



10
2ej

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

**DISTRIBUCION ESPACIO Y TEMPORAL DE
LOS NIVELES DE PLOMO ATMOSFERICO EN
LA CIUDAD DE MEXICO A PARTIR
DE 1984 HASTA 1992.**

JORGE LUIS CRUZ FERREIRA

T E S I S

PRESENTADA A LA

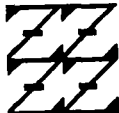
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

COMO REQUISITO PARA

BIOLOGO

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

U N A M
F E S
Z A R A G O Z A



LO HUMANO ES
DE NUESTRA REFLEXION

ABRIL 1994



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 está 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.

Distribución espacio y temporal de los niveles de plomo atmosférico en la Ciudad de México a partir de 1984 hasta 1992.

5

JORGE LUIS CRUZ FERREIRA.

DIRECTOR DE TESIS :
DR. ERNESTO JAUREGUI O.

CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMOSFERA.
1994.

RESUMEN

Se determina la distribución espacio y temporal de los niveles de plomo atmosférico en la Ciudad de México a partir de 1984 hasta 1992 utilizando datos de la red manual de la SEDESOL. Los procedimientos de muestreo son los recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de los E. U. y SEDESOL. Los procedimientos estadísticos son los utilizados en el campo de la contaminación ambiental y su interpretación se realiza respecto a normas de calidad del aire para poder valorar la eficacia de las medidas de control del plomo atmosférico en la Ciudad de México.

Se observa que se presenta una variación espacial marcada siguiendo un gradiente de norte a sur de la ciudad, coincidiendo con la localización de fuentes de origen y a la acción que ejercen los vientos al producir un arrastre de plomo a través de la ciudad. En cuanto a la variación estacional se concluye que el efecto de "lavado" por acción de las lluvias es el fenómeno más importante en cuanto a los cambios en la concentración ya que en los meses de la época se secas las concentraciones son más altas y en los meses de la época de lluvias los niveles disminuyen hasta el grado de ser casi nulo. Casi todas las estaciones rebasaron la norma de $1.5 \mu\text{g} / \text{m}^3$ en los periodos de secas y XA es la única que la rebasó tanto en secas como en lluvia (21 veces en 9 años).

Al relacionar la calidad del aire con las fuentes de contaminación se valora la eficacia de las medidas de control en concordancia con las normas de calidad del aire, ya que tanto mensual, trimestral y anualmente ha disminuido la concentración de plomo en el ambiente de manera notable, como es el caso de la disminución del contenido de plomo en la gasolina que trajo como consecuencia una disminución muy grande de la concentración de plomo en el aire, confirmando así que las emisiones vehiculares son la principal fuente antropogénica de este contaminante en la atmósfera. Por todo ello, este trabajo tiene gran importancia del seguimiento a largo plazo de los niveles de plomo atmosférico para tratar de minimizar la adaptación o copia de "otras" normas de contaminantes y también modificar la conducta individual y colectiva en relación al medio ambiente por medio del Programa Nacional de Educación Ambiental para poder mejorar la calidad del aire de la Ciudad de México.

INDICE

	PAGS.
I) INTRODUCCION.	1
1.- Contaminación atmosférica.	1
a.- Fuentes naturales y artificiales de contaminación.	2
2.- Partículas suspendidas.	3
3.- Contenido de metales pesados en partículas suspendidas.	5
4.- El plomo atmosférico como contaminante.	6
a.- El efecto del plomo en la salud humana.	8
5.- La normatización en México.	11
II) ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS EN MEXICO.	13
III) OBJETIVO DEL TRABAJO	15

	PAGS.
IV) LOS DATOS.	16
1.- Localización del área de estudio.	17
2.- Meteorología del área de estudio.	18
3.- Monitoreo atmosférico.	21
a.- Sistema de evaluación de la calidad del aire.	
b.- Método de monitoreo atmosférico.	
c.- El índice metropolitano de la calidad del aire.	
V) METODO.	31
VI) RESULTADOS E INTERPRETACION.	34
Tablas de promedio mensual y anual (I-IX).	35
1.- Análisis de la variación temporal.	44
Gráficas de concentración anual Vs años (1-3).	46
Mapas de la variación espacial de la concentración anual (1-9).	50

	PAGS.
2.- Análisis de la variación espacial.	59
Tablas de promedio trimestral (X-XII).	60
Gráficas de promedio trimestral (4-14).	64
3.- Análisis de promedio trimestral	75
Gráficas de la distribución de frecuencias de la concentración (15-20).	76
4.- Análisis de frecuencias de concentraciones de plomo.	82
VII) CONCLUSIONES Y REFLEXIONES.	86
VIII) BIBLIOGRAFIA.	88

I) INTRODUCCION.

I.-CONTAMINACION ATMOSFERICA.

Debido al rápido crecimiento de la Ciudad de México durante los últimos 20 años y al rezago en la implantación de medidas técnicas para controlar la contaminación del aire, se han incrementado notablemente las concentraciones de varios contaminantes en la zona (Fuentes, 1991).

El crecimiento demográfico y físico, la concentración industrial y el incremento de vehículos, provocaron varios desequilibrios; entre otros, un deterioro ambiental de considerable magnitud.

Para quienes vivimos en la Ciudad de México resulta obvio escuchar que nuestras vidas transcurren en una atmósfera altamente contaminada. Es seguro que la verdadera dimensión de las concentraciones de ozono, partículas suspendidas y demás sustancias contaminantes presentes en nuestra muy particular atmósfera sea desconocida (Legorreta, 1991).

No existe mención alguna del dinamismo del fenómeno ni del grado y la periodicidad con que son rebasados los niveles máximos permisibles de concentración de los contaminantes en las áreas más afectadas del país, o de la combinación de la contaminación atmosférica con los fenómenos climáticos y meteorológicos que, particularmente en el valle de México, agudizan los niveles de contaminación del aire.

Cuando un contaminante es incorporado al ambiente, se dispersa en el medio que lo recibe e interactúa con los elementos que integran ese ambiente. Se transporta dentro de ese medio y se transfiere hacia otros. Mientras esto sucede el contaminante puede convertirse en sustancias más tóxicas (López, 1987).

Es ahí en donde la divulgación científica se vuelve un vehículo para la comprensión del medio que nos rodea, información básica en la búsqueda de soluciones a esta problemática, en la toma de decisiones, en la cual la participación ciudadana es fundamental. Los habitantes de la Ciudad de México debemos conocer a fondo la situación que vivimos, dejando a un lado demagogia y disfraces de cifras. Sólo así lograremos tener una visión completa y saber hasta donde podemos y debemos participar individualmente, y cuándo es necesario exigir a las autoridades la implementación de medidas que verdaderamente detengan el deterioro que ha sufrido el aire de lo que fuera

"la región más transparente" y volver nuestro aire respirable y nuestra ciudad habitable (Legorreta, 1991).

Para poder controlar, reducir y, de ser posible, eliminar del aire los principales contaminantes, es necesario conocer cuáles son sus principales fuentes de producción, los mecanismos naturales de protección de la atmósfera, las condiciones climatológicas y geográficas que aumentan o disminuyen el riesgo, así como la interacción de los diversos componentes de la atmósfera (Albert, 1990).

Se entiende por contaminación atmosférica a la alteración de la calidad de la atmósfera con elementos, sustancias o materiales extraños a consecuencia de las actividades humanas, aun cuando también puede ser originada por fenómenos naturales como tormentas, erupciones volcánicas o incendios provocados por rayos (Turk, 1984; López, 1987; Rivero, 1993).

a) Fuentes naturales y artificiales de contaminación.

La Ciudad reúne la mayor cantidad de fuentes naturales y artificiales de contaminación : polvo, cenizas y vapores de distintos metales que se liberan en las erupciones volcánicas, áreas erosionadas, el polen de plantas y las esporas de hongos, incluso el bióxido de carbono que se libera en los procesos de respiración y descomposición biológica, basura y defecación a cielo abierto, filtraciones al subsuelo de aguas no tratadas, fábricas, talleres, termoeléctricas, refineras, industrias químicas, del cemento y de fertilizantes, fundidoras, baños públicos, incineradores industriales y domésticos, millones de vehículos automotores de combustión interna y aviones, para mencionar algunas. (Legorreta, 1991; Girón, 1989; Ocampo, 1986; González, 1986; Rivero, 1993).

La fuente de contaminación de origen natural suele ser limitada en el tiempo y en el espacio, ya que esta asociada a circunstancias biogeoclimáticas especiales. Por lo tanto, al existir límites y origen bien definidos, se puede identificar con facilidad y, en algunos casos, se puede eliminar.

La fuente de contaminación de origen artificial o antropogénico puede ocurrir también por la entrada al ambiente de sustancias sintéticas y, por lo tanto, tiene una gran variedad de causas. Por lo mismo, ocasiona diversos problemas y efectos adversos tanto a corto como a largo plazo (Albert, 1990).

2.-PARTICULAS SUSPENDIDAS.

Las partículas suspendidas son pequeños núcleos de tierra, agua, metales (Pb, Fe, Cd), silicatos y óxidos de azufre y nitrógeno que se encuentran como polvos, humos y/o aerosoles suspendidos en la atmósfera durante horas, días e incluso meses. Los cuales pueden tener efectos en la salud o en el ambiente.

Las partículas suspendidas pueden definirse como materia dispersa en la atmósfera que existe en fase condensada (líquido y sólido), que varía en tamaño desde conglomerados moleculares con 0.005 μm hasta gruesas del orden de 100 μm . Las partículas suspendidas totales (PST), representan un gran conjunto de diversas clases de sustancias con características físicas y químicas diferentes. Estas características varían con respecto al tiempo, la región, la meteorología y el tipo de fuente de emisión. Es de esperar que los efectos de las partículas en la salud y bienestar varíen también (Nava, 1991).

Uno de los aspectos escasamente difundidos sobre el tema, es el que se refiere a las altas concentraciones de partículas suspendidas que actualmente persisten en la zona y su tendencia creciente, particularmente en los últimos 10 años. Una fracción importante de las partículas suspendidas, integrada por una gran variedad de compuestos tóxicos, entre los que se incluyen a los metales pesados y las sustancias orgánicas sintéticas, son retenidas por el aparato respiratorio, y por lo tanto, tienen la oportunidad de actuar de manera acumulativa y crónica en la salud de los habitantes del valle de México (Fuentes, 1991, Girón, 1986).

Algunas partículas, como las emitidas por los motores diesel, presentan alta probabilidad de ser responsables de la producción de cáncer. Otras, como los polvos acarreados por tolvaneras, pueden ser portadores de sustancias tóxicas como pesticidas o portadores de organismos microbiológicos como *E. coli* y otros. Las partículas además, pueden ocasionar corrosión de materiales, daño a la vegetación y reducir sensiblemente la visibilidad (EPA, 1984).

Las partículas suspendidas son muy importantes porque en su superficie se pueden producir distintas reacciones químicas y fotoquímicas (estas reacciones requieren de la energía de la luz solar, para llevarse a cabo) y formar compuestos que son mucho más nocivos que la misma partícula. En nuestra ciudad son de origen principalmente antropogénico (Burgos, 1986). En la Ciudad de México, las fuentes principales de partículas suspendidas provienen de: procesos de combustión, de algunos procesos industriales como la fabricación de cemento, de la formación fotoquímica de aerosoles

con contenidos de nitratos y sulfatos y, durante la época de estiaje, de las tolvaneras (Jáuregui, 1989).

Las partículas suspendidas totales (PST), son un parámetro indicador de calidad del aire y se cuenta con Normas de Calidad de Aire dada su importancia. Las normas de los E.U.A. para las PST son de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas y $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio geométrico anual. Todas las normas están referidas a condiciones estándar de presión y temperatura (STP 1 atm y 25°C). La norma mexicana de PST es de $275 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en un período de 24 horas (Fuentes, 1991 ; Nava, 1991).

Cuando estos niveles son rebasados se habla de mala calidad del aire y sus efectos están considerados en los criterios de calidad del aire publicados por la U.S. EPA. Estas normas están diseñadas para protección de la salud, por lo que el análisis de los niveles de PST son de gran importancia en estudios de calidad del aire y efectos en el hombre (Nava, 1991).

La contaminación del aire por PST es uno de los problemas ambientales más importantes de México, y es el resultado directo de un desordenado crecimiento de las diversas actividades del país. En general, la contaminación atmosférica se limita a las zonas de alta densidad demográfica o industrial (Bravo, 1987; SEDUE, 1986).

3.-CONTENIDO DE METALES PESADOS EN PARTICULAS SUSPENDIDAS.

Los metales pesados, también llamados metales traza o tóxicos, se han identificado como una nueva clase de contaminantes (Nava, 1991).

La estabilidad de los metales permiten que sean transportados desde sus fuentes de origen a distancias considerables tanto por el aire como por el agua (Nava y Tirado, 1978; Stoker and Seager, 1981).

Estos metales son más importantes que aquellos que abundan más debido a su potencial tóxico sobre los organismos vivos (Stoker and Seager, 1981).

En lo que se refiere a metales pesados (plomo, hierro y cadmio) se detectan en las partículas suspendidas y a diferencia de los contaminantes orgánicos, los metales no pueden degradarse biológica y químicamente en la naturaleza. Los compuestos que contienen metales pueden degradarse, pero los metales persisten, inclusive algunos de estos reaccionan transformándose a formas más tóxicas. Uno de los resultados más graves de su persistencia es la magnificación biológica de los metales en la cadena trófica (Collins, 1986), y específicamente en el caso del plomo, que es un metal que se encuentra en la atmósfera, por su alta densidad es considerado como un metal pesado, dado que no únicamente se encuentra en la atmósfera si no que también en la biosfera y la litosfera. La llegada de la moderna industrialización y en particular, del vehículo de motor ha sido testigo del dramático incremento en el uso de plomo como componente de baterías y desde 1923, como aditivo "antidetronante" en gasolina (Ratcliffe, 1981; Mimari, 1991).

4.-EL PLOMO ATMOSFERICO COMO CONTAMINANTE.

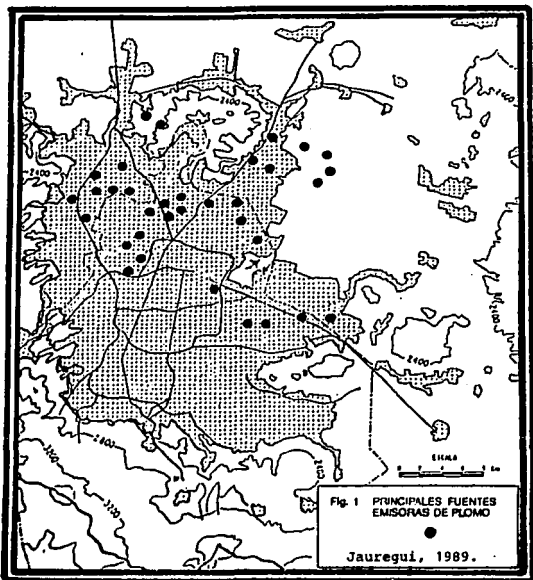
En 1965, Patterson evaluó la significancia del plomo en el medio ambiente desde el punto de vista histórico y concluyó que en el hemisferio norte, tanto el plomo atmosférico como el antropogénico, se habían incrementado unas mil veces relativo a los tiempos prehistóricos (Heredia, 1989).

La contaminación por plomo esta ligada sobre todo a ambientes urbanos, su concentración suele deberse a causas antropogénicas (Barcelo, 1989). El plomo en el aire proviene de dos fuentes principales, automotores y de las industrias como son: fábricas, comercios de pinturas, la minería, las industrias metalúrgicas, fabricas de baterías para automóviles, fundidoras para la recuperación secundaria del plomo, refinerías, lugares de almacenamiento, venta de gasolina, etc. Otras fuentes importantes: alfarería(usada para cocinar alimentos y servir alimentos), la soldadura de plomo para sellar las latas de jugos y chiles, el consumo de productos alimenticios contaminados durante su cultivo, transporte y/o almacenamiento (fig. 1).

Los compuestos de plomo más usados en la industria son óxidos, como el masicot, litargirio, cloruros, sulfuros, carbonatos, cromatos y arseniatos (Nava y Tirado, 1978).

El principal origen de partículas de plomo en la atmósfera es por la elevada combustión de gasolina plomada en automóviles (EPA, 1977). El plomo es adicionado a la gasolina en forma de tetraalquil de plomo orgánico (TAL) agente antidetonante. Durante la combustión este reacciona con etilo dibalido (EDH) también adicionado a la gasolina, con la consecuente emisión del plomo en forma de partículas inorgánicas predominantemente $PbBrCl$ (Hirschler, et. al., 1957; Habibi, 1973; Harrison, 1983; Burgos, 1986; Bravo, 1991). Puede ser apreciado que no únicamente los porcentajes de Pb son muy variables, si no que presentan variabilidad debido a factores como localización geográfica, tiempo de años, la naturaleza de los escapes de vehículos, la composición química de la atmósfera y meteorología (Sturges, 1986). La eficiencia en el transporte de un elemento particular, en el caso del plomo depende de la talla de la partícula con el cual es concentrado en la atmósfera y es un precursor gaseoso en adición a otra partícula (Barrie, 1988).

Una propiedad notable de manera natural del plomo es la amplia variación en la composición de isótopos estables entre el plomo con las diferentes formaciones geológicas. Tres de estos isótopos Pb 206, Pb 207 y Pb 208 son formados en diferentes proporciones por la decadente radiactividad de U y Th y la edad de los depósitos (Sturges, 1989).



Albert (1990) comenta que cualquier actividad humana provoca que entren al ambiente tipos indeseables de materia (plomo), sin embargo, mientras la cantidad de estas sustancias no supere la capacidad del ambiente para transformarlas, sus efectos no sean adversos o estén restringidos en el tiempo y en el espacio, se puede considerar que hay una contaminación temporal o parcial que, aunque requiere atención puede evitarse o eliminarse. Los problemas graves aparecen cuando la contaminación se extiende en el tiempo y en el espacio, es decir, cuando el número y clase de los sistemas o sustratos contaminados aumenta y permanecen así por períodos prolongados.

El contenido de plomo permitido para agua potable debe ser inferior a 0.1 mg/l y para aguas residuales de 5 mg/l o concentraciones inferiores a las condiciones particulares de descarga. Sin embargo, se puede presentar el problema de aguas ácidas que llegan a disolver el plomo de las tuberías del abastecimiento público.

Para los alimentos el promedio de plomo permitido es de aproximadamente 0.2 mg/kg en general. Se ha calculado que la ingestión media diaria es de 300 mg, el promedio diario que se ingiere en el agua es de 20 mg (Nava, 1991).

El hábito de fumar también contribuye a la ingestión diaria de plomo, se calcula que una cajetilla contiene aproximadamente 40 µg de plomo por lo que fumando una cajetilla diaria se estima que se absorben aproximadamente 10 de los 40 µg que contiene la cajetilla (Jiménez, 1983).

La absorción de plomo a través de la piel, puede ocurrir como consecuencia de una prolongada aplicación de cosméticos o preparaciones dérmicas que contienen plomo. Se ha encontrado que estos productos llegan a tener hasta un 67% del metal (Nava, 1991).

a) Efectos del plomo en la salud humana.

El plomo puede llegar al hombre por diferentes vías: por ingestión, respiración o por vía cutánea, en las dos primeras se trata de plomo inorgánico, suspendido en el aire, la última es a través de la piel cuando se trata de plomo orgánico, el cual tiene afinidad por los lípidos (Mosqueda, 1986; Burgos, 1986).

El metal se deposita en los huesos, la médula ósea, el cerebro y los nervios periféricos (López, 1987).

Una vez absorbido por vía respiratoria o digestiva el plomo se une a los eritrocitos y en un principio se distribuye ampliamente a tejidos blandos. La mayor parte del plomo que entra en el organismo finalmente se fija en el esqueleto, pelo y uñas (Plass, 1988).

El plomo inorgánico se acumula en el organismo preferentemente en los huesos, luego se encuentra especialmente en el hígado, los riñones y los músculos estriados. Los compuestos orgánicos, tales como el tetraetilo de plomo y tetrametilo de plomo tienden a acumularse en el hígado.

La eliminación de plomo ingerido se hace principalmente por las heces, como reflejo de la poca absorción intestinal. En cambio, la eliminación del plomo absorbido por el organismo se hace principalmente a través de la orina (75 %), por las secreciones gastrointestinales (16 %) y por el cabello, uñas y sudor (8 %). El plomo también es excretado a través de la leche materna (Corey, 1989).

Las deficiencias de hierro y calcio en el organismo hacen más evidentes, respecto a la anemia, los efectos de plomo en él, estas deficiencias, asociadas a una dieta rica en vitamina D o en lípidos, pueden favorecer la absorción del plomo en el tracto digestivo (Corey, 1989).

Debido a que el plomo no es fisiológicamente esencial y es potencialmente dañino, éste "contamina" nuestro ambiente, pudiendo causar un daño agudo o crónico, dependiendo de la cantidad que se encuentre en el organismo, ciertos segmentos de la población, en particular las mujeres embarazadas, los niños pequeños, aquellas personas que sufren anemia falciforme o cirrosis del hígado, pueden ser víctimas fáciles de los efectos clínicos que siguen a la exposición suficiente para inducir los síntomas de intoxicación o plumbismo, etc. (Lagerwerff, 1985).

De acuerdo a las investigaciones realizadas en diferentes países, así como a los reportes efectuados por instituciones de salud, los efectos clínicos producidos por intoxicación de plomo son: anemia, cólicos abdominales agudos, encefalopatías aguda o crónica, peripatía periférica, insuficiencia renal e incompetencia cerebral.

Los casos de envenenamiento infantil son considerablemente más graves que en los adultos.

En niños la encefalopatía aguda puede ocasionar deficiencias en el aprendizaje y deficiencia mental (Mosqueda, 1986).

Aun cuando la recuperación física es plausible, el daño cerebral y retardo mental son permanentes, ya que el período entre uno y cuatro años es crítico para el crecimiento y desarrollo del cerebro (Heredia, 1989).

El plomo es capaz de formar ligandos complejos con muchos compuestos. Interfiere en la actividad de las enzimas y afecta a varios sistemas orgánicos (Plass, 1988).

El sistema orgánico más sensible al plomo es el hematopoyético. Interfiere en el metabolismo del ácido delta-aminolevulínico (AAL) y en el paso final de la formación del grupo hemo a partir del hierro y protoporfirina. Se han estudiado, como diferentes niveles de plomo en la sangre pueden inhibir la actividad de la enzima AAL-deshidrasa en preparaciones de glóbulos rojos. Han probado que existe una relación directa entre el contenido de plomo en la sangre y la actividad enzimática (Chilson, 1984; Ferreira, 1987).

Estas interferencias tienen lugar en la médula ósea, en donde se observa una alteración en la producción de hemoglobina y una estimulación de la eritropoyesis.

En la orina se observará un aumento en la eliminación de las coproporfirinas, aumento en la eliminación del ácido delta-aminolevulínico y aminocetona, aumento poco evidente de porfobilinógeno y aumento en la eliminación de hierro (Corey, 1989).

El plomo también afecta los sistemas nervioso central y periférico (Plaa, 1988; González, 1986).

El síntoma más común de neuropatía periférica es la debilidad indolora de músculos extensores de las manos (muñeca péndula). Las extremidades inferiores suelen ser menos afectadas. Por lo general no ataca la función sensorial.

La encefalopatía por plomo es un padecimiento agudo importante que suele observarse en niños, la mayoría de veces comienza con convulsiones, se acompaña de hipertensión intracraneal y edema cerebral (Plaa, 1988).

Las características principales de encefalopatía producida por compuestos inorgánicos del plomo producen embotamientos, desazón, irritabilidad, vértigo, cefaleas, visión nublada, temblor muscular, alucinaciones, pérdida de la memoria y pérdida de la capacidad de concentración (Corey, 1989).

En el aparato digestivo produce pérdida de apetito, malestar epigástrico, dolores abdominales de tipo cólico y estreñimiento. Los síntomas son reversibles mediante tratamiento quelante (Plaa, 1988).

5.-LA NORMATIZACION EN MEXICO.

Para la normatización de los contaminantes :

En términos generales se puede indicar que existen tres tipos de reglamentación :

- 1.-Estadounidense : Es bastante completa y es revisada periódicamente.
La mayor parte de los países occidentales que carecen de una reglamentación propia. La adoptan para su legislación con ciertas modificaciones. Ej. México.
- 2.-Europea : La mayoría de los países de Europa occidental tienen reglamentación propia, semejante a la estadounidense pero con aportaciones importantes de acuerdo con sus necesidades.
- 3.-Países socialistas : Es sabido que los valores permitidos son más estrictos, lo que supuestamente da pie a una legislación que garantiza mayor protección a los seres humanos y al medio.

Agua potable : Organización mundial de la salud (OMS)
Normas ASTM (Americanas)
Normas DIN (Europeas)
Normas ANFOR (Francesas)

Efluentes líquidos : Environmental protection agency (EPA)
American public health association (APHA)

Efluentes gaseosos : Environmental protection agency (EPA)
y líquidos.

Agentes de riesgo y contaminantes en áreas de trabajo : American conference of governmental industrial hygienists (ACGIH)
TLV (Threshold limit values)
National institute for occupational safety and health (NIOSH)
Occupational safety and health administration (OSHA)
Organización internacional del trabajo (OIT)

Para prevenir y controlar el deterioro ecológico, el gobierno federal, emitió, por medio de la ley general del equilibrio ecológico y protección al ambiente, las medidas pertinentes para efectuarlo y esto lo logra por medio de las Normas Técnicas Ecológicas (NTE), las cuales determinan las variables y los parámetros indicando los niveles máximos permisibles de emisión, mediante los cuales se garanticen de manera confiable, las condiciones necesarias para el bienestar de la población y poder de esta manera, asegurar la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

Una norma técnica ecológica (NTE) es un conjunto de reglas científicas o tecnológicas que establecen los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en el desarrollo de actividades o uso y destino de bienes, que causen o puedan causar desequilibrio ecológico o dañan al ambiente y además que uniformen principios, criterios políticos y estrategias en la materia (DOF, 1988).

II) ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS EN MEXICO.

Jáuregui (1989a) presenta la distribución espacial del plomo atmosférico en la Ciudad de México utilizando datos de la red manual de la SEDUE. Las concentraciones mayores de este contaminante se observan en la mitad N de la capital, coincidiendo con la ubicación de los principales establecimientos industriales que emiten plomo al aire urbano. En dicha zona y hacia el sur, los promedios de Pb estuvieron por arriba del nivel de salubridad del aire en los meses de secas, abarcando la mayor parte de la ciudad. Durante el periodo (1978-1985) se observaron incrementos significativos (de hasta 30 %) de los niveles de Pb atmosférico, especialmente en las estaciones del sur de la capital.

Tolivia (1980) apunta que existen variaciones considerables, tanto espacial como temporalmente en la contaminación atmosférica de la Ciudad de México, a consecuencia de la complejidad y distribución de las fuentes emisoras y de las diferencias en tiempo y espacio de las condiciones meteorológicas del valle.

Bravo (1988) argumenta que la Zona Metropolitana de la Ciudad de México es susceptible a sufrir problemas de contaminación atmosférica, tanto por su localización geográfica como porque en ella se conjuntan emisiones antropogénicas de contaminantes atmosféricos y factores meteorológicos.

El Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM indica que la ciudad padece cotidianamente la emisión de 4 mil toneladas de gases tóxicos, que aumentan hasta 13 mil en días con gran movimiento vehicular (Ocampo, 1986, Girón, 1986, González, 1986).

Burgos (1986) menciona que en la Ciudad de México la mayor concentración de plomo se produce durante el invierno, en los meses de diciembre, enero, febrero e incluso hasta mediados de marzo, en esta temporada no se presentan lluvias y los vientos son muy secos.

Salazar (1981) comenta que en C.U. las concentraciones de Pb han aumentado 3.6 veces en los últimos dos años. Las principales fuentes de Pb son los procesos industriales y los motores de combustión interna. Las muestras analizadas fueron recolectadas en el observatorio de Radiación atmosférica de C.U., ubicado en la parte sur de la Ciudad de México, zona considerada como poco contaminada, donde existen pocas fábricas, áreas verdes, precipitación abundante y buena ventilación (Jáuregui, 1975; Espinosa et. al., 1978). El Pb no presenta una variación estacional y se comporta aleatoriamente durante todo el año.

Girón (1988) comenta que la contaminación atmosférica es el mal común de los habitantes del valle de México. Una de las soluciones que ha impulsado la presente administración para mejorar la mala calidad del aire es eliminar el plomo en las gasolinas, éste se redujo hasta $0.6 \mu\text{g} / \text{m}^3$, según este autor. Sin embargo, simultáneamente se agregaron compuestos que dan origen a otros contaminantes.

Ferreira (1987) menciona que según la OMS los habitantes de la capital de México tiene el nivel más alto de plomo en la sangre: $22 \mu\text{g}$ por decilitro. Los bebés presentan niveles peligrosos de plomo. Existe manera de eliminar el plomo cuando una persona deja de estar expuesta a la contaminación con plomo, éste baja durante toda la vida, pero un gran porcentaje se queda en el cuerpo porque se fija en los huesos y no puede ser eliminado totalmente. Otro modo de eliminarlo es por medio de drogas, pero estas también eliminan otros metales necesarios para el organismo.

III) OBJETIVO DEL TRABAJO.

Determinar la distribución espacio y temporal de los niveles de plomo atmosférico en la Ciudad de México a partir de 1984 hasta 1992, observando la distribución de Pb atmosférico en el aire urbano en relación con las fuentes de emisión, así como sus variaciones estacionales que están relacionadas tanto con la intensidad de las fuentes como con agentes atmosféricos como son la circulación de los vientos y la lluvia.

Después de relacionar cuantitativamente la calidad del aire y fuentes de contaminación de plomo, valorar la eficacia de las medidas de control en concordancia con las normas de calidad del aire para el plomo en la Ciudad de México y presentar un trabajo que tenga la importancia del seguimiento a largo plazo de niveles de contaminantes atmosféricos en esta ciudad.

IV) LOS DATOS.

Las series de datos utilizados corresponden a las muestras de plomo atmosférico que se tomaron en las estaciones que conforman la red manual de muestreo del aire que opera la SEDESOL y que se refiere a los años 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991 y 1992.

Relación de estaciones muestreadas :
(Figura 3)

PD	Pedregal
ES	Cerro de la Estrella
XA	Xalestoc
TL	Tlanepantla
MC	Merced
VI	La Villa
FA	Felipe Angeles
MU	Museo
CHA	Chapingo
CFE	Comisión Federal de Electricidad
BER	Xochimilco

1.-LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.

La Ciudad de México conurbada en extensión con algunos municipios del estado de México, constituye la zona metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), ubicada en la parte suroeste de una cuenca cerrada a $19^{\circ} 35'$ de latitud norte y $99^{\circ} 40'$ longitud oeste y a una altura de 2240 m.s.n.m., de unos 80 Km de largo en la dirección N-S y de unos 50 Km en el sentido E-W, se encuentra rodeada de altas montañas especialmente hacia el SE, S y poniente mientras que por el N y NE las elevaciones son relativamente menores (Jáuregui, 1992 ; Bravo, 1987 ; Nava, 1991).

Conjuntamente a las condiciones geográficas se presentan emisiones de contaminantes atmosféricos producto tanto de actividad urbana como industrial. La población de la ZMCM es de aproximadamente 18 millones de habitantes, con un número de vehículos de más de 2 millones y con un 25% de la actividad del país concentrada en esta área (Nava, 1991).

2.-METEOROLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO.

La cuenca del valle de México es afectada por diversos sistemas meteorológicos que van acordes a la época del año. El efecto es más notable en invierno, durante el cual las masas de aire frío continental polar se desplazan del norte hacia el territorio nacional, lo que provoca el descenso de la temperatura, heladas o nevadas, si es que existiera suficiente humedad en el aire.

A fines de septiembre la atmósfera se estabiliza y a mediados de octubre se detectan los primeros eventos de temperatura fría, que es la transición a la época invernal (Nava, 1991).

La elevada altura y la ubicación todavía en el trópico imprimen al clima del valle rasgos tanto tropicales, como es la regularidad de las lluvias así como de las latitudes templadas, como es evidente en la estación seca con la invasión de masas de aire polar.

Ya en una escala local, las montañas que circundan el valle determinan variaciones de algunos factores del clima tales como la lluvia y la temperatura, así como la circulación superficial de los vientos.

El flujo de aire en el valle está condicionado tanto por influencias térmicas como por factores dinámicos (Jáuregui, 1992).

La ZMCM se encuentra rodeada de montañas con una circulación general diurna de vientos provenientes del noroeste-noreste (Fig. 2 y 2a). El número de días despejados por año se encuentra entre los 100 y 200, se cuenta con una radiación solar de 450 a 475 cal/cm²/día (SAHOP, 1981). Tiene una alta incidencia de calmas e inversiones térmicas todo el año (Rothemberg, 1989; Bravo, 1991; Díaz, 1986).

Se ha detectado que existen en el D.F. dos zonas que se ven afectadas en mayor medida por el arrastre de contaminantes: el centro de la Ciudad y la zona del Ajusco, donde confluyen las corrientes de aire. El arrastre no es uniforme pues varía de acuerdo a la época del año y de las condiciones meteorológicas imperantes. En el valle de México los vientos predominantes del norte pasan por donde se encuentra ubicada la zona industrial, generadora de contaminación, de esta manera los contaminantes pasan por toda la ciudad, hasta estacionarse en el suroeste de la Ciudad, en el Ajusco (Ladislao, 1986; Jáuregui, 1992).

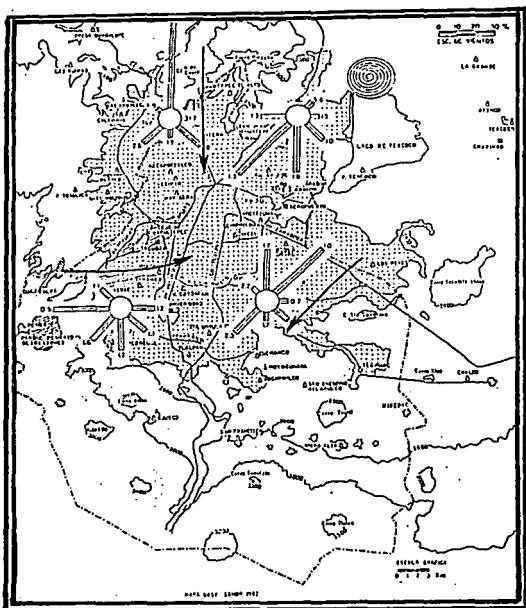


Figura 2. Rosas del viento de superficie (noviembre - abril, 1976). Calmas 0.2 m/s, 10 hrs. Jáuregui, 1992.

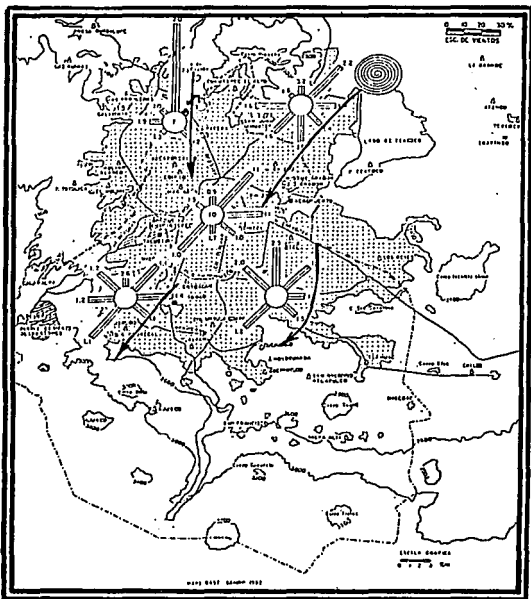


Figura 2a. Rosas del viento de superficie (mayo - octubre, 1976). Calmas 0.2 m/s, 10 hrs. Jáuregui, 1992.

3.-MONITOREO ATMOSFERICO.

Hasta mediados del siglo XIX, la contaminación atmosférica fue vista como un fenómeno local que afectaba a las comunidades industrializadas. A partir de entonces, bajo la influencia del auge industrial imperante, se adopta un enfoque analítico-cuantitativo para evaluarla y así nace el monitoreo o vigilancia de la calidad del aire ambiente.

El monitoreo de la calidad del aire ambiente permite la cuantificación de los contaminantes y la documentación de sus efectos en el hombre y su medio. También relaciona cuantitativamente la calidad del aire y fuentes de contaminación de manera que sea posible valorar la eficacia de las medidas de control en concordancia con las normas.

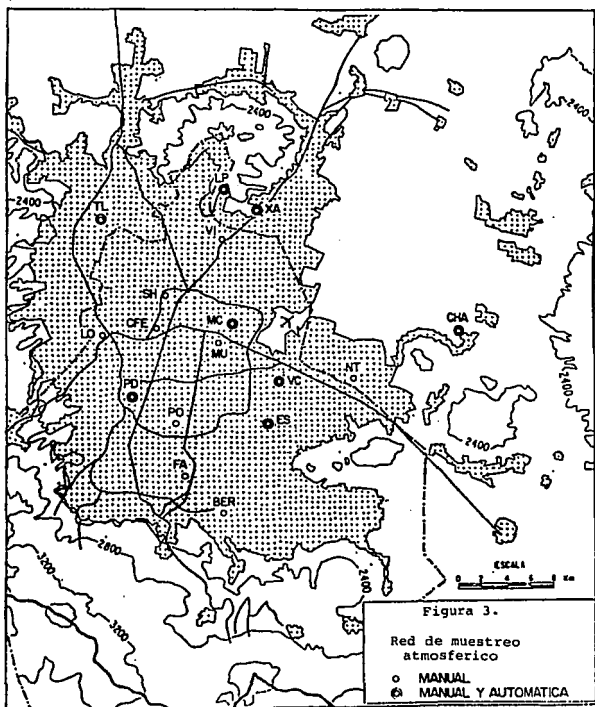
a.-Sistema de evaluación de la calidad del aire.

El sistema de evaluación de la calidad del aire del valle de México consiste de dos elementos: la red manual de muestreo atmosférico y la red automática (SSA, 1985).

La red manual compuesta por 17 estaciones distribuidas en el Distrito Federal y los municipios conurbados del Estado de México (Fig. 3). Las principales determinaciones que se llevan a cabo son partículas suspendidas totales, bióxido de azufre, sulfatos y plomo. Estas determinaciones se realizan en el laboratorio de la dirección general de prevención y control de la contaminación ambiental y en laboratorios colaboradores de la SEDESOL.

La red automática cuenta con 8 estaciones ubicadas en la Ciudad de México (Fig. 3), y una central de cómputo a la cual las estaciones envían minuto a minuto las concentraciones de monóxido de carbono, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas fracción respirable, hidrocarburos, ácido sulfhídrico, ozono y parámetros meteorológicos tales como: velocidad y dirección del viento, humedad relativa y temperatura (Ortega, 1985; Ezcurre, 1991).

La norma norteamericana (USEPA) indica que la concentración que no se debe rebasar es $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante un periodo de tres meses (Tolivia, 1980). El plomo se encuentra en las partículas finas (menores que 2.5 micrómetros de diámetro).



Existen a la fecha criterios para el establecimiento y colocación de estaciones de muestreo o muestreadores de PST tipo Hi-Vol de tipo vecinal. Los procedimientos de selección deben ser representativos de la actividad urbana de los alrededores y seguir ciertas recomendaciones relacionadas con la altura del muestreador, distancia respecto a fuentes potenciales de emisiones de partículas que afectan a la representatividad del muestreo (ejemplo árboles, construcciones, etc.).

Los sitios seleccionados son también escogidos considerando dos factores adicionales decisivos adquiridos durante la experiencia de este tipo de estaciones en México: seguridad contra actos de vandalismo y robo, disponibilidad de sitios de muestreo de datos meteorológicos o que se encuentre lo más cercano posible de estos.

Se representa el diagrama esquemático del procedimiento seguido para la localización de las estaciones de muestreo (EPA, 1977b).

<p>1. Ensamblado de la información primaria.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Mapas de uso del suelo. -Fotografías aéreas. -Inventarios de emisión. -Inventarios de flujo vehicular. -Información climatológica. <p style="text-align: right;"><i>pasar a 2</i></p>	
<p>2. ¿Las mediciones representan un concepto vecinal urbano y esta influenciada por una fuente puntual importante?</p> <p style="text-align: right;"><i>si, pasar a 3</i> <i>no, pasar a 4</i></p>	<p>3. El sitio no es representativo de escala vecinal, buscar otro sitio.</p> <p style="text-align: right;"><i>pasar a 1</i></p>
<p>4. El sitio es representativo y no esta influenciado.</p> <p style="text-align: right;"><i>pasar a 5</i></p>	
<p>5. ¿El área vecinal representará actividad comercial o industrial exclusivamente, o estará localizada en un "cañón" vehicular o sobre una vía vehicular intensa o existe una pequeña fuente aérea?</p> <p style="text-align: right;"><i>si, pasar a 6</i> <i>no, pasar a 7</i></p>	<p>6. El sitio es más apropiado para otros objetivos; buscar otro sitio.</p> <p style="text-align: right;"><i>pasar a 1</i></p>
<p>7. El sitio es tipo vecinal.</p> <p style="text-align: right;"><i>pasar a 8</i></p>	
<p>8. Utilizar modelos o información primaria sobre promedios obtenidos y trazar isolíneas de concentración para identificar en forma preliminar que no es una zona de concentraciones mínimas o extremas.</p> <p style="text-align: right;"><i>pasar a 9</i></p>	
<p>9. Localizar el muestreador Hi-Vol al menos a 20m de cualquier calle y al menos 400m de vías pesadas de circulación que tengan un tráfico diario mayor a 50000 vehículos. El muestreador deberá estar a una altura de 2 a 15 m o en la azotea de una construcción, a una distancia de cualquier obstáculo de al menos dos veces la altura de ese obstáculo. La superficie sobre la cual se apoyara todo el equipo, deberá tener cemento o pavimento y deberá mantenerse lo más limpio posible.</p>	

b.-Método para el muestreo atmosférico.

A fin de que los organismos e instituciones encargados del control e investigación de la contaminación atmosférica obtenga información tendiente a evaluar la naturaleza y magnitud de la contaminación atmosférica en sus comunidades, así como la efectividad de programas de control, se muestrean las partículas suspendidas por el método de filtración según lo recomiendan organismos como la OMS y la EPA (EPA, 1977a).

El muestreador conocido como "Hi-Vol" (High Volume sampler) es el equipo aceptado para este objetivo. Aproximadamente 20 000 de estos muestreadores son empleados en los Estados Unidos y cerca de 50 son utilizados por instituciones como SEDESOL y otras en México.

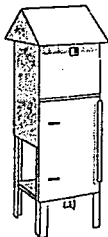
Los muestreos se efectúan por el método de altos volúmenes, por lo que el contenido de plomo y de otros metales pesados, corresponde a partículas suspendidas totales. Haciendo muestreos con un cabezal Andersen se observa que las mayores concentraciones de plomo se encuentran en la fracción de partículas más finas (Espínosa, 1985).

EL equipo de muestreo consiste de muestreadores de partículas suspendidas de alto volumen Hi.Vol. (Fig. 4) y fraccionadores de partículas Andersen modificado (Fig. 5). Calibrados en el sitio de muestreo, según el método de calibración recomendado por la EPA (Agencia de protección ambiental) de los Estados Unidos y operados de acuerdo a programas previamente establecidos. El periodo de muestreo en todos los casos es de 24 horas, la determinación de masa total es realizada gravimétricamente y para el análisis de plomo se utiliza el método de difuzión o la espectrofotometría de absorción atómica (Bravo, 1985).

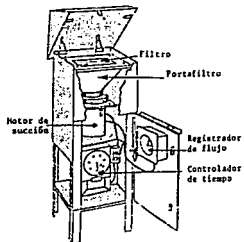
El muestreador de grandes volúmenes consta de un porta filtro con un bastidor donde se coloca el filtro, que se fija por medio de un marco metálico; el filtro es protegido por medio de una coraza metálica móvil que se encuentra en la parte superior del equipo, la cual presenta unas ramuras laterales por donde entra el aire (fig. 4).

El flujo de aire es originado por medio de una bomba de succión accionada por un motor, el contador de flujo está conectado a la coraza del motor de succión por medio de una manguera. La intensidad de la succión genera una diferencia de presión, la cual se traduce en una señal que es marcada en un disco registrador. La señal registrada es proporcional al volumen del aire desplazado por el motor a través del filtro colector.

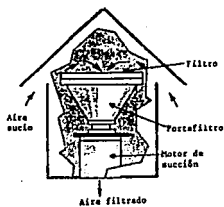
FIGURA 4
MUESTREADOR HI-VOL.



Muestreador en posición de muestreo.

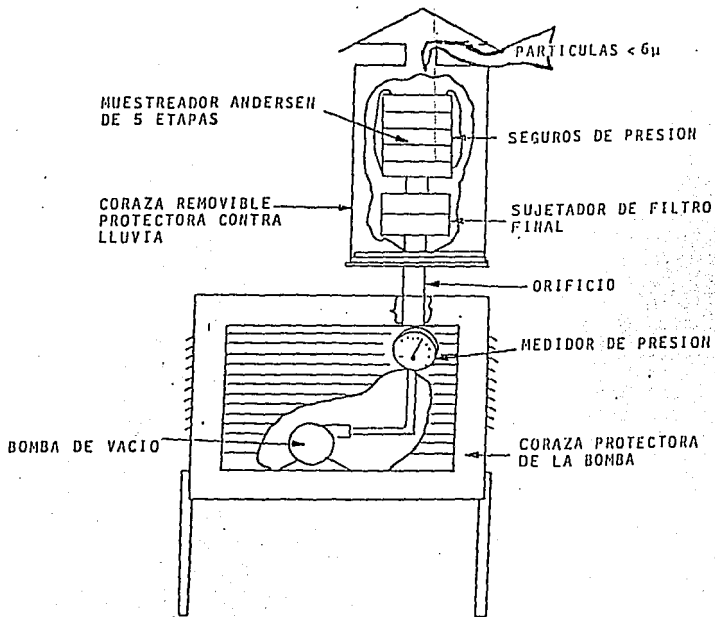


Muestreador en posición de cambio de filtro.



TRAYECTORIA DEL AIRE A MUESTREAR A TRAVÉS DEL INTERIOR DE LA CORAZA DEL MUESTREADOR HI-VOL.

FIGURA 5
FRACCIONADOR DE PARTICULAS ANDERSEN MODIFICADO.



El principio de operación del muestreador de grandes volúmenes es la retención de partículas en una membrana de fibra de vidrio que es expuesta a una corriente de aire generado por la bomba de succión durante 24 horas, el muestreo se realiza cada 24 horas. El aparato colector de grandes volúmenes antes de usarlo, se calibra con el equipo de placas de orificios para medir el flujo de aire exacto que pasa por el orificio de la coraza del motor, con ayuda de un manómetro y una curva primaria de calibración. Posteriormente se traza una curva de lecturas de registro en función del volumen muestreado, según las especificaciones de calibración, operaciones y método de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA, 1977a; EPA, 1983a; EPA, 1983b).

c.-El índice metropolitano de la calidad del aire (IMECA).

El índice de calidad del aire es la medida que se usa en la Ciudad de México para informar a la población de manera general acerca de los niveles de contaminación atmosférica; conocida como IMECA (Índice Metropolitano de la Calidad del Aire; SEDUE, 1985), ya que de forma particular en el caso del plomo, existe el índice de normatividad (EPA, E.U.), esta basado en una metodología sencilla de cálculo, a partir de dos puntos de quiebre. Los puntos de quiebre son valores estadísticamente conocidos. Tiene una escala arbitraria que va de 0 a 500 puntos IMECA. Como puede verse en los cuadros 1 y 2 los puntos de quiebre (100 y 500) de la escala de IMECA corresponden de manera muy cercana (en algunos casos exacta) con los niveles primario y de daño significativo de la norma federal de calidad del aire de los E.U. (NAAQS : National Ambient Air Quality Standards; Thom y Ott, 1975).

La diferencia más notable entre el IMECA y la escala de Ott y Thom, radica en la definición de los niveles de peligrosidad de los índices. Otra característica importante del IMECA es la combinación de los distintos indicadores de la calidad del aire en un índice global, a través del procedimiento denominado " función de operador máximo ". Este procedimiento consiste en informar solo acerca del índice que tuvo mayor puntaje en la escala del IMECA, haciendo caso omiso de los demás valores. Al informar acerca solamente del contaminante principal, el operador máximo oculta si los demás contaminantes presentan también valores potencialmente dañinos para la salud humana o si se encuentran dentro de umbrales aceptables (Ecurra, 1991).

Tabla 1. puntos de quiebre de la escala IMECA, para el valor 100 (nivel primario), comparado con la escala NAAQS de los E.U.

CONTAMINANTE.	TIEMPO DE MEDICION.	IMECA 100.	NAAQS.
PST ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 h.	275	260
SO ₂ (ppm)	24 h.	0.13	0.14
CO (ppm)	8 h.	13.0	9.0
O ₃ (ppm)	1 h.	0.11	0.11 (California 0.08)

Tabla 2. Puntos de quiebre de la escala IMECA, para el valor de 500 (daño significativo), comparado con la escala NAAQS de los E.U.

CONTAMINANTE.	TIEMPO DE MEDICION.	IMECA 500.	NAAQS.
PST ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 h	1000	1000
SO ₂ (ppm)	24 h	1.0	1.0
CO (ppm)	8 h	50	50
O ₃ (ppm)	1 h	0.6	0.7
NO _x (ppm)	1 h	2.0	2.0
PST x SO ₂	24 h	187.1	187.5

Comparación entre la descripción del IMECA, la del índice de Ott y Thom y la norma NAAQS E.U., para distintos niveles de contaminación del aire.

INDICE.	DESCRIPCION IMECA.	OTT Y THOM.	NAAQS.
0-50	Situación muy favorable para la realización de todo tipo de actividades físicas.	Buena.	Bajo la norma.
51-100	Situación favorable para la realización de todo tipo de actividades.	Satisfactorio.	Bajo la norma.
101-200	Aumento de molestias en personas sensibles.	Malo para la salud.	Sobre la norma.
201-300	Aumento de molestias e intolerancia en ejercicio en personas con padecimientos respiratorios y cardiovasculares. Aparición de ligeras molestias en la población en general.	Peligroso.	Alerta.
301-400	Aparición de diversos síntomas e intolerancia de ejercicio en la población sana.	Peligroso.	Aviso.
401-500	Aparición de diversos síntomas e intolerancia de ejercicio en la población sana.	Peligroso.	Emergencia.
501 ó más	(No se describe)	Daño significativo para la salud humana.	Daño significativo para la salud humana.

V) METODO.

El propósito de un programa de monitoreo es producir datos para su uso posterior por lo que es necesario; obtener los datos de los muestreos semanales de la concentración de plomo atmosférico en la Ciudad de México de 1984 a 1992 proporcionados por SEDESOL. Los datos primarios deben ser agrupados en una forma tal que pueden ser interpretados cuando así sea requerido. Los valores deberán expresarse en unidades uniformes (MKS) y ser reducidos a periodos sistemáticos promedio.

No existe un sistema ideal de reducción de datos, sin embargo, cualquier metodología estadística que permita flexibilidad y que cubra necesidades como : comparación con normas de calidad del aire, diferentes períodos (24 horas, mensual, estacional o anual para el caso de PST), incluyendo máximos y mínimos, es bien aceptado, siempre y cuando cumpla requerimientos de estadística básica reconocida por sus aspectos de aplicación a datos de contaminación atmosférica.

Estas técnicas pueden ir desde simple graficación de los datos hasta análisis exploratorios de datos.

Generalmente los datos son no manejables en la forma en que estos son obtenidos. Los datos obtenidos en el muestreo de plomo son de tipo variable discreta, dado que son valores integrados en un período de tiempo. No obstante, una gráfica sencilla de valores obtenidos individualmente permite distinguir fácilmente cuales datos rebasan alguna norma de calidad o valores preestablecidos. Un típico ejemplo es la gráfica tipo barras.

La forma básica de resumir un grupo de datos es calculando un valor central. El valor estadístico más comúnmente utilizado es el promedio aritmético o media. Este estadístico es útil cuando se aplica a grupos de datos que tienen una distribución simétrica. La fórmula es :

$$X_m = (X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n) / n$$

donde : X_m = media o promedio aritmético.

X_i = cualquier media individual.

n = número total de observaciones.

La desviación estándar presenta grandes ventajas sobre la varianza pues sus unidades físicas son las mismas que las de las observaciones, por otra parte es la más usada en análisis estadístico. La fórmula es :

$$S = \sqrt{\sum (X_i - X_m)^2 / n - 1}$$

donde : S = desviación estándar.

X_i = cualquier media individual.

X_m = media.

n = número total de observaciones.

El coeficiente de variación es una medida de dispersión relativa, pues esta exenta de unidades y se expresa en porcentaje. Se usa para comparar distribuciones con diferentes unidades o para comparar las dispersiones de dos distribuciones diferentes. La fórmula es

$$C. V. = S / X_m (100)$$

donde : C. V. = coeficiente de variación.

S = desviación estándar.

X_m = media

(Spiegel, 1979)

Posteriormente llevar a cabo la realización de tablas de promedios mensuales y anuales mostrando sus respectivos períodos de secas (S) y de lluvias (LL) durante el año, además de la concentración mensual de lluvia (mm de lluvia) para observar la variación estacional del plomo atmosférico relacionándolo tanto con la intensidad de las fuentes (por su localización geográfica) como con agentes atmosféricos como son la circulación de los vientos y la lluvia.

También realizar el trazado de isólinas a partir de las tablas de concentración anual en mapas para poder determinar la distribución espacial del plomo en la Ciudad de México con sus respectivas causas en cada año.

Después obtener promedios trimestrales para comparar con la norma de calidad del aire para el plomo en la Ciudad de México que actualmente nos rige.

Finalmente, se hace un análisis de frecuencia para mostrar los cambios de los niveles de plomo atmosférico ocurridos de 1984 a 1992.

El presente trabajo representa un ejemplo de la aplicación de métodos estadísticos en la interpretación de resultados analíticos y su aplicación en estudios de calidad de aire para poder valorar la eficacia de las medidas de control en acordancia con las normas de calidad del aire para el plomo en la Ciudad de México, así mismo de la importancia del seguimiento a largo plazo de niveles de contaminantes atmosféricos.

VI) RESULTADOS E INTERPRETACION.

Tabla I
Plomo atmosférico
Promedio mensual y anual.

1984

MEDIA MENSUAL ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)												
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviam.	Diciem.	
												PD
3.18	2.23	4.26	2.59	3.33			2.87	2.22	1.98	5.03	-7.42	ES
												KA
												TL
												MC
1.75	2.12	2.21	1.28	1.55	1.14		0.82	1.24	1.12	1.93	2.49	VI
												FA
1.36	1.32	1.81	0.96	0.83	0.76		0.07			1.13	2.62	MU
												CHA
1.36	1.54	1.36	0.96	1.14	-0.05		1.77	1.96	1.77	1.90	2.26	CFE
0.97	1.24	1.62	0.59	1.15	1.09		0.76	1.20	0.94	1.05	1.39	
S	S	S	S	LL	LL	LL	LL	LL	LL	S	S	
0.5	7.5	2.0	1.4	45.8	138.2	320.7	145.8	233.1	104.2	0.4	5.6	1984
										mm de lluvia.		
Estación	Xm anual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	S anual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	C.V. %									
PD												
ES												
KA	3.51	1.67	48									
TL												
MC												
VI	1.605	0.59	33									
FA	1.22	0.82	67									
MU	1.452	0.5	41									
CHA												
CFE	1.091	0.29	26									

*mayor S=seco LL=lluvia

Tabla II
Plomo atmosférico

Promedio mensual y anual

1985

MEDIA MENSUAL (µg/m³)												
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.	
2.85	1.6	0.861	0.984	1.527	1.554	1.653	0.934	1.118		1.502	2.228	AP
		0.47	0.622	0.733	0.467	0.508	0.356				0.99	CU
	3.527	1.054	1.975	1.988	1.11	1.62						CA
1.018	0.498	0.888	0.555	1.622	0.683	0.397	0.492	1.231		1.11	1.117	LD
	0.888	0.884	0.922					0.523				NT
	2.85		1.205	1.178	1.187	1.221	1.309	2.385	2.228	2.435	1.808	VI
1.527	1.547	1.723	0.794	1.101	0.643	0.618	1.035	3.017	1.893		2.421	FA
1.86	1.182		1.438	1.209	1.412	1.31		2.947	0.959	1.814		MU
1.987	1.434	1.883	1.008	0.851	0.545	0.605	1.216	1.343		1.227	1.473	CPE
S	S	S	S	LL	LL	LL	LL	LL	LL	S	S	
1986												
1.1	1.6	5.4	6.4	81.6	290.5	158.1	129.0	80.1	52.7	0.3	0.3	
mm de lluvia.												
Estación	Xm anual	S anual	C.V.									
	µg/m³	µg/m³	%									
AP												
CU												
CA	1.62	0.9	50									
LD												
NT												
VI	1.748	0.89	34									
FA	1.494	0.78	51									
MU	1.572	0.97	36									
CPE	1.187	0.4	33									
1986												

Xm=mayor
S=seco
LL=lluvia

90

Tabla III
 Plomo atmosférico
 Promedio mensual y anual
 1986

MEDIA MENSUAL (ug/m ³)											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septem.	Octubre	Noviem.	Dicem.
2.247		0.637	1.567	1.129	1.015	1.569	1.282	0.626	0.959		0.461
1.23	0.483	0.503	0.493	0.581	0.816	0.883	0.479	0.511	0.224	0.18	0.374
1.203	0.649	0.38	1.351	0.415	0.567	1.198	0.567	0.263	0.3	0.206	1.086
2.247	0.26	0.382	0.72	0.094	0.337	1.039	0.748	0.162	0.647	0.19	0.304
S	S	S	S	LL	LL	LL	LL	LL	LL	S	S
1986											
0.0	0.0	0.3	24.5	97.5	291.4	226.1	139.9	99.1	73.1	5.9	0.2
mm de lluvia.											
Estación	Xm anual	S anual	C.V.								
	ug/m ³	ug/m ³	%								
VI	1.15	0.62	54								
FA	0.59	0.29	51								
MU	0.73	0.41	56								
NT	0.327	0.28	86								
CFE	0.697	0.62	98								
				1986							
*mayor S-seco *menor LL-lluvia											

Tabla IV
Plomo atmosférico
Promedio mensual y anual

1987

MEDIA MENSUAL (µg/m³)											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.
1.974	2.134	1.502	1.176		1.454	1.073	1.377	1.345		2.126	1.138
1.374	0.775	1.161	0.667		1.827	0.718		1.173		2.405	1.652
1.661	1.797	1.088	0.63		2.056	0.933	1.067	1.22		1.628	1.735
0.986	0.428	0.601	0.322		1.19	0.617	0.437	0.436		1.163	1.424
1.067	0.505	0.634	0.608		1.12	0.686	0.762	0.944		0.832	2.288
S	S	S	S	LL	LL	LL	LL	LL	LL	S	S
1987											
0.0	6.3	49	21.7	54.9	118.9	240.1	181.8	128.4	0.0	4.1	0.0
										mm de lluvia.	
Estación	Xm anual µg/m³	S anual µg/m³	C.V. %								
VI	1.754	0.63	35								
FA	1.31	0.69	44								
MU	1.421	0.44	31								
NT	0.743	0.34	46								
CFE	0.938	0.5	54	1987							

S=seco LL=lluvia

10

Tabla V
Plomo atmosférico

Promedio mensual y anual
1988

MEDIA MENSUAL ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)												
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
0.999	0.753	0.584	0.894	0.818	0.64	0.963	1.165	1.129		2.194	2.226	PD
										2.161	2.711	ES
7.221	6.877	4.134	2.535	3.056	1.009	2.048	2	2.95		5.689	5.08	XA
										4.014	2.113	TL
1.368	1.097	1.104	1.337	1.42	0.847	1.432	1.456	1.288		3.255	3.733	MC
1.386										3.713	2.793	VI
1.085	0.851	0.654	0.933	0.932	0.757	1.122	1.249	0.945		2.483	2.273	FA
1.26	1.129	0.93	1.167	1.22	0.909	1.281	1.54	1.045		2.676	2.826	MU
0.655												NT
1.242	1.089	0.755	1.068	1.075	0.876	0.955	1.238	0.884		2.893	2.473	CFE
0.715	0.713	0.536	0.848	0.869	0.493	1.054	0.733					VC
2.387												LP
1.26												TX
S	S	S	S	LL	LL	LL	LL	LL	LL	S	S	
1988												
0.0	12.4	39.2	14.3	84.1	200.0	219.5	155.3	102.2	16.9	21.8	2.9	
mm de lluvia.												
Estación	Xn anual	S anual	C.V.									
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%									
PD	1.116	0.57	51									
ES												
XA	3.874	2.09	54									
TL												
MC	1.621	0.82	51									
VI												
FA	1.22	0.6	49									
MU	1.446	0.67	47									
CHA												
CFE	1.323	0.65	45									
VC	0.748	0.18	25									
1988												

==mayor *menor
S=seco LL=luvia

Tabla VI
 Plomo atmosférico
 Promedio mensual y anual

1989

MEDIA MENSUAL ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)												
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Dicem.	
1.063	0.758	0.905	0.528	0.64	0.755	0.835	0.785	0.500	0.705	0.613	0.644	PD
2.05	0.955	1.05	1.135	1.01	0.963	1.144	0.935	0.715	0.75	0.963	1.243	ES
4.25	2.493	4.958	2.31	2.79	2.013	1.828	2.178	1.655	2.42	2.754	3.224	KA
1.538	1.17	1.058	0.905	0.95	1.053	1.6	1.1	0.793	1.21	1.138	1.544	TL
2.028	1.168	1.255	1.358	1.303	0.89	1.234	1.255	1.015	1.05	1.403	1.553	MC
2.25	1.69	1.91	1.908	1.328	0.783	1.258	1.258	0.738	1.238	1.492	2.13	VI
1.658	0.92	1.038	0.775	0.623	0.543	0.884	2.878	0.670	0.68	1.102	1.211	FA
1.788	0.595	1.05	0.963	1.038	0.625	1.1	1.14	0.788	1.107	1.17	1.5	MU
1.245	0.798	0.875	0.53	0.62	0.565	0.980	0.713	0.568	0.683	0.653	1.281	CHA
S	S	S	S	LL	LL	LL	LL	LL	LL	S	S	CPE
1989												
05	0.0	2.1	19.2	86.8	95.1	114.3	191.5	96.9	32.7	4.4	16.1	
mm de lluvia.												
Estación	Xm anual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	S anual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	C.V. %									
PD	0.782	0.125	17									
ES	1.059	0.35	32									
KA	2.745	0.95	36									
TL	1.182	0.27	23									
MC	1.337	0.304	23									
VI	1.494	0.484	32									
FA	1.124	0.617	55									
MU	1.123	0.287	25									
CHA												
CPE	0.645	0.361	42									
1989												

"Mayor" "menor"
 S=seco LL=lluvia

Tabla VII

Ploomo atmosférico

Promedio mensual y anual

1990

MEDIA MENSUAL ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.
0.794	0.712	0.643	0.582	0.703	0.58	0.602	0.692	0.697	0.922	0.91	1.291
1.021	1.001	0.908	0.960	0.909	1.016	0.951	0.859	0.931	1.234	1.13	1.328
2.36	3.018	2.56	2.339	2.366	2.304	2.241	2.092	1.734	2.237	2.135	3.154
1.148	1.039	1.157	0.906	1.038	0.916	1.141	0.942	1.183	1.279	1.23	1.799
1.242	1.072	1.095	0.993	1.094	1.13	1.116	1.32	1.09	1.556	1.331	1.666
1.322	1.46	1.354	1.37	1.208	1.04	1.023	1.403	1.183	1.245	1.21	2.061
0.967	0.909	0.801	0.823	1.031	0.76	0.847	0.833	0.999	1.232	1.114	1.506
1.096	0.906	0.921	0.898	0.99	1.136	0.976	1.136	1.004	1.263	1.201	1.625
0.951	0.753	0.784	0.781	0.951	0.682	1.069	0.906	0.969	0.997	1.066	1.516
S	S	S	S	LL	LL	LL	LL	LL	LL	S	S

1990

US 6.7 10.1 30.2 70.9 157.5 244.5 176.6 161.4 66.3 0.1 4.7
mm de lluvia.

Estación	Xm anual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	S anual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	C.V. %
PD	0.794	0.197	25
ES	1.021	0.142	14
XA	2.36	0.367	16
TL	1.148	0.239	21
MC	1.242	0.251	20
VI	1.322	0.27	20
FA	0.967	0.216	22
MU	1.096	0.205	19
CHA			
CPE	0.951	0.217	23

1990

*mayor
S=seco LL=lluvia

Tabla VIII
 Plomo atmosférico
 Promedio mensual y anual

1991

MEDIA MENSUAL (µg/m³)												
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.	
0.91	0.544	0.45	0.483	0.545	0.415	0.164	0.53	0.391	0.412	0.315	0.582	PD
1.236	0.758	0.541	0.522	0.713	0.603	1.111	0.72	0.563	0.788	0.447	1.096	ES
2.66		2.474	1.54	1.342	1.001	1.167	1.566	0.991	3.054	0.612	2.009	XA
1.301	1.077	0.98	0.802	0.846	0.612	1.054	0.718	0.61	0.602	0.336	0.762	TL
1.452	1.035	0.833	1.02	0.887	0.798	1.051	0.937	0.799	0.833	0.636	0.639	MC
1.803	1.218	1.32	0.934	0.936	0.826	0.971	1.043	0.723	0.855	1.053	1.026	VI
1.15	0.758	0.635	0.587	0.612	0.442	1.234	0.53	0.442	0.395	0.377	0.578	FA
1.317	0.816	0.735	0.609	0.772	0.729	0.944	0.845	0.599	0.679	0.575	0.636	MU
							0.673	0.398	0.502		0.572	CHA
1.064	0.72	0.642	0.775	0.641	0.482	1.088	0.596	0.477	0.458	0.305	0.578	CPE
					0.193	0.291	0.342	0.246	0.299	0.222	0.354	BER
\$	\$	\$	\$	LL	LL	LL	LL	LL	LL	\$	\$	
1991												
22.3	3.1	0.0	143	82.5	309.4	280.1	143.2	140.1	144.9	15.0	8.3	
mm de lluvia.												
Estacion	Xm anual µg/m³	S anual µg/m³	C.V. %									
PD	0.478	0.179	37									
ES	0.756	0.257	34									
XA	1.71	0.79	46									
TL	0.823	0.247	30									
MC	0.931	0.197	21									
VI	1.062	0.288	27									
FA	0.645	0.279	43									
MU	0.776	0.202	26									
CHA	0.536											
CPE	0.652	0.245	38									
BER	0.293											
1991												

==mayor ==menor
 S=seco LL=lluvia

Tabla IX
 Plomo atmosférico
 promedio mensual y anual

1992

MEDIA MENSUAL ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)												
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.	
0.434	0.398	0.415	0.245	0.188	0.308	0.348	0.384	0.247	0.285	0.425	0.281	PD
0.642	0.432	0.591	0.221	0.278	0.61	0.71	0.611	0.355	0.354	0.315	0.3	ES
2.192	1.043	1.895	0.637	0.772	0.77	1.558	0.693	0.861	1.04	0.4	0.563	XA
0.733	0.628	0.824	0.302	0.407	0.478	0.598	0.597	0.322	0.292	0.625	0.467	TL
0.786	1.026	0.915	0.434	0.457	0.623	0.65	0.61	0.533	0.5	0.38	0.445	MC
1.257	0.828	0.934	0.459	0.504	0.53	0.763	0.547	0.511	0.42	0.64	0.584	VI
0.622	0.395	0.464	0.307	0.278	0.385	0.5	0.368	0.25	0.278	0.32	0.344	FA
0.715	0.684	0.677	0.309	0.369	0.5	0.552	0.472	0.372	0.382	0.33	0.415	MU
0.368	0.513	0.826	0.268	0.369	0.873	0.65	0.459	0.407	0.283	0.11	0.483	CHA
0.591	0.418	0.422	0.34	0.333	0.373	0.42	0.42	0.23	0.175	0.285	0.371	CFE
S	S	S	S	LL	LL	LL	LL	LL	LL	S	S	
1992												
23.9	17.0	13.7	14.9	123.1	53.3	184.4	194.4	232.1	192.4	63.1	1.5	
mm de lluvia.												
Estación	Xm anual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	S anual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	C.V. %									
PD	0.33	0.08	25									
ES	0.452	0.17	38									
XA	1.036	0.56	54									
TL	0.523	0.17	33									
MC	0.605	0.19	31									
VI	0.685	0.24	37									
FA	0.362	0.09	25									
MU	0.483	0.14	30									
CHA	0.464	0.23	49									
CFE	0.365	0.11	30									
1992												

— mayor "menor
 S=seco LL=lluvia

1.-Análisis de la variación temporal.

Datos anuales (tablas 1-IX).

Anualmente la concentración más alta se presentó en Xa $3.874 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1988 (tabla V), en donde casi todo el año se presentan concentraciones muy altas, debido como ya se menciona a su localización geográfica en la ciudad, al fenómeno de los vientos, a la contribución automotriz, etc., sobre todo que en este año los meses de la época de sequía tuvieron concentraciones altas. Aquí cabe señalar una comparación especial con el año de 1984 (tabla I) en donde se presenta la más alta concentración mensual ($7.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ya que en 1984 las concentraciones son más variadas y más bajas en comparación con 1988 que son más homogéneas y todas relativamente altas, pero claro solo en Diciembre de 1984 se tuvo la concentración mensual más alta de los últimos 9 años.

En cuanto a la desviación estándar se observa que en 1984 (tabla I) se tienen valores más altos por lo que los valores de los monitoreos presentan variaciones mayores con respecto a su media en cada estación, conforme pasan los años se observan disminuciones en el valor de la desviación estándar y por lo tanto las medias anuales disminuyen al igual que los valores de los monitoreos a tal grado que en 1992 (tabla IX) se llega a tener en la estación PD, un valor medio de $0.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una desviación estándar de $0.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$, una desviación sumamente pequeña de la distribución de los valores con respecto a su media a diferencia de que en 1984 (tabla I) en la estación de XA con una media de $3.51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y con una desviación estándar de $1.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ambos valores altos con respecto a 1992 (tabla IX) y así ocurre de manera general en el resto de las estaciones y esto es explicable debido más que nada a que día a día se ha tratado de disminuir las fuentes de emisión del contaminante, por lo tanto al monitorearse los valores registrados son pequeños y menos variables con respecto al valor medio anual siendo más homogéneo el aumento o disminución de la concentración de plomo durante todo el año en toda el área estudiada.

En cuanto al coeficiente de variación (C.V.) se tiene que de manera general todos los datos se encuentran entre un 10 % y un 60 % lo cual demuestra que entre las dos distribuciones (la de valor medio y la de desviación estándar) existe una variación de entre esos valores, siendo el C.V. más frecuente entre 30 y 40 %, ver pag. 32.

El mayor valor con respecto al coeficiente de variación se tiene en 96 %, en el año de 1986 (tabla III), en la estación CFE ya que los valores mensuales presentan notorias

desviaciones con respecto al valor medio, aunque los valores no son muy altos en la concentración de plomo.

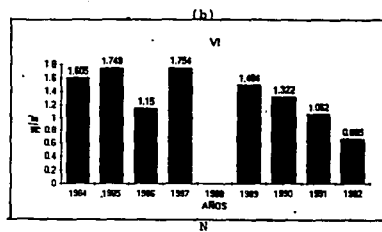
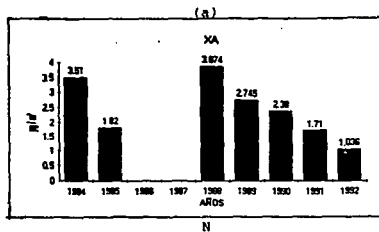
El menor valor es de 14 % en 1990 (tabla VII) en la estación ES ya que los valores mensuales con respecto al valor medio son muy aproximados por lo que la desviación estándar es muy pequeña en la distribución y los valores de concentración de plomo durante el año son bajos.

De 1984 a 1992 (tablas I-IX) los valores del C.V. van disminuyendo conforme pasan los años respectivamente, de manera general en todas las estaciones, esto como ya se mencionó a que las concentraciones de plomo disminuyen en la atmósfera son menos variantes y el valor medio y la desviación estándar disminuyen también, ocasionando poca dispersión de datos.

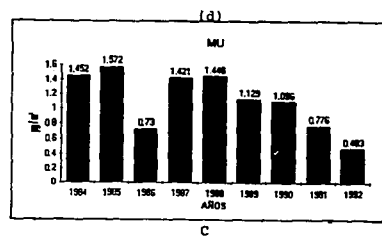
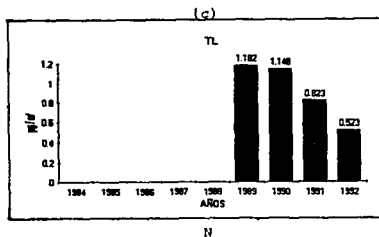
Datos mensuales (tablas I-IX).

La concentración menor $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se presentó en la estación Mu en el centro de la ciudad, precisamente en el mes de junio de 1984 (tabla I), en época de lluvias como es lógico, esto debido a un alto gradiente de precipitación en donde existió un mayor lavado del ambiente; además de que los vientos arafagados que soplan en las tardes de la primavera y en el verano, precediendo o acompañando a las tempestades que de una u otra manera contribuyeron a la disminución en la concentración de plomo atmosférico. Por lo que al monitorearse su concentración, en el ambiente es casi nulo y sin mayor peligro, pero con el paso de los días, al término del período de lluvias y con la alta incidencia de plomo en el ambiente por su uso indiscriminado como comenta Burgos (1986), de Junio a Diciembre se sobre acumuló en el ambiente y la concentración más alta mensual $7.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se presentó en la estación Xa en el mes de Diciembre de 1984 (tabla I), en época seca, cuando generalmente se presenta la mayor proporción de inversiones térmicas (en invierno) en todo el año, donde la fuerza y magnitud de los vientos es más lenta y débil y cuando la magnitud del problema actual (la alta contaminación) no era tan importante y no existían las medidas actuales, lo cual incrementaba el contenido de contaminantes como es el caso del plomo que es un elemento acumulable tanto en los organismos por inhalación, ingestión o absorción, como, en el ambiente por sedimentación, además de su alta vida media como elemento o isótopo. Se puede observar el peligro y problema que este elemento ocasiona en un período muy corto de tiempo, por lo que cada vez es necesario tomar medidas para poder eliminar el plomo del ambiente, siendo necesario cada vez más prescindir de él utilizándose menos o sustituyéndose por algún otro elemento que no sea dañino para el hombre y el ambiente, como comenta Girón (1988).

Grafica 1
 Concentración anual de Pb atmosférico Vs años

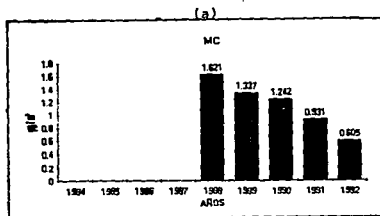


46

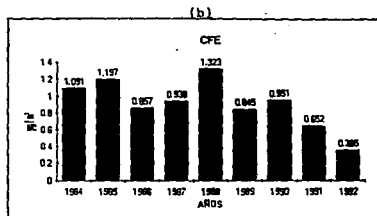


N=norte
 C=centro
 S=sur

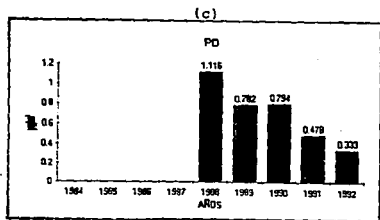
Grafica 2
 Concentración anual de Pb atmosférico Vs años



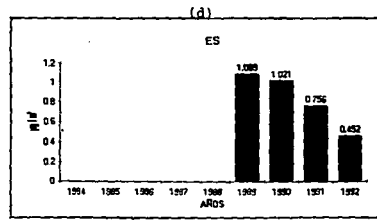
C



C



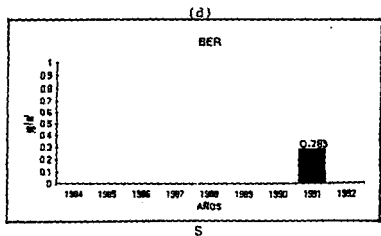
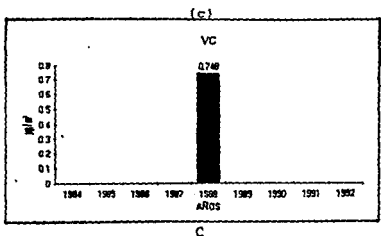
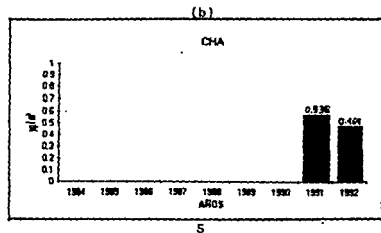
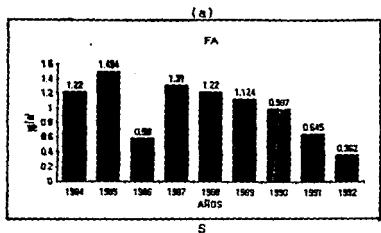
S



S

N=norte
 C=centro
 S=sur

Grafica 3
 Concentración anual de Pb atmosférico Vs. años



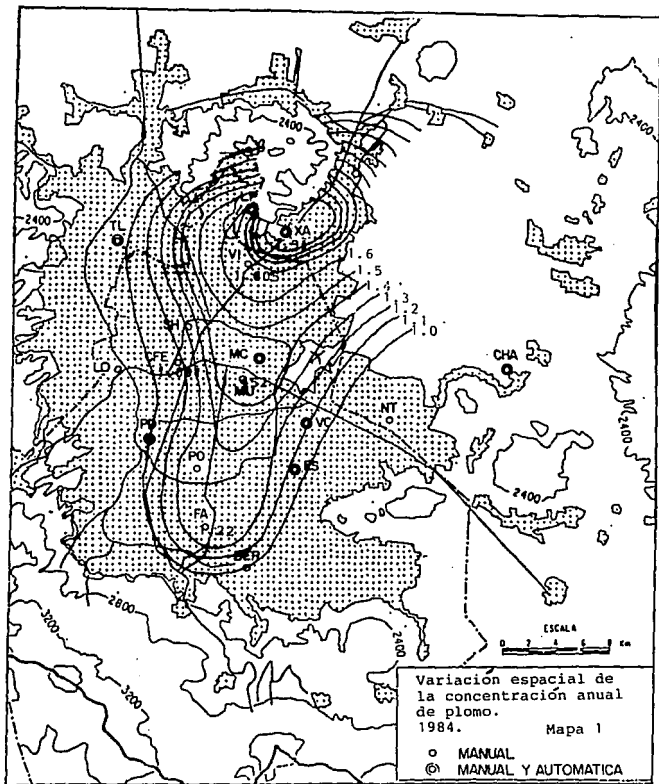
N=norte
 C=centro
 S=sur

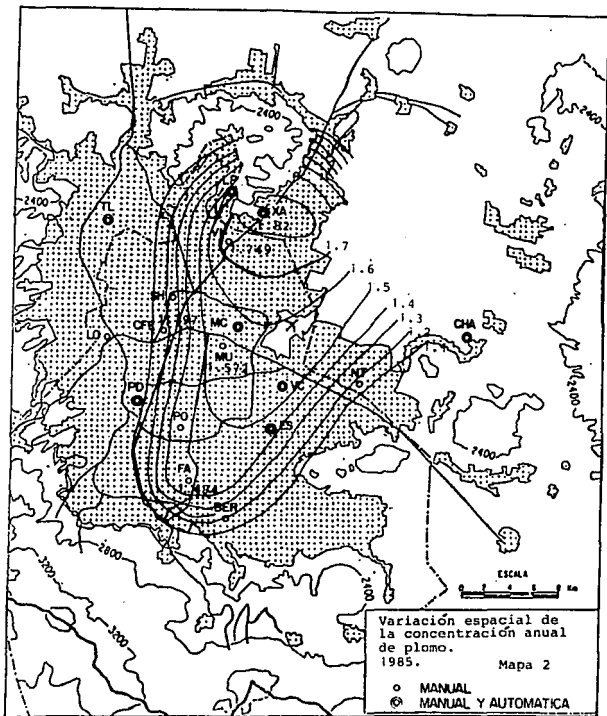
Gráficas de concentración anual Vs años (Gráficas 1-3).

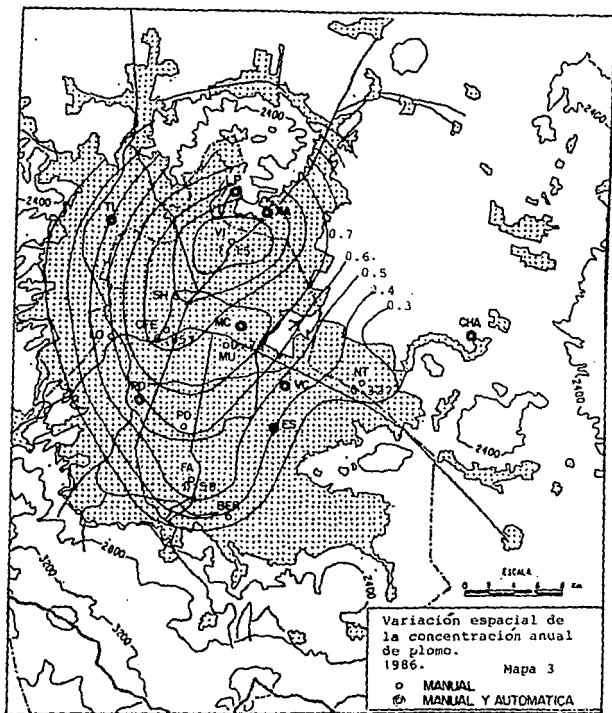
Entre los años de 1987 y 1988 todas las estaciones presentan un aumento en la concentración de plomo en el ambiente, en el tiempo conformado por 9 años, en todas las estaciones su valor máximo esta comprendido o en 1987 o en 1988 y apartir de ahí los niveles fueron disminuyendo constantemente hasta llegar a su mínima concentración en 1992 para todas las estaciones.

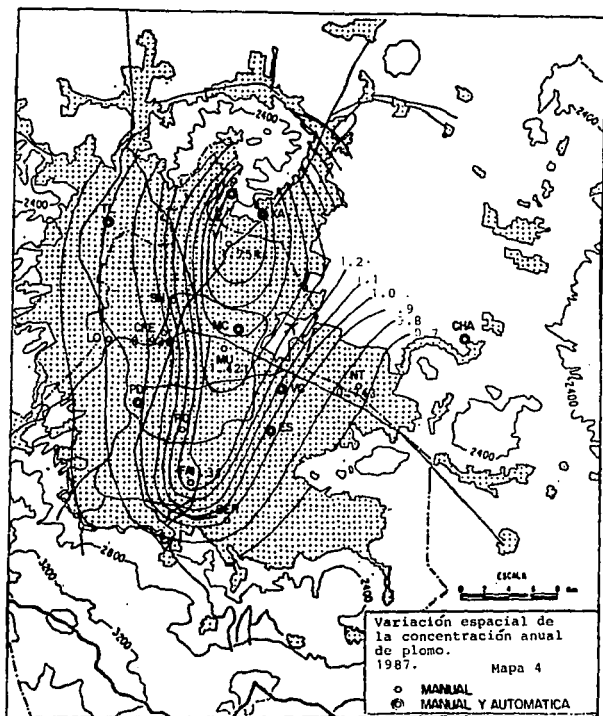
Como es notorio y mucho se ha hablado, la estación Xa (gráfica 1a) presenta niveles exagerados y variaciones muy grandes con respecto a las demás estaciones, que presentan niveles más aproximados y variaciones más pequeñas y semejantes, y la concentración en las estaciones varía como ya se había mencionado en los mapas 1-9 (por isolíneas) en orden decreciente de acuerdo a su localización de norte a sur de la ciudad, de acuerdo a las actividades que ahí se realicen y al tráfico vehicular.

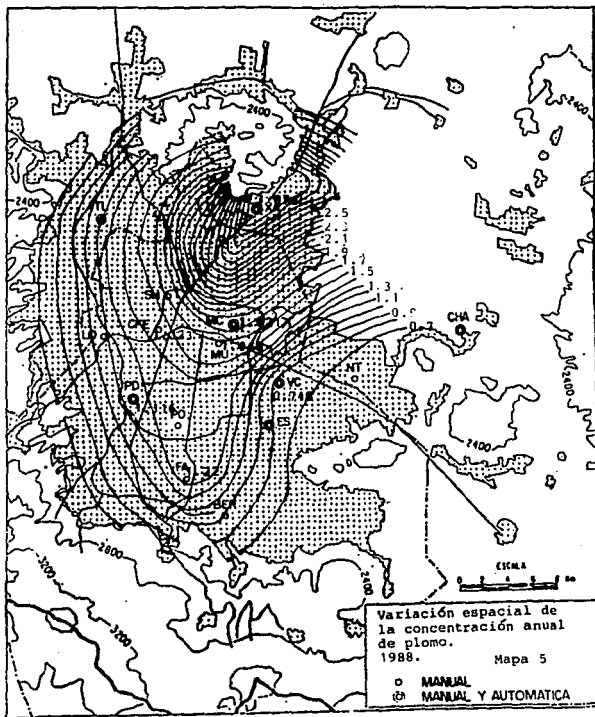
Los cambios en la disminución de la concentración de plomo en el ambiente atmosférico de la ciudad de México es debido a las medidas que ya se tomaron en favor al ambiente y mejora del daño a la salud de los habitantes; como es la instalación de filtros en la industria con algunas reubicaciones de estas, la disminución de plomo en la gasolina como antidetonante, el uso de convertidor catalítico, el programa de un día sin auto, además de la gran participación ciudadana en favor de su salud que ya es un tanto agravada y es preocupante.

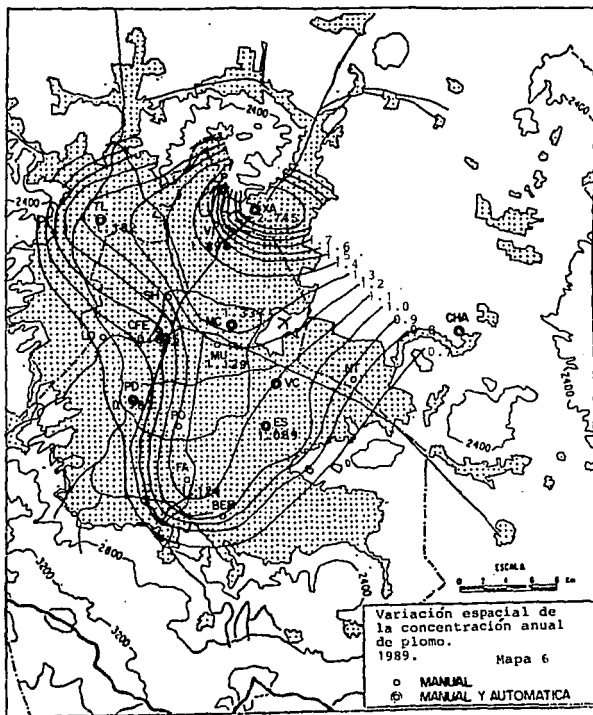


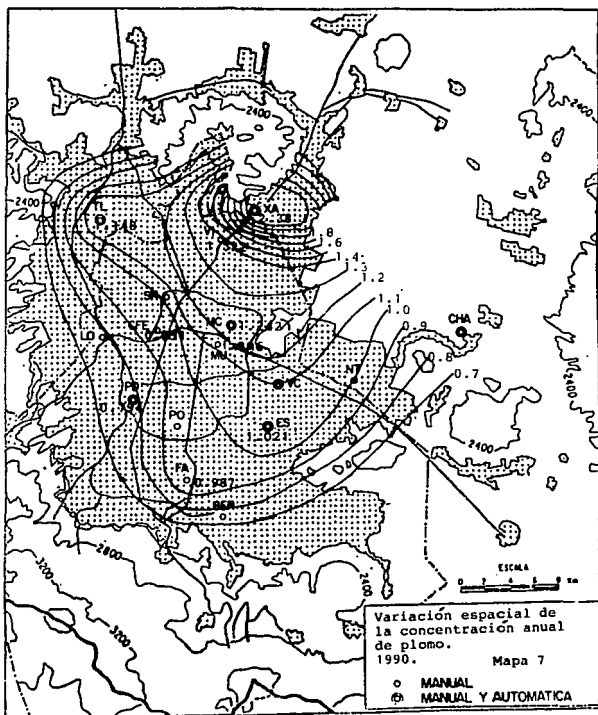


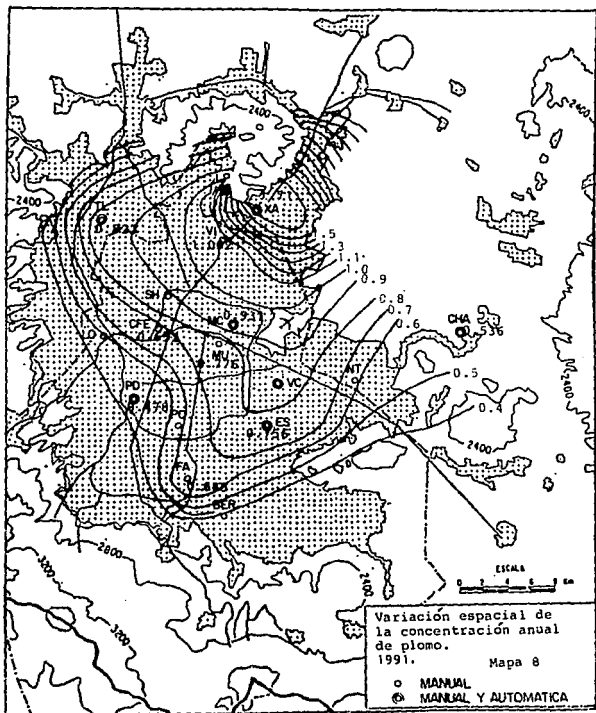


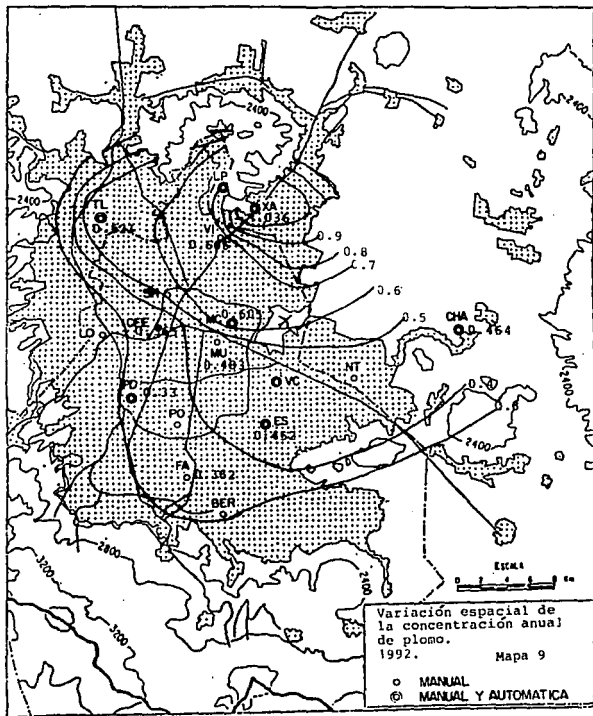












2.-Análisis de la variación espacial.

Isolíneas en los mapas 1-9.

En 1986 y 1987 (mapas 3 y 4) la estación Vi presenta las más altas concentraciones, pero se encuentra en el norte, muy cerca de la estación Xa, lo que pasa es que por alguna razón no se tienen datos registrados en Xa para estos años, tal vez a causa que se tuvieron datos de otras estaciones de muestreo como es el caso de la estación Ni.

Para el resto de los años (1984, 1985, 1988, 1989, 1990, 1991 y 1992), en la estación Xa, se presenta la más alta concentración, ya que se encuentra localizada en el norte de la Ciudad de México, donde se encuentra la mayor parte de la industria, aparte de un gran flujo de vehículos automotores debido a las entradas y salidas de carreteras y a la gran cantidad de transporte público en esa zona, como ya lo había comentado Jáuregui (1989).

En los mapas con las concentraciones de plomo anuales, las isolíneas presentan una homogeneidad marcada, en todos ellos, hacia el sur de la ciudad en todos los años, ya que es manifiesto la influencia de la dirección de los vientos, ya que entran por el norte, ocurre un arrastre de contaminantes a través de toda la ciudad y salen por el sur, dejando a su paso diferentes concentraciones de plomo. Los dos ductos de escape hacia el sur se encuentran en Xochimilco y en la sierra del Ajusco como comenta Ladislao (1986) y Jáuregui (1992).

Desde 1984 hasta 1990 (mapas 1-7) en el centro de la ciudad, lo que corresponde a las estaciones Mc y Mú, se presentan concentraciones relativamente altas con respecto a las demás estaciones, pero no comparando con las del norte, en donde ya se dijo están las más altas, esto debido más que nada a la presencia de la llamada isla de calor mencionada por Jáuregui (1992), además de la alta densidad vehicular que por ahí circulaban y a la fuerza de los vientos que es débil en esta zona, por lo tanto en su conjunto, todos estos factores interactúan de una manera especial hacia aumentar la concentración de plomo como contaminante en esta zona.

En 1991 y 1992 (mapas 8 y 9) se observa una gran disminución en las concentraciones de todas las estaciones desde Xa (que son las más altas), hasta las del centro y sur de la ciudad y esto más que nada debido a la reubicación de vías vehiculares en el centro, a la mayor utilización y demanda de gasolina sin plomo, al programa de un día sin auto, a la sedimentación del metal y a la ayuda ciudadana que de un modo u otro tiene preocupación.

PROMEDIO TRIMESTRAL

Plomo atmosférico

Tabla X

	PD			
	EFM	AMJ	JAS	OND
1984	0	0	0	0
1985	0	0	0	0
1986	0	0	0	0
1987	0	0	0	0
1988	0.742	0.784	1.082	2.21
1989	0.915	0.678	0.74	0.787
1990	0.716	0.622	0.797	1.041
1991	0.635	0.481	0.362	0.436
1992	0.416	0.247	0.326	0.33
	ES			
	EFM	AMJ	JAS	OND
1984	0	0	0	0
1985	0	0	0	0
1986	0	0	0	0
1987	0	0	0	0
1988	0	0	0	2.436
1989	1.378	1.036	0.951	0.989
1990	0.977	0.952	0.914	1.231
1991	0.845	0.613	0.8	0.766
1992	0.555	0.37	0.559	0.323
	XA			
	EFM	AMJ	JAS	OND
1984	3.223	2.955	2.544	4.81
1985	2.296	1.568	0	0
1986	0	0	0	0
1987	0	0	0	0
1988	6.077	2.2	2.336	5.386
1989	3.914	2.371	1.891	2.803
1990	2.653	2.33	2.022	2.509
1991	2.667	1.294	1.241	1.958
1992	1.71	0.726	1.037	0.67

PROMEDIO TRIMESTRAL

Piomo atmosférico

Tabla XI

	YL			
	EFM	AMJ	JAS	OND
1984	0	0	0	0
1985	0	0	0	0
1986	0	0	0	0
1987	0	0	0	0
1988	0	0	0	3.064
1989	1.292	0.973	1.164	1.297
1990	1.115	0.953	1.089	1.436
1991	1.113	0.753	0.794	0.633
1992	0.728	0.396	0.506	0.461
	MC			
	EFM	AMJ	JAS	OND
1984	0	0	0	0
1985	0	0	0	0
1986	0	0	0	0
1987	0	0	0	0
1988	1.186	1.201	1.393	3.244
1989	1.489	1.284	1.2	1.395
1990	1.136	1.072	1.175	1.585
1991	1.107	0.896	0.929	0.789
1992	0.876	0.505	0.598	0.442
	VI			
	EFM	AMJ	JAS	OND
1984	2.027	1.323	1.03	1.847
1985	0	1.189	1.631	2.156
1986	1.442	1.237	1.292	0.515
1987	1.87	1.315	1.265	2.753
1988	0	0	0	3.253
1989	1.953	1.306	1.098	1.635
1990	1.379	1.206	1.196	1.505
1991	1.447	0.859	0.912	0.991
1992	1.006	0.498	0.607	0.548

PROMEDIO TRIMESTRAL

Plomo atmosférico

Tabla XII

	FA			
	EFM	AMJ	JAS	DND
1984	1.565	0.795	0	1.675
1985	1.634	0.846	1.567	2.157
1986	0.772	0.653	0.624	0.259
1987	1.103	1.244	0.63	2.034
1988	0.867	0.914	1.105	2.378
1989	1.205	0.747	1.476	1.068
1990	0.899	0.871	0.893	1.294
1991	0.848	0.547	0.735	0.45
1992	0.44	0.323	0.369	0.314
	MU			
	EFM	AMJ	JAS	DND
1984	1.42	0.717	1.865	1.943
1985	1.531	1.352	2.129	1.384
1986	0.934	0.778	0.676	0.531
1987	1.579	1.443	1.073	1.682
1988	1.113	1.065	1.289	2.751
1989	1.268	0.949	1.007	1.292
1990	0.975	1.008	1.039	1.363
1991	0.956	0.703	0.796	0.65
1992	0.692	0.393	0.469	0.379
	CHA			
	EFM	AMJ	JAS	DND
1984	0	0	0	0
1985	0	0	0	0
1986	0	0	0	0
1987	0	0	0	0
1988	0	0	0	0
1989	0	0	0	0
1990	0	0	0	0
1991	0	0	0.536	0.537
1992	0.566	0.503	0.503	0.379

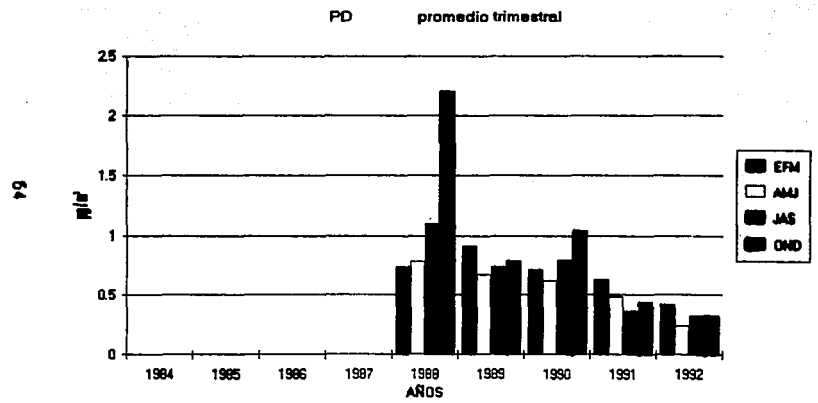
PROMEDIO TRIMESTRAL

Plomo atmosférico

Tabla XIII

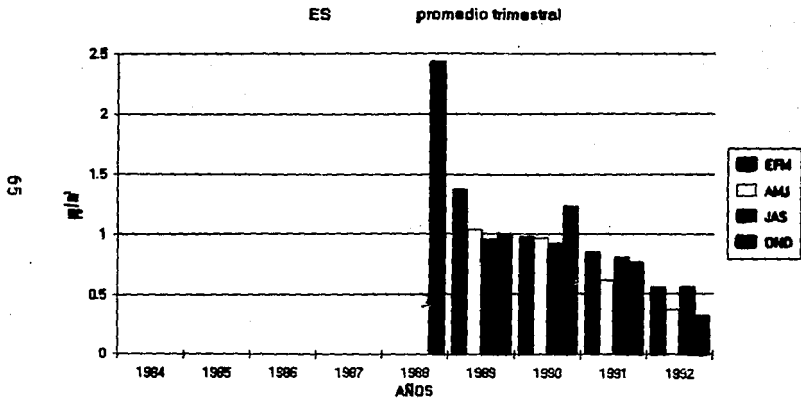
	CFE			
	EFM	AMJ	IAS	OND
1984	1.277	0.94	0.98	1.13
1985	1.615	0.815	1.055	1.355
1986	1.471	0	0	0.51
1987	0.722	0.864	0.864	1.445
1988	1.029	1.006	1.026	2.683
1989	0.973	0.636	0.755	1.012
1990	0.829	0.805	0.978	1.193
1991	0.809	0.633	0.72	0.447
1992	0.477	0.349	0.357	0.277
	NT			
	EFM	AMJ	IAS	OND
1984	0	0	0	0
1985	0.581	0	0	0
1986	0.276	0.184	0.45	0.36
1987	0.638	0.756	0.564	1.154
1988	0	0	0	0
1989	0	0	0	0
1990	0	0	0	0
1991	0	0	0	0
1992	0	0	0	0

Gráfica 4
Plomo atmosférico



Límite de normatividad = $1.5 \mu\text{g} / \text{m}^3$

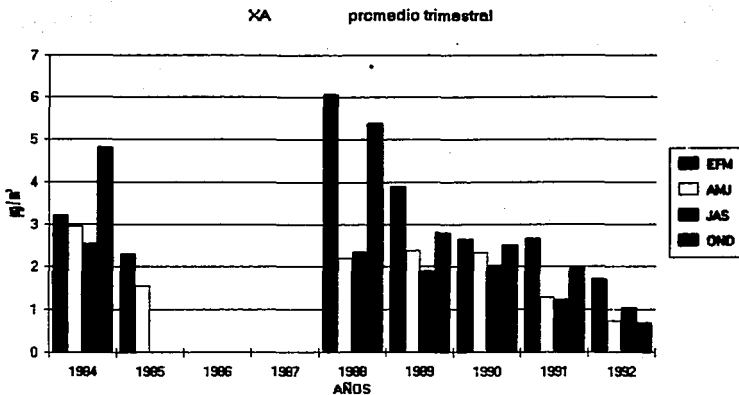
Gráfica 5
Plomo atmosférico



Límite de normalidad = 1.5 µg / m³

Gráfica 6
Plomo atmosférico

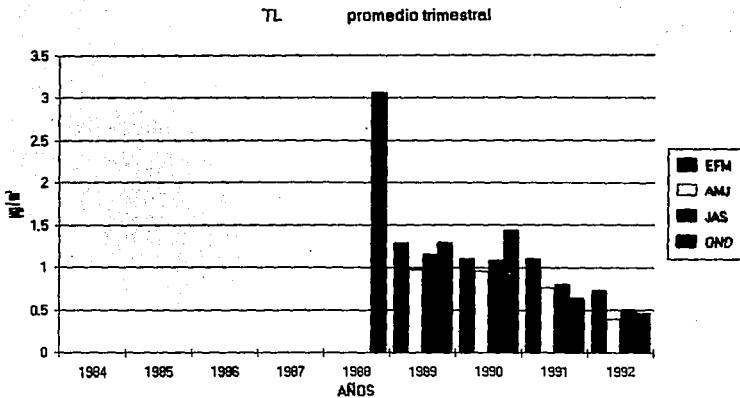
66



Límite de normalidad = $1.5 \mu\text{g} / \text{m}^3$

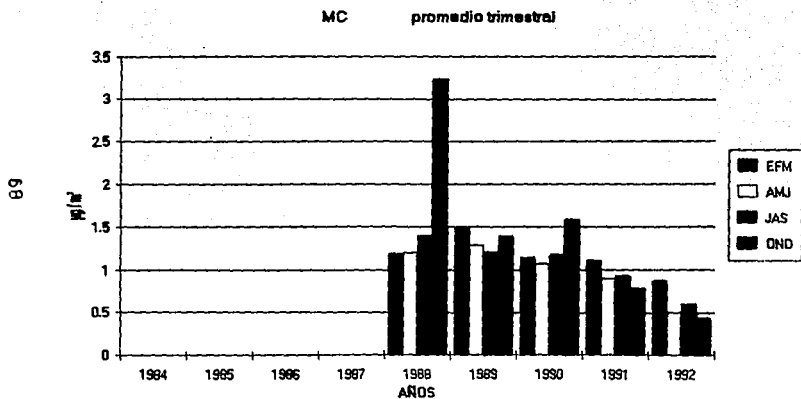
Gráfica 7
Plomo atmosférico

67



Límite de normatividad = 1.5 µg / m³

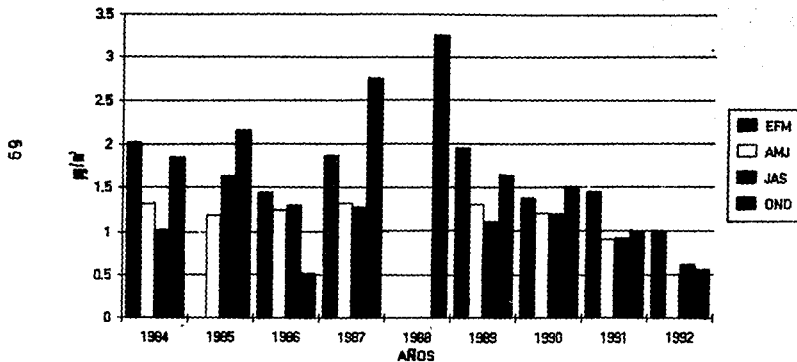
Gráfica 8
Plomo atmosférico



Límite de normatividad = 1.5 µg / m³

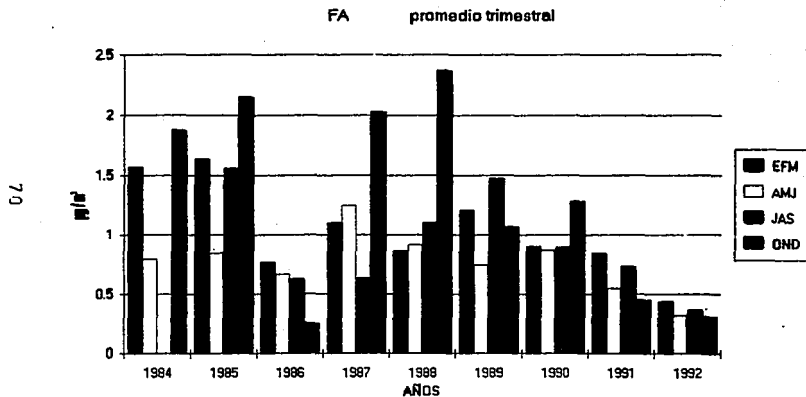
Gráfica 9
Plomo atmosférico

VI promedio trimestral



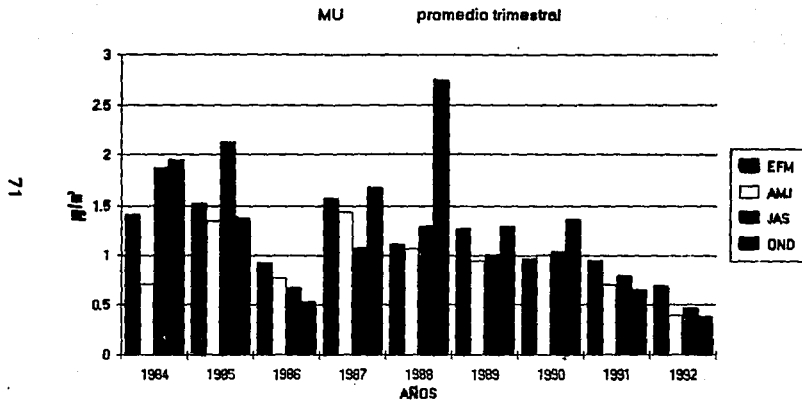
Límite de no toxicidad = 1.5 µg / m³

Gráfica 10
Plomo atmosférico



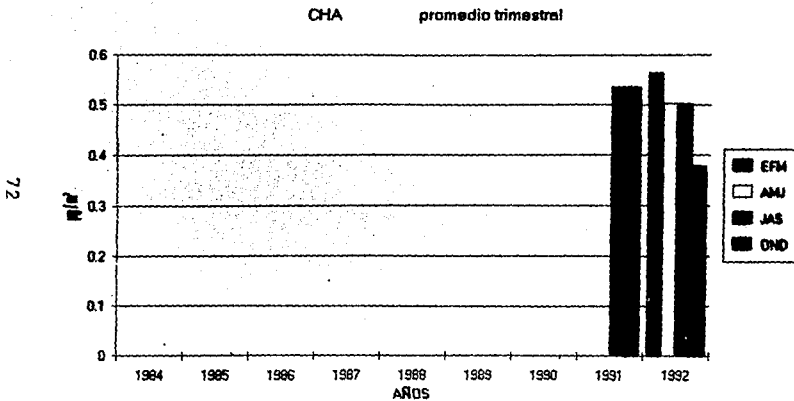
Límite de normalidad = 1.5 µg / m³

Gráfica 11
Plomo atmosférico



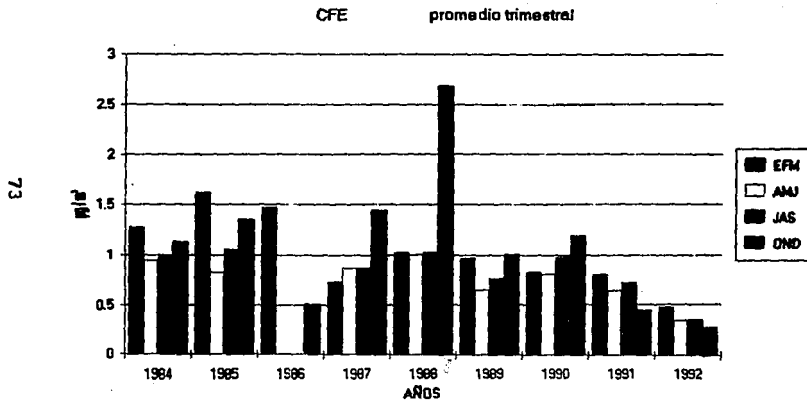
Límite de normalidad = 1.5 µg / m³

Gráfica 12
Plomo atmosférico



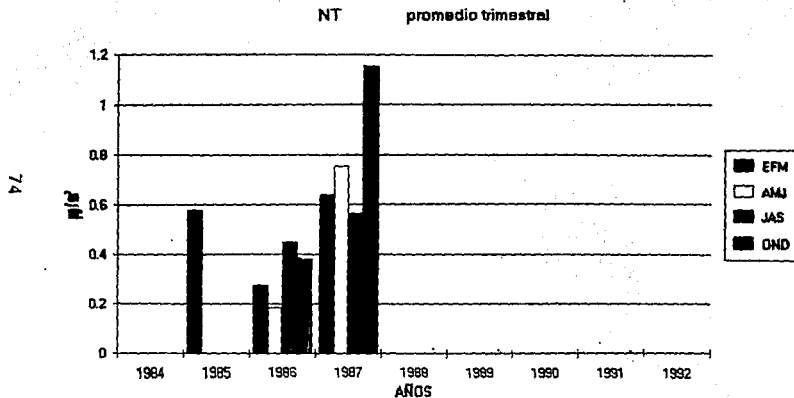
Límite de normalidad = 1.5 µg / m³

Gráfica 13
Plomo atmosférico



Límite de normalidad = $1.5 \mu\text{g} / \text{m}^3$

Gráfica 14
Plomo atmosférico



Límite de normalidad = 1.5 µg / m³

3.-Promedio trimestral (tablas X-XIII y gráficas 4-14).

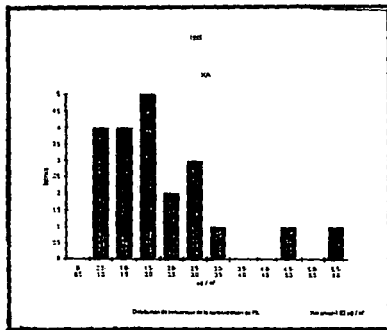
En los 9 años estudiados se encontró que al realizar un análisis trimestral conforme a la norma que nos rige que es de $1.5 \mu\text{g} / \text{m}^3$ durante un periodo de tres meses; a partir de 1984 la norma era comúnmente rebasada pero al pasar el tiempo se observó que en 1992, ya solamente un trimestre en todo el año se rebasa la norma y en una sola estación (XA). La estación XA (gráfica 6) es donde en casi todos los años se rebasa la norma, aunque sea solo una vez como ya se mencionó, pero lo que es claro, que tanto la concentración como el número de veces rebasada la norma a disminuido por año considerablemente por lo que se piensa que han resultado buenos los intentos hechos por el gobierno para disminuir la contaminación y ya han sido mencionados. Desgraciadamente para el caso de la estación XA por su localización geográfica y por tantas fuentes emisoras de plomo que se encuentran a su alrededor va a seguir teniendo valores de muestreos que rebasen la norma hasta que no se tomen medidas drásticas en estos lugares.

En los datos de los 9 años estudiados la estación XA (gráfica 6) rebasa 21 veces la norma, después VI (gráfica 9) 9 veces rebasa la norma, después MU (gráfica 11) y FA (gráfica 10) en 7 ocasiones y otras que lo hicieron en 1 o 2 ocasiones y hay el caso de CHA (gráfica 12) en que nunca se rebasa la norma o por lo menos en las lecturas que se tienen nunca se rebasó la norma.

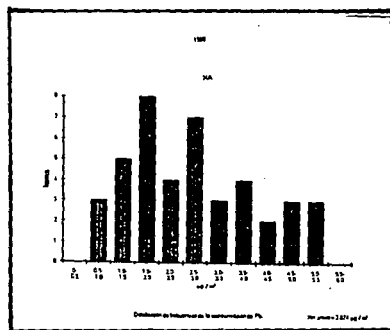
La mayor parte de veces que se rebasa la norma ocurren tanto en el primer trimestre del año (enero, febrero, marzo), como en el último (octubre, noviembre, diciembre), en temporadas de secas, lo cual había sido comentado por Burgos (1986). En los meses intermedios que son los de lluvias solo algunas veces se rebasa la norma en ciertas estaciones como son VI, FA, MU y XA (gráficas 9, 10, 11 y 6, respectivamente) que de forma predominante rebasa los límites en cualquier temporada y casi todos los años.

En el año de 1988 todas las estaciones por lo menos un trimestre y precisamente el último (O, N, D), se vieron rebasados los límites permisibles.

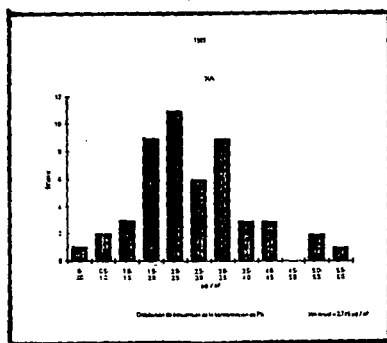
Todas las estaciones tienen una notable disminución en la concentración de plomo tanto trimestral como mensual y anualmente como se mencionó ya anteriormente.



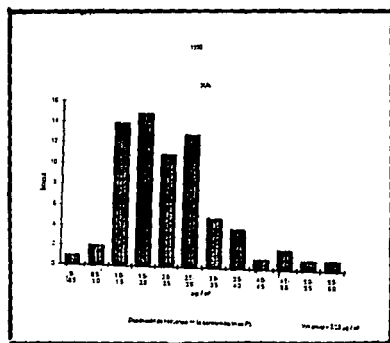
(a)



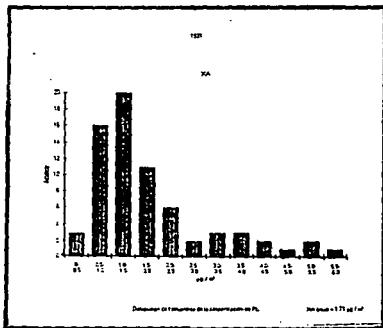
(b)



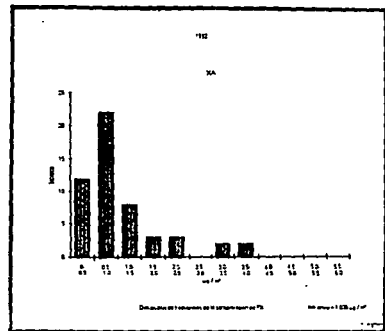
(c)



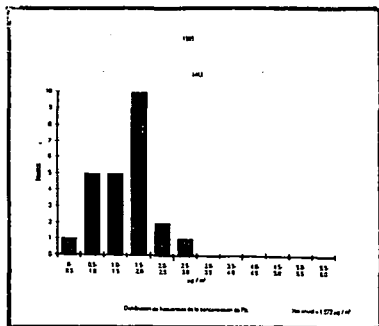
(d)



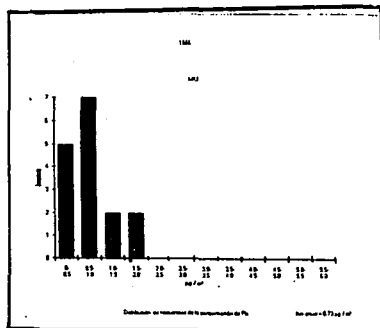
(a)



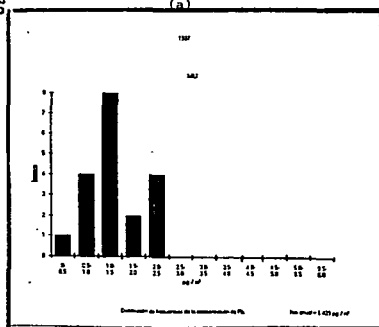
(b)



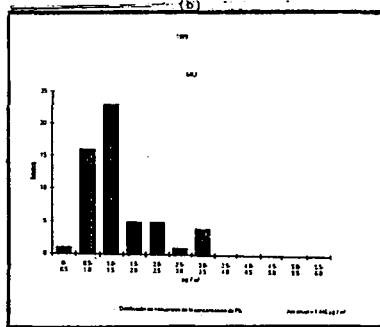
(a)



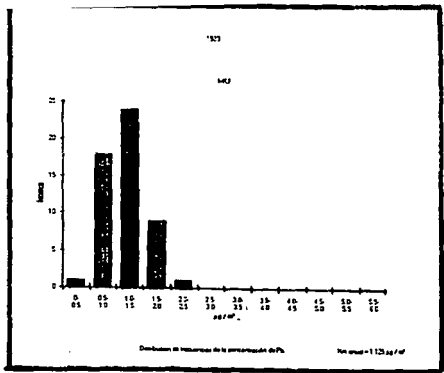
(b)



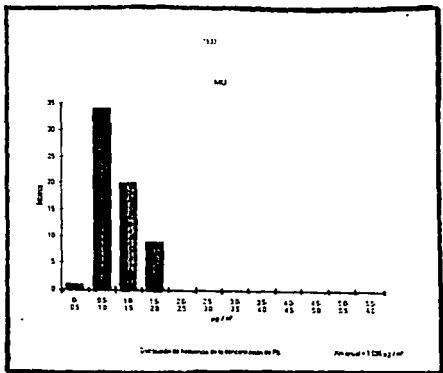
(c)



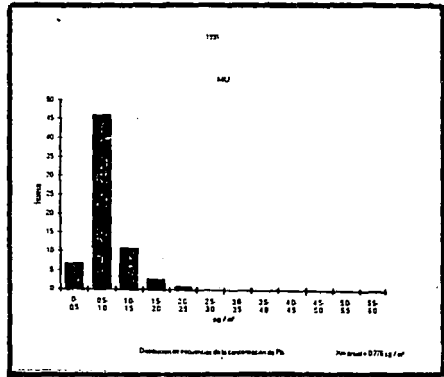
(d)



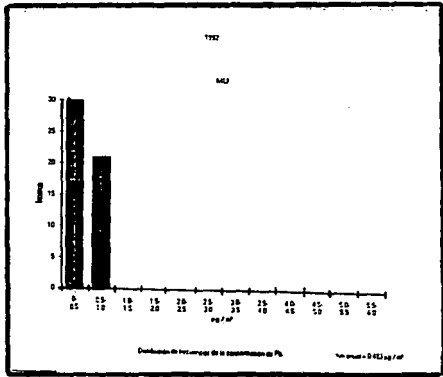
(a)



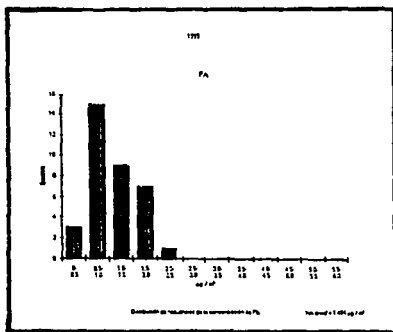
(b)



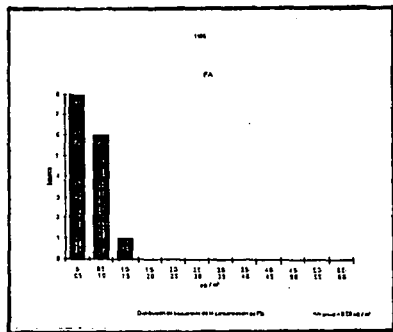
(c)



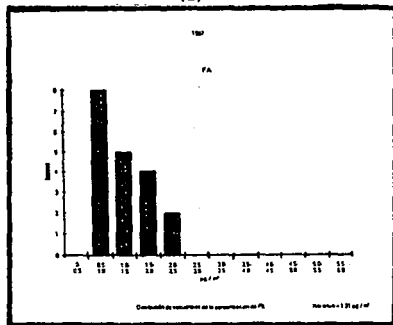
(d)



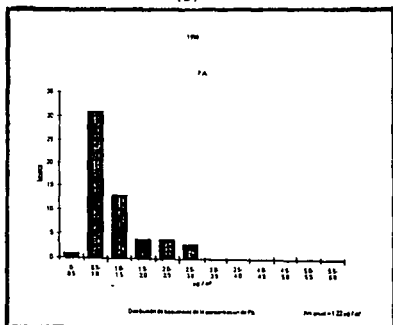
(a)



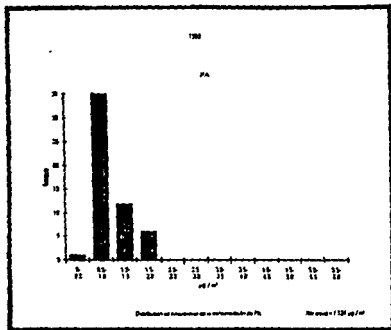
(b)



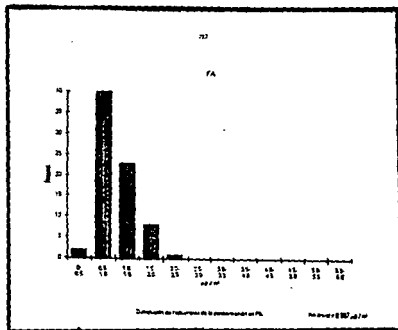
(c)



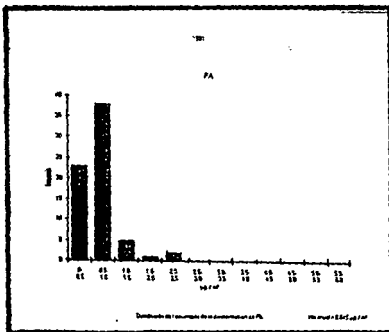
(d)



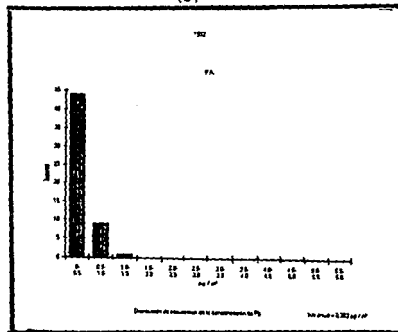
(a)



(b)



(c)



(d)

4.-Frecuencias de concentraciones de plomo (gráficas 15-20).

Al trazar gráficas de frecuencia respecto a los datos de las lecturas de los 9 años proporcionados por SEDESOL se compararon tres estaciones distintas en locación geográfica XA (gráficas 15 a,b,c,d y 16 a,b) en el norte, MU (gráficas 17 a,b,c,d y 18 a,b,c,d) en el centro y FA (gráficas 19 a,b,c,d y 20 a,b,c,d) en el sur.

Se encontró que en XA en 1988 (gráfica 15b) se tiene el mayor número de datos con concentraciones altas, siendo la más frecuente la concentración de $1.5-2.0 \mu\text{g} / \text{m}^3$, contrastando esto con XA en 1992 (gráfica 16b) se tiene el mayor número de datos con concentraciones mucho menores siendo la más frecuente de $0.5-1.0 \mu\text{g} / \text{m}^3$, lo cual apoya mucho el análisis realizado en los datos mensuales, trimestrales y anuales, todos los datos se encuentran entre 0 y valores mayores a $6.0 \mu\text{g} / \text{m}^3$.

En MU de 1985 a 1992 se observa de manera semejante a XA ya que en 1985 (gráfica 17a) se tiene una mayor frecuencia entre $1.5-2.0 \mu\text{g} / \text{m}^3$, en 1988 (gráfica 17d) la mayor frecuencia es entre $1.0-1.5 \mu\text{g} / \text{m}^3$ y en 1992 (gráfica 18d) la mayor frecuencia esta entre $0-0.5 \mu\text{g} / \text{m}^3$, todos los datos se encuentran entre $0-3.5 \mu\text{g} / \text{m}^3$.

Para FA se observa que de 1985 a 1991 (gráficas 19 a,b,c,d y 20 a,b,c) la mayor frecuencia se encuentra entre $0.5-1.0 \mu\text{g} / \text{m}^3$ y ya en 1992 (gráfica 20d) la mayor frecuencia disminuye a entre $0-0.5 \mu\text{g} / \text{m}^3$ y en general todos los datos se encuentran entre $0-3.0 \mu\text{g} / \text{m}^3$.

De estos datos también se puede deducir que la estación que más frecuentemente rebasó la norma es XA, lo que se confirma en las tablas y gráficas trimestrales de la concentración de plomo.

También se observa y confirma en análisis anteriores como en la variación espacial que de norte a sur de la ciudad se sigue un gradiente de disminución en la concentración de plomo atmosférico ocasionado por causas que ya se mencionaron en este trabajo y anteriormente Jáuregui (1989).

Tabla 4 : Valores medios para diferentes periodos en algunas ciudades.

Ciudad	Periodo	Media	Fuente
Caracas(1981)	1 año	1.80	Escalona y
Sao Paulo(1981)	1 semana	1.10	Sanhueza
Johannesburg(1981)	3 semanas	0.90	Boueras y Orsini
Bombey(1980)	10 meses	0.33	Arnegarn et al
Milán(1981)	3 años	1.00	Khandekar et al
Pasadena(1975)	1 mes	2.10	Caruso et al
Nueva York(1975)	1 año	1.07	Hammerle y Pierson
Los Angeles(1969)	1 año	3.40	Kleimman et al
Los Angeles(1976)	6 meses	5.80	Saltzman et al
Nueva York(77-78)	2 años	1.07	Tiao y Hillmer
Río(76-77)	2 años	0.50	Trindade et al
Est. Museo(86-87) (Centro, V. de Méx)	2 años	1.34	Trindade et al
C. Universitaria (1980) (SO, V. de Méx.)	1 año	0.947	SEDUE Salazar et al

Tomando en cuenta los datos de la tabla 4 se puede decir que el valor promedio reportado por Salazar y colaboradores (1981), igual a $0.947 \mu\text{g}/\text{m}^3$, resultó del orden de la mitad del valor reportado para la ciudad de Caracas en un periodo comparable. En cambio, con respecto a Bombay, los valores para la ciudad de México son tres veces más grandes. El valor promedio obtenido por Fuentes y colaboradores (1980), en la zona sur del valle de México (C.U.) de $2.511 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 5 meses resulta comparativamente muy inferior al reportado para Los Angeles (1976), $5.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 6 meses.

En el periodo más reciente para el cual fue posible disponer de datos, 1984-1992 (tablas I-DX), proporcionados por SEDESOL, las estaciones en 1984 (tabla I), (cualquiera) tienen valores altos, los cuales sobrepasan a la mayoría de las ciudades de la tabla 4 pero conforme transcurren los años, la concentración de plomo en la atmósfera ha disminuido hasta tal grado que en 1992 (tabla DX) cualquier estación se encuentra por debajo del límite permisible de $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y por lo tanto de cualquiera comparable con alguna ciudad de las de la tabla, que aunque actualmente sería necesario actualizar para poder comparar cambios y acciones favorables a ello con sus respectivas ciudades.

Una de las características más notables logradas por el hombre en el curso de su evolución cultural, ha sido quizá, el extraordinario poder que ha adquirido frente al medio que lo rodea y paradójicamente, su simultánea debilidad frente a él, en efecto, por

un lado puede crearlo además de transformarlo y enriquecerlo, pero por otro lado puede destruirlo.

A partir de la figura 1 y siendo objetivos, nos damos cuenta que el problema de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México es alarmante. Es necesario descentralizar las industrias del Distrito Federal o mantener un riguroso control de contaminantes para dichas plantas, proponiendo una técnica en extremo interesante :

a)Canalizando recursos para implementar nueva tecnología en nuevos equipos que disminuyan al máximo la contaminación.

b)Que todo desecho tienda a ser reciclable.

c)Desarrollando e implementando más plantas de selección y reciclaje de desechos sólidos.

d)Fomentando un mayor control de emisión de gases a la atmósfera.

e)Aplicando verazmente la ciencia y la tecnología al ambiente con ética y profesionalismo.

f)Generando y reforzando una conciencia social ambiental para atacar al problema en la raíz.

g)Favoreciendo la educación en asuntos ambientales en todos sus niveles.

La educación ambiental pretende formar una conciencia individual y colectiva sobre los problemas ecológicos que logre trascender a una conciencia y actividad social. Podemos darnos cuenta de que la educación ambiental tiene un carácter netamente social y afecta decididamente a la estructura política, económica y cultural de la sociedad la cual pretende conseguir un cambio en la forma de análisis de la problemática ambiental. Podemos observar de manera muy simple, que en México, existen varios sectores de la población que no poseen una conciencia clara de la importancia del medio ambiente, como factor indispensable de un proceso de desarrollo socioeconómico sostenido a corto, mediano y largo plazo.

Uno de los medios por el cual se puede suministrar información suficiente y veraz, es desde el inicio de la formación de cada uno, esto es, desde la escuela y así entendida, la educación ambiental deberá ser por fuerza interdisciplinaria y debe formar parte integral del proceso educativo.

Las universidades del país deberán crear una nueva formación ambiental y cabe señalar que esta debe crearse para todas las áreas ya que es un problema que afecta a todos. Las funciones de las universidades en relación con las estrategias de producción científica y tecnológica, deben dar la formación profesional y técnica además de la aplicación del conocimiento en el manejo integrado de los recursos de las diversas comunidades y localidades, dando de esta manera, una nueva formación ambiental a nivel nacional.

En países como México es muy común la adopción de normas o mejor dicho, la copia de normas y ello es la causa no identificada de la ineffectividad de una norma, de las violaciones que se cometen y porque no decirlo de la falta de confianza en nosotros mismos.

VII) CONCLUSIONES Y REFLEXIONES.

- El plomo presenta una variación espacial marcada ya que se tiene la mayor concentración en el norte de la ciudad un poco menor en el centro y mucho menor en el sur, esto debido a la localización de fuentes de origen principalmente y a la acción que ejercen los vientos sobre el plomo atmosférico, apoyándose en las comparaciones gráficas de valores de concentraciones promedio como son mensual, trimestral, anual y datos de frecuencia.
- El estudio de la variación estacional de los niveles de concentración de plomo según los meses y trimestres del año y de su fluctuación alrededor de los niveles máximos permisibles, permite concluir que el efecto de "lavado" por acción de las lluvias es muy importante ya que en meses de época de secas las concentraciones son más altas y en meses de época de lluvia los niveles disminuyen hasta el grado de ser casi nulo.
- La zona norte y centro presentan alto potencial de riesgo a la salud por los niveles de plomo observados.
- El límite permisible en México fue rebasado en los periodos de secas general y ocasionalmente en casi todas las estaciones, a excepción de XA que fue la única con más violaciones a la norma (21 veces en 9 años) y tanto en secas como en lluvia.
- Tanto trimestral como anualmente ha disminuido la concentración de plomo en el ambiente de manera notable.
- Un resultado importante que confirma el efecto de la implementación de una estrategia de control por parte de PEMEX consiste en la reducción del contenido de plomo en la gasolina a partir de 1987 siendo clara la tendencia a la disminución observada en los niveles de plomo en PST para las estaciones estudiadas y en los diferentes análisis realizados.
- La disminución del contenido de plomo en la gasolina trajo como consecuencia una disminución de la concentración de plomo en aire, hecho que confirma la hipótesis de que son las emisiones vehiculares la principal fuente antropogénica de este contaminante en la atmósfera.
- Debido a los problemas relacionados con la contaminación ambiental, expuestos en este trabajo, se considera necesario y prioritario, plantear un plan de desarrollo tecnológico integral, de sistemas de tratamiento, que favorezca un estricto control de emisión de

contaminantes al medio ambiente, basados en la nueva legislación ambiental y específicamente en las normas, en donde además se involucra a todos los sectores del país.

-Se debe reforzar el Programa Nacional de Educación Ambiental, en todos los niveles de la educación logrando con esto generar una nueva conciencia ambiental, gracias a que modifica la conducta individual y colectiva en relación al medio ambiente en que se desenvuelve, obteniendo un mejor nivel de vida para nuestra generación y para las venideras, porque la Educación Ambiental posee un carácter netamente social y afecta decididamente la estructura política, económica y cultural de la sociedad.

-Se recomienda de sobremanera, el minimizar la adaptación o copia de "otras" Normas, ya que muchas de ellas no satisfacen los requerimientos tecnológicos o se encuentran a un nivel superior al del país.

-A fin de abatir los niveles de este contaminante en la atmósfera se recomienda reducir a cero el contenido de aditivos a base de plomo en la formulación de la gasolina.

-Reglamentar la calidad de las emisiones industriales y relocalización a las fábricas contaminantes.

VIII) BIBLIOGRAFIA.

- Albert, L.A. 1990. "Toxicología ambiental". Centro panamericano de ecología humana y salud. O.P.S.; O.M.S. Ed. LIMUSA México, D.F.
- Barcelo, J. 1989. "Estrés vegetal inducido por metales pesados". Investigación y ciencia No. 154.
- Barrie, L.A. 1988. "Aspects of atmospheric pollutant origin and deposition revealed by multielemental observation at a rural location in Eastern, Canada". Journal of geophysical research vol. 93 No. D4.
- Bravo, A.H. 1985. "Contenido de plomo en partículas suspendidas en la atmósfera de ciudades mexicanas". Escuela nacional de ciencias biológicas, IPN México, D.F.
- Bravo, A.H. 1987. "La contaminación del aire en México". Fundación Universo Veintiuno A. C., México, D.F.
- Bravo, A.H. 1988. "Incremento de la contaminación atmosférica por ozono en la zona metropolitana de la Ciudad de México" Ingeniería ambiental. Año 1 No. 1 México D.F.
- Bravo, A.H. 1989. "Utilización de cadmio, carbón, cobre y plomo en partículas suspendidas totales como indicadores de contaminación atmosférica". Reporte técnico interno, CCA, UNAM.
- Bravo, A.H. 1991. "Ozono y lluvia ácida en la ciudad de México". Ciencias No. 22 UNAM México, D.F.
- Burgos, R.A. 1986. "Partículas suspendidas". ICYT vol. 8 No. 115 México, D.F.
- Collins, J. 1986. "The distribution and toxicology of lead in the environment. A review". New Zealand geographer.
- Corey, O.G. 1989. "Plomo". Serie vigilancia No. 8 Editado por el centro panamericano de ecología humana y salud. O.P.S., O.M.S., Metspec, México.
- Chisolm, J.J. 1984. "Envenenamiento por plomo". Scientific American.
- Diaz, A.M.G. 1986. "Determinación de metales pesados en partículas suspendidas totales y de fracciones en la atmósfera de la zona de tacuba". Tesis E.N.C.B. IPN México, D.F.
- D.O.F. 1988. "Acuerdo por el que se establece los lineamientos para la formulación, expedición y modificación de normas técnicas ecológicas". D.O.F. México, D.F.
- EPA, 1977a. "Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems". Volume II-Ambient air Specific Methods, EPA 600/4-77-027 a, Research Triangle Park, N.C.

- EPA, 1977b. "Selecting sites for monitoring total suspended particulates". EPA-450/377-018.
- EPA, 1983. "Analytical Methods for air quality standards". Air pollution training institute, EPA 450/2-81-018 b., EPA Research Triangle Park, N.C.
- EPA, 1983. "Introduction to ambient air monitoring". Air pollution training institute, EPA 450/2-82-004., EPA., Research Triangle Park.
- EPA, 1984. "Environmental progress and challenges : an EPA perspective". Office at management systems and evaluation (PM-222) Washington D.C.
- Espinoza, et. al. 1978. "Lead and cadmium concentration in suspended particles at two sampling stations in Mexico city". 71 st. air pollut. cont. ass. am. metl. 78-69.4.
- Espinoza, R.M. 1985. "Datos de monitoreo de plomo en el aire del D.F.". SEDUE, México, D.F.
- Ezcurra, E. 1991. "¿Que mide el INECA?". CIENCIAS No. 22 UNAM México, D.F.
- Ferreira, E. 1987. "El plomo que los ciudadanos llevamos dentro". ICYT vol. 9 No. 130 México, D.F.
- Fuentes, G.V. 1991. "La contaminación por partículas suspendidas en la atmósfera del valle de México". CIENCIAS No. 22 México, D.F.
- Girón, H.E. 1986. "El cielo de mi ciudad". ICYT vol 8 No. 115 México, D.F.
- Girón, H.E. 1988. "Gasolinas tóxicas invasoras de la atmósfera". ICYT vol. 10 No. 139 México, D.F.
- Girón, H.E. 1989. "Sustancias tóxicas en el ambiente". ICYT vol 11 No. 154 México, D.F.
- Gonzales, E.E. 1986. "La contaminación, muerte lenta". ICYT vol. 8 No. 115 México, D.F.
- Habibi, K. 1973. "Characterisation of particulate matter in vehicle exhaust". Envir. Sci. Technol. 7.
- Harrison, R.M. 1983. "The measurement and interpretation of Br/Pb ratios in airborne particles". Atmospheric Environment vol. 17 No. 2 printed in Great Britain.
- Heredia, D.M.I. 1989. "Evaluación de los niveles de contaminación por plomo, cadmio y zinc en el valle de México". Tesis Fac. de Ingeniería. UNAM México, D.F.
- Hirschler, Et. al. 1957. "Particulate lead compounds in automobile exhaust gas". Ind. engng. Chem. No. 49.
- Jauregui, O. E. 1975. "Las zonas climáticas de la Ciudad de México". Boletín del Instituto de Geografía. vol. VI UNAM
- Jauregui, O.E. 1988a. "Local wind and air pollution interaction in the Mexico basin". *Atmósfera* 1, 1988a.

- Jauregui, O.E. 1988b. "Efectos del clima urbano sobre los niveles de contaminantes en la ciudad de México". *Geografía y desarrollo* vol. 1 (2) México, D.F. 1988b.
- Jauregui, O.E. 1989a. "Variaciones espaciales y temporales del plomo atmosférico en la ciudad de México". *Geografía y desarrollo*. vol. 11 No. 4 México, D.F.
- Jauregui, O.E. 1989b. "The dust storms of Mexico City". *International journal of climatology*. vol. 9
- Jauregui, O.E. 1992. "Patrones de flujo de aire superficial y su relación con el transporte de contaminantes en el valle de México". México, D.F.
- Jimenez, J.P. 1983. "Estudios hematológico en personas ocupacionalmente expuestas a plomo". Tesis E.N.C.B. IPN México, D.F.
- Ladislao, U. 1986. "La olla sucia del valle de México". ICYT vol. 8 No. 115 México, D.F.
- Lagerwerff, J.V. 1985. "Plomo, mercurio y cadmio como contaminantes ambientales". Ed. omega Barcelona, España.
- Legorreta, J. 1991. "La grave contaminación atmosférica de la ciudad de México". *Ciencias* No. 22 UNAM México, D.F.
- López, A.D. 1987. "La salud ambiental en México". Ed. Universo XXI México, D.F.
- Minari, O.J. 1991. "Lead contamination in street soils of Nairobi City and Mombasa Island, Kenya". *Bull. Environ. Contam. Toxicol. Springer-Verlag New York Inc.*
- Mosqueda, G.E. 1986. "Aspectos generales del plomo y su comportamiento en el ambiente". PEMEX México, D.F.
- Nava, T.M. 1991. "Determinación de partículas suspendidas totales y su contenido de carbón, plomo, cobre y cadmio, como evaluación de la contaminación atmosférica de la zona metropolitana de la ciudad de México". Tesis, Fac. Química, UNAM. México, D.F.
- Nava y Tirado, 1978. "Curso de Química Inorgánica". Dept. de Química Inorgánica. E.N.C.B. IPN México, D.F.
- Ocampo, Z.M. 1986. "Inversión térmica y contaminación". ICYT vol 8 No. 115 México, D.F.
- Ortega, R.J. 1985. "Monitoreo de plomo en el área metropolitana de la ciudad de México". SEDUE, México, D.F.
- Plaa, G.L. 1988. "Introducción a la toxicología ocupacional y ambiental".
- Ratcliffe, J.M. 1981. "Lead in man and the environment". Ellis Horwood Ltd. England.
- Rivero, S. O. 1993. "Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria". Biblioteca de la salud. Fondo de cultura económica. México, D.F.
- Rothemberg, S.J. 1989. "Evaluación del riesgo potencial de la exposición perinatal al plomo en el valle de México". Enero-Marzo. *Gaceta medica* 3(1).

- SAHOP. 1981. "Programa nacional de ecología urbana, anexo gráfico". Dirección general de ecología urbana. Secretaría de asentamientos urbanos y obras publicas. México, D.F.
- Salazar, S. 1981. "Sobre la presencia de algunos metales pesados en la atmósfera de la Ciudad de México". Geofísica Internacional. vol. 20 No. 1
- SEDUE. 1985. "Ciudad y medio ambiente, calidad de vida y percepción ambiental". SEDUE, México, D.F.
- SEDUE. 1986. "Informe sobre el medio ambiente en México". Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología., México, D.F.
- SEDUE. 1988. "Informe sobre el estado del medio ambiente en México". SEDUE México, D.F.
- Spiegel, M.R. 1979. "Estadística". Serie de compendios Schaum., McGraw-hill., México, D.F.
- SSA. 1985. "Localización de estaciones y formato de criterios para las estaciones mamuales". Jefatura de área de aire. México-PNUD, SSA.
- Stoker, S.H.; Seager, S.L. 1981. "Química ambiental, contaminación del aire y del agua". Ed. Bhum, la impresión. Barcelona España.
- Sturges, W.T. 1986. "Bromine: lead ratios in airborne particles from urban and rural sites". Atmospheric Environment vol 20 No. 3 printed in Great Britain.
- Sturges, W.T. 1989. "The use of stable lead 206/207 isotope ratios and elemental composition to discriminate the origins of lead in aerosols at a rural site in Eastern, Canada". Atmospheric Environment vol. 23 No. 8 printed in Great Britain.
- Thorn, W.R. and Ott, G.C. 1975. "Air Pollution Indices". U.S. Environmental Protection Agency. Washington, D.C.
- Tolivia, E. 1980. "Suspended particles and lead concentrations at fourteen sampling stations in the Mexico city metropolitan area". Paper 80-62 . 7 APCA Meeting, Montreal, Can.
- Turk, A. 1984. "Ecología-Contaminación-Medio Ambiente". Ed. Interamericana. México, D.F.