

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA



**DETERMINACION DE ALGUNOS INDICADORES DE
ABSORCION DEL PLOMO EN UNA POBLACION NO
OCUPACIONALMENTE EXPUESTA**

T E S I S

María Concepción Hernández Serrano

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

1 9 8 2



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E G E N E R A L .

1 .0	Objetivos	1
	Introducción	
1.1	Plomo en el ambiente	2
1.2	Absorción, destino y eliminación del plomo	6
1.3	Toxicidad del plomo	12
1.4	Antecedentes en la Región Lagunera	15
2.0	MATERIAL Y METODOS	17
2.1	Encuesta	21
2.2	Material	22
2.3	Determinación de plomo en sangre	24
2.4	Determinación de plomo en orina	28
2.5	Determinación de plomo en cabello	30
2.6	Determinación del ácido delta amino levulínico urinario.	34
2.7	Análisis estadístico	39
3.0	RESULTADOS	40
3.1	Valores de plomo en sangre	40
3.2	Valores de plomo en orina	41
3.3	Valores de plomo en cabello	42
3.4	Valores de ácido delta amino levulínico urinario ..	43
3.5	Valor de las correlaciones entre los diversos in- dicadores estudiados	44

4.0	DISCUSION	62
4.1	Concentración de plomo en sangre	63
4.2	Plomo en orina	64
4.3	Plomo en cabello	65
4.4	Acido delta amino levulínico urinario	67
4.5	Interpretación de las correlaciones entre los diver sos indicadores estudiados	68
5.0	CONCLUSIONES	72
5.1	Proposiciones	74
6.0	BIBLIOGRAFIA	75

Lista de abreviaturas.

nm	nanómetro.
ug/l	microgramos / litro.
ppm	partes por millón.
ug/g	microgramos / gramo.
X	valor de la media.
s	desviación estandar.
n	número de elementos.
g.l.	grados de libertad.
t	"t" de Student.
r	coeficiente de correlación.
PbS	plomo en sangre.
PbU	plomo urinario.
PbP	plomo en pelo.
ALA ^U	ácido delta amino levulínico urinario.

1.0 OBJETIVOS.

- 1.- Se determinarán los valores de los indicadores biológicos de exposición al plomo más usuales: 1) Se determinará la concentración de plomo en sangre, orina y pelo. 2) Se determinará el efecto de este elemento sobre el metabolismo del grupo hemo, utilizando como parámetro la concentración del ácido delta amina levulínico en orina. Se estudiará una población homogénea no ocupacionalmente expuesta.
- 2.- Se calcularán las correlaciones existentes entre los valores de los diferentes indicadores de exposición al plomo.
- 3.- De acuerdo con los resultados obtenidos, se determinará cuál de los parámetros mencionados es el mejor indicador de exposición al plomo, considerando los siguientes factores: 1) exactitud, 2) precisión, 3) facilidad y rapidez de la técnica analítica empleada en la determinación, 4) facilidad en la obtención de la muestra biológica.
- 4.- Se evaluará, utilizando los indicadores mencionados, el grado de exposición al plomo en personas no ocupacionalmente expuestas en la región.

INTRODUCCION.

El plomo es un elemento cuya utilidad para el humano se remonta a por lo menos 5000 años (Barltrop, 1972). Desde la época del florecimiento de la cultura griega se relacionó con estados patológicos, y Nicandro hizo algunas descripciones de este padecimiento al que se le denominaba "plumbismo o saturnismo", (Chisolm, 1971).

Gilfillan, (1965), responsabiliza a este elemento de los frecuentes casos de Saturnismo que se presentaron entre los patricios romanos debido a la gran diversidad de usos domésticos que le designaron.

Con el progreso tecnológico la extracción de plomo de fuentes naturales fue cada vez mayor, y por su empleo uso se fue integrando al ambiente en cantidades progresivamente mayores, lo cual se evidenció al estudiar la acumulación de este metal en algunas capas de los hielos polares ya que llega a incrementarse hasta 400 veces la concentración a partir del inicio de la Revolución Industrial. A finales de la 2a. Guerra Mundial, hay un nuevo incremento de plomo en el ambiente atribuible ahora al empleo de derivados orgánicos usados en las gasolinas.

1.1 PLOMO EN EL AMBIENTE.

El plomo que actualmente se encuentra en el ambiente, puede provenir de diversas fuentes:

- 1.- Fuentes naturales.- Constituidas por plomo de origen natural, contenido en pequeñas cantidades en aire, agua y suelos.
- 2.- Fuentes antropogénicas.- Constituidas por plomo encontrado como contaminante producido por el hombre, el cual puede provenir de:
 - a.- Fuentes estacionarias: plomo usado en la producción de acumuladores, pigmentos, insecticidas, explosivos, mordientes, secantes de barnices, uso de tuberías de plomo para el transporte del agua, y en pinturas a base de este elemento.
 - b.- Fuentes móviles.- El uso de aditivos de plomo en gasolinas, ha producido un aumento de plomo en el aire, agua y suelos después de 1950, (U.S.E.P.A., 1977).

Plomo en el aire.

Varios estudios han demostrado que la principal fuente de plomo en el ambiente urbano, es el aerosol de plomo emitido por motores de vehículos que utilizan combustibles con agentes anti detonantes a base de alquilos de plomo. Este aerosol es una mezcla compleja de sulfato, carbonato, haluros y óxidos, puede tener una vida promedio de aproximadamente 3 horas dentro de la atmósfera de grandes ciudades, en las cuales el plomo es descargado, (Hammond, 1977). En la atmósfera, el plomo es emitido como vapor en forma de humo, niebla y polvo. Las neblinas son distribuidas como spray acuoso en el aire; los polvos son producidos por operaciones mecánicas tales como: trituración y pulverización, y son arrojados a la atmósfera por el equipo en el cual fueron producidos, por ejemplo: de tanques de procesamiento no tapados, material que no reaccionó completamente y de acumulación de basura.

Las investigaciones realizadas, indican que sólo una fracción de plomo que se halla suspendido en el aire precipita cerca de la fuente que lo ha producido, pues hay partículas con diámetros menores de 1 nm, y éstas pueden ser llevadas por el aire, y permanecer en él por distancias y períodos variables, dependiendo de la velocidad impartida en su producción, las corrientes de aire, y de sus propias características (tamaño, carga eléctrica, forma, densidad, etc.).

Varias investigaciones realizadas indican que la concentración de plomo atmosférico, es mayor en otoño que en invierno, en el día más que en la noche, y que los niveles de concentración varían semana a semana.

Cantidades de plomo que pueden ser toxicológicamente significativas, son producidas por la industria, la cual arroja el ambiente una serie de elementos, entre ellos el plomo, que pueden afectar a la población en general y más aún a aquellos individuos que se encuentren ocupacionalmente expuestos. (Kehoe, 1976)

Plomo en el agua.

El plomo es un elemento poco soluble en agua, y puede encontrarse formando partículas suspendidas, combinado con carbonato y sulfato principalmente. Su presencia es inevitable, aún en áreas primitivas, debido a la cantidad de plomo contenido en los suelos.

Aunque la solubilidad del plomo en agua es baja (aproximadamente 10 $\mu\text{g}/\text{l}$), un río puede estar contaminado por el proceso de flujo o agua desperdiciada por una mina o planta industrial,

o bien por la caída y lavado de aerosoles de plomo; explosivos y productos como pintura, que contribuyen a la contaminación del agua, la que en muchas ocasiones sirve como agua para uso público. (Hammond, 1977).

Plomo en suelos.

Las cantidades de plomo encontradas en la superficie de la tierra son generalmente pequeñas, se encuentran principalmente en forma de sulfatos, con un promedio de 16 ppm, aunque esta cantidad puede variar de lugar a lugar. (Waldron y Stöfen, 1974)

Plomo en vegetales.

La contaminación de los vegetales ocurre por lo general a partir del suelo. La disponibilidad del plomo para poder ser absorbido depende de diversos factores tales como:

- forma química del metal.
- tipo de suelo.
- pH y solubilidad.
- tipo de planta.

La contaminación foliar de cosechas alimenticias puede deberse: 1) a la retención de polvos solubles en la cutícula cerosa, seguida por captación foliar de sales solubles durante lluvias subsecuentes. 2) retención mecánica de sales insolubles en la superficie de la cutícula. 3) también puede ser causada

por la caída de alquilos de plomo descompuestos provenientes de la atmósfera, reteniéndose en este caso aproximadamente un 10% en el follaje y sólo un 1% en los frutos.

1.2 ABSORCION, DESTINO Y ELIMINACION DEL PLOMO.

El metabolismo del plomo se puede definir como un proceso fisiológico que relaciona la absorción, distribución, translocación, retención y eliminación del plomo, lo cual es descrito convenientemente por un modelo tricompartmental, en el que el primero de ellos, es decir, los eritrocitos circulantes, distribuyen plomo a los otros dos compartimentos: el segundo compartimento estaría formado por tejidos suaves tales como hígado y riñón, y el tercero por tejido duro como hueso.

Las principales rutas de entrada al organismo son: la ingesta respiratoria, vía aire ambiental, la ingesta de bebidas y alimentos por la vía oral, y en menor grado a través de la piel (Hammond, 1977).

Absorción.— Ha sido definida como aquel proceso mediante el cual un individuo adquiere plomo del ambiente a través de cualquier medio, y en cualquier etapa de su desarrollo.

La cantidad de plomo que es absorbida de fuentes ambientales, está determinada por la cantidad ingerida o inhalada, y por factores tales como: forma física y química del compuesto, el status nutricional y fisiológico del individuo, ocupación, ubicación del domicilio, edad, actividad metabólica, y previa

historia de exposición si ésta existe.

Absorción respiratoria.— Es difícil establecer el grado de absorción debido a la inhalación de plomo, ya que no hay uniformidad en los aerosoles, en cuanto a composición química y características aerodinámicas.

El plomo presente en el aire en forma de humos o polvos, es inhalado y llevado a los pulmones, y posteriormente es absorbido y pasa a la circulación sistémica.

Se ha demostrado que esta absorción es el resultado de la fagocitosis de plomo por leucocitos polimorfonucleares y otras células fagocíticas. Los compuestos de plomo que son solubles en lípidos, se absorben lentamente por difusión gradual a través del epitelio alveolo-pulmonar.

En estudios realizados por Kehoe (1961), se observó que la ingesta respiratoria tenía un rango de 5 a 50 μg Pb/día, — también se observó un aumento sustancial en la excreción fecal de plomo, cuando se inhalaban aerosoles de óxido de plomo con gran tamaño de partícula, pudiendo quedar atrapadas en la nasofaringe y posteriormente ser deglutidas.

Aproximadamente un 35% del plomo inhalado, es capaz de depositarse en las regiones profundas del pulmón. Este depósito puede variar de acuerdo al tamaño de la partícula. En el caso de partículas muy pequeñas (0.01 μm), el depósito ocurre — por difusión. Se ha observado que el material higroscópico se deposita en los pulmones en un gran porcentaje, debido a la presencia de agua tanto en el tracto respiratorio como en el aire que contiene, lo cual hace que las partículas aumenten su tamaño.

Absorción gastrointestinal.

La literatura indica que el porcentaje de absorción de plomo a través del tracto gastrointestinal, varía de acuerdo a la forma física de la dieta ingerida, obteniéndose un valor en bebidas, aproximadamente 5 a 8 veces mayor que para sólidos; también depende de las concentraciones de calcio y fosfato.

Tanto el plomo presente en el suelo como el que se pueda adquirir a partir de procesos tecnológicos condicionan la presencia de este metal en los alimentos.

Según Kehoe et al., (1961), en condiciones normales, no más del 5 a 10% del plomo ingerido es absorbido, encontrándose una mayor absorción en niños que en adultos.

El plomo absorbido en el tracto gastrointestinal pasa a la circulación portal, y es llevado al hígado, en donde puede tener los siguientes destinos:

- a.- Parte del plomo es almacenado en hígado.
- b.- Parte puede regresar al tracto gastrointestinal y ser excretado en la orina.
- c.- Puede pasar a la circulación general y ser almacenado en los tejidos, o ser excretado en la orina.

Con respecto a factores nutricionales, la concentración en los tejidos sufre aumento debido a una disminución en las cantidades de calcio y fosfato en la dieta. Se ha postulado que el calcio reduce la absorción del plomo por el intestino, ya que compite por los sitios de unión en las células de la mucosa (inhibición competitiva), sin embargo a niveles bajos de —

fierro, cobre, zinc, selenio y vitamina D, esta absorción aumenta.

Absorción a través de la piel.

Esta vía de absorción es importante sólo en el caso de compuestos orgánicos como alquilos y naftenatos, aunque también -- puede efectuarse en polvos finos de sales inorgánicas y óxidos de este metal.

Distribución del plomo.

Una vez que el plomo ha sido absorbido, se distribuye en el organismo en diferentes proporciones, de acuerdo a su afinidad por los diversos tejidos.

Puede permanecer en la sangre, o bien, distribuirse y depositarse preferentemente en tejido duro (hueso), o en menor -- proporción en tejidos suaves como son: hígado, riñón, uñas, pelo, músculo, aorta, etc.

En la sangre, el plomo presente está unido aproximadamente en un 95% a los eritrocitos o proteínas del plasma, manteniendo un equilibrio dinámico entre sí, y solo una pequeña parte se encuentra en la forma libre ionizada. Este porcentaje varía de acuerdo a la dosis y la temperatura.

El plomo se une a los lípidos y lipoproteínas de la membrana celular, formando un sol de fosfato de plomo peptizado , --

el cual se agrega para formar un mosaico en la superficie interna de la membrana.

Debido a la afinidad del plomo hacia los grupos -SH, especialmente ditiol, tiene lugar una reacción en la membrana de la siguiente manera:

- 1.- Rompimiento de la unión S-S
- 2.- Formación del complejo S-Pb
- 3.- Formación del complejo S-Pb-S

En el plasma, se une a las proteínas, formando complejos con S, O, N, o grupos donadores de electrones como -OH, -COOH, $-\text{PO}_3\text{H}_2$, -SH, -NH e Imidazol.

El plomo desaparece de la sangre a una velocidad que sigue una cinética de primer orden, y se postula que la liberación de este elemento de los eritrocitos puede ser muy lenta o suceder solo en caso de muerte celular.

Depósito del plomo.

El plomo tiende a depositarse principalmente en la matriz calcificada del esqueleto, aunque existen otros sitios toxicológicamente significativos.

En el equilibrio, más del 90% de la carga corporal de plomo se halla en el hueso (Hammond, 1969), en donde tiende a ocupar la posición del calcio, ocupando los intersticios en los cristales de apatita y la fase no cristalina de calcio y fosfato, constituyentes principales del hueso.

El plomo en hueso es removido a una velocidad baja, pero - constante, con un tiempo de vida media de 670 a 840 días, aun que existen circunstancias que hacen más rápida la liberación tales como: infecciones agudas o crónicas, disturbios en el balance ácido-base, fiebre, fracturas, e ingestión en exceso de alcohol (Cantarow y Trumpter, 1944). Se ha visto que la concentración de este elemento es mayor en hueso largo y con torneado, que en hueso plano, y mayor en los extremos que en la parte media. Esta concentración aumenta con la edad, en ambos sexos.

Los depósitos más importantes de plomo después del hueso son: hígado, riñón y músculo, aorta, páncreas, tráquea, laringe, pulmón y piel. Difunde del plasma al espacio extravascular y entra a las células; en hígado y riñón, parece estar fuertemente unido a la mitocondria. Las concentraciones más bajas se presentan en cerebro, útero, músculo estriado, tracto gastrointestinal, corazón, ovario, testículos, próstata, tiroideas, grasa y piel (Schroeder, 1961).

Excreción del plomo.

El plomo es eliminado del organismo por medio de la orina y las heces, y en cantidades más pequeñas en pelo, uñas, sudor y piel.

La excreción fecal es mayor que la urinaria (Kehoe, 1961) y representa el plomo ingerido que ha pasado sin absorberse en el intestino.

El sudor perceptible, contiene plomo en una concentración aproximadamente igual a la de orina.

La excreción intestinal se lleva a cabo por las heces, en donde el plomo no absorbido es proveniente de la bilis y jugo pancreático, o bien de la pared intestinal.

1.3 TOXICIDAD DEL PLOMO.

El plomo puede causar daño en diferentes órganos tales como el riñón, sistema circulatorio, médula ósea y sistema nervioso principalmente (Mayers, 1969).

Una elevada concentración en el organismo puede dar lugar a una intoxicación, la cual puede ser de dos tipos: a) metabólica, en la cual es posible detectar alteraciones en el metabolismo como resultado de la absorción de plomo y b) clínica, la cual es diagnosticada por síntomas y signos evidentes producidos por dicha absorción (Waldron y Stöfen, 1974).

Esta intoxicación da lugar a síndromes no específicos, incluyendo encefalopatía aguda y crónica, neuropatía periférica, nefropatía crónica y aguda, anemia, siendo la encefalopatía el efecto clínico más severo.

Comunmente se consideran 2 síndromes clínicos:

1.- Disturbios gastrointestinales, incluyendo: cólico, pérdida del apetito, constipación, sabor metálico, lasitud, debilidad general, insomnio, dolores musculares, dolor de cabeza, etc.

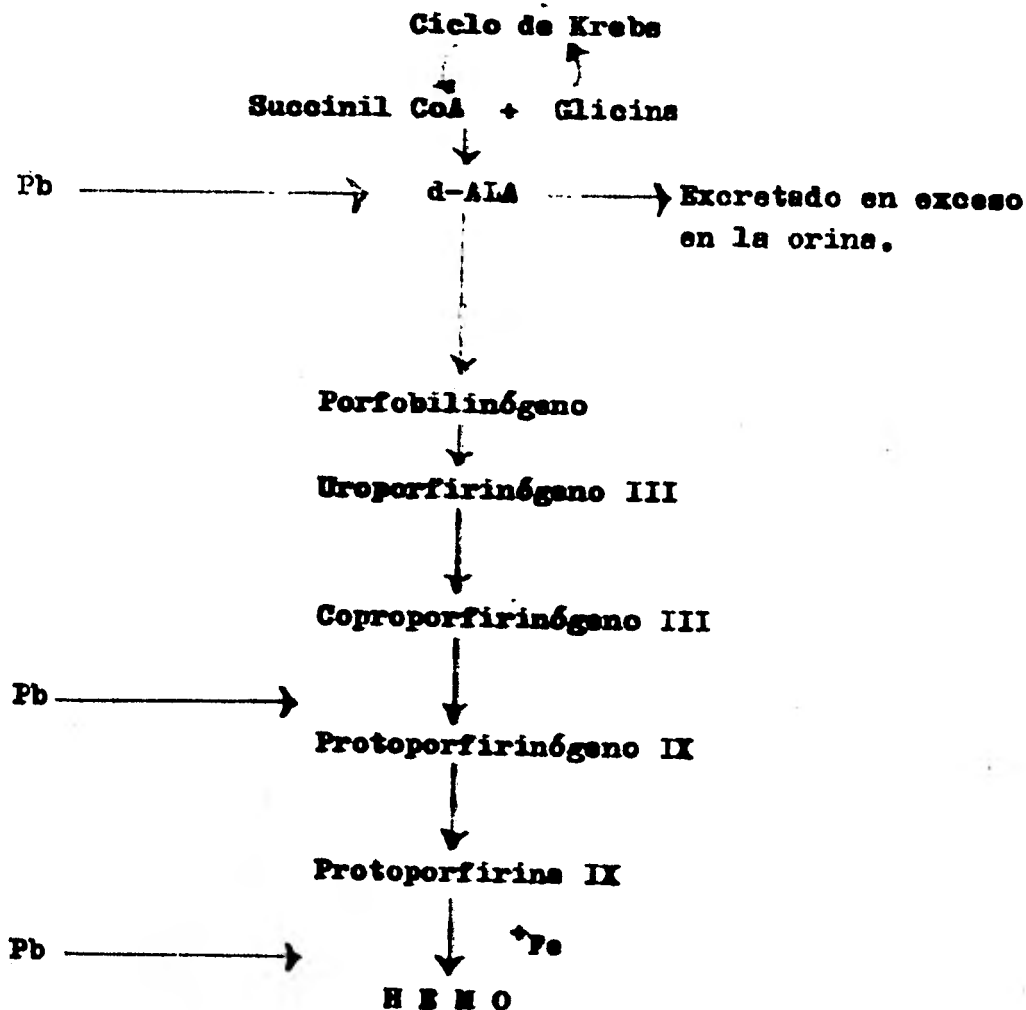
2.- Disturbios neuromusculares: debilidad o parálisis de los -- músculos, particularmente en las manos, reducción en la respuesta a la estimulación eléctrica, así como la sensibilidad térmica, táctil y vibratoria (Mayers, 1969).

Efectos del plomo sobre el metabolismo del grupo hemo.

El efecto más adverso del plomo es la inhibición de las -- enzimas que son dependientes de grupos -SH para su actividad , siendo la manifestación más clara la interferencia producida en la biosíntesis del grupo hemo. El plomo está implicado específicamente en el metabolismo del ácido delta amino levulínico y en la formación final de hemo a partir de Fe y protoporfirina , -- etapas mediadas por enzimas dependientes de grupos -SH (Chisola, 1971).

Esta interrupción en las vías metabólicas de la biosíntesis del grupo hemo, provoca una elevación en la concentración -- de los sustratos respectivos. Tal es el caso de la inhibición -- de la enzima ácido delta amino levulínico deshidratasa, que conduce a una elevación del ácido delta amino levulínico urinario (Hammond, 1977). El plomo interfiere en varios puntos de esta -- biosíntesis, siendo las 2 etapas más importantes afectadas, la condensación de dos moléculas de ácido delta amino levulínico -- para formar el anillo de porfobilinógeno (en la etapa catalizada por la enzima ácido delta amino levulínico deshidratasa) y la inserción de Fe en protoporfirina IX (catalizada por la ferroquelatasa) (U.S.E.P.A., 1977).

La biosíntesis del grupo hemo y los sitios de inhibición por plomo, se muestran en el siguiente esquema:



1.4 ANTECEDENTES EN LA REGION LAGUNERA.

La región de La Laguna se encuentra en el centro norte de la República Mexicana, entre los $103^{\circ}45'$ y los 102° de longitud oeste y entre los $25^{\circ}15'$ y los $26^{\circ}15'$ de latitud norte; comprende el noreste del estado de Durango y el suroeste del estado de Coahuila. Tiene un clima muy seco, templado la mayor parte del tiempo y con invierno benigno. La lluvia, deficiente en todas las estaciones, ha dado lugar a una vegetación característica del desierto (Albores et al, 1979).

En la ciudad de Torreón, Coah., en el lado sur de las colonias, como a 800 metros de distancia, comienza la sierra de las Noas, que actúa como un poderoso reflector del calor y los rayos solares. Aquí chocan los vientos dominantes del noreste, los cuales producen corrientes ascendentes que arrastran gran cantidad de polvo, o desvían el humo de las chimeneas de diversas industrias, provocando el descenso de gases sulfurados.

México hasta 1976 ocupó el primer lugar en la producción de plomo a nivel mundial, entre las industrias más importantes puede mencionarse, en la Región Lagunera a la compañía metalúrgica Peñoles, la cual tiene más de 60 años de establecida. Procesa 350,000 toneladas anuales de minerales ricos en plomo, azufre, cadmio, selenio, telio y otros; esta compañía está rodeada de toneladas de escoria y sus procesos industriales arrojan al aire toneladas de óxidos metálicos de la mayoría de las sustancias señaladas (Cantellano, 1964).

En un estudio realizado por la Dra. Lilia Albert en 1977, se determinó plomo en el cabello de niños de ambos sexos y con un rango de edad de 1 a 15 años que vivían en zonas urbanas, suburbanas y rurales del país. En el caso de la Región Lagunera, ésta se tomó en cuenta, principalmente, por la importancia de las actividades relacionadas con la extracción y beneficio de diversos minerales que existen en dicha zona.

Para el caso de Torreón, el valor medio de plomo en cabello encontrado fue de $55.1 \mu\text{g/g}$, el cual sobrepasa el límite considerado como "normal", con un rango de 5 a $220 \mu\text{g/g}$. Un 66,7% de las muestras tuvieron concentraciones de plomo superiores a $30 \mu\text{g/g}$, valor que de acuerdo con algunos investigadores indica una exposición excesiva de plomo.

Debido a los altos valores encontrados en esta región, se vio la conveniencia de llevar a cabo un estudio más amplio, en el cual, además de utilizar plomo en cabello, se emplearan otros indicadores de exposición al plomo para determinar con certeza el grado de exposición al plomo en la población.

2.0 MATERIAL Y METODOS.

Se determinaron los siguientes indicadores biológicos de exposición al plomo: plomo en sangre, plomo urinario, plomo en cabello y ácido delta amino levulínico urinario, en una población no ocupacionalmente expuesta. Se seleccionó una muestra de estudiantes de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Coahuila que cumpliera con las siguientes condiciones:

- 1.- Que todos sus integrantes fueran nacidos y residentes de la ciudad de Torreón, Coah., y que no tuvieran ausencias superiores a un año durante los 3 últimos años previos a este estudio.
- 2.- Que no estuviera, ni el participante ni sus parientes próximos o convivientes expuestos al plomo en forma ocupacional.
- 3.- Que habitaran la misma casa durante el último año previo al inicio de este estudio.
- 4.- Que no utilizaran loza de barro frecuentemente en la elaboración de sus alimentos.
- 5.- Que no utilizaran tintes para el cabello.
- 6.- Que sus condiciones socioeconómicas fueran semejantes.

El método para calcular el tamaño de la muestra al 95% de confianza se realizó de la siguiente manera: A partir de 20 individuos seleccionados al azar, se obtuvieron muestras de orina a las que se les determinó ácido deltaamino levulínico urinario (ALAU). Con estos datos se calcularon los estimadores estadísticos que sirvieron de base para determinar el número mínimo de sujetos a estudiar, que fue de 83, por lo que se aumentó a un total de 90; la selección se hizo utilizando el modelo de la urna. El método estadístico se desarrolla en seguida:

El tratamiento estadístico fue el siguiente:

$$\bar{X} = 3.77 \text{ mg ALAU/l}$$

$$s = 1.5387$$

$$n = 20$$

$$g.l. = 19$$

$$t = 0.975$$

$$t = \frac{(\bar{X} - \mu)}{s/\sqrt{n}}$$

$$t \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right) - \bar{X} - \mu - t \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right) \quad K_1 \quad K_2$$

$$\bar{X} - t_1 \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right) - \mu - t_2 \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right) + \bar{X}$$

$$(2.093) \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right) = K$$

$$\sqrt{n} = t_2 s / K \quad \dots \quad n = \frac{t_2^2 s^2}{K^2}$$

$$K_2 = 1$$

$$C.V. = \frac{s}{\bar{X}} = \frac{1.5387}{3.77} = 0.4$$

$$t_2 \frac{s}{\sqrt{n}} = K_2 = 1$$

$$t_2 s / \sqrt{n} = 1$$

$$\sqrt{n} = t_2 s; n = t_2^2 s^2$$

$$\text{Si } K_1 = 1$$

$$n = (2.093)^2 (1.5387)^2 = 4.38 + 2.3676 = 10.37$$

$$\text{Si } K_2 = 0.5$$

$$n = 10.37 \times 2 = 20.74$$

$$\bar{x} \pm t \sqrt{s^2/n}$$

$$\bar{x} - t \sqrt{s^2/n} - \mu - \bar{x} - t \sqrt{s^2/n}$$

Escogiendo t para 95%

$$t \sqrt{s^2/n} = t s / \sqrt{n}$$

$$2.093 \times 1.5387 / \sqrt{20} = 0.7201$$

$$3.77 + 0.7201 = 3.0499 - 4.4901$$

$$\bar{x} \pm z s / \sqrt{n}$$

$$3.77 \pm (1.96) \frac{(1.5387)}{20} = 3.77 \pm 0.6744$$

$$d = 4.4444 - 3.0956 = 1.3487$$

$$n = 5.002 \approx 6$$

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{s / \sqrt{n}}$$

$$K_1 = 1 \quad n = 10.37$$

$$K_2 = 0.5 \quad n = 20.74$$

$$K_3 = 0.25 \quad n = 41.48$$

$$K_4 = 0.125 \quad n = 83$$

Conclusión:

Para $K = 0.125$, se requiere como mínimo un total de 83 individuos para la muestra.

La muestra estuvo constituida por 90 individuos, con una edad promedio de 19.5 años, con un rango de 17 a 32. El 27.8% estuvo constituido por mujeres (n= 25) con una edad promedio de 19 años, y el 72.2% estuvo constituido por hombres (n= 65) con una edad promedio de 19.5 años.

2.1 ENCUESTA.

Se levantó una encuesta a cada uno de los integrantes de la muestra con los siguientes datos:

- 1.- Nombre completo del donante.
- 2.- Fecha de nacimiento.
- 3.- Edad.- Para dar homogeneidad a la muestra se estableció un determinado rango de edades.
- 4.- Número de miembros de la familia.
- 5.- Nombre, edad, ocupación y antigüedad en el trabajo actual de los integrantes de la familia. Fue necesario que ningún individuo tuviera antecedentes de exposición ocupacional al plomo.
- 6.- Domicilio actual y tiempo de residencia en el mismo. La distancia a la planta metalúrgica, puede considerarse como factor importante a discutir, de acuerdo a los valores obtenidos para cada uno de los indicadores de exposición al plomo. (Ordoñez, 1977). Esta fundidora podría ser una fuente importante de contaminación ambiental y podrían esperarse niveles mayores de absorción, en individuos residentes en las cercanías de esta compañía.
- 7.- Tipo de utensilios empleados en la cocina.- El uso frecuente de loza de barro, puede ser una fuente de contaminación por plomo (Molina-Ballesteros, 1977).
- 8.- Tipo de muestra y fecha de recolección.

2.2 MATERIAL.

a).- Equipo:

- Micropipeta de precisión marca Eppendorf
- Balanza granataria
- Balanza analítica Mettler H80
- Centrífuga
- Espectrofotómetro ZEISS modelo PM 2-DL
- Potenciómetro Beckman
- Agitador Vortex-Genie Mixer
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer, modelo 373
- Horno de Grafito Perkin Elmer HG-2200

b).- Material:

- Material de vidrio de uso común en el laboratorio
- Jeringas de plástico desechables de 10 ml
- Tubos de ensayo de vidrio con rosca y tapón de baquelita

c).- Reactivos y disolventes:

- Acetil acetona (2,4 pentanodiona)
- Buffer de acetato de sodio, pH= 4.6
- Reactivo II de Ehrlich
- Estándar de ácido delta amino levulínico (clorhidrato)
- HNO_3 al 10%
- CH_3COOH al 10%
- Resina aniónica AG 1-X8, 200 a 400 mallas (acetato iónico)
- Resina catiónica AG 50W-X2, 200 a 400 mallas (hidrógeno iónico)

- Acetato de sodio 1M
- Metil isobutil cetona (MIBK)
- Estandar de plomo granular (100.55%)
- Heparina de 5000 Unidades
- APDC (Pirrolidín ditiocarbamato de amonio)
- Tritón X-100
- HNO₃ 3N
- Acetona
- Extran neutro
- Eter etílico
- NaOH
- Ni(NO₃)₂

d).- Gases

- Acetileno
- Argón

2.3 DETERMINACION DE PLOMO EN SANGRE.

Método: Espectrofotometría de Absorción Atómica, usando el -
procedimiento de extracción con MIBK descrito por Ha
ssel, 1968 (con flama).

Extracción de la muestra:

La extracción de sangre se llevó a cabo en las mañanas estando el donador en ayuno. Se tomó una muestra de 5 ml de sangre venosa, la cual fue recolectada en tubos de ensayo - de vidrio con rosca, libres de plomo y con tapón de baquelita. Se adicionó 0.1 ml de solución de Heparina de 5000 U para evitar la coagulación.

Fundamento:

La muestra de sangre es hemolizada para liberar al plomo de los eritrocitos, por medio del detergente Tritón X-100, después se forma un complejo con APDC y posteriormente se extrae con metil isobutil cetona (MIBK).

Curva estandar de plomo:

- 1.- Se prepara una solución de plomo con una concentración de $8 \mu\text{g/ml}$.
- 2.- Preparación de la curva estandar:
 - a).- Se toman diferentes alícuotas de la solución de plomo de $8 \mu\text{g/ml}$ y se hacen las siguientes diluciones :

Tubo	agua destilada +	St. de Pb	Cono. Pb
1	10 ml	0.0 ml	0.0 $\mu\text{g}/100$ ml
2	10 "	0.05 "	10.0 "
3	10 "	0.10 "	20.0 "
4	10 "	0.20 "	40.0 "
5	10 "	0.40 "	80.0 "
6	10 "	0.60 "	120.0 "

- b).- Se añade 1 ml de solución de APDC al 2% preparada en Tritón X-100, y se agita vigorosamente, aproximadamente 1 minuto.
- c).- Se añaden 4 ml de MIBK saturada en agua destilada a cada uno de los tubos, se cierran y se agitan vigorosamente.
- d).- Centrifugar a 1000 rpm durante 20 minutos.
- e).- Aspirar directamente el sobrenadante orgánico y construir una gráfica de absorbancia en las ordenadas y concentración en las abscisas.
- f).- Ajustar la recta por el método de los mínimos cuadrados.

Preparación y análisis de la muestra.

- 1.- Con una jeringa desechable, extraer una muestra de sangre de 5 ml, y depositarla en un tubo con rosca y tapón conteniendo 0.1 ml de Heparina de 5000 U. Mezclar.

- 2.- A partir de este paso, se procede en igual forma que las etapas (b) a la (f) de la curva estandar.

Parámetros de operación.

Se usó el procedimiento de rutina para solventes orgánicos, según el Manual de operaciones Perkin Elmer, 1978.

Cálculos.

- 1.- Preparar la curva estandar, graficando las lecturas de absorbancia en las ordenadas y las concentraciones de plomo en las abscisas.
- 2.- Leer la concentración de plomo en las muestras de sangre directamente en $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$, usando la curva estandar.
- 3.- En cada serie de muestras, se hace una curva estandar con estándares preparados al mismo tiempo que se procesan las muestras.

CURVA ESTANDAR PARA PLOMO URINA

Abs.

0.04

0.08

0.08

0.01

10

20

30

40

50

60

70

80

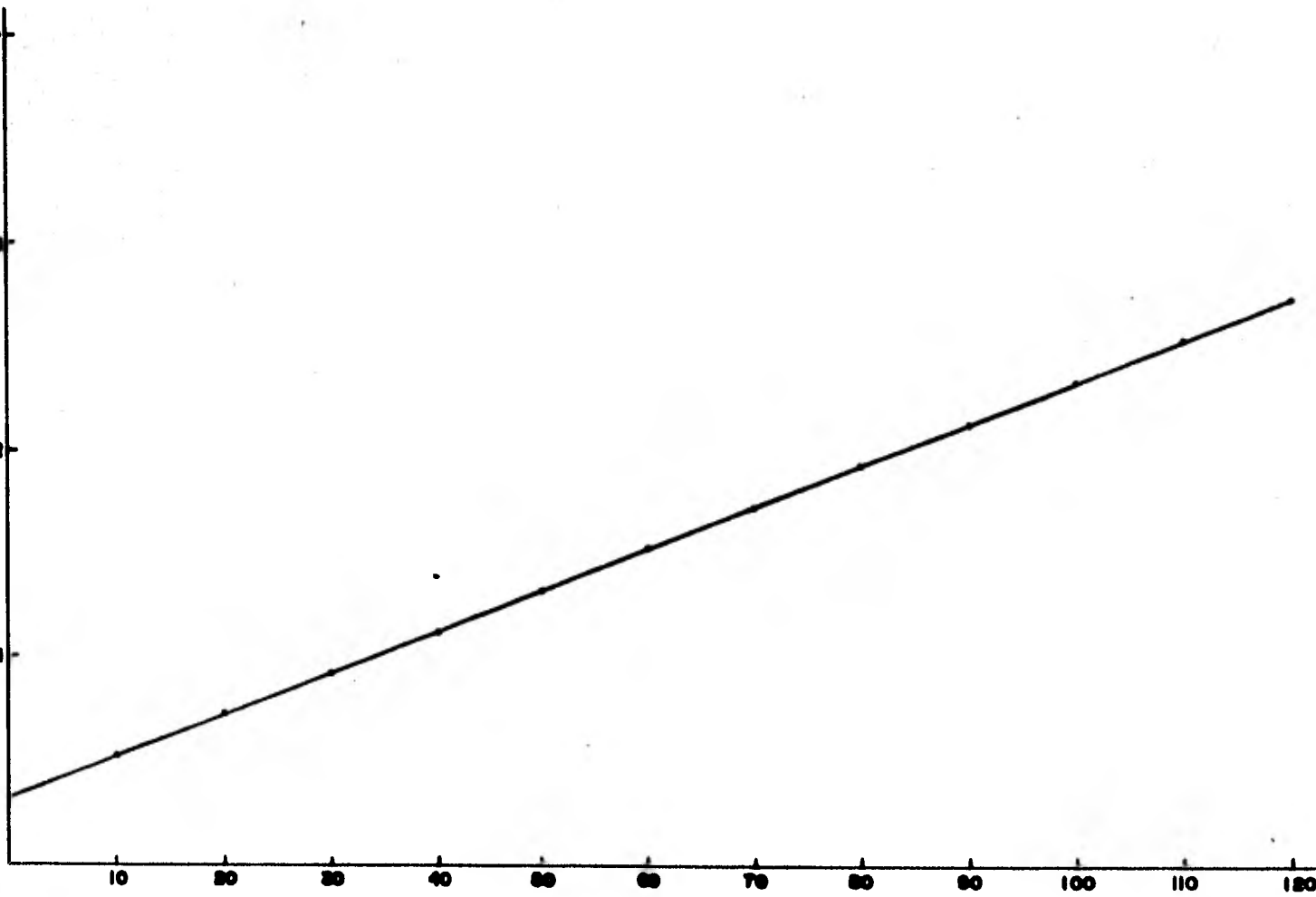
90

100

110

120

Concentraci3n Pb (ug/l)



2.4 DETERMINACION DE PLOMO EN ORINA.

Método: Espectrofotometría de Absorción Atómica usando el -
procedimiento de extracción con MIBK descrito por He
ssel, 1968.

Recolección de la muestra:

La muestra utilizada fue la misma que se empleó en la -
determinación de ácido delta amino levulínico. La orina fue
ajustada a pH de 5.5

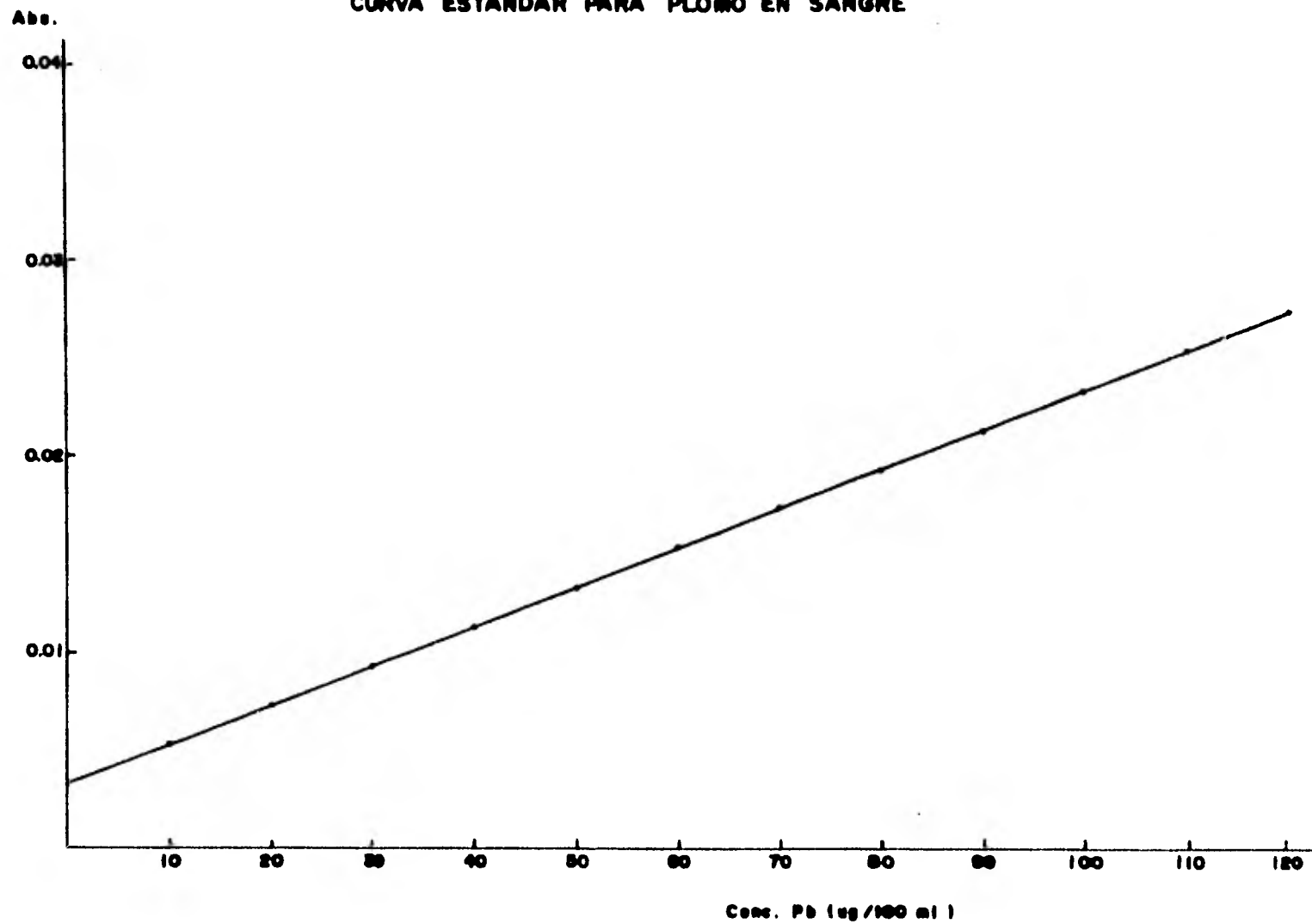
Técnica:

La determinación se lleva a cabo utilizando el mismo --
metodo de Hessel para plomo en sangre, con la única variante
de que se usa un volumen de orina de 10 ml.

Cálculos:

- 1.- Se prepara una curva estandar de la misma manera descri-
ta para plomo en sangre.
- 2.- Se lee la concentración de plomo en las muestras de ori-
na directamente en $\mu\text{g}/\text{l}$, usando la curva estandar.
- 3.- En cada serie de muestras, se hace una curva estandar.

CURVA ESTANDAR PARA PLOMO EN SANGRE



2.5 DETERMINACION DE PLOMO EN CABELLO.

Método: Espectrofotometría de Absorción Atómica sin flama
(Horno de Grafito Perkin Elmer modelo 2200).

Recolección de la muestra:

El cabello se recortó a nivel de cuero cabelludo y en seguida se guardó en bolsas de plástico hasta el momento de su análisis.

Curva estandar de plomo.

1.- Se prepara una solución estandar de plomo de 10 $\mu\text{g/ml}$.

2.- Preparación de la curva estandar:

a).- De la solución de plomo de 10 $\mu\text{g/ml}$, se toman alícuotas y se hace una serie de diluciones de la siguiente manera:

Tubo	$\mu\text{g/ml}$	ml St. Pb	HNO_3 10%	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	Vol
1	0.01	0.5	50	50	500
2	0.05	0.5	10	10	100
3	0.10	0.5	5	5	50
4	0.20	1.0	5	5	50
5	0.40	1.0	2.5	2.5	25
6	0.50	0.5	1.0	1.0	10
7	0.60	3.0	5.0	5.0	50
8	0.80	2.0	2.5	2.5	25
9	1.00	1.0	1.0	1.0	10

- b).- Se toma una alícuota de 20 μ l con una micropipeta de precisión y se introduce en el Horno de Grafito.
- c).- Se corre el programa de operación (secado, incinerado y atomización de la muestra) y se lee la altura de pico en forma de absorbancia.
- d).- Se construye una gráfica de altura de pico en las ordenadas y concentración de plomo en las abscisas.
- e).- Corregir por el método de los mínimos cuadrados.

Preparación y análisis de la muestra.

- 1.- El cabello se lava de acuerdo al procedimiento descrito por Sörenson, 1973.

La muestra se cubre con volúmenes de 250 ml de estereftílico en períodos de 10 minutos, agitando vigorosamente y desechando en cada ocasión el ester. En seguida se lava con una solución de extran al 10% y se agita por 10 minutos, enjugando con agua destilada y desionizada. Se seca con acetona y se almacena en bolsas de plástico hasta el momento de su análisis.

- 2.- Se pesan 200 mg de cabello en un tubo de 20X250, agregando 1 ml de HNO_3 concentrado, se digiere durante 60 minutos a calentamiento leve hasta obtener una disolución total, en seguida se deja enfriar y se translada a un matraz eforado de 10 ml, se le añaden 2 ml de NaOH al 25%, 1 ml de $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ al 1% y se afora.

3.- Se toma una alícuota de 20 μ l y se procede a la determinación de plomo de acuerdo a las condiciones óptimas encontradas para este elemento, en el Horno de Grafito.

Parámetros de operación.

Las condiciones de operación se llevaron a cabo de acuerdo al Manual de Operación para el Horno de Grafito Perkin Elmer.

Programa para la atomización de la muestra:

Secado: 120 °C/ 30 segundos.

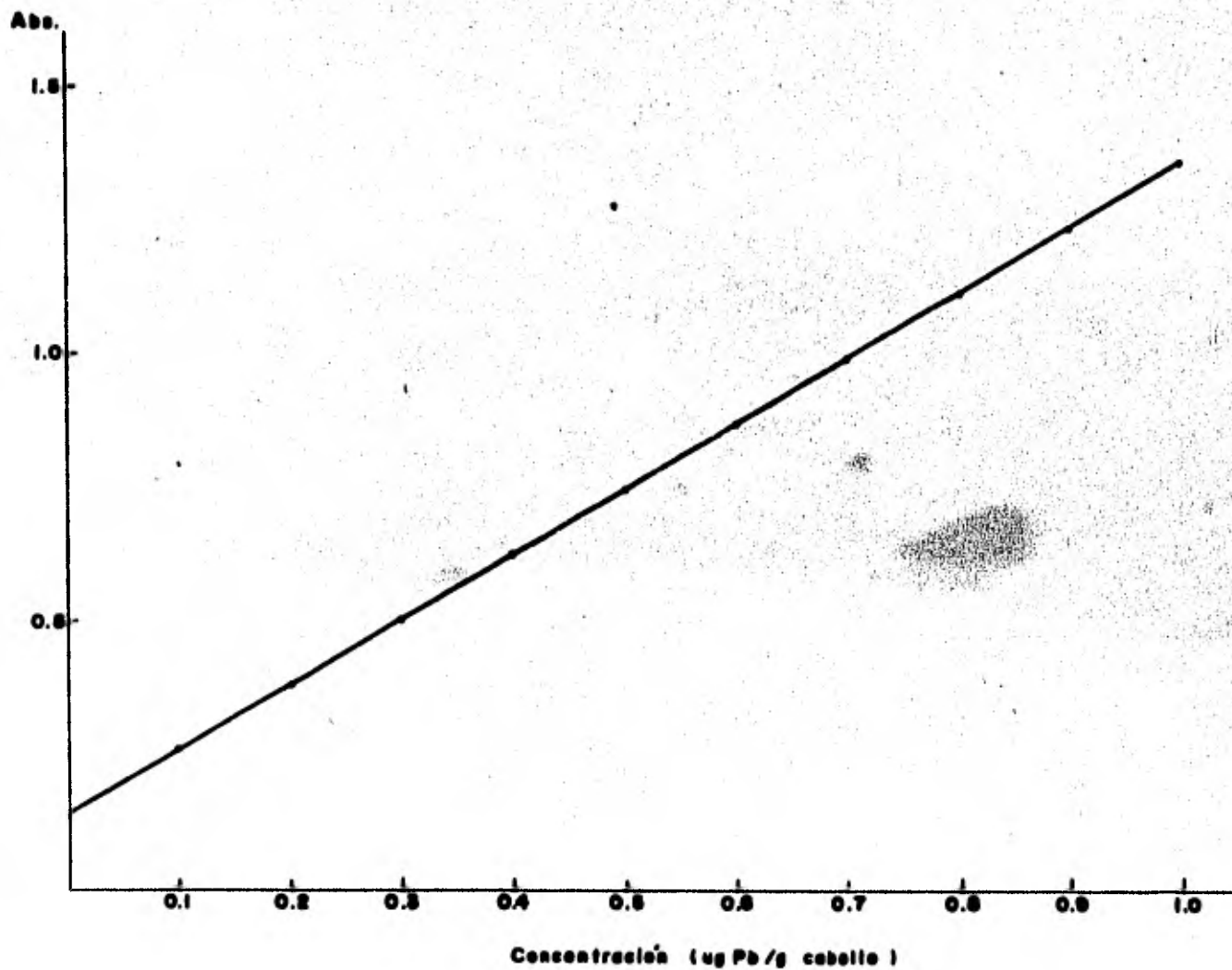
Reducción a cenizas: 1200 °C/ 20 segundos.

Atomización: 1800 °C/ 5 segundos

Cálculos.

- 1.- Preparar curva de calibración, graficando las lecturas de altura de pico de los estándares de plomo en las ordenadas y las concentraciones de plomo en las abscisas. Corregir por el método de los mínimos cuadrados.
- 2.- El número mínimo de aplicaciones de la muestra fue de 5 para obtener el punto promedio.
- 3.- Leer la concentración de plomo en cabello por interpolación de la curva de calibración.

CURVA ESTANDAR PARA PLOMO EN CABELLO



2.6 DETERMINACION DEL ACIDO DELTA AMINO LEVULINICO URINARIO.

Método: Cromatografía de Intercambio Iónico y Fotocolorimetría (Davis y Andelman, 1967).

Recolección de la muestra:

La orina de 24 horas fue recolectada en frascos de plástico previamente lavados con HNO_3 al 10% y enjuagados con agua destilada y desionizada. Posteriormente fue ajustada a pH de 4.5 con ácido acético al 10%.

Fundamento:

Este método está basado en la separación cromatográfica de diferentes componentes de la orina, utilizando resinas de intercambio iónico. El objetivo de esta separación es retirar aquellos compuestos que interfieren en la determinación colorimétrica del ácido delta amino levulínico urinario, tales como urea y porfobilinógeno.

La separación del ácido delta amino levulínico de la orina se lleva a cabo de la siguiente manera:

Se pasa la muestra a través de la resina aniónica, la cual permite al ácido y a la urea pasar a través de la columna, mientras que el porfobilinógeno es retenido por la resina.

El eluyente pasa a través de la resina aniónica, y en seguida pasa a la catiónica, en donde es retenido el ácido y deja pasar toda la urea. El ácido delta amino levulínico es retenido en la columna catiónica y posteriormente puede ser-

eluido y colectado para su análisis.

El ácido delta amino levulínico es condensado con un compuesto beta-dicarbamil como acetilacetona o acetacetato de etilo, para formar un derivado pirrol sustituido, el cual reacciona con el reactivo de Ehrlich formando un cromóforo iónico-intenso (Haeger-Aronsen, 1970).

Técnica:

I.- Preparación de las columnas:

En la parte inferior de la columna, se colocan dos discos de papel de filtración rápida, y se agrega una mezcla de la resina, considerando los siguientes datos:

Resina aniónica.- Para cada columna, se pesa 1 g de la resina y se le añaden 2.3 ml de agua destilada y desionizada.

Resina catiónica.- Para cada columna, se pesa 1.5 g de la resina y se le añaden 3.5 ml de agua destilada y desionizada.

II.- Separación de ácido delta amino levulínico.

- 1.- En un soporte, colocar, en la parte superior, la columna aniónica, y en la inferior, la catiónica.
- 2.- Lavar la columna superior con 8 ml de agua destilada, dejar que esta corra a la columna inferior.
- 3.- Aplicar 1 ml de orina ajustada a pH de 4.5, en la columna superior, dejar que esta corra a la columna inferior.
- 4.- Lavar la columna superior 3 veces con volúmenes de 8 ml de agua destilada cada vez, y dejar que corra a la columna inferior.
- 5.- Descartar la columna superior y colocar un tubo de ensayo en la columna inferior.

6.- Eluir el ácido delta amino levulínico de la columna inferior con 7 ml de acetato de sodio 1M y coleccionar para su análisis colorimétrico.

III.- Curva estándar de ácido delta amino levulínico.

1.- Se prepara una solución estándar de ácido delta amino levulínico (clorhidrato) de 10 $\mu\text{g/ml}$.

2.- Preparación de la curva estándar:

a).- Se toman diferentes alícuotas de la solución del estándar de ácido delta amino levulínico de 10 $\mu\text{g/ml}$. El procedimiento a seguir es el siguiente:

Tubo	St. ALA (10 $\mu\text{g/ml}$)	+ Acetilacetona	+ Buffer acetato pH= 4.6
1	0.1 ml	0.2 ml	9.7 ml
2	0.2 "	0.2 "	9.6 "
3	0.3 "	0.2 "	9.5 "
4	0.4 "	0.2 "	9.4 "
5	0.5 "	0.2 "	9.3 "
6	0.6 "	0.2 "	9.2 "
7	0.9 "	0.2 "	8.9 "
8	1.2 "	0.2 "	8.6 "
9	1.5 "	0.2 "	8.3 "
10	1.8 "	0.2 "	8.0 "
11	2.0 "	0.2 "	7.8 "

- b).- Poner cada tubo en un baño de agua hirviendo por 10 minutos y enfriar.
- c).- Tomar una alícuota de 2 ml y agregar 2 ml del reactivo de Ehrlich.
- d).- Leer la densidad óptica a 553 nm a los 15 minutos de haber agregado el reactivo de Ehrlich, en un fotocolorímetro. El desarrollo de un color rosado indica la presencia del ácido delta amino levulínico.

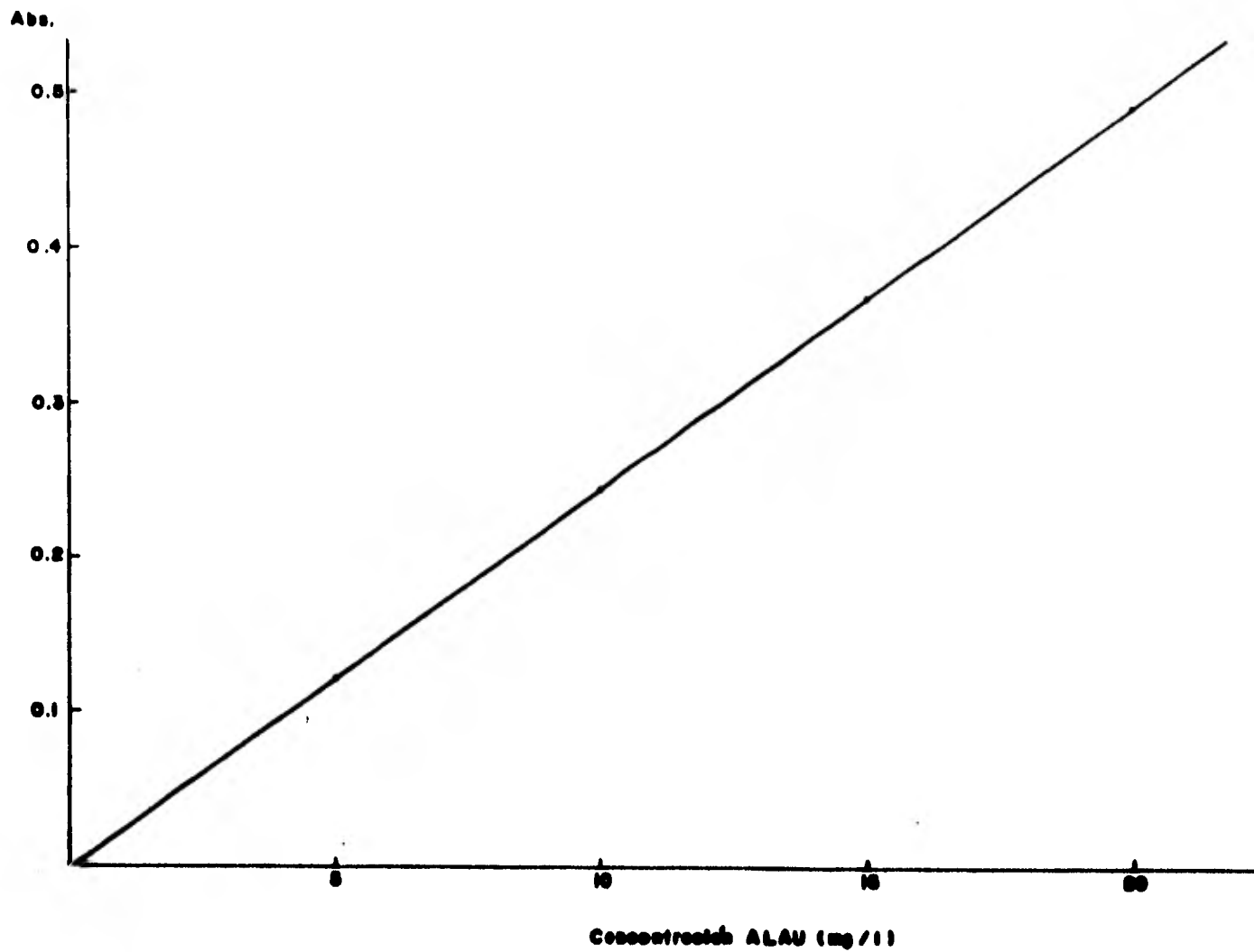
IV.- Preparación y análisis de la muestra:

- 1.- Agregar 0.2 ml de acetilacetona al tubo conteniendo el eluato de acetato de sodio 1M obtenido de la columna catiónica.
- 2.- Aforar a 10 ml con solución buffer de acetato de sodio, pH= 4.6
- 3.- A partir de este paso, se procede en igual forma que las etapas (b), (c) y (d) de la curva estándar.

V.- Cálculos.

Para determinar la concentración de ácido delta amino levulínico en orina, interpolar directamente de la curva estándar en las unidades correspondientes.

CURVA ESTANDAR PARA ACIDO DELTA AMINO LEVULINICO URINARIO



2.7 ANALISIS ESTADISTICO.

Una vez recolectadas las muestras y obtenidos los valores para cada uno de los indicadores de exposición al plomo, se determinaron los principales estadígrafos correspondientes de acuerdo al sexo y la edad. Se estableció el grado de correlación entre las diferentes variables, utilizando el coeficiente de correlación "r" o "r de Pearson".

El ajuste de las rectas se llevó a cabo por el método de los mínimos cuadrados y se utilizó la prueba de "t" para comparar las diferencias entre los valores de los diferentes indicadores. (Ver gráficas número (1), (2), (3) y (4).)

De acuerdo a todos los resultados obtenidos, se seleccionó el mejor indicador de exposición al plomo en la población estudiada y el grado de exposición a este elemento en la misma.

3.0 RESULTADOS.

Los resultados obtenidos de la encuesta, mostraron que - la edad promedio de la población estudiada fue de 19.5 años , con un rango de 17 a 32. La edad del 90% de los individuos estuvo comprendida entre los 18 y 23 años. En la distribución - por sexo, predominó el sexo masculino (65/90; 72.2%), la edad promedio fue de 19 años con un rango de 17 a 32. En los individuos del sexo femenino (25/90; 27.7%), la edad promedio fue de 19 años con un rango de 17 a 24 (Tabla 1).

Todos los individuos residieron en una zona comprendida - entre 1 y 6 kilómetros de distancia de una planta metalúrgica, y un 72.2% (n= 65), habitó en el mismo domicilio por un periodo mayor de 6 años. Ninguno de los individuos estudiados estuvo ocupacionalmente expuesto al plomo ni tampoco los integrantes de su familia o convivientes.

Vale la pena hacer notar que en el 81% de las familias se utilizaba utensilios de peltre en la preparación de los alimentos, y un 31% empleaba utensilios de barro.

3.1 Valores de plomo en sangre.

La concentración promedio de este elemento en sangre fue de $17.8 \pm 7.0 \mu\text{g Pb/dl}$. El rango estuvo comprendido entre 6 y $46 \mu\text{g/dl}$, con un coeficiente de variación de 39.3% (Tabla 2).

En la gráfica 1, se muestra la distribución de las concentraciones de los individuos estudiados. En ella se observa que

la inmensa mayoría (83/90; 92.2%), presentó concentraciones -- que estuvieron comprendidas entre 11 y 26 $\mu\text{g}/\text{dl}$, las que de -- acuerdo con la clasificación de Barry, (1970), están dentro de la categoría considerada como de exposición "normal", (valores menores a 40 $\mu\text{g}/\text{dl}$). La concentración de los individuos restantes fue de 43 $\mu\text{g}/\text{dl}$, valor considerado dentro de la categoría de "aceptable" (40 a 80 $\mu\text{g}/\text{dl}$) de acuerdo con la clasificac -- ción mencionada.

En la distribución por sexo, la concentración promedio en la población femenina fue de $15.8 \pm 5.9 \mu\text{g}/\text{dl}$, con un rango de 10.4 a 36.7 $\mu\text{g}/\text{dl}$. En los individuos del sexo masculino fue de $18.6 \pm 7.3 \mu\text{g}/\text{dl}$ con un rango de 6.1 a 43.1 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Esta dife -- rencia no fue estadísticamente significativa ($t = 1.8459$; $P < 0.05$).

3.2 Valores de plomo en orina.

La concentración promedio de este elemento en orina fue -- de $37.9 \pm 22.5 \mu\text{g}/\text{l}$. El rango estuvo comprendido entre 4.7 y -- 92 $\mu\text{g}/\text{l}$, con un coeficiente de variación de 59.4% (Tabla 2)

En la gráfica 2, se muestra la distribución de las concen -- traciones en los individuos estudiados. En ella se observa que la inmensa mayoría (76/90; 84.4%), presentó concentraciones que estuvieron comprendidas entre 11 y 60 $\mu\text{g}/\text{l}$, que de acuerdo con la clasificación de Barry (1970), están dentro de la cate -- goría considerada como de exposición "normal", ($< 80 \mu\text{g}/\text{l}$), y -- todos los demás individuos ($n = 7$) presentaron valores dentro

de la categoría considerada como "aceptable" (Tabla 3).

En la distribución por sexo, la concentración promedio en la población femenina fue de $41.02 \pm 22.05 \mu\text{g/l}$, con un rango de 13.0 a $92 \mu\text{g/l}$. En los individuos del sexo masculino fue de $36.67 \pm 22.73 \mu\text{g/l}$ con un rango de 4.7 a $92.0 \mu\text{g/l}$. Esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($t = 0.832$; $p < 0.05$).

3.3. Valores de plomo en caballo.

La concentración promedio de este elemento en caballo fue de $15.0 \pm 9.9 \mu\text{g Pb/g}$ caballo para un total de 51 individuos. El rango de concentraciones estuvo comprendido entre 0.6 y $42 \mu\text{g/g}$, con un coeficiente de variación de 66.0% (Tabla 2).

En la gráfica 3, se muestra la distribución de las concentraciones en los individuos estudiados. En ella se observa que la inmensa mayoría (40/51; 78%), presentó concentraciones que estuvieron comprendidas entre 0.6 y $10 \mu\text{g/g}$, que de acuerdo con la clasificación de El-Bakhkhy, (1972) están dentro de la categoría considerada como de exposición "normal" ($< 30 \mu\text{g/g}$).

La concentración en los 11 individuos restantes fue mayor de $30 \mu\text{g/g}$, valor considerado dentro de la categoría de "excesiva" ($< 30 \mu\text{g/g}$) de acuerdo con la clasificación mencionada (Tabla 3).

En la distribución por sexo, la concentración promedio en la población femenina fue de $20.1 \pm 9.8 \mu\text{g/g}$ con un rango de -

7.2 a 42 $\mu\text{g/g}$. En los individuos del sexo masculino fue de $13.1 \pm 9.2 \mu\text{g/g}$, con un rango de 0.6 a 38.5 $\mu\text{g/g}$. Esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($t = 2.476$; $p > 0.05$).

3.4 Valores de ácido delta amino levulínico urinario.

La concentración promedio de este ácido fue de $3.4 \pm 1.2 \text{ mg/l}$. El rango de concentraciones estuvo comprendido entre 1.0 y 7.8 mg/l . El coeficiente de variación fue de 35.4% (Tabla 2)

En la gráfica 4, se muestra la distribución de las concentraciones de este ácido en los 90 individuos estudiados. En ella se observa que la inmensa mayoría (89/90; 98.8%), presentaron concentraciones menores de 6 mg/l , que de acuerdo con la clasificación de Barry, (1970), están dentro de la categoría considerada como "normal" ($< 6 \text{ mg/l}$), para personal ocupacionalmente expuesto al plomo. La concentración en el individuo restante fue de 7.8 mg/l , valor considerado como "aceptable" de acuerdo con la clasificación mencionada (Tabla 3).

En la distribución por sexo, la concentración promedio en la población femenina fue de $3.27 \pm 1.06 \text{ mg/l}$ con un rango de 1.7 a 5.2 mg/l . En los individuos del sexo masculino fue de $3.4 \pm 1.23 \text{ mg/l}$. Esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($t = 0.498$; $p < 0.05$).

3.5 Valor de las correlaciones entre los diversos indicadores estudiados.

Se incluye esta sección debido a que la concentración de plomo en sangre se ha considerado como uno de los indicadores más fieles de exposición a dicho elemento. Cuando se propone utilizar un nuevo tipo de indicador se acostumbra correlacionarlo con la concentración de plomo en sangre.

También es conveniente correlacionar entre sí los diferentes indicadores de exposición, ya que permite valorar cual de ellos presta mayor utilidad en una situación determinada.

Los resultados obtenidos al correlacionar estos indicadores se resumen en la tabla 4.

Plomo en sangre- Plomo en orina.

El valor de la correlación encontrada entre las concentraciones de plomo en sangre y plomo en orina fue de $r = 0.329$ ($p < 0.05$), siendo esta correlación lineal (Tabla 4). Se consideró que esta correlación es "buena". En la gráfica 5, se muestra la dispersión de la "nube de puntos" y el resultado del análisis de regresión, siendo la ecuación $PbU = 1.0502 PbS + 19.169$. Puede decirse que la menor dispersión se observó cuando los valores de plomo en sangre fueron mayores de $15 \mu\text{g/dl}$ ($n = 61$).

Para valores menores de $15 \mu\text{g/dl}$, ($n = 29$), se obtuvo un valor de $r = -0.170$ y para valores mayores, $r = 0.403$.

Plomo en sangre-ácido delta amino levulínico urinario.

El valor de la correlación encontrada entre las concentraciones de plomo en sangre y ácido delta amino levulínico urinario fue de $r = 0.1126$ ($p < 0.05$), no siendo esta correlación lineal (Tabla 4). Se consideró que esta correlación es "baja". En la gráfica 6, se muestra la dispersión de la "nube de puntos" y el resultado del análisis de regresión, siendo la ecuación $ALAU = 3.0588 + 0.0174 PbS$. Puede decirse que la menor dispersión se observó cuando los valores de plomo en sangre fueron mayores de $20 \mu g/dl$, en donde se obtuvo un valor de $r = 0.1509$ ($n = 28$), por otra parte, para valores menores de esta concentración se obtuvo un valor de $r = -0.019$ ($n = 62$).

Plomo en sangre- Plomo en cabello.

El valor de la correlación encontrada entre las concentraciones de plomo en sangre y plomo en cabello fue de $r = 0.296$ ($p < 0.05$), siendo esta correlación lineal (Tabla 4). Se consideró que esta correlación es "mediana". En la gráfica 7, se muestra la dispersión de la "nube de puntos" y el resultado del análisis de regresión, siendo la ecuación $PbP = 7.3019 + 0.4891 PbS$. Puede decirse que la menor dispersión se obtuvo cuando los valores fueron menores de $15 \mu g/dl$, en donde se obtuvo un valor de $r = 0.423$ ($n = 22$), por otra parte, para valores mayores de esta concentración se obtuvo un valor de $r = 0.285$ ($n = 29$).

Plomo en orina- Plomo en cabello.

El valor de la correlación encontrada entre las concentraciones de plomo urinario y plomo en cabello fue de $r = 0.311$, ($p < 0.05$), siendo esta correlación lineal (Tabla 4). Se consideró que esta correlación es "moderada". En la gráfica 8, se muestra la dispersión de la "nube de puntos" y el resultado del análisis de regresión, siendo la ecuación $PbC = 0.1353 PbU + 9.792$. Puede decirse que la menor dispersión se observó cuando los valores de plomo en orina fueron mayores a $10 \mu\text{g/l}$, en donde se obtuvo un valor de $r = 0.208$ ($n = 26$), por otra parte, para valores menores de esta concentración se obtuvo un valor de $r = -0.056$ ($n = 25$).

Plomo en orina- ácido delta amino levulinico urinario.

El valor de la correlación encontrada entre las concentraciones de plomo urinario y ácido delta amino levulinico urinario fue de $r = 0.288$, ($p < 0.05$), siendo esta correlación lineal (Tabla 4). Se consideró que esta correlación es "moderada". En la gráfica 9, se muestra la dispersión de la "nube de puntos", y el resultado del análisis de regresión, siendo la ecuación $ALAU = 0.0151 PbU + 2.7903$. Puede decirse que la menor dispersión se observó cuando los valores de plomo urinario fueron mayores de $15 \mu\text{g/l}$ en donde se obtuvo un valor de $r = 0.236$ ($n = 19$), por otra parte, para valores menores de esta concentración se obtuvo un valor de $r = -0.036$ ($n = 71$).

Acido delta amino levulínico urinario- Plomo en cabello.

El valor de la correlación encontrada entre las concentraciones del ácido delta amino levulínico urinario y plomo en cabello fue de $r = 0.013$, ($p < 0.05$), no siendo esta correlación lineal (Tabla 4). Se consideró que esta correlación es "baja". En la gráfica 10, se muestra la dispersión de la "nube de puntos" y el resultado del análisis de regresión, siendo la ecuación $PbP = 0.114 ALAU + 14.738$. Puede decirse que la menor dispersión se observó cuando los valores de plomo en cabello fueron mayores de $15 \mu\text{g/g}$ en donde se obtuvo un valor de $r = 0.349$ ($n = 26$), por otra parte, para valores menores de esta concentración se obtuvo un valor de $r = -0.188$ ($n = 25$).

TABLA 1

DISTRIBUCION DE LA MUESTRA POR EDAD Y SEXO.

EDAD	SEXO FEMENINO		SEXO MASCULINO		MUESTRA TOTAL.	
	n= 25		n= 65			
	No.	%	No.	%	No.	%
17-18	6	24	10	15.4	16	17.8
19-20	10	40	29	44.6	39	43.3
21-22	6	24	18	27.7	24	26.7
23-24	2	8	7	10.8	9	10.0
25-26	1	4			1	1.1
26-			1	1.5	1	1.1
T O T A L	25	100.0	65	100.0	90	100.0

TABLA 2
VALORES DE ALGUNOS INDICADORES DE ABSORCION DE
PLOMO EN INDIVIDUOS NO OCUPACIONALMENTE EXPUESTOS.

INDICADOR	N	MEDIA	MEDIANA	MODA	S	RANGO
Plomo sanguíneo (PbS) $\mu\text{g}/\text{dl}$	90	17.8	16.35	15.6	7.0	6-46
Plomo urinario (PbU) $\mu\text{g}/\text{l}$	90	37.9	36.00	13.0	22.5	4.7-92
Acido delta amino levulínico urinario (ΔLAU) ng/l	90	3.4	3.20	2.0	1.2	1-7.8
Plomo en cabello (PbP) $\mu\text{g}/\text{g}$ pelo	51	15.3	15.03	12-18 [†]	9.9	0.6-42

[†]Intervalo modal

TABLA 3

CATEGORIAS DE ABSORCION DE PLOMO DE ACUERDO
A LA CONCENTRACION DE:

PRUEBA	NORMAL	ACEPTABLE	EXCESIVA	PELIGROSA	ESTE TRABAJO \bar{x}
Plomo en sangre ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	40	40 - 80	80 - 120	120	17.8
Plomo en orina ($\mu\text{g}/\text{l}$)	80	80 - 150	150 - 250	250	37.9
Acido delta-amino ⁺ levulínico urinario (mg/l)	6	6 - 20	20 - 40	40	3.4
Plomo en cabello ⁺⁺ ($\mu\text{g}/\text{g}$)			30		15.3

⁺BARRY, PSI: Lead in man; a review. Proc. of a meeting in medical aspects of lead absorption in industrial processes. Londres, The Lead Development.

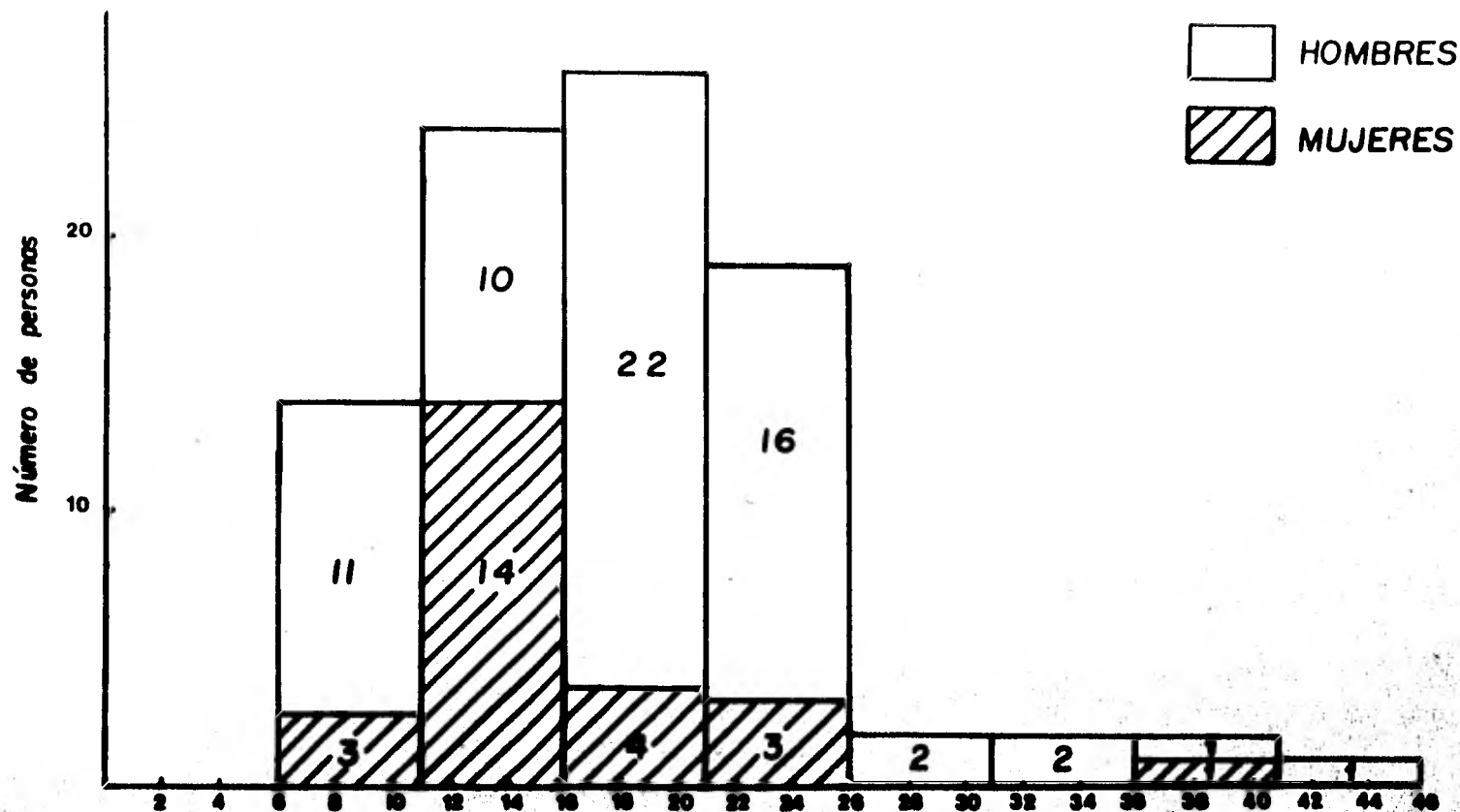
⁺⁺EL-DAKHAKHNY, A.A. and EL-Sadik: Lead in hair among exposed workers; Am. Ind. Hyg. (Ass., 33: 31-34 (1972).

TABLA 4

COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE LOS DIFERENTES
INDICADORES DE EXPOSICION AL PLOMO.

VARIABLES	r	t TEORICA ($\alpha=0.05$)	t CALCULADA	TIPO DE CORRELACION
PbS - PbU	0.329	1.9867 (g.l.= 88)	3.2648	Lineal
PbS - ALAU	0.113	1.9867 (g.l.= 88)	1.0631	No lineal
PbU - ALAU	0.288	1.9867 (g.l.= 88)	2.8159	Lineal
PbS - PbP	0.296	2.0086 (g.l.= 49)	2.1683	Lineal
PbU - PbP	0.311	2.0086 (g.l.= 49)	2.2881	Lineal
ALAU - PbP	0.013	2.0086 (g.l.= 49)	0.0910	No lineal

Frecuencia



Gráfica No.1 Distribución de las concentraciones de plomo en sangre, en una población de 50 individuos no ocupacionalmente expuestos.

PbB $\mu\text{g/dl}$

Frecuencia

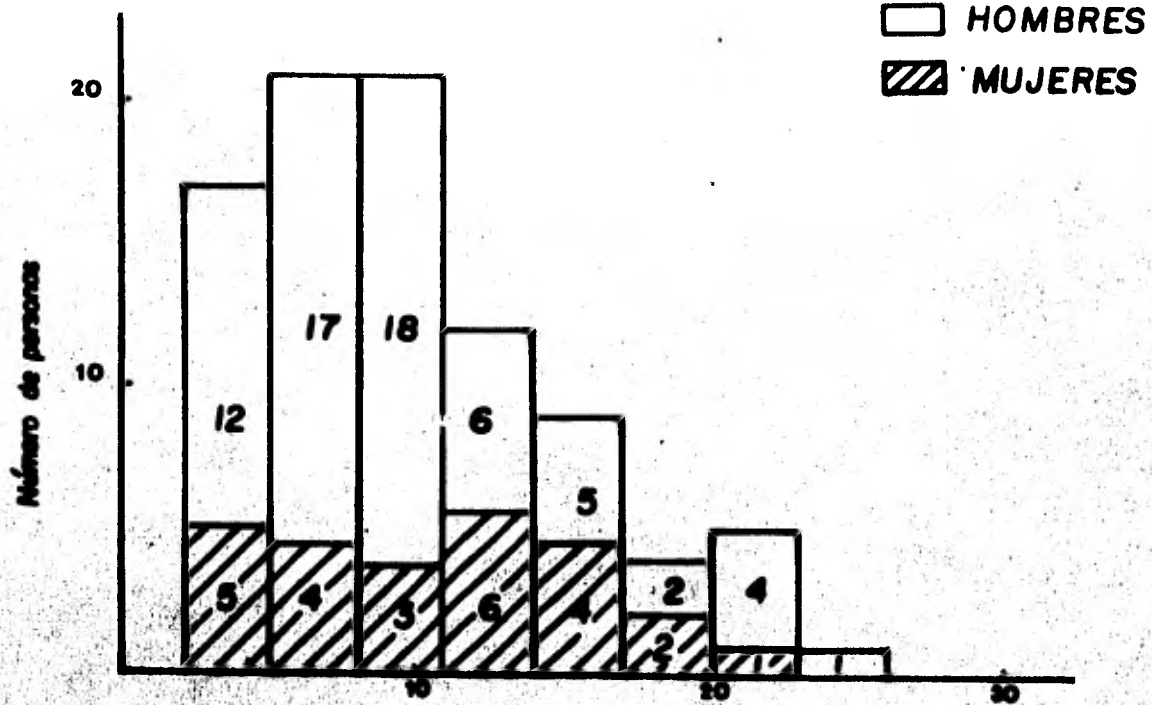


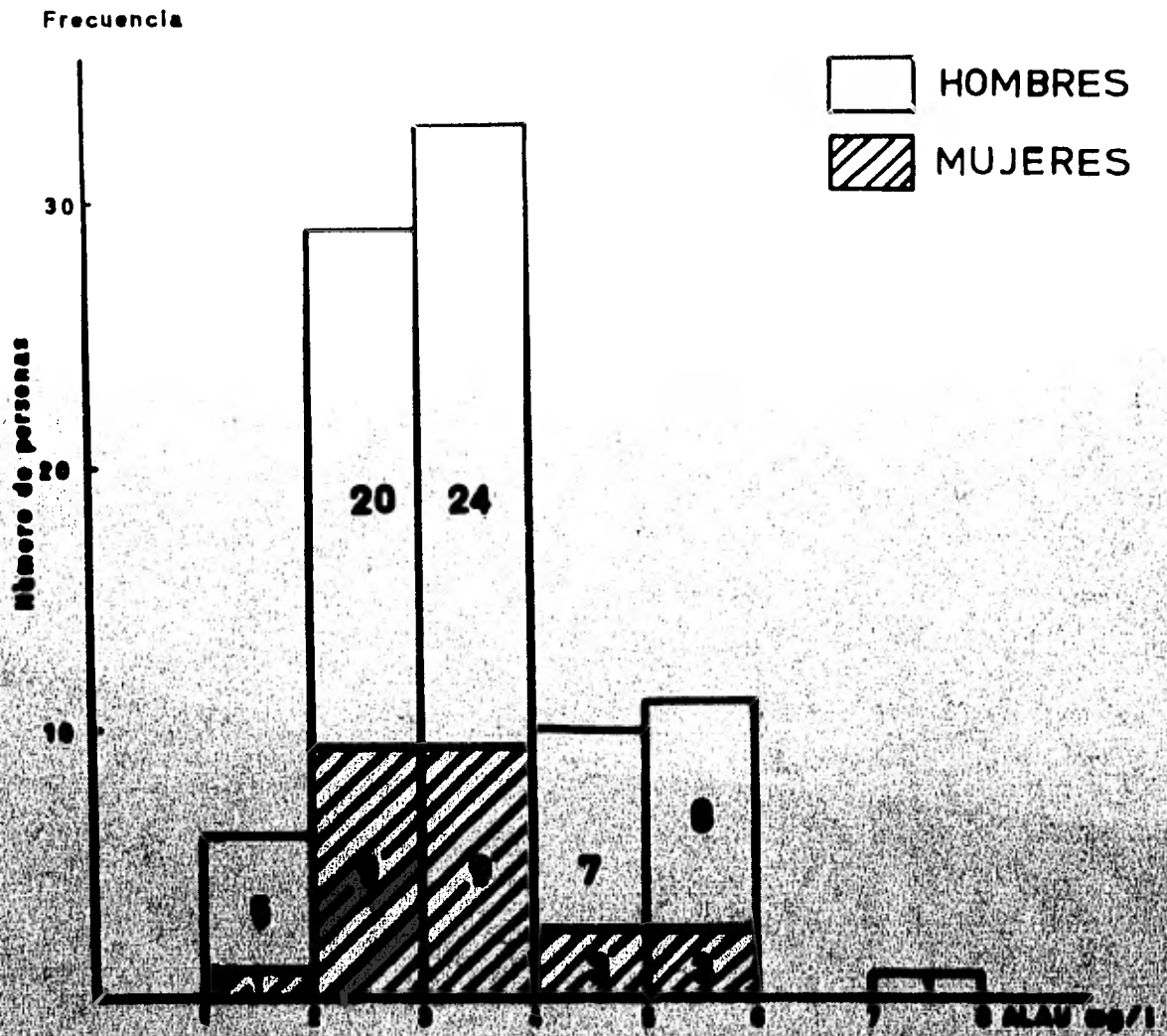
Gráfico No. 2. Distribución de la concentración de plomo en orina, en una población de 90 individuos no ocupacionalmente expuestos.

PbU µg/l



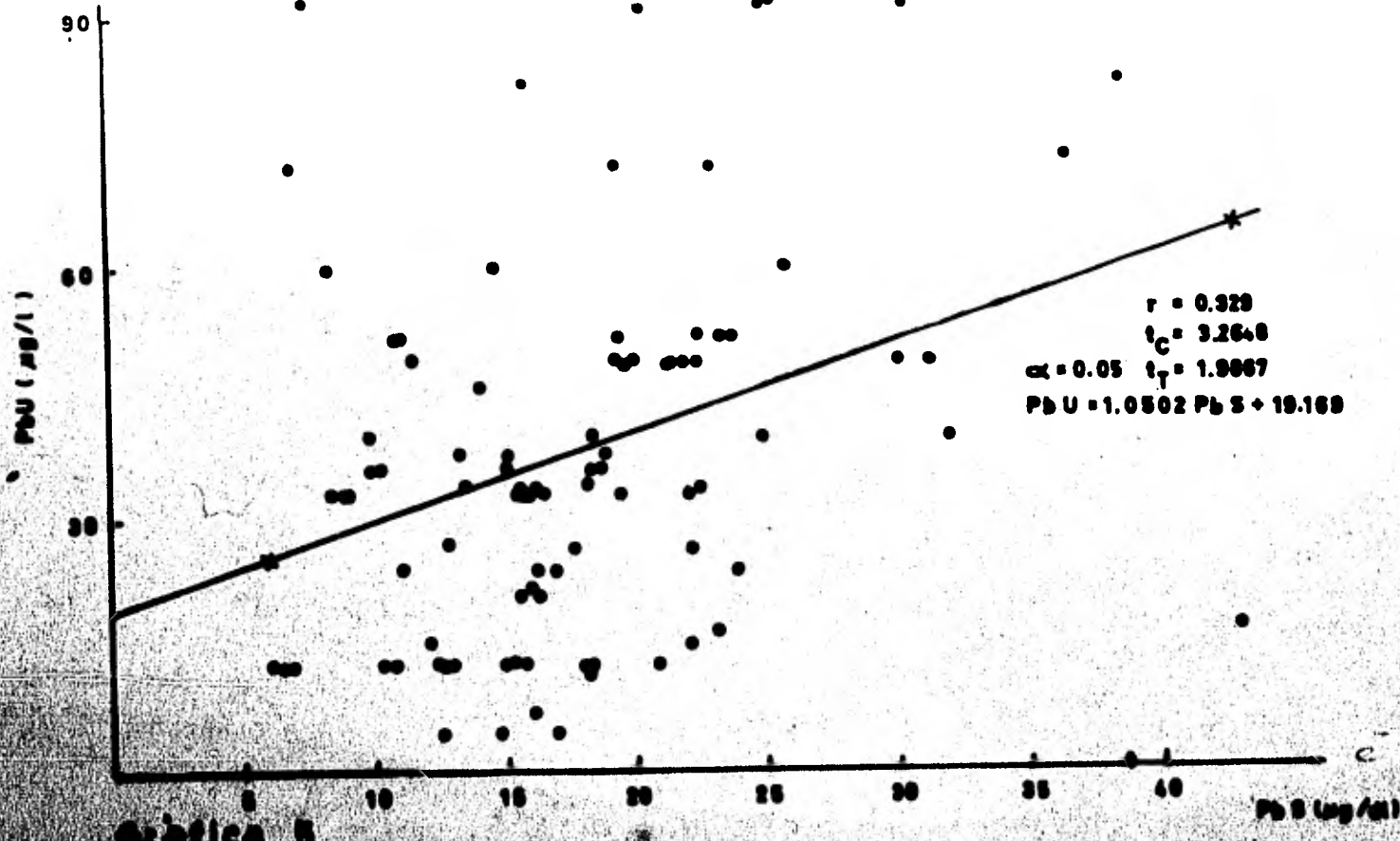
Gráfica No. 3 Distribución de la concentración de plomo en pelo en una población de 51 individuos no ocupacionalmente expuestos.

PbH (µg/g pelo)



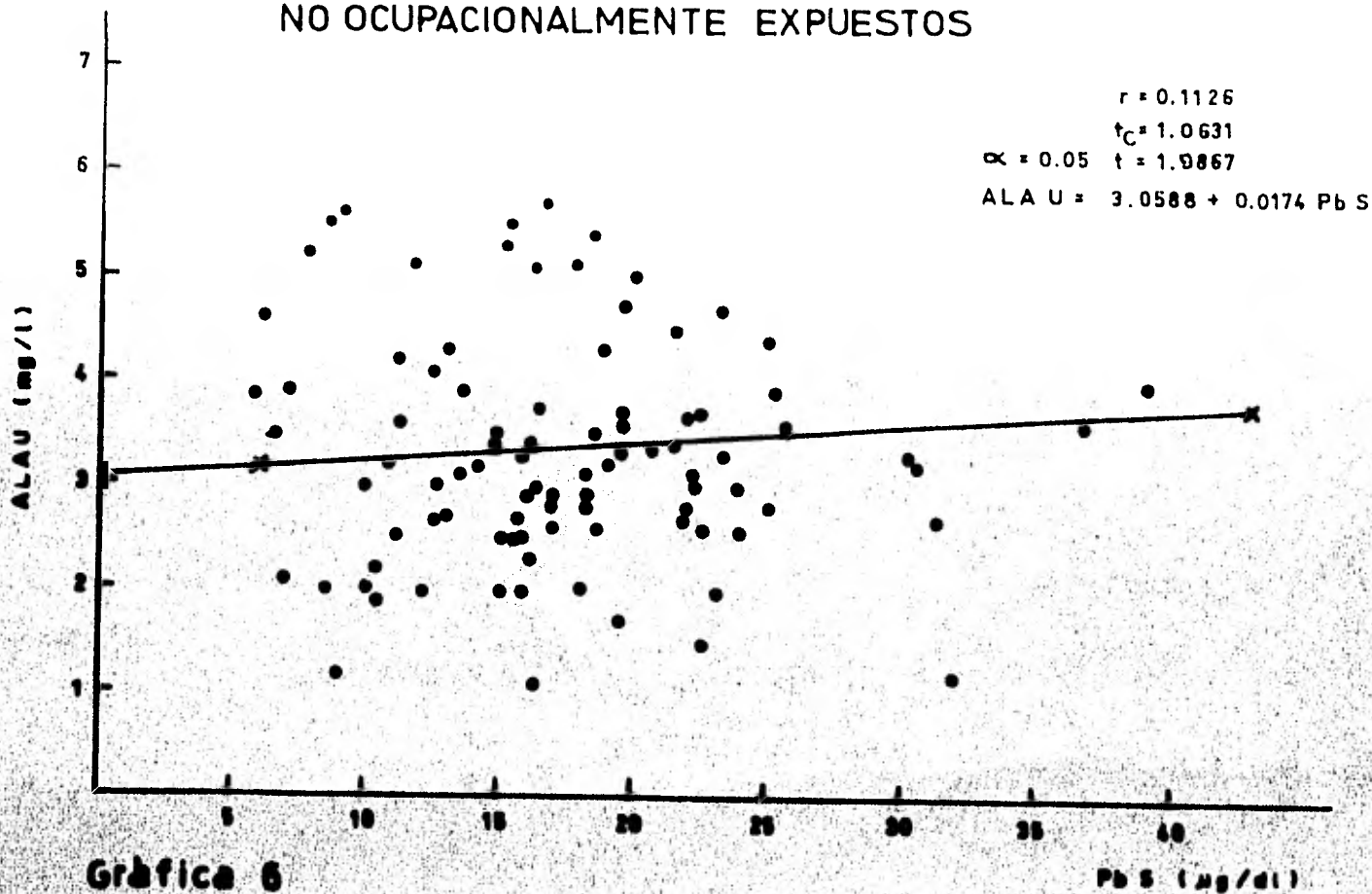
Gráfica 4 Distribución de la concentración de ALAU en una población de 50 individuos no ocupacionalmente expuestos

CORRELACION ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO EN SANGRE
Y PLOMO EN ORINA EN 90 INDIVIDUOS NO OCUPACIONALMENTE
EXPUESTOS



Gráfica 5

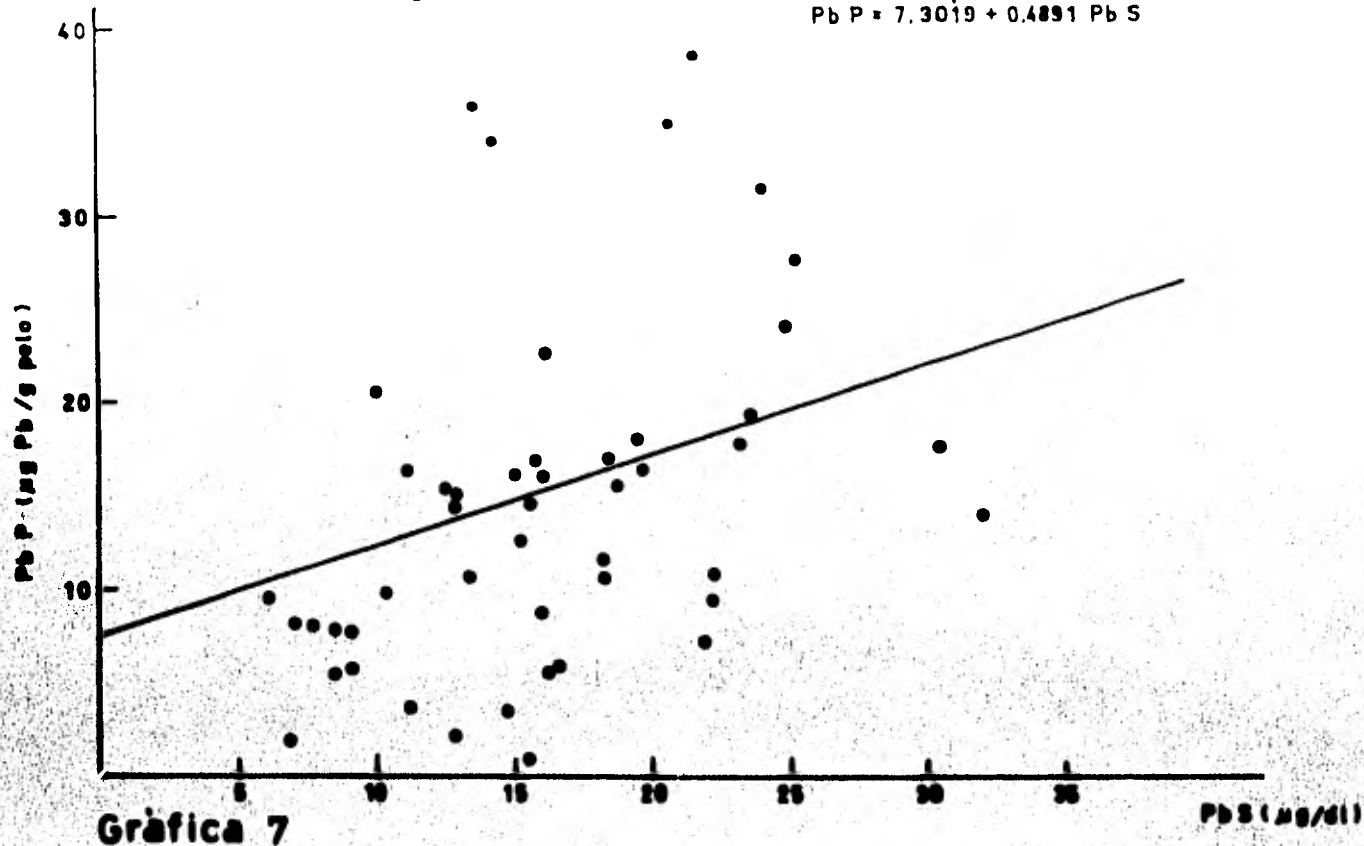
CORRELACION ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO EN SANGRE
Y ACIDO DELTA AMINO LEVULINICO URINARIO EN 90 INDIVIDUOS
NO OCUPACIONALMENTE EXPUESTOS



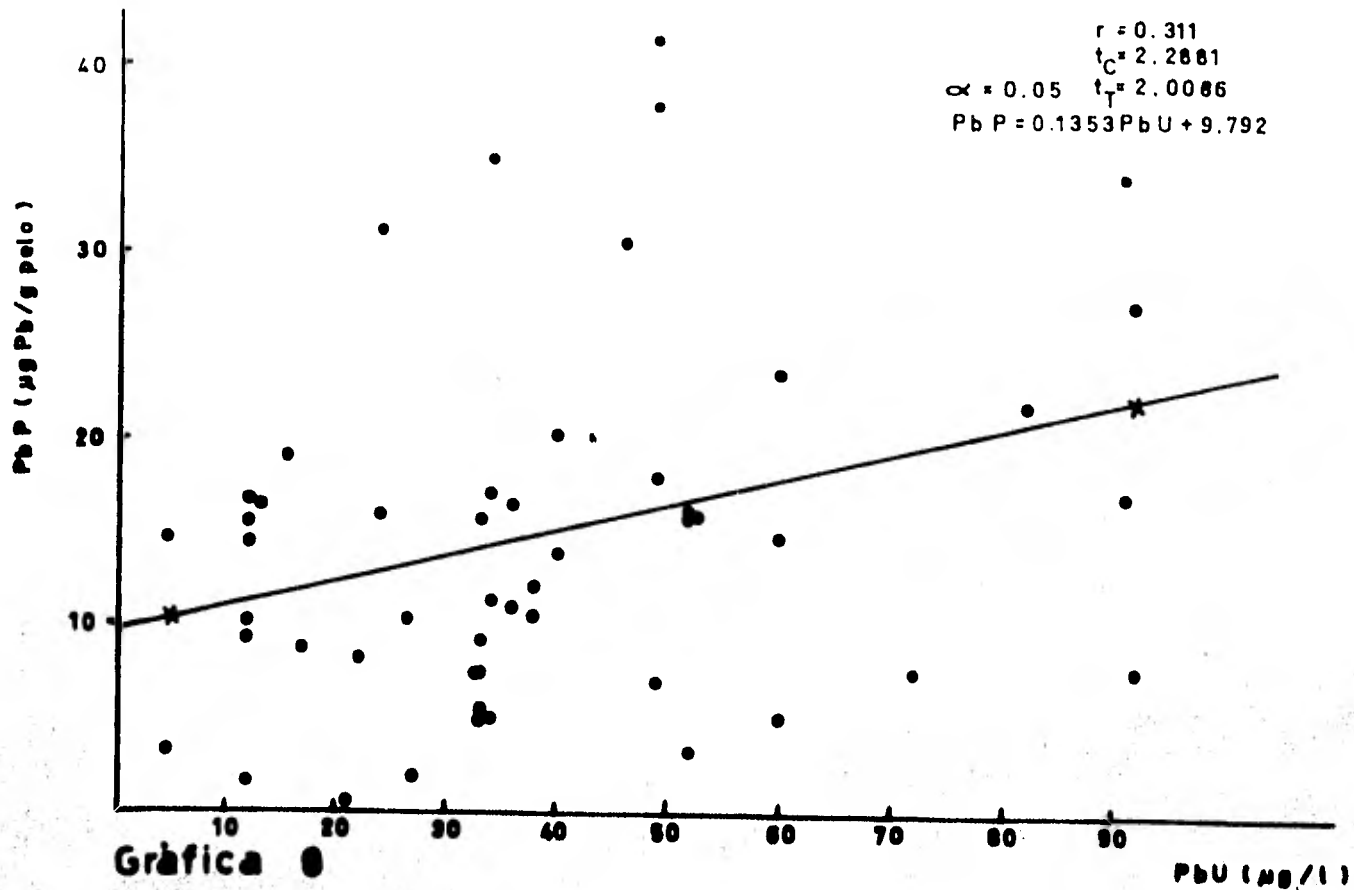
Gráfica 6

CORRELACION ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO EN SANGRE Y PLOMO EN CABELLO EN 51 INDIVIDUOS NO OCUPACIONALMENTE EXPUESTOS

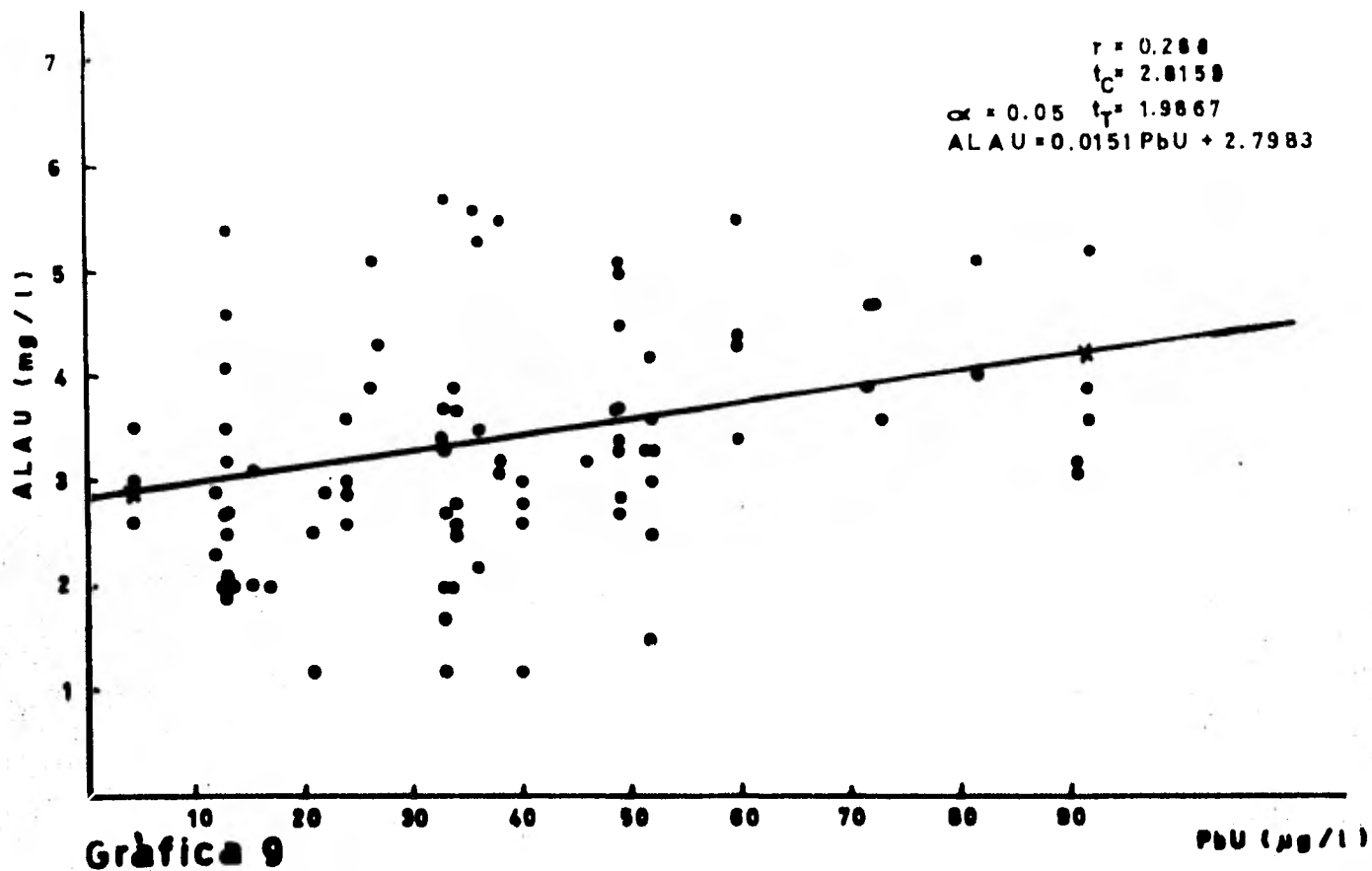
$r = 0.2959$
 $t_c = 2.1683$
 $\alpha = 0.05 \quad t_T = 2.0086$
 $Pb P = 7.3019 + 0.4891 Pb S$



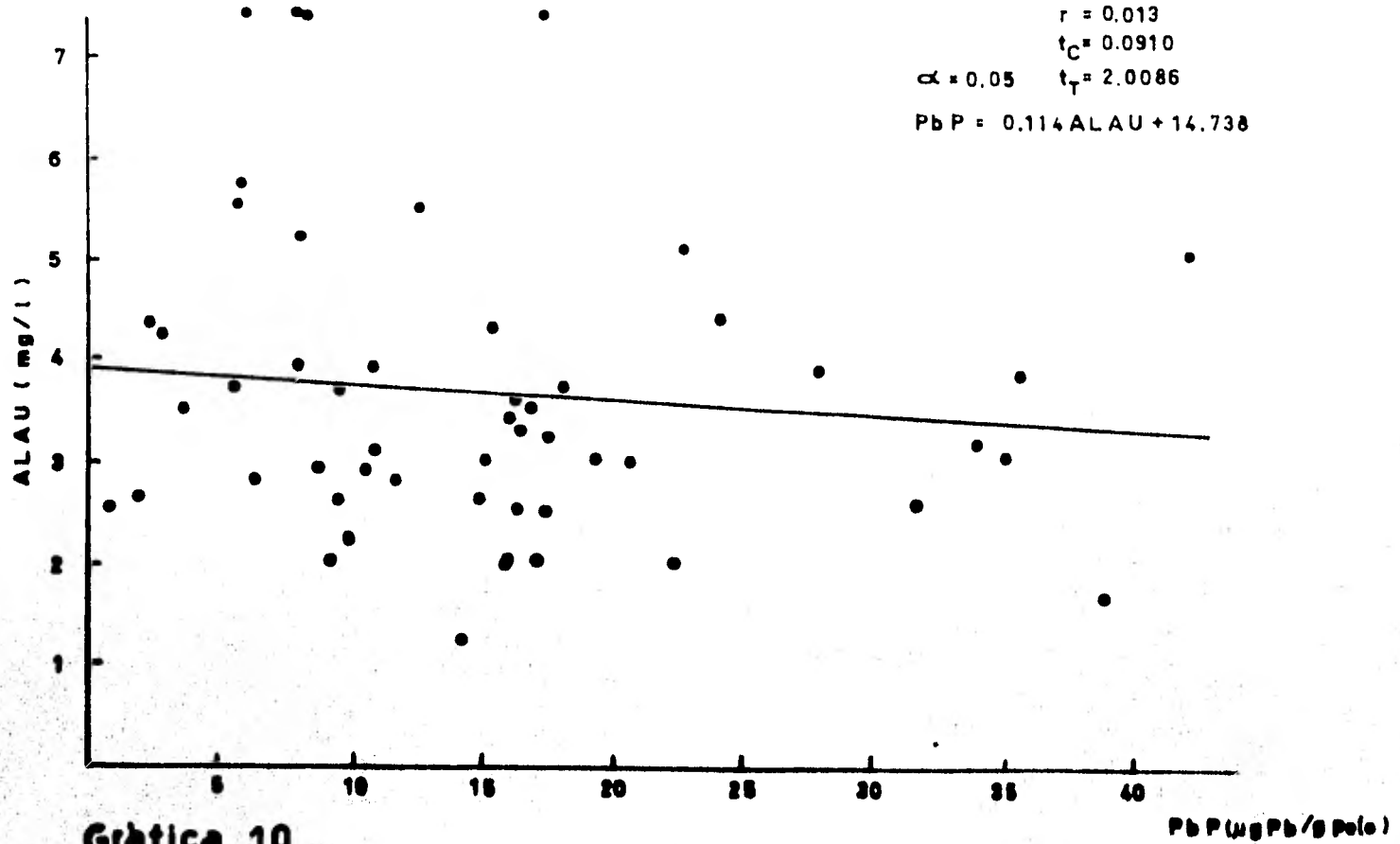
CORRELACION ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO EN
ORINA Y PLOMO EN CABELLO EN 51 INDIVIDUOS NO
OCUPACIONALMENTE EXPUESTOS



CORRELACION ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO URINARIO
Y ACIDO DELTA AMINO LEVULINICO URINARIO EN 90 INDIVIDUOS
NO OCUPACIONALMENTE EXPUESTOS



CORRELACION ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE ACIDO DELTA AMINO LEVULINICO URINARIO Y PLOMO EN CABELLO EN 51 INDIVIDUOS NO OCUPACIONALMENTE EXPUESTOS



Gráfica 10

4.0 DISCUSION.

El planteamiento de este estudio tuvo como antecedente un trabajo realizado con muestras de niños procedentes de varias -- ciudades de la República Mexicana, cuyo objetivo fue determinar la concentración de plomo en cabello (Albert, et al., 1977). Los autores concluyeron que las muestras procedentes de la ciudad de Torreón, Coah., presentaban las concentraciones más elevadas por lo que consideraron que estaban expuestos a una mayor concentración de este elemento en el medio ambiente. Por otra parte, la validez de este parámetro como indicador de exposición está sujeta a discusión (Baloh, 1974), por lo cual se decidió llevar a -- cabo un estudio más completo en el cual, además de usar plomo en cabello como índice de exposición, se determinaran otros indicadores, con el objeto de poder estimar de manera más precisa el -- grado de intoxicación en un sector de la población, el cual, estuvo constituido por individuos pertenecientes a la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Coahuila.

Se intentó que la muestra elegida fuera homogénea en varios aspectos: edad y sexo, tiempo de residencia en la ciudad (exposi ción), condiciones socioeconómicas, que la exposición al plomo -- de él y su familia fuera no ocupacional, etc. Los resultados mo straron que hubo una homogeneidad en la muestra con respecto a la mayoría de las características mencionadas anteriormente, sin em bargo, hubo un predominio en la proporción de individuos del se- xo masculino presentes en la muestra (65/90; 72.2%). Al analizar la distribución de los valores obtenidos para cada uno de los in dicadores de exposición de acuerdo al sexo, no se encontró dife-

rencia significativa, lo que quiere decir que el grado de exposición y/o de absorción, no fue influido por las diferencias en el factor mencionado, lo cual coincide con el resultado de los estudios realizados por Barry, (1970), en individuos no ocupacionalmente expuestos.

4.1 CONCENTRACION DE PLOMO EN SANGRE.

La presencia de plomo en sangre ha sido considerada como uno de los mejores indicadores de exposición a dicho elemento. Información proveniente de estudios clínicos han demostrado y cuantificado, las relaciones existentes entre la concentración de plomo en el medio ambiente y la concentración de dicho elemento en sangre (U.S.E.P.A., 1977). La concentración de plomo en sangre se relaciona directamente con la exposición y carga corporal, por lo que es usado ampliamente en estudios epidemiológicos como índice de exposición (Waldron, 1974; Zielhuis, 1971; Landrigan, 1975).

También se ha considerado que la determinación de plomo en sangre es la forma más adecuada para el control de grandes grupos de población expuestos a este metal (Hammond, 1977), Ya que esta técnica está sujeta a errores de tipo biológico o analítico, resulta conveniente realizar otras determinaciones que permitan establecer con certeza el grado de exposición o de intoxicación (Molina-Ballesteros, 1977).

En este estudio, la concentración media de los valores encontrados fue de $17.8 \pm 7.0 \mu\text{g Pb/dl}$ (Tabla 2). La gráfica 1 muestra la distribución de las concentraciones, observándose que el 92.2% de la población presentó concentraciones menores de $26 \mu\text{g/dl}$,

las que de acuerdo con la clasificación de Barry (1970), están comprendidas dentro de la categoría de exposición "normal" ($< 40 \mu\text{g}/\text{dl}$). Vale la pena hacer notar que solo un individuo de esta muestra presentó valores superiores a los $40 \mu\text{g}/\text{dl}$, pero aún así, fue clasificado dentro de la categoría de "aceptable".

Se comparó la distribución de las concentraciones por sexo y no se observó entre ellos diferencia estadísticamente significativa. Lo anterior coincide con el resultado de los estudios realizados por Barry, (1970), en individuos no ocupacionalmente expuestos. Sin embargo, no coincide con lo afirmado por algunos autores (U.S.E.P.A., 1977), en el sentido de que en la población adulta los individuos del sexo masculino presentan niveles más altos que los del sexo femenino.

Aunque la dispersión de los valores es grande (coeficiente de variación = 39.3%), esta dispersión es debida fundamentalmente al 8% de los individuos que tuvieron valores mayores de $26 \mu\text{g}/\text{dl}$ y refleja los diferentes grados de absorción que se pueden observar en una población no ocupacionalmente expuesta.

4.2 PLOMO EN ORINA.

Plomo en orina es otro de los indicadores que con más frecuencia se utilizan para determinar el grado de exposición y absorción de este elemento, ya que la obtención de la muestra no es invasiva (Hammond, 1977; Mills, 1971). Se considera que una elevación de este parámetro, es signo temprano y específico de absorción aumentada (Haeger, 1960). Según Patterson (1965), la concentración de plomo en orina tiende a reflejar fluctuaciones

a corto plazo en su absorción, en tanto que PbS lo hace en períodos más largos, así como en condiciones de equilibrio, la concentración de plomo urinario refleja el contenido de plomo en sangre, ya que la principal vía de excreción es la renal. La excreción urinaria de plomo es el resultado de la filtración glomerular y posiblemente de la secreción tubular de la fracción difusible del plomo que se encuentra en el plasma (Baloh, 1974).

La mayoría de los investigadores han encontrado que la concentración de plomo en orina considerada normal en adultos jóvenes sin exposición laboral, es de $30 \mu\text{g}/\text{l}$ con un rango de 10 a $60 \mu\text{g}/\text{l}$ (Baloh, 1974).

En este estudio, la concentración media de los valores encontrados fue de $37.9 \pm 22.5 \mu\text{g}/\text{l}$, y el coeficiente de variación de 57.4% (tabla 2). La gráfica 2 muestra que el 83% de la población estudiada presentaba concentraciones inferiores a $60 \mu\text{g Pb}/\text{l}$ de orina, las que de acuerdo con la clasificación de Barry (1970) están dentro de la categoría considerada como "normal" ($< 60 \mu\text{g}/\text{l}$). Únicamente 7 individuos se encontraron valores superiores a $80 \mu\text{g}/\text{l}$ (7.8%) y éstos, se clasificaron dentro de la categoría de "aceptable".

4.3 PLOMO EN CABELLO.

Una característica importante y atractiva para la utilización de la concentración de plomo en cabello es su naturaleza inocua, que puede ser tomada directamente por el analista y además, da la posibilidad de estudiar las características tempore-

les de la exposición analizando segmentos aislados del cabello, (U.S.E.P.A., 1977). Este análisis está fundamentado en el hecho de que el plomo reacciona con los grupos -SH de las proteínas -foliculares y es incorporado en la molécula de queratina. Si un individuo tiene una exposición al plomo continua e invariable, la concentración de este elemento en el cabello es relativamente constante desde que emerge de la piel.

El plomo presente en el medio ambiente puede adherirse a la superficie externa del cabello haciendo difícil determinar la porción correspondiente al plomo absorbido por el organismo (Baloh, 1974).

Existe un desacuerdo entre algunos autores que han estado — diado el valor de plomo en cabello como indicador de exposición ambiental, pues los valores de correlación con plomo en sangre son muy bajos (Kopito, 1972; Barry, 1970), sin embargo, no existe información suficiente para evaluar el potencial real de este parámetro como indicador independiente de exposición asumida a plomo.

En este estudio, la concentración media de los valores encontrados fue de $15.0 \pm 9.9 \mu\text{g Pb/g}$ cabello. La gráfica 3 muestra que el 88% (45/51) de la población estudiada presentó concentraciones menores de $30 \mu\text{g/g}$, y de acuerdo con esta cifra — utilizando el criterio propuesto por El-Dakhakhny, el 12% de la población sería considerada como sujeta a una exposición elevada a este elemento, sin embargo, de acuerdo con los valores encontrados por Schroeder, (1961), las concentraciones encontradas en este estudio estarían dentro del rango "normal".

4.4 ACIDO DELTA AMINO LEVULINICO URINARIO.

Una forma indirecta de determinar la absorción de plomo es evaluar el efecto que ejerce sobre el metabolismo, uno de los más importantes es la inhibición de la enzima deshidratasa del ácido delta amino levulínico, la cual cataliza un paso intermedio en la síntesis del grupo hemo de la hemoglobina. Por lo tanto, al disminuir la transformación de ALA a porfobilinógeno aumenta la concentración de este compuesto, incrementándose las concentraciones en sangre, y posteriormente en la orina, la cual normalmente, contiene hasta 6 mg/l, y en estado de intoxicación llega a aumentar hasta más de 100 mg/l (Hoeger-Aronsen, 1960 ; Selander, 1970). De acuerdo con lo anteriormente expuesto, el ácido delta amino levulínico urinario es considerado como un sensible y específico indicador de la absorción aumentada de este elemento (Hammer, 1971; Zielhuis, 1971).

Barry (1970), propuso los valores que limitan cada una de las categorías de absorción.

En este estudio, la concentración media de los valores encontrados fue de 3.4 ± 1.2 mg/l. La gráfica 4 muestra que el 98% (89/90) presentó valores por abajo de 6 mg/l, por lo cual se consideraron dentro de la categoría "normal", y sólo un individuo estaba dentro de la categoría de "aceptable".

4.5 INTERPRETACION DE LAS CORRELACIONES ENTRE LOS DIVERSOS INDICADORES ESTUDIADOS.

Cuando se desea analizar la eficacia de los indicadores de exposición al plomo se acostumbra correlacionarlos con la concentración de plomo en sangre, ya que éste es uno de los indicadores más fieles de exposición a dicho elemento. Esta correlación permite valorar cuál de ellos presta mayor utilidad en una situación determinada.

Plomo en sangre- Plomo en orina.

Estos indicadores presentaron la mejor correlación lineal, con un valor de $r = 0.329$. Este valor presenta cierto parecido al obtenido por Selander y Cramer (1970) en un estudio realizado con individuos no expuestos profesionalmente y en el cual se encontró un coeficiente de correlación para estas variables de 0.488 para concentraciones de plomo mayores o iguales a 40 $\mu\text{g}/\text{dl}$.

Es importante señalar que para valores mayores de 15 $\mu\text{g}/\text{dl}$, la correlación mejoró, con una $r = 0.403$, y que por debajo de esta cifra, la correlación disminuyó considerablemente con un valor de $r = -0.170$.

Esta buena correlación entre plomo en sangre y plomo en orina explica en gran parte, el hecho de que estos indicadores sean de los más utilizados en la determinación de la exposición al plomo en grupos de población, especialmente en aquellos en

donde se sospecha un aumento en la absorción de este metal. También es explicable por el hecho de que la concentración de plomo en orina depende de la fracción difusible de plomo en el plasma (Baloh, 1974).

Plomo en sangre- Acido delta amino levulínico urinario.

El tipo de correlación observado al comparar estos indicadores es bifásico, ya que con concentraciones de plomo en sangre menores de 30 $\mu\text{g}/\text{dl}$, la correlación obtenida es muy pobre, mientras que a concentraciones superiores mejora notablemente. Esto parece deberse a que es necesario rebasar los 30 $\mu\text{g}/\text{dl}$ para agotar la reserva enzimática (ALAD) existente (Chisolm, 1971).

En este caso, el bajo valor obtenido de la correlación entre plomo en sangre y ácido delta amino levulínico urinario --- cuando los valores de plomo en sangre fueron menores de 20 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ($r = -0.019$) y la mejoría observada cuando se hizo la correlación para plomo en sangre mayor de 20 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ($r = 0.351$) coincide con lo reportado por otros autores (Chisolm, 1971; Selander y Cramer, 1970).

Plomo en sangre- Plomo en cabello.

El tipo de correlación es bifásico, ya que con concentraciones de plomo en sangre menores a 15 $\mu\text{g}/\text{dl}$, la correlación es buena ($r = 0.423$), mientras que a concentraciones superiores

disminuye notablemente ($r = 0.285$). Esto nos indica que una elevación en los niveles de plomo en sangre no está asociado con un aumento en la concentración de plomo en cabello, esto puede ser razonado, si se considera que plomo en sangre refleja de una manera adecuada la cantidad presente en el organismo como resultado de la absorción de plomo, en tanto que plomo en cabello, es un indicador que requiere de un estudio más amplio, por lo que, en este momento, su utilidad para determinar el grado de exposición al plomo de acuerdo a estos dos indicadores no es muy grande.

Plomo en orina- Plomo en cabello.

El tipo de correlación observado al comparar estos indicadores es bifásico, ya que se observa un aumento en la correlación a valores mayores a $10 \mu\text{g Pb/dl}$, con una disminución considerable por abajo de esta concentración.

Como en el caso de la correlación entre plomo en sangre y plomo en cabello, esta correlación no ofrece mucha utilidad, ya que plomo en orina se correlaciona muy bien con plomo en sangre y puede esperarse que un nivel alto de plomo en sangre implique un aumento en la excreción urinaria de plomo, lo cual no es predecible en el caso de plomo en cabello.

Plomo en orina- Ácido delta amino levulínico urinario.

Como en el caso de las correlaciones anteriores, se observa que el valor de la correlación aumenta en forma considerable -

ble por arriba de un cierto límite, en este caso, para concentraciones de plomo urinario mayores a $15 \mu\text{g}/\text{l}$. Esto es razonable, si se considera que al aumentar la concentración de plomo en el organismo, aumentará su inhibición sobre la biosíntesis del grupo hemo y en consecuencia, los niveles de ALAU se verán aumentados, al igual que la excreción urinaria de plomo. Esta correlación puede ser de utilidad en casos donde se sospecha que hay un alto grado de exposición a este metal, aunque en la práctica la correlación PbS-PbU ofrece una mayor utilidad.

Acido delta amino levulínico urinario- Plomo en cabello.

Para esta correlación se observa que el coeficiente de correlación aumenta en forma considerable ($r= 0.349$) para valores mayores a $15 \mu\text{g Pb}/\text{g}$ cabello, y que por debajo de esta concentración, la correlación disminuye ($r= -0.188$). De todas las combinaciones de indicadores, ALAU y plomo en cabello presentan la correlación más baja. Además, el tipo de correlación es no lineal, lo cual implica que dado un cierto valor para uno u otro indicador, no es posible tener conocimiento acerca del comportamiento del otro.

5.6 CONCLUSIONES.

Al observar los valores encontrados para plomo en sangre, plomo en orina y ácido delta amino levulínico urinario, la población estudiada podría ser considerada como correspondiente a una ciudad de moderada actividad industrial, (Barry, 1970) y en cada uno de los casos, un mínimo del 90% se encuentra dentro de la categoría considerada como "normal", y sólo de 1 a 7 individuos fueron considerados en la categoría de "aceptable", lo cual podría esperarse en una ciudad cuya principal actividad es la agricultura y que inicia su desarrollo industrial, aún cuando existe una planta metalúrgica, procesadora entre otros elementos, de plomo.

Al contrastar los valores obtenidos para cada uno de los sexos, no hubo diferencia significativa, lo cual hasta este momento indica que la absorción y la exposición son similares para ambos sexos.

Con respecto a las concentraciones de plomo en cabello, existen serias dificultades para la inclusión por categorías de los valores obtenidos, ya que hay discrepancias entre los autores (Baloh, 1974; Corridan, 1974; Reeves, 1975), y solamente El-Dakhkhny, (1972), propone un valor de 30 $\mu\text{g Pb/g}$ cabello como un nivel de exposición "peligroso", con referencia a este criterio, 6 de las muestras analizadas tuvieron valores superiores al valor mencionado, y al compararlo con los indicadores plomo en sangre, plomo en orina y ácido delta amino levulínico urinario, la colocación de las muestras estudiadas en categorías no coincidían, es importante poner de manifiesto que este estudio fue realizado en individuos no ocupacionalmente -

expuestos, mientras que El-Dakhakhny, (1972), lo llevó a cabo en trabajadores expuestos.

Se considera que los valores propuestos para utilizarse como indicadores de exposición no ocupacional deben someterse a una investigación más profunda, ya que "dichas categorías están basadas en la experiencia personal y datos publicados, que han dado lugar a esas cuatro categorías de absorción de plomo en forma arbitraria" (Hunter, 1974), y lo aneriormente expuesto es más significativo para plomo en cabello, pues existe un número mayor de factores que pueden afectar sus resultados, tales como la edad, (Kello, 1978), la contribución de plomo del medio ambiente, e inclusive se han encontrado correlaciones bajas entre plomo en cabello y plomo en sangre (Barry, 1972).

Baloh, (1974), sin embargo, sugiere que plomo en cabello, puede ser un indicador "razonable", si se toman las precauciones necesarias para evitar la contaminación atmosférica, y conviene en que debe llevarse a cabo un estudio más amplio para evaluar su potencial como medida independiente para la detección de casos de absorción aumentada de plomo.

5.1 PROPOSICIONES.

En base al trabajo realizado, se puede considerar que la exposición al plomo ambiental de los habitantes de la ciudad de Torreón, Coah. es moderada, pero que estudios de esta naturaleza deben efectuarse periódicamente con el objeto de evaluar constantemente el impacto de este elemento en la población.

Por otra parte, es conveniente evaluar adecuadamente la utilidad de plomo en cabello, pues la recolección de este tejido es la más sencilla e inocua, ya que no es obtenido por métodos invasivos y al no decomponerse fácilmente, no presenta problemas en cuanto a su almacenamiento, ni requiere de equipo especial para ello. Este trabajo puede servir de base para la elaboración de un proyecto que contemple la amplificación de la muestra de tal forma que permita una estratificación por edades.

6.0 BIBLIOGRAFIA.

- 1.- ALBERT, L., et al., "Niveles de plomo en niños mexicanos" XIII Congreso Latinoamericano de Ciencias Fisiológicas efectuado en México, D.F., (1977).
- 2.- ALBORES, A., Cebrian, M.E., Téllez, I. y Valdéz, B. "Estudio comparativo de Hidroarsenicismo crónico en dos comunidades rurales de la región Lagunera de México", bol. Of. Sanit. Panam 86(3): 196-205, (1979).
- 3.- BALOH, R.W., "Laboratory diagnosis of increased lead absorption". Arch. Environ. Health. 28: 198-208, (1974).
- 4.- BARLTROP, D., "Sources and significance of environmental lead for children". Pract. Int. Symp. Environ. Health Aspects Lead., 675-685, (1972).
- 5.- BARRY, P.S.I., "Lead in man: a review". Proc. of a meeting in medical aspects of lead absorption in industrial processes. Londres, The Lead Development, (1970).
- 6.- CANTAROW, A., and Trumpler, M., "Lead poisoning". The Williams and Wilkins, Co., Baltimore, (1944).
- 7.- CANTELLANO, A.L., Viniegra, G., Eslava, G., Alvarez, A.J. "El Arsenicismo en la Comarca Lagunera". Salud Pub. Mex., -- Epoca V, Vol. VI (3): 375-385, Mayo-Junio, (1964).
- 8.- CORRIDAN, J.P., "Head hair samples as indicator of environmental pollution". Environ. Res. 8: 12-16, (1974).

- 9.- CHISOLE, J.J. "Lead poisoning". Sci. Am. 224(2): 15-23, (1971).
- 10.- DANIEL, W.W. "Biostatistics": A Foundation for Analysis in - the Health Sciences, 2nd. edition, New York (1978).
- 11.- DAVIS, J.R. and Andelman, S.L. " Urinary delta-amino levulinic acid (ALA) levels in lead poisoning" Arch. Environ. Health 15: 53-59 (1967).
- 12.- DOWNIE, N.M., Heath, R.W. "Métodos estadísticos aplicados" HARLA, S.A. de C.V. (1973).
- 13.- EL-DAKHAKHNY, A.A. and El-Sedik, Y.M. "Lead in hair among -- exposed workers" Am. Ind. Hyg. 33: 31-34 (1972).
- 14.- GILFILLAN, S.C. "Lead poisoning and the fall of Rome" J.Occup. Med. 7(2): 53-60 (1965).
- 15.- HAEGER-ARONSEN, B. "Evaluation of two methods for measuring delta-aminolaevulinic acid in urine" Scand. J. Clin. Lab. -- Inv. 25: 19-23 (1970).
- 16.- HAEGER-ARONSEN, B. "Studies on urinary excretion of delta-amino laevulinic acid and other haem precursors in lead into xication rabbits" Soand. J. Clin. Lab. Inv. 12:(Suppl. 47) 1-128 (1960).
- 17.- HAMMER, D.I., Finkles, J.F., Hendricks, R.H., Shy, C.M. and Horton, R.J.M. "Hair trace metal levels and environmental - exposure" 93(2): 84-92 (1971).

- 18.- HALLMOND, P.B. "Exposure of humans to lead" *Ann. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 17: 197-214 (1977).
- 19.- NESSEL, D.W. "A simple and rapid quantitative determination of lead in blood" *Atomic Absorption Newsletter* 7(3): 55-56 (1968).
- 20.- HUNTER, D. "The diseases of occupations" *The English Universities* 237-332 5th. Ed. London (1974).
- 21.- KEHOE, R.A. "The metabolism of lead in man in health and disease" *The Harben Lectures J.R. Inst. Public Health* 24: 81-97 (1961).
- 22.- KEHOE, R.A. "Pharmacology and toxicology of heavy metals / lead" *Pharmac. Ther. A.* 161-188 (1976).
- 23.- KELLO, D., and Kostial, K. "Lead and cadmium in hair as an indicator of body burden in rats of different age" *Bull. Environm. Contam. Toxicol.* 20, 618-623 (1978).
- 24.- KOPITO, L. and Shwachman, H. "Measurement of lead in blood urine and scalp hair by atomic absorption spectrophotometry" *Stand. Methods Clin. Chem.* 7: 151-162 (1972).
- 25.- LANDRIGAN, P.J. , et al., "Epidemic lead absorption near an ore smelter" *The role of lead in dust* (1975).
- 26.- MAYERS, M.R. "Occupational health, hazards of the work environment" *The Williams and Wilkins Co., Baltimore* (1969).
- 27.- HILLS, L. "Lead in the environment" *Institute of Petroleum* 160-162 (1971).

- 28.- MOLINA-BALLESTEROS, G., Ordoñez, B.R., Sánchez-Anzaldo, F. J., Mora-Figueroa, J.R., Zúñiga-Charles, M.A. y Garza-Chapa R. "Contaminación ambiental por plomo en áreas industriales" Gaceta Med. de México 113 (5): 213-237 (1977).
- 29.- ORDOÑEZ, B.R. "Epidemiología" Gaceta Med. Mex. 113 (5): 215-221 (1977).
- 30.- PATTERSON, C., Cambridge, M., "Contaminated and natural lead environments of man" Arch. Environ. Health (11): 344-360 --- (1965).
- 31.- PERKIN-ELMER, "Analytical Methods using the HGA Graphite Furnace", Norwalk, Connecticut, U.S.A. (1977).
- 32.- PERKIN-ELMER, "Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry" Norwalk, Connecticut, U.S.A. (1976).
- 33.- REEVES, R.D., Jolley, K.W. and Buckley, P.D. "Lead in human hair: relation to age, sex and environmental factors" Bull. of Environ. Contamination & Toxicol. 14(5): 579-587 (1975).
- 34.- SCHROEDER, H.A. and Balassa, J.J. "Abnormal trace metals in man: lead" J. Chron. Dis. 14(4): 408-425 (1961).
- 35.- SELANDER, S. and Cramer, K. "Interrelationship between lead in blood, lead in urine and ALA in urine during lead work" Brit. J. Industr. Med. 27: 28-39 (1970).
- 36.- SORENSON, J.R.J., Melby, E.G., Nord, P.J. and Petering, H.G. "Interference in the determination of metallic elements in - human hair" Arch. Environm. Health 27: 36-39 (1973).

- 37.- U.S.E.P.A. (U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development, Washington, D.C. "Air Quality Criteria for lead" 20460 Dec. (1977).
- 38.- WALDRON , H.A. and Stöfen, D. "Subclinical lead poisoning" Academic Press, London (1974).
- 39.- WALDRON, H.A. "Blood lead treshold" Arch. Environm. Health 29: 271-273 (1974).
- 40.- ZIELHUIS, R.L. "Interrelationship of biochemical responses to the absorption of inorganic lead" Arch. Environm. Health 23: 299-311 (1971).
- 41.- ZIELHUIS, R.L. "Dose-response relationships for inorganic lead" Int. Arch. Occup. Health 35: 1-18 (1975).