

"CORRELACION DE LAS FUENTES DE  
CONTAMINACION POR PLOMO EN EL DISTRITO  
FEDERAL Y VALORACION DE LA CONCENTRACION  
SANGUINEA EN EL HOMBRE"

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO  
P R E S E N T A :  
EMMA HERMELINDA VELAZQUEZ CORNEJO



## **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.

## INDICE

	PAG.
INTRODUCCION.....	1
I.- OBJETIVOS.....	5
II.- GENERALIDADES.....	7
II.1. Antecedentes del plomo.....	8
II.1.1. Antecedentes históricos.....	8
II.1.2. Características fisicoquímicas.....	10
II.1.3. Usos.....	12
II.2. Fuentes de contaminación por plomo.....	13
II.2.1. Contaminación ambiental por fuentes naturales.....	14
II.2.2. Fuentes de contaminación por plomo producidas por el hombre.....	16
II.2.3. Otras fuentes de contaminación por plomo derivadas de su uso y consumo..	19
II.3. Efectos tóxicos del plomo en el hombre.....	20
II.3.1. Características generales de una intoxicación por plomo.....	22
II.3.2. Metabolismo, distribución y excreción del plomo en el organismo..	29

II.3.3. Clasificación del grado de intoxicación por plomo.....	35
II.3.3.1. Signos y síntomas.....	37
II.3.3.2. Tratamiento.....	38
II.4. Valores de referencia para el plomo del medio ambiente, alimentos y organismo.....	45
II.5. Análisis de las campañas contra la contaminación.....	56
II.5.1. Estructura general de una campaña de publicidad.....	58
III.- PARTE EXPERIMENTAL.....	60
III.1. Determinación de plomo sangre total por espectrofotometría de absorción atómica.....	63
III.2. Características de las poblaciones estudiadas.....	68
IV.- ANALISIS DE RESULTADOS.....	83
V.- CONCLUSIONES.....	87
VI.- RECOMENDACIONES.....	90
VII.- BIBLIOGRAFIA.....	95

Es preciso subrayar que la intención de esta investigación es la de contribuir de alguna manera a conscientizar a los profesionistas, técnicos, políticos y población en general, de la obligación de cada uno de nosotros de mejorar nuestra conducta hacia la ejecución correcta, honesta y responsable de nuestro trabajo, sea cual fuere. Por esto, si se realizan críticas o se mencionan fallas no es con el afán de molestar o poner en evidencia a alguien, sino de evitar errores a través de la crítica sana y proponer soluciones para corregirlos, recurriendo a la modificación de nuestra conducta y a la aplicación correcta de nuestros conocimientos, lo que redundará en un beneficio personal y de la comunidad.

Esta investigación está orientada principalmente a señalar la importancia que tiene el correlacionar las fuentes de contaminación por plomo en el Distrito Federal, y la valoración del grado de intoxicación en el ciudadano expuesto a contaminantes, lo que se corrobora con los datos obtenidos en la revisión bibliográfica y en las encuestas realizadas en diferentes centros de información como Secretaría de Desarrollo Social, Secretaría de Salubridad y Asistencia, y Departamento del Distrito Federal.

La parte experimental de este trabajo se desarrolló en el Laboratorio de Toxicología del Departamento de Medicina del Trabajo del Centro Médico Nacional.

## **INTRODUCCION**

## INTRODUCCION

Las condiciones geográficas, orográficas, la abundante e inadecuada distribución poblacional; el constante, rápido y no planeado crecimiento industrial de la Ciudad de México, son algunas de las causas de los preocupantes niveles de contaminación ambiental ya que varios días del año se rebasan las normas vigentes de calidad del aire; durante el invierno, la situación se agrava por las inversiones térmicas y la falta de vientos que remuevan las nubes contaminantes.

El plomo se encuentra entre los contaminantes del medio urbano moderno, constituyendo un porcentaje significativo el total de partículas presentes en el medio atmosférico y en el polvo, por lo que se le ha tomado como un ejemplo de la contaminación atmosférica para este Trabajo, sin restar importancia a la contaminación del suelo, agua y alimentos por otros elementos que también son nocivos para la salud como es el caso del mercurio, arsénico, dióxido de azufre, etc., simplemente se ha elegido este elemento como un modelo para llevar a cabo una investigación del proceso que se realiza para evitar la contaminación, o en caso de que ésta se dé, determinar la intensidad de contaminación en plantas, animales y en el hombre y conocer cuáles son las medidas empleadas para su detección y tratamiento.

La zona metropolitana de la Ciudad de México está constituida por el Distrito Federal, 53 municipios del Estado de México y un municipio de Hidalgo.

Se encuentra a 2,240 metros sobre el nivel del mar y ocupa una extensión de 7,860 Km<sup>2</sup>

El área urbana tiene una superficie de 1,254.3 Km<sup>2</sup> y está habitada por más de 18 millones de personas. Circulan aproximadamente 2.3 millones de vehículos y operan más de 33 mil industrias, de todos tamaños y de muy diversos giros, éstas representan las fuentes fijas de contaminación, las cuales emiten el 23% de los contaminantes atmosféricos de la zona metropolitana de la Ciudad de México.

El proceso de control de estas fuentes, dada su naturaleza técnica, económica y social, conlleva en la mayoría de los casos a soluciones de mediano y largo plazo difíciles de lograr. Siendo esto un gran problema, pues tan sólo en el caso de la industria química y metalúrgica se carece de un 70% de equipo anticontaminante; no se cuenta con equipo de protección al personal; revisión médica, adiestramiento constante, etc.



Otra fuente importante de contaminación, son los vehículos automotores, definidos como fuentes móviles de contaminación atmosférica, los cuales son responsables del 82% de la emisión total de contaminantes de la zona metropolitana de la Ciudad de México, los cuales requieren distintos tipos de combustible y sus condiciones de operación pueden variar por su uso intensivo o por su antigüedad y la deficiente vialidad. El creciente número de unidades repercute en el aumento de emisión de contaminantes.

El Gobierno Federal y las autoridades locales han realizado diferentes acciones que tienden a disminuir la contaminación atmosférica provocada por las fuentes móviles principalmente. Estas acciones corresponden a programas operativos, y aunque son importantes, también lo es la programación de campañas bien orientadas para conscientizar y sensibilizar a la comunidad, logrando con esto, una participación más activa de los habitantes de la Ciudad, para contrarrestar la contaminación atmosférica, y en general, de la contaminación ambiental.

**I.- OBJETIVOS.**

## **I.- OBJETIVOS.**

- 1.- Desarrollar un estudio longitudinal retrospectivo del incremento de los niveles de plomo en el ambiente, en el Distrito Federal, durante la última década.**
- 2.- Estudiar las fuentes de contaminación por plomo más frecuentes en el Distrito Federal, mediante la revisión bibliográfica en diversos organismos del Sector Salud.**
- 3.- Analizar las campañas diseñadas para evitar la contaminación ambiental.**
- 4.- Evaluar los grados de intoxicación por plomo en diferentes individuos.**

## **II.- GENERALIDADES.**

## II.- GENERALIDADES.

### II.1. Antecedentes del plomo.

#### II.1.1. Antecedentes históricos.

Podemos decir, que el envenenamiento con plomo, o saturnismo es una de las enfermedades más antiguas y mejor conocidas. Entre las intoxicaciones industriales, sólo es más antigua la intoxicación con monóxido de carbono. Aunque Hipócrates describe los síntomas de intoxicación con plomo al parecer no tenía ninguna idea de la relación causal entre los síntomas y el tipo de ocupación que los producía. Posteriormente muchos autores, latinos y árabes conocieron el hecho de que los preparados con plomo producían cólicos cuando lo absorbían. Tanquerel, publicó en 1834 su primera tesis sobre envenenamiento con plomo, en la que describía el cólico, la artralgia, la parálisis y la encefalopatía como consecuencia de la absorción de plomo. Clasificó los síntomas de envenenamiento según los órganos y describió su relación etiológica común. Tan minuciosas fueron sus observaciones clínicas que sus descripciones no han sido mejoradas<sup>(1)</sup>.

Al plomo como metal se le mencionó desde que se conoce la civilización euroasiática. Existen evidencias arqueológicas que el metal era ya usado en el siglo XV a. C.; el plomo es uno de los seis metales llamados prehistóricos, y se menciona que los egipcios primitivos (7000-5000 años a. C.) empezaron a usarlo para vidriar cerámica, hacer figuras de animales, humanas, monedas, elaborar algunos utensilios de cocina y de pintura para los párpados. Los antiguos romanos lo usaron para instalaciones de plomería, en utensilios de cocina y de los recipientes para el vino, algunos objetos hechos de bronce contenían plomo, lo que le daba un sabor un poco dulce a los alimentos, y estos usos dieron lugar a una contaminación considerable de dichos alimentos y, desde luego, del agua<sup>(1)</sup>.

La práctica de preservar el vino con plomo y sus sales se extendió hasta que fue prohibida en una ley expedida durante el siglo XV.

Con la aparición de los motores de combustión interna a fines del siglo XIX, aumenta el problema de intoxicación por este elemento.

En los últimos cincuenta años, el uso del tetraetilo de plomo como antidetonante en las gasolinas, así como la

introducción de los acumuladores, generaliza el problema de la contaminación a prácticamente toda la humanidad. La dispersión del metal a través de la expulsión de los gases por estos motores, ha traído consigo el depósito del metal sobre la vegetación de nuestro planeta.

Como se observa, el plomo es uno de los metales pesados que se encuentra muy distribuido en la naturaleza: en el aire, en el agua, tierra, plantas y alimentos; por esta razón, los humanos, desde su vida intrauterina hasta su vejez, lo absorbe, almacena y excreta, siendo normal por lo tanto que se le encuentre circulando en la sangre y en todos los tejidos de su organismo<sup>(2)</sup>.

### II.1.2. Características fisicoquímicas.

El plomo, símbolo Pb, número atómico 82, peso atómico 207.21, está en el grupo IV del sistema periódico y es un miembro del subgrupo que contiene el germanio y el estaño. Su número de valencia es 2, pero muestra también la valencia 4, especialmente en sus compuestos orgánicos muchos de los cuales son bastante estables. Los cuatro isótopos naturales por orden decreciente de abundancia son 208, 206, 207 y 204.

Cristaliza en el sistema cúbico centrado en las caras y la distancia interatómica mínima es de 3.492 Å. Está presente en la corteza terrestre en la proporción aproximada de  $3.8 \times 10^{14}$  toneladas.

Tiene un punto de fusión de  $327.4^{\circ}\text{C}$ , punto de ebullición  $1740 \pm 10^{\circ}\text{C}$ , densidad 11.34 a  $20^{\circ}\text{C}$ , viscosidad de 2.116 centipoises, calor específico  $0.0297 \text{ cal/gr a } 0^{\circ}\text{C}$ , conductividad térmica  $0.083 \text{ cal/(seg) (cm}^2\text{) (}^{\circ}\text{C/cm)}$  a  $20^{\circ}\text{C}$ . Es uno de los metales comunes más blandos y más pesados, se corta fácilmente: la superficie de corte es de color argéntico brillante si es metal puro. Se lamina y estira fácilmente por extrusión, pero pequeñas cantidades de antimonio, arsénico, cobre y metales alcalinotérreos aumentan su dureza. Su resistencia a la corrosión atmosférica y al ataque por los ácidos, especialmente por el sulfúrico, hace que sea muy útil en la edificación, en las instalaciones de las fábricas de productos químicos: sus aplicaciones se mencionan a continuación.

En virtud de la posición del plomo en la serie electro-motriz, tiene poca tendencia a reemplazar al hidrógeno de las soluciones acuosas de ácidos. El ácido nítrico es el mejor disolvente, que forma nitrato de plomo soluble. El plomo metálico resiste al ácido sulfúrico y al ácido clorhídrico.



Casi todos los ácidos orgánicos reaccionan con el plomo. Y este metal no se altera en el aire seco. El principal mineral de plomo es la galena,  $PbS^{(1)}$ .

### II.1.3. Usos.

Uno de los principales usos del plomo es para revestimientos, serpentines, bombas, válvulas, etc.. En la fabricación de compuestos químicos. Sirve como revestimiento para tanques y como serpentín de refrigeración en el tratamiento de la bauxita molida con ácido sulfúrico: para la fabricación de alumbre. El plomo tiene una resistencia excelente a las soluciones de sal común, a la salpicadura de sal y al aire de las costas marinas, por eso se emplea para tuberías de agua de mar en los barcos. En la fabricación de compuestos intermedios de colorantes de plomo ha dado buena duración en servicio en instalaciones muy variadas: para halogenación, sulfonación, hidrólisis, oxidación, esterificación, reducción, extracción y condensación. Su excelente resistencia a la corrosión por el ácido sulfúrico a concentraciones de hasta 76% se debe a la insolubilidad de la película dura e impermeable del sulfato de plomo que se forma en la superficie. Se usa en la fabricación de ácido sulfúrico, para la fabricación de nitroglicerina, dióxido de

titanio y éteres. Tiene aplicación en nodos recubiertos de plomo y en revestimientos de precipitadores electrostáticos.

El plomo se usa mucho en la fabricación de rayón, y para manejar las soluciones fotográficas. Por su densidad elevada es un material muy conveniente para la protección de los rayos X.

El metal oxidado o transformado en sus sales se utiliza en la fabricación de acumuladores, pigmentos (cromatos y silicatos), esmaltes de cerámica (azulejos, loza, alfarería) y cristal de plomo, otros usos importantes son como antidetonante en la gasolina, de relleno de plásticos, en soldaduras, etc. (1)

## II.2. Fuentes de contaminación por plomo.

Las principales fuentes de contaminación por plomo en el medio ambiente que tienen importancia para la salud humana son sus aplicaciones industriales y tecnológicas.

La principal utilización dispersiva y no recuperable del plomo corresponde a la fabricación y uso de sus derivados alquílicos que se agregan al combustible. De esta manera,

podemos dividir las fuentes de contaminación por plomo en la forma siguiente:

- 1.- Fuentes naturales de contaminación por plomo.
- 2.- Fuentes de contaminación por plomo producidas por el hombre.
- 3.- Otras fuentes de contaminación por plomo derivadas de su uso y consumo.

#### 11.2.1. Contaminación ambiental por fuentes naturales.

La contribución de las fuentes naturales a la concentración ambiental por plomo es reducida. A efectos de exposición humana, estas fuentes son insignificantes. A través de distintos procesos de desintegración las rocas liberan plomo que pasa a la biósfera y a la atmósfera, y, finalmente vuelve a la corteza terrestre en forma de rocas sedimentarias. Las fuentes de plomo atmosférico son el polvo de silicato, los aerosoles halógenos volcánicos, los incendios forestales, los aerosoles de sales marinas, los humos procedentes de meteoros y meteoritos, y el plomo producido por desintegración del radón. Es más fácil comprender lo anteriormente expresado si vemos los siguientes valores de concentraciones de plomo:

- a) ROCAS.- El plomo se encuentra en la corteza terrestre a una concentración aproximada de 13 mg/Kg.

Las fuentes más importantes de plomo son las rocas ígneas y metamórficas, que tienen concentraciones de 10 a 20 mg/Kg. La concentración en rocas sedimentarias es de la misma magnitud.

- b) SUELOS.- La superficie del suelo está en contacto con el medio ambiente; por lo que tenemos que los valores varían entre los diferentes tipos de suelos. Pero en general, las concentraciones que se han observado en zonas alejadas de la actividad humana son similares a las que se han encontrado en rocas, con un valor medio de 6 a 25 mg/Kg.

- c) AGUA.- El análisis de aguas subterráneas han revelado concentraciones de plomo de 1 a 60  $\mu\text{g/litro}$ . El contenido global medio en lagos y ríos es de 1 a 10  $\mu\text{g/litro}$ .

- d) AIRE.- La concentración atmosférica de plomo medida en lugares muy alejados de la civilización es del orden de 0.0001 a 0.001  $\mu\text{g/m}^3$ .

La concentración de plomo del aire de origen natural es aproximadamente de 0.0006  $\mu\text{g/m}^3$

- e) PLANTAS.- El plomo existe de manera natural en todas las plantas al igual que en el suelo, aire y

agua. Aunque se han formulado algunas generalizaciones, se ha concluido que las concentraciones de plomo en hojas y ramitas de plantas leñosas es de 2.5 mg/Kg de peso en seco, y en legumbres y cereales de 0.1 a 1.0 mg/Kg de peso en seco<sup>3)</sup>.

#### II.2.2. Fuentes de contaminación por plomo producidas por el hombre.

Se refieren a todas las actividades o exposición ocupacional en las que se maneja al plomo en alguna parte del proceso: las industrias en las cuales el plomo es un problema de salud se han clasificado como sigue:

- A) EXTRACCION DE MINERALES DE PLOMO. Cuando el metal se encuentra en forma de carbonatos o de sales solubles puede producir intoxicación. No se ha demostrado que se produzca envenenamiento con plomo cuando el mineral es la galena.
- B) FUSION DE LOS MINERALES DE PLOMO y REFINACION DEL METAL. Manipulación de plomo metálico y fabricación de artículos de plomo; manipulación de plomo en procedimientos de trabajo en caliente, como la soldadura con soplete, el temple con plomo, y trabajos de plomería.

- C) MANUFACTURA DE SALES DE PLOMO Y COMPUESTOS ORGANICOS DE PLOMO.
- D) PROCEDIMIENTOS DE FABRICACION EN LOS CUALES SE USAN COMPUESTOS DE PLOMO. Como en los acumuladores eléctricos, pintura, vidrio, caucho y compuestos químicos.
- E) APLICACION Y ELIMINACION DE PINTURAS, ESMALTES, VIDRIADOS QUE CONTIENEN PLOMO. Pintura con brocha, pintura con pistola de aire, esmalte vítreo e inmersión de productos cerámicos; lijado, picado, y rascado de superficies pintadas, cortes con soplete de metales pintados y pulverización de árboles con insecticidas que contienen plomo.
- F) OFICIOS TIPOGRAFICOS. Fundición de tipos, electrotipia y estereotipia.
- G) LA CERAMICA ARTESANAL Y EL RECICLAJE DEL PLOMO. Por medio de fundido.
- H) LA CONFECCION DE CERAMICA VIDRIADA. Realizada como afición o como medio de subsistencia: si los procesos de cocción de tales utensilios no llenan los requisitos de temperatura mínima y el manejo de los compuestos es descuidado, pueden dar lugar a intoxicaciones.
- I) LAS AGUAS RESIDUALES QUE SE UTILIZAN PARA RIEGO de sembradíos, de frutas y vegetales, contribuyen a una fuente de contaminación.

- J) LA EXPOSICION VOLUNTARIA O INVOLUNTARIA (ACCIDENTALMENTE) A VAPORES DE GASOLINA QUE CONTIENEN PLOMO ORGANICO.
- K) Es evidente que en la gran mayoría de las industrias o aplicaciones de plomo se desprenden humos o vapores que lo contienen, y éste se incorpore al aire ambiental, sobre todo en las ciudades extensamente pobladas es obvio, por lo tanto, que una de las fuentes de contaminación para la población en general es el aire ambiental. Las concentraciones de plomo dispersado en el aire varían de acuerdo a la zona geográfica, condiciones ambientales, etc. (1, 3, 4)

FUENTES DE CONTAMINACION INFANTIL CON PLOMO.- Son múltiples las formas en que un infante puede ponerse en contacto con el plomo. Casi todos los niños menores de 16 meses se llevan a la boca objetos varios que, en ambientes contaminados pueden constituir una fuente de plomo absorbible.

Un gran número de niños presentan la conducta aberrante conocida como "pica", que consiste en la ingestión compulsiva de materiales no alimenticios en los que pueden encontrarse cantidades apreciables de compuestos de plomo. Las cascarillas desprendidas de la pintura a base de plomo han

sido una causa de innumerables casos de intoxicación con plomo.

La exposición ambiental al plomo es sin duda una de las principales fuentes de exposición a este metal en ciudades extensamente pobladas y con una alta concentración de vehículos automotores; sin embargo, en nuestro medio existen otras fuentes que por pasar inadvertidas suelen ser de mayor interés para la población infantil. Una de ellas radica en la que determina el uso de loza de barro vidriada para servir alimentos. No hay que olvidar, por otro lado, que un sinnúmero de artículos que contienen plomo y que pudieran no ser fuente de contaminación significativa para el adulto, representan, en cambio, un peligro latente para los niños durante su período de actividad oral. Así, por ejemplo, los lápices de colores, revistas, papel periódico, juguetes y tubos de pasta dentífrica entre otros, llegan a tener concentraciones de entre 4,000 a 20,000 ppm del metal.<sup>(5, 6)</sup>

### II.2.3. Otras fuentes de contaminación por plomo derivadas de su uso y consumo.

Existen además otras fuentes de contaminación por plomo que aunque en menor escala también constituyen en determinado



grado un medio de distribución y absorción de este metal, estos son: los alimentos enlatados, bebidas con envase metálico, agua de consumo, etc..

Como se observa, forman un grupo muy numeroso, por lo que se ha dedicado un capítulo (II.4), en el que se exponen también las concentraciones de plomo en cada uno de ellos.

### II.3. Efectos tóxicos del plomo en el organismo.

La intoxicación puede ocurrir en cualquier proceso en el que haya fuerte contaminación de la atmósfera con compuestos de plomo, y ser inevitable su absorción si no se adoptan medidas de protección.

El grado de absorción está directamente relacionado con la cantidad de plomo en el ambiente, el estado físico del individuo y el tiempo de exposición.

Los efectos tóxicos del plomo son el resultado de la acumulación del metal en los tejidos del individuo y se presentan cuando éste absorbe cantidades que sobrepasan la capacidad de equilibrio interno-externo. Resulta entonces significativo el estado nutricional del individuo ya que de

ello depende en gran medida el adecuado funcionamiento de los mecanismos de homeostasis ante la agresión externa. Estudios en animales de experimentación han sugerido que un estado inadecuado de nutrición puede potenciar los efectos tóxicos del metal. Así la deficiencia de hierro aunada al efecto inhibitorio del plomo, sobre la formación de la hemoglobina, puede incrementar el efecto tóxico del metal; no obstante, aún no está claro el papel que juega la deficiencia del hierro sobre la incidencia de encefalopatía o intoxicación por plomo.

Puesto que el plomo está ubicuamente presente en el ambiente normal es natural que esta sustancia se encuentre en todos los tejidos humanos. Schonroeder y cols., establecieron que el mineral se encuentra en el cuerpo de todos los recién nacidos y que el hombre común contiene aproximadamente 80 mg de los cuales 4.8 mg se encuentran en los músculos, 3.3 mg en la piel, 46.2 mg en los huesos, 1.6 mg en la sangre, 1.6 en el sistema gastrointestinal, 3.4 mg en el hígado, 0.7 mg en los pulmones y 0.4 mg en los riñones. (7)

### II.3.1. Características generales de una intoxicación por plomo.

El plomo es uno de los pocos metales que presentan efectos tóxicos pero no afectan las funciones esenciales en el organismo. Además, la suma de los efectos tóxicos en este nivel causan sintomatologías que ocurren normalmente: los órdenes normales en sangre son de 200 ppb (partes por billón); los cambios subclínicos se notan en personas sensibles a 400-600 ppb, y las sintomatologías clínicas se incrementan después de las 600 ppb.

Las principales características de una intoxicación por plomo incluyen las siguientes:

- a) En el sistema hematopoyético: anemia microcítica debida a una producción anormal y una destrucción de células rojas.
- b) En el sistema nervioso: encefalopatías, principalmente en niños neuropatologías periféricas, principalmente en adultos.
- c) En riñón: enfermedades en los túbulos por la intoxicación, fibrosis intersticial y glomerular así como la atrofia tubular en la intoxicación crónica.

d) En el tracto gastrointestinal: cólicos, constipación y diarrea.

e) Efectos varios en el hueso, hígado, mecanismos de defensa del cuerpo. secreciones hormonales, etc.<sup>(8)</sup>

a) Sistema hematopoyético.- La anemia microcítica, caracterizada por una producción anormal de eritrocitos, es el signo de intoxicación en los adultos, además, es claro que la anemia ocurre en los niños por exposición atmosférica al plomo. Los eritrocitos anormales presentan un tono azulado debido al RNA remanente (esta alteración se debe a la respuesta afectada de las eritropoyetinas y se observa un incremento en los reticulocitos) aparecen después en el saturnismo. Se tiene que un incremento en las porfirinas contenidas en los eritrocitos, así como la excreción de ácido aminolevulínico son indicativos de una intoxicación, sin embargo, las células rojas muestran signos de intoxicación cuando los signos clínicos no se han notado.

En el torrente circulatorio, el plomo viaja en forma iónica y combinada con otras sales o proteínas, formando enlaces covalentes con ligandos bioquímicos, específicos, como sulfhidrilos, grupos aminos, carboxilos, fenoles e imidazoles.

El plomo interfiere también en la incorporación del hierro y la protoporfirina para formar la molécula del hem, al impedir la acción de la enzima ferroquetasa. Como consecuencia disminuye la producción de hemoglobina. (9, 10)

b) Sistema nervioso.- El sistema nervioso central de un organismo desarrollado es extremadamente sensible al plomo, pero el mecanismo de acción y razón de esta sensibilidad aún no está muy claro. Sin embargo se ha demostrado que el plomo contenido en pintura de juguetes de niños ha producido efectos sobre la encefalopatía presente y posteriormente en los síntomas siguientes: somnolencia, ataxia, vómito, apatía, coma y convulsiones. En la autopsia se han revelado edemas, necrosis focales, hemorragia y algunos autores han observado proliferación de estas enfermedades.

Las formas severas de encefalopatía han tenido una disminución en los últimos años, pero ello por el cuidado médico y la atención social, sin embargo, en algunas ocasiones se observan efectos tóxicos con niveles que no se consideran sino subtóxicos. Se tienen datos de estudios epidemiológicos que demuestran la presencia de retardo mental así como de niveles bajos de inteligencia en niños cuyas madres presentaron intoxicación por plomo: dichos niños no tenían niveles altos de plomo, sin embargo, presentaban una

inteligencia baja, control anormal, hiperactividad y conducta agresiva.

El mecanismo de acción de la encefalopatía por plomo se ha estudiado en modelos animales, pero el comportamiento del plomo en el hombre es distinto. En la intoxicación con plomo se observa una disminución de calcio; otros reportes demuestran cambios en el contenido de DNA de las células del cerebro, especialmente se observa una reacción inflamatoria.

En resumen, existen diferentes criterios en la forma en que afectan los niveles de calcio, la actividad de la ácido-aminolevulínico-deshidratasa (ALA-D), proceso de desamineralización y la interferencia de aminas biogénicas. (8)

c) Riñón.- Los principales daños del riñón por intoxicación por plomo, se encuentra a nivel de los túbulos, en los cuales se alteran las células proximales especialmente las mitocondrias, presentándose también cambios en los patrones de excreción de aminoácidos en la orina (aminoaciduria) y estos cambios posiblemente estén relacionados en una alteración del sistema de transporte membranar en las células epiteliales del túbulo renal, bien sea por una falla energética o por alteraciones en la estructura de lipoproteínas en dicha membrana. El saturnismo se ha asociado

también con hipertensión y nefroesclerosis, sin embargo, en el presente, existen controversias de estos efectos. El hallazgo de cantidades excesivas de plomo quelable en pacientes con hipertensión y lesión renal, apoyan la asociación del plomo a la hipertensión. (1)

d) Tracto gastrointestinal.- El mecanismo de acción no se encuentra claro, pero se piensa que está relacionado con la transmisión presináptica en el sistema vegetativo.

e) Efectos varios.- Más del 90% del cuerpo de los humanos adultos es esqueleto dependiendo de la edad. Se sabe que el plomo afecta la zona de la diáfisis, produciendo líneas de plomo además de una resorción en el tejido cartilajinoso produciendo células multinucleadas gigantes.

Afecta también las defensas del cuerpo; éste se vuelve susceptible a las infecciones virales y bacterianas; se reduce la resistencia debido a la acción del plomo en hígado. Se disminuye la síntesis de anticuerpos en animales de experimentación, pero no cambia la respuesta en niños intoxicados, en los cuales disminuyen las defensas del pulmón y los macrófagos, entre otras cosas se afecta el citocromo P450; metabolismo de hormonas; alteraciones de hormonas sexuales; el metabolismo de la tiroides, de la pituitaria y

de las adrenales. (8)

**MUTAGENICIDAD.**— El plomo ha sido últimamente uno de los metales más estudiados, con respecto a su acción tóxica y como agente potencialmente productor de daño relacionado directa o indirectamente con el material hereditario, tanto en animales de laboratorio como en el hombre.

En el humano no se encontraron diferencias significativas al compararse la frecuencia de neoplasias malignas entre una población testigo con otra de obreros de una fábrica de acumuladores, pero por otra parte se ha informado, que la intoxicación por plomo reduce la fertilidad y aumenta la frecuencia de abortos y mortinatos.

Se ha encontrado que el cloruro de plomo en concentración de 20 a 150 miligramos afecta la fidelidad del DNA en síntesis in vitro, especialmente en la polimerización lo cual puede estar relacionado con la mutagenicidad y generación de carcinomas in vivo. El plomo perturba la proliferación del DNA en algunos órganos particularmente el riñón.

Sin embargo, no se ha encontrado una forma objetiva de evaluar la mutagenicidad con plomo.



TERATOGENICIDAD y EMBRIOTOXICIDAD.- Es probable que el plomo halla causado deterioros en el cuerpo humano desde la antigüedad, pero estos efectos sólo se han registrado en este siglo, cuando se reconocieron mujeres que trabajaban en industrias con plomo y que presentaron esterilidad con cierta frecuencia, además de sufrir amenorrea y desórdenes menstruales. Se presentaron también, casos de abortos espontáneos y muerte fetal en neonatos.

La sangre del cordón umbilical humano presenta niveles más bajos que la misma sangre de la madre, lo que sugiere que la placenta representa una barrera parcial para el plomo.

En el caso del desarrollo embrionario, se piensa que el plomo puede cruzar la barrera placentaria, lo cual se ha estudiado en personas cuyas madres tuvieron una posible intoxicación, lo que demuestra que el plomo se transfiere rápidamente al feto, este proceso se lleva a cabo de la 12ª y 14ª semana de gestación; la forma de transferencia del plomo es similar a la del calcio. (8)

### II.3.2. Metabolismo, distribución y excreción del plomo en el organismo.

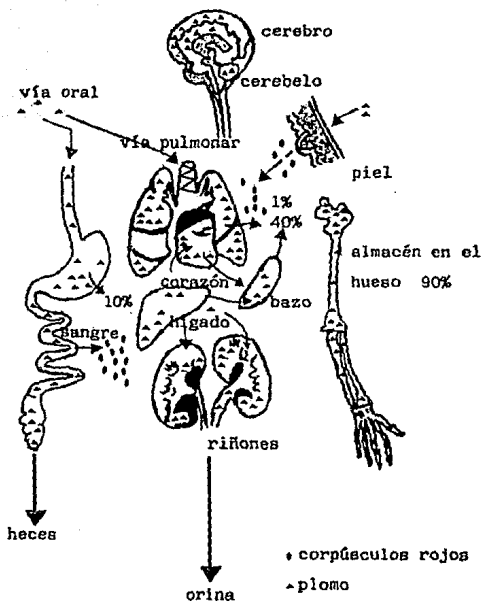
El plomo es una sustancia tóxica que es absorbida por las vías respiratorias, las digestivas y secundariamente por la piel para ser distribuida por la sangre, en su mayor parte asociada a los eritrocitos, y almacenada en los tejidos blandos: riñón, hígado y en forma secundaria en el sistema nervioso central, en donde se acumula en la sustancia gris, en particular en los ganglios basales. El plomo es almacenado a largo plazo en el pelo, los huesos y los dientes <sup>(2)</sup>, en donde se tiene un ciclo de renovación de aproximadamente diez años (fig.1).

A pesar la natural universalidad del plomo en el medio ambiente y de su relativa concentración en tejidos y órganos de numerosas especies animales, no se conoce un mecanismo fisiológico en el que intervenga este catión divalente.

Penetración respiratoria.- La vía pulmonar representa la principal vía de absorción para la población de los grandes asentamientos humanos y para la exposición profesionalmente al metal.

Figura No. 1

DISTRIBUCION DE PLOMO EN EL ORGANISMO <sup>(21)</sup>



Del 30 al 50% del material que se inhala es retenido en los pulmones y como regla general, absorbido con rapidez por la mucosa respiratoria incluso en las vías nasales. En el mecanismo de esta absorción existen varios factores importantes:

- a) La solubilidad de las sales de plomo.
- b) El tamaño de las partículas.
- c) La profundidad y frecuencia de respiración.
- d) Las variaciones estructurales y fisiológicas del sistema respiratorio.
- e) Edad de los sujetos. Los sujetos jóvenes lo absorben y retienen más.

Contaminación digestiva.— Esta contaminación se lleva a cabo por alimentos contenidos en recipientes contaminados con plomo o a través de las manos sucias con el metal.

En los alimentos y bebidas se ingieren de 0.1 a 0.4 mg/día y solamente del 5 a 10% de esta cantidad se absorbe; el plomo por esta vía llega al hígado y allí se distribuye a todo el organismo. (11)

Cuando la cantidad de plomo introducido por la vía bucal aumenta, la excreción fecal crece proporcionalmente. Resulta

importante señalar que el plomo en las heces se mantiene elevado mientras se conserva la ingestión aumentada.

Los compuestos inorgánicos de plomo en los alimentos son pobremente absorbidos en los adultos y su velocidad de absorción es proporcional a su concentración. Muchos de los aniones (fosfatos y sulfatos), componentes también de los alimentos, pueden reaccionar con el plomo iónico formando sales insolubles que no se absorben en el tracto digestivo.

Contaminación cutánea.- La penetración cutánea, negada por mucho tiempo probablemente es más importante de lo que se podría suponer cuando se trata de polvos finos del metal, o de sales y óxidos. Por el contrario no existe riesgo saturnino en caso de contactos masivos con plomo metálico, como por ejemplo, el que se produce entre los fontaneros ya que generalmente los resultados fueron adquiridos por la piel dañada, excepto cuando el plomo está en forma de compuesto alquílico el cual puede ser absorbido arriba del 1%, de la materia aplicada.

Contaminación subcutánea e intramuscular.- Los proyectiles de plomo, especialmente los perdigones, incrustados en la piel o en los músculos pueden causar envenenamiento.

El plomo es absorbido y transportado por la sangre hacia los tejidos blandos principalmente a los riñones. La concentración en los riñones aumenta según la edad y probablemente lo haga en la carga corporal total. El hígado suele poseer la segunda concentración en orden de importancia. Pasado cierto tiempo se redistribuye y se deposita principalmente en los huesos, dientes y pelo.

La acumulación de plomo inorgánico en los huesos se parece mucho a la del calcio depositándose en la forma de fosfato terciario insoluble y después de una exposición reciente, la concentración de plomo es a menudo mayor en los huesos planos que en los largos, aunque en general, los huesos largos contienen más plomo que los planos. Al principio de la acumulación la concentración de plomo es más elevada en las porciones epifisiarias de los huesos largos, especialmente en los huesos en crecimiento, donde los depósitos de plomo aparecen en radiografías como anillos de mayor densidad en los centros de osificación de los cartilagos epifisarios y como una serie de líneas transversales en la diáfisis estos signos pueden ser importantes para diagnosticar la intoxicación plúmbica en los niños. (12)

Excreción.- La excreción se realiza por los riñones, el tubo digestivo y en cierto grado por el sudor; existe una retención significativa en los tejidos, de donde vuelve a la circulación para volver a secretarse. Cuando la absorción aumenta debido a una mayor ingestión del metal, sobreviene el envenenamiento.

En condiciones normales, la excreción urinaria de plomo inorgánico es aproximadamente 3% de la cantidad ingerida. En la orina, la concentración de plomo esta en razón directa a la concentración plasmática.

Cuando la concentración de plomo se eleva, el índice de excreción aumenta de modo que al principio de la excreción ésta es rápida, después disminuye gradualmente hasta valores casi normales; la rapidez de excreción urinaria depende más del tiempo de exposición al plomo que de la carga absoluta del metal en el organismo. El tiempo necesario para su eliminación total suele exceder al de la acumulación en la razón de 2:1.

Cuando hay intoxicación, la concentración de plomo en el sudor es aproximadamente la misma que en la orina. (9, 10)

Se ha calculado que las concentraciones de excreción de plomo por las distintas vías de excreción, son las siguientes:

orina.....	38 g (76%)
secreciones gastrointestinales.....	8 g (16%)
cabellos, uñas, sudor, otras vías.....	4 g (8%)

### II.3.3. Clasificación del grado de intoxicación por plomo.

La intoxicación plúmbica en niños y adultos puede manifestarse de dos formas:

- intoxicación crónica
- intoxicación aguda

La intoxicación plúmbica crónica ocurre por la exposición repetida a dosis bajas de compuestos inorgánicos de plomo, generalmente durante tiempo prolongado.

En las condiciones anteriores los efectos tóxicos críticos varían en función de la edad, de tal manera que las manifestaciones clínicas de la intoxicación en el adulto son



diferentes a las del niño.

La intoxicación crónica por compuestos inorgánicos de plomo ocasiona un incremento paulatino de la concentración del metal en el organismo. Tal incremento origina efectos adversos en múltiples mecanismos biológicos, los cuales, por ser indeseables se denominan efectos tóxicos, independientemente de su extensión o gravedad.

Con el criterio anterior, una intoxicación se define como cualquiera de los efectos nocivos derivados de una exposición dada. En consecuencia, algunos autores consideran que la intoxicación plúmbica crónica puede ser metabólica o clínica, sean evidentes alteraciones bioquímicas exclusivamente o existan además manifestaciones clínicas.

Otro concepto relacionado con los aspectos anteriores y que ha suscitado polémica internacional es el referente a la intoxicación plúmbica subclínica, misma que se define como la causa de morbilidad o mortalidad por exposición al plomo sin la aparente manifestación de los síntomas clásicos de la intoxicación plúmbica clínica. Este criterio se ha usado en el campo de la salud pública para sustentar, mediante estudios epidemiológicos, entre poblaciones rurales y urbanas que la exposición ambiental a bajas concentraciones de plomo

se asocia con otras enfermedades, en particular con alteraciones en el desarrollo psicomotor de la población infantil. (2)

La intoxicación aguda se refiere principalmente a la que aparece después de la ingestión o inhalación accidental de compuestos de plomo inorgánico y presenta manifestaciones clínicas.

La diferencia entre una intoxicación plúmbica crónica y una aguda está en relación al período de exposición y evolución de la misma.

#### II.3.3.1. Signos y síntomas.

En los pacientes en contacto metabólico con el plomo es común observar una palidez dérmica facial y en especial peribucal, fuera de proporción con los niveles de hemoglobina, que según algunos autores se debe a espasmo del lecho vascular de la zona (13). En pacientes cuya absorción es aumentada, se encontró una elevada excreción de metabolitos de catecolaminas y por otro lado, se ha demostrado en algunos pacientes con intoxicación plúmbica, elevaciones en sus cifras de tensión arterial que quizás tengan como substrato

algunas alteraciones en el metabolismo de las catecolaminas. Así mismo se ha demostrado que el plomo puede producir espasmo del músculo liso vascular que por un efecto directo sobre las fibras musculares, quizás a nivel de la utilización intracelular del calcio. Como quiera que sea, este signo de palidez facial es de tomarse en cuenta en la evolución integral del paciente en el proceso de diagnóstico. En algunas personas expuestas a plomo y con poca higiene bucal se puede observar una línea negro azulada en el borde dentario de la gíngiva que resulta del depósito de sulfuro de plomo por acción bacteriana y que recibe el nombre de "línea o signo de Burton". Este signo no es patognomónico de la presencia de plomo en la cavidad bucal (aparece también con el bismuto) no se presenta en pacientes desdentados y solamente es indicativo de exposición al metal pero no de alguna forma de daño celular.

#### II.3.3.2. Tratamiento.

El objetivo primario del tratamiento es la reducción de la concentración del plomo en la sangre y los tejidos por: prevención de la continua absorción de plomo por el intestino u otras vías.

- aumento de la excreción de plomo principalmente a través de la orina.
- aumento de la deposición de plomo en los huesos.

PREVENCIÓN DE LA ABSORCIÓN.- Todo lo que contiene plomo debe ser eliminado del medio ambiente. Si son tolerados los líquidos por vía oral, deben administrarse cantidades relativamente grandes de leche para formar en el intestino sales insolubles de plomo escasamente absorbibles.

AUMENTO DE LA DEPOSICIÓN DE PLOMO EN LOS HUESOS.- Al parecer, el plomo se absorbe, transporta, deposita y excreta de modo parecido al calcio. Un ingreso relativamente elevado de calcio, fósforo y vitamina D disminuye la solubilidad del plomo en la sangre y acelera su depósito en el hueso. (14)

AUMENTO DE LA EXCRECIÓN.- Esto se logra empleando los agentes quelantes siguientes: la sal cálcica disódica del ácido etilendiamino tetraacético, penicilamina y dimercaprol.

Existen algunos otros agentes quelantes que no están disponibles para su uso en nuestro medio, entre ellos están: el ácido 2,3-dimercaptosuccínico (ADMS) y el ácido 2,3-dimercapto-propano sulfónico (ADMP).

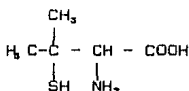
La d-penicilamina, el ADMS y el ADMP se pueden administrar por vía oral: los demás se utilizan por vía parenteral. (15)

d-penicilamina (dimetil-cisteína).-Este compuesto es un producto de degradación de las penicilinas y existe en las formas l, d y mezcla racémica, siendo la más activa como agente quelante y la menos tóxica, la forma d. Este es el agente de elección para la terapia prolongada de dicha entidad nosológica, en la actualidad.

La mayor ventaja de este agente es que por vía oral su eficacia es comparable a la del EDTA como quelante del plomo y que este último debe ser administrado, igual que el dimercaprol, por vía parenteral.

Se utilizan tanto la base libre como el clorhidrato de la d-penicilamina y se recomienda su administración a la dosis de 20 mg por kilogramo de peso por día, repartiéndolas en tres tomas y se procura ingerirlas con abundante agua y con el estómago vacío y al menos 30 minutos antes de ingerir alimentos para evitar que el quelante se enlace con componentes de la alimentación.

En los niños se recomienda su administración a la misma dosis que el adulto, una vez que se ha controlado el cuadro agudo, y cuando no exista ya el peligro de ataque al sistema nervioso central. Es muy importante recordar que la penicilamina no debe administrarse mientras los pacientes se encuentren en un medio contaminado con plomo, ya que se ha demostrado que el complejo penicilamina-plomo que se puede formar en tales condiciones es absorbible en el aparato digestivo.

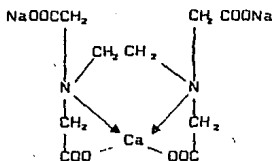


Estructura química de la penicilamina (dimetil-cisteína)

Figura No. 2

Na<sub>2</sub> Ca EDTA.- La sal cálcica disódica del ácido etilendiamino tetraacético, se usa desde hace mucho tiempo como reactivo industrial y analítico por su facultad para formar quelatos poco disociables con numerosos metales bi y trivalentes. El resultado del tratamiento del uso del EDTA en la intoxicación por plomo, se debe a la capacidad de este elemento para desplazar al calcio del quelato. El Na<sub>2</sub>Ca EDTA sólo forma

compuestos de coordinación con el plomo extracelular. Por esta razón, aumenta el gradiente de concentración del metal y éste sale de las células y se hace disponible para la quelación y la excreción. La estructura química de este compuesto se muestra a continuación.



Estructura química de la sal disódica cálcica del ácido etilendiamino tetraacético.

Figura No. 3

La absorción por vía oral del  $\text{Na}_2\text{Ca EDTA}$  es muy pobre, por ello su administración es parenteral y fundamentalmente por vía endovenosa: la vida media del compuesto es de una hora o menos cuando es administrado de la manera inicialmente indicada. La cantidad de esta sal que se metaboliza es muy poca y se elimina por vía urinaria.

El  $\text{Na}_2 \text{Ca EDTA}$  es capaz de producir lesiones renales y llega a causar destrucción tubular <sup>(16)</sup>, si bien la suspensión pronta del tratamiento conduce generalmente a que reviertan

los daños tubulares cuando apenas éstos se inician y las anomalías urinarias desaparecen rápidamente. Se ha tratado de explicar la toxicidad pasajera y se considera la corta vida del  $\text{Na}_2\text{Ca EDTA}$  y la enorme cantidad de plomo que pasa por el túbulo renal en un período tan pequeño de tiempo.

El  $\text{Na}_2\text{Ca EDTA}$  se encuentra en el mercado en ampollas de 5 ml para su uso parenteral a la concentración de 200 mg por mililitro y se administra en adultos en la dosis de un gramo cada 24 horas por vía endovenosa en 250 a 500 ml de solución glucosada durante una a dos horas aproximadamente. Este compuesto se utiliza en la actualidad en los casos de encefalitis plúmbica en los niños, acompañado de dimercaprol (17), y en los adultos con una intoxicación severa por plomo que curse con síntomas agudos.

Dimercaprol; Ácido 2,3-dimercapto-1-propano sulfónico.- El dimercaprol se utiliza más en la encefalopatía plúmbica infantil asociado con el EDTA (17). El objetivo de esta asociación es disminuir la carga renal de plomo iónico, puesto que el quelato de dimercaprol con plomo se elimina en su mayor parte por vía biliar.

Existen otros agentes quelantes que desgraciadamente no están disponibles para su administración en nuestro medio.



Sería deseable que lo estuvieran por muchas razones. Estos agentes son compuestos quelantes solubles en agua y su estructura química es parecida a la del dimercaprol, que al igual que la penicilamina son activos por vía oral. Han sido empleados a la dosis de 250 mg diarios por 20 días en pacientes con intoxicación crónica por plomo, con excelentes resultados.

El ADMS ha sido usado a la dosis de 15 a 30 mg/Kg/día con éxito y produce una buena eliminación de plomo y sin efectos colaterales. (15)

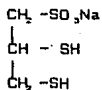
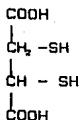
El esquema terapéutico recomendado para los casos de intoxicación en niños, cuando se dispone de Ca EDTA y BAL, consiste en administrar 4 mg/kg intramuscular cada cuatro horas, de dimercaprol y 12.5 mg/kg intramuscular de Ca EDTA cada cuatro horas en sitios separados; si la respuesta es favorable, se suspenderá el dimercaprol después de tres días iniciada su administración y se continuará con el Ca EDTA hasta una dosis total de 50 mg/kg durante los siguientes cinco a siete días. (18)

Debido a la dificultad en la disponibilidad del dimercaprol en nuestro medio, se han realizado estudios sobre la acción del EDTA a las denominadas "microdosis"; ésta

consiste en la administración de una dosis de 1 mg/kg/día, durante cinco días en solución glucosada o, isotónica por vía endovenosa.

ácido 2,3-dimercaptosuccínico

Dimercapol



ácido 2,3-dimercaptol-1-propano sulfónico (ADMP)

Figura No. 4

#### II.4. Valores de referencia para el plomo del medio ambiente, alimentos y organismo.

Desde principio de este siglo es bien conocido que la intoxicación por plomo da lugar a la entidad nosológica llamada saturnismo, que está integrada por un síndrome abdominal, neuromuscular del sistema nervioso central, neuropatía periférica, nefropatía y alteraciones hematológicas. En el saturnismo, el síndrome abdominal es el más frecuente en los adultos, mientras que el síndrome del

sistema nervioso central es el más frecuente en los niños al menos, en los Estados Unidos. El síndrome del sistema nervioso central es también conocido como encefalopatía plúmbica y tiene un alto índice de mortalidad: de los pacientes que sobreviven un porcentaje elevado queda con secuelas neurológicas: retardo mental, anormalidades electroencefalográficas, parálisis cerebral, ataques convulsivos, atrofia del nervio óptico o distonía muscular. La disfunción en el sistema nervioso central está asociada con un desempeño en pruebas neurológicas y psicológicas semejante a la de otras lesiones cerebrales.

El plomo es una sustancia tóxica que es absorbida por las vías respiratorias, la digestiva y secundariamente por la piel para ser distribuida por la sangre, y almacenada en los tejidos blandos: riñón, hígado y en forma secundaria en el sistema nervioso central, en donde se acumula en la sustancia gris, en particular en los ganglios basales. Es almacenado, a largo plazo en el pelo, huesos y dientes. Por esto, y en vista de los daños fisiológicos que ocasiona el metal en estudio, es necesario conocer también las concentraciones de plomo tolerables y a las que normalmente está expuesto el organismo de la población en general, como se estudia a continuación.

Los niveles de plomo tolerables en la sangre por el organismo tienen un interés particular en los niños, quienes poseen mayor sensibilidad a este metal, lo cual propicia que se preste atención al llamado "saturnismo subclínico". Esta entidad nosológica está poco definida y presenta desde pequeñas alteraciones perceptomotoras hasta el retardo mental, así como la hiperactividad, disminución en la capacidad de concentración, atención, disminución del coeficiente intelectual, deficiencias en el aprendizaje y otras alteraciones que han sido atribuidas a la exposición del niño a dosis "subtóxicas" de plomo.

En este estudio se hace un análisis crítico de los factores metodológicos que pueden oscurecer los resultados de los estudios en niños con el propósito de prevenir al clínico y reorientar futuras investigaciones en este campo. Existe suficiente evidencia acumulada en la literatura para mostrar un panorama más amplio y claro de los diversos efectos del plomo en relación a la duración e intensidad de la exposición, las características biológicas del individuo, los parámetros neurológicos y psicológicos seleccionados y la sensibilidad de los instrumentos de medición que se utilizan.

Estudios realizados por David y cols. <sup>(19)</sup>, demostraron que a niveles bajos de plomo (28  $\mu$ /dl) es posible encontrar

excesiva actividad motora en los niños, más recientemente se informa <sup>(20)</sup> de alteraciones fisiológicas indicativas de toxicidad neurológica, a niveles menores de 30 microgramos por decilitro de plomo en la sangre. Otros estudios informan de deficiencias semejantes en adultos con disfunción subclínica del sistema nervioso central debido a la toxicidad del plomo.

Como quiera que sea, la evidencia hasta ahora acumulada es suficiente para justificar una actitud de alerta, tanto del médico como del psicólogo y del epidemiólogo frente a los probables riesgos de salud en los niños, por su exposición a dosis "subtóxicas" de plomo. El estudiar y vigilar, tanto médico como psicológicamente a niños con niveles consistentes de plomo en la sangre mayores de 20  $\mu$ /dl parece aconsejable por el riesgo de un daño permanente en su función neuropsicológica.

#### CONCENTRACION DE PLOMO EN EL AMBIENTE:

La determinación y manejo del riesgo asociado a la contaminación ambiental por plomo ha sido uno de los principales puntos de enfoque para esta intoxicación en particular, en diversos países. Así, por ejemplo, en los Estados Unidos, en 1978, fue establecido un criterio

ambiental de concentración para plomo en el rango de 1.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , basado entre otros factores, en la determinación de un nivel de plomo en sangre de 30  $\mu\text{g}/\text{dl}$  como nivel máximo seguro de exposición para cualquier niño. (2, 5)

La concentración de plomo en el aire oscila entre 2-4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en las grandes ciudades con intenso tránsito automovilístico; menos de 0.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la mayoría de las zonas suburbanas y aún menos en las áreas rurales.

Para la ciudad de México se tienen los valores para plomo y otras partículas suspendidas en el aire, que se presentan en las graficas No. 1 y 2.

La concentración de plomo en el agua potable es, en general, inferior a 10  $\mu\text{g}/\text{litro}$ , pero en algunas zonas blandas (pobres en calcio y magnesio), donde al mismo tiempo se utilizan cañerías de plomo, la concentración puede llegar a 2000 y 3000  $\mu\text{g}/\text{litro}$ .

A esta concentración (e incluso a concentraciones de varias centenas de  $\mu\text{g}/\text{litro}$ ) se produce un aumento perceptible de la cantidad de plomo presente en el organismo que se refleja en valores elevados de plomo en la sangre. (3)

## CONCENTRACION DE PLOMO EN LOS ALIMENTOS:

La contribución de los alimentos a la exposición del hombre al plomo es muy variable. En algunos estudios recientes realizados en los Estados Unidos de Norteamérica, se ha estimado que la ingestión oral diaria en alimentos y bebidas es aproximadamente de 100  $\mu\text{g}$ ; en cambio, en estudios anteriores y algunos estudios europeos recientes se ha indicado que esa ingesta oscila entre 200-500  $\mu\text{g}$  por día en adultos, y de 70-110  $\mu\text{g}$  por día en niños. (3, 21)

No se ha comprobado que un tipo específico de alimentos tenga un contenido de plomo especialmente elevado aparte del vino y los alimentos conservados en latas soldadas con este metal o recipientes de cerámica con barniz de plomo. La leche evaporada contiene bastante más plomo que la leche fresca de vaca, la cual tiene una concentración similar a la leche humana. Se han señalado concentraciones de plomo que fluctúan entre 2-5  $\mu\text{g}$ /litro. La leche podría ser una fuente importante de plomo en los lactantes. Reportes de la FDA indican que los niveles de plomo en la leche evaporada han bajado en relación con los valores de 1970, así, tenemos concentraciones de 0.08 ppm para 1980, y otros alimentos enlatados para niños presentan niveles de 0.02 a 0.3 ppm. Investigaciones toxicológicas demuestran que los niveles de ingestión diaria

deberán ser menores que 100-150 µg. Se piensa que éste es por ahora el "nivel máximo tolerable" para niños. (11, 22)

LA CONCENTRACION MAXIMA DE PLOMO EN EL AIRE DE UN LUGAR DE TRABAJO, no debe exceder de 0.15 mg/m<sup>3</sup> ó 1.5 mg/10 m<sup>3</sup> para exposiciones continuas. Este estándar es en general aceptado en Estados Unidos de Norteamérica.

Se sabe que de 0.3 a 0.5 µg de plomo diario es absorbido por los pulmones del aire ambiental (2)

VALORES DE REFERENCIA PARA LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO EN EL ORGANISMO.

Una vez absorbido, el plomo es prácticamente distribuido a todos los órganos y tejidos, dependiendo de su vascularización y afinidad. Durante los periodos de exposición reciente, el metal se deposita en los tejidos suaves para posteriormente y si la exposición continúa, el metal es gradualmente depositado en los huesos largos. Estudios del balance metabólico demuestran que los niños absorben y retienen un porcentaje más alto de plomo ingerido que los adultos. Ha sido demostrado que los niños absorben cerca del 30 % en sus sistemas, en contraste con los adultos, que absorben únicamente del 5 al 10% del plomo ingerido. (11)



Las concentraciones de plomo en los tejidos, han sido reportadas en mg% y son: hígado, 0.09-0.46; riñón, 0.07-0.37; costillas, 0.05-1.29; vértebras, 0.26-1.47; fémur, 1.02-10.0 y tibia, de 1.52-9.65.<sup>(23)</sup>

VALORES DE REFERENCIA PARA LOS INDICADORES BIOLÓGICOS DE PLOMO EN EL ORGANISMO. <sup>(21)</sup>

Valores de referencia en individuos sin exposición laboral:

INDICADOR BIOLÓGICO	VALORES DE REFERENCIA
Plomo en sangre	17.05 ± 4.8 µg/100 g
Plomo en orina	22.0 ± 9.0 µg/litro
Coproporfirinas urinarias	de 250 mg/litro
Acido aminolevulínico urinario	7 mg/ml
Deshidratasa del ácido amino levulínico	100%
Protoporfirina eritrocítica zinc	51 µg/100 ml
Plomo elevado en líquido cefaloraquídeo	4.98 µg/dl ó 0.240 mol/l

Indicadores biológicos en individuos expuestos:

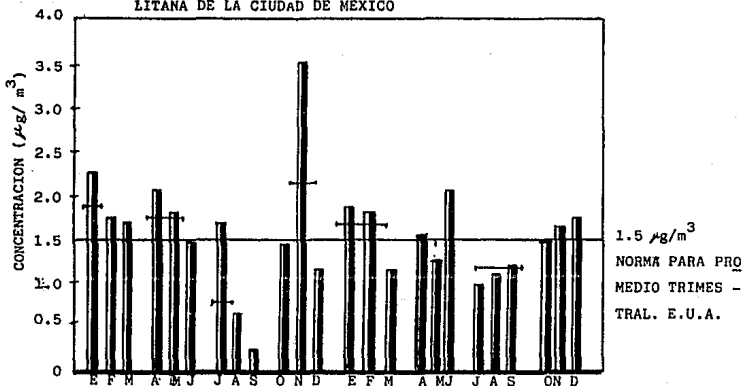
<u>INDICADOR BIOLÓGICO</u>	<u>VALORES DE REFERENCIA</u>
Plomo en sangre	17.0 ± 4.8 µg/dl
Plomo en orina	22.0 ± 6.6 µg/l
Acido aminolevulínico urinario	17.0 µg/ml
Coproporfirinas en orina	200.0 µg/l

NOTA: Todos los valores anteriormente expuestos son los que actualmente se toman como referencia en el Laboratorio de Toxicología del Departamento de Medicina del Trabajo del Centro Médico Nacional.

GRAFICA No. 1

P L O M O

CONCENTRACIONES EXPRESADAS COMO PROMEDIOS MENSUALES  
Y TRIMESTRALES EN EL AREA CENTRO DE LA ZONA METROPO-  
LITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO



— promedio trimestral.

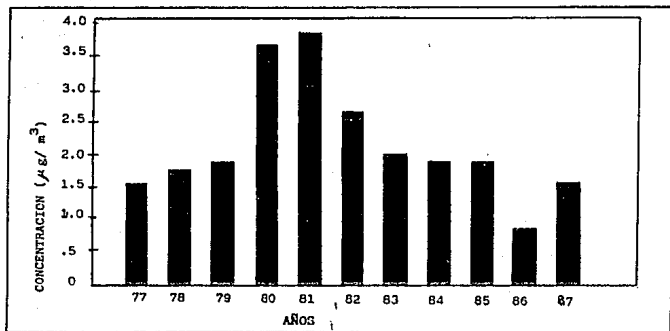
se indica la norma de los Estados Unidos debido a que en México no hay criterio para plomo.

los promedios mensuales y trimestrales calendáricos se consideran a partir de enero de cada año en bloques fijos de 3 meses. (37).

GRAFICA No. 2

PLOMO

EVOLUCION DE LAS CONCENTRACIONES PROMEDIO ANUALES EN LA  
ZONA CENTRO DE LA ZONA METROPOLITANA DE  
LA CIUDAD DE MEXICO



FUENTE: DIRECCION GENERAL DE PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION  
AMBIENTAL, SEDUE, 1988.

## II.5. Análisis de las campañas contra la contaminación.

En este Trabajo se ha tomado como ejemplo la campaña contra la contaminación ambiental, entre las innumerables que se encuentran actualmente, y se le ha tomado como modelo por ser una campaña que ha contado con más apoyo financiero, técnico y de difusión nacional e internacional.

Durante los últimos años se ha difundido por diferentes medios de comunicación, mensajes encaminados a conscientizar e informar a la población que habita el Distrito Federal acerca de la importancia que tiene la prevención de la contaminación del medio ambiente. Sin embargo, los resultados obtenidos hasta hoy no son completamente satisfactorios y por esto, se desarrolló un estudio relacionado con la elaboración y la estructura que debe tener una campaña de publicidad, para detectar las fallas que éstas pudieran tener y que disminuyen el porcentaje de positividad en los resultados. Para ello, se realizó una en la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, en la Secretaría de Salubridad y Asistencia y en el Departamento del Distrito Federal, que son los organismos destinados al cuidado de la salud del ambiente y del ser humano, y se encontraron los siguientes resultados:

- 1.- En ninguno de los organismos antes mencionados se sigue un diseño o una estructura bien definida para la elaboración de las campañas que se publican.

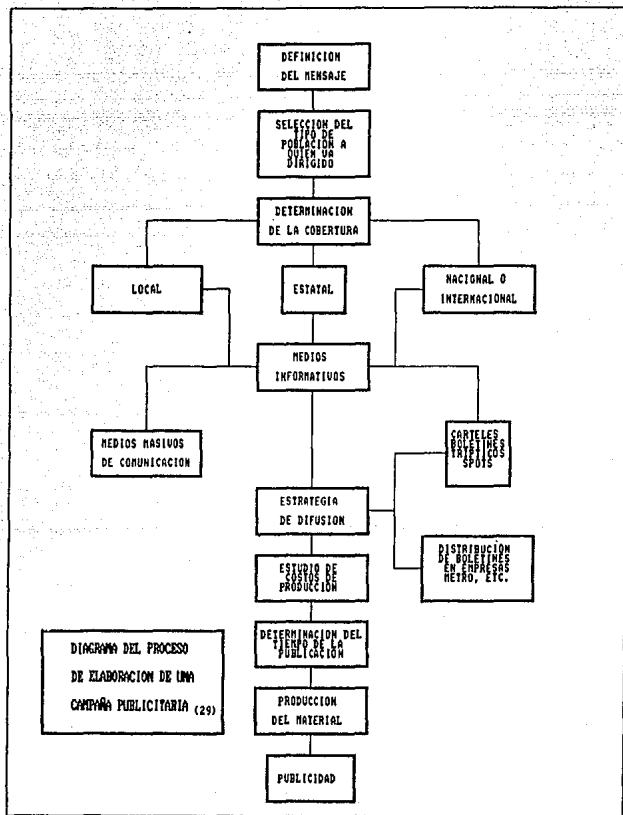
- 2.- El personal que ocupa los diferentes puestos del organigrama referido, no está capacitado adecuadamente.
- 3.- No existe un estudio estadístico del éxito y fracaso de las campañas.
- 4.- No existe un estudio estadístico de las campañas realizadas.

En cuanto a las campañas contra la contaminación por plomo, solamente se puede decir que han sido tan escasas que los resultados no se pueden valorar, ya que se carece de datos estadísticos a nivel de monitoreo ambiental, industrial, y a nivel clínico.

Algunas de las campañas anticontaminantes que han tenido mayor publicidad y duración son: "Afine, no contamine"; "adopta un árbol"; "lo verde es vida"; "la contaminación somos todos", y recientemente el programa de un día sin auto, y la verificación vehicular.

#### II.5.1 Estructura general de una campaña de publicidad.

A continuación se presenta la estructura de una campaña de publicidad que puede ser aplicada en cualquier área, adaptando ésta a las necesidades o características de la campaña requerida. Es importante mencionar que dicha estructura ha sido diseñada con información proporcionada por S.E.D.U.E., ahora Secretaría de Desarrollo Social (SEDESO).



### III.- PARTE EXPERIMENTAL.



### III.- PARTE EXPERIMENTAL.

Una de las entidades clínicas en las que el profesional de la salud confía en forma importante en los estudios de laboratorio para apoyar su diagnóstico, es la intoxicación por plomo.

Las pruebas que se han diseñado para este fin se pueden clasificar en dos grupos: el primero incluye aquellas pruebas que determinan las concentraciones de plomo en el organismo y son las que miden el metal en la sangre y en la orina, las más útiles desde el punto de vista clínico, se deja en segundo término las mediciones de plomo en el pelo, las heces, etc..

El segundo grupo de exámenes incluye aquellas pruebas cuya positividad indica que el metal ha producido ya una alteración metabólica manifiesta y que eventualmente puede producirse un daño aparente en la salud. (24)

Las pruebas que más se han empleado para tratar de determinar el daño metabólico causado por el plomo, en la vía sintética del hemo son: análisis de la enzima delta-aminolevulínico deshidratasa, niveles urinario del ácido aminolevulínico, coproporfirinas en orina, protoporfirina eritrocítica zinc, hemoglobina y hematocrito (estas dos últimas como exámenes complementarios).

## MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LA MEDICIÓN DE PLOMO:

Al respecto existen varios métodos para valorar la presencia de plomo, su concentración y metabolismo en diferentes órganos del cuerpo humano, entre los cuales se encuentran:

- 1.- Determinación de plomo por colorimetría por extracción con ditizona. (25)
- 2.- Determinación de plomo en sangre por espectrofotometría de absorción atómica. (13)
- 3.- Valoración de la actividad de la deshidratasa del ácido delta-aminolevulínico en sangre. (26)
- 4.- Determinación del ácido  $\delta$ -aminolevulínico en orina. (24)
- 5.- Determinación del ácido  $\delta$ -aminolevulínico en orina, utilizando resinas de intercambio iónico. (19)
- 6.- Medición espectrofotométrica de coproporfirinas en orina. (27)
- 7.- Cuantificación de protoporfirinas en sangre con hematofluorómetro. (28)

## CONSIDERACIONES PARA LA OBTENCIÓN DE LA MUESTRA.

Para la toma adecuada de la muestra, es muy importante la limpieza de los materiales y la pureza de las sustancias

químicas empleadas como reactivos. Especialmente en el muestreo biológico, se deben adoptar precauciones especiales para que todos los materiales utilizados para tomar y conservar muestras estén lo más limpio y libre posible de plomo. Toda la cristalería utilizada debe ser de vidrio de borosilicato exento de plomo; ser lavada primero con detergente; dejarla remojar toda la noche en ácido nítrico 1:3, y enjuagarla con agua deionizada en cantidades abundantes.

La muestra de sangre completa para determinación de la enzima debe recogerse en tubos heparinizados libres de plomo.

Para determinar la actividad de la enzima deshidratasa del ácido  $\delta$ -aminolevulínico se debe usar sangre completa heparinizada, ya que el EDTA inhibe la actividad de la enzima. Las muestras se deben de conservar a 4 °C para evitar la inactivación de la enzima. El análisis debe ser efectuado lo más pronto posible.

Para el exámen de protoporfirina debe emplearse sangre completa sin que importe el anticoagulante, ya que no afecta el resultado. La sangre debe de protegerse de la luz y estar bien oxigenada al momento del análisis para obtener lecturas correctas. Las burbujas de aire pueden interferir en la determinación.

Para la medición del ácido  $\delta$ -aminolevulínico deberá usarse una muestra reciente. Si las muestras no se analizaran pronto, se debe de añadir 1.0 mililitro de ácido acético concentrado por cada 100 ml de orina y mantenerse refrigeradas.

El pH de las muestras conservadas deberá estar entre 4.0 y 5.5.

Las coproporfirinas y las porfirinas en general, son inestables en pH menor de 6.0 y son sensibles a la luz.

### III.1. Determinación de plomo en sangre total por espectrofotometría de absorción atómica.

El método que a continuación se describe, es el que ha sido empleado para el análisis de las muestras biológicas colectadas para esta investigación. Esta técnica es sensible, exacta y precisa, y muestra especificidad muy alta.

En este método, a diferencia de los métodos de emisión, no se excita al elemento en la flama, sino que se disocia simplemente de sus enlaces químicos y se sitúa en un estado fundamental mecánico-cuántico, no excitado, no ionizado.

Reactivos:

Metil isobutil cetona

Tritón X-100 (octyl fenoxi polietoxietanol)

Acido nítrico Q.P.

Acido clorhídrico Q.P.

Amonio pirrolidín ditio carbamato de sodio

Agua bidestilada

Nitrato de plomo

Solución patrón de plomo de 1000 µg/ml

Preparación de reactivos:

- Acido nítrico al 1% v/v

Acido nítrico Q.P. 100 ml

Agua bidestilada c.b.p. 1000 ml

- Amonio pirrolidín ditio carbamato de sodio al 1%

Amonio pirrolidín ditio carbamato de sodio 1 g

Agua bidestilada c.b.p. 100 ml

Aforar y agitar

- Acido clorhídrico al 1% v/v

Acido clorhídrico Q.P. 100 ml

Agua bidestilada 1000 ml

Aforar y agitar

- Solución patrón de plomo de 1000 µg/ml

Nitrato de plomo 1.598 g

Acido nítrico al 1% v/v c.b.p. 1000 ml

Material:

Tubos de ensaye de 16 x 150 mm

Pipetas volumétricas de 1, 2 y 5 ml

Pipetas graduadas de 10 ml

Gradillas

Matraces aforados de 1000 ml

Tapones de hule vacutainer

Agujas vacutainer

Torundas de algodón con alcohol

Equipo:

Espectrofotómetro de absorción atómica

Centrífuga

Balanza analítica

Balanza granataria

Lámpara de cátodo hueco específica para plomo

Material biológico:

De 5 a 10 ml de sangre heparinizada

Procedimiento:

Colocar en un tubo de ensaye químicamente limpio 1 mililitro de amonio pirrolidín ditio carbamato de sodio. Agregar dos gotas de Tritón X-100 y 5 mililitros de metil isobutil cetona. Tapar y pesar el tubo. Agregar la sangre y

agitar vigorosamente para hemolizar. Pesar nuevamente el tubo.

Centrifugar durante 10 minutos a 2000 r.p.m. hasta la separación del extracto de la sangre totalmente transparente.

Curva de calibración:

Se desarrolla a partir de una solución patrón de plomo de concentración 100  $\mu\text{g/ml}$ .

Para la determinación de plomo se hacen diluciones del estándar menores de 20  $\mu\text{g/ml}$ .

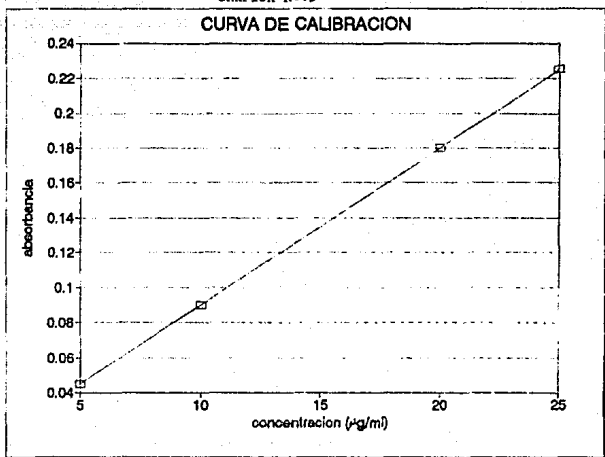
La curva se desarrolla de la siguiente manera:

MATRAZ	DISOLUCION DE LA SOL. PATRON DE 10 $\mu\text{g/ml}$	AGUA BIDEUTILADA	$\mu\text{g/ml}$
1	1	9	1
2	2	8	2
3	3	7	3
4	4	4	4
5	5	5	5

Se toma 1 ml de cada una de las soluciones anteriores y se adiciona 9 ml de agua bidestilada para obtener  $\mu\text{g}$  totales y se procesan igual que las muestras problema.

GRÁFICA No.3

CURVA DE CALIBRACION





#### Análisis:

Con un blanco de metil isobutil cetona se ajustan las condiciones de operación del espectrofotómetro de absorción atómica. Se lee la absorbancia del estándar de concentración conocida, la cual debe ser la indicada por el manual del instrumento, aspirando directamente el sobrenadante orgánico.

Se pasa al botón de concentración y se calibra el instrumento con el estándar y se procede a leer las muestras problema.

#### Cálculos:

La concentración obtenida se divide entre el resultado de las diferencias de peso y se multiplica por 100 para reportar microgramos de metal por 100 gramos de sangre (13)

#### Valores de referencia:

de  $17.05 \pm 4.8 \mu\text{g}/100 \text{ g}$

### III.2. Características de las poblaciones estudiadas.

La población estudiada es representada por habitantes de la Ciudad de México, la cual se dividió en dos grupos:

- a) Población no expuesta: es constituida por individuos que únicamente están en contacto con el plomo ambiental. Sin límite de edad, de ambos sexos. Monitoreándose las zonas reportadas por SEDUE como de más alto índice de contaminación (Tabla No. 5 y gráfica No. 4 ).
- b) Población expuesta: conformada por individuos que por su ocupación están en contacto con el plomo. Por ejemplo: ayudantes de imprenta, empleados de la industria metalúrgica, soldadores, fundidores, obreros de la industria del vidrio, personal de intendencia. etc. Las edades fluctuaron entre 18-55 años. En su mayoría del sexo masculino (Tabla No. 5 y gráfica No. 6).
- c) Población expuesta: a la que se le practicaron diferentes determinaciones (Tabla No. 2 y gráfica No. 7).

Las muestras de sangre y orina, fueron colectadas siguiendo los criterios anteriormente expuestos para su preservación y se analizaron de acuerdo a las técnicas de espectrofotometría de absorción atómica señalada para la determinación de plomo, previa elaboración de una curva de calibración (gráfica No. 3).

Los resultados se expresan en las tablas y gráficas siguientes:

Los datos obtenidos de los individuos agrupados dentro de la población de 50 individuos expuestos a la contaminación ambiental de diferentes zonas de la Ciudad de México, fueron los siguientes:

Tabla No. 1 ZONA ORIENTE

No. paciente	conc. de plomo expresada en $\mu\text{g}/100 \text{ ml.}$
1	24.62
2	25.57
3	11.11
4	7.02
5	20.00
6	6.22
7	No se detecta
8	1.96
9	6.36
10	4.20
11	5.65

$X = 10.24$

Tabla No. 2 ZONA SUR

No. paciente	conc. de plomo expresada en $\mu\text{g}/100 \text{ ml.}$
12	8.20
13	6.22
14	3.01
15	1.69
16	1.27
17	16.29
18	3.50
19	4.13
20	6.37
21	17.71
22	11.07

$X = 7.22$

Tabla No. 3 ZONA NORTE

No. paciente	conc. de plomo expresada en $\mu\text{g}/100 \text{ ml.}$
23	16.00
24	11.25
25	5.00
26	0.487
27	10.00
28	6.60
29	12.65
30	23.84
31	10.54
32	12.14
33	2.22
34	11.27
35	10.75

X = 11.06

Tabla No. 4 ZONA NORESTE

No. paciente	conc. de plomo expresada en $\mu\text{g}/100 \text{ ml.}$
36	25.00
37	5.33
38	14.11
39	15.75
40	8.00
41	14.00
42	19.14
43	11.25
44	11.42
45	13.72
46	30.75
47	13.80
48	9.50
49	1.47
50	31.33

X = 14.97

TABLA No. 5 DATOS OBTENIDOS DE UN LOTE DE INDIVIDUOS  
EXPUESTOS AL PLOMO AMBIENTAL.

No.	SEXO	EDAD	ZONA	ACTIVIDAD	ALIMENTACION	CONC.Pbs
1	F	46	Ote	Hogar	Buena	24.62
2	F	27	Ote	Hogar	Buena	25.57
3	M	22	Ote	Archivo	Regular	11.11
4	M	19	Ote	Aux. lab.	Regular	7.02
5	M	42	Ote	Laboratorio	Regular	20.02
6	F	29	Ote	Aux. ofna.	Mala	6.22
7	F	70	Ote	Hogar	Buena	0.00
8	M	31	Ote	Químico	Regular	1.96
9	M	45	Ote	Intendencia	Regular	6.36
10	F	21	Ote	Hogar	Buena	5.65
11	F	22	Ote	Hogar	Buena	8.20
12	M	29	Sur	Lab.	Regular	6.22
13	M	30	Sur	Lab.	Regular	3.01
14	F	18	Sur	Intendencia	Mala	1.69
15	F	44	Sur	Oficina	Regular	1.27
16	M	45	Sur	Archivo	Regular	16.29
17	M	49	Sur	Oficina	Regular	3.50
18	F	22	Sur	Contador	Regular	4.13
19	F	37	Sur	Lic. Der.	Regular	6.67
20	F	31	Sur	Aux. lab.	Mala	17.71
21	F	33	Sur	Aux. lab.	Regular	11.07
22	F	25	Sur	Hogar	Buena	16.00
23	M	24	Norte	Hogar	Buena	11.25
24	M	28	Norte	Panadero	Buena	5.00
25	M	27	Norte	Hogar	Buena	0.487
26	F	20	Norte	Estudiante	Mala	10.00
27	F	26	Norte	Estudiante	Regular	4.20
28	F	19	Norte	Empleada	Regular	6.60
29	M	26	Norte	Lab.	Regular	12.65
30	M	41	Norte	Hogar	Buena	23.84

No.	SEXO	EDAD	ZONA	ACTIVIDAD	ALIMENTACION	CONC.Pbs
31	M	50	Norte	Archivo	Regular	10.54
32	F	44	Norte	Costurera	Buena	12.14
33	M	19	Norte	Agente Ven.	Regular	2.22
34	F	22	Norte	Empleada	Regular	11.21
35	F	35	Norte	Empleada	Buena	10.75
36	F	41	Noreste	Hogar	Buena	5.73
37	M	40	Noreste	Empleado	Regular	14.11
38	M	27	Noreste	Intendencia	Regular	15.75
39	F	25	Noreste	Oficina	Regular	8.00
40	M	20	Noreste	Estudiante	Mala	14.00
41	F	18	Noreste	Lab.	Regular	19.14
42	F	28	Noreste	Lab.	Regular	11.25
43	M	21	Noreste	Q.F.B.	Regular	11.42
44	M	32	Noreste	Aux. ofna.	Regular	13.72
45	F	38	Noreste	Biólogo	Regular	30.75
46	F	50	Noreste	Secretaria	Buena	13.80
47	F	54	Noreste	Empleada	Regular	9.50
48	F	33	Noreste	Secretaria	Regular	1.47
49	M	23	Noreste	Empleado	Mala	31.33
50	F	44	Noreste	Intendencia	Mala	25.00

x = 14.97

Empleando la formula de la desviación estándar, se calcularon los valores normales.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X)^2}{N}}$$

donde:

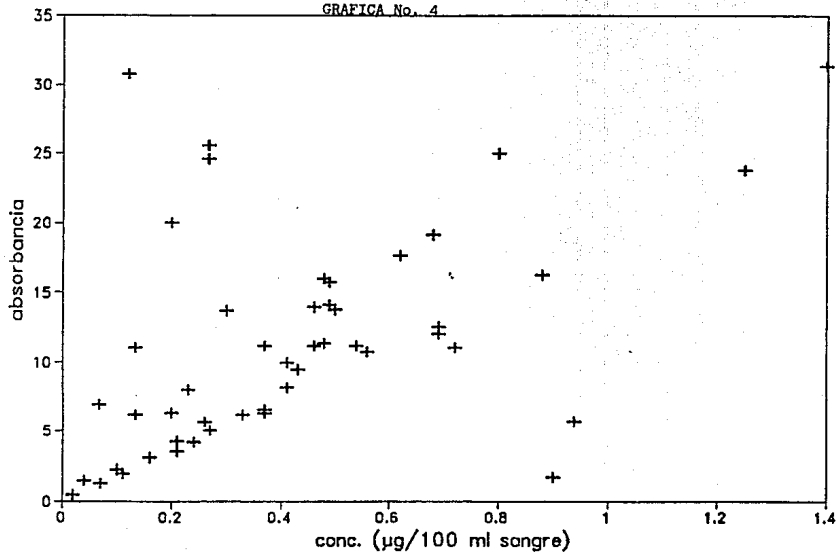
$X_i$  = concentración de plomo en sangre de cada individuo

$X$  = promedio de  $X_i$

$N$  = número de individuos, 50

# Poblacion expuesta al Pb ambiental

GRAFICA No. 4



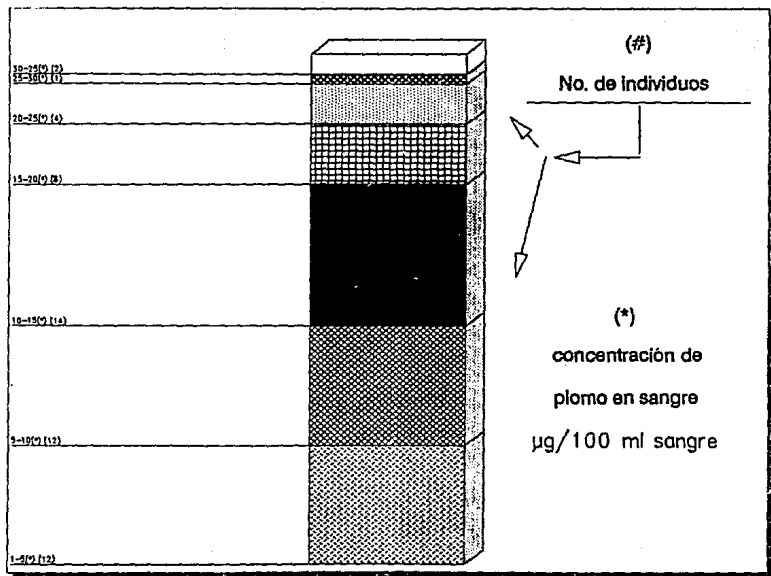
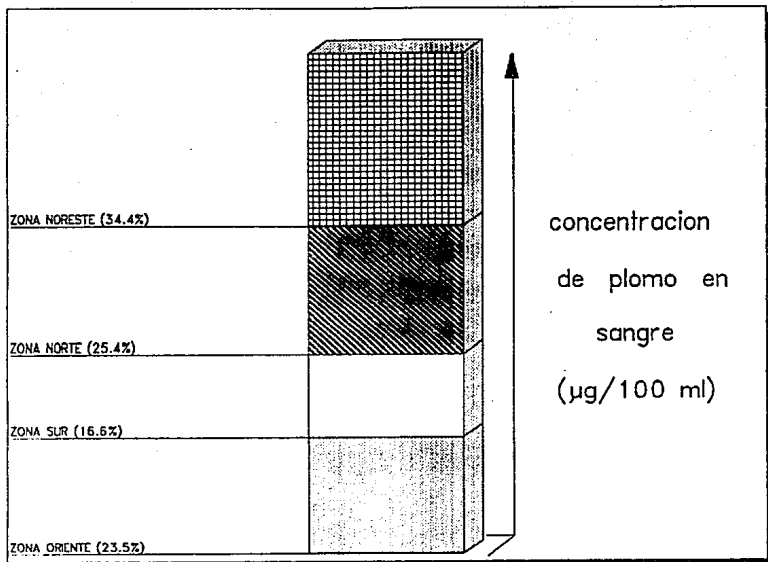


Figura NO.5 POBLACION NO EXPUESTA AL PLOMO





GRAFICA No. 5. COMPARACION DE LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO EN SANGRE DE POBLACIONES EXPUESTAS AL AMBIENTE EN DIFERENTES ZONAS DE LA CIUDAD DE MEXICO.

TABLA No. 6 DATOS OBTENIDOS DE UN LOTE DE INDIVIDUOS  
 EXPUESTOS OCUPACIONALMENTE AL PLOMO.

No.	SEXO	EDAD	ZONA	ACTIVIDAD	ALIMENTACION	CONC.Pbs
51	M	25	Sur	Soldador	Mala	33.8
52	M	27	Sur	Soldador	Regular	49.5
53	M	31	Sur	Soldador	Regular	60.7
54	F	38	Sur	Soldador	Regular	72.4
55	M	44	Sur	Soldador	Regular	45.6
56	M	19	Sur	Imprenta	Mala	55.4
57	M	22	Sur	Imprenta	Mala	59.4
58	M	40	Sur	Mezclero	Mala	86.0
59	F	42	Sur	Ayudante	Regular	95.8
60	M	35	Sur	Mezclero	Regular	51.0
61	M	30	Sur	Mezclero	Regular	82.0
62	M	29	Sur	Tornero	Mala	61.2
63	M	21	Norte	Chofer	Mala	62.0
64	M	45	Norte	Chofer	Mala	51.3
65	M	55	Norte	Obrero	Mala	44.6
66	M	60	Norte	Mezclero	Mala	55.6
67	M	42	Norte	Ayudante	Mala	55.4
68	M	34	Norte	Mezclero	Mala	43.0
69	M	39	Norte	Tornero	Regular	68.0
70	M	26	Norte	Tornero	Regular	63.1
71	M	23	Norte	Tornero	Regular	96.1
72	M	33	Norte	Tornero	Regular	73.8
73	M	44	S.E.	Tornero	Mala	51.6
74	M	40	S.E.	Fundidor	Regular	48.7
75	M	27	S.E.	Fundidor	Regular	31.0
76	M	22	S.E.	Fundidor	Mala	50.9
77	M	36	S.E.	Fundidor	Mala	85.0
78	M	39	S.E.	Imprenta	Regular	40.9
79	M	41	S.E.	Imprenta	Regular	58.8
80	M	25	N.E.	Pintor	Regular	57.6

No.	SEXO	EDAD	ZONA	ACTIVIDAD	ALIMENTACION	CONC.Pbs
81	M	50	Noreste	Pintor	Regular	41.50
82	M	44	Noreste	Pintor	Regular	50.04
83	M	19	Noreste	Pintor	Regular	43.10
84	M	22	Noroeste	Vidrieria	Regular	68.50
85	M	35	Noroeste	Ind. metal	Mala	57.80
86	M	41	Noroeste	Ind. metal	Mala	36.80
87	M	40	Noroeste	Ind. metal	Mala	27.00
88	M	27	Noroeste	Herrero	Regular	50.40
89	M	25	Noroeste	Herrero	Regular	34.30
90	M	20	Noroeste	Herrero	Regular	53.50
91	M	18	Noroeste	Torno	Regular	65.00
92	M	28	Noroeste	Torno	Regular	93.80
93	M	21	Noroeste	Torno	Regular	73.60
94	M	32	Noroeste	Torno	Regular	77.00
95	M	38	Noroeste	Torno	Mala	66.90
96	M	50	Noroeste	Torno	Mala	67.70
97	M	54	Noroeste	Torno	Mala	70.30
98	M	33	Ote.	Pintor	Regular	54.57
99	M	23	Ote.	Pintor	Regular	61.90
100	M	44	Ote.	Pintor	Regular	59.80

$$\bar{X} = 61.08$$

Calculando la desviación estándar obtuvimos los siguientes valores normales:

$$61.08 \pm 16.86 \mu\text{g}/100$$

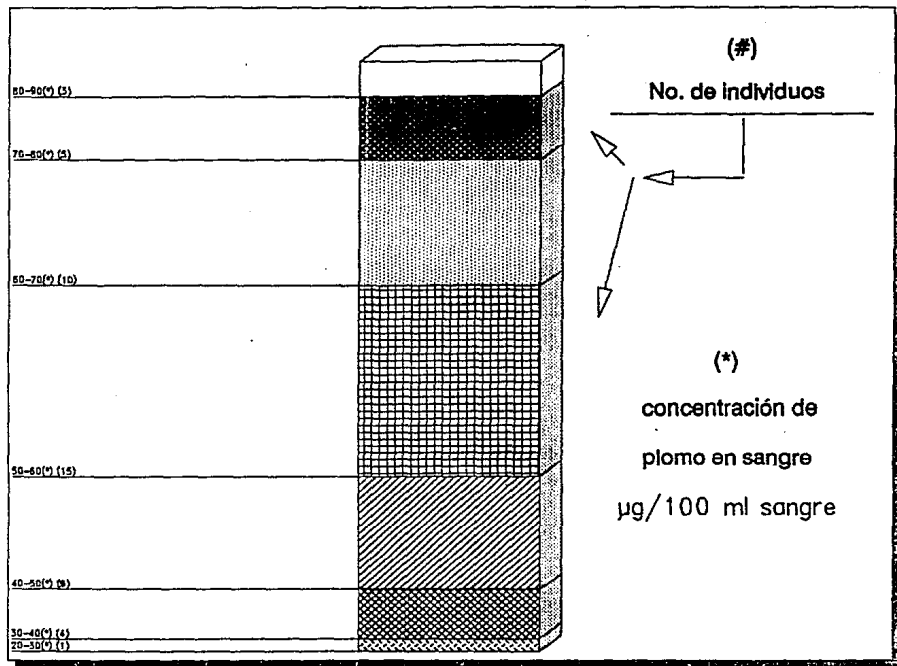


Figura No.6. POBLACION EXPUESTA OCUPACIONALMENTE AL PLOMO.

# Población expuesta ocupacionalmente al Pb

GRAFICA No.6

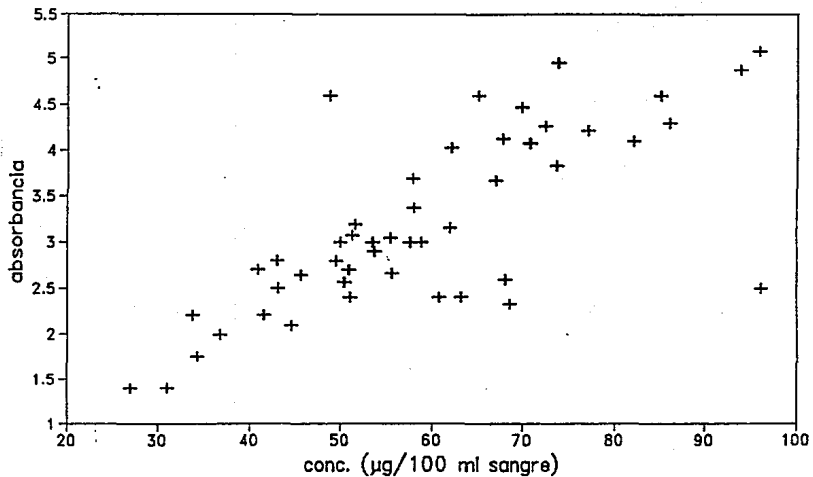


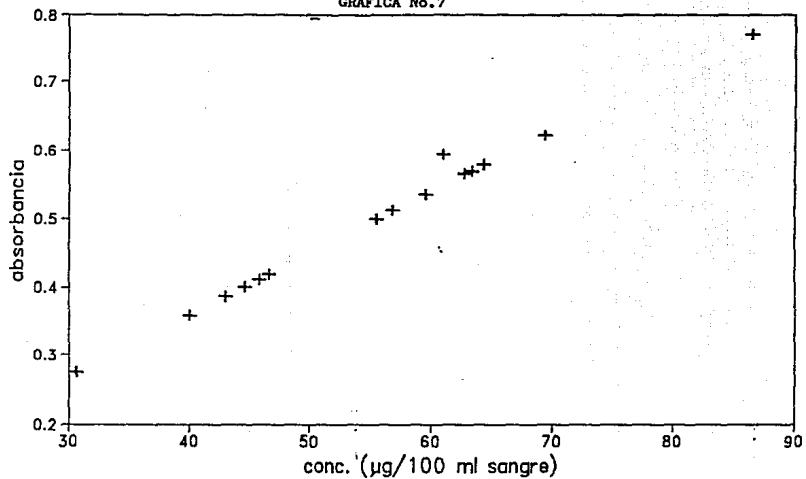
TABLA No. 7

VALORES OBTENIDOS DE DIFERENTES DETERMINACIONES REALIZADAS A UN LOTE DE INDIVIDUOS EXPUESTOS OCUPACIONALMENTE AL PLOMO.

No.	plomo en sangre	plomo en orina	coproporfirina orina	protoporfirina eritrocítica
	µg/100	µg/l		
1	62.8	1.55	456	21.1
2	86.4	83.0	250	12.1
3	63.4	97.0	1048	25.4
4	56.9	86.0	180	11.7
5	69.4	29.0	329	11.2
6	64.4	58.0	730	16.0
7	61.0	48.0	245	6.5
8	44.6	133.0	713	17.7
9	45.8	160.0	653	21.3
10	55.5	71.0	516	16.6
11	40.0	47.0	411	20.9
12	46.6	94.0	1032	13.3
13	30.6	17.0	124	12.3
14	59.6	130.0	307	19.2
15	43.0	130.0	200	9.4

# Población expuesta ocupacionalmente al Pb

GRAFICA No.7



#### **IV.- ANALISIS DE RESULTADOS.**



#### IV.- ANALISIS DE RESULTADOS.

- 1.- Los valores de referencia obtenidos en esta investigación para la población no expuesta al plomo son de  $10.98 \pm 2.8 \mu\text{g}/100$  esto es, más bajos de los que actualmente se tienen ( $17.05 \pm 4.8$ ).

Para la población expuesta ocupacionalmente al metal en estudio son de  $61.08 \pm 16.86 \mu\text{g}/100$ .

- 2.- De los resultados obtenidos para los individuos agrupados en la población no expuesta al plomo, se observa que en algunos de los casos se superaron los límites dados para la concentración de plomo en sangre, esto nos indica que algunas personas están más expuestas a los efectos del plomo lo que depende de la actividad que se realiza en el centro de trabajo, los hábitos alimenticios (si se consumen alimentos en loza de barro, alimentos enlatados, etc.), lugar donde vive, etc..
- 3.- Es importante mencionar que de los individuos expuestos ocupacionalmente al plomo, un 90% superaron los límites máximos de concentración de plomo en sangre y orina, así como la concentración de coproporfirina urinaria y protoporfirina eritrocítica (fig. No.7 y tabla No.7).

- 4.- Se confirmó que la zona con más alto índice de contaminantes, en relación a partículas suspendidas entre las que se considera al plomo, es la zona Noreste de la Ciudad de México, lo que se puede corroborar en la gráfica No. 5; si analizamos la ubicación de esta zona podemos notar que es una de las áreas industriales de la ciudad, y estos resultados son consecuencia de dicha actividad industrial.
- 5.- Si comparamos los valores de la concentración de plomo en sangre de los diferentes grupos de individuos, se puede deducir que el estado nutricional de éste desempeña un papel muy importante en cuanto a la disponibilidad del organismo a los contaminantes, esto significa, que en individuos con malos hábitos alimenticios se encuentra más elevada la concentración de plomo. Ver Tabla No. 6.
- 6.- Como se observa en la Tabla y gráfica No.7, la población expuesta al plomo supera en todos los casos los límites máximos para la concentración de plomo debido a la exposición continua al metal, sin embargo, se sabe que en los diferentes centros de trabajo relacionados con este problema no se cuenta con un programa obligatorio de revisión médica periódica, hasta que se manifiestan

los síntomas de la intoxicación.

- 7.- El lote de individuos que se manejó en este Trabajo es muy limitado para establecer valores de referencia más precisos para los habitantes de la Ciudad de México, por lo que se sugiere a las autoridades correspondientes el desarrollo de análisis biológicos y estadísticos a nivel delegacional para definir los valores de referencia convenientes para metales pesados y aplicables a la población mexicana, sobre todo para la población infantil, ya que como se ha visto, se adolece de estos datos.

## V.- CONCLUSIONES.

## V.- CONCLUSIONES.

Por las diversas investigaciones realizadas para este Trabajo, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- 1.- Que la empresas gubernamentales y organismos del sector Salud (D.D.F., S.S.A.), no deberían permitir la elaboración y consumo de productos cuya calidad perjudica a la población (gasolina, diesel, etc.) y deberían ser más estrictos en la exigencia del cumplimiento de las medidas de seguridad para la industria en general.
- 2.- Se pudo constatar que no se realizan monitoreos frecuentes de los niveles de plomo en el ambiente, y no existe una relación de los valores de los contaminantes ambientales y los límites tolerables por el organismo, como lo señala la Organización Mundial de la Salud. <sup>(3)</sup>
- 3.- Los valores de referencia que se emplean actualmente en la Ciudad de México en diferentes instituciones de salud para expresar concentraciones de plomo y otros agentes contaminantes absorbidos por el organismo, han sido establecidos para ciudades tales como los Estados Unidos; sin embargo, no se tienen datos de valores

obtenidos de la población mexicana en ninguno de los casos.

4.- Las medidas anticontaminantes (campañas y programas anticontaminantes) que se han emitido, no han contribuido a mejorar las condiciones ambientales de la Ciudad de manera significativa, las que por el contrario se ven cada vez más deterioradas, esto hace que en invierno la situación se agrave y el Índice Metropolitano de Calidad del Aire (IMECA), supere los 200 grados que la Organización Mundial de la Salud señala como máximo tolerable.<sup>(29)</sup>

5.- Existe un buen número de trabajos que correlacionan los niveles de plomo en sangre de la madre con los de la sangre fetal y al nacer, para estimar el grado de intoxicación de los niños recién nacidos y relacionarlos con los posibles efectos que estos pudieran tener; pero todos estos trabajos han sido realizados en Estados Unidos, Asia, Europa y no así en México, en donde sería muy conveniente el desarrollo de estudios de esta naturaleza, además de desconocer los niveles basales del plomo con los que nacen los niños en esta Ciudad y bajo las condiciones ambientales que se tienen.

## **VI.- RECOMENDACIONES.**

## VI.- RECOMENDACIONES.

Como ya hemos visto, es un hecho que el plomo produce serios y diversos daños al organismo, por lo que se debe de informar y conscientizar a los trabajadores expuestos a este metal sobre los riesgos a los que están sujetos e implementar las medidas de seguridad necesarias, así como el reconocimiento médico y valoración de la concentración de plomo en sangre, ácido  $\delta$ -aminolevulínico deshidratasa y coproporfirina urinarias, para detectar y prevenir intoxicaciones, ya que de esta manera se pueden cuantificar concentraciones de plomo nocivas sin que se presenten síntomas clínicos de la intoxicación.

Para reducir los riesgos en la población que está expuesta al plomo ambiental únicamente, se sugiere la ingesta de alimentos frescos y evitar el consumo de alimentos enlatados ya que estos tienen un alto contenido de plomo y pueden representar una fuente importante de contaminación con dicho metal que, sumado con las otras formas de contaminación proporcionan al organismo suficiente cantidad del elemento para producir efectos indeseables.

Se ha estudiado ampliamente en esta investigación, que uno de los problemas más riesgosos y complejos que se vive



actualmente en la Ciudad de México, es el de la contaminación ambiental, al cual no se le ha dado solución, por esto, a continuación se presentan algunas sugerencias que de llevarse a cabo podrían ayudar a mejorar notablemente el medio ambiente.

- En primer lugar cada uno de nosotros debemos reconocer nuestra responsabilidad en la conservación el medio ambiente en el que vivimos, así como la responsabilidad que tenemos en respetar y crear los medios para evitar la contaminación y destrucción de la Naturaleza y ambiente en general, esto como individuos o como trabajadores, sea cual fuere la labor que desempeñemos.

- Que el Gobierno reconozca su responsabilidad a través de PEMEX, en la elaboración de productos (gasolina, aceite, combustóleo, etc.) que han sido de dudosa calidad.

- Descentralización de Secretarías e Industrias a zonas alejadas de las áreas urbanas.

- Reubicación de las plantas termoeléctricas lejos de las zonas urbanas.

- Substitución del combustible de las termoeléctricas por gas.
- Exigir equipo anticontaminante a las industrias.
- Incrementar los centros de procesamiento de basura para evitar los tiraderos abiertos.
- Substitución del transporte de combustión interna por el transporte eléctrico (metro, trolebús, etc.). El incremento de éste debe hacerse también para disminuir el uso del transporte individual.
- Crear fuentes de información continua acerca de los diferentes medios de contaminación así como de los efectos que tienen en los seres vivos a través de campañas de publicidad bien estructuradas, desarrollando estudios estadísticos de las mismas que sirvan de base para investigaciones posteriores, con lo que se logrará la conscientización de la población.
- Fomentar programas de educación a nivel escolar para evitar la contaminación y destrucción del medio ambiente.

- Reestructuración del sistema de vialidad, ya que el actual resulta obsoleto para las necesidades de la comunidad.

- La población en general deberá respetar los reglamentos anticontaminantes.

## VII.- BIBLIOGRAFIA.

VII.- BIBLIOGRAFIA.

- 1.- KIRK E. Raymond; OTHMER F. Donald. Enciclopedia de Tecnología Química. Ed. Hispanoamericana, Tomo V, pp. 706-776, 1982.
- 2.- LEGASPI VELASCO, Juan Antonio. Intoxicación Plúmbica en Niños y Adultos. Subdirección General Médica / Jefatura de Servicios de Medicina del Trabajo. 1985.
- 3.- Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud. Criterios de salud ambiental 3. Plomo. Publicación Científica, No. 355, México, 1979, pp. 3-82.
- 4.- HANSPETER R. Witschi. The Scientific Basics of the Toxicity Assesment. Vol. 6, 1980.
- 5.- ARENA, J. M. Poisoning. Toxicology; Sintoms, Treatments, 4ª ed. Charles C. Thomas (pub). Springfield 1979, pp. 255.
- 6.- MONTOYA; CABRERA; HERNÁNDEZ; Z. A., PORTILLO A. J.; GARCÍA, M. Intoxicación mortal por plomo debido a la ingestión de limonada en loza de barro vidriada. Gaceta

Médica de México, 1981, pp. 154-158.

- 7.- SHAPIRO, I. M.; COHEN, G. H.; NEEDLEMAN, I. H.: The Presence of Lead in Tootpaste. J. Am. Dent. Associ. 86:395, 1973.
- 8.- GERBER, B. G.; LEONARD A.; and JACQUET P. Toxicity, Mutagenicity and Teratogenicity of Lead. Mutation Reserch, 76:115-141, 1980.
- 9.- BESSON, B. P.; McDERMOTT, W. Tratado de Medicina Interna. Ed. Interamericana S. A. Décima tercera edición, 1972, pp. 66-71.
- 10.- CHISOLM, J. J. Lead Poisoning: In human physiology and the enviroment in health and disease. San Fco., W. H. pp. 77, 1975.
- 11.- HORACE D. Graham, Ph. D. "Safety of Foods". Ed. av. Wesport, Connecticut, 1980.
- 12.- GREENGARD, J. S. Intoxicación por Plomo en los Niños. Tribuna Médica, Tomo XXVI; No. 6, pp. 81-89, 1974.

- 13.- PERKIN Elmer. Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry-Hd. Perkin Elmer Co. 1973, Nowark, Connecticut, Estados Unidos de América.
- 14.- GARCIA de Alba J.; RIVAS Solís F.; OLIVARES N. Salud Pública de México. S.S.A. Vol. 25, No. 4, julio-agosto, pp. 393-399, 1983.
- 15.- GRAZZIANO, Joseph H.; SIRIS E. Lolacano N.; SILVERBERG, S.J. 2-3 dimercaptosuccinic acid as an antidote for lead intoxication. Clin. Pharmacol. Ther. 37:431-438, 1985.
- 16.- FERNANDEZ, F.J. Micromethod for lead determination in whole blood by atomic absorption, with use of the graphite furnace. Clin. Chem., 21:558, 1975.
- 17.- CHISOLM, J. Jr. Treatment of lead poisoning, in U.S., Department of Health Education, and Welfare, Center for Disease Control: Preventing lead poisoning in young children. A Statement by the Center for Disease Control. Atlanta. Ga., pp. 22, 1978.
- 18.- CHISOLM J. Jr. Dissturbance in the biosynthesis of heme in lead intoxication, J. Pediatric, 64:174, 1964.

- 19.- DAVID, J.R. ANDELMAN, S.L. Urinary delta-aminolevulinic acid levels in lead poisoning. A modified method for the rapid determination of urinary delta-aminolevulinic acid using disposable ion-exchange chromatography columns. Arch. Environ. Health, pp. 15-53, 1967.
- 20.- MOLINA, B.G.; ORDONEZ, B.R.; SANCHEZ, F.J.; MORA, J. y GARZA. Contaminación ambiental por plomo en Áreas industriales. Simposio. Gaceta Médica de México, 113:5, 1977.
- 21.- Marshall sitting. Toxic metals. Pollution control and worker protection. Noyes Data Corporation, New Jersey, 1976.
- 22.- HATHCOCK, John N. Nutricional Toxicology. Vol. 1. Academic Press, 1982.
- 23.- THIENES, H.C.; HALEY, T.J. Clinical Toxicology, 5ª edition, pp. 95-101, 1972.
- 24.- BALOH, R.W. Laboratory diagnosis of increased lead absorption. Arch. Environ. Health, pp. 28:198, 1974.



- 25.- GONZALEZ-FERNANDEZ, E.; GONZALEZ-MORENO, P. Screening analysis for lead in whole blood and urine by Delves Cup method. Ind. Health, 1983. 12(2):91-105 pp.
- 26.- TIETZ, W. Norbert. Química Clínica Moderna. Ed. Interamericana, 1ª ed., 1982, pp. 93-104.
- 27.- COLE, J.F. Occupational health standards for lead. A Symposium. Chicago, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, HEW Publication, No. (NIOSH) 76-134; pp. 178, 1976.
- 28.- BLUMBERG, D.M. The hematofluorometer. Clin. Chem. pp.23-270, 1977.
- 29.- Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, SEDUE, 1988.
- 30.- ADAMS, D.A.; GOLDMAN, R.; MAXWELL, M.H.; LATLA, H. Nephrotic syndrome associate with penicillamine therapy of Wilson's disease. Amer. J. Med., pp. 36-330, 1964.

- 31.- AMEZCUA García Claudio; RUBIO Monteverde; PEREZ Neria J.  
Revista del Instituto Nacional de Enfermedades  
Respiratorias, I.N.E.R.S.S.A., Vol. 1, julio 1988, pp.  
14-22.
- 32.- B. INNDOR N. Food Technology. A Publication of the  
Institute of Food Technologist. Vol. 35, No. 12,  
december, 1981.
- 33.- BLUMBERG, D.M. The hematoflourometer. Clin. Chem. pp.  
23-270, 1977.
- 34.- CRAMER, K. y col. Renal ultrastructure, renal function  
and parameters of lead toxicity in workers with  
different periods of lead exposure. Br. J. Indus. Med.  
31:113, 1974.
- 35.- DAVISON, A.M.; DAY, A.T.; GOLDING, J.R.; THOMSON, D.  
Effect of penicillamine on the kidney. Proc. Roy Soc.  
Med., pp. 70-109., 1977.
- 36.- División de Nutrición; Dietary calcium and lead  
toxicity. 29:145, 1971.

- 37.- Federal Register, Vol. 40, 1988. United States Environmental Protection Agency.
- 38.- FORLAND, M.; PULLMAN, T.N.; LAVENDER, A.R., and I. The renal excretion of ethylenediaminetetraacetate in the dog. J. Pharmacol. Exp. Ther. 253:262, 1966.
- 39.- HESSEL, D.W. A simple and rapid quantitative determination of lead in blood. Atomic absorption. Letter, 7:55, 1968.
- 40.- JACOBS, M.D. Toxicity of Industrial Inorganic Poisons. John Wiley and Sons. Inc. New York, 1967, pp. 317.
- 41.- KOPITO, L.; BRILEY, A.M. and SCHWACHMAN, H. Chronic plumbism in children. JAMA 209 (2), pp. 243-248, 1969.
- 42.- MONTOYA; CABRERA, M.H. Determinación de plomo en líquido cefalorraquídeo. Arch. Invest. Med. (Méx.), 1982, 13:235.
- 43.- RABINOWITZ, M.B.; WETWILL, N.G., and KOPPLE, J. Kinetic analysis of lead metabolism in health humans. Journal of Clin. No. 58, pp. 260-270, 1976.

- 44.- REYES Maldonado, Elba; De LEON Rodríguez, Irma. La acción del plomo en el feto durante la gestación y el niño recién nacido. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Departamento de Morfología. Septiembre de 1988, pp. 1-60.
- 45.- SANCHEZ Anzaldo, F.J.; GONZALEZ Ramírez, A.; ZUNIGA Charles, M.A.; MOLINA Ballesteros, G. Parálisis del nervio radial a causa de la intoxicación por plomo. Presentación de un caso. Revista Médica IMSS, México, 21:493, 1983.
- 46.- SCHAFFNER M. Robert. Food Technology: Lead in canned foods. pp. 60-64, 1981.
- 47.- TOMOKUNI, K. New method for the determination for delta-aminolevulinic acid dehidratase activity in human eritrocytes as an index of lead exposure. Clin. Chem. 20:128, 1974.
- 48.- WANG, S.T.; PIZZOLATO, S.; PETER, F. Microsampling technique and determination of blood lead by Zeeman atomic absorption spectrophotometry. Sci. Total Environ. 1988, Apr.; pp. 71:37:43.

- 49.- WALSHE, J.M. Penicillamine: the pharmacology of a chelating agent. Ann. Int. Med. pp. 53:1090, 1960.
- 50.- WIGFIELD, D.; FARANT, J.P. Factors influencing the pH activity relationship of delta-aminolevulinic acid deshidratase from human blood and their relevance to blood lead assay. J. Analyst Toxicol. 3:162, 1979.
- 51.- ZINTERHOFER, L.I.M.; JATLOW, P.I.; FAPPIANO, A. Atomic absorption determination of lead in blood and urine in the presence of EDTA. J. Lab. Clin. Med., 78:664.
- 52.- ZUNIGA Charles, M.A.; GONZALEZ Ramirez, J.D. and MOLINA Ballesteros, G. Eritrocyte protoporphyrin IX as a diagnosis and therapy avaluating tool in lead poisoning. Arch. Environ. Health, pp. 36-40, 1981.