



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Iztacala

Aislamiento de amibas de vida libre,
a partir de la atmósfera de la
Ciudad de México y su área
metropolitana.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
LICENCIADO EN BIOLOGIA
P R E S E N T A :
María Dolores Hernández Martínez

México

TESIS CON
PALLA DE ORIGEN

1991.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mis padres y hermanos con cariño y agradecimiento

Un especial agradecimiento

A Daniel por su cariño, compañía y apoyo.

A Paty, Martha y Gaby por su amistad y apoyo.

AGRADECIMIENTOS

- Agradezco sinceramente al Dr. Fermín Rivera Aguero por fungir como director de la presente investigación.

- A los Biólogos Salvador Rodríguez Z. y Alfonso Lugo V. por la ayuda prestada en la elaboración del presente trabajo.

- A cada uno de los integrantes del Proyecto de Conservación y Mejoramiento del Ambiente (CyMA), por el apoyo y las facilidades brindadas.

- A los profesores Agustín Ruiz C., Pedro Ramírez G. y Jesús Medina S. por sus correcciones y sugerencias al trabajo.

- Al Mat. Antonio Labastida M. y al Biol. Angel Vega L. por su ayuda en la elaboración de los estadísticos y gráficos.

- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico recibido, por medio de la beca-tesis-licenciatura con número de registro 57454. Así como a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), que proporcionó los registros de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos.

CONTENIDO

INDICE DE ESQUEMAS, TABLAS Y GRAFICAS	
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
ANTECEDENTES	4
OBJETIVOS	7
DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	8
METODOLOGIA	10
RECOLECCION DE LA MUESTRA	10
CULTIVO	11
IDENTIFICACION Y DIAGNOSIS	11
PRUEBAS PARA LA DETERMINACION DE LA PATOGENICIDAD	12
ANALISIS ESTADISTICOS	13
RESULTADOS	14
AMIBAS DE VIDA LIBRE AISLADAS	14
PRUEBAS DE PATOGENICIDAD	31
ANALISIS ESTADISTICOS	36
PARAMETROS FISICOQUIMICOS	39
DISCUSION	50
AMIBAS DE VIDA LIBRE AISLADAS	50
PATOGENICIDAD DE LAS CEPAS AISLADAS	52
CORRELACIONES ENTRE LOS PARAMETROS BIOLÓGICOS, QUÍMICOS Y FÍSICOS	55
CONCLUSIONES	64
BIBLIOGRAFIA CITADA	65

INDICE DE ESQUEMAS, TABLAS Y GRAFICAS

ESQUEMA 1.	ESTACIONES DE MUESTREO	9
ESQUEMA 2.	IMPACTADOR	10
TABLA I.	AVL AISLADAS DE LA ATMOSFERA DE LA CIUDAD DE MEXICO	15
TABLA II.	CLASIFICACION DE LAS AVL AISLADAS	18
GRAFICA 1.	DIVERSIDAD DE AVL	20
TABLA III.	DISTRIBUCION MENSUAL DE LAS ESPECIES	21
GRAFICA 2.	DISTRIBUCION TOTAL DE AISLAMIENTOS	23
GRAFICA 3.	DISTRIBUCION ESTACIONAL DE AISLAMIENTOS	24
GRAFICA 4.	AISLAMIENTO DE AMIBAS	26
GRAFICA 5.	NUMERO DE ESPECIES POR ESTACION GENEROS DE AVL AISLADOS	26
GRAFICA 6 Y 6A.	XALOSTOC	29
GRAFICA 7 Y 7A.	CERRO DE LA ESTRELLA	29
GRAFICA 8.	PEDREGAL	30
GRAFICA 9.	TLALNEPANTLA	30
TABLA IV.	PRUEBAS DE PATOGENICIDAD EN CEPAS DE LOS GENEROS <i>Acanthamoeba</i> -- <i>Naegleria</i>	32
	AISLAMIENTO DE AVL PATOGENAS	
GRAFICA 10.	XALOSTOC	34
GRAFICA 11.	CERRO DE LA ESTRELLA	34
GRAFICA 12.	PEDREGAL	35
GRAFICA 13.	TLALNEPANTLA	35
	BIOXIDO DE AZUFRE	
GRAFICA 14.	PEDREGAL	42
GRAFICA 15.	TLALNEPANTLA	42
	OZONO	
GRAFICA 16.	XALOSTOC	43
GRAFICA 17.	PEDREGAL	43
GRAFICA 18.	TLALNEPANTLA	43
	BIOXIDO DE NITROGENO	
GRAFICA 19.	TLALNEPANTLA	44
GRAFICA 20.	PEDREGAL	44

OXIDOS DE NITROGENO

GRAFICA 21.	TLALNEPANTLA	45
GRAFICA 22.	PEDREGAL	45
	MONOXIDO DE CARBONO	
GRAFICA 23.	XALOSTOC	46
GRAFICA 24.	CERRO DE LA ESTRELLA	46
GRAFICA 25.	PEDREGAL	46
GRAFICA 26.	TLALNEPANTLA	46
	TEMPERATURA	
GRAFICA 27.	XALOSTOC	47
GRAFICA 28.	CERRO DE LA ESTRELLA	47
GRAFICA 29.	PEDREGAL	47
GRAFICA 30.	TLALNEPANTLA	47
	HUMEDAD RELATIVA	
GRAFICA 31.	XALOSTOC	48
GRAFICA 32.	CERRO DE LA ESTRELLA	48
GRAFICA 33.	PEDREGAL	48
GRAFICA 34.	TLALNEPANTLA	48
	VELOCIDAD DEL VIENTO	
GRAFICA 35.	XALOSTOC	49
GRAFICA 36.	CERRO DE LA ESTRELLA	49

RESUMEN

Con el fin de aislar las amebas de vida libre presentes en la atmósfera de la Ciudad de México y su área conurbada, se tomaron muestras de las partículas suspendidas en el aire en cuatro estaciones meteorológicas de la red automática de monitoreo atmosférico de la SEDUE, desde febrero de 1988 hasta enero de 1989.

Las AVL aisladas se identificaron por su morfología hasta el nivel de género o especie; se probó la patogenicidad de las cepas en ratones, y se correlacionaron las especies aisladas con las condiciones meteorológicas y los contaminantes químicos registrados durante su aislamiento (datos proporcionados por la SEDUE).

Las especies del género *Acanthamoeba* fueron las más abundantes (14 especies), y mostraron un patrón de aparición durante las épocas seca y de lluvia; las especies pertenecientes a los géneros *Vahlkampfia* (11 especies) y *Hartmannella* (3 especies), quienes siguieron en abundancia, no presentaron un patrón definido de aparición.

Se aislaron un total de 59 cepas en Xalostoc, 31 en Cerro de la Estrella, 10 en Tlalnepantla y 8 en el Pedregal, para hacer un total de 108 cepas.

El patrón de distribución total de aislamientos a lo largo del año se determinó por las épocas de sequía y lluvia, y la especie de mayor prevalencia fue *Acanthamoeba polyphaga*.

De las cepas aisladas, 19 resultaron patógenas por vía intracerebral y 9 por vía intranasal. Ocho cepas mostraron capacidad invasiva pero no fueron patógenas.

Las correlaciones encontradas en las cuatro estaciones entre las especies amebianas, los contaminantes químicos y las condiciones meteorológicas, fueron muy variadas y particulares, de tal manera que el presente estudio no permite aún caracterizar la composición amebológica de la atmósfera de la Ciudad de México.

INTRODUCCION

Algunas amibas de vida libre son parásitos facultativos del hombre y de otros vertebrados, incluyendo a los peces. Su hábitat natural es el suelo y el agua, sin embargo pueden transportarse por el aire (Rondanelli, 1987; Rivera y col., 1987).

El término "anfizoicas", es probablemente el mejor término para indicar las especies patógenas para el hombre y los animales. Estos protozoos tienen una característica biológica dual: una fase libre, no parasitaria, capaz de transformarse en el estado parasitario endozoico (Page, 1976). Los ejemplos más conocidos de amibas anfizoicas son *Naegleria fowleri*, el agente etiológico de la meningoencefalitis amibiana primaria (MEAP), una encefalitis aguda y frecuentemente fulminante; *Acanthamoeba* spp. responsable de la encefalitis amibiana granulomatosa (EAG), una encefalitis subaguda o crónica, así como de una enfermedad oftálmica: queratitis o querato-uveítis (Rondanelli, 1987).

La MEAP ocurre preferentemente en personas que tienen como antecedente la natación en piscinas u otras masas de agua dulce como ríos y lagos (Martínez, 1985). Las amibas penetran la mucosa nasal y la lámina cribiforme y viajan a través de los nervios olfatorios hacia el cerebro. Una vez en él, las amibas provocan inflamación y causan daño extenso al tejido nervioso. El padecimiento es de desenlace rápido y fatal (Martínez, 1985; Rivera y col., 1984a).

La EAG se presenta en individuos debilitados, en personas que han padecido alguna enfermedad crónica y en pacientes que han sido sometidos a terapia inmunosupresiva (Martínez, 1985). La ruta de invasión y penetración al sistema nervioso central parece ser hematogena, probablemente de un foco en la piel o las vías respiratorias bajas (Gullet y col., 1979). Además, *Acanthamoeba castellanii* y *Acanthamoeba polyphaga* pueden establecerse en el ojo y ocasionar lesiones que pueden conducir a su pérdida. Aunque lo anterior se ha detectado principalmente en personas que usan lentes de contacto. Los casos reportados de queratitis amibiana han aumentado casi exponencialmente en los últimos años (Moore, 1989; Stehr-Green, 1989; Nose, 1989).

Las amibas de vida libre están ampliamente dispersas, en el suelo, en el agua y en el aire, así como en el tracto digestivo de mamíferos, aves y peces (Jadin, 1973). Sin embargo, la verdadera incidencia y prevalencia de las enfermedades causadas por las AVL es desconocida (Symmer, 1969). Estos organismos han sido aislados de piscinas, de ríos y lagos, del suelo, de aguas termales, de agua de mar, de sedimentos oceánicos, de lagos congelados en Noruega y de la Antártida. También han sido encontradas como fauna intestinal en individuos sanos, así como en agua mineral embotellada, en agua de grifo y en sistemas de aire acondicionado, entre otros (Martínez, 1985).

A nivel mundial, se han descrito 137 casos de MEAP, y 43 de EAG hasta julio de 1986 (Rivera y col., 1989). En México se han diagnosticado dos casos con MEAP, *post mortem* (López-Corella y col. 1986; Valenzuela y col., 1984), y uno más en un paciente vivo. Este último sobrevivió después de un tratamiento oportuno y adecuado (Rodríguez, 1984). Finalmente se observó la contaminación del líquido cefalorraquídeo de un infante por *Naegleria lovaniensis* (Rivera y col., 1989a).

De manera general, las AVL causales de estos padecimientos se diseminan por el agua, donde pueden invadir a los individuos que tengan contacto con ellas, introduciéndose por las fosas nasales o estableciéndose en las heridas. Sin embargo, esta invasión también puede realizarse mediante la inhalación de aire contaminado con estas amibas (Lawande, 1979).

Una vez que las poblaciones se han establecido en el suelo o en el agua los microorganismos pueden ser incorporados a la atmósfera por acción directa del viento, por corrientes de convección, por acción de la lluvia sobre el suelo y sobre las plantas, por medio de burbujas de eyección en el mar y en los ríos, e incluso las actividades humanas también contribuyen al aumento del número de microorganismos en el aire (Edmonds, 1979).

En la atmósfera, los microorganismos pueden encontrarse de manera individual, formando agregados o bien adherirse a partículas de polvo, y su sedimentación dependerá, además de su tamaño en el aire en calma, de los procesos atmosféricos, tales como la difusión turbulenta en el viento y la convección térmica (Gregory, 1973). Ya en la atmósfera la viabilidad de las células transportadas depende de la velocidad del viento, el tiempo de permanencia en el aire, la humedad relativa, la luz solar y las sustancias suspendidas en la atmósfera (Goff y col., 1973). Además estos microorganismos están sujetos a ser retirados de la atmósfera por la lluvia, la nieve y el granizo, así como por la depositación, en las que juega un papel importante el tamaño y la forma del microbio (Gregory, 1973).

Poco se sabe acerca de la influencia de los factores arriba mencionados y su relación con la sobrevivencia de los protozoarios aerotransportados, y en particular de las amibas de vida libre y su relación con los factores de contaminación ambiental en el Valle de México.

Debido a esto, Rivera y colaboradores, realizaron un estudio preliminar sobre las amibas de vida libre y patógenas presentes en la atmósfera de la Ciudad de México (Rivera y col., 1987, 1988), y también han realizado estudios acerca de estas amibas, las cuales se han aislado de piscinas, de agua de grifo, de reservorios naturales de agua dulce (1978a), de agua mineral embotellada (1981), así como de la región oral y nasofaríngea de pacientes odontológicos (1984b).

El presente estudio, correlaciona los parámetros meteorológicos, químicos y biológicos (Amibas de vida libre) presentes en la atmósfera de la Ciudad de México.

ANTECEDENTES

Antonie van Leeuwenhoek fue la primera persona en observar protozoarios de vida libre en 1674.

En 1905, Vahlkampf describió las amibas limax en Alemania. En 1909, Nagler describió las características morfológicas de *A. hartmanni*. En ese mismo año Hartmann descubrió a una amiba

parásita, en Alemania. En 1911, Alexeieff describió la mitosis de las amibas limax y estableció el género *Hartmannella* y *Naegleria*. Los primeros años del siglo fueron de gran actividad para determinar qué organismos eran los causantes de las enfermedades y se acuñó el término "amibas coprozoicas", responsables de la disentería amibiana; durante este periodo se separaron los protozoarios parásitos de los de vida libre.

Para 1930 el interés en estas amibas fue en declive y el estudio de la bacteriología se incrementó en hospitales y laboratorios de investigación. En este año Castellani reportó una amiba limax creciendo en un cultivo de bacterias.

En 1956, Janhes notó contaminación amibiana espontánea en cultivo de tejidos debido a *Hartmannella* spp.

En 1958, Culbertson encontró una especie de *Acanthamoeba* en un cultivo de tejidos para el virus de la polio, aparentemente un contaminante transportado en el aire; descubriendo que esta amiba, después de una simple instilación intranasal en ratones, pudo invadir la mucosa olfatoria, migrar al cerebro y producir una meningoencefalitis.

En 1965, el primer reporte detallado de cuatro casos fatales en humanos fue reportado por Fowler y Carter.

En 1966, Page estableció los criterios taxonómicos para las pequeñas amibas de vida libre. Pussard y Jadin hicieron también significantes contribuciones a la taxonomía y la epidemiología de estas amibas (Martínez, 1985).

Carter (1968) aisló amibas patógenas del líquido cefalorraquídeo de un paciente con meningoencefalitis y dio a esta especie el nombre de *Naegleria fowleri*.

Nagington y col. (1974), mencionaron dos casos de amibiasis ocular en Inglaterra.

Jadin y col. (1971), De Jonckheere y Van de Voorde (1977) y Rivera y col. (1984b) han corroborado la patogenicidad de estas amibas.

En México, Rico-Ferrat y López-Ochoterena (1976) aislaron cepas de *Naegleria* y *Acanthamoeba* de las aguas negras del Distrito Federal.

Rivera y col. (1979, 1981), recolectaron amibas de agua de grifo y de agua mineral envasada. Tomasini-Ortiz y López-Ochoterena (1979), aislaron cepas de *Naegleria* sp. y *Acanthamoeba* spp. de picinas.

En Nigeria, *N. fowleri* fue aislada de las fosas nasales de niños sanos, para lo cual se postuló su arribo por el transporte aéreo.

durante la temporada de viento (Lawande, 1979).

En 1980, Martínez llamó a la enfermedad producida por *Acanthamoeba* spp., Encefalitis Amibiana Granulomatosa (EAG), para diferenciarla de la Meningoencefalitis Amibiana Primaria (MEAP), producida por *N. fowleri*.

Para el año de 1984, más de 160 casos de MEAP y EAG habían sido reportados de todo el mundo (Martínez, 1985).

Valenzuela y col. (1984) y López-Corella y col. (1986) han publicado dos casos de MEAP en nuestro país, uno de Mexicali, B.C. y el otro de Huetamo, Michoacán. Recientemente se han reportado más de 10 casos en Mexicali (Comunicación personal. Dirección General de Epidemiología, 1990).

En relación con los estudios sobre la atmósfera, éstos datan de muchos años atrás, por ejemplo: Miquel en 1883, encontró un quiste de protozoarios por cada 10 m³ de aire muestreado; Puschkarow en 1913 (Schlichting, 1964); Hyman (1940) y Maguire (1963), reportaron protozoarios de la atmósfera y de agua de lluvia.

Schlichting ha realizado diversos trabajos, todos ellos relacionados con la presencia, dispersión, viabilidad y sedimentación de los protozoarios y algas de la atmósfera; así como la implementación de muestreadores y técnicas de muestreo (Schlichting, 1961; 1964; 1969; 1981; 1986a; 1986b; 1986c; 1986d). De los trabajos antes mencionados, sólo en dos se reportó el aislamiento de AVL; el de Puschkarow, quien encontró *Amoeba polyphaga* (*Acanthamoeba polyphaga*), y en el de Schlichting de 1956, quien no las identificó (citado en Schlichting, 1964).

La presencia de AVL en las fosas nasales de niños nigerianos, así como el aislamiento de éstas de la región bucal y nasofaríngea de pacientes odontológicos en México (Rivera y col., 1984b), puso de manifiesto la importancia del transporte aéreo de estas amibas.

Rivera y colaboradores (1987), realizaron un estudio de las amibas en el agua de lluvia y de la atmósfera, en dos estaciones ubicadas en la Ciudad de México, algunas de las cepas aisladas resultaron patógenas para ratón (Rivera y col., 1988).

OBJETIVOS

- 1) Aislar las amibas de vida libre que pudieran estar presentes en la atmósfera de la Ciudad de México y su área metropolitana.
- 2) Identificar las amibas aisladas hasta el nivel de especie mediante criterios morfológicos.
- 3) Determinar la patogenicidad de las cepas aisladas de la atmósfera en animales de laboratorio.
- 4) Correlacionar las especies ambianas aisladas con los parámetros químicos y meteorológicos de las áreas de estudio.

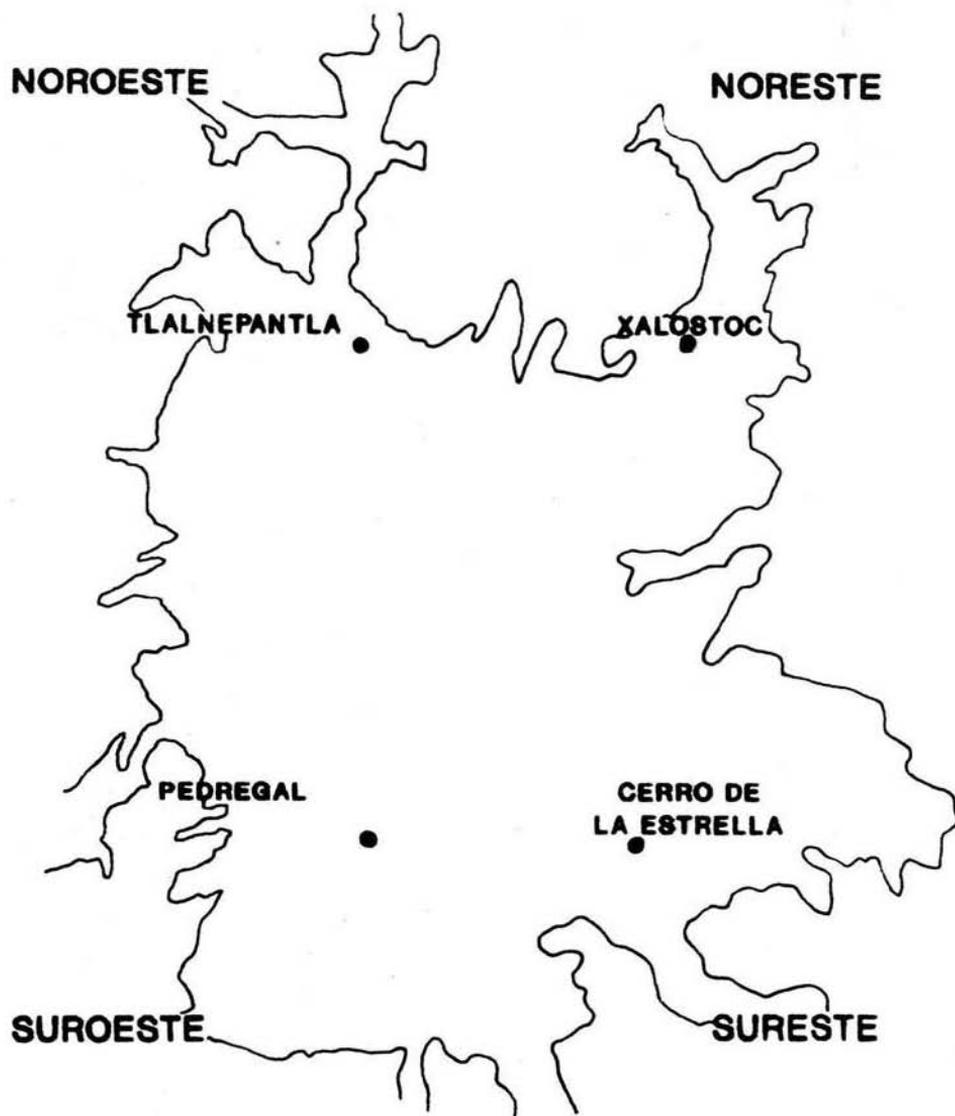
DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

La Ciudad de México presenta el problema más grave de contaminación atmosférica en el país, por su elevada concentración demográfica, la localización de gran número de establecimientos industriales en su territorio, así como el uso intensivo y creciente de vehículos de combustión interna.

Por su latitud ($19^{\circ}30'$) y altitud (2240 msnm) tiene un clima templado, con un periodo de precipitación pluvial de junio a septiembre y de sequía el resto del año. De esta manera la época húmeda del año es al mismo tiempo caliente, aunque el clima caluroso comienza unos 2 a 3 meses antes del inicio de las lluvias. El tipo de precipitación que prevalece en la temporada húmeda es torrencial y de duración relativamente corta. Se presenta por lo común en la tarde, siendo despejada la mañana. Las incursiones de masas de aire frío procedentes del norte son más o menos frecuentes en diciembre, enero y febrero.

El promedio de las temperaturas mínimas del mes más frío del año (dic-ene) se mantienen en general entre 1°C y 5°C . El promedio de las temperaturas máximas del mes más caliente del año (abril-mayo) fluctúan entre 25° y 28°C .

Las montañas de la parte suroeste reciben la principal fuente de humedad de los vientos provenientes del noreste, por lo que esta zona tiene mayor precipitación pluvial por encontrarse directamente a barlovento (1400 mm anuales). La parte más seca del Valle de México es la correspondiente a la zona noreste, la cual se sitúa en la sombra orográfica (400 mm anuales en Pachuca). Además dicha zona está sujeta a la acción de vientos moderadamente fuertes (Rzedowski, 1973; SEDUE, 1986).

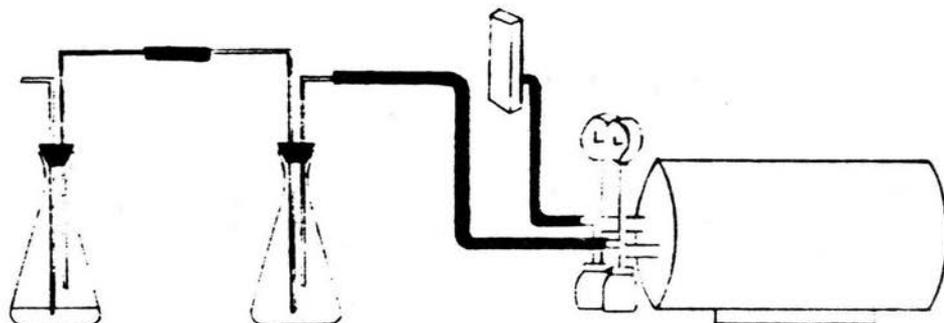


ESQUEMA 1: ESTACIONES DE MUESTREO
Area metropolitana de la Ciudad de Mexico.

METODOLOGIA

RECOLECCION DE MUESTRAS: Se realizó en la zona metropolitana de la Ciudad de México en cuatro estaciones ubicadas en: Xalostoc, Cerro de la Estrella, Pedregal de San Angel y Tlalnepantla. Los muestreadores estuvieron ubicados junto a las estaciones meteorológicas de monitoreo automático de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE); localizadas en los lugares antes mencionados (Esquema 1). Esto con el fin de determinar la correlación entre las cepas aisladas, y los parámetros meteorológicos y químicos. Los parámetros tomados en cuenta fueron temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, óxidos de nitrógeno (NO_x y NO_2), dióxido de azufre (SO_2), ozono (O_3) y monóxido de carbono (CO).

Los volúmenes de 1176 litros de aire por hora se recolectaron cada mes, desde febrero de 1988 a enero de 1989, de las 11:00 a las 12:00 horas a 5 m sobre el nivel del suelo y de las 12:00 a las 13:00 horas a 2 m sobre el mismo nivel; mediante un aparato denominado impactador, modificado por Rivera y colaboradores (1987)(Esquema 2). Las muestras se mantuvieron por una semana bajo fotoperiodo normal y a temperatura ambiente para su procesamiento posterior.



ESQUEMA 2: IMPACTADOR

Modificado por Rivera y colaboradores (1987).

Consta de un matraz Erlenmeyer de 125 ml que contiene medio basal de Bold 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 una trampa (otro matraz), y ésta a un sistema de vacío con rotámetro integrado.

CULTIVO Los 50 ml de medio basal de Bold (Bold y Wynne, 1978) utilizados en el muestreo se centrifugaron a 2000 rpm durante 10 minutos; se decantó el sobrenadante, se resuspendió el concentrado en 4 ml, de los cuales, 2 ml se sembraron en caja petri con agar no nutritivo y *Escherichia coli* muerta (NNE) (De Jonckheere, 1982) que se mantuvo a temperatura ambiente. De igual manera se sembraron 2 ml en medio NNE para incubarse a 37°C. Paralelamente se incubó una caja petri con medio basal de Bold como testigo. Las muestras con NNE se observaron con microscopio invertido para localizar colonias amebianas, cada 24 horas, durante 15 días. Al localizar éstas se procedió al aislamiento de cada cepa para su propagación en cultivo monoxénico (NNE), así como para la identificación hasta nivel de especie.

Métodos de propagación amebiana.

a) Cultivo monoxénico. En agar no nutritivo con *Escherichia coli* (NNE) (De Jonckheere, 1982). En condiciones de esterilidad se tomaron bloques de 1 cm² de los cultivos en NNE que contenían colonias amebianas para sembrarse o bien transferirse en cajas de petri con medio NNE.

b) Cultivo axénico. Medio (líquido) peptona, biotriptasa, suero, glucosa y fosfato (PBSGFM) (Rivera y col., 1987). Bloques de 1 cm² de medio NNE que contenían trofozoítos se inocularon en el medio PBSGFM adicionado con 2000 U.I. de penicilina y 200 µg de kanamicina por mililitro. Los cultivos se incubaron a 30°C en posición inclinada. El crecimiento de las amebas se observó con el microscopio invertido. Las cepas que no crecieron en medio PBSGFM se trataron de cultivar en medio de Bactocasitona al 2%, medio de infusión cerebro y corazón (0.38 gr./100 ml. de agua destilada) y en medio extracto de hígado, todos adicionados con 10% de suero bovino.

IDENTIFICACION Y DIAGNOSIS: Para la identificación morfológica de las cepas aisladas fue necesaria la realización de las siguientes pruebas.

a) Prueba de temperatura. Para conocer la temperatura máxima y óptima de crecimiento para cada cepa aislada, éstas se sembraron por cuadruplicado en medio NNE y se incubaron a temperatura ambiente, 37°C, 42°C y 45°C. El crecimiento se observó durante una semana con el microscopio invertido.

b) Prueba de transformación ameboflagelar. Esta prueba se realizó en las cepas aisladas exceptuando a las del género *Acanthamoeba*. Bloques de 1 cm² de agar NNE con trofozoitos se colocaron en tubos con agua destilada y se incubaron por varias horas a 37°C. Cada hora se observaron al microscopio invertido para verificar la transformación ameboflagelar (Rivera y col., 1978a).

c) Morfometría de las cepas aisladas. Para efectuarla se midieron la longitud y la anchura de 50 quistes y 50 trofozoitos de cada cepa, así como el núcleo y el nucléolo en los trofozoitos en los que éstos eran evidentes.

d) La identificación se realizó por criterios morfológicos, utilizando la microscopía de contraste de fases y las claves taxonómicas de Page (1966, 1976, 1988), Pussard y Ponds (1977).

PRUEBAS PARA LA DETERMINACION DE LA PATOGENICIDAD: Sólo se realizó con las cepas de amibas del grupo *Naegleria-Acanthamoeba*, debido a que únicamente las cepas del género *Acanthamoeba* crecieron en medio de cultivo axénico, y las cepas sospechosas del género *Naegleria*, dada su importancia para la salud pública, se probaron con amibas crecidas en medio monoxénico y cosechadas mediante enjuague con agua destilada estéril.

Las pruebas se realizaron de la siguiente manera:

Las cepas en medio de cultivo axénico se probaron primero por inoculación intracerebral, en un lote de 5 ratones de tres semanas de edad, con 0.02 ml. de cultivo axénico que contuvo un mínimo de 10⁴ amibas contadas con la Cámara de Neuvaver. Los ratones se observaron diariamente durante 3 semanas para detectar signos de meningoencefalitis. De los ratones muertos se inoculó el cerebro en medio de cultivo NNE para recuperar las amibas. Los ratones que sobrevivieron durante el tratamiento, fueron sacrificados, aplicándoseles el mismo procedimiento para tratar de recuperar las amibas.

Las cepas consideradas como patógenas por inoculación intracerebral, se probaron por vía intranasal, utilizando la misma metodología. De los ratones muertos por esta vía se inocularon porciones de cerebro, pulmón, hígado y riñón en medio de cultivo NNE. Los ratones que sobrevivieron 3 semanas fueron sacrificados, aplicándoseles el mismo procedimiento para la posible recuperación de las amibas.

Las cepas del género *Naegleria* (2 cepas) y algunas cepas de

Acanthamoeba que no crecieron en medio de cultivo axénico, se hicieron crecer abundantemente en medio monoxénico (NNE). Los trofozoitos se cosecharon con agua destilada y se inocularon por vía intranasal (10^4 cel/0.02ml) siguiendo la metodología antes mencionada.

ANALISIS ESTADISTICO: Primeramente se realizó la prueba de "t" entre el número de aislamientos a 5 y 2 metros en cada una de las cuatro estaciones. Posteriormente se realizó un análisis de varianza y la prueba de Fisher entre el número de aislamientos de AVL totales en las cuatro estaciones. Lo anterior se tomó con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Se realizaron correlaciones simples, entre los aislamientos de AVL, los contaminantes químicos y los datos meteorológicos en cada una de las cuatro estaciones, lo anterior entre los parámetros que así lo permitieron, dado el número de datos disponibles. Para lo anterior un nivel de significancia de $\alpha = 0.1$ fue utilizado.

RESULTADOS

Las amibas de vida libre aisladas en el presente estudio suman un total de 108 cepas, que se recolectaron en las cuatro estaciones mencionadas y en ambos niveles de muestreo referidos.

Del total de cepas aisladas, 58 fueron de los muestreos tomados a 2 m sobre el nivel del suelo y 49 cepas a 5 m sobre el mismo nivel; una cepa más se aisló a temperatura ambiente (t.a.) de agua de lluvia en el muestreo del mes de agosto, en la estación del Pedregal. Del total, 64 cepas se aislaron a t.a. y 43 cepas por incubación a 37° C (Tabla I). Estas cepas fueron agrupadas en 12 géneros pertenecientes a la superclase *Rhysopodea* y distribuidas en 41 especies (Tabla II).

La proporción de las especies por género (Gráfica 1), muestra al gn. *Acanthamoeba* como el más frecuente con 14 especies (corresponden al 34.14 % de las especies, y al 48.14 % del total de aislamientos), pertenecientes en su mayoría al grupo II (12 especies) y el resto al grupo III (Pussard y Ponds, 1977). El gn. *Vahlkampfia* tuvo también una frecuencia significativa, con 11 especies (26.82 %), seguido por el gn. *Hartmannella* con 3 especies (7.31 %). Los géneros *Naegleria*, *Echinamoeba*, *Filamoeba* y *Platyamoeba* estuvieron representados por 2 especies (4.87 % c/u), y los cinco géneros restantes, *Adelphamoeba*, *Dactylamoeba*, *Mayorella*, *Mastigamoeba* y *Rosculus*, solamente fueron representados por una especie (2.43 % c/u).

En la tabla III se reporta la distribución de las 41 especies a lo largo de los 12 meses de muestreo. Las especies del género *Acanthamoeba* mostraron una clara tendencia de aparición hacia la época de sequía, y ausencia en la época de lluvia. Las especies del género *Vahlkampfia* se presentaron de una forma indistinta a lo largo del año. Las especies del gn. *Hartmannella* disminuyeron su presencia en la época de lluvia y volvieron a aumentar después de ésta. *Naegleria* sp. se aisló exclusivamente en julio y agosto, dichos meses correspondieron a la época de lluvia. Para el resto de las especies aisladas, no es adecuado hablar de una época de presencia-ausencia dado el escaso número de aislamientos (uno a tres aislamientos en todo el año), pero es notorio que muchas de ellas se aislaron justo en la época húmeda del año.

TABLA I. AMIBAS DE VIDA LIBRE AISLADAS DE LA ATMOSFERA

-----DE-LA-CIUDAD-DE-MEXICO.-----

FECHA DE MUESTREO	ESTACION	CEPA AISLADA	** NIVEL	* TEMP DE AISLAM.
Feb. 15. 88	Xalostoc	<i>Vahlkampfia debilis</i>	2	37
Feb. 29 88	Xalostoc	<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	2	ta
		<i>Vahlkampfia jugosa</i>	2	ta
		<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	2	ta
		<i>Filamoeba</i> sp.	2	ta
		<i>Acanthamoeba quina</i>	2	ta
		<i>Mayorella</i> sp.	2	ta
		<i>Acanthamoeba lugdunensis</i>	2	37
		<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	5	ta
		<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	5	ta
		<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	5	37
	C. Estrella	<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	2	ta
		<i>Acanthamoeba rhyodes</i>	2	ta
	Pedregal	<i>Acanthamoeba quina</i>	2	ta
Tlalnepantla	<i>Vahlkampfia ustiana</i>	5	ta	
	<i>Filamoeba nolandi</i>	5	ta	
	<i>Acanthamoeba</i> sp.	5	37	
Mzo. 07. 88	Xalostoc	<i>Vahlkampfia vahlkampfi</i>	2	37
		<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	5	ta
		<i>Acanthamoeba rhyodes</i>	5	37
C. Estrella	<i>Acanthamoeba griffini</i>	2	ta	
	<i>Acanthamoeba mauritaniensis</i>	5	ta	
	<i>Acanthamoeba quina</i>	5	ta	
	<i>Acanthamoeba mauritaniensis</i>	5	ta	
	<i>Acanthamoeba quina</i>	5	37	
Pedregal	<i>Acanthamoeba lugdunensis</i>	2	ta	
Mzo. 14. 88	Xalostoc	<i>Acanthamoeba triangularis</i>	2	ta
		<i>Hartmannella</i> sp.	2	37
		<i>Hartmannella</i> sp.	5	ta
Abr. 18. 88	Xalostoc	<i>Acanthamoeba castellanii</i>	2	ta
		<i>Acanthamoeba paradiuionensis</i>	2	ta
		<i>Acanthamoeba palestinensis</i>	2	ta
		<i>Acanthamoeba triangularis</i>	2	37

Abr. 18. 88	Pedregal	<i>Acanthamoeba mauritaniensis</i>	2	ta
		<i>Vahlkampfia vahlkampfi</i>	2	ta
		<i>Vahlkampfia aberdonica</i>	5	ta
		<i>Hartmannella</i> sp.	5	ta
May. 16. 88	Xalostoc	<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	2	ta
		<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	2	37
		<i>Acanthamoeba mauritaniensis</i>	5	ta
		<i>Echinamoeba</i> sp.	5	37
C. Estrella		<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	5	ta
		<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	5	37
	Pedregal	<i>Vahlkampfia vahlkampfi</i>	5	ta
Jun. 13. 88.	Xalostoc	<i>Mastigamoeba reptans</i>	2	ta
		<i>Mastigamoeba reptans</i>	2	ta
		<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	2	ta
C. Estrella		<i>Acanthamoeba lugdunensis</i>	2	ta
		<i>Acanthamoeba castellanii</i>	2	37
Jul. 25. 88	Xalostoc	<i>Vahlkampfia russelli</i>	2	ta
		<i>Vahlkampfia russelli</i>	2	ta
		<i>Naegleria gruberi</i>	2	37
		<i>Acanthamoeba castellanii</i>	5	ta
		<i>Vahlkampfia</i> sp.	5	37
Ago. 15. 88	Xalostoc	<i>Hartmannella cantabrigiensis</i>	5	ta
C. Estrella		<i>Echinamoeba</i> sp.	5	ta
		<i>Naegleria</i> sp.	5	ta
	Pedregal	<i>Dactylamoeba stella</i>	11	ta
Sep. 12. 88	Xalostoc	<i>Vahlkampfia enterica</i>	2	ta
		<i>Vahlkampfia inornata</i>	2	37
		<i>Filamoeba nolandi</i>	5	ta
		<i>Filamoeba nolandi</i>	5	37
		<i>Platyamoeba placida</i>	5	37
C. Estrella		<i>Echinamoeba exundans</i>	2	ta
		<i>Platyamoeba stenopodia</i>	2	37
		<i>Vahlkampfia lobospinosa</i>	2	37
Oct. 17. 88	Xalostoc	<i>Hartmannella vermiformis</i>	2	ta
		<i>Hartmannella cantabrigiensis</i>	2	ta
		<i>Hartmannella vermiformis</i>	2	37
		<i>Hartmannella vermiformis</i>	2	37
		<i>Vahlkampfia enterica</i>	5	37

Oct. 17. 88	C. Estrella	<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	2	ta
		<i>Hartmannella vermiformis</i>	2	37
		<i>Vahlkampfia enterica</i>	2	37
		<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	5	ta
		<i>Adelphamoeba galeacystis</i>	5	37
Nov. 23. 88	Xalostoc	<i>Rosculus ithacus</i>	5	ta
		<i>Vahlkampfia</i> sp.	5	ta
		<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	5	ta
	C. Estrella	<i>Platyamoeba stenopodia</i>	5	37
		<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	5	37
		<i>Acanthamoeba rhyodes</i>	5	37
Dic. 14. 88	Xalostoc	<i>Acanthamoeba halchelti</i>	2	ta
		<i>Acanthamoeba divionensis</i>	2	ta
		<i>Acanthamoeba</i> sp.	2	37
		<i>Acanthamoeba lugdunensis</i>	5	ta
		<i>Vahlkampfia aberdonica</i>	5	ta
		<i>Acanthamoeba culbertsoni</i>	5	ta
		<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	5	37
	<i>Acanthamoeba culbertsoni</i>	5	37	
	C. Estrella	<i>Vahlkampfia</i> sp.	2	37
		<i>Filamoeba nolandi</i>	2	37
		<i>Filamoeba nolandi</i>	5	ta
		<i>Vahlkampfia inornata</i>	5	37
		<i>Filamoeba nolandi</i>	5	37
Ene. 16. 89	Xalostoc	<i>Hartmannella vermiformis</i>	2	ta
		<i>Hartmannella cantabrigiensis</i>	2	37
		<i>Vahlkampfia</i> sp.	2	37
		<i>Acanthamoeba culbertsoni</i>	5	37
C. Estrella	<i>Filamoeba nolandi</i>	2	ta	
	<i>Filamoeba</i> sp.	2	37	
Tlalnepan- tia	<i>Acanthamoeba quina</i>	2	ta	
	<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	2	ta	
	<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	2	37	
	<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	2	37	
	<i>Vahlkampfia</i> sp.	5	ta	
	<i>Vahlkampfia</i> sp.	5	ta	
	<i>Vahlkampfia avara</i>	5	37	

••metros/nivel del suelo ta temperatura ambiente o 37°c
 * temperatura de aislamiento {} muestra de agua de lluvia.

TABLA II. CLASIFICACION DE LAS AVL AISLADAS DE LA ATMOSFERA DE LA
CIUDAD-DE-MEXICO-Y-SU-AREA-METROPOLITANA
(Lee et al., 1985)

REINO-Protista Haeckel, 1866

SUBREINO-Protozoa Goldfuss, 1818 end. Von Siebold, 1846

PHYLUM-Sarcomastigophora Honigberg y Balamuth, 1963

SUBPHYLUM-Sarcodina Schmarda, 1871

SUPERCLASE-Rhizopodea Von Siebold, 1845

CLASE-Lobosea Carpenter, 1861

SUBCLASE-Gymnamoebia Haeckel, 1862

ORDEN-Euamoebida Lepsi, 1960

FAMILIA-Hartmannellidae Volkonsky, 1931; emend. Page, 1974

GENERO-Hartmannella- Alexeieff, 1912; emend Page, 1974

Hartmannella vermiformis Page

Hartmannella cantabrigiensis Page

Hartmannella sp. Alexeieff, 1912; emend Page, 1974

FAMILIA-Vannellidae Bovee, 1979

GENERO-Platyamoeba Page, 1969

Platyamoeba stenopodia Page

Platyamoeba placida Page

FAMILIA-Paramoebidae Poche, 1913; emend. Page 1987

GENERO-Dactylamoeba Korotneff, 1880

Dactylamoeba stella Schaeffer

Mayorella Schaeffer, 1926

Mayorella sp. Schaeffer

ORDEN-Acanthopodida Page, 1976

FAMILIA-Acanthamoebidae Sawyer & Griffin, 1975

GENERO-Acanthamoeba- GRUPO II

Acanthamoeba griffini Sawyer

Acanthamoeba polyphaga Puschkarew

Acanthamoeba quina Pussard & Ponds

Acanthamoeba rhyodes Singh

Acanthamoeba mauritaniensis Pussard & Ponds

Acanthamoeba triangularis Pussard & Ponds

Acanthamoeba castellanii Douglas

Acanthamoeba paradiuionensis Pussard

Acanthamoeba hatchetti Sawyer, Visvesvara &

Harke

Acanthamoeba diuionensis Pussard & Ponds

Acanthamoeba lugdunensis Pussard & Ponds

Acanthamoeba sp. Volkonsky

GRUPO III

Acanthamoeba culbertsoni Singh & Das

Acanthamoeba palestinensis Reich

FAMILIA-Echinamoebidae Page, 1975
GENERO-Echinamoeba Page, 1975
 Echinamoeba exundans Page
 Echinamoeba sp. (Page, 1975)
GENERO-Filamoeba Page, 1967
 Filamoeba nolandi Page
 Filamoeba sp. (Page, 1967)

CLASE-Heterolobosea Page & Blanton, 1985

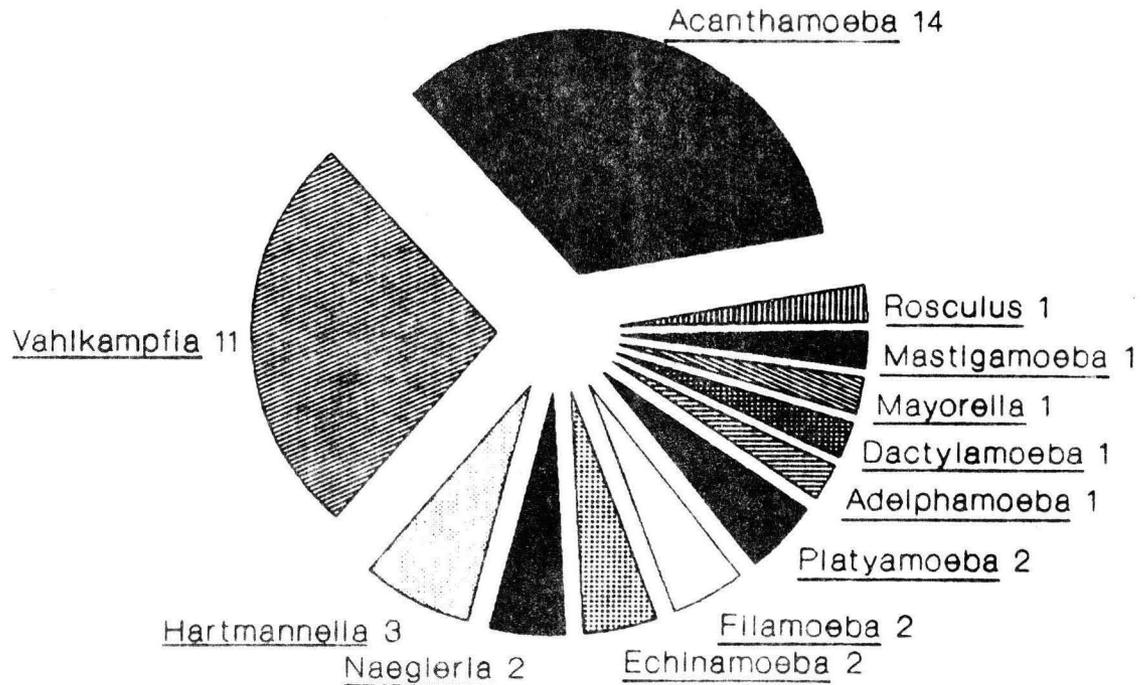
ORDEN-Schizopyrenida Singh, 1952
FAMILIA-Vahlkampfiidae Jollos, 1917
GENERO-Vahlkampfia Chatton & Lalung-Bonnaire, 1912
 Vahlkampfia debilis Jollos
 Vahlkampfia jugosa Page
 Vahlkampfia ustiana Page
 Vahlkampfia vahlkampfi Chatton
 Vahlkampfia aberdonica Page
 Vahlkampfia russelli Singh
 Vahlkampfia enterica Page
 Vahlkampfia inornata Page
 Vahlkampfia lobospinosa Craig
 Vahlkampfia avara (Page, 1967)
 Vahlkampfia sp. Chatton & Lalung-Bonnaire, 1912
GENERO-Naegleria Alexeieff, 1912; emend. Calkins, 1913
 Naegleria gruberi Schardinger
 Naegleria sp. Alexeieff, 1912; emend. Calkins, 1913
GENERO-Adelphamoeba Napolitano, Wall & Ganz, 1970
 Adelphamoeba galeacystis Napolitano, Wall & Ganz

ORDEN-Acrasida Schroter, 1886; emend Page & Blanton, 1985
FAMILIA-Guttulinopsidae Olive, 1970
GENERO-Rosculus Hawes, 1963
 Rosculus ithacus Hawes

CLASE-Eumycetozoa Zopf, 1884

GENERO-Mastigamoeba
 Mastigamoeba reptans Stokes

DIVERSIDAD DE AMIBAS DE VIDA LIBRE



Gráfica 1

TABLA III. DISTRIBUCION MENSUAL DE LAS ESPECIES.

ESPECIE	MES DE AISLAMIENTO											
	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E
<i>Acanthamoeba</i> <i>suina</i>	2	2										1
<i>Acanthamoeba</i> <i>solynhase</i>	6	1		4					2	2	1	1
<i>Acanthamoeba</i> <i>castellani</i>			1		1	1						
<i>Acanthamoeba</i> <i>griffini</i>		1										
<i>Acanthamoeba</i> <i>naucitarciensis</i>		2	1	1								
<i>Acanthamoeba</i> <i>divionensis</i>											1	
<i>Acanthamoeba</i> <i>triangularis</i>		1	1									
<i>Acanthamoeba</i> <i>palastinensis</i>			1									
<i>Acanthamoeba</i> <i>lysoades</i>	1	1								1		
<i>Acanthamoeba</i> <i>luodunensis</i>	1	1			1						1	
<i>Acanthamoeba</i> <i>hatchetti</i>											1	
<i>Acanthamoeba</i> <i>paradivionensis</i>			1									
<i>Acanthamoeba</i> <i>culbertsoni</i>											2	1
<i>Acanthamoeba</i> sp.	1				1							
<i>Vahlkampfi</i> <i>lugosa</i>	1											
<i>Vahlkampfi</i> <i>denilis</i>	1											
<i>Vahlkampfi</i> <i>vahlkampfi</i>		1	1	1								
<i>Vahlkampfi</i> <i>longispinosa</i>								1				
<i>Vahlkampfi</i> <i>russelli</i>						2						
<i>Vahlkampfi</i> <i>enterica</i>								1	2			
<i>Vahlkampfi</i> <i>ustiana</i>	1											
<i>Vahlkampfi</i> <i>aberransise</i>			1								1	
<i>Vahlkampfi</i> <i>inornata</i>								1			1	
<i>Vahlkampfi</i> <i>avara</i>						1				1	1	1
<i>Vahlkampfi</i> sp.										1	1	3
<i>Hartmannella</i> <i>cantabriciensis</i>							1		1			1
<i>Hartmannella</i> <i>variiformis</i>									4			1
<i>Hartmannella</i> sp.		2	1									
<i>Naegleria</i> <i>gruberi</i>						1						
<i>Naegleria</i> sp.							1					
<i>Echinamoeba</i> sp.				1			1					
<i>Echinamoeba</i> <i>axundans</i>								1				
<i>Mycetozoa</i> sp.												
<i>Mastigamoeba</i> <i>reptans</i>					2							
<i>Pezizula</i> <i>rhodica</i>										2		
<i>Pilanoeca</i> <i>colonia</i>								1				1
<i>Pilanoeca</i> sp.												1
<i>Dactyloamoeba</i> <i>calceolaris</i>												
<i>Dactyloamoeba</i> <i>stella</i>												
<i>Platyamoeba</i> <i>stenopodia</i>												
<i>Platyamoeba</i> <i>placida</i>												

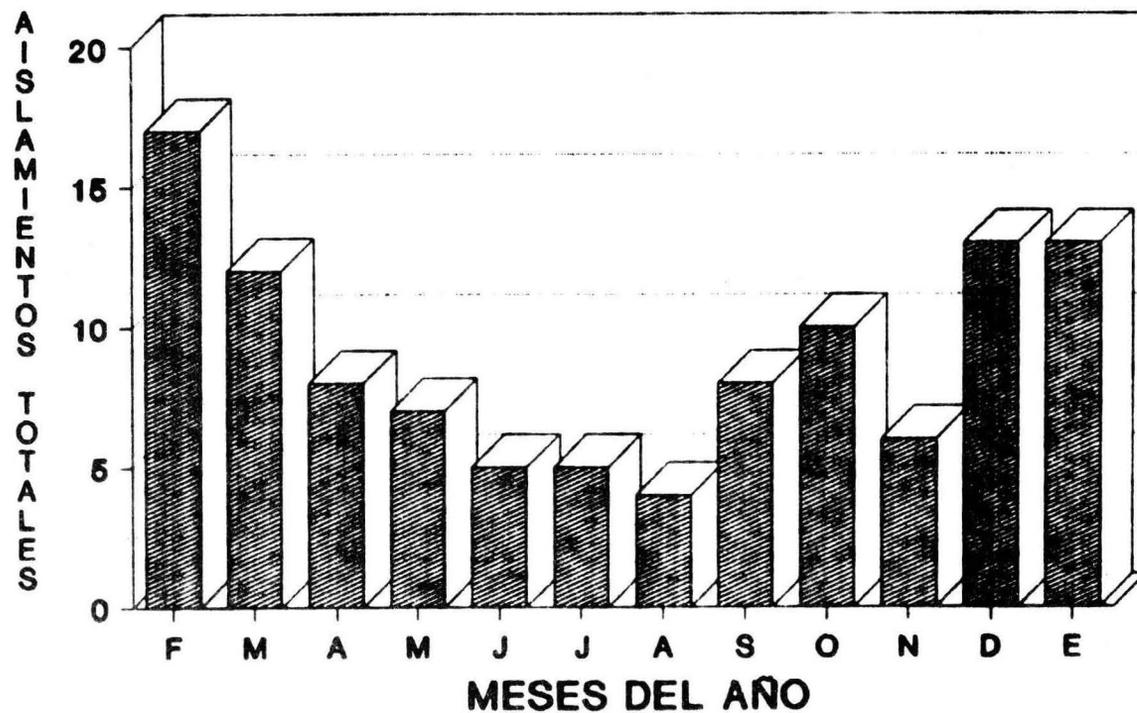
La distribución total de los aislamientos a lo largo del año se muestra en la gráfica 2. Los primeros aislamientos se hicieron en el mes de febrero de 1988 y los últimos en enero de 1989. En el mes de febrero se presentó el mayor número de aislamientos (17), seguido por diciembre y enero (12), el menor número de aislamientos se realizó en el mes de agosto (4). La frecuencia de los aislamientos presentó una tendencia decreciente después del mes de febrero y hasta el mes de agosto. Dentro de este periodo se ubicó la época de lluvias (Junio a Septiembre). En cambio de septiembre a enero, dicha frecuencia mostró una tendencia creciente.

La distribución de aislamientos por estación se muestra en la gráfica 3. La estación de Xalostoc presentó aislamientos a lo largo de los 12 meses de muestreo, siendo febrero el mes de mayor número de aislamientos (11 cepas), y agosto el del menor número (1 cepa); se observó que esta estación mostró una tendencia similar a la presentada en la gráfica 2 (Distribución total de aislamientos), dada por una disminución en el número de aislamientos hacia la época de lluvia y un aumento de éstos, hacia la época de sequía.

En Cerro de la Estrella los aislamientos sólo estuvieron ausentes en los meses de abril y junio. A lo largo del año los aislamientos fluctuaron entre 0 y 3, excepto en marzo, octubre y diciembre, que aparecieron como picos con 5 aislamientos. La estación del Pedregal reportó aislamientos en los primeros meses de muestreo; en febrero, marzo, mayo y agosto sólo hubo un aislamiento. Sin embargo, en el mes de abril se aislaron 4 cepas. Tlalnepantla fue la estación con la menor frecuencia, pues sólo se aislaron 3 cepas en febrero de 1988 y 7 en enero de 1989.

DISTRIBUCION TOTAL DE AISLAMIENTOS

Periodo de 12 meses

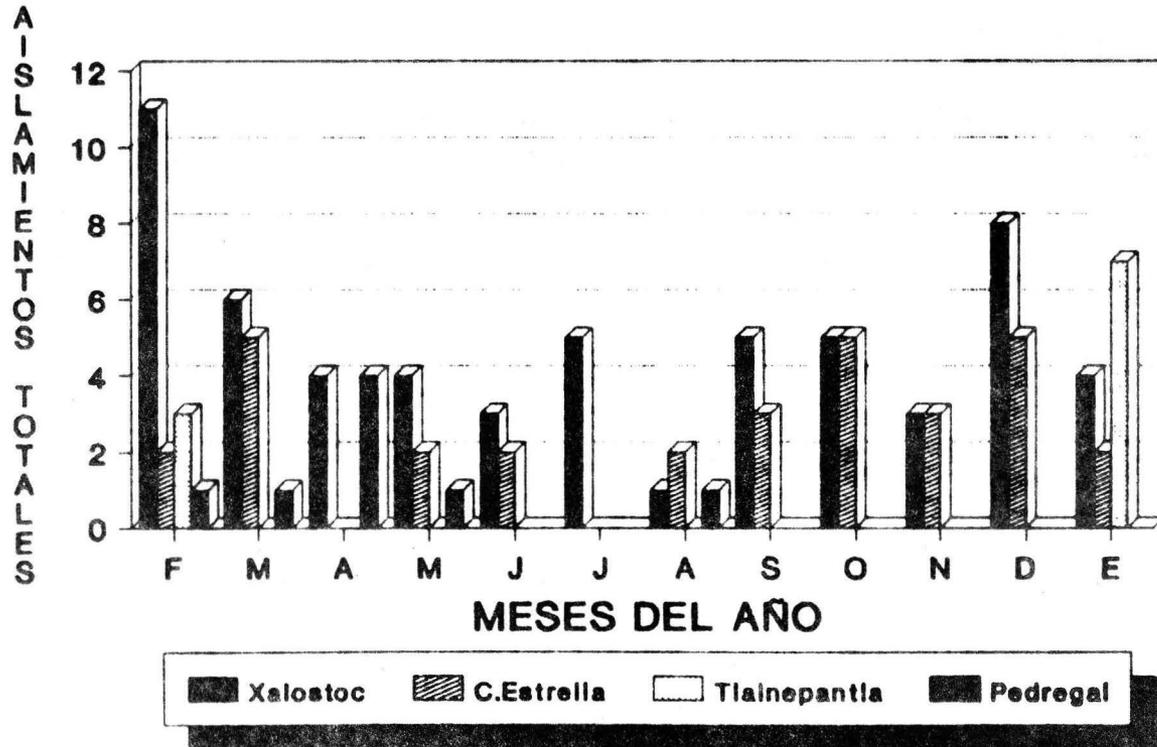


MESES DEL AÑO

Gráfica 2

DISTRIBUCION ESTACIONAL DE AISLAMIENTOS

Periodo de 12 meses



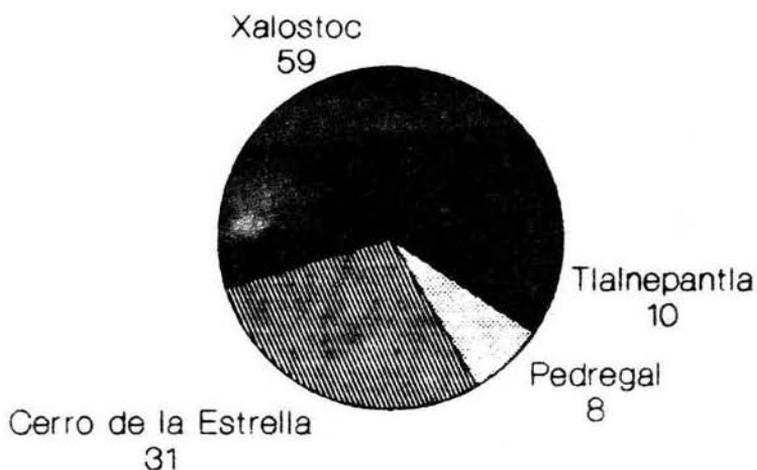
Gráfica 3

Falta página

N° 25

AISLAMIENTO DE AMIBAS

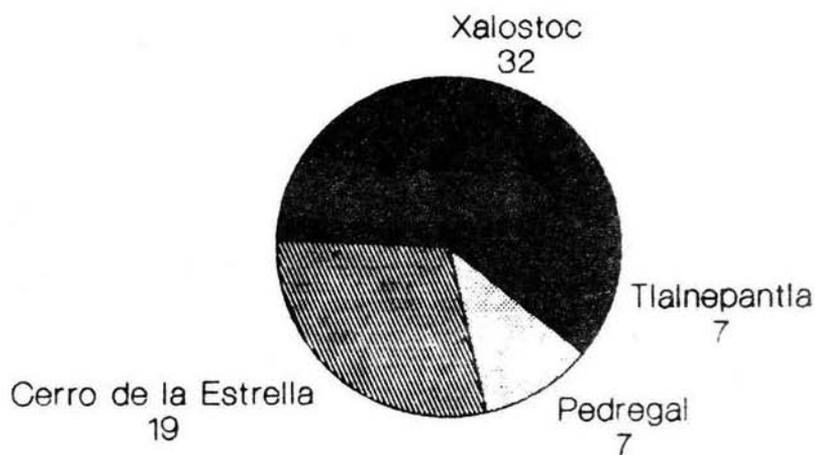
periodo de 12 meses



Gráfica 4

NUMERO DE ESPECIES POR ESTACION

Periodo de 12 meses



Gráfica 5

La distribución mensual por géneros en las cuatro estaciones se presentó de la siguiente manera: en Xalostoc, las cepas del gn. *Acanthamoeba* se presentaron a lo largo de los primeros seis meses de muestreo (febrero a julio) pero el número de aislamientos decreció durante este periodo, no hubo aislamientos de agosto a septiembre y se aisló nuevamente de noviembre a enero. En febrero y diciembre, el gn. *Acanthamoeba* presentó el mayor número de aislamientos (6 cepas). Los aislamientos del gn. *Vahlkampfia* se presentaron en febrero, marzo, julio y de septiembre a enero, con fluctuaciones entre 1 a 3 aislamientos. De los géneros restantes, *Hartmannella*, el de mayor distribución, fue aislado en marzo, agosto, octubre y enero. Los otros géneros se presentaron sin un aparente patrón de aislamiento, siempre con 1 ó 2 cepas (Gráfica 6 y 6a).

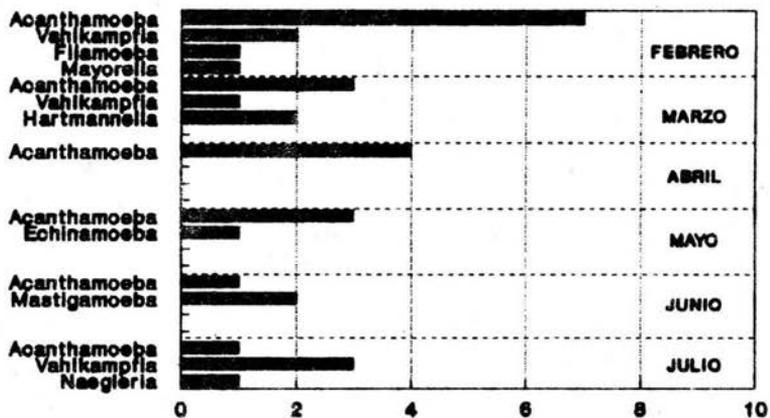
En la estación de Cerro de la Estrella el gn. *Acanthamoeba* se aisló de manera exclusiva de febrero a junio, siendo marzo el de mayor ocurrencia (5 cepas). Posteriormente sólo se aislaron cuatro cepas más de *Acanthamoeba*, dos en octubre y dos en noviembre. Los otros géneros se aislaron a partir de agosto y hasta enero, tales como: *Vahlkampfia*, *Filamoeba*, *Platyamoeba*, *Echinamoeba*, *Naegleria* y *Adelphamoeba* con 1 ó 2 aislamientos, excepto el gn. *Filamoeba* que presentó tres aislamientos en el mes de diciembre (Gráfica 7 y 7a).

En la estación del Pedregal, *Acanthamoeba* se presentó con sólo un aislamiento en febrero y otro en marzo; durante mayo y agosto se aislaron una *Vahlkampfia* y una *Dactylamoeba*, respectivamente. En abril hubo cuatro aislamientos, dos del género *Vahlkampfia*, uno de *Acanthamoeba* y otro de *Hartmannella* (Gráfica 8).

En la estación de Tlalnepantla, se aislaron tres cepas en febrero, una de *Vahlkampfia*, una de *Filamoeba*, y una de *Acanthamoeba*. En enero se aislaron cuatro cepas de *Acanthamoeba* y tres de *Vahlkampfia* (Gráfica 9).

GENEROS DE AVL AISLADOS

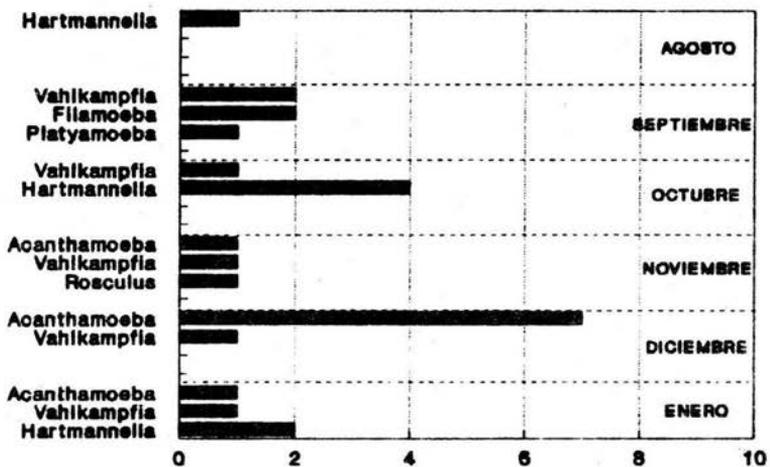
Periodo de 12 meses



CEPAS POR GENERO AISLADAS

XALOSTOC

Gráfico 6



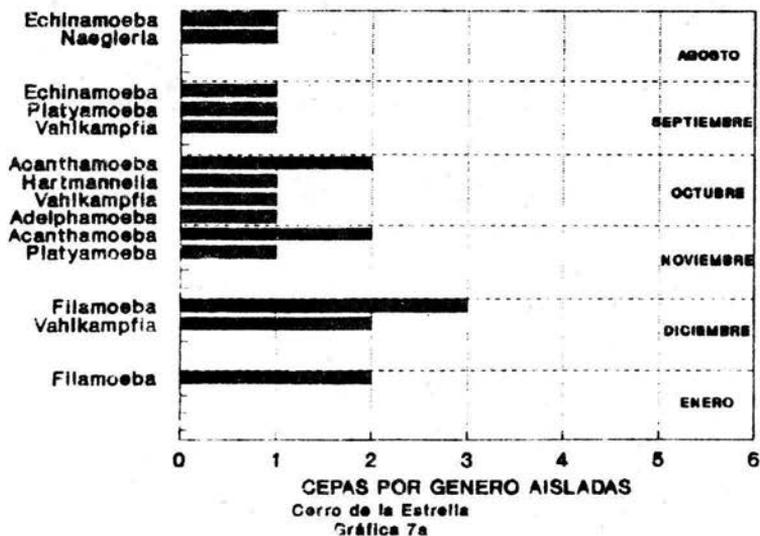
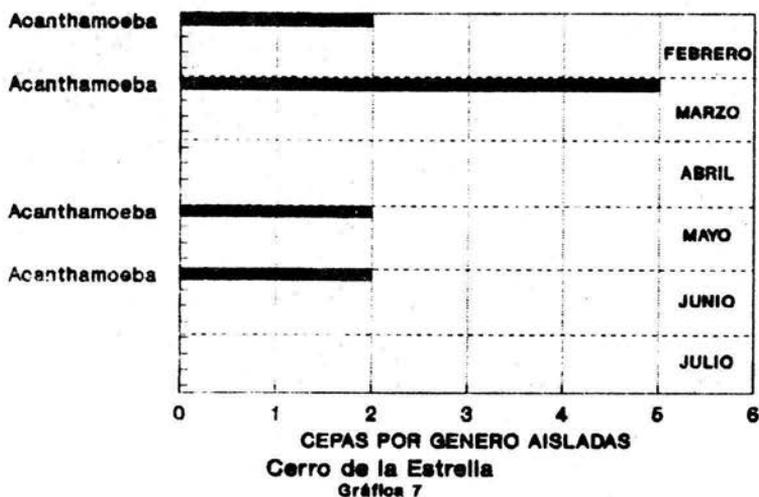
CEPAS POR GENERO AISLADAS

XALOSTOC

Gráfico 6a

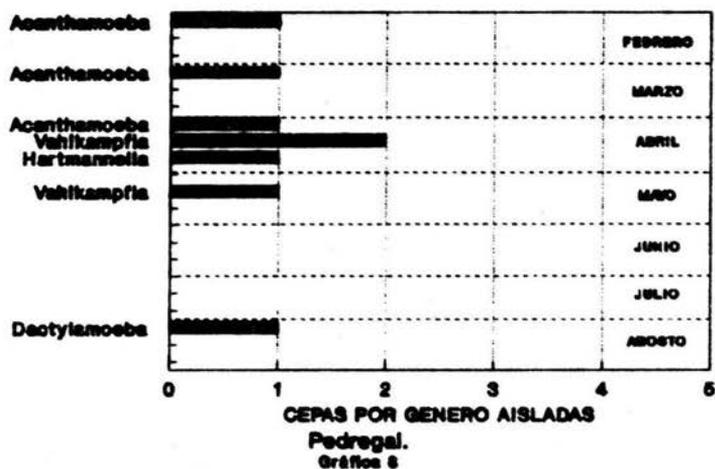
GENEROS DE AVL AISLADOS

Periodo de 12 meses

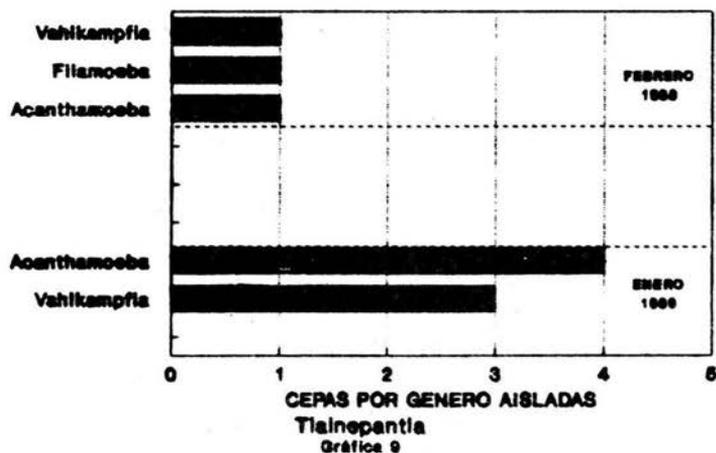


GENEROS DE AVL AISLADOS

Periodo de 12 meses
con aislamientos en los meses señalados



Periodo de 12 meses
con aislamientos en Febrero y Enero.



Las 108 cepas en cultivo monoxénico (NNE) fueron probadas en diferentes medios de cultivo, para obtener su crecimiento en medio axénico; sin embargo, solamente 49 cepas, pertenecientes al género *Acanthamoeba* pudieron cultivarse en estos medios.

Las pruebas de patogenicidad en ratones se realizaron por vía intracerebral (I.C.) en las 49 cepas en medio de cultivo axénico, de las cuales 19 se consideraron patógenas para ratón, al matar del 60% al 100% de los individuos inoculados; 8 cepas más no mataron a los individuos, pero se recuperaron del cerebro de los ratones sacrificados después de 21 días de la inoculación. Las 22 cepas restantes se consideraron no patógenas al matar del 0% al 40% de los ratones inoculados. Las 19 cepas patógenas representan el 17.59% del total de cepas aisladas o bien el 38.77% de las cepas inoculadas vía I.C.. La inoculación vía intranasal (I.N.) se realizó en 26 de las 27 cepas mencionadas, debido a que la cepa aislada del III muestreo en la estación del Pedregal tuvo un crecimiento escaso y no alcanzó la cuenta de inoculación. Las dos cepas del gn. *Naegleria*, aisladas de los muestreos VIII y IX también fueron inoculadas vía I.N., por medio de arrastre en el cultivo en medio NNE. De las 28 cepas inoculadas por vía intranasal, 9 cepas resultaron patógenas, éstas corresponden al 8.33% del total de cepas aisladas y al 32.14% de las cepas inoculadas I.N. Las amibas se recuperaron principalmente del pulmón, enseguida, del cerebro; y de igual manera del hígado y del riñón. Es importante mencionar que cuando había recuperación en estos últimos órganos, también se recuperaban del pulmón y en algunos casos del cerebro. Además, de las 20 cepas en las que hubo mortalidad de ratones, en 19 hubo recuperación de amibas a partir del pulmón, por lo que algunos de éstos pudieron morir por pneumonitis y no por encefalitis, como en el caso de la cepa de *Acanthamoeba culbertsoni* en la estación de Xalostoc aislada durante el muestreo del mes de enero (Tabla IV).

FIGURA IV. FRECUENCIA DE FRIBOECTEMIAS EN CERROS DE LOS BARRIOS

Acanthamoeba-Naegleria

Muestreo	Estación	Cepa probada	Prueba realizada (Mortalidad %)					
			RECUPERACION					
			I.C	I.N.	C	F	H	R
F II	Xalostoc	<i>A. polyphaga</i>	100	0	-	-	-	-
		<i>A. polyphaga</i>	60	100	+	+	-	+
		<i>A. quina</i>	0					
		<i>A. lugdunensis</i>	100	40	+	+	-	-
		<i>A. polyphaga</i>	80*	20	-	+	+	-
		<i>A. polyphaga</i>	20					
		<i>A. polyphaga</i>	80	40	+	+	-	+
		<i>A. polyphaga</i>	20					
		<i>A. rhyssodes</i>	20					
		<i>A. quina</i>	20					
M I	Xalostoc	<i>Acanthamoeba sp.</i>	60	0	-	-	-	-
		<i>A. rhyssodes</i>	60	100	+	+	-	-
		<i>A. polyphaga</i>	0					
		<i>A. griffini</i>	0					
		<i>A. mauritaniensis</i>	0					
		<i>A. quina</i>	0					
		<i>A. mauritaniensis</i>	0					
		<i>A. quina</i>	0					
		<i>A. lugdunensis</i>	60*	--				
		<i>A. triangularis</i>	40					
M II	Xalostoc	<i>A. castellanii</i>	100	60	+	+	+	+
		<i>A. palestinensis</i>	0					
		<i>A. paradiuionensis</i>	20					
		<i>A. triangularis</i>	0					
		<i>A. mauritaniensis</i>	0					
		<i>A. polyphaga</i>	100	20	+	-	-	-
		<i>A. polyphaga</i>	100	0	-	-	-	-
		<i>A. mauritaniensis</i>	0					
		<i>A. polyphaga</i>	60	80	+	+	+	+
		<i>A. polyphaga</i>	80	0	-	-	-	-
J	Xalostoc	<i>A. polyphaga</i>	0					
		<i>A. polyphaga</i>	80*	80	+	+	+	+
		<i>A. castellanii</i>	80	20	+	+	-	-
		<i>A. castellanii</i>	100	60	+	+	+	-
		<i>N. gruberi</i>	---	0	-	-	-	-
		<i>Naegleria sp.</i>	---	0	-	-	-	-
		<i>A. polyphaga</i>	40*	20	-	+	-	-
		<i>A. polyphaga</i>	60	20	+	+	-	-
		<i>A. rhyssodes</i>	60	20	+	+	+	+
		<i>A. polyphaga</i>	60*	40	+	+	+	+
D	Xalostoc	<i>A. hatchetti</i>	80	0	-	-	-	-
		<i>A. divionensis</i>	0					
		<i>Acanthamoeba sp.</i>	20					
		<i>A. lugdunensis</i>	80	20	-	+	+	-
		<i>A. polyphaga</i>	100	0	-	-	-	-
		<i>A. culbertsoni</i>	40*	60	+	+	-	-
		<i>A. culbertsoni</i>	80	80	-	+	-	-
		<i>A. quina</i>	40					
		<i>A. polyphaga</i>	0					
		<i>A. polyphaga</i>	80*	100	+	+	+	+
<i>A. polyphaga</i>	100*	40	-	+	-	+		

ABREVIATURAS: C. Est. = Cerro de la Estrella Tlalnep. = Tlalnepantla

I. C. = Intracerebral I. N. = Intranasal * = Recuperación

C = Cerebro F = Pulmón H = Hígado R = Riñón de sacrificio

Las AVL consideradas como patógenas fueron diagnosticadas dentro del género *Acanthamoeba*; de éstas, cinco especies corresponden al grupo II: *A. polyphaga*, *A. lugdunensis*, *A. rhysodes*, *A. castellanii* y *A. hatchetti*; y una especie más pertenece al grupo III: *A. culbertsoni*. Una cepa más sólo pudo diagnosticarse dentro del gn. *Acanthamoeba*. *A. polyphaga* fue la especie que presentó más cepas patógenas (14 en total) y *A. hatchetti* la que presentó el menor número (1 cepa).

La distribución de las especies patógenas en las cuatro estaciones se presentó de la manera siguiente: en Xalostoc se aislaron 8 de las 7 especies diagnosticadas como patógenas. Además *A. hatchetti* y *A. culbertsoni* se aislaron exclusivamente en esta estación. Dieciséis de las cepas aisladas resultaron patógenas por vía I.C. y de éstas, 6 resultaron por vía I.N.. Las cepas se presentaron en 8 de los 12 meses de muestreo, siendo febrero cuando se aisló el mayor número de cepas patógenas, cuatro de ellas pertenecientes a *A. polyphaga* y una a *A. lugdunensis*. En diciembre se presentó la mayor diversidad de amibas patógenas, pues se aisló una cepa de cada una de las siguientes especies: *A. lugdunensis*, *A. hatchetti*, *A. culbertsoni* y *A. polyphaga* (Gráfica 10).

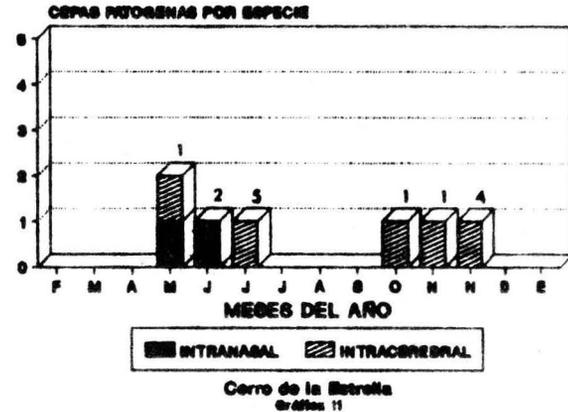
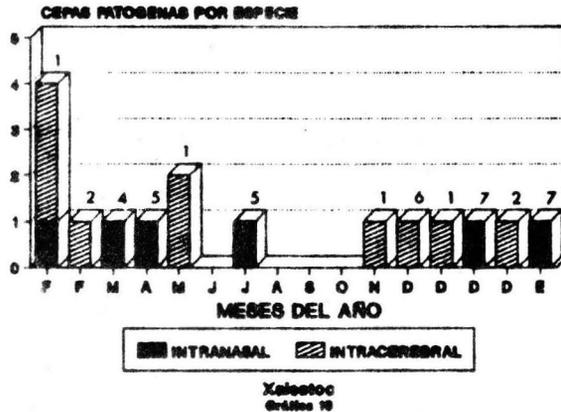
En el Cerro de la Estrella 7 cepas resultaron patógenas vía I.C., de las cuales 2 fueron patógenas vía I.N.. Las especies a las que pertenecen tales cepas son *A. polyphaga*, *A. rhysodes* y *A. castellanii*. En mayo, junio y noviembre, dos cepas patógenas se recolectaron en cada muestreo. Finalmente, en octubre sólo una cepa fue considerada patógena (Gráfica 11).

En la estación del Pedregal solamente una cepa de *A. lugdunensis* resultó patógena por vía I.C. (Gráfica 12).

En Tlalnepantla una cepa diagnosticada únicamente hasta género, resultó patógena vía I.C. y fue aislada el mes de febrero; 2 cepas más de *A. polyphaga* resultaron patógenas vía I.C. y una de éstas lo fue I.N., dichas cepas fueron aisladas en enero de 1989 (Gráfica 13). Es importante mencionar que hubo una mayor frecuencia de cepas patógenas en los meses de sequía, como se observa en las gráficas 10 a 13.

AISLAMIENTO DE AVL PATOGENAS

Periodo de 12 meses



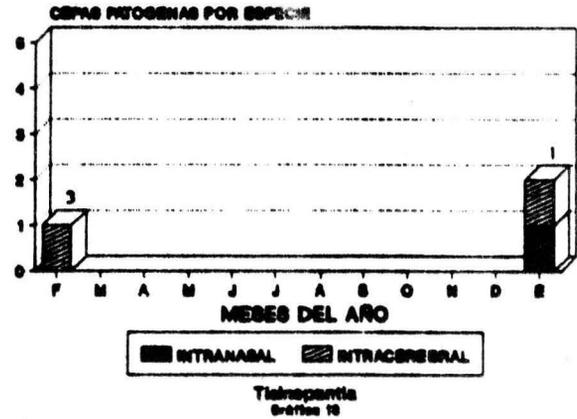
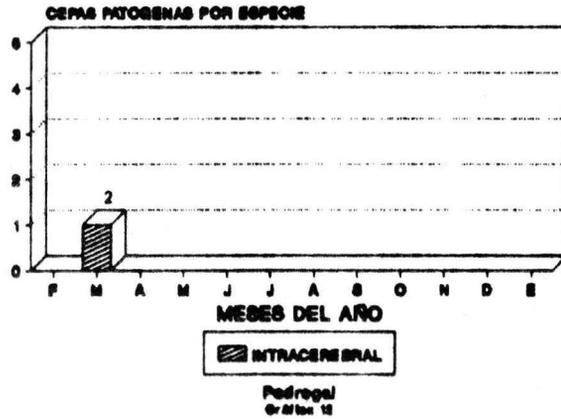
- 1.- *Acanthamoeba polyphaga*
- 2.- *Acanthamoeba lugdunensis*
- 3.- *Acanthamoeba sp.*

- 4.- *Acanthamoeba rhyodes*
- 5.- *Acanthamoeba castellanii*
- 6.- *Acanthamoeba hatchetti*

7.- *Acanthamoeba culbertsoni*

AISLAMIENTO DE AVL PATOGENAS

Periodo de 12 meses



- 1.-*Acanthamoeba polyphaga*
- 2.-*Acanthamoeba lugdunensis*
- 3.-*Acanthamoeba sp.*

RESULTADOS ESTADISTICOS

La prueba de "t" entre el número de aislamientos a 2 y 5 metros de altura, mostró que el número de AVL presentes en la atmósfera es similar en ambos niveles en cada una de las estaciones.

ESTACION-----	ESTADISTICO-t-----	t-TABLAS-----
Xalostoc	- 1.3213	1.7709
Cerro de la Estrella	1.3776	1.7823
Pedregal	- 0.5606	1.7959
Tlalnepantla	0.6172	1.7823

La prueba de Fisher y el análisis de varianza realizados entre el número de aislamientos de las cuatro estaciones, presentó a la estación de Xalostoc significativamente diferente de las tres estaciones restantes; a la estación de Cerro de la Estrella diferente de Pedregal y Tlalnepantla, siendo estas dos últimas no significativamente diferentes. Nivel de significancia $\alpha=0.05$

PRUEBA DE FISHER

ESTACION-----	DIFERENCIA-----	RESULTADO-DE-LA-PUEBA-
C. Estrella-Xalostoc	-2.0	Significativa
Pedregal -Xalostoc	-3.7	Significativa
Pedregal -C. Estrella	-1.7	Significativa
Tlalnepantla-Xalostoc	-3.5	Significativa
Tlalnepantla-C. Estrella	-1.5	Significativa
Tlalnepantla-Pedregal	0.2142	No-Significativa

COMPARACION MULTIPLE

ESTACION-----	DIFERENCIA-----	PRUEBA DE	
		DUNCANS-----	NEWMAN-KEULS----
Xalostoc-C. Estrella	2.00	Sig.	Sig.
Xalostoc-Pedregal	3.71	Sig.	Sig.
Xalostoc-Tlalnepantla	3.50	Sig.	Sig.
C. Estrella-Pedregal	1.71	Sig.	----
C. Estrella-Tlalnepantla	1.50	Sig.	Sig.
Pedregal-Tlalnepantla	0.21	----	----

Los datos de correlación entre los parámetros biológicos, químicos (dióxido de azufre, ozono, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono) y meteorológicos (temperatura, humedad relativa y velocidad del viento) se presentan a continuación; se incluyen únicamente los datos que resultaron con una correlación con un nivel de significancia de $\alpha = 0.1$.

ESTACION-----	CORRELACION---ENTRE: -----	VALOR-DE-CORREL. -
Xalostoc	<i>A. quina</i> - <i>A. lugdunensis</i>	0.6939
	<i>A. quina</i> - <i>V. jugosa</i>	1.0000
	<i>A. lugdunensis</i> - <i>V. jugosa</i>	0.6939
	<i>A. castellanii</i> - <i>A. mauritanensis</i>	0.6939
	<i>A. castellanii</i> - <i>A. triangularis</i>	0.4615
	<i>A. castellanii</i> - <i>A. palestinensis</i>	0.6939
	<i>A. castellanii</i> - <i>A. paradiuionensis</i>	0.6939
	<i>A. mauritanensis</i> - <i>A. triangularis</i>	0.6939
	<i>A. mauritanensis</i> - <i>A. paradiuionensis</i>	1.0000
	<i>A. triangularis</i> - <i>A. palestinensis</i>	0.6939
	<i>A. triangularis</i> - <i>Hartmannella</i> sp.	0.4615
	<i>A. triangularis</i> - <i>A. paradiuionensis</i>	0.6939
	<i>A. palestinensis</i> - <i>A. paradiuionensis</i>	1.0000
	<i>Vahlkampfia</i> sp. - <i>H. vermiformis</i>	0.3360
	<i>H. cantabrigiensis</i> - <i>H. vermiformis</i>	0.8001
	<i>F. nolandi</i> - <i>P. placida</i>	1.0000
	<i>Filamoeba</i> sp - <i>Mayorella</i> sp	1.0000
	<i>V. russelli</i> - <i>N. gruberi</i>	1.0000
	<i>A. diuionensis</i> - <i>A. hatchetti</i>	1.0000
	<i>A. rhyssodes</i> - <i>V. vahlkampfi</i>	0.7201
	<i>A. triangularis</i> - CO	0.4492
	<i>A. palestinensis</i> - CO	0.3617
	<i>A. paradiuionensis</i> - CO	0.3617
	<i>A. triangularis</i> - Ca	0.3931
	<i>A. triangularis</i> - Temp.	0.4238
	<i>A. palestinensis</i> - Temp.	0.3613
	<i>A. paradiuionensis</i> - Temp.	0.3613

ESTACION-----CORRELACION-ENTRE:-----VALOR-DE-CORREL

	O ₃ --H. R.	-0.4015	
	O ₃ --V. V.	-0.3617	
	CO--Temp.	0.5612	
	CO--H. R.	-0.3836	
	CO--V. V.	0.4691	
	Temp. --H. R.	-0.8385	
	Temp. --V. V.	0.3892	
C. Estrella	<i>A. quina</i> - <i>A. mauritaniensis</i>	1.0000	
	<i>A. castellanii</i> - <i>A. lugdunensis</i>	1.0000	
	<i>V. lobospinosa</i> - <i>E. exundans</i>	1.0000	
	<i>V. lobospinosa</i> - <i>P. stenopodia</i>	0.6939	
	<i>E. exundans</i> - <i>P. stenopodia</i>	0.6939	
	<i>V. enterica</i> - <i>H. vermiformis</i>	1.0000	
	<i>Vahlkampfia</i> sp. - <i>F. nolandi</i>	0.5328	
	<i>V. inornata</i> - <i>F. nolandi</i>	0.5991	
	<i>F. nolandi</i> - <i>Filamoeba</i> sp.	0.5328	
	<i>Naegleria</i> sp. - <i>Echinamoeba</i> sp.	1.0000	
		CO--Temp.	-0.5492
		CO--V. V.	0.7877
		Temp. --H. R.	-0.4251
		Temp. --V. V.	-0.6407
	Pedregal	<i>A. mauritaniensis</i> - <i>V. vahlkampfi</i>	0.6939
<i>V. aberdonica</i> - <i>Hartmannella</i> sp.		1.0000	
<i>A. mauritaniensis</i> - Temp.		0.3484	
<i>V. Vahlkampfi</i> - Temp.		0.4356	
		SO ₂ --O ₃	0.3589
		SO ₂ --NO ₂	0.6196
		SO ₂ --NO _x	0.5907
		SO ₂ --CO	0.5189
	O ₃ --NO ₂	0.6101	

ESTACION-----CORRELACION-ENTRE:-----VALOR-DE-CORREL.-

	O ₃ --NO _x	0.4530
	O ₃ --CO	0.7024
	NO ₂ --NO _x	0.9284
	NO ₂ --CO	0.8207
	NO ₂ --H. R.	0.4227
	NO _x --CO	0.8262
	NO _x --H. R.	0.4854
	CO--H. R.	0.3878
	Temp. --H. R.	-0.5963
Tlalnepantla	<i>Acanthamoeba</i> sp - <i>V. ustiana</i>	1.0000
	<i>Acanthamoeba</i> sp - <i>F. nolandii</i>	1.0000
	<i>V. ustiana</i> - <i>F. nolandii</i>	1.0000
	<i>Vahlkampfi</i> sp. - <i>V. avara</i>	1.0000
	<i>Acanthamoeba</i> sp. - NO ₂	0.3337
	<i>Acanthamoeba</i> sp. - NO _x	0.3337
	<i>V. ustiana</i> - NO _x	0.3335
	<i>V. ustiana</i> - NO ₂	0.3337
	<i>F. nolandii</i> - NO ₂	0.3337
	<i>F. nolandii</i> - NO _x	0.3335
	SO ₂ --NO _x	0.4546
	SO ₂ --CO	0.4427
	O ₃ --CO	0.5698
	NO ₂ --NO _x	0.6588
	NO ₂ --H. R.	-0.4325
	NO _x --CO	0.5061
	Temp. --H. R.	-0.7285

Las correlaciones entre las especies aisladas, así como entre éstas y los parámetros restantes se presentaron de forma muy variada en las cuatro estaciones, además de que ninguna correlación es repetitiva entre las estaciones. Las correlaciones encontradas entre los contaminantes químicos se presentaron únicamente en las estaciones de Pedregal y Tlalnepantla. En el caso de los parámetros meteorológicos se presentó la única

correlación existente en las cuatro estaciones, y fue entre la temperatura y la humedad relativa. Las correlaciones entre ambos factores (químico y meteorológico) se presentaron también de forma distinta en las estaciones.

En las gráficas 14 a 36 se muestra el comportamiento de los parámetros químicos y meteorológicos presentados a lo largo de los 12 meses de estudio; en éstas se incluyen solamente los parámetros que presentaron alguna correlación significativa.

En las estaciones de Pedregal y Tlalnepantla el bióxido de azufre presentó la mayor concentración en febrero y la menor en abril y marzo, respectivamente. En los muestreos restantes se observó una tendencia a la disminución de la concentración del contaminante, sin embargo, las fluctuaciones fueron evidentes (Gráficas 14 y 15)

En las estaciones de Xalostoc y Tlalnepantla, el ozono alcanzó la mayor concentración en el mes de abril, mientras que en Pedregal se alcanzó en marzo, con el valor más alto del estudio (0.281 ppm). La menor concentración en Xalostoc y Pedregal se dio en agosto; sin embargo, el dato de este mes no fue registrado en Tlalnepantla. Las menores variaciones en la concentración de O_3 se observaron en Xalostoc y las mayores en el Pedregal (Gráficas 16 a 18).

Las concentraciones de los óxidos de nitrógeno (NO_2 y NO_x) variaron simultáneamente en las dos estaciones con registro. En Tlalnepantla las mayores concentraciones se registraron en febrero y las menores en agosto (Gráficas 19 y 21). En la estación del Pedregal las mayores concentraciones se presentaron en febrero y septiembre, mientras que las menores se dieron en Mayo (Gráficas 20 y 22). En las estaciones de Xalostoc y Cerro de la Estrella no hubo registro de los óxidos de nitrógeno a lo largo del año.

Las concentraciones de monóxido de carbono en la atmósfera de las cuatro estaciones fue muy variable:

En Xalostoc la concentración de CO fue en ascenso en los primeros muestreos, alcanzando el valor máximo en abril; en los meses siguientes la concentración fue disminuyendo hasta alcanzar el menor valor en el muestreo de diciembre. De manera contraria, en la estación de Cerro de la Estrella, la concentración de CO

mostró un descenso en los primeros muestreos, alcanzando el valor menor en agosto y luego se incrementó. En las estaciones de Pedregal y Tlalnepantla las concentraciones de CO fueron muy variadas; alcanzándose las máximas en febrero y las mínimas en abril y marzo, respectivamente (Gráficas 23 a 26).

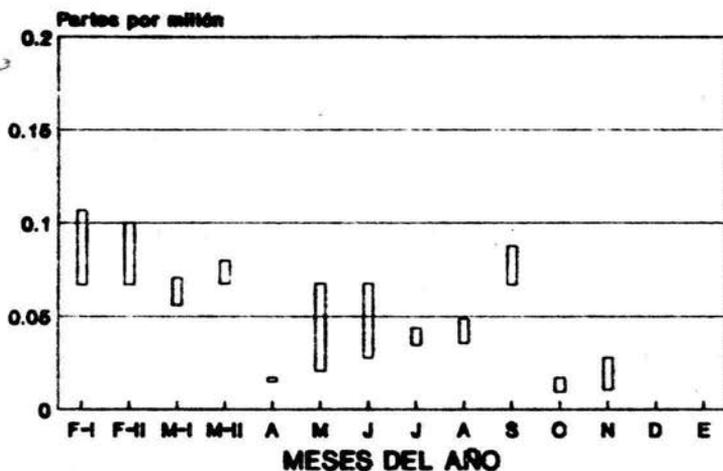
Los parámetros de temperatura y humedad relativa variaron de manera simultánea e inversa en las cuatro estaciones. El mes más caliente fue abril, mientras que el más frío varió en las estaciones, aunque siempre fue en los últimos o primeros meses del año.

La estación en la que se alcanzaron las mayores temperaturas fue Tlalnepantla; en Cerro de la Estrella y en Pedregal fueron las menores, además de variar en ambas, de una manera similar (Gráficas 27 a 30).

La humedad relativa registró, de manera inversa, los menores valores en el mes de abril y los mayores en la época de lluvia o posterior a ella, sin embargo, algunos datos de ésta no fueron registrados. En la estación de Xalostoc se presentaron los menores porcentajes de humedad relativa a lo largo del estudio (Gráficas 31 a 34).

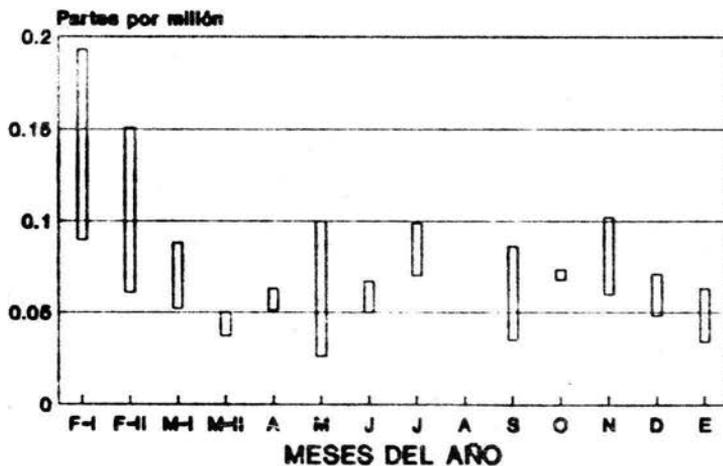
La velocidad del viento sólo se registró en las estaciones de Xalostoc y Cerro de la Estrella; alcanzando en la primera de éstas, valores mayores a lo largo de todos los muestreos.

BIOXIDO DE AZUFRE PEDREGAL



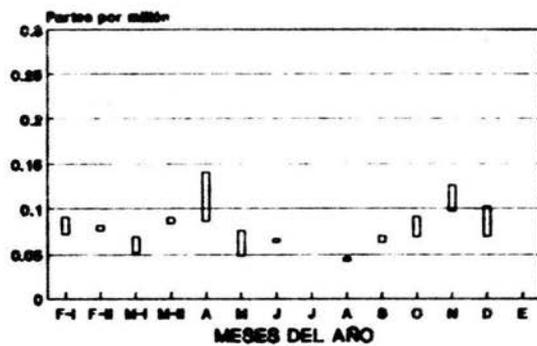
Gráfica 14

Tlalnepantla

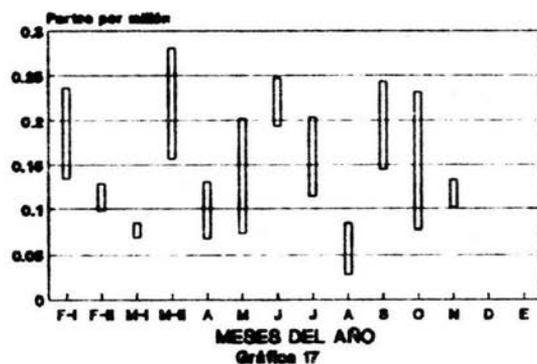


Gráfica 15

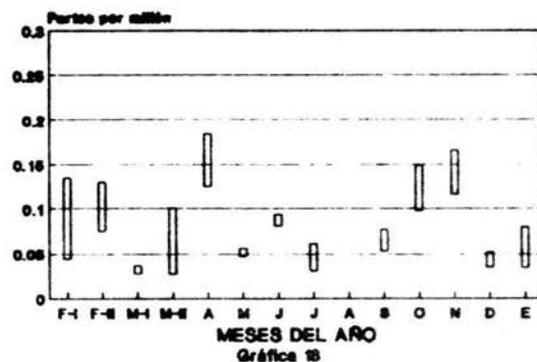
OZONO Xalostoc



Pedregal

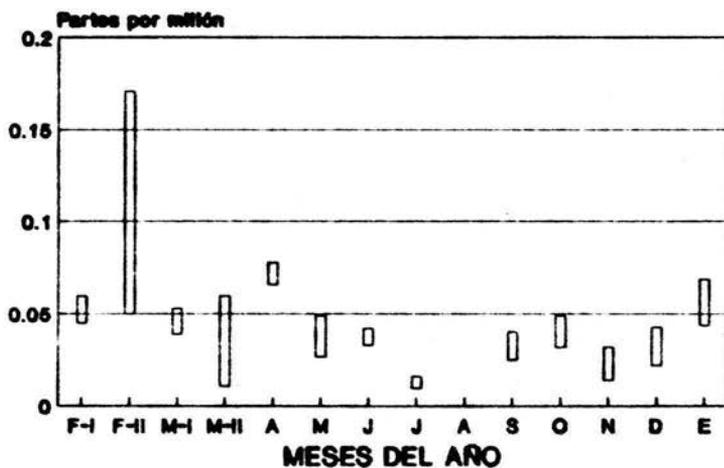


Tlalnepantla



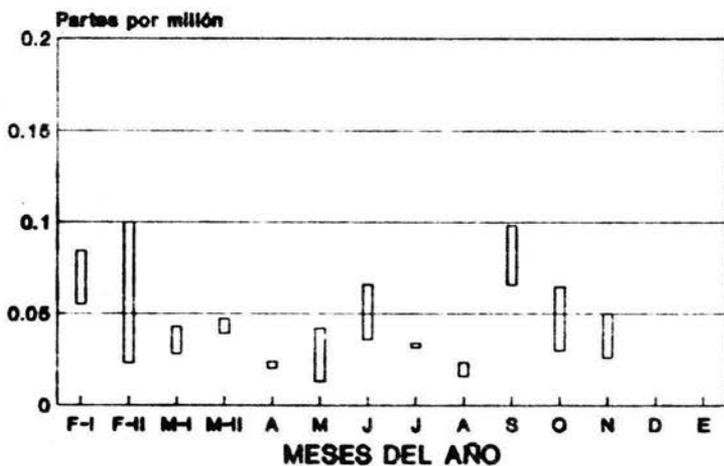
BIOXIDO DE NITROGENO

Tlalnepantla



Gráfica 19

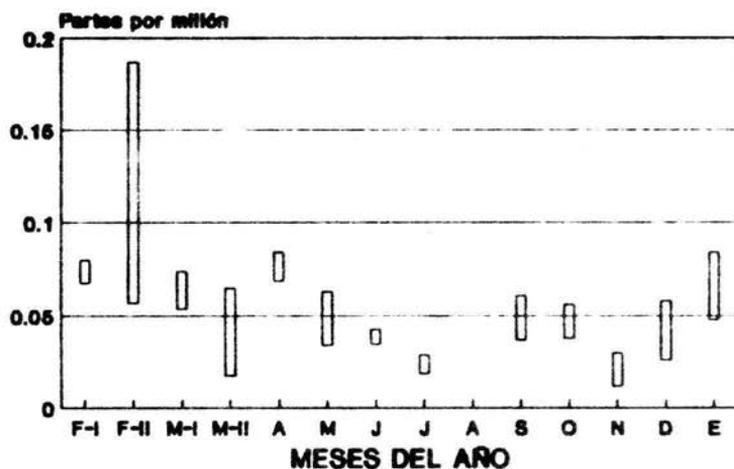
Pedregal



Gráfica 20

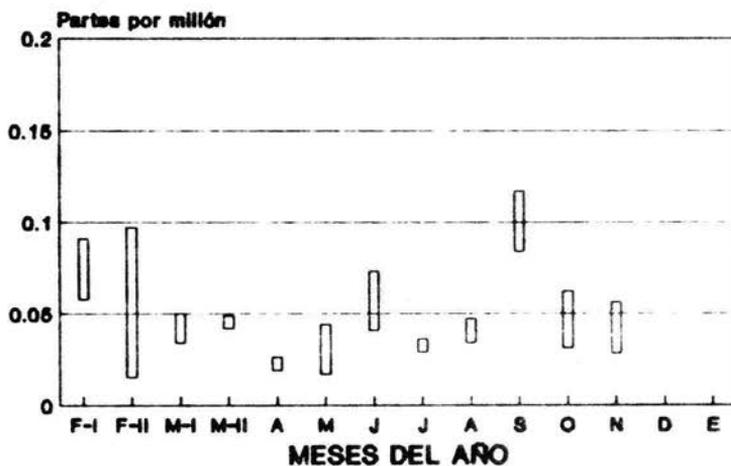
OXIDOS DE NITROGENO

Tlalnepantla



Gráfica 21

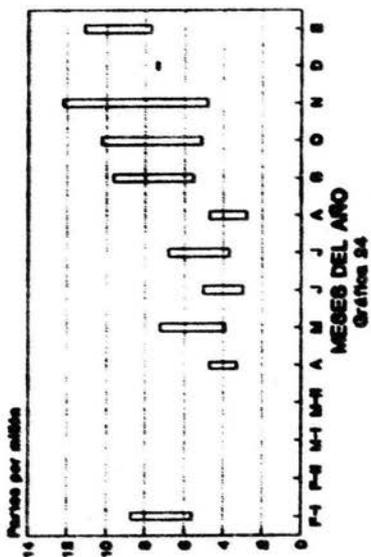
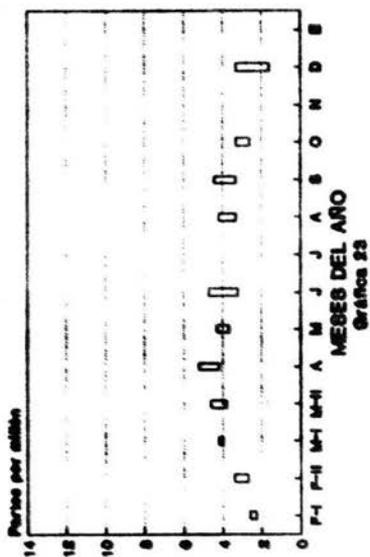
Pedregal



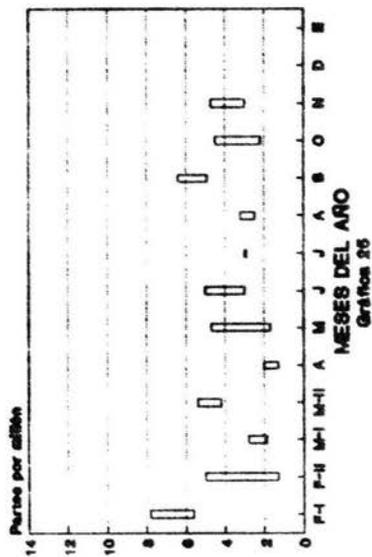
Gráfica 22

MONOXIDO DE CARBONO

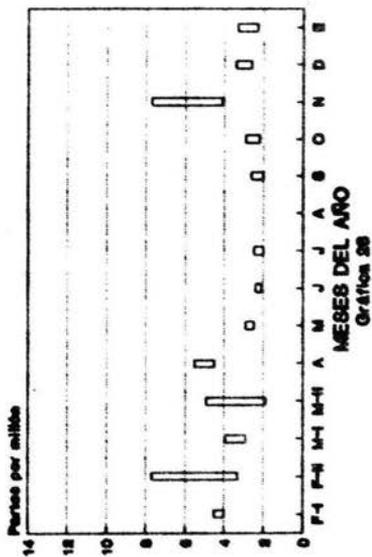
Xalostoc Cerro de la Estrella



Pedregal



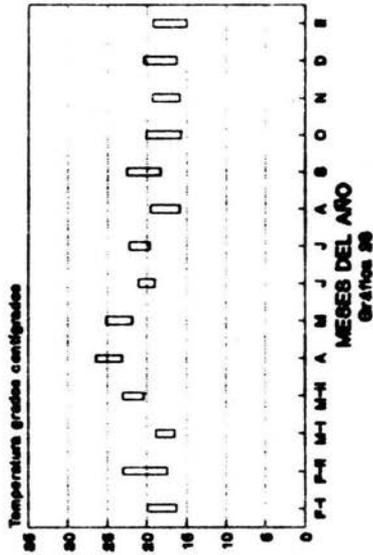
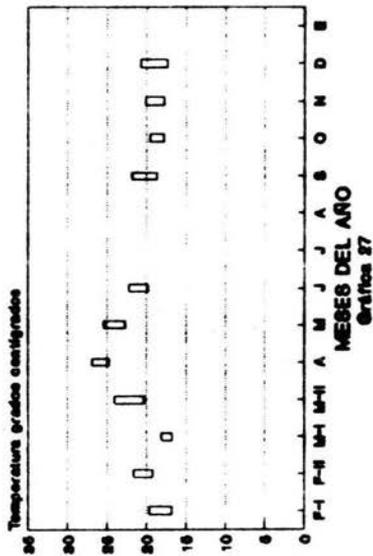
Tlanepantla



TEMPERATURA

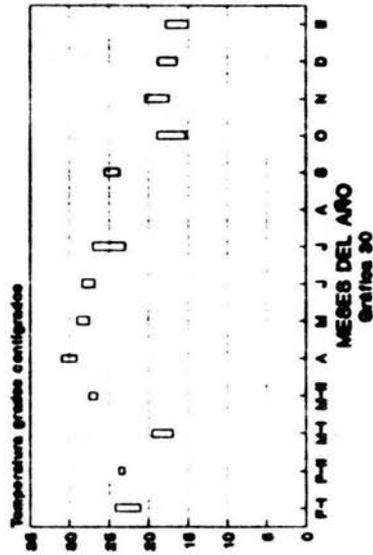
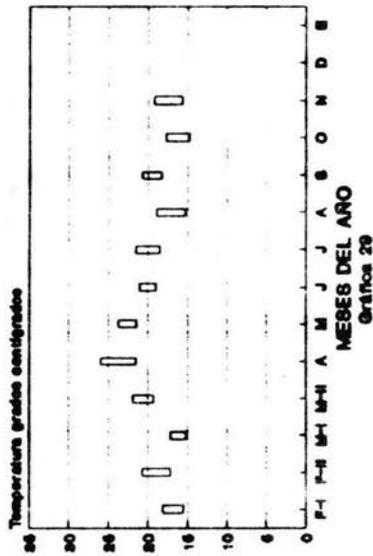
Xalostoc

Cerro de la Estrella



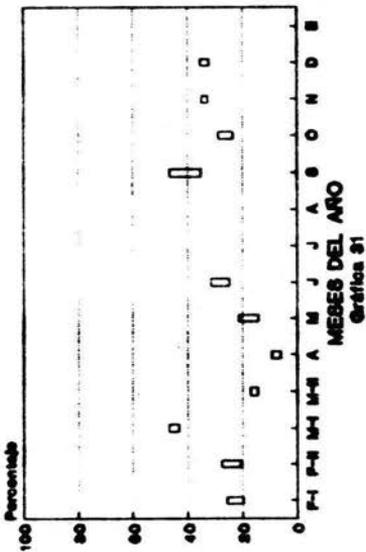
Pedregal

Tlahuepantla

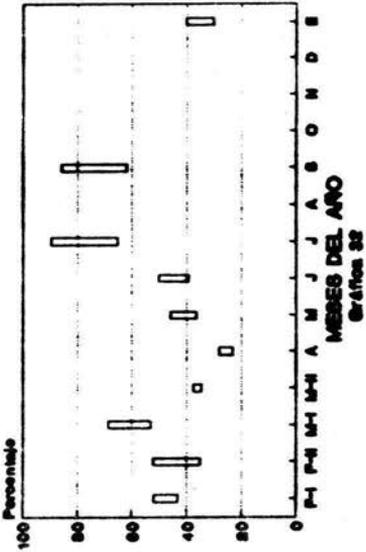


HUMEDAD RELATIVA

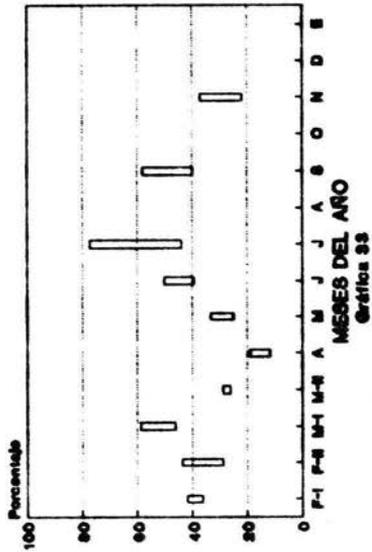
Xalostoc



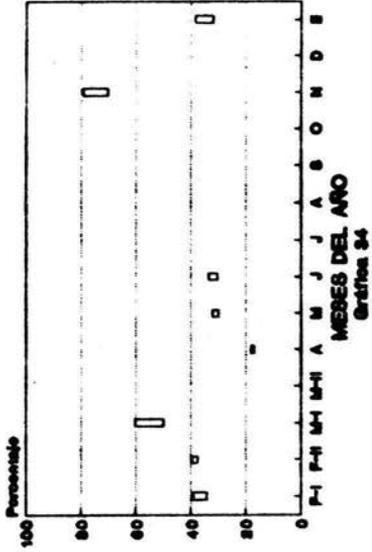
Cerro de la Estrella



Pedregal



Tlahuepantla



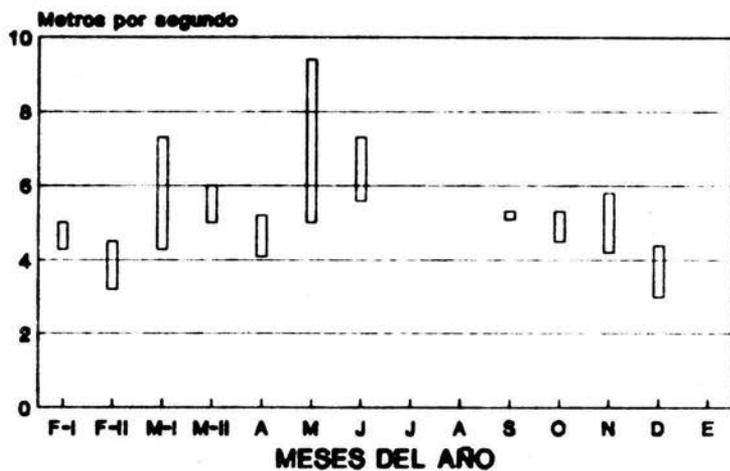
Tem °C

ppm

SO₂
O₃
NO₂
CO_x

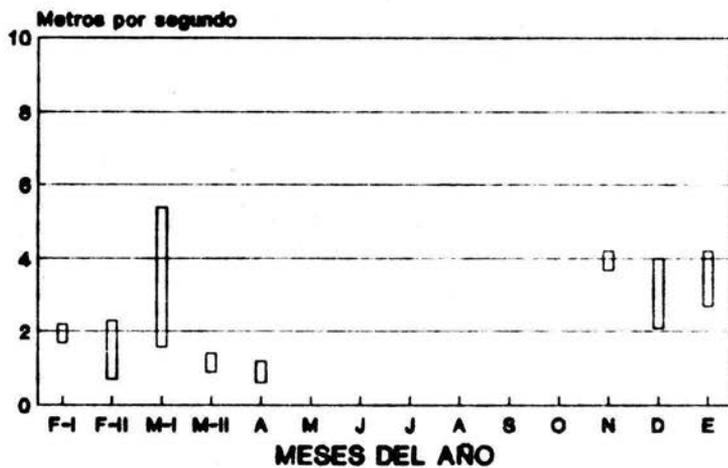
VELOCIDAD DEL VIENTO

Xalostoc



Gráfica 35

Cerro de la Estrella



Gráfica 36

DISCUSION

El presente estudio corrobora la presencia de AVL en la atmósfera de la Ciudad de México, y confirma la confiabilidad del método de aislamiento por impactación en medio líquido, modificado por Rivera y colaboradores (1987).

Las especies del género *Acanthamoeba* fueron las más abundantes en la atmósfera de las cuatro estaciones de muestreo, pues como Page (1988) lo indicó, las especies de este género, son posiblemente el protozooario de vida libre más común. En cambio, no se presentó tal correspondencia con respecto a otros géneros; así, mientras en el suelo las amibas de los géneros *Naegleria* y *Hartmannella* son más abundantes que las amibas del género *Vahlkampfia*, en los aislamientos de la atmósfera los organismos de los géneros *Vahlkampfia* y *Hartmannella* fueron más frecuentes que los de *Naegleria* (Sawyer, 1989). Considerando que el levantamiento de las amibas a la atmósfera es al azar, y que la proporción de organismos en las fuentes de origen y en la atmósfera debería ser igual, esta diferencia puede deberse a las condiciones micrometeorológicas, a la capacidad de sobrevivencia de cada una de ellas, a su fisiología celular, a su morfología y a las estructuras de resistencia; de tal manera que algunas de las especies pudieron verse favorecidas en su distribución en el aire (Schlichting, 1964).

La mayoría de las especies de AVL aisladas no habían sido reportadas en la atmósfera. De las 41 especies solamente habían sido aisladas y diagnosticadas del aire las siguientes: *Acanthamoeba polyphaga*, *Acanthamoeba castellanii*, *Acanthamoeba culbertsoni*, *Vahlkampfia jugosa*, *Vahlkampfia ustiana*, *Vahlkampfia russelli* y *Platyamoeba placida* (Rivera y col., 1987).

La capacidad de formación de quistes de 40 de las 41 especies aisladas (excepto *Mayorella* sp) realza la importancia que juega éste en las amibas, pues gracias a ellas resisten a los agentes físicos y químicos desfavorables del ambiente, y pueden permanecer viables mientras son transportadas en la atmósfera (Chang, 1978; Rivera y col., 1987). La presencia de una cepa de *Mayorella* en la atmósfera pudo deberse a que en el momento de realizarse el muestreo, estas amibas fueron aerosolizadas del área cercana a la estación, permitiendo así el aislamiento de estas células

desnudas, pues como se ha indicado, la viabilidad de los organismos en la atmósfera depende del tiempo y de la distancia del origen, entre otros factores (Jacob, 1939; Edmond 1979).

Los quistes de las especies de *Acanthamoeba* son muy resistentes a la desecación, su contenido de celulosa en la pared (Page, 1966), les permitió mantenerse viables en la atmósfera, por lo que su frecuencia se vió favorecida en los meses de menor humedad relativa. Las especies del género *Vahlkampfia* presentan un quiste con una capa gelatinosa (Page, 1988), la cual puede disminuir la velocidad de desecación, permitiéndoles una viabilidad mayor durante el transporte aéreo. Las especies del género *Hartmannella* presentan también un quiste resistente a la desecación, y por ello se aislaron principalmente en los meses de sequía. Las amibas del género *Naegleria* presentan un quiste de baja resistencia a la desecación, por tanto, el tiempo de permanencia en la atmósfera, así como la humedad relativa de ésta, influyen directamente en su viabilidad. Tales características se vieron reflejadas en la baja frecuencia de aislamientos de las especies de *Naegleria*, además de que ambos aislamientos se realizaron en los meses de lluvia. Las especies restantes mostraron frecuencias de aislamientos menores. La experiencia en el laboratorio con esas cepas, mostró una baja resistencia de su quiste, así como la lisis de éste ante la desecación moderada de los cultivos (datos no mostrados). De manera general, la presencia de estas amibas en la atmósfera coincide con los meses de lluvia y los subsecuentes, indicando a esta época como la más adecuada, y por tanto la de mayor abundancia y permanencia de tales organismos, tanto en el suelo como en el agua, pudiendo así ser aerosolizados. En los meses siguientes a la época de lluvia, algunos quistes viables fueron aislados. El aislamiento de especies de los géneros *Naegleria*, *Echinamoeba*, *Mastigamoeba*, *Dactylamoeba* y *Platyamoeba*, exclusivo en esta época pudo deberse a que estos organismos, siendo muy sensibles a las radiaciones, especialmente a la ultravioleta, pierden más fácilmente su viabilidad en el aire, sin embargo, en el aire húmedo, la influencia dañina de la radiación es menor y los organismos pueden ser transportados viables por el viento (Schlichting 1961).

No obstante la importancia del quiste en el transporte aéreo, no podemos olvidar que la proporción de especies aisladas pudo deberse a la abundancia de cada una de ellas en el medio; así, la

probabilidad de que las especies del género *Acanthamoeba* sean aerosolizadas aumenta considerablemente, al ser las gimnamebas más frecuentemente aisladas y posiblemente el protozoario de vida libre más común (Page, 1988), lo que explica su alta frecuencia de aislamiento.

La abundancia de AVL en la atmósfera, fue similar en ambos niveles muestreados, lo que indica que en el nivel de mayor actividad de las personas, la concentración de estas amibas es homogénea. La distribución uniforme en dichos niveles pudo estar determinada por las burbujas de aire y las corrientes turbulentas, que no permitieron un gradiente de sedimentación de las partículas suspendidas (Jacobs, 1939; Horne 1935). La presencia de estos organismos en estos niveles es de gran importancia, ya que a través del aire ellas pueden invadir el tracto respiratorio (Lawande, 1979).

El patrón de distribución total de aislamientos de AVL a lo largo de los doce meses de muestreo estuvo determinado por las épocas de sequía y lluvia. Dicho patrón está apoyado por los trabajos de Rosas y Yela (1987) y Smith (1973) en los cuales la mayor concentración de aerobacterias y microalgas aisladas coincide con la época de sequía. Durante ella los organismos son fácilmente arrastrados a la atmósfera por la acción del viento sobre las superficies secas e incluso por tolvaneras (Lightart, 1976 y SEDUE, 1986).

La abundancia de aislamientos en la estación de Xalostoc influyó de manera importante en la distribución anteriormente mencionada. Además, los pocos aislamientos realizados en el Pedregal y Tlalnepantla también se realizaron en los meses de menor humedad. En la estación de Cerro de la Estrella este patrón de aparición no estuvo claramente marcado, aunque la abundancia fue ligeramente mayor en los meses secos.

Patogenicidad en el laboratorio de las cepas aisladas.

La imposibilidad del cultivo axénico de poco más del 50% de las cepas aisladas puede explicarse de la siguiente manera:

Las amibas aisladas son organismos de vida libre. su hábitat principal es el suelo y el agua, donde se alimentan de bacterias y

algas. Además, las amibas están provistas de vacuolas digestivas en las que digieren a estos microorganismos (Barnes, 1969). Su cultivo en el laboratorio en un medio monoxénico les provee de estos microorganismos. *E. coli* o *E. aerogenes*, de los cuales las amibas obtienen sus requerimientos nutricionales. En un cultivo axénico, deben obtener sus nutrientes de sustancias orgánicas e inorgánicas en solución, por tanto, tal modificación en su forma de alimentación puede seleccionar a las especies capaces de crecer en un medio axénico. Además, estos medios de cultivo pueden no cubrir las necesidades nutricionales de todas las especies amibianas aisladas, observándose lo anterior en la incapacidad de algunas cepas para crecer en tales medios, en el escaso o lento crecimiento de otras, así como en la necesidad de utilizar varios medios de cultivo para el crecimiento de las diferentes cepas. De tal manera que solamente las especies del género *Acanthamoeba* crecieron en estos medios. Cepas de *Naegleria fowleri* han disminuido su virulencia después de permanecer largo tiempo en cultivo axénico (Cursons y col., 1977). Tal tendencia puede atribuirse a una deficiencia en nutrientes del medio de cultivo (Culbertson y col., 1958; Singh y col., 1972).

La presencia de AVL viables y patógenas en la atmósfera es de especial importancia, pues a través del aire pueden llegar a depositarse en piel y mucosas del cuerpo, a contaminar agua de todo tipo de usos y, en general, colonizar casi cualquier tipo de hábitat, pudiendo de esta manera llegar a producir MEAP, EAG o querato-uveítis, entre otras enfermedades.

Respecto a la patogenicidad o capacidad invasiva de algunas cepas probadas se refiere lo siguiente:

De las seis especies de AVL patógenas aisladas, Rivera y colaboradores (1987) ya habían probado la patogenicidad de cepas de las especies *Acanthamoeba culbertsoni*, *Acanthamoeba castellanii* y *Acanthamoeba polyphaga*, aisladas en un estudio de la atmósfera de la Ciudad de México; sin embargo, especies como *Acanthamoeba hatchetti*, *Acanthamoeba lugdunensis* y *Acanthamoeba rhyodes* no habían sido aisladas de la atmósfera y por tanto no se había probado su patogenicidad.

La presencia de cepas patógenas del género *Acanthamoeba* en casi todos los muestreos donde se aisló alguna cepa del mismo, es de gran interés, pues deja entrever que, la probabilidad de padecer

alguna de las enfermedades que producen, aumenta considerablemente, principalmente en lugares como las estaciones de Xalostoc o Cerro de la Estrella donde estas amibas son bastante frecuentes; pues no hay que olvidar que las infecciones por estas especies son oportunistas y pueden ocurrir en cualquier época del año (Martínez, 1985).

Las especies patógenas encontradas en la atmósfera de las estaciones muestreadas han sido asociadas en los siguientes casos: *A. culbertsoni* y *A. castellanii*, aisladas en las estaciones de Xalostoc y Cerro de la Estrella, se han identificado en cerebros humanos como resultado de las pruebas de inmunofluorescencia e inmunoperoxidasas (Martínez.,1980; Willaert y col., 1976).

A. castellanii, *A. rhysodes* y *A. polyphaga* han sido diagnosticadas en varios casos de queratitis. Aunque la mayoría de las infecciones por *Acanthamoeba* spp. se relacionan con otras infecciones u objetos en el ojo tales como lentes de contacto, insectos o polvo (Samples y col.,1984). Estas tres especies se aislaron en dos y tres de las estaciones muestreadas. *A. castellanii* fue cultivada de tejido pulmonar y de una parte mandibular de dos pacientes con infecciones mixtas (Visvesvara y col.,1983).

Respecto a las especies *A. hatchetti* y *A. lugdunensis* su patogenicidad sólo ha sido probada en el laboratorio, a través de la inoculación en ratones (Page,1988).

En cuanto a las cepas del género *Naegleria* es necesario mencionar la importancia que representa que éstas, se encuentren viables en el aire, pues el agente etiológico de la MEAP, ha sido relacionado con la natación o alguna actividad que involucre el agua , y su transporte aéreo hace casi imposible controlar el que ellas contaminen estas fuentes (ríos, lagos, albercas, etc.). Además, Lavande (1979) reportó un caso de MEAP en Nigeria, en el que se involucró el transporte aéreo de estas amibas.

Es importante resaltar la capacidad invasiva que poseen algunas de las cepas probadas, pues al ser estas amibas oportunistas, pueden llegar a producir una EAG al encontrarse con un individuo inmunodeficiente o inmunocomprometido. Además la producción de daño en el tejido pulmonar por casi todas las cepas probadas por vía intranasal, confirman la capacidad invasiva de estas amibas, así como el peligro de que existan viables en la atmósfera a través de la cual pueden llegar al tracto respiratorio de los

seres humanos, como ya se había mencionado anteriormente.

Correlaciones entre los parámetros biológicos,
químicos y meteorológicos

Ya que las AVL han pasado de las fuentes de origen a la atmósfera, las condiciones que prevalecen en ella interactúan con los organismos, de tal manera que pueden o no afectar la viabilidad de alguno de ellos.

Las correlaciones encontradas entre los parámetros biológicos en la estación de Xalostoc se presentaron formando grupos de especies que se aislaron en un mismo mes o época del año, de tal manera que las especies *A. quina*, *A. lugdunensis*, *A. castellanii*, *A. mauritanensis*, *A. triangularis*, *A. palestinensis*, *A. paradivionensis*, *V. jugosa* y *Hartmannella* sp. se aislaron en los meses anteriores a la época de lluvia, y no obstante que no existió una correlación entre éstas y la humedad relativa, los quistes de estas especies son bastante resistentes a la desecación pues fueron aislados en un rango de 45.9 a 6.6% de H.R., coincidiendo éste último con la mayor temperatura registrada del año en la estación (25.2°C). Además, *A. palestinensis*, *A. triangularis* y *A. paradivionensis* presentaron correlación con el monóxido de carbono y con la temperatura que registraron su valor máximo el mes de abril (5.05 ppm de CO); las dos últimas especies crecen en cultivo de bacterias a 37°C (Page, 1988) y la primera sólo crece a temperatura ambiente (20°C--30 °C). Aunque lo anterior no explica la correlación entre éstas, sí muestra su resistencia a mayores temperaturas, pues algunas especies son termolábiles. Otras especies que también se presentaron en esta época, pero que se correlacionaron entre ellas son *A. rhyodes*, *V. vahlkampfi*, *Filamoeba* sp. y *Mayorella* sp. Para los meses de lluvia se aislaron otras especies que se correlacionaron entre sí, éstas fueron *Vahlkampfia* sp., *H. vermiformis*, *H. cantabrigiensis*, *F. nolandi*, *P. placida*, *V. russelli* y *N. gruberi*. *A. polyphaga*, la especie que se aisló con mayor frecuencia en Xalostoc y en Cerro de la Estrella, no presentó en ambas, correlación alguna con los parámetros biológicos, químicos o meteorológicos.

Las correlaciones entre los datos meteorológicos y los contaminantes químicos fueron las siguientes:

El ozono presentó una relación inversa con la humedad relativa y la velocidad del viento. Bibliográficamente no se habla de estas relaciones, aunque de manera general podemos decir que la disminución del O_3 al aumentar ambas se debe al lavado y/o limpieza que realizan la lluvia y el viento en la atmósfera. Además, en los primeros meses del año cuando la H.R. es menor, la concentración de contaminantes aumenta, como resultado de las inversiones térmicas que ocurren principalmente en invierno (SEDUE, 1986). Sin embargo, Babich y Stotzky (1980), han señalado que la acción letal del O_3 , para células transportadas por el aire de *Streptococcus salivarius* grupo C, de *Streptococcus* sp. y de *Staphylococcus aureus* depende de la H.R., pues la bacteria aerosolizada fue sólo sensible al O_3 cuando la concentración de la H.R. fue cercana al 50%. Otra correlación similar es la encontrada entre la H.R. y el monóxido de carbono, para la cual Forsberg (1978) reportó que cuando las células aerosolizadas de *Serratia marcescens* o *S. lutea* fueron expuestas al aire conteniendo 0.085 ppm de CO a valores de H.R. de 0, 25, 50, 75 y 95 %, el CO fue 4 a 7 veces tan letal a baja H.R. (0--25%), como a la más alta H.R.

A. triangularis, *A. palestinesis* y *A. paradiuionensis* que presentaron una correlación con el CO se aislaron en los meses de mayor concentración de éste, coincidiendo además con los meses de menor H.R. En la estación del Pedregal la H.R. y el CO se correlacionaron de manera directa, sin embargo, la tendencia que sigue el CO no fue clara, además de presentar grandes variaciones en su concentración.

La influencia de la humedad sobre la toxicidad de gases de baja solubilidad tales como CO, O_3 y formaldehído aparentemente se debe a que el contenido de agua influye en el estado fisiológico del microbio el cual puede suministrar a la célula mayor sensibilidad o resistencia a los contaminantes (Babich y Stotzky, 1980).

El mayor número de aislamientos en Xalostoc se realizó a valores de H.R. entre 20 y 35 %, a 0.080--0.100 PPM de O_3 y 3.05 PPM de CO. El menor número de aislamientos se realizó en agosto, mes en el que no hubo registro de H.R.; sin embargo, esto se dio en plena época de lluvia con valores cercanos al 50 %, 0.045 PPM de O_3 y 4.15 PPM de CO.

Cuando la temperatura y la velocidad del viento aumentan, la proporción de monóxido de carbono disminuye (Chovin y Roussel, 1968). Sin embargo, en Xalostoc ambos parámetros se correlacionaron de manera directa con el CO; mientras que en Cerro de la Estrella, donde se presentaron también ambas relaciones, la primera de éstas fue inversa (CO--Temp.), apoyando así lo inicialmente expuesto. Como es sabido la fuente principal de CO 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).

La única correlación positiva en las cuatro estaciones fue entre la temperatura y la humedad relativa, presentándose entre ambas una relación inversa, de tal manera que en el mes más caliente del año, se registró la menor humedad relativa (abril).

En el caso de las microalgas de la atmósfera de Coatzacoalcos y Minatitlán las variaciones cuantitativas registradas parecieron depender principalmente de la relación que guardaban entre sí la H.R. y la temperatura (Roy-Ocotla, 1985). Donaldson (1978) ha puntualizado que, la temperatura de los aerosoles es otro parámetro ambiental que afecta la sobrevivencia e infectividad de los organismos. Posiblemente el efecto de la temperatura aumenta debido a la humedad absoluta (una función de ambas H.R. y temperatura) que es más importante que la H.R., la cual controla la sobrevivencia de los microbios en los aerosoles. Alternativamente la temperatura puede influir en la inactivación de los aerosoles microbianos por la velocidad de reacción en procesos químicos o bioquímicos.

En las estaciones de Xalostoc, Cerro de la Estrella y Pedregal el valor máximo de temperatura no excedió los 26°C, siendo el número de aislamientos en esa fecha y en cada una de ellas de 4, 0 y 4, respectivamente; de las cuales, cinco fueron cepas del género *Acanthamoeba* (Tabla I).

En la estación de Tlalnepantla la temperatura máxima alcanzó casi los 31°C y, desde marzo hasta julio la temperatura excedió los 26°C, siendo estos algunos de los meses en los que no hubo aislamientos.

Otra de las relaciones encontradas se dió entre la temperatura y la velocidad del viento, la cual se presentó de una manera directa en Xalostoc, mientras que en Cerro de la Estrella fue de manera inversa; sin embargo, para tal relación la literatura no refiere nada al respecto.

En la estación de Cerro de la Estrella las relaciones entre las especies aisladas fueron las siguientes: *A. quina*-*A. mauritaniensis* y *A. castellanii*-*A. lugdunensis*, las primeras se aislaron en el primer muestreo del mes de marzo y las segundas en el mes de junio. Las especies *V. lobospinosa*, *E. exundans* y *P. stenopodia* así como *Naegleria* sp y *Echinamoeba* sp. se presentaron en los meses de lluvia, y después de estos las especies que presentaron relación fueron *V. enterica*, *H. vermiformis*, *Vahlkampfia* sp., *F. nolandi*, *V. inornata* y *Filamoeba* sp.

Como ya se había mencionado anteriormente y de acuerdo con las correlaciones encontradas, en las estaciones de Xalostoc y Cerro de la Estrella las especies aisladas principalmente en los meses anteriores a la época de lluvia pertenecieron al género *Acanthamoeba*. Durante los meses de lluvia, las especies más importantes pertenecieron a los géneros *Vahlkampfia*, *Hartmannella*, *Filamoeba* y *Echinamoeba*, entre otros.

En esta estación no hubo correlaciones entre las especies aisladas y los parámetros físico-químicos.

En la estación del Pedregal las relaciones existentes entre las siete especies aisladas fueron únicamente *Acanthamoeba mauritaniensis*-*Vahlkampfia vahlkampfi* y *Vahlkampfia aberdonica*-*Hartmannella* sp, aisladas en los meses de abril y mayo.

En las correlaciones entre las especies aisladas y los parámetros físico-químicos, únicamente las especies *A. mauritaniensis* y *V. vahlkampfi* se correlacionaron con la temperatura, ya que ambas se presentaron en abril y a la máxima temperatura del año en la estación (24.5°C).

En las correlaciones entre los datos químicos y físicos, las únicas relaciones, y muy importantes, se dieron entre el dióxido de nitrógeno y los óxidos de nitrógeno con la humedad relativa. El NO₂ gaseoso es altamente soluble en el agua y reacciona con ésta,

para disociarse en ácido nitroso (HNO_2) y ácido nítrico (HNO_3), el cual puede disociarse en iones hidrógeno (H^+), nitrito (NO_2^-) y nitrato (NO_3^-) dependiendo del pH (King, 1959).

La forma tóxica NO_2^- , resultado de la disolución del NO_2 gaseoso en agua, es altamente bactericida (Shank y col., 1962). Además ha probado ser mutágeno de plantas y animales (Babich y Stotzky, 1974).

En la estación de muestreo, la concentración de NO_2 disminuyó en julio y agosto, meses en los que la humedad relativa alcanzó los valores máximos.

En el Pedregal las correlaciones entre los contaminantes químicos se presentaron de forma muy variada, siendo en esta estación en la que se encontraron el mayor número de relaciones; posible resultado de una mayor disponibilidad de datos. Sin embargo, para muchas de estas relaciones la literatura no reporta nada al respecto, tal es el caso de: $\text{SO}_2\text{-O}_3$; $\text{SO}_2\text{-NO}_2$; $\text{SO}_2\text{-NO}_x$; $\text{SO}_2\text{-CO}$; $\text{O}_3\text{-CO}$; $\text{NO}_2\text{-CO}$; $\text{NO}_x\text{-CO}$. El SO_2 , NO_2 , NO_x y el CO son emitidos a la atmósfera principalmente por las industrias y los vehículos automotores (95% del total de la contaminación), los cuales se han incrementado considerablemente en la última década (SEDUE, 1986).

De los gases anteriormente mencionados, el ozono rebasó en casi todo el año el límite permitido por SEDUE de 0.11 ppm, alcanzando en el mes de marzo hasta 0.281 ppm. La alta concentración de este contaminante, que lo hace ser el principal responsable del deterioro en la calidad del aire en el Pedregal es debido a su acarreo por los vientos del centro hacia el sur del Valle de México (SEDUE, 1986). Se ha demostrado que el O_3 ataca la doble capa lipídica en la membrana celular, provocando la lisis de ésta (Babich y Stotzky, 1974).

Otras correlaciones encontradas en la estación se dieron entre el ozono y los óxidos de nitrógeno (NO_2 y NO_x), así como entre estos últimos. La relación entre estos contaminantes se debe a que el O_3 es uno de los principales oxidantes fotoquímicos. Su formación se debe a un mecanismo químico basado esencialmente en la reacción entre hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, iniciada fotoquímicamente por los rayos ultravioleta presentes en la radiación solar (Dechaux, 1990).



En la estación de Tlalnepantla los grupos de especies formados de acuerdo con las correlaciones fueron los siguientes: *Acanthamoeba* sp., *V. ustiana* y *F. nojandi* aisladas en febrero. *V. avara* y *Vahlkampfia* sp. aisladas el mes de enero del año siguiente. Las tres especies mencionadas inicialmente se correlacionaron además con el NO₂ y el NO_x, pues cuando éstas fueron muestreadas, ambos contaminantes presentaron la mayor concentración del año.

Las correlaciones entre los contaminantes químicos en este lugar, como se observa en los resultados, fueron algunas de las ya mencionadas para la estación del Pedregal; sin embargo, dos de los gases alcanzaron sus máximas concentraciones en Tlalnepantla, resultado de la gran actividad industrial en esta zona.

En la relación SO₂-NO_x, ambos contaminantes alcanzaron aquí sus mayores concentraciones, de tal manera que el primero de éstos rebasó en más de 0.050 ppm el límite establecido por la SEDUE de 0.13 ppm en el mes de febrero (SEDUE, 1986). De igual manera los NO_x alcanzaron el valor más alto de 0.187 ppm en febrero. Lo anterior pudo deberse a las inversiones térmicas, que ocurrieron con mayor frecuencia en invierno, provocando que los contaminantes se acumularan en una capa de aire de poco espesor (SEDUE, 1986).

El dióxido de azufre es un compuesto soluble en agua, por tanto su reacción en la atmósfera es similar a la del dióxido de nitrógeno. El SO₂ a través de una variedad de reacciones fotoquímicas y catalíticas en la atmósfera, genera la formación de ácido sulfuroso (H₂SO₃), sulfúrico (H₂SO₄) o sales de sulfato (SO₄⁻²) (Babich y Stotsky, 1974). Siendo el sulfúrico el principal componente de la lluvia ácida (SEDUE, 1986).

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, los parámetros físico-químicos no mostraron una clara influencia sobre la viabilidad de las AVL aisladas. De tal manera que la diferencia en la abundancia y diversidad de ambas, en la atmósfera de las cuatro estaciones, pudo deberse a las características microambientales en cada una de ellas.

En la estación de Xalostoc con la mayor abundancia y diversidad

específica de AVL, prevalecieron condiciones particulares que favorecieron su aislamiento. Situada al noreste del área metropolitana de la Ciudad de México, la zona de muestreo es la más expuesta a las tolvaneras, hecho que confirmó el índice metropolitano de calidad del aire; siendo las partículas suspendidas totales el contaminante que más contribuyó en el deterioro del aire en esta zona (SEDUE, 1986). Además, este lugar está sujeto a la acción del viento (Rzedowzqui, 1979), el cual al encontrarse con amplias zonas de suelo desnudo, ya sea por falta de áreas verdes o de urbanización, levanta fácilmente el polvo del suelo y a los microorganismos que en él habitan. Aunado a lo anterior, cerca de la zona existía un basurero a cielo abierto, fuente posible de emanación de estos microorganismos; un ejemplo que corrobora esta posibilidad es el trabajo de Umeche (1983), en el que aisló *Nazgleria* spp. del suelo y basura. Ya en el aire el viento ligero que sopla constantemente en esa zona (Rzedowsqui, 1979), no permite la fácil sedimentación de las partículas aerosolizadas. Un estudio del tipo y la concentración de microorganismos en el basurero, así como la emisión de éstos a la atmósfera, indicará la importancia de esta fuente.

Durante la época de lluvia, gran cantidad de encharcamientos cercanos al área de estudio, conjuntamente a un abundante tránsito vehicular, aportaban constantemente gran cantidad de microgotas al aire, las cuales pudieron contener microorganismos.

La estación de Cerro de la Estrella con una menor abundancia y diversidad específica, presentó a su alrededor algunas zonas erosionadas por la agricultura y la extracción de minerales (SEDUE, 1986), lo que la hace también un área sujeta al levantamiento de polvo y microorganismos; además cercana a la estación de muestreo, está ubicada una planta de tratamiento de aguas residuales (con un sistema de lodos activados en zanjas de aereación), la cual pudo haber sido una fuente importante de aerosoles microbianos (Schlichting, 1969 y Blanchard y Parker, 1977). En un estudio comparativo de la concentración de aerobacterias en cuatro zonas extramuros (zona urbana, área verde, planta de tratamiento y un corral experimental) de la Ciudad de México se encontró la mayor concentración de éstas, en la zona de la planta de tratamiento (Rosas y col., 1990). La presencia de AVL aisladas de una planta de tratamiento en

Inglaterra (Curds y col., 1990) pone de manifiesto la posible contribución de esta fuente en la eyección de AVL a la atmósfera. Sin embargo, para comprobar lo anterior, es indispensable un estudio del contenido de organismos en la planta de tratamiento, de la emisión de éstos a la atmósfera y de la distancia a la que estos aerosoles son transportados.

Las estaciones del Pedregal y Tlalnepantla, donde la abundancia y diversidad fue similar, y menor con respecto a las otras estaciones, presentaron condiciones menos favorables para la aerosolización de microorganismos y partículas en general. La estación del Pedregal, más húmeda (Rzedowski, 1979) y con un suelo rocoso, presentó características poco propicias para el acarreo de partículas a la atmósfera, y por tanto de protozoos viables en ella. Aunado a lo anterior, la estación de muestreo estuvo ubicada en un colegio en una zona en la que la basura y las tolvaneras son poco frecuentes, además de ser una región arbolada, por lo que el follaje, así como los pastos, pudieron servir de barrera en el ascenso de los microorganismos.

En cuanto a la estación de Tlalnepantla, el bajo número de aislamientos, sugiere una interacción con las condiciones microambientales locales, ya que la estación estaba localizada en una glorieta, rodeada de una pequeña área verde, con avenidas de poca circulación vehicular. Sin embargo, y aunque las correlaciones simples no muestran una interacción entre los contaminantes y las amibas, la cercanía de la estación a la zona industrial del municipio, pudo afectar la viabilidad de los organismos. Schlichting (1986) menciona que en las zonas industriales los periodos de muestreo deben ser cortos (2 horas), dado que los contaminantes tóxicos pueden concentrarse en los filtros o burbujeadores, matando a los organismos en estudio. Aunque en el presente estudio el tiempo de muestreo se limitó a una hora, la muestra fue incubada una semana, por lo que la exposición a los contaminantes durante este tiempo pudo afectar la viabilidad de las amibas.

El presente estudio corrobora la presencia de AVL viables, patógenas y no patógenas en la atmósfera de la Ciudad de México; sin embargo, al haberse realizado el estudio mediante muestreos puntuales, sólo permite hablar en forma particular de la abundancia, la diversidad y la relación de dichos organismos entre

sí, y en cada una de las cuatro estaciones, y no en general de la atmósfera citadina; la cual, al abarcar una amplia región, presenta una gran variedad de relieves, de condiciones micrometeorológicas y de microhábitats que no permiten extrapolar los resultados obtenidos.

CONCLUSIONES

- Existió una gran variedad de ambas de vida libre viables en la atmósfera de las estaciones de muestreo.
- La abundancia de AVL fue similar a 2 y 5 metros sobre el nivel del suelo.
- Las especies del género *Acanthamoeba* fueron las AVL más abundantes en el aire de las cuatro estaciones, seguidas por especies de los géneros *Vahlkampfia* y *Hartmannella*.
- La capacidad de formación de quistes, permitió a las AVL permanecer viables a su paso por la atmósfera.
- Las épocas de sequía y lluvia marcaron una clara diferencia entre las especies de AVL aisladas, además de disminuir su frecuencia en los meses de lluvia.
- Existieron en la atmósfera de las cuatro estaciones muestreadas AVL patógenas para los animales de laboratorio.
- Acanthamoeba polyphaga* fue la especie que presentó más cepas patógenas o con capacidad invasiva.
- Las condiciones físico-químicas que prevalecieron en la atmósfera de las cuatro estaciones, fueron muy variables, lo que no permitió una clara visión de su dinámica.
- Los parámetros físico-químicos tomados en cuenta en este estudio, no mostraron una clara influencia sobre la viabilidad de las AVL aisladas.
- Las condiciones particulares en cada estación de muestreo, determinaron la abundancia de AVL en la atmósfera de cada una de ellas ; siendo Xalostoc la estación de mayor abundancia, seguida de Cerro de la Estrella. Las estaciones de Pedregal y Tlalnepantla presentaron abundancias similares entre sí.
- El presente estudio, solamente permite hablar en forma particular de la abundancia, la diversidad y la relación de dichos organismos entre sí y en cada una de las cuatro estaciones, y no en general de la atmósfera de la Ciudad de México, la cual abarca una amplia región, presentando una gran variedad de relieves y de condiciones microclimáticas, que no permiten extrapolar los resultados obtenidos.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Babich, H., y Stotzky, G. (1974). Air pollution and Microbial Ecology. CRC. Crit. Rev. Environ. Cont. 353- 405.
- Babich, H., y Stotzky, G. (1980). Environmental factors that influence the toxicity of heavy metal and gaseous pollutants to microorganisms. CRC Crit. Rev. Microbiol. 99- 145.
- Barnes, D. R. (1969). Zoología de los invertebrados. Nueva Editorial Interamericana, S. A. de C. V. 2a Ed. México. p. 27.
- Blanchard, D. G. y Parker, B. C. (1977). The freshwater to air transfer of microorganisms and organic matter. En: Cairns, J. Jr. (ed). Aquatic Microbial Communities. Garland Publishing.
- Bold, H. C., y Wynne, M. J. (1978). Introduction to the algae. Prentice-Hal. Englewood Cliffs. New Jersey. p 572.
- Carter, R. F. (1968). Primary amoebic meningoencephalitis. Clinical, pathological and epidemiological features of six fatal cases. J. Pathol. Bacteriol. 96:1.
- Curds, C., Rivera, F., Ramírez, E., Warren, A., Bonilla, P., Calderón, A., Rodríguez, S. y Ortiz, R. (1990). Estudio de las Amibas de vida libre que pueden ser patógenas en un sistema de lodos activados. En Memorias del VI Curso y Simposio Internacional sobre Biología de la Contaminación. México. 34.
- Chang, S. L. (1978). Resistance of pathogenic *Naegleria* to some common physical and chemical agents. Appl. Environ. Microbiol. 35: 368-375.
- Chovin, P., y Roussel, A. (1988). La polución atmosférica. Ediciones Orbis. Barcelona, España. 124 p.p. En Chávez, M. P. (1990). Aislamiento de protozoarios de vida libre a partir de la atmósfera de la Ciudad de México y su área metropolitana. México. Tesis de Licenciatura, 57.
- Dechaux, J. C. (1990). Ozono y oxidantes fotoquímicos: Tecnologías de Control. Interfase. Agosto, 35: 17- 19.

---De Jonckheere, J. y Van de Voorde. (1977). Distribution of *Naegleria fowleri* in man-made thermal waters. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 26(1): 10-15.

---De Jonckheere, J. F. (1982). Isoenzyme patterns of pathogenic and non-pathogenic *Naegleria* spp. using agarose isoelectric focusing. *Ann. Microbiol. (Inst. Pasteur)*. 133: 319.

---Donaldson, A. I. (1978). Factors influencing the dispersal, survival and deposition of airborne pathogens of farm animals. *Vet. Bull.* 48: 83-94.

---Edmonds, R. L. (1979). **Aerobiology**. The Ecological Systems Approach Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, Pennsylvania. 386 p.p.

---Goff, G. D., Spendlove, J. C., Adams, A. P., y Nicholes, P. S. (1973). Emission of microbial aerosols from sewage treatment plants that use trickling filters. *Health Serv. Rep.* 88: 640-652.

Gregory, H. P. (1973). **The Microbiology of the Atmosphere**. Leonard Hill. London. 377 p. p.

---Gullet, J., Hadley, K., Podemsk, B., Pitts, L. & Gelber, R. (1979). Disseminated granulomatous *Acanthamoeba* infection presenting as an unusual skin lesion. *Am. J. Med.* 67: 891-895.

---Horne, A. F. (1935). On the numerical distribution of microorganisms in the atmosphere. *Proc. Roy. Soc. (London)*. Ser. B. 117: 154-173.

---Hyman, L. H. (1940). **The invertebrates, Protozoa through Ctenophora**. McGraw Hill. N. Y. Vol. I. En: Rivera y col. (1987). Amoebae isolated from the Atmosphere of Mexico City and Environs. *Environ. Res.* 42: 149-154.

---Jacobs, W. C. (1939). A discussion of physical factors governing the distribution of microorganisms in the atmosphere. *J. Marine. Res.* 2: 218-224.

---Jadin, J. B., Hermanne, J., Robin, G., Willaert, E., Van Maercke, Y. y Stevens, W. (1971). Trois cas de meningocéphalite

ambienne primitive observes a Anvers (Belgique). *Ann. Soc. Belge. Med. Trop.* 51: 255- 266.

---Jadin, J. B. (1973). De la meningoencephalite ambienne et du pouvoir pathogene des amibas "Limax". *Ann. Biol.* 12:305.

---King, E. J., (1959). **Qualitative Analysis and Electrolytic Solutions.** Harcourt, Brace, & World, New York.

---Lawande, R. V., Abraham, S. N., John, I., y Egler, L. J. (1979). Recovery of soil amebas from the nasal passages of children during the dusty Harmattan period in Zaria. *Am. J. Clin. Path.* 71:201-203.

---Lee, J. J., Hutner, H. S. y Bovee, C. P.: (1985). **An Illustrated Guide to the Protozoa.** Society of Protozoologists, U.S.A., 629 pp.

---Lighthart, B., y Frisch, A. S. (1976). Estimation of viable airborne microbes down wind from a point source. *Appl. Environ. Microbiol.* 31: 700-704.

---López-Corella, E., De León-Bojorge, B. Y., y De Jonckheere, J. F. (1986). Meningoencefalitis amibiana primaria en un adolescente de Huetamo, Michoacán. En: **Memorias del IV curso y simposio sobre biología de la contaminación.** México. 20.

---Maguire, B. (1963). **Passive dispersal of small aquatic organisms and their colonization of desolated bodies of water.** *Ecol. Monogr.* 33: 161-185.

---Martínez, A. J. (1985). **Free living amebas. Natural History, Prevention, diagnosis, Pathology and Treatment of Disease.** CRC Press, Inc. Florida, USA. 156 pp.

---Moore, M. B. (1989). *Acanthamoeba* Keratitis and Contac Lens Wear. En: **International Symposium on Acanthamoeba and the Eye.** p. 16.

---Nagington, J., Watson, P. G., Playfait, T., McGill, J., Jones, B. R., Steele, A. D. (1974). Amoebic infection of the eye. *Lancet.* 2: 1537- 1540.

---Nose, W., Sato, E., Freitas, D., Rigueiro, M., Feranda, A., Kwitko, S., Belfort, R. y Burnier, M. (1989). *Acanthamoeba* corneal ulcer in contact lens wearers the first four reported cases in Brazil. EN: *International Symposium on Acanthamoeba and the Eye*. 17.

---Page, F. C. (1966). "Taxonomical Criteria for the Small Amoeba; with a Re-definition of the Genera *Hartmannella* and *Acanthamoeba* and description of three New Species". Ph.D. Thesis Univ. of Wisconsin Madison.

---Page, F. C. (1976). A revised classification of the *Gymnamoebia*. (Protozoa- Sarcodina). *Zool. J. Linnean Soc.* 58: 61-77.

---Page, F. C. (1988). A new key to: Freshwater and soil *gymnamoebae*. Freshwater Biological Association. England. 122 pp.

---Pussard, M. y Pons, R. (1977). Morphologie de la paroi Kystique et taxonomie du genre *Acanthamoeba*. *Protistologica*. XIII (4): 557-598.

---Rico-Ferrat, G. y López-Ochoterena, E. (1976). Aspectos biológicos de los protozoarios de las aguas negras de la zona metropolitana de la Ciudad de México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 36: 221-227.

---Rivera, F., Paz, M. y E., López-Ochoterena, E. (1978a). Transformación ameboflagelar espontánea e inducida en especies del género *Naegleria*, Alexeieff (1912), recolectadas en piscinas, grifos y reservorios naturales de agua dulce de la Ciudad de México. *Arch. Mex. Anat.* 15 (1) :9.

---Rivera, F., Ortega, A., López-Ochoterena, E., y Paz, M. E. (1979). A quantitative, ecological and morphological study of protozoa polluting tap water in Mexico City. *Trans. Amer. Microsc. Soc.* 58 (3): 465-469.

---Rivera, F., Galván, M., Robles, E., Leal, P., González, L., y Lacy, A. M. (1981). Bottled mineral waters polluted by protozoa in México. *J. Protozool.* 28 (1) :54-56.

- Rivera, F., Romero, R., y Medina, F. (1984a). Meningoencephalitis ambiana primaria producida por *Naegleria fowleri*. Rev. Fac. Med. México. Vol. XXVII. 27 (3): 113-122.
- Rivera, F., Medina, F., Ramírez, P., Alcocer, J., Vilaclara, G., y Robles, E. (1984b). Pathogenic and free-living pathogenic protozoa isolated by culturing from the nasopharyngeal and oral regions of odontological patients. Environ. Res. 33: 428-440.
- Rivera, F., Roy-Ocotla, G., Rosas, I., Ramírez, E., Bonilla, P. y Lares, F. (1987). Amoebae isolated from the Atmosphere of Mexico City and Environs. Environ. Res. 42: 149-154.
- Rivera, F., Lares, F., Bonilla, P., Ramírez, E., Ramírez, P., y Paulin, A. (1988). Pathogenic Amoebae Isolated from the atmosphere of Mexico City and Environs. Proceed.Int. Conference. Hazardous Waste. Budapest. Hungary.
- Rivera, F., Lares, F., Morayta, A., Bonilla, P., Ramírez, E., Xóchihua, L., y Calderón, A. (1989). Contaminación del líquido cefalorraquídeo de un infante con síndrome de Arnold-Chiari tipo II, hidrocefalia y mielomeningocele, por *Naegleria lovaniensis*. Rev. Enf. Inf. Ped. 2 (9): 91-94.
- Rodríguez, E. G.(1984). Meningoencefalitis por *Naegleria fowleri*, informe de un caso. Infectología. 10: 263-66.
- Rondanelli, G. E. (1987). Amphizoic Amoebae Human Pathology. Ed. Piccin Nuova Libreria. Italy. 279 p.
- Rosas, I., y Yela, A. (1987). Distribución estacional de aerobacterias en la Cd. de México. En: Memorias del V Curso-Simposio Internacional sobre Biología de la Contaminación. México. 39.
- Rosas, I., Focil, R., y Yela, A. (1990). Estudio Comparativo de la concentración de aerobacterias en 4 localidades con actividad distinta en la Ciudad de México. En: Memorias del VI Curso y Simposio Internacional sobre Biología de la Contaminación. México. 2.

---Roy- Ocotla, G., Rosas, I. (1985). Composición algal de la atmósfera de dos ciudades del estado de Veracruz, México. En: *Memorias del III Curso y Simposio Internacional sobre Biología de la Contaminación*. México. 42.

---Rzedowski, J. (1979). *Flora Fanerogámica del Valle de México*. C.E.C.S.A. México, D. F. Vol. I.

---Samples, J. R., Binder, P. S., Luibel, F. J., Font, R. L., Visvesvara, G. S., y Peter, C. R. (1984) *Acanthamoeba Keratitis* possibly acquired from a hot tub. *Arch. Ophthalmol.* 102: 707-710.

---Sawyer, T. K. (1989). Free-Living Pathogenic and Nonpathogenic Amoebae in Maryland Soils. *Appl. Environ. Microbiol.* April 1074-1077.

---Schlichting, H. E. (1961). Viable species of algae and protozoa in the atmosphere. *Lloydia*. 24: 81-88 En: Rivera y col., (1987). *Amoebae isolated from the atmosphere of México City and Environs*. *Environ. Res.* 42: 149-154.

---Schlichting, H. E., Jr. (1964). Meteorological conditions affecting the dispersal of airborne algae and protozoa. *Lloydia*. 27 (1): 64-78.

---Schlichting, H. E. (1969). Meteorological conditions affecting the dispersal of airborne algae and protozoa. *Lloydia* 27: 64-78.

---Schlichting, H. E. Jr. (1981). The release of microalgae from water surfaces. En: *Proceedings, VIII International Seaweed Symposium*. Bridge. 468-474.

---Schlichting, H. E. Jr. (1986a). Airborne algae. En: *Memorias del IV Curso y Simposio Internacional sobre Biología de la Contaminación*. México. 177-187.

---Schlichting, H. E. Jr. (1986b). Airborne algae and protozoa. En *Memorias del VI Coloquio de Investigación en Ciencias de la Salud el Medio Ambiente y la Educación*. México. 398.

---Schlichting, H. F. Jr. (1986c). Subaerial algae. En: **Memorias del VI Coloquio de Investigación en Ciencias de la Salud el Medio Ambiente y la Educación.** México. 384-397.

---Schlichting, H. E. Jr. (1986d). Techniques for sampling isolating culturing and identifying aerial microalgae. En: **Memorias del IV Curso y Simposio sobre Biología de la Contaminación.** México. 196-205.

---SEDUE. (1986). Informe sobre el estado del medio ambiente en México. SEDUE. México. 33-41.

---Shank, J. L., Silliker, J. H., y Harper, R. H. (1962). The effect of nitric oxide on bacteria. **Appl. Microbiol.** 10: 185.

---Smith, P. E. (1973). The effects of some air pollutants and meteorological conditions on airborne algae and Protozoa. **J. Air Poll. Cont. Assoc.** 23: 876- 888.

---Stehr-Green, J. K., Bailey, T. M. y Visvesvara, G. S. (1989). The epidemiology of *Acanthamoeba* Keratitis in the United States. En: **International Symposium on Acanthamoeba and the Eye** 18.

---Symmers, W. St. C. (1969). Primary amoebic meningoencephalitis in Britain. **Br. Med. J.** 4: 449.

---Valenzuela, G. A., López-Corella, E., y De Jonckheere, J. F. (1984). Primary amoebic meningoencephalitis in a young male from Northwestern Mexico. **Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.** 78:558-59.

---Visvesvara, G. S., Mirra, S. S., Brandt, F. H., Moss, D. M., Mathews, H. M., y Martínez, A. J. (1983). Isolation of two strains of *Acanthamoeba castellanii* from human tissue and their pathogenicity and isoenzyme profiles. **J. Clin. Microbiol.** 18: 1405-1412.

---Willart, E., y Stevens, A. R., (1976). Indirect immunofluorescent identification of *Acanthamoeba* causing meningoencephalitis. **Path. Biol.** 24: 545-547.