



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

Facultad de Estudios Superiores CUAUTITLAN

**CUANTIFICACION DE PLOMO EN CABELLOS POR  
ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA  
EN DOS MUESTRAS POBLACIONALES**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

**QUIMICO FARMACOBIOLOGO**

**P R E S E N T A:**

**MARTIN MUY RIVERA**

**ASESOR DE TESIS:**

**QFB. JOSE DE JESUS PEREZ SAAVEDRA**

1 9 8 5



## **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.

C O N T E N I D O	PAGINA
INTRODUCCION	1
OBJETIVO E HIPOTESIS.	38
EQUIPO, MATERIALES Y TRATAMIENTO DE LA MUESTRA	39
DESARROLLO:	
CALIBRACION DEL APARATO	42
TOMA DE MUESTRAS Y ANALISIS ESTADISTICO DE ESTAS	47
RESULTADOS	51
ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS	57
DISCUSION	63
BIBLIOGRAFIA	67
VOCABULARIO	73

## FUENTES DE PLOMO EN EL MEDIO AMBIENTE

Se encuentra en forma natural en la corteza terrestre (31); a una concentración de 13 mg/kg. Pero se pueden obtener valores mayores en diferentes partes del mundo dependiendo de los yacimientos del plomo. Las rocas ígneas y metamórficas son las fuentes principales con concentraciones de 10-20 mg/kg. El contenido de plomo en los equistos carbonos oscila entre 10-70 mg/kg. En la roca fosfática puede superar los 100 mg/kg. En masas de agua dulce y en bajos fondos marinos tiene un contenido similar al de los equistos. Pero en los sedimentos marinos profundos la concentración es bastante elevada, 100-200 mg/kg.

Se puede también encontrar en el suelo. Pero aquí hay que diferenciar entre los suelos contaminados, y los que adquieren en forma natural. Los suelos ácidos tienen un nivel de plomo inferior al de los alcalinos; también aquí intervienen las materias quelantes que forman enlaces con el plomo, para favorecer su salida del suelo, o para fijar al metal. Sin embargo la concentración media en aquellas zonas alejadas de la actividad humana, es de 5-25 mg/kg.

Las aguas subterráneas contienen de 1-60 microgramos

por litro. Las mayores referencias están en cuanto a datos que se refieren al agua que se ha filtrado para eliminar la materia en forma de partículas. El plomo coloidal se elimina sólo parcialmente y en diferentes grados con la filtración.

Se estimó que el contenido global medio de plomo en lagos y ríos es de 1-10 microgramos por litro. Y se ha comprobado que la concentración en el agua de mar es menor -- que la del agua dulce. Se observó una concentración de 0.08-0.4 microgramos por litro. Parecen ser algo más -- del Pacífico y del Mediterráneo que en el Atlántico Central, aunque a profundidades inferiores a los 1000 m., son similares.

Las concentraciones de plomo medidas en el aire de regiones alejadas a la contaminación ambiental, son del orden de: 0.0001 a .001 microgramos por M<sup>3</sup>. Patterson estimó que la concentración del plomo en el aire de origen natural es de .0006 microgramos por M<sup>3</sup>. De cualquier manera, se ha visto que las concentraciones de plomo aun en las zonas alejadas, oscila en los parámetros anteriores e incluso esto se ha propuesto en base a la contaminación atmosférica mundial.

Existe el plomo también de forma natural en las plantas, aunque se han encontrado diferencias marcadas. 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. Así en las hierbas de pastizales es de 1.0 mg/kg de peso en seco.

Otro parámetro de tomar en cuenta es que durante milenios el plomo soluble ha confluído en los océanos acarreado por los ríos en una cantidad aproximada de 17,000 Tons. por año, según Patterson las fuentes del plomo atmosférico son el polvo de salicilato, aerosoles, halógenos volcánicos, incendios forestales, los aerosoles de sales marinas, humos de meteoros y meteoritos, y el plomo producido por desintegración del radón.

En cuanto a la producción del plomo, este se obtiene de minerales metalíferos y mediante su recuperación de productos plumbíferos; se encuentra en los minerales como la galeana ( $PbS$ ), la cerusita ( $PbCO_3$ ) y la anglesita ( $PbSO_4$ ); donde la galeana es la fuente más importante de plomo primario. Las Menas mixtas de Plomo y Zinc representan el 70% de abastecimiento de plomo primario las menas que contienen plomo principalmente representan el 20% y el restante 10% como subproducto de otros yacimientos.

## TRANSPORTE Y DISTRIBUCION EN EL MEDIO AMBIENTE

La atmósfera es la vía principal para el transporte y distribución del plomo desde fuentes estacionarias o móviles.

La transferencia masiva de plomo desde el aire a otros medios aún no se ha podido dilucidar muy bien y no se conocen con precisión los diferentes mecanismos en la eliminación del plomo del aire.

Una importante cantidad de plomo se elimina por sedimentación (31), y el mecanismo de eliminación más eficaz es probablemente la lluvia. En un estudio sobre la concentración de plomo en agua de lluvia en 32 estaciones de observación de EUA, se registró un promedio de 34 microgramos/litro.

El plomo se elimina rápidamente del agua cuando ésta atraviesa el suelo y los sedimentos inferiores. Debido a la gran afinidad de las sustancias orgánicas para establecer uniones firmes con el plomo. El contenido de plomo de ciertas plantas aumenta diez veces o más durante el período de crecimiento activo hasta que éste cesaba en el

período de crecimiento activo; es decir, en el otoño.

Se encontró que las copas de abetos, elerces y pinos blancos contenían 100 mg de plomo/kg de peso en seco (31), cuando crecían en las zonas de minería del plomo, donde la concentración del plomo en suelo era de 20,000 mg/kg. -- Pero no existe una revelación evidente entre la concentración del plomo en el suelo con el de las plantas, salvo -- cuando el plomo se puede transferir a una solución acuosa de lactato de amonio y ácido acético. Es decir no parece probable que el plomo depositado en las hojas, pase fácilmente a otras partes.

Se demostró (31), que una concentración en el aire de 1.45 microgramos/M<sup>3</sup> no influyó en el contenido de plomo - de tomates, frijoles, zanahorias, papas, trigo y repollo; pero sí en las hojas de lechuga y frijoles. La transferencia de plomo de las plantas a los animales no está todavía bien definida, sin embargo la concentración, el huevo y carne, es muy similar a la concentración de legumbres y cereales.

Apenas se conocen los detalles de toda la distribu---ción del plomo en el medio ambiente; sin embargo, a pesar de la gran dilución del plomo atmosférico que se produce

durante su transporte desde los centros de actividad humana, existen datos que indican que ha habido plomo acumulándose a lo largo de los años. Los mejores estudios han sido en hielo de glaciares y depósitos de nieve.

Estudios en Groenlandia han revelado que el hielo formado alrededor de 1750 tenía concentraciones de plomo 25 veces superiores a las del hielo que se había formado alrededor del 800 a. de J.C., y a partir de 1750 aumentó la concentración de manera continua hasta aprox., 1940. Desde esa fecha hasta nuestros días la cifra de la concentración ha ido aumentando aún más.

Las capas de hielo más recientes (37), tenían una concentración 400 veces superior al nivel básico natural. En los glaciares polacos la concentración se había multiplicado por 16 en los últimos 100 años.

Así, todos los ecosistemas se ven afectados por el consumo de plomo, el cual está grandemente influido por el crecimiento de la industria automovilística. La fabricación de acumuladores eléctricos representa la categoría de mayor consumo; el plomo metálico se utiliza en las rejillas y bornes, en tanto que los óxidos, el litergirio, el rojo de plomo y el óxido gris se usan en el material -

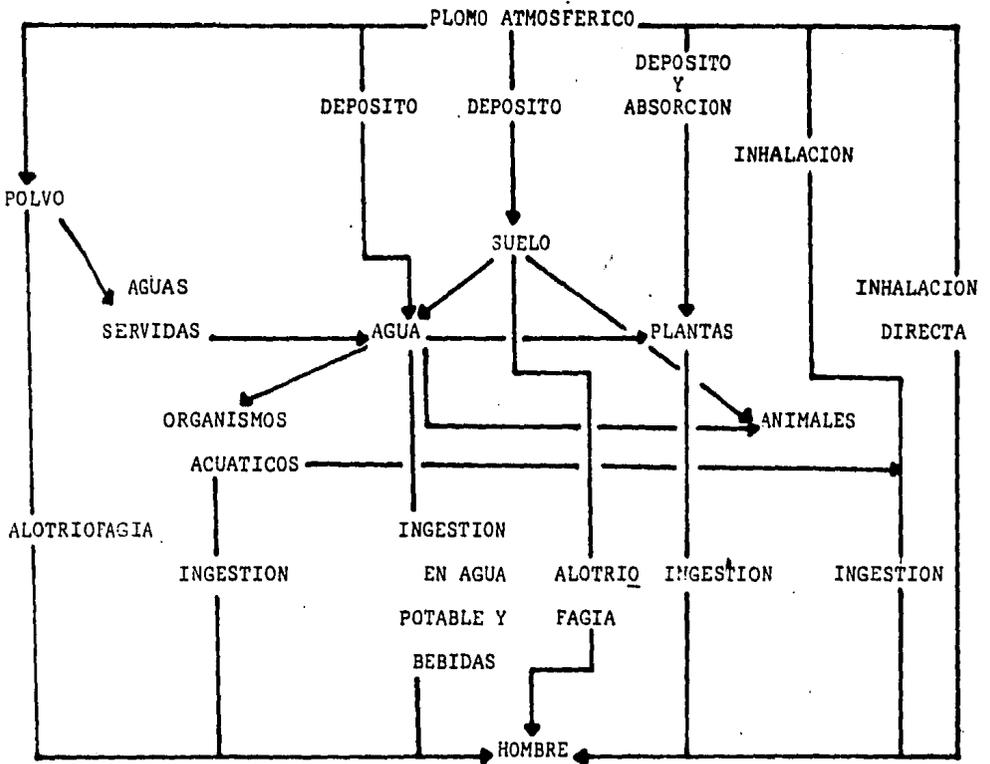
activo que se empasta sobre las placas. Los compuestos alquílicos de plomo se vienen usando como antidetonantes - en la gasolina desde hace 50 años. El empleo de plomo - en la producción de cables, ha declinado por la introduc-- ción de revestimientos y aislamientos plásticos.

En la industria química se utiliza en la pintura de es tructuras de acero y en la fabricación de diversos pigmen- tos (15).

Para producir vapor se queman grandes cantidades de -- carbón en centrales eléctricas, acerías e industrias manu- factureras.

El aceite de quemar contiene plomo en cantidades muy variadas.

VIAS POTENCIALES DE TRANSPORTE  
DEL PLOMO ATMOSFERICO  
AL HOMBRE (6)



## EFECTOS DEL PLOMO EN EL HOMBRE

## SISTEMA HEMATOPOYETICO

La perturbación de la síntesis del hem se manifiesta por la aparición de precursores anormales del hem en sangre y orina (4, 19, 31). El plomo interfiere en varias etapas enzimáticas en la síntesis del hem, en la utilización del hierro y en la síntesis de globina en los eritrocitos. La inhibición de la AALD (25) y de la hem-sintetasa está bien documentada y la acumulación de los sustratos de estas enzimas (AAL y PP) es característica del saturnismo. La inhibición de la AALS se basa solamente en datos experimentales. No está claro si existe inhibición enzimática o si otros factores afectan la conversión del coproporfirinógeno III (CPG) en protoporfirina (IX) (PP); sin embargo en el saturnismo humano resulta la mayor excreción urinaria de coproporfirina III. Ocasionalmente se registran en el saturnismo grave pequeños aumentos de porfobilinógeno (PBG) y uroporfirinas en la orina. El hierro presente en el hem se acumula en los glóbulos rojos con mitocondrias dañadas y otros fragmentos que no se encuentran en los eritrocitos comunes.

El hierro sérico puede aumentar en personas con satur

nismo pero sin ferropenia. La síntesis de globina en los glóbulos rojos se deteriora, pero aún no se conocen los mecanismos reductores de globina. La mayor excreción de -- AAL va acompañada de un incremento en su concentración plasmática en los adultos. Esto podría indicar o bien una tasa más elevada de AAL o un descenso en su utilización. Debido a la conocida inhibición de la enzima AALD, la mayoría de los autores se inclinan en pensar que la mayor concentración plasmática refleja una menor utilización de AAL. La otra posibilidad es que aumente la formación de AAL, -- presumible debido a una formación de ó actividad mayores - de la enzima AAL-sintetasa (AALS).

Con respecto a la hematopóyesis, los principales efectos del plomo fácilmente mensurables en el hombre, se ejercen sobre la tasa de excreción de AAL o CP en la orina, la concentración sanguínea de PP y el grado de inhibición de AALD en la sangre.

Cuanto mayor es la concentración de plomo en sangre, - menor es la acción de la enzima AALD. Cuando se rebasa - esa gama, la inhibición de la enzima es casi completa y -- apenas se modifica al aumentar la dosis (10, 22). Se sugiere la interesante posibilidad de corregir las variaciones individuales en la AALD total calculando el cociente -

de la actividad con reactivación enzimática por la actividad sin reactivación enzimática, utilizando para ello di-tiotreitol como agente reactivador. Este cálculo expresa actividad inhibitoria del plomo en la muestra.

Este procedimiento mejora la correlación de AALD y plomo sanguíneo. Se ha indicado que el aumento de la protoporfirina IX se debe a un efecto inhibitorio del plomo sobre la síntesis del hem que se produce en las células eritroides de la médula osea, en tanto que la absorción de plomo por elementos sanguíneos ocurre tanto en las células eritroides como en las circulantes

Se ha observado que los hombres son menos sensibles que las mujeres (21) a razón del efecto del plomo sobre la protoporfirina IX eritrocítica.

En cuanto al ácido-delta-aminolevulínico en la orina (AAL) se ha visto que el logaritmo de la concentración de AAL en la orina aumenta linealmente con los valores de plomo en sangre a partir de 40 microgramos por 100 ml. Se sabe que es más sensible al plomo que las coproporfirinas urinarias y los datos de dosis respuesta se correlacionan mucho mejor con el AAL.

Cuando los eritrocitos son expuestos al plomo in vitro, los eritrocitos tienen mayor resistencia osmótica y mayor fragilidad mecánica.

Se muestra inhibición de la Na-K-ATP-asa, con mayor -- pérdida de potasio intracelular (21). Con ello se explica el hecho en que en el saturnismo exista un acortamiento de la vida media de los eritrocitos; y con ello, se desencadena la susceptibilidad de los eritrocitos a la hemólisis espontánea. El término medio de dicha reducción es de aproximadamente, de un 20%. Se vierte la hipótesis de que el abreviamiento de la vida celular se debía a pérdida de la integridad de la membrana producida por inhibición de la Na-K-ATP-asa (21). Y dicho acortamiento no necesariamente va acompañado de anemia, y la correlación entre la hemoglobina sanguínea y el tiempo de vida no fue buena en este estudio.

Los niños (7, 10, 22, 25, 31), parecen ser más susceptibles a los efectos anémicos del plomo que los adultos, sin embargo las limitaciones que hay que tomar en cuenta para la explicación de éste fenómeno, estriba en tomar en cuenta muchas variables independientes de la intoxicación por plomo; como pueden ser las diferentes formas de nutrición dentro de la población infantil.

## SISTEMA NERVIOSO

## SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

Los efectos de los compuestos inorgánicos del plomo varían según la intensidad y duración de la exposición. Los efectos del plomo sobre el encéfalo están mucho más frecuentemente asociados con el saturnismo infantil que con la intoxicación observada en los adultos. En la exposición crónica pueden haber efectos que se catalogan como encefalopatía saturnina. Las características más importantes son el embotamiento, desazón, cefalalgias irritabilidad, temblor muscular, alucinaciones y pérdida de la memoria y de la capacidad de concentración. Estos signos y síntomas pueden culminar en delirio, manía, convulsiones, parálisis y coma (4, 13, 19, 20, 37).

Las lesiones encefálicas en los casos mortales de intoxicación plúmbica son edema cerebral y alteraciones de los vasos sanguíneos cerebrales. Se obliteran las convoluciones normales de los hemisferios cerebrales. Se engrosan las células endoteliales de los capilares. Son frecuentes la extravasación de los glóbulos rojos y la hemorragia perivascular; la pérdida de neuronas en islotes, el exudado seroso, la proliferación glial y zonas esporá-

dicas de desmielinización son características de la intoxicación plúmbica.

Los episodios graves y retirados de intoxicación pueden tener secuelas graves y parecen producirse con más frecuencia en niños pequeños más que en adultos. Las secuelas más graves son atrofia cortical, hidrocefalia, ataques convulsivos e idiocia. Otras pueden ser problemas de concentración y en el aprendizaje.

Muchos de los niños (26) que viven en medios muy contaminados pueden estar sufriendo de lesiones sutiles sin presentar nunca encefalopatía saturnina (36). La asociación de los niveles sanguíneos del plomo y sus efectos en cefálicos, no es muy alentadora.

Esto es, podemos tener valores bajos de plomo en el momento de la determinación, y no tomar en cuenta que los efectos neurológicos del plomo son siempre a largo plazo (27).

Se (8) encontró niños con hiperactividad, y que mostraban concentraciones de plomo normales en sangre, pero que excretaban cantidades anormales de plomo por orina, cuando eran tratados con penicilamina. Pero en definitiva

va, éste estudio no es concluyente, ya que se menciona que los factores sociales muchas veces condicionan más un comportamiento que las cifras de plomo. Así mismo se han -- llevado a cabo estudios con test psicológicos, para demostrar la relación entre la personalidad y el plomo, pero -- desgraciadamente todos ellos o la mayoría tiene errores estadísticos y muchos otros no son tan representativos.

En cuanto a la intoxicación por derivados alquídicos - del plomo no existe la suficiente información entre las relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta, pero se sabe que dicha intoxicación va de una a diez semanas, y la recuperación reportada es satisfactoria entre los sobrevivientes, claro que también existen casos graves de convulsiones y coma. Los síntomas más comunmente mencionados son alucinaciones, ilusiones, cefalalgias, temblor, delirio, insomnio, y cambios de humor bruscos (28).

#### SISTEMA NERVIOSO PERIFERICO

Se manifiesta por debilidad de los músculos extensores (4, 13, 16, 17, 19, 20, 28, 37), principalmente aquellos - que se usan con más frecuencia, y aunque se afecta en mayor grado la función motriz, se han reportado casos de hiperesesia, analgesia y anestesia en las zonas afectadas.

Se añade a esto conducción nerviosa retardada, con aminora-  
miento de la velocidad de conducción motriz de las fibras  
más lentas de los nervios cubitales, con disminución del -  
número de unidades motrices en la contracción máxima y las  
fibrilaciones. Se han reportado resultados en los que a  
concentraciones superiores de 50 microgramos/100 ml de plo  
mo en sangre, se retarda la velocidad de conducción nervio  
sa.

#### SISTEMA RENAL

Se mencionan dos tipos de efectos, el primero es una -  
lesión tubular renal (1, 4, 13, 16, 17, 19, 20, 28, 37), -  
bien definida, caracterizada por aminoaciduria generaliza-  
da, hipofosfatemia con hiperfosfaturia relativa y glucosu-  
ria, que se ha presentado en niños con saturnismo clínico.  
Se caracteriza por una menor reabsorción tubular de gluco-  
sa y alfa-aminoácidos, reflejando una lesión tubular proxi-  
mal. El sistema de transporte de aminoácidos es probable-  
mente más sensible a la acción tóxica del plomo que los --  
sistemas de transporte de glucosa, y fosfato.

Se forman inclusiones intranucleares en las células --  
del riñón, en el túbulo proximal, las cuales están compues-  
tas de proteína y contienen una alta concentración de plo

mo. Su formación que es simulada con una dosis única de plomo es dependiente en novo de la síntesis protéica. - Se ha especulado que esto es un mecanismo de defensa donde el plomo es secuestrado en una forma relativamente no aprovechable.

La exposición prolongada de plomo se manifiesta a nivel renal por un síndrome de nefropatía crónica que se caracteriza por una retracción renal de desarrollo lento, -- con alteraciones ateroscleróticas, fibrosis intersticial, atrofia glomerular y degeneración hialina de los vasos. Culmina a menudo en una insuficiencia renal, observándose en aquellos trabajadores con exposición industrial, en bebedores de whisky contaminado con plomo y en aquellas personas que tuvieron un saturnismo clínico muy anterior. - En 1897 las defunciones por nefritis crónica en personas menores de 30 años eran mucho más frecuentes que en otras partes de Australia, y se vió que dichas personas tenían altas concentraciones de plomo en los huesos. Comprobándose que dicha población sufría de exposición crónica con plomo desde la infancia (22).

Una característica peculiar es su asociación con la gota. Dicha gota ha sido descrita desde la antigüedad - (16), y se tratará por separado más adelante. Pero se -

puede mencionar que aunque la excreción de ácido úrico depende en gran medida de la secreción tubular, no es seguro que ésta quede inhibida. De hecho (5, 26) sobre 13 casos de insuficiencia renal por nefropatía saturnina no se reveló alteración alguna con la secreción de ácido úrico se señala que la disminución observada en la eliminación de ácido úrico podía deberse a una mayor reabsorción tubular. - Niveles de plomo sanguíneos con valores de 70 microgramos/100 ml o más, pueden provocar nefropatía crónica irreversible; esto es, bajo una exposición prolongada al plomo - (19).

#### GASTROINTESTINAL

El cólico es un síntoma que se presenta incluso con niveles de exposición industrial bajos (6). Se informó que en trabajadores con cólicos y estreñimiento (34, 30), expuestos al plomo tenían niveles sanguíneos de plomo de 40 microgramos-80 microgramos/100 ml. Aunado a esto se ha encontrado asociado la elevación de coproporfirina urinaria, punteado basófilo excesivo, reticulocitosis y grados variables de anemia (35). En la intoxicación aguda produce un efecto astringente, sed y sabor metálico, vómito lechoso por el cloruro de plomo, diarrea y dolor abdominal intenso (12). En la intoxicación crónica por plomo

los síntomas integran un síndrome de intoxicación gastrointestinal, palidez, pulso duro y lento, más hipertensión; aspecto de vejez prematura, tono muscular disminuido, postura encorvada, ribete gingival de Burton, de color gris azulado, situado en la inserción de los dientes, a nivel de los caninos. La gingivitis y piorrea son frecuentes, con aliento fétido y glándulas salivales grandes y dolorosas; anorexia, cefalea y dolor abdominal paroxístico, donde los músculos abdominales se tornan rígidos, hiperestesia umbilical que puede durar horas o días y con constipación persistente. Estos dolores ceden con una fuerte -- compresión del abdomen. La hiperacidez gástrica es frecuente y parece predisponer a la úlcera gastroduodenal -- (1, 4, 13, 16, 17, 19, 20, 28, 37).

En cuanto a la función hepática, no se han hallado datos concluyentes de los efectos del plomo en el hígado, -- pero se encontró alteración de la función hepática en pacientes con saturnismo (12), y la lesión era más evidente en el saturnismo grave. Se registró un aumento del -- 11.5% en los valores de aspartato aminotransferasa (14), (más de 50 U/litro) en sujetos con plomo sanguíneo inferior a 70 microgramos/100 ml; y la correlación de los valores de TGOS y el plomo sanguíneo fue estadísticamente significativa.

## SISTEMA CARDIOVASCULAR

En condiciones de elevada exposición al plomo a largo plazo se han observado cambios arteroescleróticos en el riñón (1, 4, 13, 16, 17, 19, 20, 28, 37).

Se registró (18) un marcado aumento en la tasa de mortalidad cerebrovascular, en trabajadores muy expuestos al plomo, a principios de este siglo. No así con trabajadores de la época reciente (14). La hipertensión acompaña a las defunciones por enfermedades cerebrovasculares. - Así se estudiaron las incidencias de hipertensión en una población de 364 hombres con exposición industrial (19). - Los subdividieron en el "grupo de afectados por el plomo", y otros de "no afectados por el plomo", basados en las --- pruebas de coproporfirinas urinarias; sin encontrarse en realidad evidencias significativas de ello, quizás a la divergencia en cuanto a la exposición del plomo en cada individuo. No se sabe con certeza si los efectos vasculares del plomo en el hombre son el resultado de una acción directa sobre los vasos sanguíneos, o si son consecutivos a los efectos renales. Sobre sus efectos cardiacos, aún son discutidos, ya que se ha encontrado la asociación con miocarditis y saturnismo. Y las anomalías electrocardiográficas desaparecieron con la terapia quelante, lo que -

hace pensar que tal vez el plomo sea el agente etiológico. Se han reportado casos de muertes infantiles con saturnismo debidas a una insuficiencia cardíaca, la cual fue la -- causa de la defunción.

Se encontró anomalías electrocardiográficas en pacientes con saturnismo. Y se informó que la excreción urinaria de plomo estaba en correlación con la duración de la - contracción sistólica y con la tensión isométrica. La movilización del plomo por el AEDT acentuó estos efectos sobre el corazón.

#### REPRODUCCION

Se estudió la capacidad reproductiva de 150 hombres - con exposición ocupacional (23). Los resultados indicaron que tanto el saturnismo como el aumento moderado de - absorción del plomo disminuían la fecundidad masculina. - Se observó una mayor tendencia hacia la astenospermia, hipospermia y teratospermia. No se demostró interferencia con el eje hipotálamo-hipofisiario, por lo tanto se pensó que dicha menor fecundidad era provocada por los efectos tóxicos del plomo sobre las gónadas.

En la bibliografía antigua se mencionan partos de fe-

tos muertos y partos distócicos (16, 30), con abortos espontáneos, entre las mujeres que trabajan en las industrias de plomo. Se señaló que las mujeres que trabajan en las industrias de plomo tenían una incidencia más elevada de disfunción ovulatoria; principalmente en ciclos anovulatorios y ciclos con anomalía de cuerpo lúteo (1, 2, 4, 11, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 28, 34, 37).

Se observó también la relación entre la AAL-U y la incidencia de ciclos anovulatorios. El efecto se manifestaba con valores de 8-10 mg de AAL/litro de orina (19).

Apenas se tienen vestigios de sí el plomo provoca teratogenicidad, sólo se ha reportado un caso de anomalías neuromusculares y falta de crecimiento en un niño que se han atribuido a saturnismo como resultado del consumo de whisky ilegal por la madre embarazada (5, 6, 11, 18, 24, 34, 36).

Se han registrado también aberraciones cromosómicas, que se han atribuido a valores correspondientes de plomo en sangre de 38-75 microgramos/100 ml (33). Estos estudios, algunos de ellos han sido realizados en cultivos linfocíticos pero parece ser que no está bien dilucidado el papel del plomo en dichas anomalías, debido a que

otros autores consideran que también, éstos mismos, se -- pueden provocar por efectos sinergistas con otros metales.

Lo mismo pasa con la carcinogenicidad, tampoco se han encontrado valores concluyentes hasta ahora, sólo algunas sugerencias al respecto.

#### ENDOCRINO

En los casos con saturnismo se han registrado deterioro de las funciones tiroidea y suprarrenal (21). El metabolismo del triptófano se ve perturbado por el plomo, se basa en la observación de que la excreción de ácido 5-hidroxindolacético aumentó en 227 niños (10, 14, 22), que residían cerca de fundición de plomo (2, 8, 15, 22, 23, 24, 27, 34). Pero desgraciadamente dichos resultados no son concluyentes, ya que más tarde se demostró que en un grupo de trabajadores con niveles elevados de plomo en sangre, la elevación no era tan significativa, (2).

El plomo no atraviesa normalmente la piel, salvo que ésta se encuentre lesionada, como por una abrasión por ejemplo.

Los compuestos de tetrametilo de plomo y alquílicos,

pueden pasar la piel intacta, y esto es importante para aquellas personas que manejan dichos productos, como en las mezclas de plomo y gasolina, lo cual se ha atribuido a una absorción dérmica que alcanza niveles semejantes a la toxicidad.

El promedio de la dosis dérmica letal del tetrametilo de plomo es de 700 mg/kg/Pb en conejos, aproximadamente la dosis letal oral.

Los proyectiles de plomo, perdigones, incluidos en la piel o en los músculos pueden causar envenenamiento a largo plazo, y en algunos casos la intoxicación puede llegar a ser de menos de un mes.

#### DISTRIBUCION

La acumulación del plomo comienza desde la vida fetal. Se transfiere con facilidad a partir de la placenta y su concentración en la sangre de los recién nacidos es similar a la de sus madres, lo que indica que existen procesos equilibradores entre la madre y el feto. El contenido total de plomo en el organismo puede llegar a más de 200 mg en hombres de 60-70 años, pero es menor en las mujeres (35). Del 94-95% del plomo total (carga --

corporal), se localiza en los huesos; y su concentración aumenta con el paso de la vida, lo que así no se observa en los tejidos blandos, y no se observa un cambio definitivo después del segundo decenio de edad. Lo mismo ocurre con la concentración de plomo en la sangre entera, y en el suero.

El hueso refleja la acumulación a largo plazo, mientras que en los tejidos blandos y líquidos orgánicos se equilibran con bastante celeridad, y en consecuencia, reflejan la concentración reciente y actual. No se sabe si la movilización del plomo sanguíneo proveniente de los huesos sea un mecanismo rápido de intoxicación, es decir; si la concentración del plomo en el hueso se podría movilizar para provocar los trastornos de la intoxicación aguda.

El plomo que circula en la sangre se encuentra en los eritrocitos y la concentración, en ellos; es 16 veces mayor que en el plasma. No se comprende bien la asociación de los eritrocitos con el plomo, pero se ha llegado a saber recientemente que se une con la hemoglobina y no con el estroma (21).

El plomo tiene una cinética de acumulación y desapa-

rición (33, 35). Se utilizó un marcador estable del -- plomo ( $^{204}\text{Pb}$ ). Con un insumo oral diario constante de -- éste isótopo, al cabo de 110 días se alcanza una concen-- tración constante del marcador en la sangre. Al supri-- mirlo de la dieta, la concentración del isótopo desapare-- ce en un período de semieliminación al cabo de 19 días.

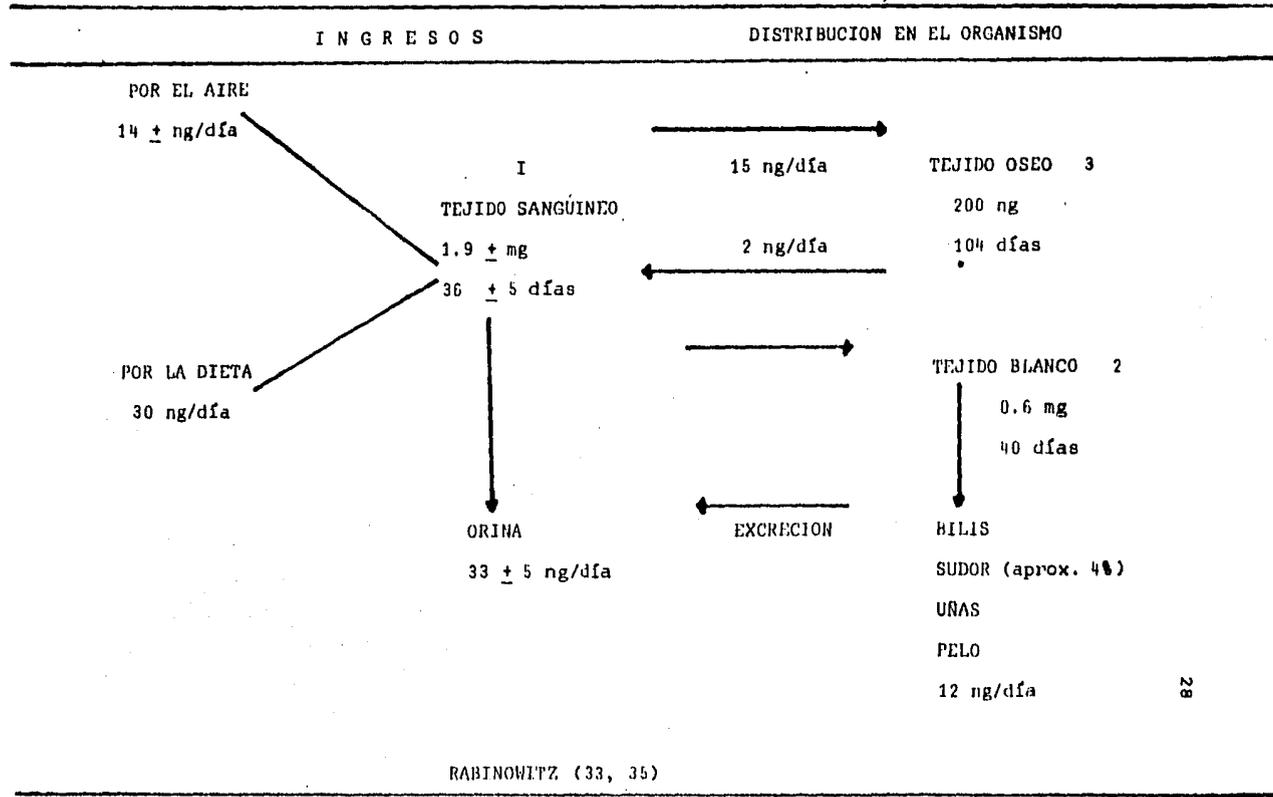
El tiempo necesario para que el plomo llegue a un ni-- vel estable que refleje en el medio ambiente esa concen-- tración, es de aproximadamente 60 días.

La carga corporal de plomo se incrementa desde el na-- cimiento hasta la vejez, y se acumula principalmente en -- los huesos.

En el organismo existe un compartimiento intercambia-- ble de plomo y otro que es la carga corporal total. La carga corporal intercambiable reside fundamentalmente -- (aparte de otros órganos); en la sangre, donde se mencio-- na que en general los niveles de plomo en ella, refleja la concentración en los órganos, y sus cambios relativos, también se relacionan con los niveles de concentración -- en los tejidos blandos.

Se han encontrado cuerpos de inclusión nuclear que --

contienen plomo, y con más frecuencia han aparecido en el riñón, lo mismo que en otros órganos. Parece ser que -- están relacionados con la exposición a corto plazo, más - que la de largo plazo.



La concentración del plomo en los dientes de leche, --- constituye una estructura de acumulación a largo plazo, -- tal como ocurre en los huesos. La dentina es muy útil, - ya que existe desde la erupción hasta la caída del diente. Se ha demostrado que la concentración de plomo en la dentina es más reducida en escolares suburbanos que en niños de zonas donde existe elevada exposición al plomo.

Otro parámetro de tomar en cuenta, es la concentración en el pelo, datos que se darán en los artículos que se reportan más adelante.

#### ELIMINACION

Se realiza por la orina y por el tracto gastrointestinal, y poco se sabe acerca del sudor, exfoliación y pérdida del cabello.

Se ha calculado la contribución de las diferentes vías de eliminación del plomo en el hombre (33, 35), y el estudio se refiere a un sólo individuo con exposición extraocupacional. Los datos fueron los siguientes:

ORINA ..... 38 microgramos

(76%)

SECRECIONES GASTROINTESTINALES . . . . .	8 microgramos
	(16%)
CABELLO, UÑAS, SUDOR, OTRAS VIAS . . . . .	4 microgramos
	(8%)

El mecanismo de la eliminación del plomo es básicamente por excreción urinaria del plomo, mediante la filtración glomerular.

No se ha determinado la forma del plomo que aparece en la orina, y un estudio sugiere que depende de que la concentración del plomo esté elevada o no; donde la exposición elevada da origen a una especie de quelato estable del plomo y se pueden observar inclusiones nucleares o complejos plomo-proteína urinaria.

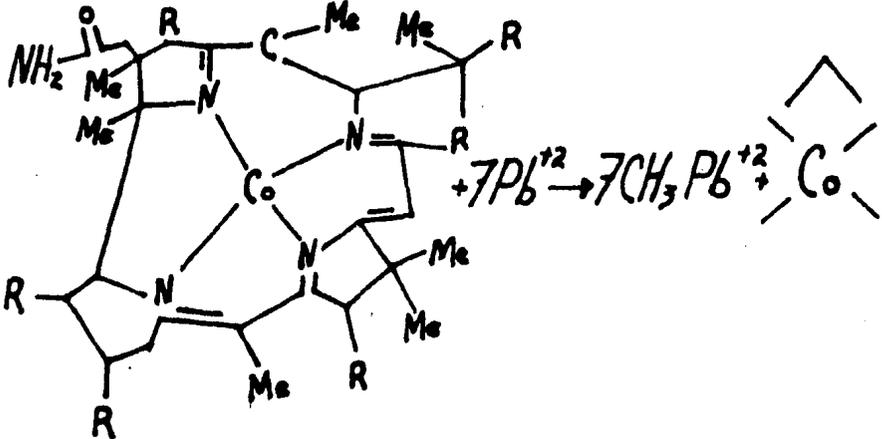
Como ya se dijo, la biología del plomo (valga la expresión), sigue patrones en que es difícil aceptar el plomo inorgánico, sin embargo, la ruta de aceptación puede ser facilitada al ingerir o tener contacto con plomo inorgánico (IV, II). Si el plomo en la naturaleza no se encuentra en forma de ion o en forma orgánica entonces sucede que bacterias (principalmente coliformes) que se encuentran en el medio pueden transformar el plomo basal en trimetilo de plomo, (en condiciones anaeróbicas): -

Que se detecta en faz gaseosa.

Sin embargo, cuando las condiciones anaeróbicas no --- existen, la producción de trimetilo de plomo puede hacerse tan sólo con la presencia de nitrato de plomo (la forma--- ción de compuestos orgánicos sólo ocurre con el plomo IV) y siendo que se encuentra fuera del cuerpo humano, e in--- clusive con sulfato de sodio.



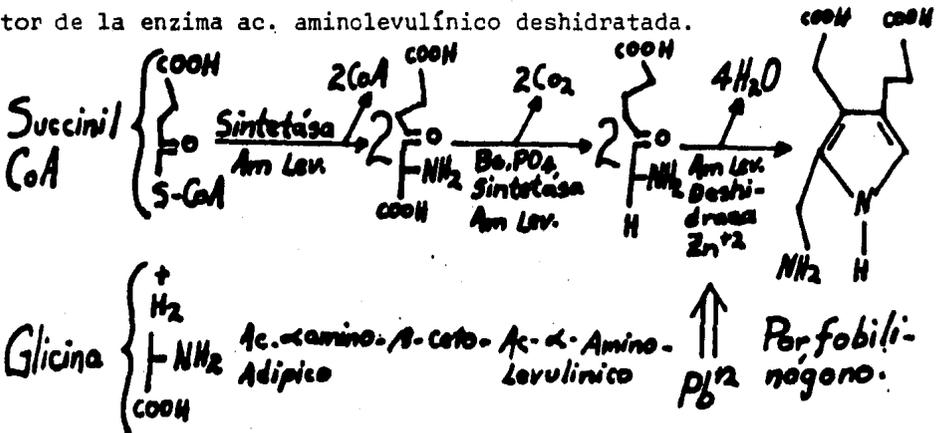
Ahora bien, este es un mecanismo por el cual el hom--- bre o los animales pueden ingerir el plomo, otra de las - formas es por la ingestión de vitamina B12 en los alimen--- tos (principalmente víceras de animales). Esta vitami--- na si el medio esta contaminado de plomo viene contamina--- da de plomo. Dado que en el músculo u órgano se ha for--- mado lo siguiente a partir de la vitamina B12.



Si el plomo se ha ingerido por vía oral, entonces pasa al intestino y estómago, en donde sufre la absorción y por el sistema porta llega a hígado en donde sufre las reacciones de biotransformación.

En el intestino puede sufrir la metilación antes mencionada (llevada a cabo por enterobacterias) y en hígado - puede acontecer lo mismo sufrir metilación o demetilación para el que ya viene metilado, dependiendo de las condiciones o también puede pasar a la sangre en forma que sea --- siempre y cuando se encuentre solubilizado y no en forma sólida.

Hasta ahora, la anemia puede aparecer como un síntoma dado que ya se explicó con la vitamina B12, sin embargo el plomo circulante puede (al encontrarse en hígado) interferir con la síntesis de porfirinas, dado que el plomo es - un inhibidor competitivo del Zinc, este último es un cofactor de la enzima ac. aminolevulínico deshidratada.



Por ende al interferir la síntesis de Porfobilinógeno, se aumentará la excreción del ac. aminolevulínico por orina (que en esta se basan otros medios de medición del plomo en la sangre y que sin embargo puede confundirse el resultado por una alteración a la enzima antes mencionada.

El proceso antes mencionado ocurre en las mitocondrias de los hepatocitos (las síntesis de ácido d-aminolev), y en el citosol ocurre la formación de las porficinas I y III (ésta última es la más importante en sistemas biológicos dado que de él se deriva el grupo hem y de los citocromos).

Pues bien, en el citosol, la formación de las porfirinas si es que se llevó a cabo ocurre pero de una manera trasgiversada esto es que el plomo es un inhibidor competitivo del  $Fe^3$ , entonces puede llegar a sustituir el plomo al hierro, presentándose entonces síntomas de anóxia, disnea, aumento de bilirrubinas conjugadas urobilina, policitemia e ictetricia, como ya se ha dicho el plomo en circulación puede llegar a almacenarse provocando con esto un desplazamiento de iones en el organismo y sucede así.

El plomo circulante (en forma de ion proveniente del hígado) llega a huesos y dientes, en donde existe una gran

concentración de fosfato de calcio e hidroxiapatía, una -- vez más el plomo es inhibidor competitivo del calcio y -- tiene una gran afinidad por los fosfatos (en donde se precipita o se une al hueso debido a que existe una mayor -- afinidad por los fosfatos, bastante mayor que el calcio) - lo mismo sucede con la hidroxiapatita.

En el caso de los dientes se une a la hidroxiapatita y a los fluoruros, por otra parte el plomo llega a fijarse en las lipoproteínas y proteínas del cuerpo, precisamente porque se une a los grupos -S- de la cisteína formando así un precipitado negro debido a esto se debe el color gris de las encías. Además una vez que el plomo se ha fijado es realmente difícil de excretar y sólo se logra cuando -- los cationes del cuerpo son eliminados, en esto se basa -- otro método de determinación indirecta del Pb sin embargo suele ocurrir se confunda con otra patología.

Una de las vías de eliminación es la orina (cuando -- existe exceso de plomo).

Otra de las vías de eliminación es que el plomo se -- une a compuestos biotransformables provenientes de los -- alimentos, entonces se excreta por heces, (aquí se da la mínima eliminación).

Otra de las vías de eliminación es que el Pb está incluido en el sudor (también es poca su eliminación por esta vía y se da siempre y cuando exista una gran cantidad de plomo en la sangre y en el organismo en general).

Otra es que se fija en los cabellos, dada que el cabello constantemente se renueva, es un método muy sencillo de eliminación en el cual el plomo se fija en el cabello en los grupos -S- de las proteínas que lo constituyen.

Sin embargo, en la eliminación por orina se puede dar una intoxicación renal, esto es que se da un daño renal al fijarse a las células que constituyen los tejidos de este sistema, por otra parte la gran eliminación de uroporfobilinógeno y sales, lo satura dando con esto una patología.

(Sucede esto en el tratamiento normal con EDTA a 1g/m<sup>2</sup>/día, en donde también se administran cationes para reemplazar los perdidos dándose una mayor síntesis de protoporfirina y por tanto una mayor excreción de uroporfirina, coproporfirina, uroporfirinógeno).

## INTOXICACION POR PLOMO

## TRATAMIENTO

(7,9,16,17,19,20,31,37)

Extráigase el veneno por lavados con agentes precipitantes y catárticos; administración de EDTA con objeto de formar un complejo plúmbico no ionizable y soluble que se pueda excretar por orina.

## A. Envenenamiento Agudo.

1. Lavado gástrico con solución diluida de sulfato de magnesio o de sodio con objeto de precipitar el plomo en forma de sulfato de plomo - si se ha ingerido.
2. Prescribir sulfato de magnesio o de sodio a dosis de 30 g en 200 ml (un vaso) de agua e iniciar diuresis con agua.
3. Administración de Dimercaprol (BAL) 4mg/Kg/IM c/4h/durante 30 días; los grupos S H captan el metal pesado.
4. Cuatro horas después de la primera dosis de

BAL, comenzar con el EDTA.

5. EDTA forma un complejo plúmbico soluble no ionizable que se excreta en orina. Administración continua IV (solución al 2%) o de manera intermitente IM (sol. 20% con 0.5% de procaina) para una dosis total de 10-75 mg/kg/24h/5-7 días. EDTA es nefrotóxico y no excede de 5g/24H. Es mal absorbido en el tubo digestivo, puede ser seguido de penicilamina, bucal (30-40 mg/kg/día), en dos dosis divididas por 3-6 meses hasta que la cifra en sangre descienda a bajo de 0.06 mg/100 ml.
6. Hemodiálisis en la función renal alterada.
7. Cuidar el edema cerebral, convulsiones e hipertermia.

#### B. Envenenamiento Crónico.

1. Evitar contagio con la fuente, y emplear series de EDTA en las complicaciones hemáticas de anemia, punteado basófilo y reticulocitosis.

## OBJETIVO

- a. Cuantificar la cantidad de plomo en cabellos, como una medida del efecto del medio ambiente en uno de sus principales contaminantes sobre el ser humano, teniendo dos muestras poblacionales en condiciones ambientales distintas (ciudad y campo).
  
- b. Contribuir a la formación de un acervo de datos de contaminación, por metales no bioinorgánicos en humano, por una técnica potente y a la vez sencilla, y que es relativamente de bajo costo.

## HIPOTESIS

Si la causa de que un individuo contenga niveles elevados de plomo en el organismo es debida al efecto de la contaminación ambiental; entonces, se espera obtener mediante el análisis de absorción atómica, una diferencia significativa en dos muestras poblacionales: Ciudad y Campo.

## EQUIPO Y MATERIALES

Aparato de absorción atómica "Varian Techtron AA6"

Balanza analítica "Mettler H-72"

Acido perclórico

Acido nítrico con 0.5 ppm/ml de Pb

Plomo granular "Baker Analyzed"

Agua destilada

2 Matraces Erlenmeyer de 250 ml/muestra

Matraces aforados de 1L, 500, 100 y 25 ml

Bipetas aforadas de 1, 2, 5, 3 ml

Agua destilada

Caja de cerillos "Clásicos"

Muestra de cabellos

## TRATAMIENTO DE LA MUESTRA

Después de muchos intentos, se llegó a dilucidar que el peso de una muestra de cabellos mínimos que diera lecturas correctas dentro de un buen margen de seguridad, - debería ser de 20 g. Ahora bien, es difícil que una -- persona permita le sean sustraídos esa cantidad de cabellos, ya que el volumen es grande. Por lo tanto, deci

di juntar el cabello de 5 personas a fin de tener los 20g de una muestra.

Dado que este estudio fue hecho en la ciudad de México y en el pueblo de San Bartolo Tutotepec, (Hidalgo), propiamente de la misma ciudad de México se tomaron treinta muestras de cada punto cardinal de esta (Norte, Sur, Este --- Oeste y Centro) que co-responde a 150 personas por zona - cardinal. En el caso del pueblo de San Bartolo Tutotepec sólo se tomaron 30 muestras (150 personas). (Se comprobó que este número de personas era más que suficiente mediante un análisis estadístico que se desarrolla más adelante).

Una vez, ya acariciado el tema de la estadística, se puede decir a este respecto, que se llevó un análisis estadístico para determinar el número de personas mínimo representativo de cada zona de la ciudad y el campo, además de otro análisis estadístico que nos conducía a pensar -- que el aparato estaba funcionando perfectamente, y un último análisis sobre los resultados obtenidos, con el objetivo de aceptar o desechar la hipótesis planteada.

Hablando específicamente sobre el tratamiento de la muestra, diré que se pesaron exactamente 20 g de cabello

previamente lavado con agua bidestilada y secado a 60'c. Luego se dirigiaron en 10 ml de  $\text{HNO}_3$ , y 2 ml de  $\text{HClO}_4$ , hasta la casi carbonización. A los restos de esta digestión, se les agregó agua bidestilada, se les filtró y la solución resultante se aforó a 10 ml. Esta fue leída en el aparato de absorción atómica y se apuntaron los resultados en ppm/20g de cabello, y con estos se realizó el análisis estadístico que ya se mencionó.

Para tener una idea sobre la magnitud de los resultados, se puede hacer la comparación sobre valores normales que ya se dieron en la introducción:

- a- Sangre: 12 ppm/100 ml.
- b- Excreción por orina: 11 ppm/día.
- c- Excreción por cabellos; uñas, sudor, bilis:  
4 ppm/día (en total).
- d- Acumulación en músculos blandos: 200 ppm.
- e- Acumulación en huesos en 104 días: 66.6 mg.

## DESARROLLO

### CALIBRACION DEL APARATO

Ante todo fue necesario determinarle al aparato de absorción atómica un control de calidad, con el fin de saber si el aparato funcionaba de una manera correcta.

Para ello se obtuvo una calibración del aparato con - estandares bien determinados en el laboratorio a las siguientes concentraciones 5, 10 y 20 ppm y sus respectivas absorvancias.

Una vez teniendo estas, (y a las cuales dió una grarica en línea recta), se realizó un "pool" o fondo común que estaba constituido por 25 muestras de material conteniendo plomo es solución (refiriendonos a material, que no -- fue más que el sobrante de cabellos y un poco de solución de plomo también sobrante).

A este fondo común (solución), se le realizaban a -- diario pruebas (medidas de absorvancia y concentración, - 5 días antes a la experimentación a la que concurre esta tesis).

Ahora bien la gráfica de control del aparato está definida por un intervalo de confianza ( $Z$ ), que es a libre albedrío y en este caso yo elegí un intervalo de confianza de 99.75% y por lo tanto correspondía en la tabla de distribución normal a 3.

En base a la bibliografía, el límite de confianza (en el cual se basa la gráfica del aparato) se encuentra definido por:

$$LC = \bar{X} - ZS$$

de donde

LC= Límite de confianza

Z= Número de la tabla de distribución normal que corresponde al intervalo de confianza

S= Desviación estandar

Los valores obtenidos en los días de medición fueron:

DIAS	SOL (ppm)
1	5.85
2	5.90
3	5.87
4	5.99
5	5.85

El promedio es de 5.892 y la desviación estandar es de 0.0584807, estando definida la desviación estandar por la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

S= Desviación estandar

$X_i$ = Muestra

$\bar{X}$ = Promedio total de muestras

n= Número de muestras

Así nuestro nivel de confianza queda definido y estandarizado según mi límite de confianza por:

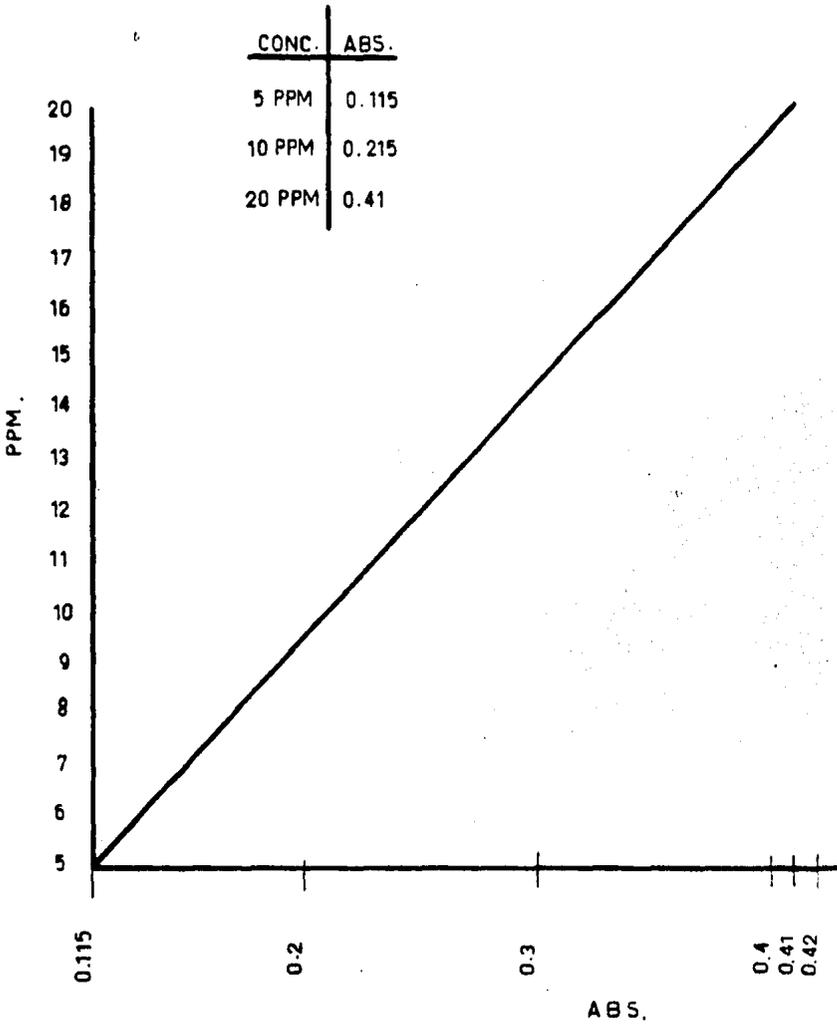
$$LC = 5.892 \pm 3(0.0584807)$$

$$LC = 5.71655 < 5,892 < 6.06744$$

(Ver la tabla titulada "Gráfica de Control del Aparato")

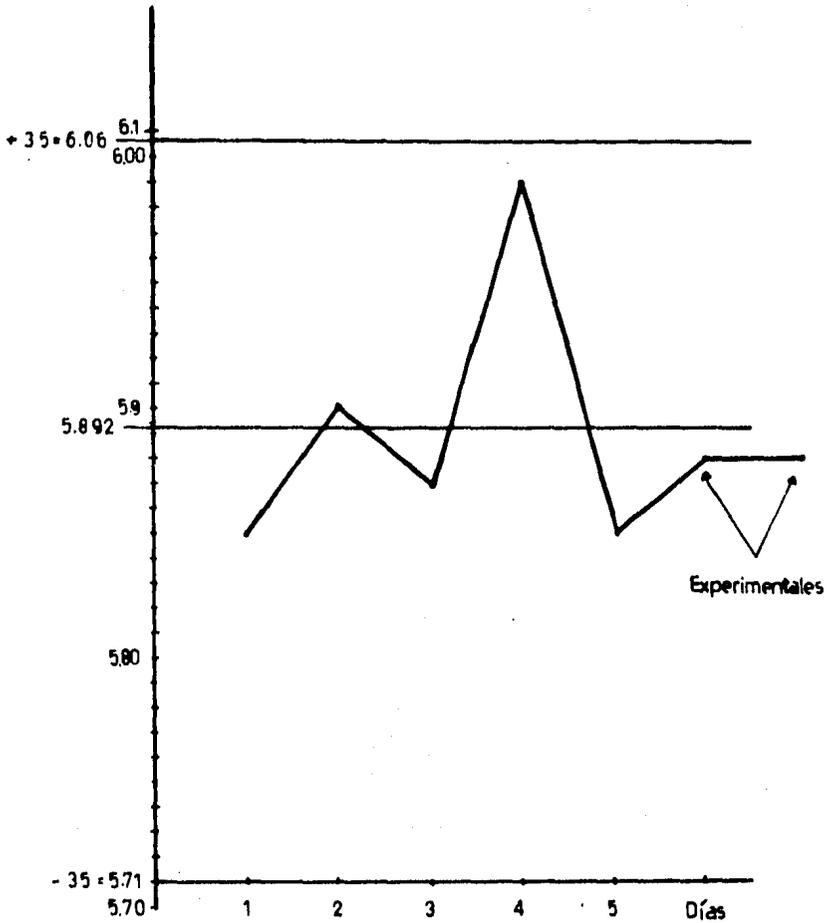
Lo cual nos demuestra que el aparato se encontraba -- funcionando bastante bien.

## GRAFICA DE PATRONES PARA CONTROL DE CALIDAD DEL APARATO



GRAFICA DE CONTROL DE APARATO DE ABSORCION ATOMICA

Días de Medición	PPM
1	5.85
2	5.9
3	5.87
4	5.99
5	5.85



## TOMA DE MUESTRAS

De cada población (norte, sur, este y oeste de la -- ciudad de México y del pueblo de San Bartolo Tutotepec, se hizo una recolección de muestras de cabello, que por zona ocupaban 150 personas de 19 a 25 años y cada toma fue aproximadamente de 10 g de cabello.

Parte experimental. Como antecedentes, quiero hacer mención de que la muestra anteriormente elegida sólo se hizo para obtener el número mínimo de la muestra para que esta fuera representativa de los 1'051,239 jóvenes\* que habíamos en 1980 el D. F.

Y además de la alta población de jóvenes que se encuentran en el pueblo de San Bartolo Tutotepec con aproximadamente 10,000 habitantes.

## ANALISIS ESTADISTICO

Para obtener el número mínimo de la muestra se pueden aplicar las siguientes fórmulas:

$$\bar{X} - E < \bar{M} < \bar{X} + E$$

Misma fórmula que se aplica a poblaciones grandes, en donde el promedio de la población ( $\bar{M}$ ),  $\bar{M}$  está en relación al promedio de la muestra ( $\bar{X}$ ) y a un error ( $\bar{E}$ )

Sin embargo, de error o variación, se puede desprender lo siguiente  $E=Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  de donde Z es el número que le corresponde a la tabla de intervalos de confianza y "E" es su "separación" del promedio, y dado que estas últimas, son una estimación propia, he decidido atribuirles el valor de:  $Z= 99.73 \%$  y por ende corresponde un valor de tablas =3.

$E= 0.05$

$n=$  Significa el tamaño del número de la muestra, que en este caso constituye nuestra interrogante.

$\sigma = \sigma =$  Es la desviación estandar cuya fórmula es:

De esta manera, para el caso del centro, la interrogante será definida por:

$$n = \left( \frac{Z}{E} \right)^2$$

Así los números mínimos de personas representativos -

Así los números mínimos de personas representativas -  
para un            de confianza para cada zona son:

Centro = 13.34	Sur = 9.31	Poniente = 22.65
Oriente = 11.16	Norte = 13.655	San Bartolo T. = 4.034

\* Censo hasta 1980 "México Demográfico" Breviario  
1980 - 1981 Consejo Nacional de Población (CONAPO)  
México.

## VALORES PARA CONTROL DE CALIDAD DEL APARATO

NOTA: El pool se hizo de 25 muestras de cada uno de los siguientes puntos cardinales de la ciudad de México: Norte, Sur, Este, Oeste; tomando 10 gr de cada una (de cabello 1) y aforando a 20 ml de agua destilada (por necesidades del aparato el Pool se aumento a 120 gr de cabello y aforándolo a 60 ml de agua destilada.

No. de Muestra	Abs	PPM de Pb/20 gr de Cabello	$X - \bar{X}$
1	0.138	5.9	0.0092
2	0.14	5.98	0.0892
3	0.138	5.9	0.0092
4	0.138	5.9	0.0092
5	0.133	5.68	0.2108
6	0.137	5.85	0.0408
7	0.142	6.07	0.1792
8	0.140	5.98	0.0892
9	0.137	5.85	0.0408
10	0.137	5.85	0.0408
11	0.138	5.9	0.0092
12	0.136	5.81	0.0808
13	0.139	5.941	0.0492
14	0.136	5.81	0.0808
15	0.140	5.98	0.0892
16	0.138	5.9	0.0092
17	0.139	5.94	0.0492
18	0.139	5.941	0.0492
19	0.140	5.98	0.0892
20	0.136	5.81	0.0808
21	0.137	5.85	0.0408
22	0.137	5.85	0.0408
23	0.137	5.85	0.0408
24	0.138	5.9	0.0092
25	0.137	5.85	0.0408

TABLA I  
ZONA CENTRO

No. de Muestra	Conc. (Ppm/20g de C)	$X_1 - \bar{X}$
1 *	8.6	0
2	8.55	0.05
3	8.6	0
4	8.6	0
5	8.7	0.1
6	8.5	0.1
7	8.7	0.1
8	8.6	0
9	8.55	0.05
10	8.65	0.05
11	8.7	0.1
12	8.6	0
13	8.6	0
14	8.6	0
15	8.7	0.1
16	8.5	0.1
17	8.6	0
18	8.55	0.05
19	8.6	0
20	8.5	0.1
21	8.6	0
22	8.7	0.1
23	8.65	0.05
24	8.6	0
25	8.55	0.05
26	8.6	0
27	8.6	0
28	8.65	0.05
29	8.7	0.1
30	8.6	0

$$\bar{X} = \frac{8.6 \text{ ppm} \times 10 \text{ ml}}{20 \text{ g de cabello}} = 4.3 \text{ ppm/g cabello}$$

NOTA: \* Cada Muestra incluye 5 gentes

TABLA II

## ORIENTE

No. de Muestra	Conc. (Ppm/20g de C)	$X_1 - \bar{X}$
1	8.5	0.1
2	8.35	0.05
3	8.4	0
4	8.3	0.1
5	8.4	0
6	8.4	0
7	8.4	0
8	8.4	0
9	8.5	0.1
10	8.4	0
11	8.3	0.1
12	8.4	0
13	8.4	0
14	8.4	0
15	8.35	0.05
16	8.4	0
17	8.55	0.15
18	8.4	0
19	8.4	0
20	8.3	0.1
21	8.4	0
22	8.3	0.1
23	8.4	0
24	8.4	0
25	8.4	0
26	8.4	0
27	8.35	0.05
28	8.4	0
29	8.4	0
30	8.4	0

$$\bar{X} = \frac{8.4 \text{ ppm} \times 10 \text{ ml}}{20 \text{ g de cabello}} = 4.2 \text{ ppm/g cabello}$$

TABLA III  
SUR

No. de Muestra	Conc. (Ppm/20g de C)	$X_1 - \bar{X}$
1	8.2	0.1
2	8.25	0.05
3	8.2	0.1
4	8.25	0.05
5	8.4	0.1
6	8.3	0
7	8.35	0.05
8	8.4	0.1
9	8.3	0
10	8.3	0
11	8.3	0
12	8.3	0
13	8.3	0
14	8.35	0.05
15	8.35	0.05
16	8.3	0
17	8.35	0.05
18	8.3	0
19	8.3	0
20	8.3	0
21	8.35	0.05
22	8.3	0
23	8.2	0.1
24	8.3	0
25	8.35	0.05
26	8.3	0
27	8.3	0
28	8.3	0
29	8.35	0.05
30	8.35	0.05

$$\bar{X} = \frac{8.3 \text{ ppm} \times 10 \text{ ml}}{20 \text{ g de cabello}} = 4.15 \text{ ppm/g cabello}$$

TABLA IV

## NORTE

No. de Muestra	Conc. (Ppm/20g de C)	$X_1 - \bar{X}$
1	8.3	0.1
2	8.5	0.1
3	8.35	0.05
4	8.45	0.05
5	8.45	0.05
6	8.3	0.1
7	8.4	0
8	8.4	0
9	8.4	0
10	8.4	0
11	8.3	0.1
12	8.4	0
13	8.4	0
14	8.4	0
15	8.4	0
16	8.3	0.1
17	8.4	0
18	8.35	0.05
19	8.4	0
20	8.4	0
21	8.6	0.2
22	8.4	0
23	8.4	0
24	8.4	0
25	8.4	0
26	8.3	0.1
27	8.4	0
28	8.4	0
29	8.4	0
30	8.4	0

$$\bar{X} = \frac{8.4 \text{ ppm} \times 10 \text{ ml}}{20 \text{ g de cabello}} = 4.2 \text{ ppm/g cabello}$$

TABLA V  
PONIENTE

No. de Muestra	Conc. (Ppm/20g de C)	$X_1 - \bar{X}$
1	8.15	0.05
2	8.1	0
3	8.3	0.2
4	8.1	0
5	8.3	0.2
6	8.1	0
7	8.0	0.2
8	8.1	0
9	8.0	0.1
10	8.0	0.1
11	8.0	0.1
12	8.1	0
13	8.1	0
14	8.1	0
15	8.15	0.05
16	8.1	0
17	8.15	0.05
18	8.2	0.1
19	8.15	0.05
20	8.1	0
21	8.1	0
22	8.15	0.05
23	8.1	0
24	8.3	0.2
25	8.1	0
26	8.1	0
27	8.1	0
28	8.1	0
29	8.1	0
30	8.1	0

$$\bar{X} = \frac{8.1 \text{ ppm} \times 10 \text{ ml}}{20 \text{ g de cabello}} = 4.05 \text{ ppm/g cabello}$$

TABLA VI  
SAN BARTOLO

No. de Muestra	Conc. (Ppm/20g de C)	$X_1 - \bar{X}$
1	7.25	0.05
2	7.3	0.
3	7.25	0.05
4	7.25	0.05
5	7.35	0.05
6	7.3	0.
7	7.3	0.
8	7.35	0.05
9	7.3	0.
10	7.3	0.
11	7.3	0.
12	7.3	0.
13	7.35	0.05
14	7.25	0.05
15	7.3	0.
16	7.3	0.
17	7.3	0.
18	7.25	0.05
19	7.3	0.
20	7.35	0.05
21	7.3	0.
22	7.25	0.05
23	7.35	0.05
24	7.3	0.
25	7.3	0.
26	7.3	0.
27	7.3	0.
28	7.25	0.05
29	7.3	0.
30	7.25	0.05

$$\bar{X} = \frac{7.3 \text{ ppm} \times 10 \text{ ml}}{20 \text{ g de cabello}} = 3.65 \text{ ppm} / \text{g cabello}$$

## CONTINUACION ANALISIS ESTADISTICO

Dado que se necesitan 13 personas cuando más como una muestra representativa, podemos elegir de cada una de las - tablas sólo 5 muestras para realizar un análisis de "Varianza" (38), con objeto de saber si realmente existe una diferencia significativa entre los valores encontrados de Pb en la ciudad de México y en San Bartolo Tutotepec. Por ende tenemos ahora los siguientes grupos (en ppm/20 gms. de caballo).

Centro	Oriente	Sur	Norte	Poniente	San Bartolo T.
8.6	8.5	8.3	8.3	8.15	7.25
8.55	8.35	8.3	8.5	8.1	7.3
8.6	8.4	8.3	8.35	8.3	7.25
8.6	8.3	8.25	8.45	8.1	7.25
8.7	8.4	8.4	8.45	8.3	7.35
<hr/>					
8.61	8.39	8.31	8.41	8.19	7.28
$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	$\bar{x}_3$	$\bar{x}_4$	$\bar{x}_5$	$\bar{x}_6$

b) Calculando la media de la muestra completa:

$$\bar{x} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \bar{x}_3 + \bar{x}_4 + \bar{x}_5 + \bar{x}_6}{n_x}$$

$$\bar{x} = \frac{8.61 + 8.39 + 8.31 + 8.41 + 8.19 + 7.28}{6} = 8.198$$

- c) Calculando la suma de los cuadrados correspondientes a las medias de los grupos:

$$q_1 = \sum_{i=1}^r n_i (\bar{x}_{i0} - \bar{x})^2 \quad \text{de donde } q_1 = \text{suma de los cuadrados.}$$

$r$  = número de grupos

$n_i$  = número de muestras de cada grupo.

$\bar{x}_i$  = media de cada una de las muestras.

$\bar{x}$  = gran media

---


$$q_1 = 5.53416$$


---

- d) Obteniendo la suma de los cuadrados dentro de los grupos:

(Que está dada por:)

$$q_2 = \sum_{i=1}^r \sum_{k=1}^{n_i} (x_{ik} - x_E)^2 \quad \text{de donde: } r = \text{número de grupos.}$$

$x_i$  = número de cada grupo

$x_{ik}$  = Valor de la muestra dentro de un grupo

$x_i$  = medias de cada una de las muestras

$$q_2 = \sum_{i=1}^6 \sum_{k=1}^5 (x_{ik} - x_i)^2$$

---


$$q_2 = 0.123$$


---

e) Comparando  $q_1$  con  $q_2$  mediante el cociente que nos indicará el análisis de la Varianza ( $v_0$ ):

$$v. = \frac{q_1 / (r-1)}{q_2 / (n-r)} \quad \text{de donde: } v_0 = \text{cociente que nos indica el análisis de Varianza.}$$

$q_1$  = suma de los cuadrados correspondientes a las medias de los grupos.

$q_2$  = suma de los cuadrados dentro de los grupos.

$r$  = número de los grupos.

$n$  = número de muestras de todos los grupos.

$$v. = \frac{q_1 / (6-1)}{q_2 / (30-6)} = \frac{q_1 / 5}{q_2 / 24} = \frac{5.53/5}{0.123/24} = v. = 215.80$$

f) Eligiendo el nivel de significación  $= \alpha = 5\%$

g) Determinando la solución "C" de la ecuación:

$$P(V \leq C) = 1 - \alpha$$

$$P(V \leq C) = 0.95$$

h) Teniendo  $r = 6$  y  $n = 30$ ;  $r - 1 = 5$  y  $n - r = 24$ , de la tabla 9a. del apéndice 4 de la referencia dada al pie de página vemos que la solución "C" es:

$$\text{Grados de Libertad} = (n_1 - m) = (24 - 5).$$

$$C = 2.62$$

v.  $> C = 215.80 > 2.62$  = indica que sí existe una diferencia entre los valores promedio de los niveles de plomo en el cabello.

#### ANALISIS DE VARIANZA SOLO PARA LA CIUDAD

Tomando los datos de la hoja 1 (sólo de la ciudad), -- se tiene:

b<sub>1</sub>) Media de la muestra completa: (Gran media).

$$\bar{x} = \frac{\bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4 \bar{x}_5}{n_x}$$

$$\bar{x} = 8.3816 \approx 8.382$$

c<sub>1</sub>) Calculando la suma de los cuadrados correspondientes a las medias de los grupos:

$$q_1 = \sum_{i=1}^r n_i (x_i - \bar{x})^2$$

$$q_1 = 0.4743$$

d<sub>1</sub>) Obteniendo la suma de los cuadrados dentro de -- los grupos:

$$q_2 = 0.115$$

- e<sub>1</sub>) Comparando q<sub>1</sub> con q<sub>2</sub> mediante el cociente que nos dictará el análisis de Varianza.

$$v. = \frac{q_1 / (r - 1)}{q_2 / (n - r)}$$

$$v. = \frac{q_1 / (5-1)}{q_2 / (25-5)} = \frac{q_1/4}{q_2/20}$$

$$v. = \frac{0.4743/4}{0.115/20} = \frac{0.1185}{0.0057} = 20.62$$

$$v. = 20.62$$

- f<sub>1</sub>) Eligiendo el nivel de significancia  $\alpha = 5\%$

- g<sub>1</sub>) Determinando la solución "C" de la ecuación:

$$P (V \leq C) = 1 - \alpha$$

$$P (V \leq C) = 0.95$$

- h<sub>1</sub>) Teniendo r = 5 y n = 25; r - 1 = 4 (m); y n - r = 20 (n), de la tabla 9a del apéndice 4 de la referencia dada al pie de la página vemos que la solución es "C"

$$C = 2.87$$

$$V C = 20.62 \quad C$$

ENTONCES: SOLO EN LA CIUDAD TAMBIEN EXISTE DIFERENCIA ENTRE LOS NIVELES PROMEDIO DE PLOMO EN CABELLOS.

DE LA MISMA MANERA, EN EL CASO DE TODA LA MUESTRA COMPLETA, SE TIENE :  $r = 6$ , POR LO TANTO  $m = 5$ ,  $N = 180$  Y POR TANTO  $n = 174$ ,  $v = 1.60$ , Y POR ENDE  $C = 2.26$ , SE INFIERE QUE EN LA MUESTRA COMPLETA NO EXISTE VARIACION DE LOS NIVELES DE PLOMO EN CABELLOS.

## DISCUSION:

Estadísticamente se infiere y se demostró que la hipótesis no fue la correcta, dado que el contenido de plomo - en cabellos entre las personas de la ciudad y el campo resultó ser el mismo en la muestra total. Y sin temor a -- equívocos, en el campo es debida la contaminación a la población medio ecológica propia e intrínseca de la zona, y en la ciudad es provocada por, tal vez, el amplio desarrollo industrial.

Esto último, (la contaminación de plomo en San Bartolo Tutotepec), motivó un estudio colateral cuyos datos no se reportan, y que sin embargo, se encuentran los siguientes signos y síntomas entre las personas de aquella población: Fatiga, paladas grisáceo, los maestros rurales señalan un bajo aprovechamiento de los niños en las aulas - (demuestran estos poca memoria y falta de capacidad de concentración), gran parte de la población anciana padece de problemas renales, orinas con diferentes colores a los normales, sabor metálico en la boca, palidez, diarreas, con - frecuentes dolores abdominales, anorexia. (Datos proporcionados por los mismos habitantes y por la Clínica de --- S.S.A., del pueblo más próximo: Tenango de Doria).

Los signos clínicos proporcionados por la misma S.S.A. sobre San Bartolo Tutotepec son:

Hemoglobina promedio = 10 en varones y 9.3 en mujeres en algunas muestras de sangre se determinó punteado basófilo, algunos síntomas de raquitismo, hiperbilirrubinemia -- (3mg/ml100 en promedio), orinas con mucho sedimento en cristales de fósforo y calcio cuyos datos pertenecen a solo 70 personas de la población. Presión arterial de 137.5 - siendo que el grueso de la población es delgada y con una frecuencia cardiaca promedio de 70 latidos por minuto.

Como se ve, estos signos y síntomas se correlacionan bien con un elevado contenido de plomo en el organismo -- aunado a una deficiencia alimentaria, que el mismo metal ha podido ser detectado en su excreción por el cabello.

La segunda etapa del estudio consistió en averiguar la fuente de esta contaminación, procediéndose con el análisis de agua que ingiere la población.

Y se encontró que el agua estaba contaminada por plomo (3.5 ppm) siendo que en la ciudad esta cifra no llega ni a 1 ppm. Ahondando en esta situación, se sabe que el agua de San Bartolo Tutotepec, proviene de una gruta y --

tal vez contenga yacimientos de plomo. Aceptado esto, por que como ya se dijo, este pueblo se encuentra en el Estado de Hidalgo (muy rico en minerales), y, valga la expresión, es un Estado muy metálico.

Pero a pesar de que el agua del pueblo está muy contaminada, los niveles de plomo en los habitantes de la ciudad de México son aún mayores (como se ve en los resultados). Que esto sirva a manera de reflexión.

Siguiendo con el análisis, estadísticamente se demostró una diferencia significativa de los niveles de plomo en los cabellos entre las muestras de la misma ciudad y el campo, y más aún, una diferencia, aunque no tan significativa, en lo que es la sola ciudad de México. Y esto sea, tal vez debida a la distribución de las personas en la zona -- conurbana, en donde se sigue la lógica relación de que en los lugares de menor densidad industrial y automovilística y más altos (zona poniente), se presenta una menor cantidad de plomo en cabellos que en los individuos del norte y centro de la ciudad de México.

Ahondando más sobre las fuentes posibles de plomo en la ciudad de México, podemos inferir que las verduras que comemos de alguna manera contienen plomo dado que son fu--

migadas con pesticidas para combatir las plagas, estos pesticidas-plaguicidas contienen arsenato de plomo. Las pinturas contienen como producto básico al óxido de plomo.

Las latas de conserva y las sartenes son soldados con plomo. Los barnices de los recipientes de cerámica contienen plomo. La industria automotriz está ampliamente saturada de plomo (en acumuladores, soldaduras, pinturas y accesorios), los carros mal afinados liberan el tetraetilo de plomo de la gasolina. Aún la gravedad del asunto se ve incrementada por el plomo de las tuberías por las que corre el agua. Además de que existen industrias no controladas e ilegales de estimulantes como el alcohol (específicamente de aguardiente), que llegan a los estratos más bajos de nuestra población y desgraciadamente contienen un alto contenido de plomo.

Sea tal vez por todo esto que en la ciudad los niveles de plomo son aún más alto que en esta zona específica del campo.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- ANNEST J., PIRDLE J. L., "Chronological trend in -- blood lead levels between 1976 - 1980", T. N. Engl. Jour, Med., Junio 9, 308, 23, 1373-7, 1983.
- 2.- Boletín de la OPS, "Concentración de plomo en san-- gre en niños de familias alfareras", Enero 9, I, - 33-39, 1982.
- 3.- BALL G., SORENSEN B. "Pathogenesis of hyperuricemia in saturnine gout", T.N., Engl, Jour. Med., Mayo 29 280, 22, 1199-1202, 1969.
- 4.- CASAREL, "Toxicology", 6, Ed. MCG, 1977.
- 5.- CAMPBELL B. C., ELLIOTT H. L., "Renal lead excre--- tion", Brit. Med. Jour, Agosto 27, 223, 1977.
- 6.- CAMPBELL B. C., MOORE M. R., GOLDBERG A. "Subclini- cal lead exposure: a possible cause of gout", --- Brit. Med. Jour, Nov. 19, 1403, 1978.
- 7.- CHILSON J. J., HARRISON H. E., "The treatment of acute lead encephalopathy in children"; Am., Jour.

- Dis. Children, Junio I, 2-19, 1956.
- 8.- DAVID O., CLARK J., VOELLER K., "Lead and hyperactivity", The Lancet Octubre 28, 900-903, 1972.
  - 9.- Diccionario de especialidades farmacéuticas, 29 Ed. Méx, 1981.
  - 10.- ELWOOD P.C., "Blood lead and petrol lead" Brit. -- Med. Jour., Mayo 7, 286, 1515, 1983.
  - 11.- ELWOOD P. C., "Changes in blood lead concentrations in women in wales 1972 - 1982", Brit. Med. Jour. Mayo 14, 286, 1553-1555, 1983.
  - 12.- ERNHART C.B., LANDA B., SCHELL N.B., "Subclinical levels of lead and development defici--A multiva--riate follow up reassessment". Pediatrics, Junio 67, 6, 911-918, 1981.
  - 13.- FARRERAS, "Medicina Interna", Tomo II, Ed. Marín, México 1978.
  - 14.- GLOAG D., "A cooler look at lead", Brit. Med. Jour. Mayo 7, 286, 1458-1495, 1983.

- 15.- GRANDJEAN P., ANDERSEN O. "Toxicity of lead additives" The Lancet, Agosto 7, 333-334, 1982.
- 16.- GOODMAN & GILMAN, "Bases farmacológicas de la terapéutica", 5ª Ed. Ed, Interamericana, pp: 1412, México 1980.
- 17.- HARRISWN, "Medicina Interna", Tomo I, II, 5ª Ed. - Prensa Médica Mexicana, 1980.
- 18.- JHONSON T., MATTUS G., "Contribution of lead to hypertension with renal impairment", T. New Eng. Jour. Med., Julio 7, 309, I, 17 - 20, 1983.
- 19.- KRPP "Manual d. Diagnóstico Clínico Integral", 6ª Ed, Ed. El Manual Moderno, México 1980.
- 20.- KRUPP & CHALTON, "Diagnóstico Clínico y Tratamiento", 17ª Ed., Ed. "El Manual Moderno", México 1982.
- 21.- KORAL I. FUKUMOTO K., HORIGUCHI S., "An increase in  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  - ATPase activity of erythrocyte membranes in workers employed in a lead refining factory" Brit. Jour. of Ind. Med., Nov. 27, 39, 290 - 294, 1982.

- 22.- LIN FU J. S. "Vulnerability of children to lead -- exposure and toxicity" The New Engl. Jour. of Med. (2 partes), Dic. 6, 289, 23, 1279 - 1232, 1973. -- Dic. 13, 289, 24, 1289 - 1293, 1973.
- 23.- LANDRIGAN P. G., STEPHEN M. D., GEHLBACH H., "Epidemic lead absorption near an ore smelter", The New Engl. Jour, of Med. Enero 16, 292, 123 - 129, 1975.
- 24.- MALAFFEY R. K., ANNEST L., ROBERTS J. "National - estimates of blood lead levels: United States, - 1976 - 1980", The New Engl. Jour., of Med. Sep. 2, 307, 10, 57- - 579, 1982.
- 25.- MILLAR J. A., CUMMING RLC. BALTISTINI V., CORNWELL F., GOLDBERG A. "Lead and deltaaminolevulinic acid dehydratase levels in mentally retarded children - and in lead-poisoned sucking rats", The Lancet, -- Oct. 3, 695 - 698, 1970.
- 26.- MOEL D., KUMAR K., "Reversible nephrotoxic reactions to a combined 2, 3-dimercapto-1-propanol, and calcium disodium ethylenediaminetetraacetic acid. regimen in asymptomatic children with elevated blood lead levels", Pediatrics 70, 259 -267, 1980.

- 27.- NEEDLEMAN H., GUNNOE C., LEWTON A., "Deficits in -  
psychologic and classroom performance of children  
with elevated dentine lead levels" The new Brit. --  
Jour. of Med., Marzo 29, 300, 13, 689 - 695, 1979.
- 28.- NELSON "Tratado de Pediatría", Tomos I, II, Ed, Sal  
vat, México 1980.
- 29.- NICULESCU T., DUMITRU R., ANDREW A., MANOLESCU N.,  
"Relationship between the lead concentration in hair  
and occupational exposure", Brit. Jour. of Ind. Med.  
Enero 27, 40, 60 - 70, 1983.
- 30.- NRIAGU J., "Saturnine gout among roman aristocra--  
tics. Did lead poisoning contribute to the fall  
of the empire", The New Engl. Jour. of Med., Marzo  
17, 308, II, 660 - 663, 1983.
- 31.- OPS, "Criterios de Salud Ambiental", Tomo II, pp:  
165, México 1979.
- 32.- POWELL H. MYERS R., "Changes in Schwann cells and  
vessels in lead neuropathy", Am. J. Pathology, --  
193 - 205, 1982.

- 33.- RABINOWITZ M., LEVITON A., NEEDLEMAN H., "Variability of blood lead concentrations during infancy", - Archives of Environmental Health, Marzo - Abril 39, 2, 74 - 77, 1984.
- 34.- RABINOWITZ M., NEEDLEMAN H., "Petrol lead sales and umbilical cord blood lead levels in Boston, Massachusetts", The Lancet, Enero I, 8, 63, 1983.
- 35.- RABINOWITZ M., WETHERILL G., "Magnitude of lead intake from respiration by normal man", J. Lab. -- Clin., Med., Agosto 10, 2, 238 - 248, 1977.
- 36.- WADMAN P., "Children and lead", The New Engl. J. - of Med., Sept. 2, 307, 10, 615 - 616, 1982.
- 37.- WALDOR F., "Poisoning", 4<sup>a</sup> Ed., Ed. MCG, 1976.
- 38.- KREYSIG E. "Introducción a la Estadística Matemática", Ed. Limusa, pp: 291 - 306, 1<sup>a</sup> Ed. México, - 1979.

## VOCABULARIO

- 1.- AAL Acido deltaaminolevulínico
- 2.- AALD Deltaaminolevulinato deshidratasa
- 3.- AALS Deltaaminolevulinato sintetasa
- 4.- CP Coproporfirinógeno
- 5.- EDTA Acido etilendiaminotetraacético
- 6.- g Gramo
- 7.- mg Miligramo
- 8.- ml Mililitro
- 9.- PP Protoporfirina
- 10.- PBG Porfobilinógeno
- 11.- ppm Partes por millón