinante, pues de acuerdo con las gráficas 8 a 11, se muestra un patrón de comportamiento heterógeno. En Xalostoc el mayor número de aislamientos se registró durante los meses de mayo, junio y julio: en Tlalnepantla ocurrió en marzo, mientras que en Cerro de la Estrella y el Pedregal de San Angel fue en octubre. Estos resultados son contrarios a aquellos obtenidos por otros investigadores: tal -

es el caso de Horne (1935) quien encontró una estrecha relación entre el número de microorganismos y la estación de verano.

Durante los meses de febrero y marzo en los cuales tradicionalmente soplan fuertes vientos en la Cd. de México, no se observó un incremento muy notable en el número de aislamientos. Tampoco la época de lluvia tuvo un efecto claro sobre los protozoarios, pues los aislamientos fueron bastante constantes aún en la temporada de sequía, además de que en las muestras obtenidas de agua de lluvia no aislaron organismos.

En las 4 estaciones de muestreo durante el mes de febrero no se registró ningún aislamiento, ésto pudo deberse a las concentraciones de los contaminantes, pues en este mes siempre se registraron las lecturas máximas, se excedieron los límites establecidos por SEDUE (1986) o bien existió una gran variación de éstos durante las horas de muestreo; en contraste el mes de octubre fue el único que registró aislamientos de protozoarios en todas las estaciones y es observable un comportamiento contrario por parte de los contaminantes, al ya descrito para el mes de febrero.

De acuerdo a lo anterior Lighthart y Mohr (1987) citan que las condiciones que determinan la supervivencia de los microorganismos en el aire son la temperatura, la humedad relativa, la radiación solar, el tiempo de permanencia en el aerosol, el viento y los contaminantes gaseosos.

La dinámica establecida entre los parámetros meteorológicos y las especies aisladas resultó muy compleja y diversa para cada una de las estaciones estudiadas, y aún cuando algunas de las correlaciones ya sea entre los parámetros biológicos, entre los parámetros meteorológicos o bien entre los parámetros bioló

gicos y los parámetros meteorológicos resultaron repetitivas, - no se pueden considerar suficientemente completas para establecer, al menos hasta ahora, la influencia de los factores ambientales registrados sobre las especies de protozoarios aisladas.

Aún en la literatura consultada existen discrepancias de - cuáles son exactamente los factores ambientales que realmente - determinan la sobrevivencia y permanencia de los microorganismos en el aire. Según Smith (1973 en Schlichting, 1976) los factores ambientales que más afectan a los protozoarios del aire - son la velocidad y dirección del viento, la precipitación pluvial y la temperatura de formación del rocío, mientras que ---- Schlichting (1963) menciona que la sobrevivencia de algas y protozoarios en el aire depende de las condiciones micrometeorológicas, pero sobre todo de la interrelación de los microorganismos, así como de sus características morfofisiológicas. Ambas - citas difieren de lo dicho por Lighthar y Mohr (op cit.).

C O N C L U S I O N E S

- La capacidad de los protozoarios para formar quistes, fue relevante para sobrevivir en un medio hostil para ellos, como lo es el aire de la Cd. de México.
- Un factor importante en la predominancia de los flagelados sobre los ciliados fue el tamaño mucho menor de sus quistes, -- que les confirió la posibilidad de permanecer mayor tiempo -- suspendidos en el aire.
- La principal fuente de protozoarios hacia el aire la constituye el suelo de la Cd. de México.
- Las características particulares de cada estación de muestreo propiciaron que el número de especies, la frecuencia, el número total de aislamientos, así como su constancia a lo largo de todo el estudio, variaran apreciablemente.
- Los protozoarios más comunes en la Cd. de México son Cercobodo radiatus, Bodo repens, Cercobodo cometa y Bodo minimus.
- El muestreo en la FNEP-Iztacala ratificó que las especies de microorganismos en el aire y su número varían grandemente de una localidad a otra, aún cuando se encuentren separadas por distancias cortas.
- La presencia de los protozoarios en el aire no tuvo ninguna relación con los fuertes vientos de los meses de febrero y -- marzo, la época de lluvia, la estacionalidad y la altura (2- y 5 m.).
- La sobrevivencia, permanencia y distribución de los protozoarios de vida libre en la atmósfera de la Cd. de México y su -- área metropolitana depende de una gran cantidad de condicio--

nes ambientales relacionadas entre sí, así como con cada una de las especies.

- La dinámica de la biota aérea es compleja y debido a que la zona estudiada es muy grande, existen una gran cantidad de -- condiciones micrometeorológicas, por lo tanto no es posible -- establecer definitivamente, al menos hasta ahora, la influencia de los factores ambientales (incluyendo contaminantes gaseosos) sobre los protozoarios de vida libre presentes en la atmósfera de la Cd. de México y su área metropolitana.

B I B L I O G R A F I A C I T A D A

- Augustin, H., Foissner, W. y Adam, H. 1984. An improved pyridinated silver carbonated method which needs few specimens and - yield permanent slides of impregnated ciliates (Protozoa, Ciliophora). Microskopie. 41: 134-137.
- Bandoni, J. J. y Koske, R. E. 1974. Monolayers and microbial -- dispersal. Science. 183: 1079-1081.
- Blanchard, D. C. y Syzdek, L. 1970. Mechanism for the water-to-air transfer and concentration of bacteria. Science. 170: 626-628.
- Blanchard, D. C. y Parker, B. C. 1977. The freshwater to air -- transfer of microorganisms and organic matter. In: Cairns, J.- Jr. (ed.). Aquatic Microbial Communities. Garland Publishing.
- Bold, H. C. y Wynne, M. J. 1978. Introduction to the algae. --- Prentice-Hall. Englewood Cliffs. New Jersey. p.p.
- Boyce, S. G. 1954. The salt spray community. Ecol. Monogr. 24:- 29-67.
- Calaway, W. T. y Lackey, J. B. 1962. Waste treatment protozoa: - flagellata. University Florida, U.S.A. 140 p.p.
- Cox, C. S. 1987. The aerobiological pathway of microorganisms. - John Wiley & Sons. Ltd. London. 293 p.p.
- Curds, C. R. 1969. An illustrated key to the British freshwater ciliated protozoa commonly found in activated sludge. Ministry of technology. London. 90 p.p.
- Curds, C. R. 1982. British and other freshwater ciliated protozoa. Part. I. Ciliophora: Kinetofragminophora. Cambridge University Press. London. 387 p.p.
- Chovin, P. y Roussel, A. 1968. La polución atmosférica. Ediciones Orbis. Barcelona, España. 124 p.p.
- Deflandré, G. 1976. Rhizopoda and Actinopoda. In: Ward, B. H. - and Whipple, G. C. Fresh-water Biology. Second edition. W. T.- Edmondson. U.S.A. p.p. 232-264.

- De Jonckheere, J. F. 1982. Isoenzyme pattern of pathogenic and non pathogenic Naegleria spp. using agarose isoelectric focusing. Ann. Microbiol. (Inst. Pasteur). 133: 319.
- Dimmick, R. L., Nolochow, H. y Chatigny, M. A. 1979. Evidence-- for more than one division of bacteria within airborne particles. Appl. Environ. Microbiol. 38 (4): 642-643.
- Donaldson, A. I. 1978. Factors influencing the dispersal, survival and deposition of airborne pathogens of farm animals. Vet. Bull. 48: 83-94.
- Fannin, K. V., 1981. An approach to the study of environmental-microbial aerosols. Wat. Sci. Tech. 13: 1103-1114.
- Fenchel, T. 1987. Ecology of Protozoa. Science Tech. Publishers. Springer-Verlag. U.S.A. 197 p.p.
- Fernández-Galiano, D. 1976. Silver impregnation of protozoa: -- Procedure yielding good results with the pyridinated silver -- carbonated method. Tras. Amer. Microscop. Soc. 95: 557-560.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México. 254 -- p.p.
- Grassé, P. P. 1952. Traité de Zoologie - Anatomie, Systématique, Biologie-, Tomo 1, fascículo II. Masson et Cie Editeurs. París, Francia. 1029 p.p.
- Hänel, F. 1979. Systematik und ökologie der farblosen flagellaten des abwassers. Arch. Protistenk. 12: 73-137
- Horne, A. F. 1935. On the numerical distribution of microorganisms in the atmosphere. Proc. Roy. Soc. (London). Ser. B. --- 117: 154-173.
- Jacobs, W. C. 1939. A discussion of physical factors governing-- the distribution of microorganisms in the atmosphere. J. Marine. Res. 2: 218-224.
- Jahn, L. T., Bovee, E. C. y Jahn, F. F. 1979. How to know the-- protozoa. Second edition. The pictured key nature series. ---- U.S.A. 279 p.p.

- Jeffers, S. N. 1978. An introduction to systems analysis with - ecological applications. Edward Arnold Pub. London. p.p.
- Kahl, A. 1930-1935. Urtier oder Protozoa. I: Wimpertier oder--- Ciliata (Infusoria). In: Dahl, F. Deustschlands und derangrenzenden Meeresteile. Ed. Verlag von Gustav Fischer. Jena. 886 - p.p.
- Kudo, R. 1982. Protozoología. C.E.C.S.A. México, D. F. 905 p.p.
- Lackey, J. B. 1976. Zooflagellates. In: Ward B. H. and Whipple, C. G. Fresh-water Biology. Second edition. W. T. Edmondson. -- U.S.A. p.p. 190-231
- Lee, J. J., Hutner, H. S. y Bovee, C. E. 1985. An illustrated - guide to the protozoa. Society of Protozoologists. U.S.A. 629- p.p.
- Levine, N. D. (Chairman), Corliss, J. O., Cox, S. E. G., Deroux, G., Grain, J., Honigberg, B. M., Leedale, G. F., Loeblich, A. - R. III., Lom, J., Lynn, D., Merinstld, E. G., Peagle, F. C., - Poljansky, G., Sprague, V., Vávra, J. y Wallace, F. G. 1980. - A newly revised clasification of the protozoa. Journal of Protozoology. 27: 37-58.
- Lighthart, B. 1976. Estimation of viable airborne microbes ---- downwind from a point source. Applied and Environmental Microbiology. 31 (5): 700-704.
- Lighthart, B. y Mohr, A. J. 1987. Estimating downwind concentra tions of viable airborne microorganisms in dynamic atmospheric conditions. Appl. Environ. Microbiol. 53 (7): 1580-1583.
- López-Ochoterena, E. 1965. Ciliados mesosaprobios de Chapulte-- pec. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. 26:- 115-171.
- Lundholm, M. L. 1982. Comparison of methods for quantitative -- determination of airborne bacteria and evaluation of total via bles counts. Appl. Environ. Microbiol. 44 (1): 179-183.
- Mackinnon, D. F. y Hawes, J. S. R. 1961. An introduction to the study of protozoa. Oxford University Press. London. 506 p.p.

- Maguire, B. 1963. Passive dispersal of small aquatic organisms - and their colonization of desolated bodies of water. Ecol. Monogr. 33: 161-185.
- Martínez, P. J. A. y Elías, G. M. 1985. Introducción a la Protozoología. Trillas. México, D. F. 206 p.p.
- May, K. R., Druett, H. A. y Packman, L. P. 1969. Toxicity of open air to a variety of microorganisms. Nature (London). 221:- 1146-1147.
- Page, F. C. 1976. Freshwater and soil Amoebae. Freshwater Biological Association. Cumbria. 155 p.p.
- Rittenberg, S. C. 1939. Investigations on the microbiology of - marine air. J. of Marine Research. II 3: 208-217.
- Rivera, L., Roy-Ocotla, G. y Rosas, I. 1985. Algas potencialmente alérgicas aisladas de la atmósfera de una zona urbana de la Cd. de México. Memorias III Curso y Simposio sobre Biología de la Contaminación. ENEPI-UNAM-CONACyT-UPN-DDF. México, D. F. -- p.p. 38.
- Rivera, F., Roy-Ocotla, G., Rosas, I., Ramírez, E., Bonilla, P. and Lares, F. 1987. Amoebae isolated from the atmosphere of -- Mexico City and environs. Environ. Res. 42: 149-159.
- Rivera, F., Lares, F., Bonilla, P., Ramírez, E., Paulin, A. --- 1988. Pathogenic amoebae isolated from the atmosphere of Mexico City and environs. In: Hazardous waste: detection, control, treatment. Ed. Elsevier Science Publisher, B. V. Amsterdam. -- p.p. 1175-1179.
- Rosas, I. y Roy-Ocotla, G. 1985. La Aerobiología una ciencia -- multidisciplinaria. Memorias III Curso y Simposio sobre Biología de la Contaminación. ENEPI-UNAM-CONACyT-UPN-DDF. México, - D. F. p.p. 41.
- Rosas, I., Calderón, C., Gutiérrez, S. y Mosiño, P. 1986a. Airborne fungi isolated from rain water collected in Mexico City. Contam. Ambiental. 1 (2): 13-24.
- Rosas, I. y Cid de León, G. 1986b. Actinomicetos aislados del - aire y del bagazo de la caña de azúcar en una fábrica de celulosa. Memorias IV Curso y Simposio Internacional sobre Biología de la Contaminación. ENEPI-UPN-SEDUE. México, D. F. p.p. - 28.

- Rosas, I. y Roy-Ocotla, G. 1986c. Distribución estacional de -- las algas en la atmósfera de la ciudad de México. Memorias IV-Curso y Simposio Internacional sobre Biología de la Contaminación. ENEPI-UPN-SEDUE. México, D. F. p.p. 27.
- Rosas, I. y Calderón, C. 1987a. Evaluación aeromicológica en la ciudad de México. Memorias V Curso-Simposio Internacional sobre Biología de la Contaminación. ENEPI-AMICA. México, D. F. - p.p. 39.
- Rosas, I. y Yela, A. 1987b. Distribución estacional de aerobacterias en la Cd. de México. Memorias del V Curso-Simposio Internacional sobre Biología de la Contaminación. ENEPI-AMICA. - México, D. F. p.p. 39.
- Roy-Ocotla, G. y Rosas, I. 1985. Composición algal de la atmósfera de dos ciudades del estado de Veracruz, México. Memorias del III Curso y Simposio Internacional sobre Biología de la -- Contaminación. ENEPI-CONACyT-UPN-DDF. México, D. F. p.p. 42.
- Schlichting, H. E. Jr. 1961. Viable species of algae and protozoa in the atmosphere. Lloydia. 24: 81-88.
- Schlichting, H. E. Jr. 1965. Meteorological conditions affecting the dispersal of airborne algae and protozoa. Lloydia. 27: 63-78.
- Schlichting, H. E. Jr. 1969. The importance of airborne algae - and protozoa. J. Air. Pollution Control Assoc. 19: 946-951.
- Schlichting, J. E. Jr. 1970. Airborne algae and protozoa. Carolina Tips. 33 (9): 33-34.
- Schlichting, H. E. Jr. 1971a. A preliminary study of algae and protozoa in sea foam. Bot. Marine. 14: 24-28.
- Schlichting, H. E. Jr. 1974c. Ejection of microalgae into the - air via bursting bubbles. J. Allerg. Clin. Immunol. 53: 185- - 188.
- Schlichting, J. E. Jr. 1976. The origin and occurrence of airborne microalgae in North Carolina. In Proceedings of a Symposium at Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg Virginia. Virginia, U.S.A. p.p. 57-60.

- Schlichting, H. E. Jr. 1981. The release of microalgae from water surfaces. In Proceedings, VIII International Seaweed Symposium. Science Laboratories. Menai, Bridge. p.p. 468-474.
- Schlichting, H. E. Jr. 1986a. Airborne algae. Memorias del IV - Curso y Simposio Internacional sobre Biología de la Contaminación. ENEPI-UPN-SEDUE. México, D. F. p.p. 177-187.
- Schlichting, H. E. Jr. 1986b. Airborne algae and protozoa. Memorias VI Coloquio de Investigación en Ciencias de la Salud el Medio Ambiente y la Educación. ENEPI-SEDUE. p.p. 398.
- Schlichting, H. E. Jr. 1986c. Subaerial algae. Memorias VI Coloquio de Investigación en Ciencias de la Salud el Medio Ambiente y la Educación. ENEPI-SEDUE. México, D. F. p.p. 384-397.
- Schlichting, H. E. Jr. 1986d. Techniques for sampling isolating culturing and identifying aerial microalgae. Memorias del IV - Curso y Simposio sobre Biología de la Contaminación. ENEPI-UPN-SEDUE. México, D. F. p.p. 196-205.
- SEDUE. 1986. Informe sobre el estado del medio ambiente en México. SEDUE. México, D. F. p.p. 39-41.
- SEDUE y FAC. 1988. Revivir -Boletín Ecológico-. SEDUE. México, D. F. 13 p.p.
- Stevenson, R. E. y Colier, A. 1962. Preliminary observations on the occurrence of air-borne marine phytoplankton. Lloydia. 25 (2): 89-93.
- SPP-INEGI. 1980. Carta Topográfica de la Ciudad de México. Escala 1:250 000. Ciudad de México. E14-2. SPP-INEGI. México, D. F.
- SPP-INEGI. 1980. Carta de Climas de la Ciudad de México. Escala 1: 1 000 000. SPP-INEGI. México, D. F.

A P E N D I C E

BREVE DESCRIPCION DE LAS ESPECIES DE PROTOZOARIOS AISLADAS

Chloromonas sp.

Célula ovalada con un tamaño de 12 um. de largo por 7 um. de ancho. No presentan pirenoide. Cloroplasto con forma de copa y es cotado. Poseen dos flagelos insertados en la parte anterior. -- Una vacuola contráctil junto a la inserción de los flagelos. -- Presencia de cromatóforos color verde.

Cryptomonas sp.

Sus representantes miden de 13-16 um. de largo por 4-6 um. de ancho. Organismos solitarios de cuerpo ovalado. Poseen dos flagelos que se originan de una depresión longitudinal (citofaringe). Tienen cromatóforos y vacuolas contráctiles.

Monas guttula

Célula ovoide de 7-9 um. de largo por 5 um. de ancho. Presentan dos flagelos insertados en la parte anterior; un flagelo es útil para el desplazamiento y un flagelo corto casi imperceptible.

Monas termo

Células ovaladas que miden 8 um. de largo por 7 um. de ancho. Núcleo casi central. Presentan dos flagelos insertados en la parte anterior. Organismos solitarios.

Monas sp.

Organismos solitarios de cuerpo ovoide con un tamaño de 6-8 um. de largo por 5-6 um. de ancho. Dos flagelos cortos que se insertan en la parte anterior. Poseen una vacuola contráctil.

Monosiga ovata

Organismos solitarios de cuerpo ovalado que miden de 12 um. de largo a 9-10 um. de ancho. Presentan un flagelo que mide 2 ve--

ces la longitud del cuerpo, rodeado por un collar gelatinoso.

Bodo caudatus

Los representantes de esta especie son solitarios. Cuerpo algo curvado con la parte posterior reducida en tamaño. Tamaño de 8-12 um. de largo por 5-8 um. de ancho. El flagelo anterior casi del tamaño del cuerpo y el colgante es más largo de 2-2 1/2 el tamaño del cuerpo. Una vacuola contráctil en la basa de los flagelos (parte anterior). Citoplasma claro o poco granular.

Bodo repens

Célula de forma variada; de piriforme a ovalada. Su tamaño es de 8-10 um. de largo a 5-7 um. de ancho. Organismos solitarios. Núcleo desplazado un poco hacia la parte anterior. Flagelo anterior una vez el tamaño de su cuerpo y el flagelo posterior tiene un tamaño que oscila de acuerdo al tamaño de los organismos, va de 1 3/4-2 1/4 el tamaño del cuerpo del organismo.

Bodo minimus

Los miembros de esta especie son de esféricos a ligeramente ovalados. Miden 5-6 um. de largo por 4-5 um. de ancho. Flagelo anterior una vez la longitud del cuerpo del organismo, flagelo posterior de 1 1/2-2 veces el largo del cuerpo del organismo. - Células solitarias. Una vacuola contráctil en la parte anterior cerca de la base de los flagelos.

Bodo edax

Organismos que poseen un tamaño de 11 um. de largo por 5-7 um. de ancho. Células solitarias. La forma de su cuerpo es piriforme. Los flagelos se originan en el lado ventral.

Bodo globosus

Tamaño de 7-10 um. de largo por 6-9 um. de ancho. Células piri-

formes. El flagelo anterior mide $1/2-1$ vez el tamaño del cuerpo y el flagelo colgante de $1\ 1/2-2$ veces la longitud del cuerpo. - Organismos solitarios. Su nado cubre un arco casi de 90 grados.

Bodo saltans

Los miembros de esta especie tienen un tamaño de 6-7 um. de largo por 4 um. de ancho. Célula piriforme. Flagelos que surgen al final de la parte anterior. Flagelo anterior 1 vez el tamaño del cuerpo y el flagelo colgante 2 veces el tamaño del cuerpo. Organismos solitarios. Presentan una vacuola contráctil en posición anterior.

Bodo erectus

Los representantes de esta especie tienen un tamaño de 9-11 um. de largo por 7 um. de ancho. Cuerpo piriforme, en su parte posterior forma una especie de cauda. Organismos solitarios. Flagelo anterior casi imperceptible y el flagelo colgante dos veces el tamaño del cuerpo. Poseen una vacuola contráctil en posición anterior.

Cercobodo radiatus

Tamaño de la célula de 7-12 um. de largo por 5-7 um. de ancho. - La forma de su cuerpo es piriforme elongada. El flagelo anterior tiene una longitud de $3/4-1\ 1/2$ el tamaño del cuerpo y el flagelo posterior o colgante de $1\ 3/4-2\ 1/4$ la longitud del cuerpo. - Posee una vacuola contráctil en posición posterior. Emite pequeños pseudópodos, este proceso es más notorio al final de la parte posterior; en donde los pseudópodos suelen ser bastante largos. Organismos solitarios. Citoplasma granular.

Cercobodo cometa

Organismos solitarios con un tamaño de 6-8 um. de largo por 3-5 um. de ancho. Células ovaladas cuando no emiten pseudópodos. --

Flagelo anterior $1-1 \frac{1}{4}$ el tamaño del cuerpo y su flagelo posterior $1 \frac{2}{4}-1 \frac{3}{4}$ la longitud de su cuerpo. Su característica más notable es la facultad de emitir pseudópodos (gigantes) que se dicotomizan en finas ramificaciones. Las expansiones citoplasmáticas son hialinas.

Cercobodo granulífera

Las dimensiones de los miembros de esta especie son 8-10 um. de largo por 5-6 um. de ancho. Organismos de forma ovalada que tienen la facultad de emitir pseudópodos. Presencia de una zona de gránulos cromáticos en el interior del citoplasma, colocados en mayor proporción en la parte anterior. Células solitarias.

Helkesimastix faecicola

Tamaño de 7-9 um. de largo por 5 um. de ancho. Células ovales - elongadas, con su parte anterior redondeada. Posee un solo flagelo colgante que corre a lo largo de la parte media del lado dorsal. Presencia de un grupo de gránulos en una hilera a lo largo del flagelo. Organismos solitarios.

Tetramitus rostratus

Los representantes de esta especie tienen un tamaño de 19 um. de largo por 18 um. de ancho (la forma ameboide). Organismos solitarios. La célula flagelada presenta una forma ovoide. Posee 4 flagelos del mismo tamaño que miden 13 um. de largo cada uno; todos los flagelos son activos en el nado. El movimiento flagelar es muy rápido. Ciclo de vida difásico que alterna una forma flagelada y una forma ameboide. Se observó la forma flagelada y su transformación a la forma ameboide.

Mastigamoeba reptans

Los organismos tienen un tamaño de 15-18 um. de largo por 5-7 um. de ancho. Célula piriforme con un solo flagelo que mide 2 -

veces la longitud de su cuerpo. Presenta 2 vacuolas contráctiles una generalmente en posición posterior. Tiene un movimiento gíatorio lento describiendo una circunferencia. Organismos solitarios.

Colpoda sp.

La célula mide de 33-43 um. de largo por 20-26 um. de ancho. -- Organismos de forma reniforme. Presentan el citostoma en posición ventral en la mitad anterior del cuerpo en la base del vestíbulo ciliado. Se observaron los quistes donde se lleva a cabo la conjugación. El núcleo mide 10 um. de diámetro.