



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
IZTACALA

B0517/88
Ej. 1

“DETERMINACION DE PLOMO EN LOS
ARBOLES: FRESNO, EUCALIPTO Y PIRU;
PRESENTES EN AREAS CONTAMINADAS
DEL NORTE DE LA CIUDAD DE MEXICO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A :

GABRIEL MARTINEZ CORTES

Los Reyes Iztacala, Edo. de México

1988

M. 74503



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.

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES:

F. CORTÉS CAMARENA.

A. MARTÍNEZ GONZÁLEZ.

POR LA INCOMPARABLE AYUDA BRINDADA;
A MI PADRE PORQUE HASTA CREO QUE EN
UN MOMENTO, INCLUSO, SE SINTIÓ ORGU
LLOSO DE MÍ.

A MIS HERMANOS:

JORGE

JOSÉ OCTAVIO

GERARDO

ANDRÉS

SALVADOR

JUAN ARTURO.

A TODOS LOS INTEGRANTES DEL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
EN PRODUCTOS NATURALES - U.I.I.C.S.E.

EN ESPECIAL AL BIÓLOGO JOSÉ LUIS MUÑOZ LÓPEZ,
POR SU EXTRAORDINARIA Y DESINTERESADA AYUDA DE TODO TIPO QUE
ME HA BRINDADO, Y CUYO APOYO FUE DETERMINANTE PARA LA ELABO-
RACIÓN DE ESTE TRABAJO.

A LA Q.F.I. ROSA MARTHA PÉREZ GUTIÉRREZ,
POR BRINDARME LA OPORTUNIDAD DE REALIZAR EN SU LABORATORIO
LA MAYOR PARTE DEL PRESENTE TRABAJO, DÁNDOME ASESORÍAS DURAN
TE EL DESARROLLO DEL MISMO.

AL BIÓLOGO JOSÉ GUILLERMO AVILA ACEVEDO,
POR ESA AYUDA OFRECIDA, SOBRE TODO EN QUÍMICA DONDE ME HA
AYUDADO A DESPEJAR MUCHAS DUDAS.

AL M. EN C. RAÚL O. YAMAMOTO,
POR LA GRAN AYUDA BRINDADA SOBRE TODO EN EL ANÁLISIS DE DA-
TOS, Y POR LA ENSEÑANZA DE QUE LAS INVESTIGACIONES SALIDAS
DE NUESTRA ESCUELA DEBEMOS TRATAR DE QUE SALGAN CON ETIQUETA
DE EXCELENTE EN EL ÁMBITO CIENTÍFICO.

AL DR. GABRIEL CAMARENA GUTIÉRREZ,

POR SU ATINADA DIRECCIÓN Y CONSEJOS SIEMPRE RAZONADOS,
APEGADOS A LA VERDAD CIENTÍFICA.

AL M. EN C. SERGIO GONZÁLEZ MORENO,

POR DARME LA OPORTUNIDAD DE REALIZAR PARTE DE ESTE TRABAJO EN SU LABORATORIO DE BIOQUÍMICA (U.M.F.) Y POR ESA GRAN ENSEÑANZA QUE ES BÁSICAMENTE REALIZAR BIEN TODA ACTIVIDAD EMPRENDIDA.

AL DR. FERMÍN RIVERA AGÜERO,

POR LA OPORTUNIDAD DE PODER REALIZAR ESTE TRABAJO EN LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIA (UIICSE).

A MI AMIGO JOSÉ F. AGUIRRE SUÁREZ,

POR SU GRAN APOYO DESINTERESADO EN LA UTILIZACIÓN DE APARATOS DE PRECISIÓN CON SUS RESPECTIVAS TÉCNICAS, COMO LO ES EL ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA.

A MIS COMPAÑEROS (AS),

QUE DE ALGÚN MODO ME IMPULSARON A CONTINUAR ADELANTE,
CON SU APOYO PRINCIPALMENTE MORAL,

A MI ESCUELA,

A LA QUE TANTO QUIERO Y QUE SEGURAMENTE PONDRÉ EN ALTO
EN EL MUNDO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.

C O N T E N I D O

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION	
LA CONTAMINACION ATMOSFERICA: UNA PROBLEMATICA AMBIENTAL.....	2
LA CONTAMINACION POR PLOMO.....	6
ANTECEDENTES	
EFECTO DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFERICOS EN LOS VEGETALES.....	10
OBJETIVOS.....	19
AREA DE ESTUDIO	
TOPOGRAFIA DEL VALLE DE MEXICO.....	20
SITUACION AMBIENTAL.....	24
METODO EXPERIMENTAL.....	28
MATERIALES Y METODOS	
A) . FASE DE CAMPO.....	34
B) . FASE DE LABORATORIO.....	37
RESULTADOS.....	41
ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSION.....	55
CONCLUSION.....	65
GLOSARIO DE TERMINOS.....	67
BIBLIOGRAFIA.....	71

R E S U M E N

Se colectaron hojas y corteza de tres especies de árboles: *Fraxinus uhdei* (fresno), *Eucalyptus globulus* (eucalipto) y *Schinus molle* (pirú) en tres áreas de la parte norte, dentro de la zona metropolitana; la recolección del material se hizo con una periodicidad mensual a partir del inicio de la estación de invierno de 1985, con una duración aproximada de un año, con el fin de establecer una relación entre el plomo atmosférico y las concentraciones en los tejidos de las plantas durante las estaciones del año. Se cuantificaron igualmente, las diferencias de las concentraciones de plomo entre las mismas especies. Los análisis fueron realizados por la técnica de espectrofotometría de absorción atómica a la flama, después de un proceso químico de preparación de las muestras. En las determinaciones se encontraron notables variaciones en el contenido de plomo entre las diferentes especies, su localidad y las temporadas de colecta.

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

LA CONTAMINACION ATMOSFERICA: UNA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.

Uno de los resultados de la actividad humana dentro de la biosfera, es lo que se ha convertido actualmente en un problema llamado contaminación ambiental, el cual tiene su origen en el crecimiento no planificado de los asentamientos humanos y el desarrollo industrial orientado al consumismo y al desperdicio; El deterioro ambiental, signo de nuestros días, es el resultado de la actividad humana que ha rebasado la capacidad de autodepuración de los ecosistemas, al arrojar al medio natural elementos y sustancias en concentraciones tales que no pueden ser absorbidos o biodegradados.

Este problema, aunque básicamente presente en las grandes áreas urbanas, ha continuado presentándose en los nuevos polos de desarrollo que, sobre todo a partir de los años cincuenta, se han ido generando en el país (Lopez Portillo, 1982; Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, 1982).

Falta de zonas verdes y de recreación, falta de zonas de amortiguamiento entre áreas industriales y urbanas, deficiente vialidad, déficit de servicios municipales, son solo algunos de los problemas ambientales más importantes que ya se presentan en estas áreas; y, si estos problemas son graves en las zonas legalmente urbanizadas, adquieren magnitud impresionante en las áreas irregulares y marginadas que, en algunos casos, represen-

tan una fracción muy importante de la población total, como es el caso de Ciudad Nezahualcóyotl, que, con una población de varios millones de habitantes, se desarrolló sin infraestructura ni servicios a la sombra de la Metrópoli.

Estas situaciones, al mismo tiempo que representan problemas ambientales y de salud muy importantes, son generadoras de problemas socioeconómicos muy graves debido al desempleo y subempleo de sus pobladores, al hacinamiento y promiscuidad que en ellas se presenta y a las condiciones adecuadas para la proliferación de la violencia, el alcoholismo y la farmacodependencia.

La ciudad de México, en este aspecto, representa un problema muy grave, ya que las tendencias de su crecimiento demográfico en los últimos treinta años, la han llevado a ocupar uno de los primeros lugares en el mundo en cuanto a población, y hacen prever para fin de siglo que sea no sólo la ciudad más poblada del mundo con cerca de treinta millones de habitantes, sino que será la primera experiencia histórica de un asentamiento humano de tal magnitud, pudiéndose esperar graves problemas socioeconómicos y de convivencia entre sus pobladores (López Portillo, 1982).

[La contaminación atmosférica consiste en la presencia, dentro del aire que forma la atmósfera, de diversos compuestos químicos, que si bien han existido como componentes del mismo, sus concentraciones se han visto incrementadas por la acción antropogénica.]

rogénica.)

Dada la cantidad de compuestos químicos que se manejan en nuestra época, como consecuencia del desarrollo técnico e industrial, la lista de los posibles contaminantes sería exhaustiva. Sin embargo, dadas las concentraciones que se presentan en la atmósfera, se han seleccionado como prioritarios para su control, a escala mundial, los siguientes:

(a) Partículas en suspensión, ^(inclusive polvo fino, microorganismos, etc.) b) Dióxido de azufre, c) Monóxido de carbono, d) Hidrocarburos y e) Oxidos de nitrógeno.)

Adicionalmente, dada su peligrosidad, también se ha considerado prioritario el control de las sustancias tóxicas que pudieran encontrarse en la atmósfera, como producto de la actividad humana. A las fuentes ^{humanas} antropogénicas (clasificadas en fuentes fijas -la actividad industrial y fuentes móviles -los vehículos automotores), (en ciertas regiones se añaden fuentes naturales de contaminación (no antropogénicas), así, en el área metropolitana en la ciudad de México, durante la estación de secas, el nivel de contaminación se ve fuertemente incrementado por tormentas de polvo (tolvaneras) mientras que, en otras regiones, fenómenos tales como incendios forestales, erupciones volcánicas, manantiales termales, incrementan la contaminación atmosférica por emisiones de CO, SO₂, H₂S, etcétera (López Portillo, 1982).]

Manantiales de Carbón, Erupción de Azufre

de la atmósfera

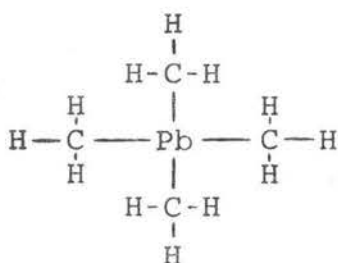
Las tolvaneras son un fenómeno adicional que tiene su origen, por una parte, en el período de sequía que generalmente se inicia en octubre y deja en el suelo una capa de polvo suelto y por otra, en la frecuencia de vientos fuertes en los primeros meses del año; este fenómeno tiene su origen en el hecho de que México se encuentra ubicado en el cinturón desértico del hemisferio norte del planeta, y se ha presentado desde antes de que aparecieran los primeros asentamientos humanos en el Valle.

Esta situación se ha ido agravando tanto por la deforestación producida por diversas actividades humanas como por el desecamiento de los lagos que existían en el Valle, y por la conversión de la cuenca cerrada original en una cuenca abierta.

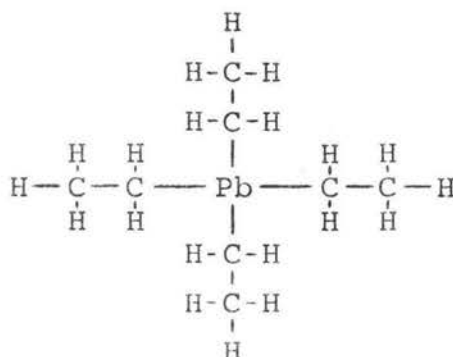
[La importancia del control y la prevención de la contaminación radica en el hecho de que ésta no sólo significa un deterioro de las condiciones naturales del entorno, sino una amenaza a la salud humana y a la calidad de vida de la población.]

LA CONTAMINACION POR PLOMO.

El plomo forma parte del aire, del agua y del suelo a consecuencia de diversas actividades humanas. Especialmente la combustión de la gasolina que contiene tetrametilo de plomo y tetraetilo de plomo como aditivos antidetonantes (aproximadamente 1 ml/l), contribuye con grandes cantidades de plomo inorgánico diariamente a la atmósfera (Clarkson y Distefano, 1978; Klaassen, 1986).



TETRAMETILO DE PLOMO



TETRAETILO DE PLOMO

Estos compuestos de plomo son mezclados con algunos hidrocarburos simples, clorados o bromados antes de añadirse a la gasolina.

El plomo (Pb) es un metal pesado no ferroso que se encuentra en forma natural en el suelo y plantas de todo el mundo, pero la cantidad es ínfima. Entre las fuentes artificiales figuran la fundición y refinación de plomo, manufactura de bronce, uso de combustibles que contienen plomo, producción de acumula-

dores y de cables, manufactura de plomo alquílico, vitrificados cerámicos, aplicación en la agricultura de arseniato de plomo y las pinturas a base de plomo que se van descascarando en las casas viejas también representa una fuente potencial de exposición al plomo en el ambiente doméstico (National Academy of Sciences USA (NAS-USA), 1972; Klaassen, 1986).

Las fuentes de plomo atmosférico son el polvo de silicato, los aerosoles, halógenos volcánicos, los incendios forestales, los humos procedentes de meteoros y meteoritos y el plomo producido por desintegración del radón. Este gas genera el isótopo del plomo ^{210}Pb en forma de indicios cuya permanencia media en el aire se ha calculado en unas cuatro semanas; su período de vida media radiactiva es de 22 años (Hill, 1960).

Recientemente se ha estudiado la emisión de plomo producido por los incineradores municipales. Se incineran en cantidades desconocidas productos de consumo desechados que contienen plomo, por ejemplo, tubos plegables, tapas de botellas, chatarra de cables, cajas de acumuladores y productos pintados con pigmentos de plomo. La cantidad de plomo liberada por esta vía puede ser considerable según el tipo de horno y dispositivos de puradores (Davis y Barnes, 1973; Mattsson y Jaakkola, 1974).

El criterio recomendable para evaluar la calidad del aire es de $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante tres meses*.

Entre los contaminantes industriales, el plomo tiene un especial interés por su elevada toxicidad, por la frecuencia de intoxicaciones que produce y por su contribución a la contaminación del ambiente. En realidad, el plomo es tóxico en cualquier forma en que se encuentre en la naturaleza o en cualquier proceso conducido por el hombre. La atmósfera, el agua de consumo y los alimentos en general, son las más frecuentes vías de intoxicación (NAS, USA 1972; Klaassen, 1986).

Los efectos que el plomo y sus compuestos causan en los seres vivos son diversos, tal vez los principales sean el saturnismo en los humanos y daños en el metabolismo de todo organismo: en las plantas, se acumula en la superficie impidiendo la fotosíntesis y el intercambio gaseoso; en los animales, penetra principalmente por inhalación y se distribuye en el organismo impidiendo que se realicen algunas reacciones enzimáticas.

Aunque se absorbe por la piel, se requiere un tiempo considerable para lograr un nivel tóxico por esta vía. Los compuestos orgánicos de plomo logran entrar al organismo principalmente por el aparato respiratorio. Se acumula en los órganos del cuerpo; causa anemia y lesiones en los riñones. En contraste con la intoxicación por plomo inorgánico, el tetraetilo de plo-

* Norma de calidad primaria de los E.U.A.

mo produce síntomas del sistema nervioso central (saturnismo). El paciente es irritable, padece insomnio, tiene horribles pesadillas y es emocionalmente inestable (Clarkson y Distefano 1978 Dreisbach, 1981).

En las áreas rurales se hallan concentraciones de plomo en el aire de $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o menores. No obstante, y según el grado de contaminación debido a la urbanización, las cantidades de plomo en el aire de las ciudades oscila entre 1 y $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y a veces llegan a ser mucho mayores cuando el tráfico es muy intenso (Ludwig et al. 1965).

En los cultivos distantes hasta 50 m de las carreteras puede hallarse un contenido incrementado de plomo, según las condiciones del tiempo y la intensidad del tráfico (Motto, H.L. et al. 1970). La contribución a la atmósfera de la concentración de plomo total procedente de combustibles fósiles, aunque importante en otro tiempo, es actualmente despreciable si se compara con la de los aditivos de la gasolina que contienen plomo (Ludwig et al. 1965).

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

EFEECTO DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFERICOS EN LOS VEGETALES.

Desde hace más de un siglo se han observado daños en vegetales por diversos contaminantes aéreos, así se certifican las alteraciones en árboles, frutos, hortalizas, flores de hornato, etcétera. Estos daños son propiciados por el bióxido de azufre, teniendo efectos graves en la vegetación de regiones cercanas a industrias fundidoras; como se sabe, el aire es una mezcla de sustancias en constante cambio y por ese lado existe una gran diversidad de daños causados a las plantas por la contaminación aérea dado que algunos vegetales son muy sensibles a determinado contaminante, así los fluoruros son como veneno acumulativo para las plantas causando necrosis y clorosis en las hojas, entre otros daños (Smith, 1974; Bazzaz et al. 1974; Turk, 1982).

El smog fotoquímico (neblumo) blanquea y petrifica algunas plantas; se ha comprobado con observaciones hechas en vegetales con carácter económico como son: espinaca, lechuga, alfalfa, tabaco y algunos otros vegetales. El etileno es un hidrocarburo producto de la combustión de motores diesel que provoca entre otros daños el deterioro de los pétalos de claveles, decolora y seca los pétalos de las orquídeas (Turk, 1982).

Los anteriores estudios son enfocados a plantas con carác-

ter económico, sin embargo, las plantas aunque no sean de este carácter, sufren igual o más daño (Manning y Feder, 1976).

En México existen pocos estudios de efectos por contaminantes en vegetales, pero afortunadamente éstos se han incrementado obteniendo resultados importantes como son algunos reportados para gases oxidantes como el ozono, óxidos de nitrógeno y nitrato de peroxiacetilo (I. de Bauer et al. 1984).

En algunos estudios de 1976 ya se reportaban daños en especies de hornato y hortalizas en el Ajusco, dado que esta zona es justamente la que recibe el impacto de los contaminantes vertidos del norte y centro de la ciudad de México y es la salida del aire que se exparse al Estado de Morelos y a Toluca, fenómeno que tiene su origen por el hecho de que los vientos predominantes en el Valle son de norte y noreste a sur y sureste (Jáuregui, 1958).

También se han observado daños en *Pinus hartwegii* como moteado y/o blanqueado clorótico en hojas o defoliación prematura. En *Eucalyptus globulus* presentan de punteado a lesiones blanqueadas en el haz de las hojas y en avena forrajera se ha observado que presenta un rayado blanquesino intervenal.

En el área de Chapingo se han visto daños incluso a vegetales mantenidos en invernadero como la *Jamaica hibiscus* sp. y al

gunas plantas indicadoras de contaminantes. También se han llevado a cabo pruebas de clorofila, encontrándose notablemente disminuida por la influencia del aire contaminado que definitivamente afectan las plantas silvestres y cultivadas sin o con importancia económica (I. de Bauer et al. 1984).

Como se ha dicho anteriormente, las plantas resultan afectadas no solo por la presencia de materias tóxicas en el aire, sino porque se modifica la penetración de la luz, alterando los procesos fotosintéticos con las respectivas consecuencias negativas para las plantas, originando que disminuya e impida la producción de oxígeno; este hecho torna definitivamente difícil los trabajos de reforestación en áreas donde incide este tipo de problemas (Sevilla, 1982).

Los reportes que se tienen indican que los metales pesados tienen efecto acumulativo y son depresores del rendimiento vegetal en especies forrajeras. Este bajo rendimiento suele estar acompañado por un incremento concomitante en la concentración de metales pesados en las células vegetales, ya que tanto la planta como el suelo en el que ésta crece está sujeto a depósito heterogéneo del contaminante aéreo, sin embargo, el grado de bajo rendimiento y la concentración final de metales pesados observados en la célula de la planta, pueden variar considerablemente dependiendo del tipo y forma del vegetal; esto no elimina alguno de los muchos factores que pueden influir en la viabili-

dad de los metales en las plantas y que muchas de las especies vegetales varíen su respuesta a algunos metales encontrados en el suelo como sustrato.

En el campo, la circulación de contaminantes atmosféricos es libre, pero no implica que se acarreen a grandes distancias. Es conocido que en el caso de árboles que se encuentran alejados de las fuentes de contaminantes presentan altas concentraciones de éstos en sus tejidos como son algunos metales pesados en bosques de áreas rurales, siendo el viento el principal causante de transporte de contaminantes (Murozumi et al. 1969; Munn y Bolin, 1971; Zoller et al. 1974).

Dentro del reino vegetal existen organismos con una elevada afinidad de la membrana celular por los metales pesados, esto se ha detectado en bacterias, hongos, algas y angiospermas.

A pesar de la larga vida de plantas tales como algunos arbustos y árboles, éstos son incapaces de desarrollar tolerancia a algunos metales dentro del ecotipo, mientras que las hierbas y algunas dicotiledóneas son prósperas en estas áreas, a pesar de los altos niveles de concentración del contaminante. La habilidad de desarrollar tolerancia a los metales pesados es específica de las especies e independiente a la fuente de contaminación (Gartside y McNeilly, 1974).

Aunque el mecanismo de acción actual de los metales pesados

dos no pueda ser especificado aún, los datos nos sugieren que el mantenimiento de la tolerancia a los metales requiere de mucha energía. Por lo tanto, la tolerancia normal de las plantas tiende a bajar la producción de biomasa (20-50% por debajo) y ésta no es capaz de resistir competencia alguna con poblaciones no tolerantes en suelos normales. Por ello, la elevada especificidad de la tolerancia a los metales pesados es debida a los cambios en un gran número de parámetros fisiológicos que involucran a su vez gran actividad celular correspondiente.

Es conocido que especies vegetales de suelos metalíferos tienen desarrollada una tolerancia específica hacia aquellos metales pesados que son abundantes en el suelo (Antonovics et al. 1971; Ernst, 1974). Aún cuando esto no significa que la tolerancia hacia algún metal confiera tolerancia a otros metales. Esto es evidencia clara de que la contaminación aérea por plomo como producto de la combustión interna de los motores pueda operar en las plantas, contaminándolas y desarrollando tolerancia individual al plomo (Briggs, 1972).

Es importante hacer notar el hecho de que más del 90% de plomo es comúnmente fijado por la pared celular de las raíces y en el área foliar. Por consiguiente, sólo muy bajas cantidades de este elemento son registradas en el protoplasma de la célula. Esta es una de las razones por las que no han surgido graves problemas en el metabolismo, cuando éstas han sido contaminadas

con el plomo expulsado por los escapes de los motores.

Desde el punto de vista del equilibrio de masa, la atmósfera es la vía principal para el transporte y distribución del plomo desde fuentes estacionarias o móviles a otros medios ambientales. También puede haber directamente abundantes descargas en aguas naturales y en los suelos, pero, en estos casos, el plomo tiende a localizarse cerca de los puntos de descarga, debido a la bajísima solubilidad de los compuestos que se forman al contacto con el suelo y el agua. La transferencia masiva de plomo desde el aire a otros medios aún no se ha podido definir con precisión y no se conocen a fondo los distintos mecanismos que intervienen en la eliminación del plomo del aire.

El plomo existe de manera natural en todas las plantas, al igual que en el suelo, el aire y el agua. Aunque se han observado concentraciones sumamente variables de plomo en las plantas, se han formulado algunas generalizaciones. Warren y Delavault (1962) han concluido que la concentración normal de plomo en hojas y ramitas de plantas leñosas es de 2.5 mg/Kg de peso en seco y en legumbres y cereales de 0.1 a 1.0 mg/Kg. Mitchell (1963) observó que la concentración habitual en hierbas de pastizales era de 1.0 mg/Kg de peso en seco.

La transferencia de plomo atmosférico a la biota puede ser directa o indirecta. En el caso de las plantas el aporte de plomo depositado puede ser directo, a través de las hojas y ramas

o indirecto, por conducto del suelo. Parece que el estado de crecimiento influye considerablemente en el modo y grado de acumulación. Mitchell y Reith (1966) observaron que el contenido de plomo en ciertas plantas aumentaba diez veces o más durante el período de crecimiento activo hasta el momento en que este cesaba a finales del otoño. Algunos árboles son capaces de acumular elevadas concentraciones de plomo. Kennedy (1960) informó que las copas de abetos y pinos blancos contenían 100 mg de plomo por Kg de peso en seco cuando crecían en las zonas de minería del plomo en Idaho, donde la concentración de plomo en el suelo era de 20,000 mg/Kg. La concentración de plomo en el suelo no guarda relación exacta con la concentración en la planta, si bien existe correlación cuando se reajustan los valores en función del grado en que el plomo del suelo puede transferirse a una solución acuosa de lactato de amonio y ácido acético (Ker-rin et al. 1972).

Es, pues, indudable que las plantas toman plomo del suelo y del aire, si bien existen grandes diferencias entre especies (Dedolph et al. 1970). No parece probable, sin embargo, que el plomo depositado en las hojas de las plantas pase fácilmente a otras partes. Por ejemplo, Ter Haar (1970) demostró mediante estudios en invernadero que una concentración en el aire de $1.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no influía en el contenido de plomo en tomates, frijoles, zanahorias, papas, trigo y repollos, pero si en el de las hojas de lechuga.

Las transferencias de plomo desde las plantas a los animales no está bien definida, ya que no hay pruebas de acumulación biológica. Sin embargo, la concentración de plomo en carne y huevos es bastante similar, en peso húmedo, a la concentración observada en legumbres y cereales (Schroeder y Balassa, 1961).

[Para la superficie de la planta el contaminante más severo es el que se encuentra en estado de transportación gaseoso (suspensión sólido-gas), ya que los experimentos diseñados para apreciar la importancia de las fuentes de plomo en plantas muestran que únicamente el aire circundante representa fuentes significativas, demostrando además que el mayor aporte de partículas de plomo al ambiente tienen su origen en la expulsión de gases de los escapes de los automóviles.

Los niveles de plomo foliar en exceso derivan de relaciones cuantitativas entre las concentraciones de plomo atmosférico, presentándose una gradación conforme se aleja del foco de contaminación, de tal forma que la concentración de plomo se multiplica 15 veces en plantas próximas a la carretera, existiendo una relación hiperbólica entre el depósito de plomo en las plantas y suelo y la distancia entre éstas y las carreteras.

Se han realizado otras investigaciones para determinar concentraciones de plomo en tejidos de plantas y establecer relación entre concentraciones de plomo y efecto en éstas, sobre to

do en vegetales de carácter comercial. Pero en especies no comerciales como son los árboles comunes de la ciudad de México es difícil encontrar investigaciones, quizá porque las primeras tienden a consumirse directa o indirectamente por el hombre y generan ganancias económicas (Valle y López, 1982).

Ante esta situación, es necesario realizar registros cuantitativos que detecten las altas concentraciones y las fluctuaciones presentes del contaminante en el ambiente. Los compuestos de plomo son venenosos para la biota en general, por lo que es urgente establecer el grado real de contaminación de este elemento.

O B J E T I V O S

- 1) Evaluar la existencia de cambios en las concentraciones de plomo, durante las distintas estaciones del año; cuantificando sus concentraciones en hoja y corteza de tres especies ar**bo**reas comunes: *Fraxinus uhdei*, *Eucalyptus globulus* y *Schinus molle*.

- 2). Comparar los resultados obtenidos para tres zonas de muestreo: dos en el Distrito Federal (Delegaciones Azcapotzalco y Miguel Hidalgo) y una en el Estado de México (Los Reyes Iztacala).

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

TOPOGRAFIA DEL VALLE DE MEXICO.

El valle de México se encuentra rodeado por las cadenas montañosas de la Sierra de Pachuca al Norte, por la Sierra de Chichinautzin al Sur, al Este por las Sierra Nevada y Río Frío y al Oeste por la Sierra de las Cruces, las cuales forman una cuenca cerrada que definitivamente impide una buena circulación de las corrientes del viento que son las encargadas de limpiar la atmósfera de contaminantes (figura 1).

El Distrito Federal se encuentra en la zona Suroeste del Valle de México, entre los paralelos $19^{\circ}03'$ y $19^{\circ}35'$ de latitud norte y los meridianos $98^{\circ}57'$ y $99^{\circ}23'$ de latitud oeste, con una altitud de 2240 msnm, siendo la parte más alta el Cerro del Ajusco con 3950 m.

El clima en el Distrito Federal es templado debido a su altitud, aún cuando se localiza en la zona intertropical que tiene influencia de masas de aire marítimo y continental.

Así, la ciudad de México se puede dividir en dos regiones climáticas: a). Región del centro de la ciudad, caracterizada por un clima de variaciones térmicas diurnas menos acentuadas y con un alto nivel de contaminación atmosférica, escasa ventilación de las calles y un aire comparativamente seco; b). Zona de

suburbios, que rodea al centro de la ciudad, con variaciones térmicas más acentuadas y un aire menos contaminado, con una humedad relativa mayor y con una mejor ventilación (figura 2). (Tirado et al. 1982).

El territorio del Distrito Federal tiene una extensión de 1499 Km² que se divide en 16 Delegaciones políticas entre las que se encuentran la Miguel Hidalgo y Azcapotzalco, lugares donde se realizó parte de este trabajo. Otra parte se llevó a cabo en los Reyes Iztacala, Municipio de Tlalnepantla, en el Estado de México.

Se escogieron estas zonas de muestreo por varios factores: a). Por ser zonas de alta influencia industrial y automovilística, b). Por la dirección de los vientos predominantes y c). Por que los árboles seleccionados son comunes en las tres zonas de estudio.

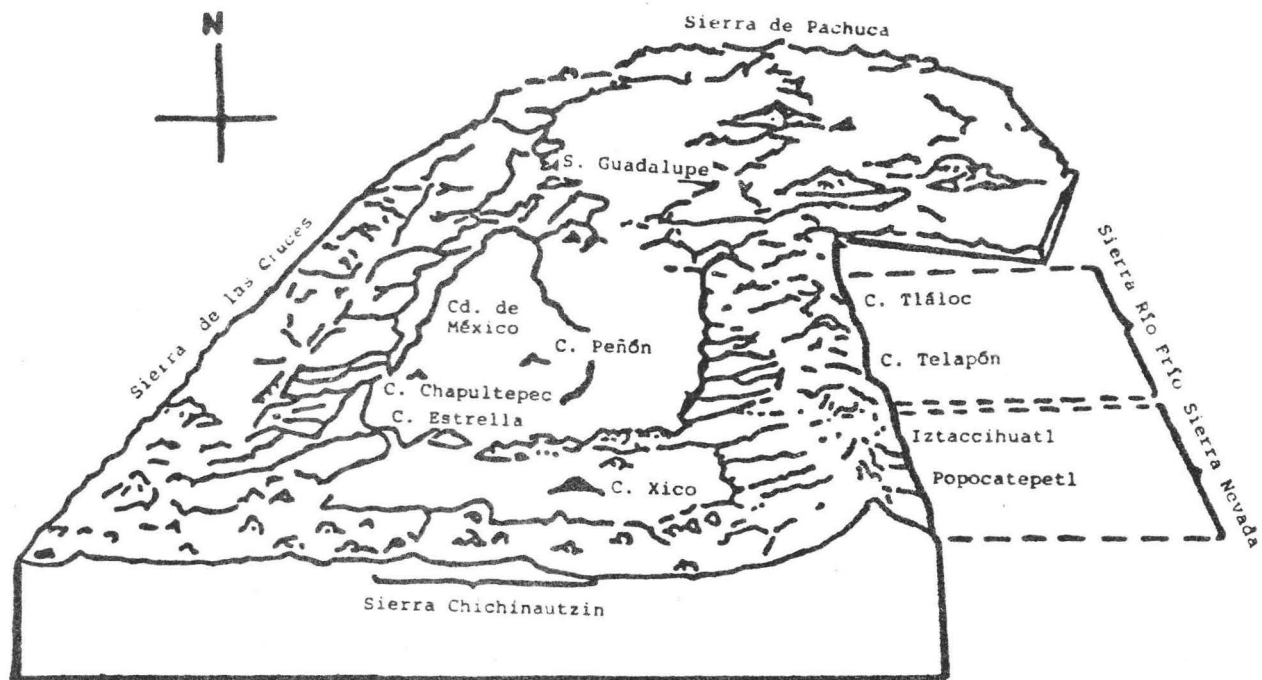


FIGURA 1

SITUACION TOPOGRAFICA DEL VALLE DE MEXICO

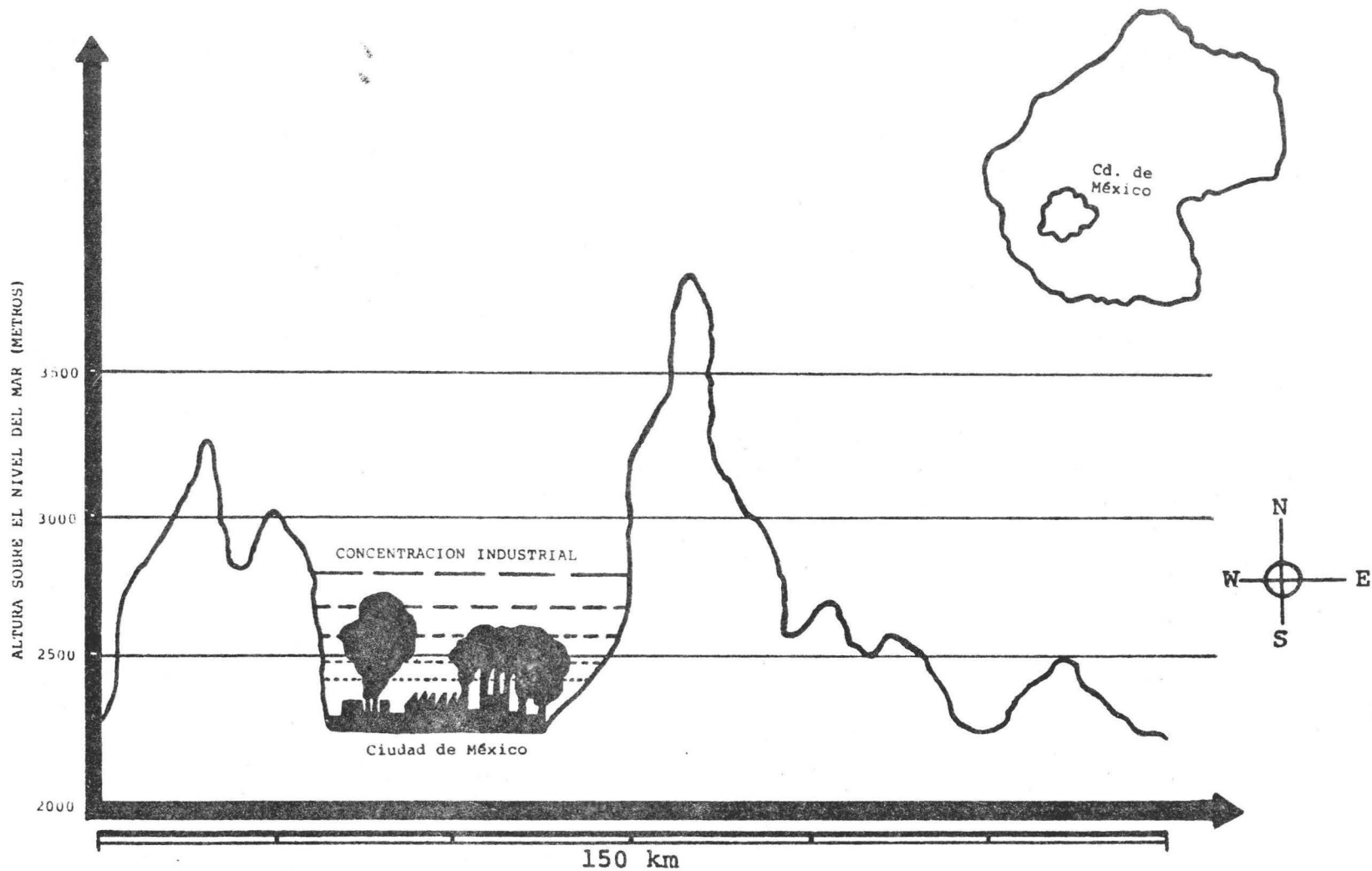


FIGURA 2

PERFIL DEL VALLE DE MEXICO (Tomado de S.M.A. 01-78)

SITUACION AMBIENTAL.

El desarrollo industrial de México tuvo sus inicios a fin del siglo XIX con la instalación de empresas textiles, de cemento, de fabricación de cerveza y alimentos entre otras; sin embargo, fue hasta la década de los cuarenta cuando por la escasez de bienes manufacturados a causa de la segunda Guerra Mundial, se inicia realmente el desarrollo industrial del país.

En el aspecto concretamente ambiental, este desarrollo trajo como consecuencias directas: (a). El crecimiento macrocefálico de unas cuantas poblaciones, siendo la zona metropolitana de la ciudad de México, con 17.5 millones de habitantes (10 en el D.F. y 7.5 en el Estado de México) en aproximadamente 1500 Km², 2.7 millones de vehículos y 40% de la producción nacional del país, en lo que respecta a dinero, el ejemplo más crítico de ello. (b). Una orientación de la producción industrial al consumo y el desperdicio, anteponiendo el desarrollo económico unilateral no compartido a la protección del medio ambiente. (c). Un desarrollo industrial basado en tecnologías de importación, generalmente obsoletas, que no tomaban en cuenta sistemas de control de emisiones contaminantes y que en su mayoría, eran ineficientes y grandes consumidoras de energía (López Portillo, 1982).

En el caso concreto de la contaminación atmosférica en el

área metropolitana, se emiten 3'984,200 toneladas anuales de emisiones de contaminantes, de las cuales, desde el punto de vista de fuentes, 25% son de origen industrial y 75% resultado de la contaminación vehicular (Meléndez, 1982).

En el aspecto industrial, en el área metropolitana de la ciudad de México existen cerca de 115 mil establecimientos industriales que generan emisiones contaminantes; entre ellos ocupan un lugar especial alrededor de 70 empresas que, por su tamaño y naturaleza, son responsables del 85% de las emisiones industriales a la atmósfera, contándose entre ellas una refinería, dos plantas termoeléctricas, dos cementeras, plantas productoras de celulosa y papel, fundiciones diversas y plantas químicas y petroquímicas (López Portillo, 1982; Espinoza, 1985).

Respecto a las fuentes móviles, se tiene una población vehicular de aproximadamente tres millones de unidades, de las cuales 95% utilizan gasolina como combustible y el 4% restante consumen diesel, mostrando un crecimiento anual acelerado. Ante esta situación y aunado a la deficiencia de oxígeno por la altura, la ciudad de México generó en 1981 un total de tres millones de toneladas de emisiones contaminantes, de las cuales 87.6 por ciento corresponde a monóxido de carbono, 10.5% a hidrocarburos no quemados, 1.7% a óxidos de nitrógeno y 0.2% a bióxido de plomo (López Portillo, 1982).

Si bien el grado de contaminación del aire urbano depende por una parte de la magnitud, número y distribución de las fuentes de contaminación ya descritas dentro de una ciudad, también varía con las propiedades que exhiben algunos factores del clima. Por ejemplo, considerando el caso de la ciudad de México (y en general el de la cuenca en que se encuentra), en su relación con la capacidad del aire superficial para diluir o dispersar los contaminantes arrojados en él, debe tomarse en cuenta, en primer lugar, su ubicación en el rincón suroeste de un valle, lo cual la sitúa en general al abrigo de los vientos por lo que la ventilación del aire en los valles es deficiente, llegando a ser pobre en las áreas del centro de la capital, donde la mayor densidad de edificios elevados contribuye a reducir aún más la renovación del aire.

Durante el día, el calentamiento del aire urbano por la insolación genera turbulencias convectivas que favorecen la dilución de los contaminantes en el sentido vertical. Así, es frecuente observar al medio día cómo el manto de humos y gases que se cierne sobre la ciudad se expande verticalmente y se desborda en ocasiones más allá del área urbana en concentraciones decrecientes, desplazándose, llevada por los vientos dominantes, hacia el sur y al poniente derramándose hacia los vecinos valles de Toluca y Cuernavaca.

Al caer la tarde disminuyen los movimientos turbulentos atmosféricos y el aire superficial comienza a estratificarse, al enfriarse por contacto con superficies urbanas (asfaltos, muros, azoteas, etcétera), que van perdiendo calor por radiación hacia el cielo. Este proceso se acentúa por la noche hasta el amanecer y, como consecuencia, los contaminantes en este período quedan atrapados en una capa poco profunda en donde los movimientos verticales son casi nulos. Si esta situación, denominada inversión térmica por los meteorólogos, se suma una condición de velocidad de viento débil o aire en calma (fenómeno frecuente en el Valle), se tienen entonces las condiciones propicias para la elevación de la turbiedad del aire citadino (López Portillo, 1982; Velasco, 1983).

M E T O D O E X P E R I M E N T A L

Actualmente, se cuenta con técnicas analíticas que nos permiten determinar mínimas concentraciones de metales en diferentes muestras biológicas con exactitud y precisión, como son: Polarografía, Fluorescencia de rayos-X, Activación neutrónica, Voltametría y Espectrofotometría de emisión y de Absorción Atómica. Con este último método se realizó el presente trabajo.

La espectrofotometría de Absorción Atómica es una alternativa del análisis instrumental relativamente nueva y abarca cualquier método analítico en el cual, un elemento es atomizado en forma tal, que permite la observación, selección y medida de su espectro de absorción.

En términos generales, el método se basa en la medida de la absorción producida en un haz de radiación de longitud de onda apropiada, procedente de una fuente de emisión de intensidad constante, por un medio compuesto de átomos en el medio absorbente, es decir, la medida de la absorción aumenta con la concentración del elemento en la muestra, ya sea que esté en su condición original o sujeta a pretratamiento.

La sensibilidad en absorción atómica se considera, generalmente, como la concentración que representa el 1% de la absorción bajo condiciones de operación dadas. Si el instrumento es-

tá operando a la máxima sensibilidad, este valor es equivalente a la concentración mínima requerida para ser detectada.

Para analizar el contenido de plomo en hoja y corteza de los vegetales, se utilizó el espectrofotómetro de absorción atómica Pye Unicam SP 192, el cual está construido para verificar la determinación rápida de elementos según se quiera analizar, estos pueden ser, sodio, potasio, calcio, magnesio, cinc, plomo, fierro, etcétera. La figura 3 servirá de referencia para la siguiente descripción:

El aparato es un espectrofotómetro combinado con un quemador, un circuito electrónico amplificador a base de bulbos al vacío y un galvanómetro que registra cuantitativamente la cantidad de luz emitida por un elemento determinado. Así, se puede considerar este instrumento formado por cuatro secciones:

a). Sistema de emisión.- consiste en una fuente de radiación que emite el espectro del elemento. En este caso se empleó una lámpara de cátodo hueco para determinar el plomo. El modulador también se considera parte del sistema, ya que su función es cortar el haz de luz de la fuente, interrumpiéndolo periódicamente, para lograr un doble haz: el de referencia y el de muestreo. El corrector de deuterio que sirve para corregir la absorción falsa que pueda ocurrir durante el proceso, completa este sistema.

b). Sistema de absorción.- consta de un quemador y un aspersor de vidrio que trabaja con aire comprimido a presión constante (0.7 Kg/cm^2). Aquí, la muestra entra por un capilar donde es recibida por la corriente de aire y asperjada en una cámara nebulizadora, que nebuliza el agua hacia la salida del quemador. Se utilizan dos tipos de quemadores, de los cuales, uno es para acetileno-aire y el otro para acetileno-óxido nitroso. El quemador es de titanio, resistente al ataque químico, lleva enfrente un protector de vidrio Pyrex y un reflector de aluminio en la parte posterior que impiden que el calor dañe al aparato y al operador.

c). Sistema de selección.- se refiere al equipo para la selección espectral como son los filtros y monocromadores (instrumentos para aislar luz de una sola longitud de onda), incluyendo los mecanismos de giro para las lecturas de onda (λ) y el ancho de luz o slit.

d). Sistema fotométrico.- incluye todo el equipo necesario para la fotodetección: fotomultiplicador, amplificador, rectificador, lectura digital y amplificador de escala. El amplificador electrónico da una señal de salida extraordinariamente fija, libre de corrientes oscuras y oscilaciones en el cero.

El aparato se alimenta a través de un regulador de voltaje, con corriente alterna de 115 V.

Para el suministro de aire a la cámara se tiene una compresora de aire que da a la línea principal una presión de 2 a 3.5 Kg/cm². Esta línea lleva un regulador de presión y un filtro.

La mezcla de combustible que se usa, depende del elemento que se va a determinar recomendándose acetileno-aire para la mayoría de los elementos, excepto para las determinaciones de elementos refractarios como el silicio, aluminio, titanio, etc., así como también para el calcio donde es recomendable la mezcla acetileno-óxido nitroso.

El concepto más importante que debe tener un analista con respecto al espectrofotómetro de flama, es que sus determinaciones son medidas comparativas, pues las lecturas obtenidas son función de la luz emitida bajo condiciones constantes por el elemento que se va a determinar al ser excitado en la llama, por lo que, para poder convertir las lecturas del aparato en valores de concentración, se hace necesaria una calibración previa con soluciones de concentración conocida del elemento problema, siendo indispensable para que esta calibración sea válida, que las condiciones de trabajo del aparato, tales como presión de aire y gas, corriente eléctrica, slit o ancho de la banda, viscosidad de la muestra, etcétera, se mantengan constantes.

Para reducir estas fuentes de error es necesario hacer las

calibraciones no solo al iniciar el trabajo, sino también entre el análisis de varias muestras (Aguirre, 1986. Observación personal).

Soluciones tipo.- para facilitar la operación, es necesario preparar soluciones concentradas de los elementos que se van a analizar, para que a partir de éstas se preparen las soluciones tipo diluidas, las cuales tendrán un máximo de una semana en uso. Lo más conveniente es tener soluciones con una concentración de 1000 ppm (Rousselet, 1971).

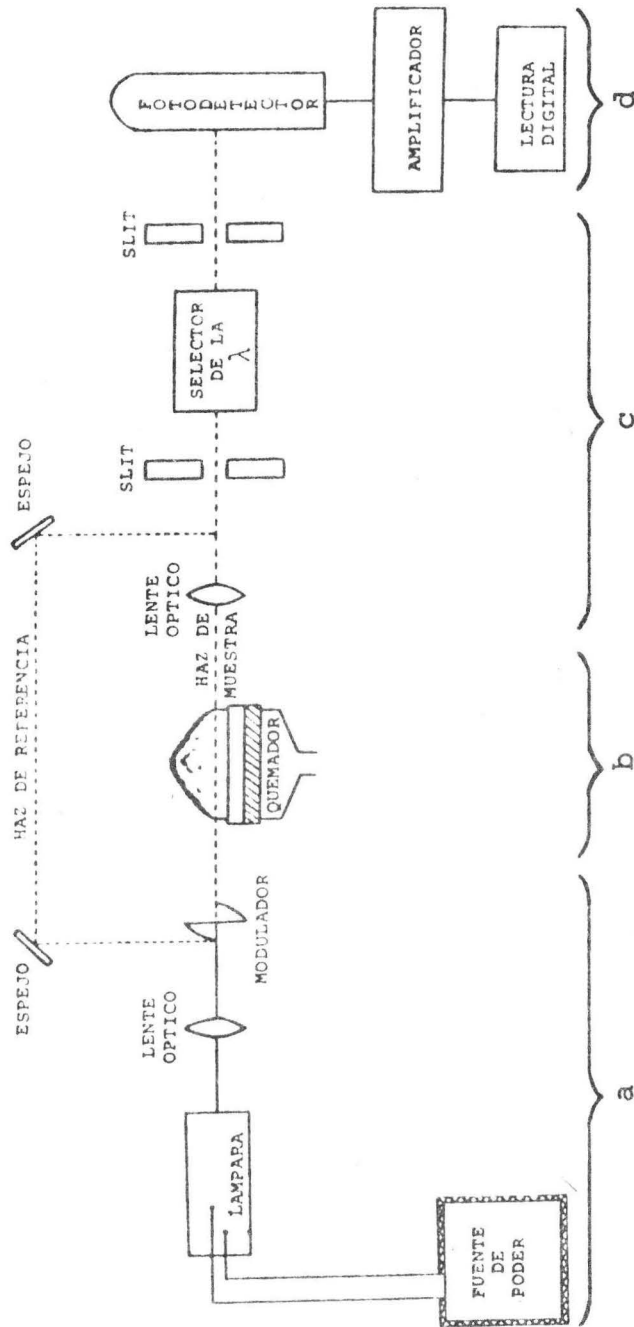


FIGURA 3

ESQUEMA GENERAL DE UN ESPECTROFOTOMETRO DE ABSORCION ATOMICA DE DOBLE HAZ

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

El presente estudio fue dividido en dos fases:

A). De campo y B). De laboratorio.

A). FASE DE CAMPO.

Para efectos de este trabajo, se realizaron recolectas cada 30 días de hojas y corteza en tres especies de árboles comunes en tres zonas seleccionadas para el estudio (esta actividad se inició a partir del invierno de 1985, con una duración aproximada de un año). El tipo de vegetal escogido correspondió a los árboles; fresno, eucalipto y pirú, cuya taxonomía son las siguientes:

REINO	Vegetal	Vegetal	Vegetal
SUBREINO	Embriofita	Embriofita	Embriofita
DIVISION	Angiospermae	Angiospermae	Angiospermae
CLASE	Dicotyledonae	Dicotyledonae	Dicotyledonae
ORDEN	Contortae	Myrtiflorae	Sapindales
FAMILIA	Oleaceae	Myrtaceae	Anacardiaceae
GENERO	<i>Fraxinus</i>	<i>Eucalyptus</i>	<i>Schinus</i>
ESPECIE	<i>Fraxinus uhdei</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Schinus molle</i>
NOMBRE COMUN	Fresno	Eucalipto, Gigante, alcanfor, ócalo.	Pirul, Pirú, Arbol del Perú Peloncuáhuatl

(Lawrence, 1951; Rzedowski, 1979).

Dichos árboles están situados en zonas de gran influencia por contaminación atmosférica; estos árboles cuya edad promedio era de 15-20 años aproximadamente, son comunes y abundantes en las zonas escogidas para el muestreo.

Las áreas seleccionadas fueron de norte a sur tomando como referencia los vientos predominantes en el valle de México y que son: de norte y noreste hacia el sur y sureste (Jáuregui, 1958), y porque la densidad vehicular es menor en la zona uno que en la dos y mayor en la zona tres, que además está influenciada por el gran foco contaminante representado por la refinería de Azcapotzalco. Así, tenemos las siguientes áreas:

- ZONA I ENEP Iztacala (Tlalnepantla, Estado de México).
- ZONA II Parque Tezozomoc (Azcapotzalco, D.F.).
- ZONA III Parte sur de la Delegación Azcapotzalco, D.F. y parte norte de la Delegación Miguel Hidalgo, D.F. (a 2500 m después de la refinería 18 de Marzo).

La recolección del material se llevó a cabo con una periodicidad mensual, utilizando las mañanas (6:00-10:00 A.M.) para dicha actividad.

Para tener un número mayor de muestras y mayor grado de confiabilidad, se escogieron árboles de más de 3 m de altura.

Se utilizó una escalera de madera para subir a las partes

altas de la copa del árbol, donde al azar se cortaron hojas de distintos tamaños, lo mismo se hizo en la parte media y baja de la copa del árbol; la colecta se realizó manualmente y con la ayuda de tijeras para podar, depositando las hojas en bolsas de polietileno del No. 5 previamente marcadas y que fueron depositadas en cajas de cartón para su posterior transporte al laboratorio.

Las especies caducifolias *Fraxinus uhdei*, siempre presentaron hojas, aunque en los meses de diciembre y enero se encontraban algo secas y en febrero ya existían brotes muy vigorosos que fueron considerados para su análisis.

Las muestras de corteza fueron tomadas de los mismos árboles, contando también con la ayuda de una escalera y un cuchillo de campo. Las muestras se tomaron a partir de los 2.5 m. de altura hacia arriba y únicamente en ramas muy jóvenes, cortando porciones pequeñas de corteza de las partes alta, media y baja de la copa del árbol, depositándolas en bolsas de polietileno debidamente marcadas con una clave y guardadas en una caja de cartón para su transporte al laboratorio.

B). FASE DE LABORATORIO.

Esta fase comprendió la identificación taxonómica de cada uno de los especímenes recolectados en las zonas de estudio y corroborados en el Herbario de la ENEP Iztacala (IZTA).

Una vez determinados taxonómicamente se sometieron a un análisis químico, que comprendió la determinación de plomo en hoja y corteza de cada una de las especies, durante los días en que se realizaron las colectas. Este análisis se realizó en el Laboratorio de Investigación en Productos Naturales-UIICSE* y en el Laboratorio de Bioquímica de la Unidad de Morfofisiología, ambos de la ENEP Iztacala, UNAM.

Para la cuantificación de plomo en hojas se procedió de la siguiente manera:

El mismo día de colecta, las hojas fueron lavadas una a una en tres ocasiones, las dos primeras con agua corriente de la llave y la tercera con agua bidestilada. Posteriormente se colocaron sobre una franela durante cinco horas con la finalidad de eliminarles la humedad; se depositaron en frascos de vidrio con capacidad de 500 ml y se colocaron en una estufa a temperatura de 100 °C durante 20 horas.

Una vez secas, y como es requisito indispensable disponer

* Unidad de Investigación Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud y Educación.

de la muestra perfectamente homogenizada, de tal manera que cada pesada sea representativa del total de ella, fue necesario la utilización de morteros para romper fácilmente los tejidos y tenerlos lo más homogéneo posible. La homogenización es uno de los pasos más importantes en muestras de tipo biológico así como la cantidad de muestra utilizada, con el propósito de que no exceda el ámbito de concentración lineal con la absorbancia, que es una característica de cada elemento.

Las muestras homogenizadas fueron pesadas en una balanza analítica marca Mettler, utilizando 5 gramos para cada análisis. Enseguida, se colocaron en matraces Kjeldahl de 500 ml agregando 40 ml de ácido nítrico concentrado (HNO_3) y se pusieron en una parrilla para iniciar una digestión a lenta ebullición; 15 minutos después, se agregaron 3 ml de ácido perclórico (HClO_4) y se dejaron digerir durante 2:30 horas.

Todas las muestras fueron analizadas por duplicado y en algunas de ellas (al azar), se adicionaron partes por millón (ppm) conocidas de plomo para comprobar su poder de recuperación.

Las muestras digeridas se filtraron utilizando papel filtro Whatman No. 40, recibiendo la solución en matraces volumétricos de 100 ml y aforando con agua bidestilada.

Las soluciones fueron colocadas en frascos con tapa, que

se limpiaron previamente con ácidos y agua destilada, con el fin de evitar la contaminación por polvo atmosférico. Ese mismo día de la digestión, se hicieron las determinaciones de plomo en un espectrofotómetro Pye Unicam modelo SP-192, detectando este elemento conforme a los métodos analíticos para espectrofotometría de absorción atómica Perkin-Elmer (1973), utilizando las siguientes condiciones de operación:

Longitud de onda (λ)	:	217 nm.
Corriente de la lámpara	:	3 mA.
Altura del quemador	:	8 mm.
Presión del combustible	:	1.0 l/min.
Slit (ancho de la banda)	:	1.6 nm.

En todos los casos, el combustible fue acetileno y el oxidante, el aire.

Las soluciones patrón se prepararon a concentraciones apropiadas al grado de sensibilidad del espectrofotómetro y entonces, se procedió al análisis propiamente dicho.

Para la cuantificación de plomo en corteza, se procedió de manera semejante a como se hizo con las hojas:

Los trozos de corteza se lavaron en tres ocasiones, las dos primeras con agua corriente y la otra con agua bidestilada; se colocaron sobre una franela durante cinco horas, después de

lo cual se depositaron en frascos de vidrio de 500 ml para introducirlos en una estufa a 120 °C durante 24 horas.

Ya secas, se molieron en un mortero con la finalidad de homogenizarlas. Se pesaron 5 gramos de cada muestra y se colocaron en matraces Kjeldahl de 500 ml agregando 40 ml de HNO_3 concentrado. Después de 15 minutos a lenta ebullición se agregaron 3 ml de HClO_4 , continuando la digestión durante tres horas aproximadamente.

Las condiciones de filtrado y del análisis posterior fueron las mismas que se utilizaron durante la determinación de las lecturas de plomo en hojas.

R E S U L T A D O S

Los datos obtenidos del muestreo de la captación de plomo en hojas y corteza se presentan gráficamente, siendo las gráficas No. 1, No. 3 y No. 5, las correspondientes al muestreo en hojas, en tanto que las gráficas No. 2, No. 4 y No. 6, lo son para corteza, en las poblaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), fresno (*Fraxinus uhdei*) y pirú (*Schinus molle*), respectivamente.

La graficación se realizó del modo siguiente: en la variable independiente (eje de las "x" o de las abscisas), se distribuyeron proporcionalmente los meses en que fueron realizados los muestreos, en tanto que en la variable dependiente (eje de las "y" o de las ordenadas) correspondió a las diferentes concentraciones de la captación de plomo en unidades de partes por millón (p.p.m.).

Asimismo, como cada gráfica representa la captación en tres zonas geográficas distintas, se utilizó un sistema de líneas para distinguirlas; las cuales fueron las siguientes:

Zona I : Los Reyes Iztacala, Edo. de México.

Con una línea continua.

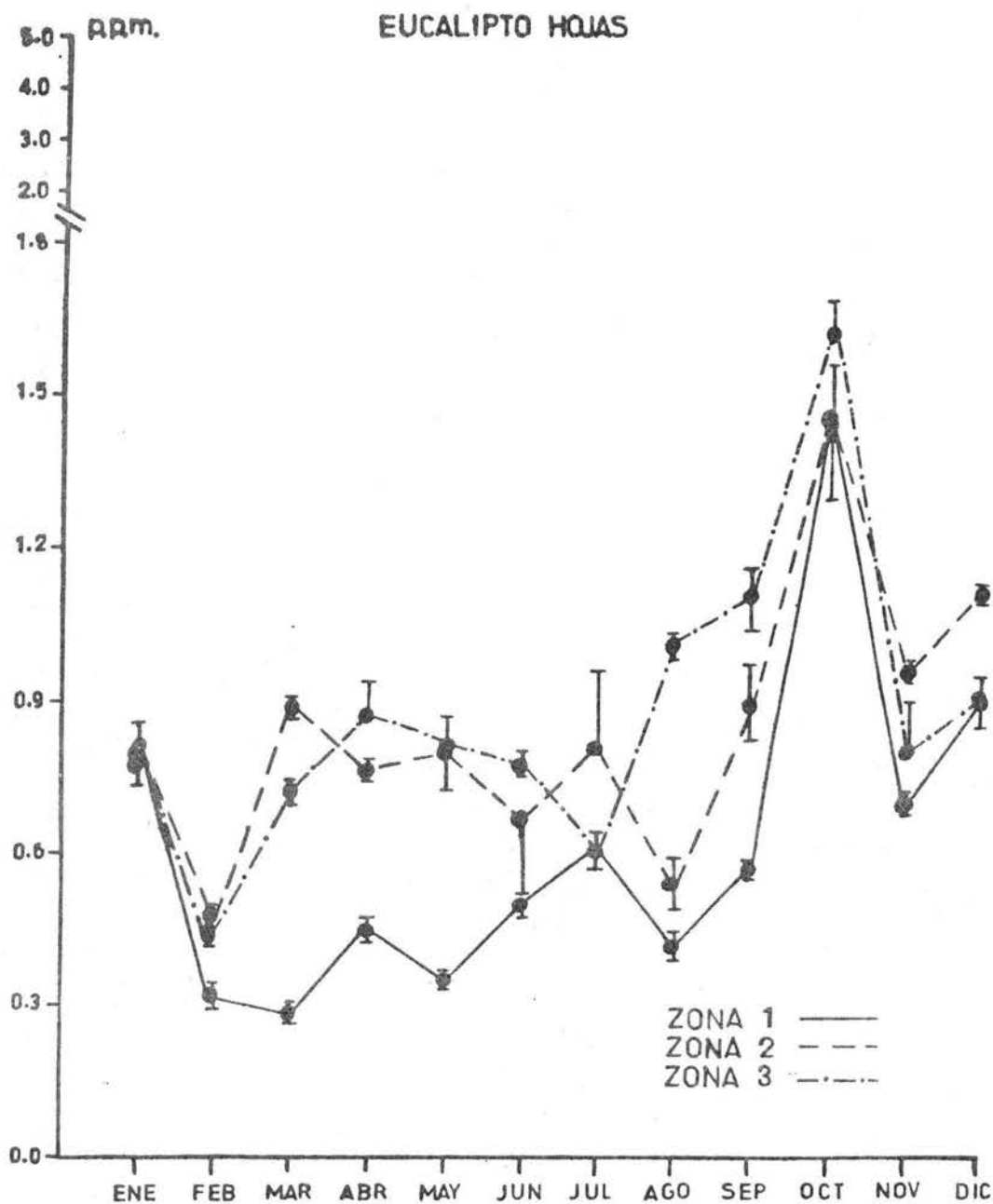
Zona II : Parque Tezozomoc, D.F.

Con una línea discontinua.

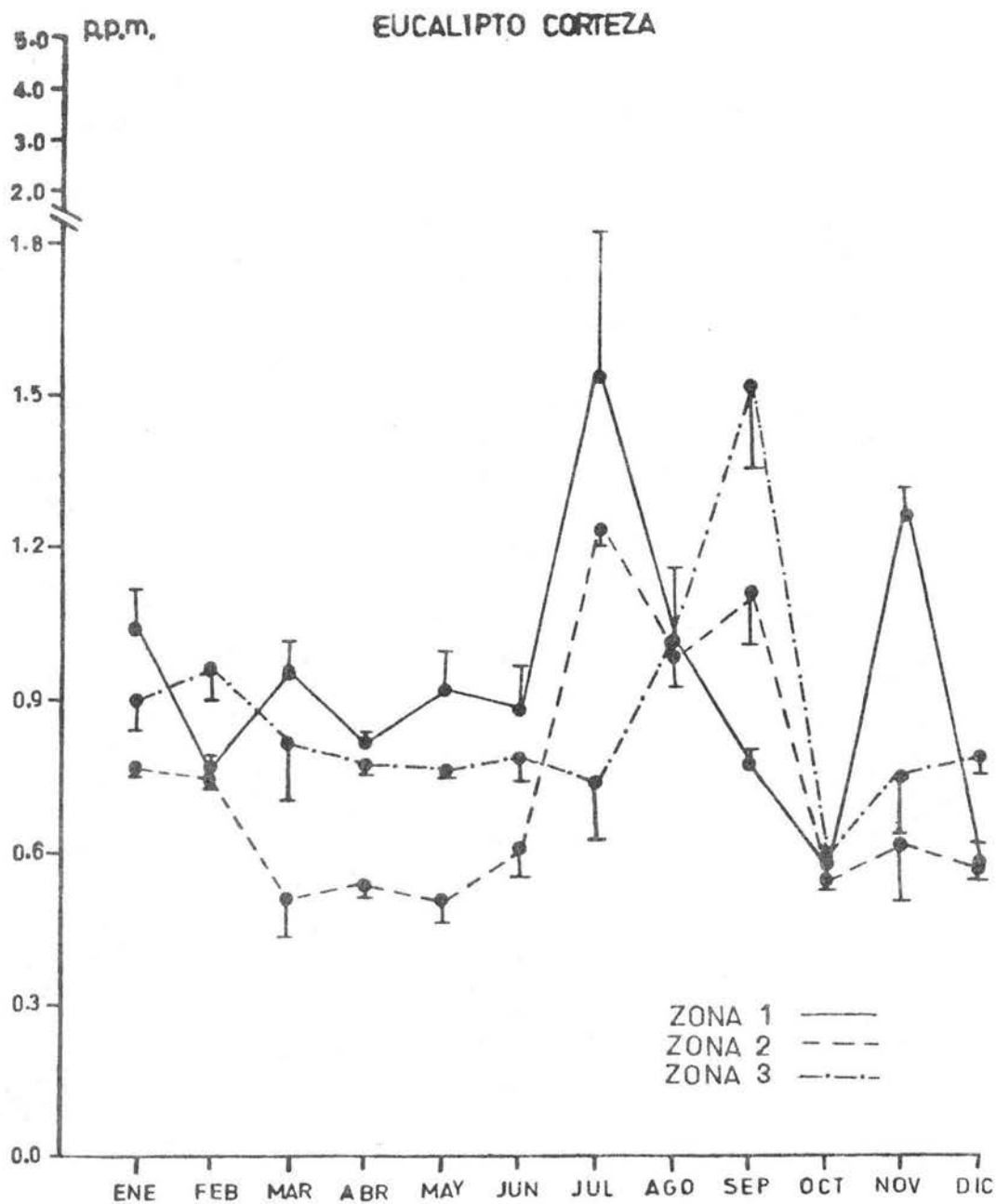
Zona III: Refinería 18 de marzo. Azcapotzalco, D.F.

Con líneas y puntos.

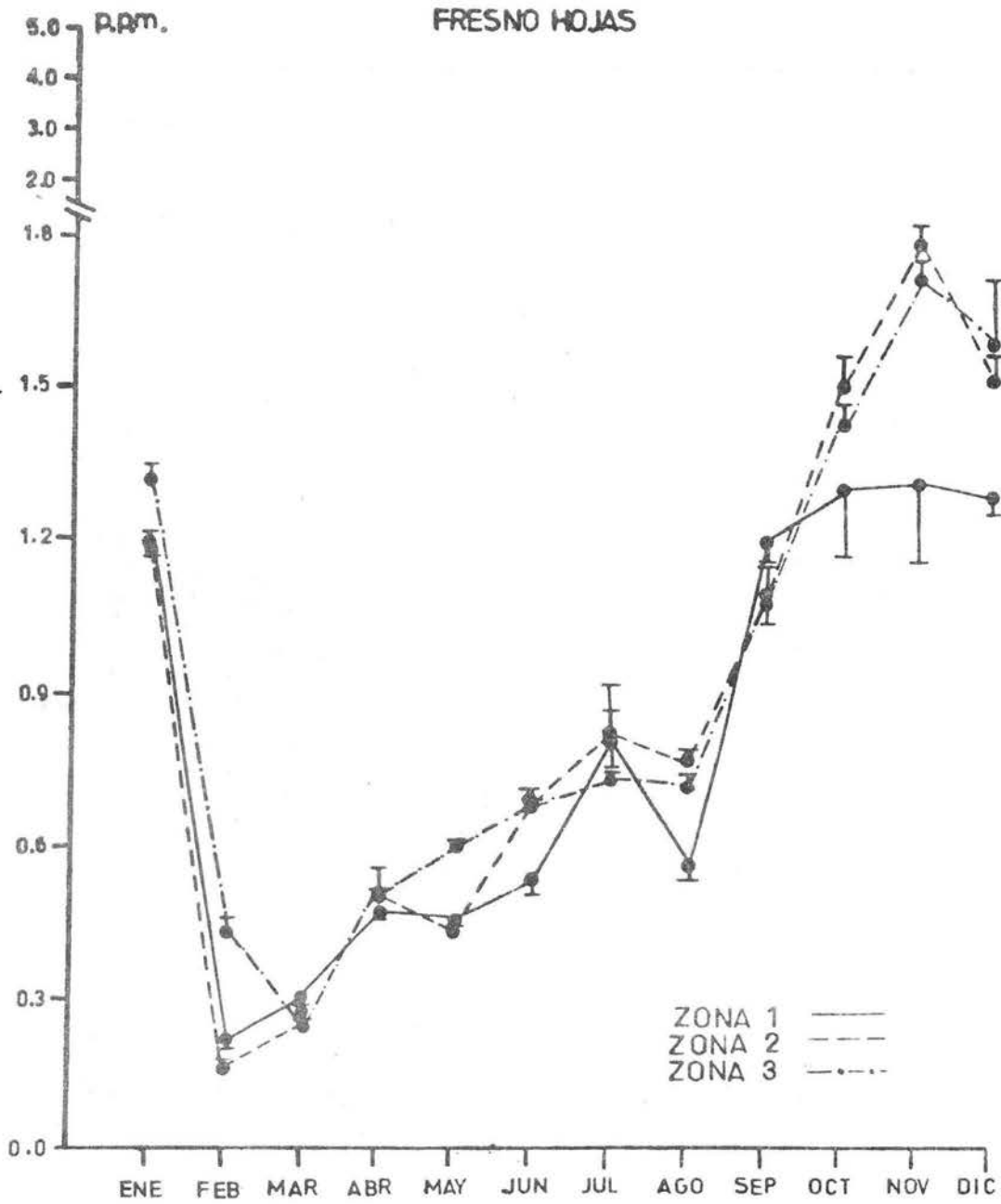
Cada coordenada representó el promedio de tres a cinco mediciones. Las líneas verticales se dibujaron para representar las desviaciones estándares (S.E.) de dichos promedios (Wayne, 1975; Sokal and Rohlf, 1979; Daniel, 1985).



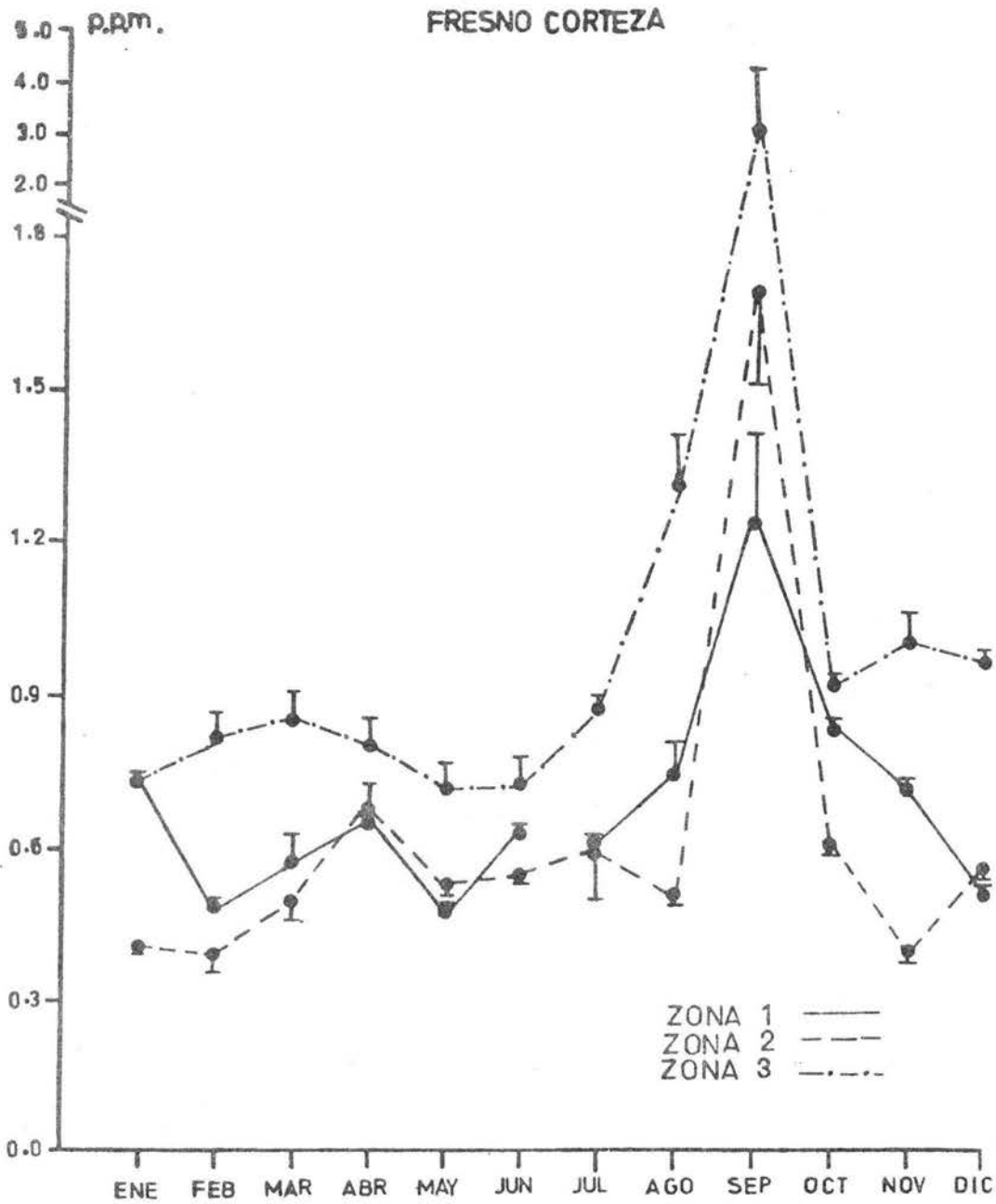
GRAFICA No. 1: Representa la captación de Pb en las hojas de eucalipto. El eje de las abscisas corresponde a los meses del año y el eje de las ordenadas a la concentración de Pb en partes por millón (ppm). Las líneas verticales se destinan al error estándar.



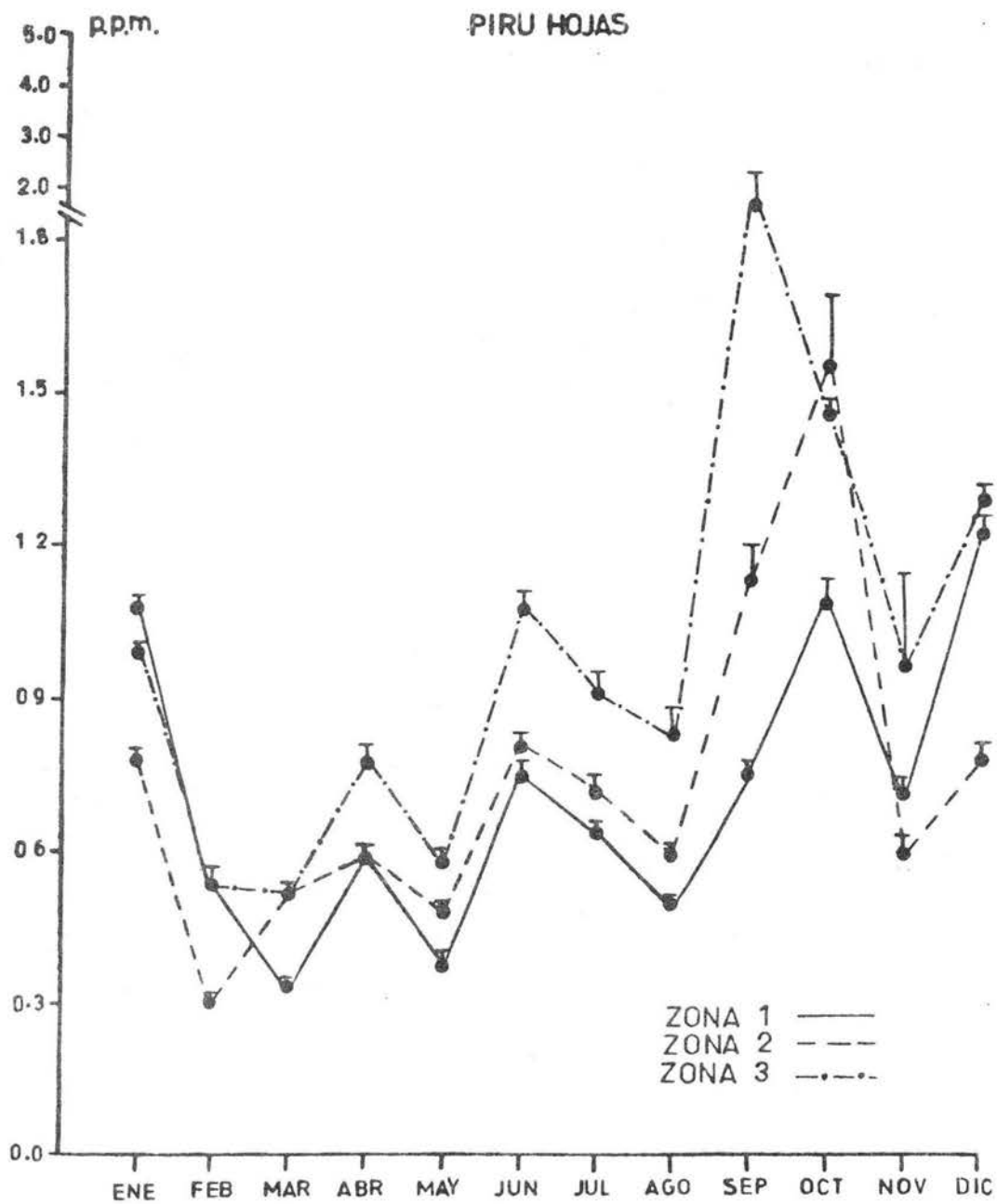
GRAFICA No. 2: Representa la captación de Pb en la corteza de eucalipto. La línea continua (—), representa las coordenadas para la zona I; las líneas discontinuas, las coordenadas de la zona II; y las de línea-punto, las coordenadas de la zona III, respectivamente.



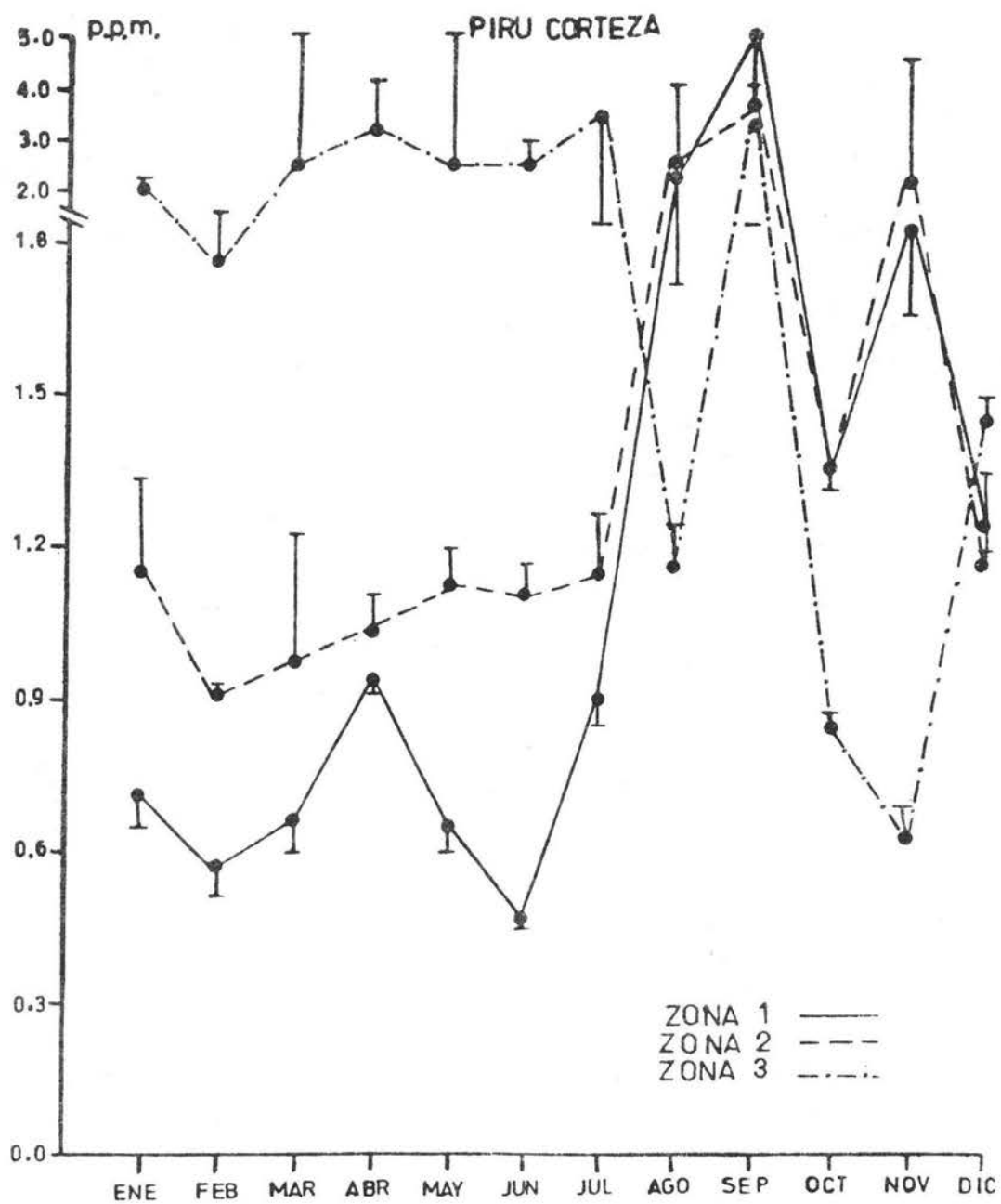
GRAFICA No. 3: Representa la captación de Pb en hojas de fresno. Su descripción se encuentra en el texto.



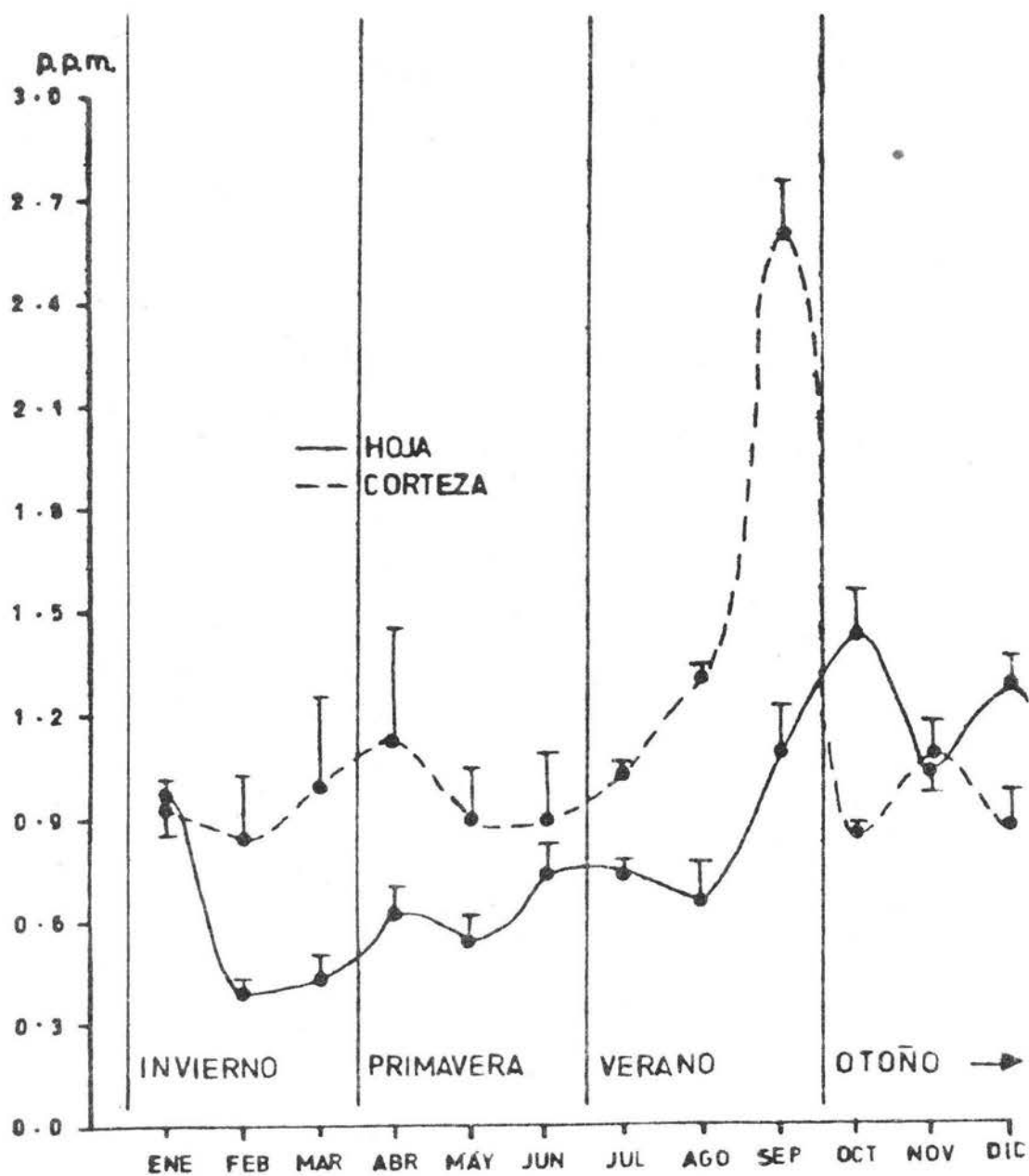
GRAFICA No. 4: Representa la captación de Pb en las cortezas de fresno. Su descripción se encuentra en el texto.



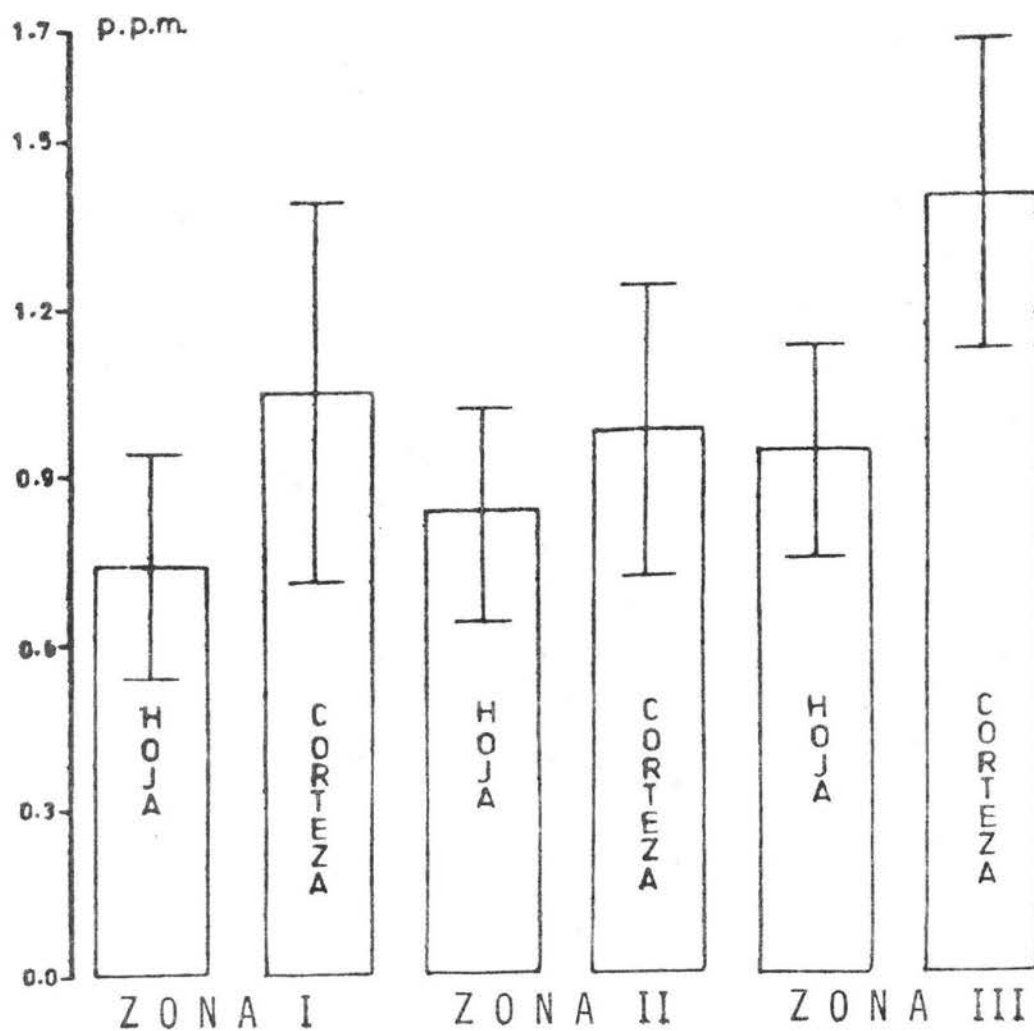
GRAFICA No. 5: Representa la captación de Pb en hojas de pirú. Su descripción se encuentra en el texto.



GRAFICA No. 6: Representa la captación de Pb en las cortezas de pirú. Su descripción se encuentra en el texto.



GRAFICA No. 7: Representa el promedio mensual de captación de las tres especies arbóreas en las tres zonas geográficas. Con una línea continua se indica la curva para la captabilidad en hojas, y con líneas discontinuas la de corteza.



GRAFICA No. 8: Representa la captabilidad media anual de las tres especies arbóreas, por zona geográfica. Cada columna representa la captabilidad en hojas y en corteza para cada zona.

	Ho			Ha				Ho			Ha						
	I	II	III	I	II	III		I	II	III	I	II	III				
ENE	0.84	0.81	0.79					1.20	1.18	1.32				1.05	0.78	0.99	Z ₁
FEB	0.32	0.48	0.44					0.25	0.16	0.47	Z ₃			0.57	0.30	0.54	Z ₂
MAR	0.28	0.95	0.75	Z ₁				0.30	0.28	0.26				0.33	0.51	0.51	Z ₁
ABR	0.45	0.77	0.88					0.47	0.50	0.55				0.59	0.59	0.82	Z ₃
MAY	0.35	0.87	0.81	Z ₁				0.47	0.42	0.60	Z ₃			0.39	0.48	0.58	Z ₁
JUN	0.50	0.67	0.80	Z ₁				0.57	0.69	0.69				0.79	0.81	1.08	Z ₃
JUL	0.61	0.91	0.60					0.85	0.80	0.73				0.64	0.72	0.91	
AGO	0.41	0.54	1.03	Z ₃				0.58	0.76	0.72				0.49	0.58	0.88	Z ₁
SEP	0.58	0.90	1.12					1.20	1.08	1.08				0.76	1.13	1.88	Z ₁
OCT	1.44	1.46	1.63					1.15	1.62	1.54	Z ₁			1.09	1.69	1.48	Z ₁
NOV	0.70	0.96	0.83					1.29	1.78	1.80				0.71	0.59	0.90	
DIC	1.85	1.11	0.97	Z ₁				1.28	1.50	1.70	Z ₁			1.23	0.78	1.29	Z ₂
ZONAS:	I	II	III				I	II	III				I	II	III		
	EUCALIPTO						FRESNO						PIRU				

PORCIENTO DE DIFERENCIA ESTADISTICA POR ZONA

ZONA	I	II	III	\bar{X}
ZONA I	80%	50%	60%	63.33%
ZONA II	0%	0%	20%	6.66%
ZONA III	20%	50%	20%	30.00%

CUADRO No. 1: Representa los datos obtenidos de la comparación de la concentración de plomo en hojas por cada una de las tres especies arbóreas, en cada zona. Las unidades se indican en partes por millón (ppm).

		Ho	Ha			
ENE	PRIMAVERA INVERNO	1.03	0.92	1.00		
FEB		0.38	0.31	0.48		
MAR		0.30	0.53	0.51		
ABR		0.51	0.62	0.77	Z ₃	
MAY		0.41	0.56	0.66	Z ₁	
JUN		0.62	0.71	0.89		
JUL		VERANO	0.72	0.81	0.75	
AGO			0.49	0.64	0.87	Z ₃
SEP			0.88	1.04	1.36	
OCT		OTOÑO	1.22	1.57	1.56	Z ₁
NOV			0.92	1.09	1.13	
DIC			1.42	1.13	1.32	

ZONAS: I II III

H O J A S

ZONA I	50%	Z= zona estadísticamente diferente en baja [Pb]
ZONA II	0%	
ZONA III	50%	Z= zona estadísticamente diferente en alta [Pb]

CUADRO No. 2: Representa el promedio de los datos obtenidos en la comparación de la captación de plomo en hojas de las tres especies arbóreas. Las unidades se indican en partes por millón.

		Ho			Ha			Ho			Ha			Ho			Ha		
ENE	INVIerno	1.04	0.76	0.90	0.72	0.40	0.80	Z ₃	0.71	1.04	2.07	Z ₃	0.60	0.91	1.84	Z ₃			
FEB		0.81	0.78	0.96	0.47	0.40	0.87	Z ₃	0.60	0.91	1.84	Z ₃	0.72	0.95	2.72	Z ₃			
MAR		1.01	0.60	0.97	0.59	0.58	0.90		0.72	0.95	2.72	Z ₃	0.96	1.01	3.10	Z ₃			
ABR	PRIMAVERA	0.81	0.55	0.77	0.66	0.71	0.85		0.96	1.01	3.10	Z ₃	0.71	1.12	2.23	Z ₃			
MAY		0.92	0.54	0.76	0.47	0.52	0.74	Z ₃	0.71	1.12	2.23	Z ₃	0.48	1.18	2.28	Z ₃			
JUN		0.89	0.64	0.85	0.63	0.54	0.78	Z ₃	0.48	1.18	2.28	Z ₃	0.90	1.26	3.49	Z ₃			
JUL	VERANO	1.50	1.23	0.82	0.62	0.71	0.87		0.90	1.26	3.49	Z ₃	2.29	2.50	1.12	Z ₃			
AGO		1.02	1.03	1.16	0.80	0.52	1.47	Z ₁	2.29	2.50	1.12	Z ₃	5.13	3.72	3.42	Z ₁			
SEP		0.86	1.15	1.51	Z ₁	1.34	1.97	3.07		5.13	3.72	3.42	Z ₁	1.34	1.37	0.87	Z ₃		
OCT	OTOÑO	0.60	0.54	0.60	0.85	0.61	0.91	Z ₂	1.34	1.37	0.87	Z ₃	1.71	2.22	0.71	Z ₃			
NOV		1.27	0.77	0.82	0.73	0.40	1.05	Z ₃	1.71	2.22	0.71	Z ₃	1.27	1.06	1.47	Z ₃			
DIC		0.60	0.57	0.83	0.51	0.58	0.98	Z ₃	1.27	1.06	1.47	Z ₃							

ZONAS: I II III I II III I II III

 EUCALIPTO FRESNO PIRU

PORCIENTO DE DIFERENCIA ESTADISTICA POR ZONA

					\bar{X}
ZONA	I	100%	12.5%	8%	40.16%
ZONA	II	0%	12.5%	0%	4.16%
ZONA	III	0%	75.0%	92%	55.66%

CUADRO No. 3: Representa los datos obtenidos de la comparación de la captación de plomo en la corteza para cada una de las tres especies arbóreas. Las unidades indican partes por millón (ppm).

		Ho	Ha	
ENE	INVIERNO	0.85	0.73	1.31
FEB		0.63	0.70	1.22
MAR		0.77	0.71	1.53
ABR	PRIMAVERA	0.83	0.79	1.79
MAY		0.70	0.70	1.24
JUN		0.67	0.75	1.30
JUL	VERANO	1.01	1.07	1.73
AGO		1.37	1.35	1.25
SEP		2.83	2.28	2.66
OCT	OTOÑO	0.93	0.84	0.79
NOV		1.23	1.13	0.86
DIC		0.79	0.78	1.09

ZONAS: I II III

C O R T E Z A

ZONA I 0%

ZONA II 0%

ZONA III 0%

CUADRO No. 4: Representa el promedio de los datos obtenidos en la comparación de la captación de plomo en la corteza de las tres especies arbóreas. Las unidades indican partes por millón.

A N A L I S I S D E R E S U L T A D O S
Y D I S C U S I O N

Los datos analizados presentaron variaciones en la captación de plomo, en los cuales no se cuantificaron factores importantes como son: duración del día, la calidad de luz y su intensidad, la temperatura, el contenido de humedad, la composición química de los suelos, la humedad del aire. Sin los anteriores parámetros sería difícil de realizar una discusión completa, sin embargo, se procedió a describir el comportamiento en cada zona de acuerdo a las estadísticas que se mencionarán más adelante.

Todas las gráficas obtenidas anteriormente fueron analizadas con ayuda de una calculadora programable "Texas Instruments SR-59", con el programa: One way analysis of variance (A.N.O.V. A.) STI-05.

Se escogió este programa, debido a que considera las siguientes premisas para su utilización:

1. La variancia en la concentración de plomo en hojas y en corteza para cada árbol con respecto al resto de la población en la misma zona y en las restantes, se comporta homogéneamente

2. Existe independencia en el nivel de captación de plomo en hojas y corteza para cada árbol con respecto al resto de la población, en cualquiera de las zonas muestreadas.

3. Existe independencia de error durante el muestreo de todas las cuantificaciones experimentales en todos los casos.

El análisis de los resultados se inició primeramente comparando la captación de plomo por mes para la misma especie arbórea en las tres zonas muestreadas considerando las siguientes hipótesis para su estudio:

Hipótesis nula (H_0) - indica que no existe una diferencia estadística significativa en los promedios de las concentraciones de plomo para hojas y corteza de la misma población arbórea en las diferentes zonas. Si llega a existir una diferencia en el promedio de las concentraciones de plomo, esta se debe al azar del muestreo.

La descripción matemática de la H_0 , es la siguiente:

$$\mu[\text{Pb Cualquier árbol}]_{\text{zona I}} = \mu[\text{Pb Cualquier árbol}]_{\text{zona II}} = \mu[\text{Pb Cualquier árbol}]_{\text{zona III}}$$

Hipótesis alternativa (H_a) - indica que existe una diferencia estadística significativa entre los promedios de las concentraciones de plomo para hojas y corteza de la misma población arbórea, la cual se realciona con la zona geográfica, o al menos, existe una zona diferente estadísticamente.

Su descripción matemática es la siguiente:

$$\mu[\text{Pb Cualquier árbol}]_{\text{zona I}} \neq \mu[\text{Pb Cualquier árbol}]_{\text{zona II}} \neq \mu[\text{Pb Cualquier árbol}]_{\text{zona III}}$$

Todos los datos fueron ponderados a un nivel de significancia $\alpha = 0.005$, el cual es altamente discriminativo de que las variaciones no puedan ser relacionadas al azar del muestreo o al error experimental. El estadístico utilizado fue la prueba de "F" a una cola (Burrington, 1965).

Los datos obtenidos en el análisis de la comparación de los promedios de la captación de plomo en hojas para las tres especies arbóreas de las gráficas 1, 3 y 5, se condensaron en el cuadro No. 1; en él, se observa una columna en el extremo izquierdo, que indica los meses del año en que fue realizado el muestreo, al igual que las estaciones que éste comprendió. En tanto que en la parte central, se encuentran tres columnas que resumen la captación de plomo en cada especie arbórea (Su nombre se indica en la parte inferior), en cada una de las tres zonas muestreadas. Asimismo, en cada una de ellas en su extremo derecho se ponderó la zona que fue distinta significativamente. Si cierta zona tomó una mayor captación estadística que las demás, se representó con una letra mayúscula "Z", en cambio si la captación fue menor se usó una letra minúscula "z". Esta columna resume las zonas en que se aceptó la hipótesis alternativa.

En la parte inferior de cada una de estas columnas, se indicó el porcentaje de captación por cada zona para las tres especies arbóreas, al igual que el porcentaje de captación total para dichas zonas.

Las observaciones de los promedios de captación de plomo en hojas fueron reportados en el cuadro No. 1, en él se encontraron las tendencias siguientes:

Eucalipto (*Eucalyptus globulus*).

Existió una tendencia del 80% en la diferencia estadística debido a la captación total de plomo en la zona I, siendo ésta del 60% un poco antes de la primavera en una concentración menor, y el 20% restante durante el otoño para una concentración mayor.

La zona II, no fue estadísticamente diferente para ningún mes. En tanto que la zona III, fue diferente en un 20% durante agosto, debido a una alta concentración.

Fresno (*Fraxinus uhdei*).

Presentó una tendencia de un 50% en la diferencia estadística a una alta concentración para la zona III, durante los meses de febrero y mayo. Del mismo porcentaje fue la captación para la zona I, notando que en los meses de octubre y noviembre se presentó una alta concentración y para diciembre una disminución en dicha concentración.

Pirú (*Schinus molle*).

La zona I tuvo la mayor diferencia estadística en la captación, siendo ésta de una magnitud del 60% para dicha zona debido a una alta concentración en los meses de enero y agosto, en tanto que presentó una baja concentración en los meses de marzo

mayo, septiembre y octubre.

La zona II captó el 20% de la diferencia estadística durante parte del invierno (diciembre y febrero).

La zona III se comportó de igual modo en el porcentaje de captabilidad durante los meses de abril y junio debido a una alta concentración de plomo.

Por otro lado, el promedio de captación de plomo para las tres poblaciones arbóreas fue mayor en la zona I con 63.3%; para la zona III fue de 30.0%, y finalmente, en la zona II de 6.6%, existiendo una diferencia estadística en esta zona para las especies de eucalipto y fresno.

El cuadro No. 2, representa el promedio de la captabilidad en cada zona para las tres especies arbóreas. En la parte central se disponen las zonas del mismo modo que en el cuadro anterior, únicamente se adicionaron dos columnas, una horizontal y una vertical que representan el promedio y error estándar por mes para las tres zonas, y el promedio anual y error estándar para cada zona.

Del análisis de este cuadro se encontró que la diferencia estadística se distribuyó de un modo homogéneo en las zonas I y III en un 50% cada una, en tanto que la zona II no fue significativamente diferente.

Por otro lado, en el cuadro No. 3 se encontraron las si-

güentes tendencias en la captación de plomo:

Eucalipto (*Eucalyptus globulus*).

Presentó diferencia significativa solamente en la zona I para una baja captación de plomo, por lo que representó el 100% de la diferencia en el mes de septiembre.

Fresno (*Fraxinus uhdei*).

La diferencia estadística se tuvo distribuida en un 12.5% para las zonas I y II en el mes de octubre, y del 75% para la zona III, todas a una alta concentración en diferentes meses.

Pirú (*Schinus molle*).

La diferencia estadística se encontró distribuida en un 80 por ciento en la zona I, debido a una alta concentración durante el mes de septiembre, en tanto que la zona II no presentó diferencia importante. No obstante, la zona III fue significativamente diferente en un 92%, siendo ésta del 23% para una baja concentración en los meses de agosto, octubre y noviembre, y de una alta concentración correspondiente al 69% en todos los meses de enero a julio, y en diciembre.

Por otro lado, en el cuadro No. 4 no hubo diferencia significativa para ninguna zona durante ningún mes.

El análisis de los promedios mensuales de las tres zonas y el promedio anual por zona se representan en las gráficas No. 7 y No. 8, respectivamente.

En lo que respecta a la gráfica No. 7, ésta representa la captación de plomo en hojas y corteza para cada mes. Cada coordenada corresponde al promedio de las tres zonas para las tres especies arbóreas. Las barras verticales representan el error estándar de los promedios.

El análisis de esta curva para las hojas, evidencia la mayor captación de plomo durante el mes de octubre (otoño), y las mayores lecturas en los meses de septiembre (verano), noviembre y diciembre (otoño) y enero (invierno), en tanto que las más bajas corresponden a la última parte del invierno y principios de la primavera.

Los errores estándares en esta curva no se sobrelapan en su mayoría, por lo que las diferencias entre los promedios de las coordenadas son significativas.

Ahora bien, en el análisis de la curva para corteza las diferencias en los errores estándares entre coordenadas no son significativamente diferentes en la mayoría de los meses. Pero en cambio, sí se observa que la mayor captación de plomo ocurre durante el mes de septiembre (verano).

Sin embargo, si se consideran únicamente los promedios y se comparan con las muestras en hojas, se observa cierta similitud en los valles y crestas de ambas curvas; por lo que es probable que el error experimental obtenido en corteza pueda ser

disminuido del mismo modo que en las hojas, si se aumenta el número de muestras.

En la gráfica No. 8, se representa la captabilidad media anual por zona para las tres especies arbóreas, encontrándose que ésta fue estadísticamente significativa siendo de 7.410 ± 0.209 (error estándar) para la zona I; de 0.835 ± 0.193 para la zona II y de 0.941 ± 0.197 para la zona III, en los muestreos de hojas. Dicha diferencia se ponderó por medio de la prueba de "t" de student para comparación de medias a un nivel de significancia $\alpha = 0.005$, y fue diferente entre las zonas I y II con respecto a la zona III, pero no entre ellas.

Con respecto a la captabilidad media anual para la corteza de las tres zonas se encontraron las siguientes tendencias:

En la zona I, se encontró una captabilidad intermedia de 1.050 ± 0.347 y en la zona II, una menor de 0.985 ± 0.263 , pero éstas no fueron significativamente distintas según la prueba de "t" de student para medias a un nivel de significancia $\alpha = 0.005$. En tanto que en la zona III, se obtuvo una captabilidad media anual de 1.397 ± 0.286 , y fue significativamente distinta a la zona II, pero no a la zona I debido a que su error estándar relacionado con el error experimental es relativamente alto. Todas estas lecturas de dispersión se reportan en unidades de partes por millón (ppm).

La espectrofotometría de absorción atómica fue la técnica utilizada debido a su rapidez e idoneidad para el análisis en serie de cantidades de muestras relativamente pequeñas, así como por sus características de reproducibilidad, precisión, sensibilidad y bajo nivel de interferencias.

Esta técnica analítica posee suficiente exactitud y precisión por lo que, junto a su relativa simplicidad y al no haberse detectado interferencias, puede considerarse adecuada para el control sistemático en análisis de algunos contaminantes.

En la práctica, su aplicación se puede ver limitada fundamentalmente por problemas en la preparación de la muestra, consecuencia de la falta de homogeneidad de estos productos y de las bajas concentraciones del elemento a determinar, por lo que se trató de efectuar los pretratamientos químicos de la mejor manera posible.

Tanto el ácido nítrico como el perclórico son ácidos fuertes y se emplearon para las digestiones, ya que destruyen con más facilidad los tejidos y liberan los iones, solubilizando así, las sales que se puedan formar. Además, la mineralización por vía húmeda reduce las pérdidas por volatilización que conllevan los tratamientos de incineración (vía seca).

En el caso de los vegetales, además de la contaminación de plomo por el aire, reciben la contaminación del suelo, dada por

residuos de fertilizantes y otros factores, el plomo también llega a las plantas en su precipitación por el agua, lo que también acarrea cambios importantes en los medios de cultivo, por lo que la mayor cantidad de plomo que se fija a una planta se localiza en la superficie de las hojas y muy poca es absorbida por medio de los estomas provocando inhibición enzimática en el interior; en el exterior, podrá afectar el plomo al interrumpir el acceso del aire o del agua al interior de la planta.

C O N C L U S I O N

Las tres poblaciones de árboles que se muestrearon fueron las siguientes: de la familia oleacea, *Fraxinus uhdei*; de la familia mirtacea, *Eucalyptus globulus*, y de las anacardaceas, *Schinus molle*.

Las estadísticas demostraron con base en las lecturas obtenidas por espectrofotometría, que durante todo el año hubo captación de plomo tanto en hojas como en corteza en las tres poblaciones, existiendo una menor concentración promedio de plomo en hojas que en corteza para la misma especie arbórea en las distintas zonas geográficas.

En orden de menor a mayor índice de contaminación relacionado con la concentración media anual de plomo en cortezas y en hojas, dio como resultado que la zona que comprende Los Reyes Iztacala presentara el menor índice, en tanto que el Parque Tezozomoc fue de valor intermedio y en la zona donde está ubicada la Refinería "18 de Marzo", la concentración fue mayor.

En general, no existió una mayor captabilidad media anual para plomo entre las diferentes especies arbóreas, probablemente originado por presentar un metabolismo muy similar.

Con respecto a la captabilidad de plomo en hojas y en corteza a lo largo del año, se observó una mayor captación de este

contaminante durante los meses de octubre y septiembre respectivamente, correspondiendo a las fases estacionales de verano y otoño y no al invierno como se esperaba.

G L O S A R I O D E T E R M I N O S

AIRE PURO : es una mezcla gaseosa compuesta en un 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y 1% de numerosos compuestos tales como el argón, bióxido de carbono y ozono.

ANTROPOGENICO : acción o efecto producido directa o indirectamente por las actividades humanas.

BIOMA : agrupación de ecosistemas en grandes unidades ecológicas con un ambiente determinado, un mismo tipo de clima y una vegetación y fauna características. Ejemplo de biomas son el desierto, estepa, sabana, selva tropical lluviosa, bosque de encinos, etcétera.

BIOMASA : peso total de la materia existente en un habitat determinado.

BIOTICO : relativo a los seres vivos. Abiótico designa lo referente a elementos físico-químicos que carecen de vida.

CLOROSIS : aclaramiento de algunas zonas de hojas causada principalmente por falta de nutrientes o por acción tóxica de algunos contaminantes aéreos, como el plomo, ácido sulfúrico y ozono, entre otros.

COMBUSTION INCOMPLETA : quema insuficiente que ocurre cuando el oxígeno y/o el tiempo disponibles en el proceso resultan inferiores a lo necesario produciendo un exceso de monóxido de carbono (CO), gas altamente tóxico para los seres vivos.

COMUNIDAD VEGETAL : conjunto de plantas que viven e interactúan mutuamente en un habitat natural.

CONTAMINACION : presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o cualquier combinación de ellos que perjudique o resulte nocivo para la vida, salud y bienestar humanos, flora y fauna, o degrade la calidad del aire, agua, suelo, o de bienes y recursos en general.

CONTAMINANTE : materia o sustancia, sus combinaciones o compuestos, derivados químicos o biológicos así como toda forma de energía, radiaciones ionizantes, vibraciones o ruido que al incorporarse y actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento del ambiente alteran o modifican su composición o afectan la salud humana.

DIGESTION : destrucción de la materia orgánica por medio de productos químicos.

ECOSISTEMA : unidad compuesta por los seres vivos (incluyendo al hombre) y los elementos abióticos de un sitio definido en el tiempo y en el espacio cuyo funcionamiento, estructura y organización derivan de las interacciones entre sus componentes.

ECOTECNICAS : técnicas orientadas hacia el manejo adecuado del ambiente. En términos de agricultura, ganadería, piscicultura, construcción, industria, etcétera, se caracterizan por el reciclaje de insumos, productos y desechos, utilizau

ción de materiales locales, tecnología limpia o no contaminante, materiales biodegradables, etcétera. Este concepto se relaciona estrechamente con la tecnología apropiada y el rescate de tecnologías tradicionales.

ECOTIPO : grupo de plantas de una especie adaptadas genéticamente a un medio (habitat) particular, pero capaces de cruzarse libremente con otros ecotipos de la misma especie.

HABITAT : lugar con un tipo particular de ambiente habitada por organismos, por ejemplo: el litoral marino.

INTERVENAL : que se localiza entre vena y vena.

LLUVIA ACIDA : precipitación húmeda con un potencial de hidrógeno (pH) inferior a 5, provocado por la presencia de óxidos de azufre y de nitrógeno en la atmósfera.

NECROSIS : muerte o gangrena de un tejido en una zona anatómica

PLANTA FORRAJERA : que se utiliza para la alimentación del ganado, por ejemplo: pastos, alfalfa, cebada, maíz, etcétera.

PLANTA SILVESTRE : que crece en algún ecosistema sin la intervención del hombre.

P.P.M. : partes por millón (ppm). Medida de concentración de un contaminante (en peso) presente en una fracción del medio (en volumen).

RADON : elemento químico radiactivo de número atómico 86 llamado en otro tiempo radioemanación. Su símbolo es Rn.

RAYADO BLANQUECINO : manifestaciones blancas alargadas que se presentan en las hojas, causadas por contaminantes aéreos.

SATURNISMO o PLUMBISMO : intoxicación crónica, causada por las sales del plomo.

SLIT : posición de la rendija (abertura de la ventana), presente en el espectrofotómetro de absorción atómica.

SMOG FOTOQUIMICO : mezcla de gases oxidantes formados de una reacción de óxidos de nitrógeno con hidrocarburos gaseosos en presencia de luz solar, que incluye además ozono y compuestos similares al gas lacrimógeno conocidos como PAN (peróxidos acetilnitratos).

B I B L I O G R A F I A

- Antonovics J, Bradshaw AD, Turner RG: *Heavy metal tolerance in plants*. En: Cragg JB, ed: *Advances in ecological research*. New York: Academic Press, 1971: vol 7: 1-85.
- Barry PS: *The current lead pollution problem*. *Postgrad Med J* 1975; 51 (601): 783-787.
- Bazzaz FA, Carlson RW, and Rolfe GL: *The effect of heavy metals on plants: 1. Inhibition of gas exchange in sunflower by Pb, Cd, Ni, Ti*. *Environ Pollut* 1974; 7: 241-246.
- Briggs D: *Population differentiation in Marchantia polymorpha L. in various lead pollution levels*. *Nature (London)* 1972; 238: 166-167.
- Burrington RS: *Handbook of mathematical tables and formulas*. Fourth edition. New York: McGraw-Hill, 1965: 164.
- Clarkson TW, Distefano V: *Plomo, mercurio, arsénico y agentes quelantes*. En: *Farmacología Médica Drill*. 2^a ed. en español. México: La Prensa Médica Mexicana, 1978: 1080-1085.
- Daniel WW: *Regresión y correlación lineales simples*. En: *Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud*. Sexta reimp. México: Limusa, 1985: 243-290.

Davis JB, and Barnes RL: *Effects of soil-applied fluoride and lead on growth of loblolly pine and red maple.* Environ Pollut 1973; 5: 35-44.

Dedolph RG, Ter Haaer R, Holtzman R, and Lucas HJ: *Sources of lead in perennial ryegrass and radishes.* Environ Sci Technol 1970; 4: 217-223.

Dreisbach RH: *Manual de envenenamientos.* 4^a ed. México: El Manual Moderno, 1981: 200-206.

Ernst W: *Schwermetallvegetation der Erde.* Stuttgart: G. Fisher Verlag, 1974: 196 p.

Espinoza RM: *Historia de la contaminación atmosférica.* Biosfera 1985; V: 9-12.

Gartside DW, and McNeilly T: *The potential for evolution of heavy metal tolerance in plants. II. Copper tolerance in normal populations of different plant species.* Heredity 1974; 32: 335-348.

Hill CR: *Lead-210 and polonium-210 in grass.* Nature 1960; 187: 211-212.

I. de Bauer ML de la: *Presencia de gases oxidantes a niveles fitotóxicos en el valle de México. Conferencia técnica sobre climatología urbana y sus aplicaciones, con especial referen*

- cia a las zonas tropicales. México: Centro de Fitopatología, 1984: 1-3.
- Jáuregui OE: *Estudio sobre el nivel de contaminación del aire en la ciudad de México.* Rev Ingeniería Hidráulica en México 1958; 12 (3): 1-10.
- Kennedy VC: *Geochemical studies in the Coeur d'Alene district Shoshone Country, Idaho.* US Geol Surv Bull 1960; 1098-A.
- Kerin Z, Kerin D, and Djurić D: *Lead contamination of environment in Meza Valley. Lead content of the soil.* Int Arch Arbeitsmed 1972; 29: 129-138.
- Klaassen CD: *Los metales pesados y sus antagonistas.* En: Goodman GA, Goodman LS, Gilman A: *Las bases farmacológicas de la terapéutica.* 6^a ed. México: Panamericana, 1986: 1572-1579.
- Lawrence HMG: *Taxonomy of vascular plants.* New York: McMillan Publishing Company, Inc., 1951: 568-569, 624-633, 665-666.
- López Portillo y RM, ed: *El medio ambiente en México: temas, problemas y alternativas.* México: Fondo de Cultura Económica, 1982: 429 p.
- Ludwig JH, Diggs DR, Hesselberg HE, and Maga JA. *Amer Industr Hyg Ass J* 1965; 26: 270.

- Manning WJ, Feder WA: *Effects of ozone on economic plants*. En: Mansfield TA, ed: *Effects of air pollutants on plants*. Great Britain: Cambridge University Press, 1976: 47-60.
- Mattsson R, and Jaakkola T: *Lead in the Helsinki air*. *Impäristö Terveys* 1974; 5: 721.
- Meléndez TE: *El medio ambiente urbano industrial*. En: López Portillo y RM, ed: *El medio ambiente en México: temas, problemas y alternativas*. México: Fondo de Cultura Económica, 1982 : 151-168.
- Mitchell RL, and Reith JWS: *The lead content of pasture herbage*. *J Sci Food Agric* 1966; 17: 437-440.
- Mitchell RL: *Soil aspects of trace element problems in plants and animals*. *J Roy Agric Soc* 1963; 124: 75-86.
- Motto HL, Daines RH, Chilko DM, and Motto CK: *Lead in soils and plants: Its relationship to traffic volume and proximity to highways*. *Environ Sci Technol* 1970; 4 (3): 231-237.
- Munn RE, and Bolin B: *Global air pollution-meteorological aspects*. *A Survey Atmos Environ* 1971; 5: 363-402.
- Muñoz JL: *Detección de minerales por espectrofotometría de absorción atómica en algunos insectos comestibles de la República Mexicana*. Tesis de Biología, Escuela Nacional de Estu-

dios Profesionales Iztacala, UNAM. México, 1986: 62 p.

Murozumi M, Chow TJ, and Patterson CC: *Chemical concentration of pollutant lead aerosols, terrestrial dust and sea salts in Greenland and Antarctic snow strata*. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 1969; 33: 1247-1294.

National Academy of Sciences USA (NAS-USA). *Lead: airborne lead in perspective*. Washington, DC: National Research Council, 1972.

Organización Mundial de la Salud (OMS). *Riesgos del ambiente humano para la salud*. Washington, DC: Organización Mundial de la Salud, 1976: 160-165.

Organización Panamericana de la Salud (OPS-OMS). *Criterios de salud ambiental 3: Plomo*. *Publicación científica N° 388*. México: Servicio de publicaciones y documentación de la OPS/OMS, 1979: 169 p.

Rousselet F: *Spectrophotometrie d'absorption atomique: applications analytiques a la biologie et a la bromatologie*. *Actualités de chimie analytique organique, pharmaceutique et bromatologique*. France: JA Gawtier, P Malangeau y F Pellerin, 1971: 20: 109-143.

Rzedowski J, Rzedowski GC de: *Flora fanerogámica del Valle de*

México. México: Compañía Editorial Continental, 1979: vol 1: 403 p.

Schroeder HA, and Balassa J: *Abnormal trace metals in man: lead* J Chron Dis 1961; 14: 408-425.

Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). *Informe sobre el estado del medio ambiente en México*. México: Subsecretaría de Ecología, 1986: 83 p.

Sevilla ML: *Medio ambiente, contaminación y salud*. En: Ortiz de Quezada F, ed: *Vida y muerte del mexicano*. México: Folios ediciones, 1982: 89-102.

Smith WH: *Air pollution-effects on the structure and function of the temperate forest ecosystem*. Environ Pollut 1974; 6: 111-129.

Sokal R, and Rohlf J: *The dose-response. Relation in Pharmacology*. New York, USA: Springer Verlag, 1979: 131-170.

Ter Haar GL: *Air as a source of lead in edible crops*. Environ Sci Technol 1970; 4: 226-229.

Tirado SD, Bravo H, Torres R, et al.: *Contenido de metales pesados en partículas totales en la atmósfera de la ciudad de México*. México: Centro de ciencias de la Atmósfera, UNAM, 1982: 34 p.

- Turk A: *Ecología, contaminación y medio ambiente*. México: Interamericana, 1982: 83-112.
- Valle Vega P, y López CA: *Determinación de plomo en cebolla y lechuga consumidos en el Distrito Federal*. Rev Tecnol Aliment Méx 1982; XVII (4): 4-10.
- Velasco LA: *La contaminación atmosférica en la ciudad de México*. Ciencia y Desarrollo 1983; 52: 59-68.
- Villalón A, Manchus R: *Contaminación ambiental, causas y valoración*. Barcelona: Editorial Jims, 1974: 342-349.
- Warren HV, and Delavault RE: *Lead in some food crops and trees*. J Sci Food Agric 1962; 13: 96-98.
- Wayne WD: *Biostatistics*. New York, USA: Wiley and Sons, 1975: 59-90.
- Zoller WH, Gladney ES, and Duce RA: *Atmospheric concentrations and sources of trace metals at the south pole*. Science 1974; 183: 198-200.