



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

3

FACULTAD DE ODONTOLOGIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION

DETERMINACION DE PLOMO EN DIENTES PERMANENTES
INCLUIDOS EN UNA POBLACION MEXICANA

TESIS QUE PRESENTA
CD. SARA ALICIA ESPINOSA ORTEGA
PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRIA EN ODONTOLOGIA

DIRECTOR DE TESIS
MTRO. ARMANDO BAEZ PEDRAJO

ASESOR EN ANALISIS QUIMICO Y ANALISIS ESTADISTICO
RAUL BELMONT DAVILA

TUTOR
DR. JUAN CARLOS HERNANDEZ GUERRERO

MEXICO, DF. 2001

TESIS APOYADA POR PAPIIT No. IN20999



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**DETERMINACION DE PLOMO EN DIENTES
PERMANENTES INCLUIDOS EN UNA POBLACION
MEXICANA**

Aprobador por:

RAUL BELMONT DAVILA _____
ASESOR EN ANALISIS QUIMICO Y ESTADISTICA

DR. JUAN CARLOS HERNANDEZ GUERRERO _____
TUTOR

M.I. ARMANDO BAEZ PEDRAJO _____
DIRECTOR

RECONOCIMIENTOS

Al laboratorio de Química Atmosférica del Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, por las facilidades brindadas para la elaboración de este trabajo.

A las químicas Rocío García Martínez y María del Carmen Torres Barrera por su colaboración en el procesamiento y análisis de las muestras. Al Doctor Hugo Padilla Gordon por la revisión del inglés.

A Raúl Belmont Dávila por su valiosa colaboración en el análisis por espectrofotometría de absorción atómica, análisis estadístico del trabajo así como en la revisión del manuscrito.

CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
1. INTRODUCCION	4
2. PLOMO Y CONTAMINACIÓN	5
2.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	5
2.2 PRODUCCIÓN DE PLOMO	6
2.3 USOS DEL PLOMO	6
2.4 METABOLISMO	7
2.5 EFECTOS TÓXICOS DEL PLOMO	10
2.6 MANIFESTACIONES CLÍNICAS DE INTOXICACIÓN POR PLOMO	12
2.7 DIAGNÓSTICO DE INTOXICACIÓN	13
2.8 PRUEBAS CLÍNICAS	13
3. ANTECEDENTES	15
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
5. JUSTIFICACION	20
6. OBJETIVOS	21
6.1. OBJETIVO GENERAL	21
6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	21

7. HIPOTESIS	22
8. MATERIALES Y METODOS	23
8.1.1 MATERIAL DE LABORATORIO	23
8.1.2 MATERIAL ODONTOLÓGICO	24
8.1.3 MATERIAL PARA RECOLECCIÓN	25
8.2 UNIVERSO DE LA MUESTRA	26
8.3 COLECCIÓN DE LA MUESTRA	26
8.4 DEFINICIÓN DE VARIABLES Y ESCALA DE MEDICIÓN	27
8.5 LIMPIEZA DEL MATERIAL	29
8.6 PREPARACION DE LAS MUESTRAS	29
8.7 ANALISIS QUIMICO	30
8.7.1 CONTROL DE CALIDAD	31
8.8 ANALISIS ESTADISTICO	31
9. RESULTADOS	34
10. DISCUSION	42
11. CONCLUSIONES	46
12. PROPUESTAS DE INVESTIGACION A FUTURO	47
13. REFERENCIAS	48
DATOS PERSONALES	61
FORMACION ACADEMICA	61

RESUMEN

Se presenta un estudio prospectivo, transversal y observacional realizado en una población de la Ciudad de México con la finalidad de cuantificar plomo en dientes permanentes incluidos. La muestra consistió de cincuenta y seis dientes. El contenido de plomo fue cuantificado por medio de la espectrofotometría de absorción atómica.

Los datos fueron clasificados por edad, sexo, lugar de residencia y posición que guarda el órgano dentario en la mandíbula y en el maxilar. Como los datos presentaron una distribución aproximadamente lognormal se utilizó la estadística no paramétrica para estimar si existían diferencias entre las variables mencionadas y la concentración de plomo. La variable edad fue dividida en tres intervalos: de 15 a 19 años, 20 a 24 años y más de 25 años. Los sujetos con mayor edad presentaron mayor concentración de plomo con una media geométrica (\bar{X}_g) de $5.81 \mu\text{g/g}^{-1}$.

Se encontró que para el género femenino la \bar{X}_g fue de $4.30 \mu\text{g/g}^{-1}$ contra $4.13 \mu\text{g/g}^{-1}$ para el género masculino; sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas.

Con respecto a los lugares de residencia, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la zona sudeste ($5.88 \mu\text{g/g}^{-1}$) con la zona noroeste ($3.07 \mu\text{g/g}^{-1}$) y con la noreste ($3.09 \mu\text{g/g}^{-1}$).

Los resultados obtenidos en este estudio nos indican que el promedio de la concentración de plomo de los molares mandibulares fue mayor que la de los molares maxilares; sin embargo, no hay diferencia estadísticamente significativa.

Palabras clave: plomo, dientes incluidos, concentración de plomo, terceros molares.

ABSTRACT

A prospective and observational study was performed in a population of Mexico City to measure lead in impacted third molars. A total of 56 teeth were collected, lead levels were measured by graphite furnace atomic absorption spectroscopy.

The data was classified by gender, age and residential zone. No-parametric statistics was used to estimate if there were significant difference in lead concentrations among the above mentioned variables.

Age was analyzed at three intervals: 15-19 years-old, 20-24 years-old and ≥ 25 years-old. The geometric mean (\bar{X}_g) of the lead concentration was greater in the ≥ 25 year-old group ($5.81 \mu\text{g/g}^{-1}$).

The \bar{X}_g of the lead concentrations was greater in women ($4.13 \mu\text{g/g}^{-1}$) but there was no difference in lead concentrations between gender.

The lead concentrations comparison among residential zones showed significant differences between southern ($5.83 \mu\text{g/g}^{-1}$) and northern zones ($3.07 \mu\text{g/g}^{-1}$).

Lead concentrations were higher in mandibular teeth than in maxillary but there were no significant differences.

Key words: Lead, impacted molars, lead concentration, third molars.

1. INTRODUCCION

Los elementos químicos ajenos al cuerpo humano han sido motivo de estudio en un gran número de investigaciones. Las razones para medir y monitorear las concentraciones de sustancias químicas nocivas en los seres humanos son las siguientes: estimar los riesgos a la salud humana de algún elemento o compuesto químico en particular, realizar comparaciones entre diferentes tipos de poblaciones utilizando los valores encontrados, mejorar la calidad de nuestro ambiente y/o cambiar hábitos nocivos en nuestra población. Entre los elementos más estudiados se encuentra el plomo.

Hay dos formas en que se presenta la exposición del hombre al plomo: la natural (yacimientos naturales del metal) y por contaminación (provocada por el mismo hombre); de esta última, el plomo se presenta como resultado de la combustión de la gasolina con plomo, el uso de pinturas con plomo, soldaduras de plomo y el plomo utilizado en la elaboración de barro vidriado, lo que ha dado como resultado que toda la población resulte expuesta a este metal (Graef, 1991).

Existen tres rutas para la entrada del plomo al cuerpo humano y estas son: la ingestión (a través de los alimentos contaminados), por inhalación (partículas de plomo en el aire respirado) y tópica (contacto con la piel) (OMS, 1977).

Los efectos que produce el plomo en el organismo pueden pasar inadvertidos, dado que no existe un umbral demostrable para los efectos en relación con la dosis (Graef, 1991).

Los órganos dentarios han sido ampliamente utilizados para indicar la exposición acumulada a algún elemento o sustancia. El plomo acumulado en huesos y dientes es aproximadamente el noventa por ciento del total del plomo contenido en un individuo (Fergusson, 1987).

2. PLOMO Y CONTAMINACIÓN

2.1 Propiedades físicas y químicas

El plomo es un metal blando de color gris azulado o plateado; su número atómico es 82, el peso atómico es 207.19, la temperatura de fusión es de 327.5 °C y su temperatura de ebullición es de 1,740°C. Su densidad es de 11.35 g/cm³ a los 20°C. Tiene cuatro isótopos naturales 208, 206, 207 y 204, por orden de abundancia. Esta propiedad de poseer isótopos ha servido para realizar estudios ambientales y metabólicos con sustancias marcadoras no radioactivas (OMS, 1977).

El plomo tiene cuatro electrones en su órbita de valencia aunque sólo dos se ionizan con facilidad, por lo que el estado más común en el que podemos encontrar a los compuestos de oxidación del plomo es +2 y no +4. El carbono al unirse con el plomo forma compuestos muy

Los efectos que produce el plomo en el organismo pueden pasar inadvertidos, dado que no existe un umbral demostrable para los efectos en relación con la dosis (Graef, 1991).

Los órganos dentarios han sido ampliamente utilizados para indicar la exposición acumulada a algún elemento o sustancia. El plomo acumulado en huesos y dientes es aproximadamente el noventa por ciento del total del plomo contenido en un individuo (Fergusson, 1987).

2. PLOMO Y CONTAMINACIÓN

2.1 Propiedades físicas y químicas

El plomo es un metal blando de color gris azulado o plateado; su número atómico es 82, el peso atómico es 207.19, la temperatura de fusión es de 327.5 °C y su temperatura de ebullición es de 1,740°C. Su densidad es de 11.35 g/cm⁻³ a los 20°C. Tiene cuatro isótopos naturales 208, 206, 207 y 204, por orden de abundancia. Esta propiedad de poseer isótopos ha servido para realizar estudios ambientales y metabólicos con sustancias marcadoras no radioactivas (OMS, 1977).

El plomo tiene cuatro electrones en su órbita de valencia aunque sólo dos se ionizan con facilidad, por lo que el estado más común en el que podemos encontrar a los compuestos de oxidación del plomo es +2 y no +4. El carbono al unirse con el plomo forma compuestos muy

estables como lo son el tetraetilo y tetrametilo de plomo, ampliamente utilizados como aditivos de los combustibles (OMS, 1977; Day, 1989).

El plomo es el elemento más pesado del grupo IVB de la tabla periódica, en donde también se encuentran los siguientes elementos: carbono, silicio, germanio y estaño (Day, 1989).

2.2 Producción de plomo

El plomo es obtenido de minerales metalíferos y por recuperación en productos plúmbicos. La minería, la fundición y la refinación, así como la producción de compuestos y sustancias que contienen plomo, pueden dar lugar a exposiciones nocivas de este metal (Davis, *et al.* 1963). Los países más importantes en la producción de plomo son: EUA, Australia, Canadá, Perú, México, Bulgaria, China, Yugoslavia (OMS, 1977).

México es el treceavo país productor de plomo. La producción alcanzada en el año de 1989 fue de 132, 789 toneladas, en donde más de la mitad (alrededor del 60%) es exportada, el resto se utiliza en la industria de la fabricación de acumuladores, aditivos de la gasolina, pigmentos y soldaduras (Comisión Metropolitana, 1990).

2.3 Usos del plomo

La fabricación de acumuladores eléctricos representa la categoría de mayor consumo de plomo en la industria. El plomo metálico se utiliza en

las rejillas de los acumuladores. Los óxidos como el litargirio (PbO), el rojo plomo (Pb_3O_4) y el óxido gris (PbO_2), se utilizan en el material activo que se empasta sobre las placas de los acumuladores (OMS, 1977). La industria de los acumuladores es además, la fuente principal para la producción de plomo secundario, estimando que se recupera por fundición hasta el 80% del plomo de los acumuladores (OMS, 1977). Los compuestos alquílicos de plomo se utilizan como aditivos antidetonantes en la gasolina (tetraetilo de plomo) (Day, 1989).

Las industrias que usan plomo en sus productos constituyen una importante proporción del consumo total. La industria de la construcción utiliza láminas de plomo para techados y cubrejuntas, revestimiento de paredes e insonorización. Además, el plomo forma fácilmente aleaciones, encontrándolo en las soldaduras, cojinetes, objetos de bronce, tipos de imprenta y tubos plegables. El polvo de plomo es utilizado cuando se mezcla en una matriz plástica formando hojas de plomo que servirán para la fabricación de ropa y blindaje contra radiaciones utilizado en las industrias médica, científica y nuclear.

La industria bélica también consume una gran cantidad de plomo en la fabricación de municiones (OMS, 1977).

2.4 Metabolismo

Existen tres vías por donde podemos absorber el plomo: la inhalación del aire con plomo hacia los pulmones, la ingestión de comida, agua y

en algunas ocasiones de materiales no consumibles, pero que pasan al sistema gastrointestinal y la absorción por medio de la piel.

Del 20 al 50% del plomo inhalado es depositado en los pulmones, este depósito depende del tamaño de las partículas y de los patrones de respiración de cada persona. La mayor parte se deposita en la porción periférica del pulmón y el metal es absorbido a las 24 horas. La velocidad de absorción del plomo depende de la solubilidad del plomo inhalado y del tamaño de las partículas (Friberg *et al.*, 1988).

En el adulto, el 10% del plomo ingerido se absorbe en el tracto gastrointestinal en presencia de comida y se incrementa su absorción cuando el estómago está vacío. La absorción de plomo es mucho mayor en infantes, incrementándose cuando existen deficiencias de hierro, calcio y vitamina D (Vega *et al.*, 1975; Clarkson *et al.*, 1988)

Después de la absorción, el plomo se incorpora a la sangre, la mayor parte de éste se asocia con la hemoglobina y sólo una pequeña porción variable queda libre en el plasma. Se ha estimado que esta porción de plomo, biológicamente activa, es la que contribuye a la intoxicación aguda, además de que es la que atraviesa las barreras hematoencefálica y placentaria. Una vez que el plomo se encuentra en el sistema circulatorio se distribuye en todo el organismo (Scharer *et al.*, 1991). En condiciones de equilibrio se puede encontrar en la sangre de un 5 a un 10% del plomo ingerido, de éste, un 95% se encuentra en los eritrocitos. El plomo produce la inhibición parcial de varias enzimas que

intervienen en la síntesis del hem siendo las más sensibles la ferroquelatasa y la porfobilinógeno sintetasa. En la intoxicación por plomo se puede ver aumento de la actividad de la delta-aminolevulínico sintetasa y disminución de la actividad de la porfobilinógeno sintetasa en los hematíes, aumento de ácido delta-aminolevulínico en el plasma y en la orina, coproporfirina aumentada en la orina y aumento de la protoporfirina libre en los hematíes. Se encuentra disminuida la biodisponibilidad del hierro y la velocidad de síntesis del hem y la globina. Esto provoca una hiperplasia de la serie roja y una reticulocitosis compensadora (Nelson, 1989). La vida media del metal en sangre es de uno a dos meses, alcanzando su eliminación al sexto mes si cesa la exposición (Lansdown *et al.*, 1974).

Posteriormente el plomo en los tejidos blandos tiene una vida media de 46 días y en hueso una vida media de veinte o más años (Howson, *et al.*, 1996).

El plomo se acumula en huesos y dientes, conteniendo el hueso más del 90% del total del plomo en el organismo del adulto (Grobler *et al.*, 1985). En estos tejidos calcificados, el plomo se incorpora a la molécula de hidroxapatita en donde los iones de plomo reemplazan parcialmente a los iones de calcio, donde permanece relativamente inactivo, aunque se desconoce la estabilidad de la molécula (Frank *et al.*, 1990; Scharer *et al.*, 1991). El hueso y los dientes sirven como depósito a largo plazo para el aproximadamente 95% del plomo, de tal

manera que el plomo en hueso y dientes se mantiene elevado aunque disminuya el plomo en sangre y tejidos blandos, por lo cual podría considerarse un mejor marcador biológico de la intoxicación crónica (Steenhout, 1982). Por evidencia indirecta se ha observado que los huesos liberan el plomo constantemente, pero esta reacción aumenta en los estados fisiológicos de la mujer, como el embarazo, la lactancia y la menopausia (OMS, 1977)

El plomo es excretado durante los siguientes 15 días después de su absorción. Esta se realiza principalmente por orina. Otras rutas menores de excreción lo constituyen: el sudor, la leche materna, los cabellos y las uñas (OMS, 1977; Friberg et.al.,1988).

2.5 Efectos tóxicos del plomo

El plomo es un tóxico para las enzimas cuando se une al grupo sulfhidrilo de las proteínas. También interfiere con el transporte de calcio, con la síntesis y liberación de neurotransmisores y con la actividad de la proteinasa C. En concentraciones elevadas, el plomo altera las estructuras terciarias de las proteínas intercelulares, desnaturalizándolas, causándoles muerte celular e inflamación tisular (Graef, 1991)

La alteración de la síntesis del grupo hem, constituyente de la hemoglobina y de un gran número de enzimas en todas las células del cuerpo, es un efecto primario asociado al incremento en la

concentración de plomo en los tejidos blandos (OMS 1977, 1980). El efecto en la formación de glóbulos rojos causa reticulocitosis y eritrocitos con formas anormales en sangre periférica. En trabajadores, con exposición laboral al plomo, puede ocurrir anemia, debido a la corta vida media de los eritrocitos afectados por el metal (OMS 1977).

El plomo también afecta al sistema nervioso, los niños son los más susceptibles. Se han encontrado datos de encefalopatía con niveles sanguíneos de plomo de 800 $\mu\text{g/L}$ (Nelson, 1989). Los síntomas clásicos son: ataxia, convulsiones y coma. Dietrich *et al.* (1986) y Bellinger *et al.* (1988), encontraron déficits en el desarrollo neurológico en los primeros años de vida como resultado de una exposición fetal, encontrando concentraciones en la sangre del cordón umbilical de menos de 100 $\mu\text{g/L}$. La exposición al plomo inorgánico puede causar daños al sistema nervioso periférico y, en casos raros, puede causar neuropatía motora periférica. Esto es debido a la desmielinización, degeneración axonal y la posibilidad de un bloqueo presináptico (OMS, 1977).

La exposición prolongada puede causar problemas en el riñón afectando la función glomerular y la función tubular (Scharer, *et al.* 1991). Hay evidencia de que la exposición al plomo puede causar defectos en la función reproductiva tanto de hombres como de mujeres (Lancranjan *et al.*, 1975). La exposición a altas dosis de plomo oral en roedores ha dado como resultado un decremento de la fertilidad y

un incremento en la muerte perinatal, así como disturbios en el desarrollo (OMS, 1977)

Otros problemas causados por el plomo en el tracto gastrointestinal son: constipación, diarrea, dolor epigástrico, náusea, indigestión, pérdida de apetito y cólico (OMS, 1977; Nelson, 1989).

El centro de control de enfermedades de Estados Unidos de Norteamérica publicó recientemente los nuevos estándares para los niveles de plomo en sangre (PbS), los cuales establecen 10 µg/dL como límite superior seguro, entre 10 a 15 µg/dL requieren vigilancia y reconocer las causas o fuentes de exposición y por encima de 15 µg/dL requieren de tratamiento médico (Rothenberg *et al.*, 1993).

2.6 Manifestaciones clínicas de intoxicación por plomo

La intoxicación por plomo no descubierta, se caracteriza por episodios sintomáticos recurrentes que ceden de forma espontánea. Los síntomas que aparecen de forma primaria son irritabilidad, anorexia y disminución del movimiento de brazos y piernas. Posteriormente, aparecen vómitos esporádicos, dolor abdominal intermitente, estreñimiento y en casos más graves anemia y pérdida de las habilidades adquiridas (Graef, 1991)

2.7 Diagnóstico de intoxicación

Los síntomas de una intoxicación plúmbica son muy sutiles y nada específicos. Cuando el médico realiza una exploración física, generalmente, no encuentra nada anormal a menos que se haya presentado una encefalopatía aguda. La intoxicación por plomo o saturnismo debería ser diagnóstico diferencial en padecimientos como: anemia, crisis convulsivas, retraso mental, cólicos abdominales, trastornos de la conducta y problemas en el aprendizaje (Nelson, 1989).

Las secuelas que puede dejar el saturnismo dependen del grado y de la duración de la ingesta excesiva de plomo. Las lesiones cerebrales pueden permanecer ocultas, pero algunas secuelas como convulsiones y déficit de la capacidad de atención requieren de cuidados y atención personalizada (Graef, 1991).

2.8 Pruebas clínicas

El plomo ha sido cuantificado en sangre, suero, orina, tejidos blandos, dientes, huesos y cabello. Las pruebas utilizadas en estos estudios son:

- A. Acido levulínico dehidratasa (ALA-D): los niveles normales en orina son de 6 $\mu\text{g}/\text{dL}$.
- B. Coproporfirina urinaria > 500 $\mu\text{g} / \text{dL}$.
- C. Examen electrofisiológico de velocidad de conducción, potenciales evocados.

- D. Pruebas de neuroconductividad.
- E. Pruebas radiológicas de huesos largos (línea de plomo)
- F. Fluorescencia de rayos X
- G. Espectrofotometría de absorción atómica.

2.9. Mutagenicidad

Se sabe que el plomo afecta la hemo-biosíntesis al inhibir el ácido delta aminolevulínico deshidratasa ALA-D. En estudios recientes se han encontrado dos genotipos de ALA-D, ALA-D1 y ALA-D2. Al estudiar los disturbios ocasionados por el plomo en la biosíntesis del grupo hem, se encontró que los pacientes con ALA-D1 homocigotos pueden ser más susceptibles que los pacientes con ALA-D2 a presentar disturbios en la biosíntesis del grupo hem causado por la exposición al plomo (Sakai T et al. 2000).

El polimorfismo que presenta el ALA-D se ha reportado que modifica la farmacocinética del plomo. No obstante también se ha observado que no hay asociación entre el genotipo de ALA-D y el nivel de plomo en sangre y en hueso. Pero, a pesar de esto se observó que ALA-D2 se presenta menos frecuentemente en los trabajadores expuestos al plomo que los controles no expuestos (Bergdahl IA, 1997)

3. ANTECEDENTES

La medición más común del plomo en el ser humano se lleva a cabo en la sangre, ésta se realiza en sangre total aunque también puede cuantificarse en plasma o en los eritrocitos. La toma de la muestra puede ser de la sangre venosa o capilar, aunque ambos métodos son fácilmente susceptibles de contaminación. Se deben tomar varias muestras de sangre ya que una muestra no es representativa de la cantidad de plomo en la sangre del donador, además, la cuantificación de plomo en la sangre indica una exposición reciente al metal (Lansdown *et al.*, 1974; Vega *et al.*, 1975; Montoya *et al.*, 1981; Reyes *et al.*, 1993; Rothenberg *et al.*, 1993)

Los órganos dentarios se han usado como un indicador de exposición al plomo, debido a que proveen un registro de exposición pasada al plomo, por lo que resulta más confiable que la sangre, cuando se realiza una clasificación de la gente en términos de alta o baja exposición al metal (OMS, 1977)

Al hacer una revisión sobre la utilización de los órganos dentarios como indicadores biológicos de exposición al plomo, se han encontrado los siguientes estudios, que reflejan la manera en que se han venido utilizando los órganos dentarios permanentes para cuantificación del plomo.

Brudevold *et al.* (1977) usó biopsias de esmalte dentario para cuantificar exposición temprana al plomo; encontró que los niños mayores tenían menores concentraciones de plomo en esmalte que los niños más pequeños. Concluyó que el plomo en el esmalte se adquiere antes de que el diente erupcione, siendo la biopsia del esmalte un indicador de exposición temprana al plomo, además, que la saliva no puede ser tomada en cuenta como un indicador debido a la dificultad para su obtención y a los bajos niveles de plomo encontrados en las muestras de saliva (Brudevold *et al.*, 1977).

Naimi *et al.* (1980), encontraron que la concentración de plomo en dentina aumenta con la edad; sin embargo, encontraron resultados contrarios en el esmalte.

En Bélgica, se realizó un estudio en tres poblaciones diferentes: industrial, urbana y rural. Se cuantificó plomo en órganos dentarios permanentes, encontrando diferencias significativas entre cada grupo, siendo mayores en la población industrial (Steenhout y Pourtois, 1981).

Moller (1982), cuantificó plomo en dentina de dientes permanentes, considerándolos como indicadores de exposición temprana al plomo, debido a que la calcificación de los órganos dentarios permanentes ocurre en la niñez. Además, en este estudio encontró diferencias con relación a la exposición con el tránsito vehicular encontrando que a

mayor exposición mayor concentración de plomo en los órganos dentarios.

Steenhout (1982), realizó un estudio epidemiológico sobre la cinética del plomo en dientes y huesos, indicando que existe una constante que se refiere a la transferencia de plomo sanguíneo al plomo contenido en los dientes. Comparando esta constante con estudios realizados en individuos marcados con isótopos se ha encontrado una relación muy estrecha con los resultados.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), la contaminación se origina principalmente por las emisiones de más de tres millones de vehículos automotores y más de quince mil industrias (SEMARNAP, 1996).

En el año de 1988, en la ZMCM se presentaron niveles de plomo mayores de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en las zonas noreste, noroeste y sudeste. En este mismo año, aparece en el mercado la gasolina sin plomo. La gasolina en los primeros años de la década de los 80 contenía un promedio de 0.9 g/l de plomo, disminuyendo drásticamente a 0.09 g/l a partir del año de 1988 (SEMARNAP, 1998)

Los niveles de plomo en la atmósfera, en el periodo comprendido de enero, febrero y marzo de 1998, se mantuvieron por debajo de la norma de $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (promedio trimestral), presentando valores de $0.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las concentraciones de plomo que se encontraron en los últimos años, muestran la eficacia de las medidas implementadas, sobretodo en el área de combustibles, obteniéndose valores muy por debajo de la norma (RAMA, 1998).

En la Ciudad de México, la norma para el plomo atmosférico es de $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media aritmética de tres meses), encontrándose en el año de 1996 una media de $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SEMARNAP, 1996)

Tomando como referencia lo anteriormente expuesto, este trabajo servirá para conocer la cantidad de plomo que se encuentra en los dientes permanentes incluidos, en función de la edad, género y lugar de residencia del donador, y así poder establecer las diferencias, si estas existiesen, entre estas variables.

5. JUSTIFICACION

Se conoce que los órganos dentarios son indicadores de plomo en el organismo.

La realización de este estudio con dientes permanentes incluidos, nos permitirá descartar la acumulación de plomo por vía tópica, ya que la muestra no está en contacto con la cavidad bucal; además, establecer si los niveles de plomo encontrados en los órganos dentarios tienen relación con el género del donador, lugar de residencia y edad del individuo.

6. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Cuantificar los niveles de plomo en dientes permanentes incluidos de una población de residentes de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar los niveles de plomo en dientes permanentes.

Determinar si hay diferencias en la concentración de plomo en los dientes de acuerdo con la edad y género del donador.

Determinar si existen diferencias en los niveles de plomo de los dientes de acuerdo al lugar de residencia del donador.

7. HIPOTESIS

Hay relación entre los niveles de plomo en dientes permanentes incluidos con el género, la edad y el lugar de residencia del individuo.

8. MATERIALES Y METODOS

8.1 EQUIPO Y MATERIALES

8.1.1 Material de laboratorio

Espectrofotómetro de absorción atómica GBC, Modelo 932AA.

Superlámpara de plomo, Photron.

Trampa de líquidos, GBC.

Horno de grafito GBC, modelo GF 3000.

Muestreador automático GBC, modelo PAL3000.

Computadora GBC con software para el control externo del sistema y accesorios del espectrofotómetro.

Tubos de grafito pirolíticamente recubiertos.

Viales de plástico de 2 mL.

Balanza analítica Sartorius, modelo A 2005.

Sistema de purificación Milli-Q plus (para la obtención de agua desionizada), Millipore.

Estufa eléctrica, Blue M, modelo SW-17TA.

Parrilla de calentamiento eléctrica, Thermolyne, modelo 2000.

Micropipeta, Eppendorf de 100 a 1000 μ L, modelo 4710.

Puntas de propileno de 101 a 1000 μ L, Eppendorf.

Aire comprimido.

Cilindros de nitrógeno grado absorción atómica, Industrias Franco, S.A.

Cilindros de Argón grado absorción atómica, Industrias Franco, S.A.

Vasos de precipitados de 50 mL, Pyrex.

Vidrios de reloj, Pyrex.

Matraces volumétricos de 25 mL, Pyrex.

Desecador de policarbonato.

Sílica gel con indicador (6-18 mallas), Benker.

Acido nítrico grado reactivo, Merck.

Hipoclorito de sodio.

Agua desionizada.

Peróxido de hidrógeno, grado reactivo, Merck

8.1.2 Material odontológico

Jeringa tipo carpule.

Cartuchos de anestesia (xilocaína con epinefrina).

Agujas dentales estériles.

Gasas estériles.

Pieza de mano de baja velocidad.

Instrumental quirúrgico.

Guantes estériles

8.1.3 Material para recolección

Bolsas de plástico

Membretes autoadheribles

Cuestionarios

Lápices

Marcadores

8.2 UNIVERSO DE LA MUESTRA

Se seleccionaron pacientes, de ambos sexos, que acudieron al servicio de Cirugía Maxilofacial de la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Odontología de la UNAM en el periodo comprendido de enero a junio de 1997. Los pacientes contaron con las siguientes características, imputables a todos ellos, para poder participar en el estudio: haber residido durante toda su vida en la ZMCM y ser aparentemente sanos.

8.3 COLECCIÓN DE LA MUESTRA

Se colectaron 56 dientes permanentes incluidos completos (terceros molares), que no han tenido contacto con la cavidad bucal. Los dientes no presentaron anomalías dentarias de forma, color y textura. Cada diente extraído se guardó en una bolsa de polietileno, la cual fue etiquetada con el nombre del sujeto y número de muestra. Posteriormente se envió al laboratorio de Química atmosférica del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM.

A cada sujeto se le realizó un registro de los siguientes datos: fecha de recolección, nombre, género, edad, lugar de residencia, tiempo de habitar en ese lugar, número de órgano dentario (Anexo 1).

8.4 DEFINICION DE VARIABLES Y ESCALA DE MEDICION

Edad: Tiempo que una persona ha vivido desde su nacimiento. La división de la edad empleada se baso en la estratificación que hace la Organización Mundial de la Salud, definiendo al adolescente como la edad entre los 10 a 19 años, juventud entre los 20 y 24 años y adulto el individuo de entre los 25 a 64 años (Piedrola 1991)

Escala de medición: años cumplidos:

15 a 19 años

20 a 24 años

≥ 25 años

Género: Condición orgánica que distingue al hombre de la mujer en los organismos heterogaméticos.

Escala de medición: Femenino (1)

Masculino (2)

Lugar de residencia: Porción determinada del espacio.

Se clasificaron en 5 grupos de acuerdo a la división que hace la Red Automática de Monitoreo Ambiental (RAMA):

Noreste

Noroeste

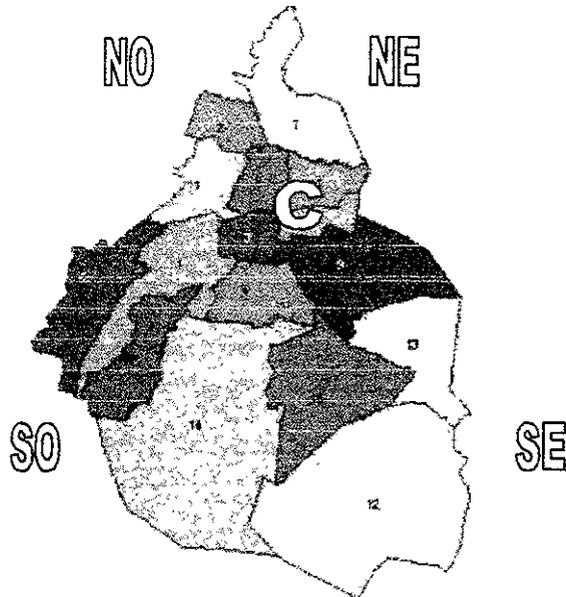
Centro

Sudeste

Sudoeste

FIG. 1 ZONAS DE MUESTREO DE LA RED AUTOMÁTICA DE MONITOREO AMBIENTAL

DIVISIÓN POLÍTICA DEL
DISTRITO FEDERAL



- | | |
|--------------|------------------------|
| [Pattern 1] | 1 ÁLVARO OBREGÓN |
| [Pattern 2] | 2 AZCAPOTZALCO |
| [Pattern 3] | 3 BENITO JUÁREZ |
| [Pattern 4] | 4 COYOACÁN |
| [Pattern 5] | 5 CUAJIMALPA |
| [Pattern 6] | 6 CUAUHTÉMOC |
| [Pattern 7] | 7 GUSTAVO A. MADERO |
| [Pattern 8] | 8 IZTACALCO |
| [Pattern 9] | 9 IZTAPALAPA |
| [Pattern 10] | 10 MAGDALENA CONTRERAS |
| [Pattern 11] | 11 MIGUEL HIDALGO |
| [Pattern 12] | 12 MILPA ALTA |
| [Pattern 13] | 13 TLÁHUAC |
| [Pattern 14] | 14 TLALPAN |
| [Pattern 15] | 15 VENUSTIANO CARRANZA |
| [Pattern 16] | 16 XOCHIMILCO |

8.5 LIMPIEZA DEL MATERIAL

La cristalería utilizada en la digestión y análisis de los dientes, y los viales de plástico del muestreador automático, se lavaron con agua destilada, enseguida se remojaron, por 24 horas, con ácido nítrico al 20% v/v. Al término de este tiempo, se enjuagaron varias veces con agua desionizada (ADI). Los vasos de precipitados (50 mL) se secaron en una estufa eléctrica a 103°C por 1 hora, se enfriaron y pesaron. Esta operación se repitió hasta obtener el peso constante. Los viales se secaron en la estufa a 60 °C. El material restante se secó a temperatura ambiente. Se verificó, por medio de análisis por espectrofotometría de absorción atómica, que el material no estuviera contaminado con plomo.

8.6 PREPARACION DE LAS MUESTRAS

Cada diente se lavó con ADI y se colocó en un vaso de precipitados. Para eliminar los tejidos adheridos, se adicionaron 25 mL de solución de hipoclorito de sodio al 10% (v/v) dejándolos en esta solución por 24 horas. Transcurrido este tiempo, fue descartada la solución de hipoclorito de sodio y se procedió a enjuagar, 5 veces con A DI. Se les adicionó ADI y se dejaron en ésta por 24 horas. Se enjuagaron 5 veces con ADI y se colocaron en una estufa a 103 °C por una hora,

se retiraron de la estufa y se colocaron en un desecador de policarbonato conteniendo sílica gel con indicador (6-18 mallas) por media hora, enseguida, cada uno se pesó en una balanza analítica, el procedimiento se repitió hasta encontrar el peso constante de cada órgano dentario.

Una vez obtenido el peso constante de cada diente, se digirieron con 5 mL de ácido nítrico bidestilado más 200 μ L de peróxido de hidrógeno, tapando los vasos con vidrios de reloj.

Las muestras se calentaron en una parrilla teniendo la precaución de que no hirvieran. Una vez que se completó la digestión, los vasos se enfriaron y las soluciones fueron transferidas cuantitativamente a matraces volumétricos de 25 mL. Los vasos y los vidrios de reloj se enjuagaron varias veces con agua desionizada y las soluciones de enjuague se adicionaron a los matraces con las muestras. Finalmente, las soluciones fueron llevadas a volumen con agua desionizada. Se prepararon en forma simultánea blancos con agua desionizada, siguiendo el mismo procedimiento de las muestras.

8.7 ANALISIS QUIMICO

La concentración de plomo en los órganos dentarios se determinó por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito a una longitud de onda de 283.3 nm, utilizando para ello un espectrofotómetro

de absorción atómica GBC con corrector de fondo (lámpara de arco de deuterio).

El estándar de calibración fue preparado de la siguiente manera: A partir del stock de Pb de 1000 mg/L se realiza dilución en decimales a 20 mL de solución estándar de 100 µg/L se diluyeron a un volumen de 100 mL con agua desionizada, adicionando antes de aforar, 20 mL de ácido nítrico concentrado. Para la determinación de plomo se inyectaron 20 µL de muestra en el horno. Además, se hizo la determinación del metal en un estándar de concentración media por cada diez muestras analizadas y la determinación duplicada de los mismo estándares y muestras.

8.7.1 Control de calidad

Se utilizó el método de recuperaciones, el cual consiste en la adición de una cantidad conocida de analito (plomo) a la muestra. La diferencia en concentración entre las muestras con adición y sin adición se utilizó para calcular por ciento de recuperación (Keller, 1988). El resultado obtenido fue de 108 %

8.8 ANALISIS ESTADISTICO

El cálculo de la estadística se hizo mediante el software Statgraphics versión 5.0. En primer lugar, con el fin de conocer la distribución que

siguen los datos, se hizo un histograma de frecuencias de la concentración de plomo, el cual presentó una distribución sesgada hacia la derecha (Figura 2). Se hizo la transformación de los datos a logaritmos naturales y se obtuvo el histograma mostrado en la Figura número 3.

Para conocer el tipo de distribución obtenida, se aplicó la prueba bilateral de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov (Daniel, 1996).¹ Los resultados obtenidos nos indicaron que los datos se ajustaron a una distribución aproximadamente lognormal ($p < 0.05$).

Los datos se clasificaron por género, edad, posición del diente (en el maxilar y en la mandíbula) y por zona de residencia. El total de terceros molares colectados fue de 56, de los cuales 27 fueron del género femenino y 29 del género masculino. En la variable edad se hicieron tres intervalos: 15 a 19 años (21 sujetos), 20 a 24 años (26 sujetos) y >25 años (9 sujetos).

Por la posición que guarda el diente en el maxilar, se clasificaron en superiores, derechos e izquierdos (N=26) e inferiores, derechos e izquierdos (N=30). De acuerdo con la división que hace la Red Automática de Monitoreo Ambiental, la ZMCM se dividió en cinco

¹ Esta prueba es utilizada para comparar dos funciones de distribución: la acumulada teórica y la de los datos de la muestra. Cuando existe un ajuste entre estas distribuciones, se acepta la hipótesis nula (H_0) de que las muestras provienen de la población especificada. La diferencia entre estas funciones se mide con el estadístico DN (distancia vertical máxima entre las funciones). Se rechaza la H_0 en el nivel significativo p , si el valor DN es mayor al valor de la tabla de valores críticos de Kolmogorov. En este estudio, se especificó como H_0 : la muestra proviene de una población con distribución lognormal.

zonas: Noroeste (N=9); Noreste (N=10); Centro (N=10); Sudoeste (N=17) y Sudeste (N=10) (Figura 3).

Para estimar si existen diferencias en la concentración de plomo en las variables mencionadas anteriormente y considerando que la distribución de los datos es aproximadamente lognormal, se aplicaron pruebas no paramétricas. Para estimar si hay diferencias en las concentraciones de plomo entre los sexos se aplicó la prueba bilateral de Wilcoxon-Mann-Whitney (Sprent, 1989).²

Para comparar las concentraciones de plomo entre las edades y entre las zonas de residencia, se aplicó el análisis unilateral de varianza por rangos de Kruskal-Wallis (Daniel, 1996).³

Por otra parte, se hizo la comparación de las concentraciones de plomo de acuerdo a las siguientes posiciones: maxilares y mandibulares, derechos e izquierdos, utilizando la prueba unilateral de varianza por rangos de Kruskal-Wallis. Así mismo, se hizo la comparación entre los molares maxilares y mandibulares, empleando la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney.

² Esta prueba se emplea para comparar las medias o medianas de dos muestras independientes. Es una prueba bilateral en la que se prueba la H_0 : no hay diferencia entre las medias o medianas. El estadístico de prueba es U. Se rechaza la H_0 si el valor de U (valor mínimo) es menor que el valor de U de las tablas de valores críticos de Wilcoxon-Mann-Whitney ($p = 0.05$). Para valores de U fuera del rango de la tabla, se utiliza la aproximación a la normal para muestras grandes con corrección de continuidad. Se rechaza H_0 , si el valor absoluto de Z ($|Z|$) es mayor que 1.96 (valor crítico de Z) en un nivel significativo $p = 0.05$.

³ Esta prueba se utiliza para comparar tres o más muestras. Se utiliza para probar la H_0 : las muestras tienen la misma distribución contra la H_a (hipótesis alternativa): por lo menos una muestra es de una distribución con localización diferente. El estadístico de prueba es H. Si la muestra tiene más de cinco observaciones en uno o más de los grupos a comparar, el valor calculado de H se compara con los valores críticos de χ^2 con k-1 grados de libertad. Si el valor calculado de H es menor que el valor crítico de χ^2 , se acepta la H_0 , a un nivel significativo de $p = 0.05$.

9. RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran las medias, aritmética (\bar{X}) y geométrica (\bar{X}_g), con sus respectivas desviaciones estándar, de las concentraciones de plomo determinadas en los terceros molares. Los resultados obtenidos en este estudio (Tabla 1) nos indican que la \bar{X}_g de la concentración de plomo de los molares mandibulares fue mayor que la de los molares maxilares; sin embargo, la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney nos indicó que no hay diferencia significativa con $|Z|$ de 1.21 ($p < 0.05$). Los molares maxilares izquierdos tuvieron una \bar{X}_g mayor que la de los derechos y los molares mandibulares derechos mayor que la de los izquierdos; los maxilares derechos tuvieron una \bar{X}_g menor que la de los mandibulares derechos y los mandibulares izquierdos mayor que la de los maxilares derechos. De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis, no hay diferencia significativa ($p < 0.05$) en la concentración de plomo entre estos dientes ($H = 1.831$, la que es menor que el valor de $\chi^2 = 5.991$, con 3 grados de libertad).

Las concentraciones de plomo en los terceros molares incluidos, con respecto a la posición, superiores e inferiores (izquierdos y derechos), correspondientes al género femenino y masculino, respectivamente, se muestran en la Tabla 2 y 3. La \bar{X}_g de la concentración de plomo es

mayor en el sexo femenino. El resultado obtenido con la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney nos indica una $|Z|= 0.43$, por lo tanto, se acepta la H_0 de igualdad de medias y se concluye que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las concentraciones de plomo correspondientes a los géneros.

La \bar{X}_g para la concentración de plomo de los terceros molares superiores izquierdos para el sexo femenino fue de $6.4 \mu\text{g/g}^{-1}$ (Tabla 2), que es mayor que la obtenida para el sexo masculino, en los mismos órganos dentarios, con una \bar{X}_g de $3.1 \mu\text{g/g}^{-1}$ (Tabla 3). La prueba de Mann-Whitney dio una $|Z| = 2.192$, por lo tanto, se rechaza la H_0 de igualdad de medias, concluyendo que hay diferencia estadísticamente significativa entre la concentración de plomo de los terceros molares superiores izquierdos y el género.

Las Tablas 4 y 5 muestran las concentraciones de plomo correspondientes a los diferentes intervalos de edad y a las de las zonas de residencia, respectivamente.

La \bar{X}_g de la concentración de plomo por intervalo de edad (Tabla 4) fue mayor en el grupo > 25 años, seguida en orden por el de 20-24 años y el de 15-19 años. La prueba de Kruskal-Wallis dio un valor de $H = 9.20$, el cual es más grande que el valor crítico de la $\chi^2 = 5.991$, con 2 grados de libertad y $p < 0.05$, por consiguiente, se rechaza la H_0 y se acepta la H_a (por lo menos una muestra es de una distribución con

localización diferente). Para ver que intervalo de edad difiere, se aplicó la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney, la que nos mostró que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre el grupo de 15 a 19 años con los grupos de 20 a 24 años y > 25 años, los que tuvieron valores de $|Z|$ de 2.17 y 2.94, respectivamente.

La comparación de la concentración de plomo entre las zonas de residencia (Tabla 5) dio un valor de $H = 10.534$, el cual es más grande que el valor crítico de $\chi^2 = 9.488$, con 4 grados de libertad y $p < 0.05$, por consiguiente, se rechaza la H_0 y se acepta la H_a . Se aplicó la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney, la cual mostró que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre la zona sudeste con las zonas noroeste y noreste con valores de U de 24 y 23, respectivamente.

Tabla 1. Concentración de plomo ($\mu\text{g g}^{-1}$, peso seco) en terceros molares incluidos(diente completo)

Diente	N	Media geométrica	Desviación estándar de la media geométrica	Media Aritmética	Desviación estándar	Mínima	Máxima
Todos	56	4.21	1.74	4.89	2.77	1.08	14.21
Superiores (Todos)	26	3.87	1.86	4.69	3.23	1.08	14.21
Inferiores (Todos)	30	4.53	1.62	5.05	2.34	1.69	9.96
Superiores derechos	14	3.59	1.94	4.40	3.01	1.08	11.95
Superiores izquierdos	12	4.22	1.79	5.03	3.58	1.91	14.21
Inferiores derechos	13	4.71	1.58	5.16	2.14	2.05	8.56
Inferiores izquierdos	17	4.40	1.68	4.97	2.54	1.69	9.96

Tabla 2. Concentración de plomo ($\mu\text{g g}^{-1}$, peso seco) de los terceros molares en relación con la posición que tienen en la cavidad bucal del género femenino

Diente	N	Media geométrica	Desviación estándar de la media geométrica	Media Aritmética	Desviación estándar	Mínima	Máxima
Total	27	4.3	1.9	5.2	3.2	1.08	14.21
Superiores (Todos)	14	4.8	2.1	6.0	3.9	1.08	14.21
Inferiores (Todos)	13	3.8	1.7	4.3	2.1	1.69	9.96
Superiores derechos	9	4.1	2.1	5.2	3.5	1.08	11.95
Superiores izquierdos	5	6.4	1.8	7.4	4.6	3.23	14.21
Inferiores derechos	5	3.9	1.8	4.4	2.3	2.05	7.51
Inferiores izquierdos	8	3.8	1.7	4.2	2.1	1.69	7.39

Tabla 3. Concentración de plomo ($\mu\text{g g}^{-1}$, peso seco) de los terceros molares en relación con la posición que tienen en la cavidad bucal del género masculino

Diente	N	Media geométrica	Desviación estándar de la media geométrica	Media Aritmética	Desviación estándar	Mínima	Máxima
Total	29	4.1	1.6	4.6	2.3	1.08	14.21
Superiores (Todos)	12	3.0	1.4	3.2	1.2	1.08	14.21
Inferiores (Todos)	17	5.2	1.5	5.6	2.4	1.69	9.96
Superiores derechos	5	2.8	1.5	3.0	1.3	1.83	5.0
Superiores izquierdos	7	3.1	1.4	3.3	1.2	1.91	5.6
Inferiores derechos	8	5.3	1.6	5.6	2.0	3.44	8.56
Inferiores izquierdos	9	5.1	1.7	5.6	2.8	2.76	9.96

Tabla 4. Concentración de plomo ($\mu\text{g g}^{-1}$, peso seco) en terceros molares (diente completo) con respecto a la edad.

Intervalo de edad (años)	N	Media geométrica	Desviación estándar de la media geométrica	Media Aritmética	Desviación estándar	Mínima	Máxima
15-19	21	3.19	1.64	3.58	1.79	1.08	7.93
20-24	26	4.71	1.76	5.48	3.18	1.97	14.21
≥ 25	9	5.81	1.44	6.18	2.37	3.87	9.96

Tabla 5. Concentración de plomo ($\mu\text{g g}^{-1}$, peso seco) en terceros molares con respecto al lugar de residencia

Zona	N	Media geométrica	Desviación estándar de la media geométrica	Media Aritmética	Desviación estándar	Mínima	Máxima
Noroeste	9	3.07	1.75	3.47	1.63	1.08	5.61
Noreste	10	3.09	1.63	3.51	2.30	1.83	9.66
Centro	10	4.34	1.60	4.82	2.41	2.56	8.56
Sudeste	10	5.88	1.35	6.12	1.88	4.12	9.96
Sudoeste	17	4.83	1.85	5.76	3.57	1.97	14.21

10. DISCUSION

Es importante señalar que el tamaño de la muestra así como los criterios para la selección de los sujetos que entraron en el estudio hacen que los datos no puedan ser generalizados para la población que habita en la ZMCM.

La concentración de plomo en dientes permanentes incluidos (terceros molares), considerando todas las muestras, presentó un rango de concentración que va de $1.08 \mu\text{g/g}^{-1}$ a $14.21 \mu\text{g/g}^{-1}$ con un promedio de $4.89 \mu\text{g/g}^{-1}$ concentraciones que se encuentran muy por debajo de lo encontrado por Frank et al. en 1990 en habitantes de la Ciudad de México con valores de $118.8 \pm 95.6 \mu\text{g/g}^{-1}$, sin embargo, esta cuantificación se realizó en dientes erupcionados, y en una época en donde los dientes (y donadores) habían estado expuestos a índices mucho mayores de plomo.

Cabe señalar que antes del año de 1979 la gasolina en México contenía un promedio de 3.5 ml de tetraetilo de plomo por galón (Gasolina Nova) y que a partir del año de 1980 ha disminuido esta cantidad progresivamente hasta el año de 1990, cuando aparece la gasolina Magna Sin , la cual no contiene plomo. Se calculaba el consumo en 1991 de 16 millones de litros de gasolina con plomo

diariamente, depositándose en el ambiente 2 millones de toneladas de plomo anuales.

La concentración de plomo encontrada en los terceros molares mandibulares es mayor que la de los terceros molares maxilares, posiblemente debido a que el origen principal del plomo en los órganos dentarios proviene de la pulpa dental (Brudevold, 1977), teniendo los terceros molares mandibulares una pulpa mucho más grande que los terceros molares maxilares, de ahí el hecho de que estos dientes pudiesen captar más plomo; también, puede deberse al hecho de que los molares mandibulares empiezan su calcificación antes que los molares maxilares (Moyers, 1992) presentándose la acumulación del plomo a menor edad del individuo, aunque al realizar la comparación por grupos no se encontró diferencia estadística significativa, por lo que tanto los dientes superiores como inferiores pueden servir de la misma forma para análisis posteriores.

La concentración de plomo encontrada para hombres y mujeres no presentó diferencias significativas; sin embargo, las mujeres mostraron una concentración máxima de $14.21 \mu\text{g/g}^{-1}$ encontrando resultados similares Lappalainen y Steenhout (1981), y Bercovitz y Laufer (1991) aunque estas investigaciones se llevaron a cabo en dientes erupcionados. En los estudios realizados por la OMS (1977), se encontró una relación importante entre la ferropenia cíclica de la mujer debido a la menstruación y la mayor captación de plomo por el

organismo. Al realizar la comparación entre los géneros, de acuerdo con la posición que guarda el tercer molar dentro de los maxilares, se encontró que los terceros molares superiores izquierdos del género femenino tienen mayor concentración de plomo, con una media geométrica de $6.4\mu\text{g/g}^{-1}$, con diferencia estadísticamente significativa en relación con los terceros molares maxilares izquierdos del género masculino. Al hacer la revisión de estas cifras, observamos que el número de muestras es de 5 y que el valor máximo de concentración de plomo es de $14.2\mu\text{g/g}^{-1}$ por lo que podemos afirmar, que la diferencia se debe en parte a el número reducido de muestras y a que los valores máximos de concentración se encuentran en esta categoría.

De acuerdo con los resultados encontrados en el estudio la concentración de plomo por edad, presentó diferencias significativas en el grupo etario de más edad (mayores de 25 años), estos resultados concuerdan con los obtenidos por Lappalainen (1979), Steenhout y Pourtouis (1981), Frank et al (1990), Bercovitz y Laufer (1991), los que encontraron que el contenido de plomo en los dientes es directamente proporcional a la edad del individuo o del diente, aunque hay que hacer la aclaración que estos estudios se llevaron a cabo en dientes erupcionados en donde además de la acumulación de plomo por vía sistémica, como ocurre con los terceros molares incluidos de nuestro estudio, ocurre una absorción tópica debido al medio ambiente bucal en donde se encuentran los dientes.

Los datos sobre el plomo atmosférico en la ZMCM no se encuentran disponibles y completos por lo que hace difícil la comparación por zonas tomando en cuenta esta variable. Además el clima en la ZMCM hace que se presenten picos de concentración en los meses más secos (mayo, junio) y en los meses con presencia de inversión térmica (diciembre y enero) y que disminuya el plomo atmosférico en los meses de lluvia julio y agosto. En este estudio, los habitantes residentes del sur de la Ciudad de México tuvieron mayor concentración de plomo en sus órganos dentarios, siendo menor en los habitantes del Norte de la Ciudad; esto puede deberse en gran parte por la composición de la cuenca del Valle de México rodeada de montañas, en donde a pesar de que la gran mayoría de la industria contaminante se encuentra en el norte de la Ciudad y zona conurbana, la dispersión de los contaminantes se logra por los vientos que principalmente son en dirección Norte a Sur y a que una vez en esta zona no se pueden dispersar por la composición orográfica de la región.

11. CONCLUSIONES

1. La concentración de plomo en los terceros molares incluidos es directamente proporcional a la edad del individuo, es decir, entre más edad tenga el donador mayor concentración en los dientes.
2. Los terceros molares mandibulares tuvieron mayor concentración de plomo que los molares maxilares; sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.
3. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dientes de hombres o mujeres. Sin embargo, hubo diferencias significativas entre los molares maxilares izquierdos de las mujeres, lo que puede ser debido al poco número de dientes comparados, por lo que estos resultados deben de ser tomados con reserva.
4. Se observó mayor concentración de plomo en los residentes de la zona sur de la ZMCM.

12. PROPUESTAS DE INVESTIGACION A FUTURO

Estos resultados nos llevan a pensar que las diferencias encontradas en nuestro estudio podrían definirse con mayor precisión si se aumentase el número de muestras por estudiar.

Estudios sobre la transferencia de plomo de las mujeres embarazadas a sus hijos, considerándolos como grupos de riesgo.

13. REFERENCIAS

Báez P. A., Comunicación personal, 2000.

Bellinger D., Leviton A. Wateraux C., Needleman H., Rabinowitz M.
Low-level lead exposure, social class, and infant development.
Neurotoxicology and teratology, 1988; 10(6):497-503.

Bercovitz K., Laufer D. Age and gender influence on lead accumulation
in root dentine of human permanent teeth. *Archs Oral Biol*, 1991;
36(9): 671-673.

Bergdahl IA., Gerhardsson L., Schutz A. Delta-aminolevulinic acid
dehydratase polymorphism: influence on lead levels and kidney
function in humans. *Arch Environ Health*, 1997; 52(2):91-96.

Brudevold F., Asenden R., Srinivasian N., Bakhos Y., Lead in enamel
and saliva, dental caries and the use of enamel biopsies for
measuring past exposure to lead. *J Dent Res*, 1977; 56(10):
1165-1171.

Clarkson, Kench J. Uptake of lead by human erythrocytes. *Biochem J*, 1988: 432-439.

Comisión Metropolitana para la prevención y control de la Contaminación ambiental en el Valle de México. Salud Ambiental. México, 1990 pp: 251-266.

Davis R. Horton W., Larson E. Inhalation of tetramethylead. *Arch Environ Health*, 1963, 6: 473-475.

Day R.A. , Underwood A.L. Química Analítica Cuantitativa. México. Ed. Prentics-Hall Hispanoamericana, 1989 pp: 1-10.

Daniel W.W. Bioestadística. LIMUSA-Noriega, México, 1996 pp:697-759..

Diccionario enciclopédico Larousse. Medellín, Colombia, 1997, Pp:1080.

Dietrich K., Kraff K., Bornschein R., Longitudinal analysis of prenatal and posnatal lead exposure and early cognitive development. *New England Journal Med* 1986;316:1037-1043.

Fergusson J., Purchase N. The analysis and levels of lead in human teeth: a review. *Environmental Pollution*, 1987; 46:11-44.

Frank R.M., Sargentini-Maier M.L., Turlot J.C. Leroy M.J.F. Comparison of lead levels in human permanent teeth. *J Dent Res* 1990; 69(1):90-93.

Friberg L., Gunnar F. Polly R. Biological Monitoring of toxic metals. Rochester series on environmental toxicity, Plenum press, New York, London. 1988.

Grobler S., Rossouw R., Kotze D. Lead levels in circumpulpal dentine of children from different geographic areas. *Arch Oral Biol*, 1985; 30(11-12): 819-820.

Graef, J. Intoxicación por metales pesados En: Harrison, Principios de Medicina Interna. Madrid, McGraw-Hill Interamericana, 1991. Pp:2841-2842.

Howson CP, Hernández-Avila M, Rall PD. El plomo en América. Estrategias para la prevención. Instituto Nacional de Salud Pública, México, 1996 Pp: 76-83

Keller, BJ, Peden ME, Skowron LM. Methods for collection and analysis of precipitation:trace metals. USEPA Contract number CR810780-01, 1988. pp XI

Lancranjan, Popescu H., Gavvanescu O., *et al.* Reproductive ability of workmen occupationally exposed to lead. *Arch Environ Health*, 1975, 30: 396-401.

Lansdown R., Clayton B., Graham P., Shephered J, Delves H., Turner W. Blood lead levels, behaviour and intelligenc, a population study. *Lancet*, 1974, 30: 538-541.

Lappalainen R., Knuutila M. The distribution and accumulation of Cd, Zn, Pb, Cu, Co, Ni, Mn and K in human teeth from five different geological areas of Finland. *Archs Oral Biol.* 1979: 24, 363-368.

Möller B., Carlsson L., Johansson G., Tech D. Lead levels in Swedish permanent teeth by particle induced x-ray emisson. *Scand J Work Environ Health*, 1982; 8: 267-272.

Montoya C., Maldonado T., Landazuri L., Mones A., Escobar M., Margain C. Determinación de plomo en la sangre del cordón

umbilical en recién nacidos normales. *Arch Invest Med*. 1981; 12.
457-462.

Moyers R.E. Manual de ortodoncia. Buenos Aires, Argentina. Editorial
Médica Panamericana, 1992. pp: 115-145.

Naimi T. Edmonds M., Fremlin J. The distribution of lead in human teeth,
using charges particle activation analysis. *Phys Med Biol*, 1980;
25(4): 719-726.

Nelson W E., Behrman R E., Vaughan V C. Nelson Tratado de
pediatría. México. Nueva editorial Interamericana, 1989, pp:1628-
1631.

Organización Mundial de la Salud. Criterios de salud ambiental. Geneva:
World Health Organisation, 1977 , pp: 3-33, 85-98.

Organización Mundial de la Salud. Geneva: World Health Organisation,
1980, pp: 65-84

Piedróna, GG; del Rey, CJ; Domínguez CM. Medicina preventiva y salud
pública. México. Masson-Salvat Medicina, 1991, pp:1139-1148.

RAMA (Red Automática de monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México). Informe Bimestral de la calidad del Aire Marzo-Abril de 1998.

Reyes ME. Plomo en niños antes de nacer y para toda la vida. *Investigación Hoy*. Instituto Politécnico Nacional, 1993: 1: 4-6.

Rothenberg S., Schnaas L. Pérez G. Factores relacionados con el nivel de plomo en sangre en niños de 6 a 30 meses de edad en el estudio prospectivo de plomo en la Ciudad de México. *Salud Pública de México*, 1993; 35(6):592-598.

Sakai T. Morita Y. Araki T. Relationship between delta-aminolevulinic acid dehydratase genotypes and heme precursors in lead workers. *Am J Ind Med* 2000; 38(3): 355-360.

Scharer K. Veits G., Brockhaus a., Ewers U. High lead content of deciduos teeth in chronic renal failure. *Pediatric Nephrology*, 1991, 5: 704-707.

SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca). Programa para mejorar la calidad del aire en el Valle de México. México, 1996.

SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca). Gaceta bimestral. México, 1998.

Sprent P. Applied Nonparametric statistical methods. Chapman and Hall, London, New York, 1989, Pp: 17-36.

Steenhout A. Pourtois M. Lead accumulation in teeth as a function of age with different exposures. *British Journal of Industrial Medicine*, 1981; 38: 297-303.

Steenhout A. Kinetics of lead storage in teeth and bones. An epidemiologic approach. *Arch of Environ Health*, 1982; 37(4): 224-230.

Vega F., Hernández R., Meza C. Niveles de plomo en la sangre de niños residentes en la Ciudad de México. *Salud Pública de México*, 1975; 17 (3): 337-342.

APENDICES

FORMATO PARA RECOLECCION DE LA INFORMACIÓN

FECHA:	N° DE MUESTRA:
NOMBRE:	
¹ EDAD:	² SEXO:
³ LUGAR DE RESIDENCIA:	
⁴ ZONA GEOGRAFICA: (PARA LLENARSE POR EL ENCUESTADOR)	
⁵ TIEMPO DE RESIDENCIA EN ZMCM:	
⁶ DIENTE	
⁷ NUMERO: <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>S U P E R I O R</p> <p>18 28</p> <p>DERECHO IZQUIERDO</p> <p>48 38</p> <p>I N F E R I O R</p> </div>	

ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA

El gran avance tecnológico y de los métodos analíticos que se han desarrollado en estas últimas décadas, han permitido la detección y cuantificación de compuestos y elementos a nivel huella presentes en los ecosistemas terrestres y acuáticos.

Este avance ha llevado al desarrollo de instrumentos altamente sofisticados que incluyen la incorporación de sistemas de cómputo, lo que permite el análisis rápido de la muestra, análisis que anteriormente tomaba mucho tiempo y que no permitía cuantificar estos compuestos a los niveles en los que se encuentran en el ambiente. Este es el caso de los metales, pesados y alcalinotérreos.

La aplicación de las propiedades físicas de los átomos y moléculas permitió el desarrollo de instrumentos basados en estos principios, como son análisis por activación neutrónica, fluorescencia por rayos X y la espectroscopía de emisión y absorción, entre otros.

En este trabajo, se llevó a cabo la cuantificación de plomo en dientes permanentes (terceros molares incluidos) por medio de la

espectroscopia de absorción atómica, la cual tiene los siguientes principios básicos:

En una mezcla, que generalmente se encuentra en solución acuosa, los átomos del elemento a analizar se encuentran en su estado basal, para su detección es necesario excitarlos a niveles orbitales superiores, lo cual se realiza con una flama de acetileno-aire a altas temperaturas por medio de un quemador que se alinea con el detector (fotomultiplicador) y el haz colimado de fotones emitidos por una lámpara de cátodo hueco o de la llamada superlámpara, sin electrodos, esta lámpara está al vacío, pero parcialmente llena con argón o neón, más el elemento similar al metal de la muestra que se va a analizar. El otro método de excitación es por medio de un arco eléctrico de alto voltaje, a través de dos electrodos de grafito y un contenedor de grafito donde se coloca la muestra (horno de grafito); tanto los electrodos como el tubo de grafito durante el análisis se encuentran en una atmósfera de argón para evitar la quema de los electrodos y del tubo.

En cualquiera de los dos métodos la muestra pasa por tres procesos: secado, calcinado y evaporación. En el proceso de evaporación encima de la parte fría de la flama o de los electrodos se forma esta nube que contiene los átomos excitados y aún ionizados. Esta nube es la que va a permitir la cuantificación del

elemento (plomo) en cuestión de la siguiente manera: La lámpara de cátodo hueco o la superlámpara (boosted discharge hollow cathode lamp "Photron"), en este caso, contiene un compuesto de plomo, al calentarse la lámpara a altas temperaturas empieza a emitir fotones de diferente energía, dependiendo del nivel energético en que los electrones orbitales han sido excitados al regresar a un estado intermedio. Este haz de fotones está colimado y por medio de una rejilla óptica propia del diseño del aparato permite aislar la longitud de onda con menos interferencias o más sensible, que se utilizará en la medición del elemento. El haz de fotones colimados pasa a través de una rendija e incide en el fotocátodo de un fototubo amplificador, el cual, a través de los circuitos electrónicos da una señal que va a corresponder a la máxima velocidad de emisión a cierta longitud de onda producida por la lámpara, esta señal da como referencia una línea básica, equivalente a absorción cero. Al colocar la muestra, ya sea en la flama o en el recipiente de los electrodos de grafito, esta se evapora, formando una celda de vapores del elemento por analizar. Un elemento excitado y parcialmente ionizado tiene la propiedad de absorber las longitudes de onda características de cada uno de los elementos, es decir, los fotones, en este caso del plomo emitidos por la lámpara, por lo que las cuales producen una absorción de la

intensidad de la energía emitida por la lámpara del elemento a analizar. El instrumento por lo tanto va a dar una señal equivalente a la cantidad de energía absorbida (fotones). Esta absorción es directamente proporcional a la concentración de los átomos presentes en la muestra (Baéz, 2000).

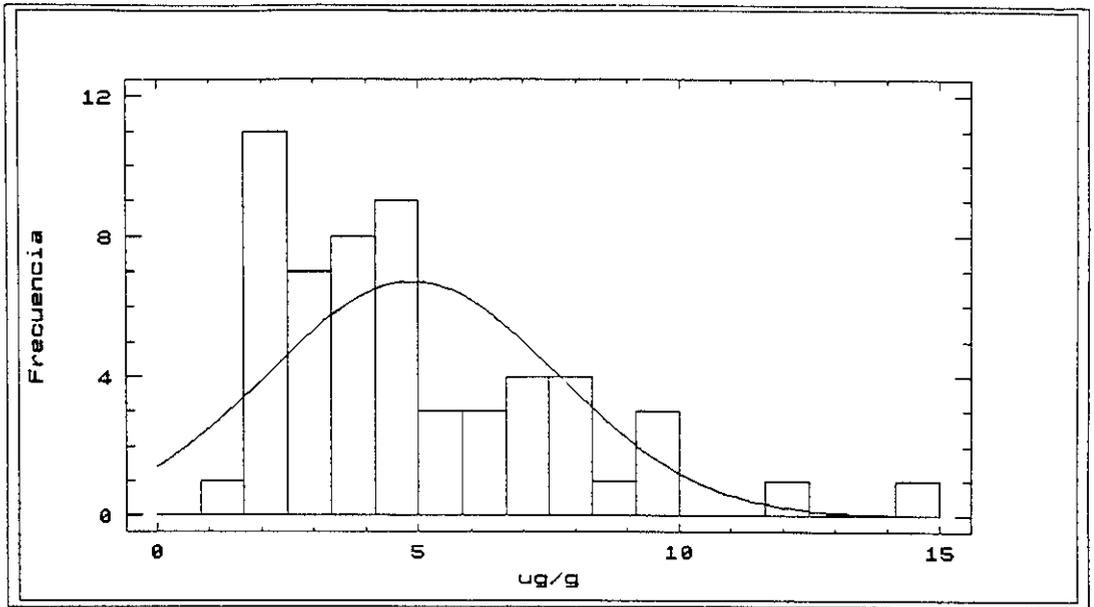


Fig. 2. Histograma de frecuencias de la concentración de plomo en terceros molares incluidos

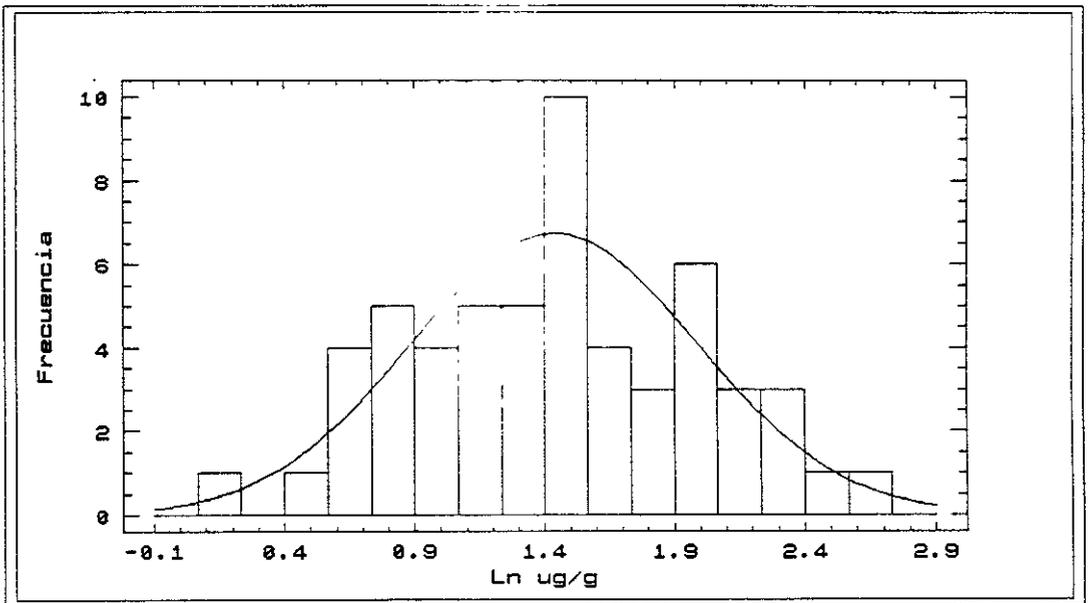


Fig. 3. Histograma de frecuencias de la concentración de plomo transformada a logaritmos naturales.

CURRICULUM VITAE

DATOS PERSONALES

NOMBRE SARA ALICIA ESPINOSA ORTEGA

FECHA DE NACIMIENTO 6 DE FEBRERO DE 1970

LUGAR DE NACIMIENTO: DISTRITO FEDERAL, MEXICO.

NOMBRE DE LOS PADRES: TERESA ORTEGA DE ESPINOSA
JUAN MANUEL ESPINOSA BENAVIDES

DOMIICILIO Y TELEFONO: ANDADOR 40-38-2
COL.ACUEDUCTO DE GUADALUPE
392 3844

DOMICILIO Y TELEFONO DEL CONSULTORIO: ANDADOR 40-38-2
COL.ACUEDUCTO DE GUADALUPE
392 3844

CEDULA PROFESIONAL: 1971700

FORMACION ACADEMICA

ESTUDIOS DE LICENCIATURA

CARRERA: CIRUJANO DENTISTA

INSTITUCION: ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES IZTACALA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

PERIODO: 1987 - 1991

EXAMEN PROFESIONAL: 24 DE NOVIEMBRE DE 1991

PROMEDIO: 9.50

ESTUDIOS DE POSGRADO

ESPECIALIZACION EN ODONTOLOGIA

INSTITUCION: INSTITUTO NACIONAL DE PEDIATRIA

ESPECIALIDAD: ESTOMATOLOGIA PEDIATRICA

PERIODO: 1993-1995

PROMEDIO: 8.90

TITULO DE LA TESIS: "LA INVESTIGACION EN ESTOMATOLOGIA PEDIATRICA EN EL INSTITUTO NACIONAL DE PEDIATRIA"