

MFN# 52401

TA77d
34101986

R. 514

UNIVERSIDAD DE VALPARAISO
FACULTAD DE ODONTOLOGIA
ESCUELA DE ODONTOLOGIA
VALPARAISO

Donado a Biblioteca por el Dr. Adolfo Villalón

DETERMINACION DE MERCURIO EN TEJIDOS ORGA-
NICOS DE PERSONAL EN CONTACTO CON AMALGAMA
DENTAL.

SEMINARIO DE TESIS PARA
OPTAR AL TITULO DE
CIRUJANO DENTISTA

PROFESOR GUIA :
Dr. Jaime Chiang A.
PROFESOR INFORMANTE :
Dr. Adolfo Villalón M.
COLABORADOR DOCENTE :
Dr. Armando Peña M.
Sr. Dunny Casanova Z.
ALUMNOS :
Pedro Aspeé R.
Brenda García C.
Verónica Hernández P.
Daniel Suárez P.

A nuestros Padres, por su valiosa
enseñanza, constantes desvelos y
gran apoyo.

Agradecemos, en primer lugar, a nuestro profesor guía, Dr. Jaime Chiang A. por su constante colaboración y apoyo.

También queremos agradecer al Dr. Armando Peña M. y al Profesor Sr. Dunny Casanova Z. por la orientación brindada.

Queremos, también, hacer extensivos estos agradecimientos a todas las personas que se ofrecieron voluntariamente para ser muestreadas en este estudio, por su valiosa colaboración, y a todos los que de una u otra forma permitieron llevar a cabo este Seminario de Tesis.

<u>INDICE.</u>	<u>pág.</u>
INTRODUCCION.	1
OBJETIVOS.	5
MARCO TEORICO.	6
1.- QUIMICA DEL MERCURIO.	7
2.- TOXICIDAD DEL MERCURIO.	8
3.- FUENTES DE CONTAMINACION.	10
a) Fuentes naturales.	10
b) Fuentes antropogénicas.	11
4.- FUENTES EXTERNAS DE CONTAMINACION MERCURIAL PARA EL PELO.	12
5.- FUENTES DE CONTAMINACION MERCURIAL EN LA CLINICA ODONTOLOGICA.	13
6.- TRANSPORTE, DISTRIBUCION Y TRANSFORMACION DEL MERCURIO EN EL MEDIO.	14
a) Ciclo global del mercurio.	14
b) Ciclo local del mercurio .	16
7.- USOS DEL MERCURIO .	18
a) El mercurio en la Odontología.	18
8.- MANIFESTACIONES CLINICAS Y EVIDEN- CIAS HISTOLOGICAS DE LA INTOXICA- CION POR MERCURIO .	19

9.-	METABOLISMO DEL MERCURIO.	21
9.1	INCORPORACION DEL MERCURIO AL ORGANISMO.	21
9.2	DISTRIBUCION DEL MERCURIO A TRAVES DEL ORGANISMO.	23
9.3	METABOLIZACION DEL MERCURIO.	24
9.4	EXCRESION POR HECE Y ORINA.	25
10.-	METODOS ESTANDAR PARA EL ANALISIS QUIMICO DEL MERCURIO.	26
10.1	METODOS GRAVIMETRICOS.	26
10.2	METODOS TITRIMETRICOS.	26
10.3	METODOS COLORIMETRICOS.	26
10.4	DETERMINACION DE MERCURIO EN SUSTANCIAS ESPECIFICAS.	27
10.5	DETERMINACION DEL MERCURIO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA USANDO EL METODO DE VAPOR FRIO .	27
11.-	INDICES BIOLOGICOS.	28
11.1	MERCURIO EN SANGRE.	28
11.2	MERCURIO EN PELO.	28
11.3	MERCURIO EN ORINA.	28
12.-	ESQUEMA DEL ESPECTROFOTOMETRO DE ABSORCION ATOMICA .	29
13.-	ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMI- MICA POR VAPOR FRIO.	31
14.-	DESCRIPCION DEL ESPECTROFOTOMETRO DE ABSORCION ATOMICA .	33

a) Fuente emisora .	34
b) Celda de absorción .	35
c) Detector .	36
& PARTE EXPERIMENTAL .	37
1.- INTRODUCCION .	38
2.- DESCRIPCION DEL UNIVERSO DE MUESTRAS .	39
3.- CARACTERISTICAS DE LAS CLINICAS .	
DENTALES ANALIZADAS .	40
3.1 CLINICA N° 11.HOSP. G. FRICKE .	40
3.2 MODULO SIMON BOLIVAR .	42
3.3 CONS.CERRO BARON .	44
3.4 CONS.PLAZA JUSTICIA .	46
4.- MATERIALES, INSTRUMENTOS Y REACTIVOS .	48
5.- RECOLECCION DE MUESTRAS .	50
5.1 MUESTREO DE PELO .	50
5.2 MUESTREO DE SANGRE ENTERA .	50
6.- LIMITACIONES DEL MUESTREO .	52
7.- ANALISIS DE LABORATORIO .	53
7.1 TRATAMIENTO PREVIO DE LAS .	
MUESTRAS .	53
7.2 MINERALIZACION DE LAS MUESTRAS .	55
7.3 DETERMINACION DEL MERCURIO .	57
8.- RESULTADOS Y ANALISIS .	61

8.1	TABLA N°1 : DETERMINACION DE MERCURIO EN PELO HUMANO.	62
8.1.1	GRAFICO N° 1 : CONCENTRACIONES DE MERCURIO EN PELO DEL PERSONAL DENTAL .	63
8.1.2	ANALISIS DEL GRAFICO N°1 .	64
8.2	TABLA N° 2 : DETERMINACION DE MERCURIO EN SANGRE ENTERA HUMANA .	66
8.2.1	GRAFICO N°2 : CONCENTRACIONES DE MERCURIO EN SANGRE ENTERA DEL PERSONAL DENTAL .	67
8.2.2	ANALISIS DEL GRAFICO N°2 .	68
8.3	TABLA N°3 : PROMEDIOS POR PERSONA, PARA CONCENTRACIONES DE MERCURIO EN PELO Y SANGRE ENTERA, SEGUN AÑOS DE TRABAJO .	69
8.3.1	GRAFICO N°3 : CONCENTRACIONES DE MERCURIO EN PELO Y SANGRE ENTERA DEL PERSONAL DENTAL SEGUN AÑOS DE TRABAJO .	70
8.3.2	ANALISIS DEL GRAFICO N° 3 .	71
8.4	TABLA N°4 : CONCENTRACIONES PROMEDIOS DE MERCURIO EN SANGRE, PELO Y AIRE PARA LAS CUATRO CLINICAS ANALIZADAS ,	72
8.4.1	GRAFICO N°4 : CONCENTRACIONES DE MERCURIO EN SANGRE, PELO Y AIRE PROMEDIOS PARA LAS CLINICAS ANALIZADAS .	73
8.4.2	ANALISIS DEL GRAFICO N°4	74
8.5	AGRUPACION SEGUN CONDICIONES AMBIENTALES SEMEJANTES Y SU CUADRO EXPLICATIVO .	75

8.6	TABLA N°5 : SINTESIS DE LA INFORMACION ENTREGADA POR LAS FICHAS CLINICAS.	77
8.6.1	ANALISIS ESTADISTICOS DE LA INFORMACION OBTENIDAS DE LAS FICHAS CLINICAS.(T DE STUDENTO.	78
	CONCLUSIONES.	81
	ANEXO:	85
	A. FORMULARIO.	86
	B. SEGURIDAD EN EL MANEJO DEL MERCURIO.	87
	BIBLIOGRAFIA.	89

INTRODUCCION

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
I N T R O D U C C I O N
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

... de ...
... de ...
... de ...

INTRODUCCION:

Es de conocimiento general que una de las contaminaciones más peligrosas, es la producida por los metales pesados, debido no sólo a su alta toxicidad sino que además, a su capacidad de acumularse en zonas u órganos específicos de los seres vivos.

El mercurio es uno de los de mayor importancia y es imprescindible considerarlo, debido a su amplio uso en minería, agricultura, industrias químicas y farmacéuticas y en medicina.

En odontología, el mercurio es usado desde hace ya mucho, participando en la formación de un material de restauración de cavidades dentarias, denominado Amalgama Dental, la cual es preparada clínicamente mezclando una aleación de plata con mercurio puro. Es éste el punto que hace importante considerar el peligro que puede significar para la salud de las personas, el manipular frecuentemente este metal pesado dentro de un recinto cerrado.

Reafirma lo anterior el hecho que el mercurio presenta una presión de vapor relativamente alta, por lo que contamina el aire inspirado por quienes continuamente trabajan en el lugar, siendo ésta, la principal forma de ingreso al organismo.

Es esta la razón por la cual la A.D.A., (Asociación Dental Americana), en el año

1974 estableció quince reglas para la manipulación del mercurio en el trabajo odontológico.

En nuestro país este problema es atacado dictando el Decreto Supremo N° 19, en el año 1976, donde se establece la Concentración Ambiental de Mercurio Máxima Permisible, que es de 0,04 mgr. de mercurio por metro cúbico de aire y a la cual se cree que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos diariamente sin efectos adversos para su salud.

El presente estudio es la continuación de uno previo llamado "Factores de contaminación ambiental por mercurio y su control en el trabajo odontológico", Seminario de tesis. Escuela de Odontología. Facultad de Medicina. Universidad de Valparaíso. 1985. En él se manifiesta como propósito, el determinar algunos factores de contaminación ambiental por mercurio, mediante mediciones realizadas en clínicas dentales, y proponer medidas para controlarlo.

Basados en este trabajo, fué que decidimos continuar su camino y ahora relacionar dichas mediciones de mercurio ambiental, en las mismas clínicas dentales, con niveles de mercurio en pelo y sangre entera de personal dental (auxiliares y odontólogos), que trabajan en ellas.

La importancia de este Seminario de Tesis, radica en la necesidad de llegar a través de un trabajo serio y metódico a determinar los niveles mercuriales en las muestras bajo es-

tudio y relacionarlos con factores tales como: tiempo de trabajo en el lugar, métodos de preparación de la amalgama, condiciones de la clínica donde trabaja el individuo y sintomatología clínica, para así llegar a establecer conclusiones válidas para nuestro universo.

1.- OBJETIVOS :

- 1.1 Determinar los niveles de mercurio en sangre y en pelo de odontólogos y auxiliares que trabajan con amalgama dental.
- 1.2 Establecer la correlación entre los niveles obtenidos anteriormente y los valores de concentración atmosférica de mercurio que se obtuvieron en el seminario de tesis " Factores de contaminación ambiental y su control en el trabajo odontológico ", realizado en el año 1985.(13)
- 1.3 Pesquisar alteraciones síquicas, conductuales o físicas en las personas involucradas en el estudio y la relación con los niveles de mercurio en ellas encontradas.
- 1.4 Hallar una proporcionalidad entre los años trabajados por las personas en cada una de las clínicas y los niveles de mercurio hallados en sangre entera y pelo.
- 1.5 Verificar las influencias de :
 - a) Aplicación sobre el pelo de productos como shampoo y tinturas.
 - b) Consumo regular de pescados y mariscos en la dieta, sobre los niveles mercuriales orgánicos.(20)(12).

1.- QUIMICA DEL MERCURIO:

El mercurio es un elemento químico cuyo símbolo es Hg. Se clasifica en el segundo grupo del sistema periódico, siendo su peso atómico 200,61 y su número atómico 80.

A temperatura ambiente el mercurio es el único metal que se presenta en forma líquida, siendo muy denso, con 13,546 gr/cc. Su temperatura de fusión es de $-38,89^{\circ}\text{C}$ y su punto de ebullición es de $356,95^{\circ}\text{C}$.

Suele encontrarse en la naturaleza en forma de pequeñas inclusiones en grandes masas de rocas, pero su forma más importante está representada por Cinabrio o Sulfuro rojo de mercurio. La obtención del mercurio se lleva a cabo por tostación del Cinabrio a temperaturas del orden de 600°C , con lo que se obtiene óxido de mercurio, que a su vez se descompone generando vapor de mercurio que se condensa en recipientes convenientemente refrigerados.

Tiene una presión de vapor de 0,002 mm de mercurio a 26°C y 0,27 mm de mercurio a 100°C , con una muy alta tensión superficial que aproximadamente es del orden de los 470 erg/cm propiedad que es importante, ya que a temperaturas consideradas ambientales el mercurio se volatiliza. (15).

2.- TOXICIDAD DEL MERCURIO:

Teniendo en consideración que la vía aérea es la más importante en el proceso de absorción, es posible explicar que sean los vapores de mercurio inorgánicos los de carácter más tóxicos para el organismo. Una vez en él, se produce la unión a compuestos orgánicos, resultando ser los más nocivos los alquilmércurio de cadena corta. Como compuestos alquilos tenemos los grupos etilo, metilo y propilo.

Ahora bien, debemos considerar que los compuestos mercuriales tienen una alta afinidad por los grupos sulfidrilos (-SH), los cuales están presentes en casi todas las proteínas, lo que provocaría perturbaciones de las funciones normales de éstas. Esta cualidad confiere a los compuestos mercuriales la propiedad de ser tóxicos enzimáticos potentes pero no específicos. (2,16).

En estudios experimentales, al incubar tejido cerebral de ratas, con altas concentraciones de metilmércurio, se inhibía un 90 % de la síntesis de proteínas, al igual que la entrega de aminoácidos como cisteína y metionina de la porción 40 s, acompañados de un aumento en la radioactividad en la fracción 80 s. (1).

Basados en estos antecedentes fue que Passow y otros en 1961, postularon co-

mo primer punto de acción de los metales pesados a la membrana celular, esto por la cantidad de grupos -SH, presentes en ella.

3.- FUENTES DE CONTAMINACION

Las fuentes de contaminación se dividen en :

- a) Fuentes naturales
- b) Fuentes antropogénicas

a) Fuentes naturales:

La desgasificación natural de la corteza terrestre calculada entre 25000 y 150000 toneladas de mercurio por año es la fuente más importante. Contribuyen en gran medida a este nivel de mercurio atm esférico los gases volcánicos y la evaporación desde los océanos.

Wershow en 1970 demostró que yacimientos de mercurio ubicados cerca de fuentes de agua hacen que estas últimas contengan hasta 80 mg/lt; contrariamente a lo que sucede en las no contaminadas cuyos niveles son de 0,1 mg/lt.

Esto comprueba la importancia de posibles contaminaciones provenientes de fuentes naturales. Las fuentes naturales de contaminación atmosférica por mercurio tienen una magnitud superior a las fuentes antropogénicas, sin embargo, no debemos desconocer la importancia de esta última, ya que escapa al control del ciclo global natural del mercurio y en cambio forma parte del ciclo local. Este último es el responsable de la metilación de sales de mercurio inorgánico, formando compuestos organomercuriales, siendo ellos fácilmente absorbidos por el organismo humano. (21)

b) Fuentes antropogénicas:

La minería y fundición como producción mundial de mercurio se calculó en 20000 toneladas al año en 1975.

Es importante recordar que esta producción ha crecido con un 2% de tasa anual desde 1950 a la fecha.

4.- FUENTES EXTERNAS DE CONTAMINACION
MERCURIAL PARA EL CABELLO

Es importante, el considerar algunas causas de un eventual aumento en los niveles de mercurio en el cabello, ya que su no contemplación nos podría inducir a errores posteriores de analisis.

Como factores a considerar tenemos por ejemplo:

- Tratamiento de ondulación permanente.
- Tinturas.
- Algunos champús.
- El mercurio atmosférico que es adsorbido en superficie, ya que se ha comprobado, que en zonas cubiertas por ropa en personal dental, la concentración mercurial en pelo es 4 a 7 veces menor, que la del expuesto. (12,11)

5.- FUENTES DE CONTAMINACION MERCURIAL
EN LA CLINICA ODONTOLOGICA

Podemos citar en este punto algunas fuentes, que directamente pueden influir aumentando, la concentración del mercurio ambiental, con el consiguiente peligro para los operadores.

- Mercurio que se derrama accidentalmente.
- Por causa de la remoción de antiguas amalgamas, sin refrigeración.
- En la trituración manual de la amalgama, proceso en el cual existe contacto directo con la epidermis pudiendo, debido a soluciones de continuidad, producir grados de absorción.
- La utilización de condensadores ultrasónicos en la condensación de la amalgama.
- Eliminar los restos de amalgama y/o mercurio, en forma descuidada, ya sea a la basura o al lavabo directamente. (11,8)

6.- TRANSPORTE, DISTRIBUCION Y TRANSFORMACION
DEL MERCURIO EN EL MEDIO

Jensen y Jernelov (1972) han sugerido la existencia de dos tipos de ciclos de distribución de mercurio. Un ciclo de carácter global, dependiente de la circulación atmosférica del vapor de mercurio elemental.

El otro ciclo es de carácter local y se basa en una circulación hipotética de compuestos volátiles de dimetilmercurio. En el ciclo global la mayor parte del mercurio deriva de fuentes naturales y en el ciclo local este proviene fundamentalmente de la descarga antropogénica. (16,21)

a.- Ciclo global del mercurio.

Para calcular la circulación de mercurio de fuentes naturales, se utilizaron muestras de hielo de Groenlandia. Estos datos fueron notificados por Weiss (1971) y fueron utilizados por Hogel (1974). Estos autores estimaron que la descarga anual de mercurio en el océano, asciende a 250000 toneladas, sobre la base de una cifra publicada de $4,1 \times 10^5 \text{ Km}^3$ de precipitación pluvial anual en el océano. (21)

Se ha calculado además que la descarga anual de mercurio en el océano, proveniente de fuentes antropogénicas es de 160000 toneladas, las que se sumarían a las anteriormente calculadas.

Se supone finalmente que la atmósfera sobre las masas terrestres, se encuentra en estado estable recibiendo 50000 toneladas de mercurio por año, provenientes de la evaporación. Con los datos anteriormente citados, Heindryckx y col. (1974) concluyeron que los niveles básicos continentales de vapor de mercurio sumados los aerosoles deben ser de 10 mg/m^3 de aire.

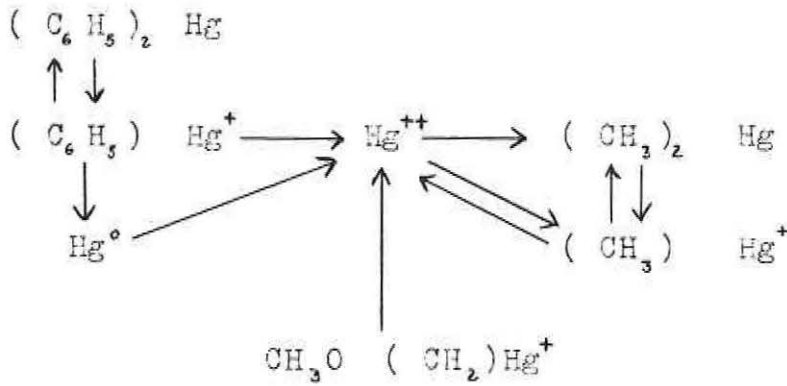
No se ha comprendido aún en forma clara los mecanismos de catalización del mercurio de las masas terrestres. Presumiblemente, la descarga de mercurio proveniente de los volcanes se debe a la elevada temperatura asociada a la actividad volcánica. (21).

b.- Ciclo local del mercurio.

Este ciclo considera fundamentalmente, la metilación del mercurio elemental o de las sales inorgánicas provenientes principalmente de fuentes antropogénicas. La importancia del estudio de este ciclo, radica en la propiedad del mercurio orgánico de ser más fácilmente absorbido por el organismo humano.

La conversión a compuestos de metilmercurio y dimetilmercurio se hace por dos vías bioquímicas, una anaeróbica y otra aeróbica. Jensen y Jernelov establecieron la existencia de microorganismos, anaerobios capaces de metilar compuestos de mercurio en los sedimentos y pescados en descomposición. (21) Wood y col. describen la metilación del mercurio inorgánico, en condiciones anaeróbicas con intervención de metil - cobalamina. Landner ha descrito la vía aeróbica en estudios de *Neurospora Crassa*. sus comprobaciones indican que el metilmercurio , unido a hemocisteína se metila por los procesos celulares que normalmente dan lugar a la formación de metionina. (21).

La siguiente figura muestra algunas de las biotransformaciones más importantes:



Cualquiera sea la vía que dé explicación a la metilación del mercurio, existe la evidencia de tal transformación, por cuanto un 80-90% del mercurio que se encuentra en los peces, corresponde a metilmercurio. (16,21).

- USOS DEL MERCURIO

Según Koringa y Rager (1974), el consumo medio de mercurio en países industrializados se darían en función del siguiente esquema:

- Plantas de compuestos alcalinos del cloro 25%
- Equipos eléctricos 20%
- Pinturas 15%
- Sistemas de medición y control (termómetros, esfigmomanómetros)
- Agricultura 5%
- Odontología 3%
- Laboratorios 2%
- Otros usos incluidos catalizadores, fármacos, cosméticos y usos militares 20%.

7.1 EL MERCURIO EN ODONTOLOGIA

En el año 1828 Augusto Laveau produjo la primera amalgama con limaduras de monedas de plata y mercurio, éste fue llamado sustituto mineral y en Estados Unidos ingresó como " mineral sucedaneus ". Actualmente es uno de los materiales restauradores más usados en odontología. Dicha amalgama esta formada por una aleación de plata, estaño, cobre y zinc que representan el polvo y el mercurio el líquido, ambos en proporción 1:1. (14).

8.- MANIFESTACIONES CLINICAS Y EVIDENCIAS HISTOLOGICAS
DE INTOXICACION POR MERCURIO

Las lesiones producidas por compuestos organomercuriales tienen un caracter reversible en la mayoría de los casos, salvo en los que las dosis o exposiciones son masivas.

Los alquilvercurios, de cadena corta, son para el hombre esencialmente neurotóxicos. Se han podido repetir estos efectos en animales de laboratorio. Así en primates con dosis subagudas se apreciaron perturbaciones visuales (Berlin et al 1973). Cuando la exposición es prolongada, se presenta una disminución gradual del campo visual por daño en la corteza occipital, y de la coordinación motora como evidencia clínica de lesión en cerebelo.

La intoxicación aguda, por alquilvercurios, produce a nivel renal una nefrosis por degeneración tubular. (13).

También, en animales se han verificado alteraciones morfológicas, electrofisiológicas y bioquímicas antes de la aparición de signos visibles, esto es lo que se ha llamado "lesión silenciosa".

En el hombre se producen, también, perturbaciones de tipo siquiátricas y neurológicas

como cambios de conducta, timidez, nerviosismo, insomnio, mareos, irritabilidad, excitabilidad y ansiedad. En los casos más graves, se han descrito alucinaciones, melancolía suicida o psicosis maniaco-depresiva. Siguiendo a las alteraciones descritas aparecen temblores en las extremidades, también en párpado cerrado, labios y lengua sobresaliente. Se puede, incluso, llegar al coma y a la muerte.

En todo caso, los signos y síntomas más comunes en intoxicaciones mercuriales son: parestesia, pérdida de sensibilidad en extremidades o alrededor de boca, ataxia, contricción del campo visual y dificultad auditiva.

9.- METABOLISMO DEL MERCURIO

9.1 Incorporación del mercurio al organismo:

El mercurio es incorporado al organismo a través de tres vías:

-Inhalación: Esta es la vía más importante a través de la cual el mercurio llega al organismo en forma de vapor. Esto, visto a través del prisma odontológico, merece gran importancia ya que el mercurio utilizado en la clínica dental emite vapores los cuales son inhalados por el profesional y la auxiliar dental.

Los principios generales que rigen la retención pulmonar de vapores nos indican que debido a su alta difusibilidad y apreciable liposolubilidad el vapor de mercurio metálico presenta una elevada tasa de absorción en las regiones alveolares del pulmón.

-Cutánea: Al parecer el mercurio metálico es capaz de atravesar la barrera cutánea, aún cuando no se sabe en qué medida. La absorción de mercurio a través de la piel es factible y puede contribuir a los efectos sistémicos de incorporación del mercurio por otras vías.

-Digestiva:Desde el punto de vista de la profesión odontológica esta vía no afecta en gran forma al profesional. Tan sólo un 0,01% del mercurio ingerido es finalmente absorbido.

Se considera al mercurio, absorbido de manera deficiente por el sistema gastrointestinal.

9.2 Distribución del mercurio a través del organismo:

Las barreras hematoencefálica y placentaria son fácilmente atravesadas por los vapores de mercurio metálicos inhalados.

Estudios realizados in vivo en animales de experimentación demuestran que es el riñón el principal órgano de depósito de mercurio, luego de ser administrado sales inorgánicas o ser expuesto a vapores de mercurio elemental.

Takahata (1970) y Watanabe (1971), informaron de niveles de mercurio varias veces superiores en cerebro, a los encontrados en hígado y otros órganos excepto el riñón, en mineros con exposición prolongada a elevadas concentraciones de mercurio.

9.3 Metabolismo del mercurio:

Luego de ser inhalado, el vapor de mercurio elemental es absorbido al torrente sanguíneo. Pese a su rápida oxidación, en la cual el mercurio metálico pasa a mercurio iónico divalente, proceso que ocurre en los hematíes, parte del mercurio elemental permanece disuelto en sangre por un período de tiempo suficiente como para ser transportado a las barreras hematoencefálica y placentaria. El paso a través de estas barreras es rápido debido a su alta difusibilidad y liposolubilidad. La oxidación del vapor de mercurio en los tejidos cerebrales y fetales convierte el metal en iones los cuales tienen muchas menos posibilidades de atravesar las barreras antes mencionadas. Es debido a esto que la oxidación del mercurio en estos tejidos sirve de cámara de retención de él contribuyendo a su acumulación en tejidos cerebrales y fetales.

9.4 Excreción por heces y orina:

El mercurio es eliminado del organismo a través de éstas dos vías principalmente. Dependiendo del tipo de compuesto mercurial y del tiempo transcurrido luego de la exposición será la contribución hecha por cualquiera de estas vías a la eliminación del mercurio.

Experimentos realizados en animales de laboratorio nos indican que la eliminación del mercurio inorgánico por el sistema gastrointestinal depende de la dosis y del tiempo transcurrido desde la exposición. La vía fecal predomina poco después de la exposición. La vía urinaria se ve favorecida cuando se administran dosis elevadas. (16).

10.- MÉTODOS STANDARD PARA EL ANÁLISIS
QUÍMICO DEL MERCURIO.

10.1 Métodos gravimétricos

- a) Determinación de mercurio por precipitación con sulfito de amonio.
- b) Determinación de mercurio por el método de amalgamación.
- c) Determinación de mercurio por electroforesis.

10.2 Métodos titrimétricos

- a) Método de Seamon.
- b) Método del Tiocinato.

10.3 Métodos colorimétricos

- a) Determinación colorimétrica del mercurio por Ditizona.

10.4 Determinación de mercurio en sustancias específicas.

- a) Determinación de mercurio en amalgama de zinc.
- b) Determinación de mercurio en zinc amalgamado.
- c) Determinación de mercurio en soluciones de cianido y precipitados cianídicos.
- d) Determinación de mercurio en material orgánico por precipitación de sulfito.
- e) Determinación de mercurio en material bioquímico por fotometría ultravioleta.

10.5 DETERMINACION DEL MERCURIO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA, USANDO EL METODO DE VAPOR FRIO. (4).

11.- INDICES FISIOLOGICOS

11.1 Mercurio en sangre

A una concentración en el aire de $0,05 \text{ mg/m}^3$ corresponde a un nivel en sangre de $3,5 \text{ mg/100ml}$ de sangre total después de una exposición de un año. Los niveles normales de mercurio en sangre fluctúan entre $0,01-0,03 \mu\text{g/gr}$ de sangre; a niveles por sobre $0,1-0,5 \mu\text{g/gr}$ de sangre, frecuentemente hay sintomatología. (2,13).

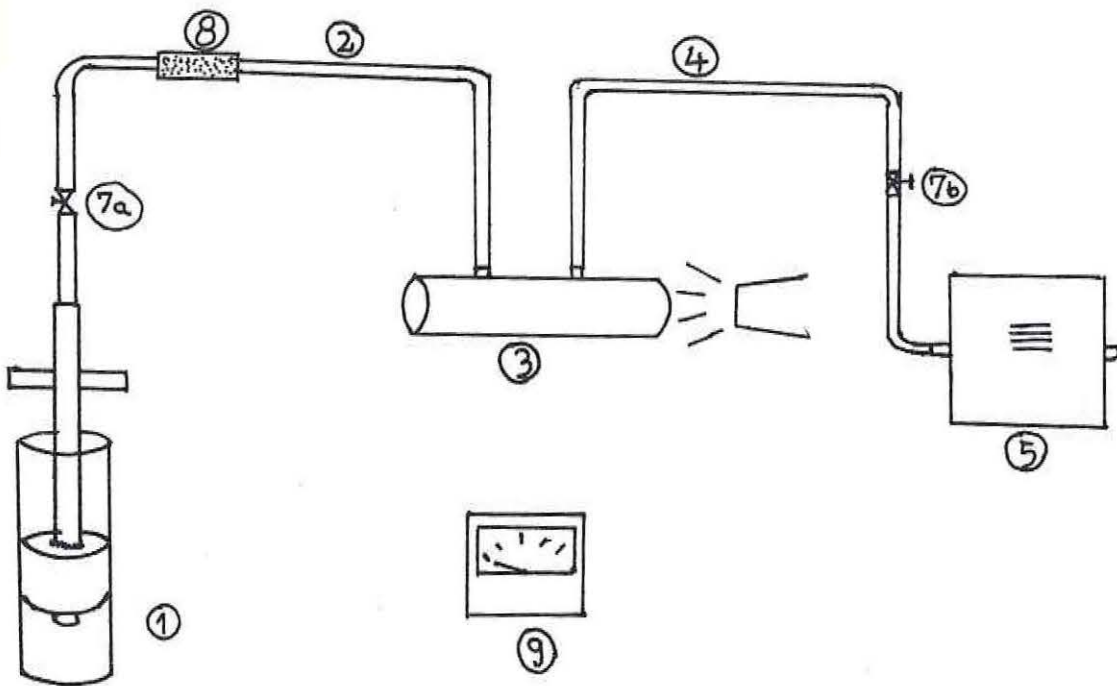
11,2 Mercurio en cabello

Su concentración en mg/kg , aproximadamente, es 250 veces superior al nivel sanguíneo. Los niveles normales fluctúan entre $0,1-50 \text{ ppm}$. (2,7,13).

11.3 Mercurio en orina

A una concentración en el aire de $0,05 \text{ mg Hg/m}$ corresponde $150 \mu\text{g/lt}$ de orina. Se debe realizar las determinaciones con muestras de 24 hrs. (13).

12.- ESQUEMA DEL ESPECTROFOTOMETRO DE ABSORCION ATOMICA



- 1- Celda de reacción: en ella se produce la reducción del Hg^{++} a Hg^0 , por la adición de Cloruro de Estaño.
- 2- Tubo transportador del vapor de mercurio.
- 3- Celda de absorción: es donde llega el vapor de mercurio, aquí absorberá parte de los rayos emitidos por la lámpara de cátodo hueco.
- 4- Tubo encargado del transporte de aire hacia la bomba de vacío.
- 5- Bomba de vacío.

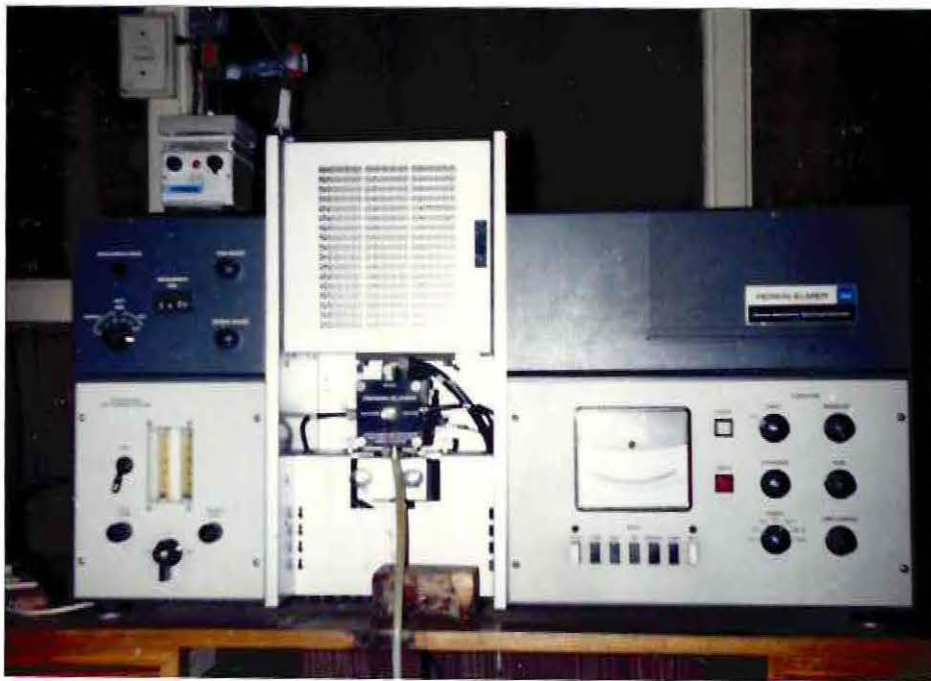


FOTO N° 1: ESPECTROFOTOMETRO DE ABSORCION ATOMICA
PERKIN ELMER MODELO 360.

13.- ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA
POR VAPOR FRIO

Este método es una modificación hecha por Hwai-Nan Chou al de Hatch y Ott. (3) Consiste en la determinación de la concentración del Hg⁰ en solución, a través de la absorción de ondas electromagnéticas, en un rango de longitud de onda que es específico para cada elemento. La absorción será directamente proporcional, a la concentración presente en la solución.

Ventajas.

- 1- El método muestra gran sensibilidad, para un amplio rango de metales.
- 2- Es altamente específico.
- 3- El metal puede ser determinado normalmente aún en presencia de otras sustancias.
- 4- Es rápido y requiere pequeñas cantidades de material.
- 5- El corto período de pre-tratamiento y la poca manipulación requerida por las muestras, normalmente disminuye los riesgos de contaminación. (18).

6- Lámpara de cátodo hueco: emite luz de longitud de onda específica para cada elemento.

7- LLaves de peso.

8- Desecante de humedad. (Perclorato de Magnesio anhidro)

9- Detector.

14.- Descripción del espectrofotómetro
de absorción atómica (Perkin-Elmer 360)

Se puede dividir para la descripción, en tres partes básicas:

- a) Fuente emisora.
- b) Celda de absorción.
- c) Detector.

a) Fuente emisora: (9).

Corresponde a una lámpara de cátodo hueco, que es un cilindro lleno de un gas noble (Argón), en el cual se incluyen en el ánodo y el cátodo con forma de copa, este último está hecho del elemento a medir o de una aleación de varios. Cuando se aplica un potencial eléctrico entre el cátodo y el ánodo, el argón se ioniza y es atraído al cátodo, lo que produce un choque que va a excitar al mercurio, cuyos átomos al volver a su estado fundamental, emiten la energía absorbida. (10)

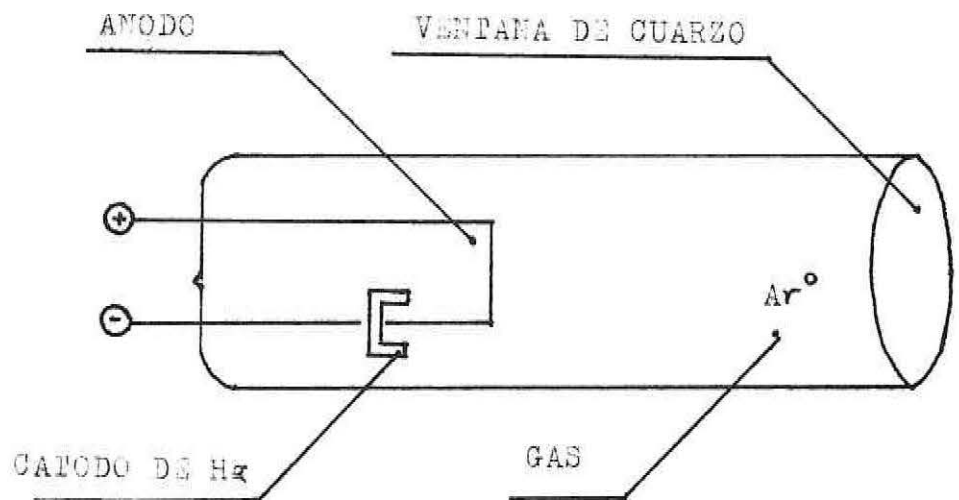


Fig. n°1 :

Lámpara de cátodo hueco.

b) Celda de absorción:

Aquí se encuentran los átomos del elemento a analizar, que para nuestro caso son de Hg, ellos absorberán parte de las ondas electromagnéticas, generadas por la lámpara. (13).

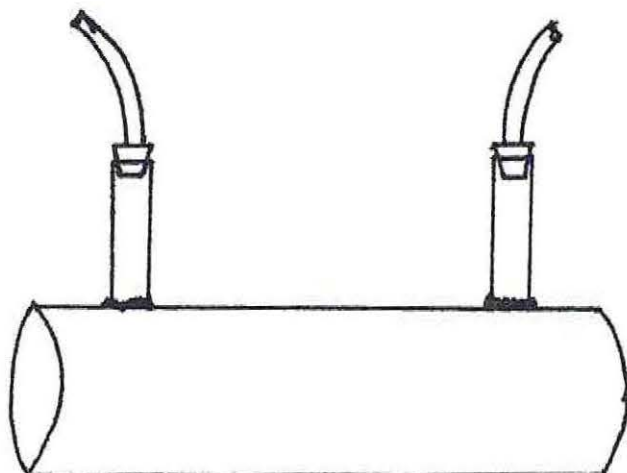


Fig. nº 2 :

Celda de absorción.

c) Detector:

Se encarga de detectar la diferencia que existe, entre la cantidad de luz emitida por la lámpara de cátodo hueco y la que efectivamente atraviesa la celda de absorción.

La diferencia de energía se relaciona directamente, con la concentración del Hg presente en la celda de absorción.(13).

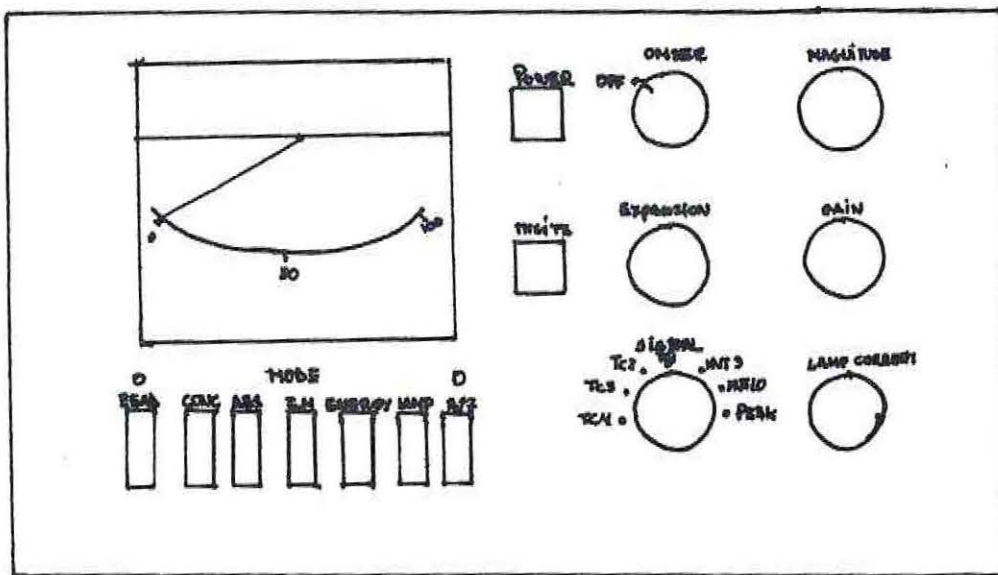


Fig. n°3:
Detector.

~~~~~

P A R T E    E X P E R I M E N T A L

~~~~~

1.- PARTE EXPERIMENTAL

Esta parte del estudio consiste en el análisis de muestras biológicas de sangre entera y pelo obtenidos de personal dental (auxiliares dentales y odontólogos) que trabajan en clínicas dentales que, anteriormente, fueron sometidas a un estudio de la concentración de mercurio atmosférico, el cual fue realizado en el seminario de tesis "Factores de contaminación ambiental por mercurio y su control en el trabajo odontológico".

Las clínicas muestreadas fueron:

- Clínica número 11 del Hospital Gustavo Fricke de Viña del Mar.
- Módulo odontológico Simón Bolívar.
- Consultorio odontológico del Cerro Barón.
- Clínica número 1 del Consultorio de Plaza Justicia.

2.- DESCRIPCION DEL UNIVERSO DE MUESTRA

La descripción del universo se presenta en el siguiente cuadro:

N° Muestra	Profesión	Años de servicio	Lugar de trabajo
1	Aux.dental	5 años	Clínica n° 11
2	Aux.dental	2 años 8 meses	Módulo Simón Bolívar
3	Aux.dental	2 años 8 meses	Módulo Simón Bolívar
4	Aux.dental	2 años 8 meses	Módulo Simón Bolívar
5	Aux.dental	8 meses	Módulo Simón Bolívar
6	Aux.dental	2 años 6 meses	Módulo Simón Bolívar
7	Odontólogo	2 años 8 meses	Módulo Simón Bolívar
8	Odontólogo	7 meses	Módulo Simón Bolívar
9	Odontólogo	10 años	Consultorio Barón
10	Aux.dental	5 años	Consultorio Barón
11	Odontólogo	4 años	Consultorio Barón
12	Aux.dental	4 años	Consultorio Pza. Justicia
13	Odontólogo	6 años	Consultorio Pza. Justicia
14	Odontólogo	4 años	Consultorio Pza. Justicia

3.- CARACTERISTICAS DE LAS CLINICAS DENTALES ANALIZADAS.

3.1 Clínica N°11. Hospital G. Fricke:

3.1.1 De la planta física:

- a.- Tamaño de la clínica: 34 m²
- b.- Tiempo de funcionamiento: 4 años
- c.- Tipo de calefacción: estufa eléctrica
- d.- Tipo de ventilación: ventana.

3.1.2 De la forma de preparación de la amalgama:

- a.- Sin proporcionador
- b.- Trituración manual
- c.- Condensación manual

3.1.3 De la forma de remoción de la amalgama:

- a.- Baja velocidad, sin agua.

3.1.4 De la forma de eliminación de los desechos:

- a.- Frasco con agua y tapado. (13).



FOTO N°2 : CLINICA N°11.HOSPITAL G. FRICKE.

3.2 Consultorio Simón Bolívar:

3.2.1 De la planta física:

- a.- Tamaño de la clínica: 178,5 m
- b.- Tiempo de funcionamiento: 1,5 años
- c.- Tipo de calefacción: estufa a gas
- d.- Tipo de ventilación: ventana

3.2.2 De la forma de preparación de la amalgama:

- a.- Proporcionador automático
- b.- Trituración automática.
- c.- Condensación manual.

3.2.3 De la forma de remoción de la amalgama:

- a.- Alta velocidad, con agua.

3.2.4 De la forma de eliminación de los desechos:

- a.- Frasco con agua y tapado. (13).



FOTO N°3 : CLINICA DENTAL. MODULO SIMON BOLIVAR

3.3 Consultorio Barón:

3.3.1 De la planta física:

- a.- Tamaño de la clínica: 66,5 m².
- b.- Tiempo de funcionamiento: 10 años.
- c.- Tipo de calefacción: estufa eléctrica
- d.- Tipo de ventilación: ventana.

3.3.2 De la forma de preparación de la amalgama:

- a.- Con proporcionador de mercurio.
- b.- Trituración manual.
- c.- Condensación manual.

3.3.3 De la forma de remoción de la amalgama:

- a.- Alta velocidad, con agua.

3.3.4 De la forma de eliminación de los desechos:

- a.- Frasco con agua y tapado.(13).



FOTO N°4 : CLINICA DENTAL. CONSULTORIO BARON.

3.4 Consultorio Plaza Justicia:

3.4.1 De la planta física:

- a.- Tamaño de la clínica: 30,5 m².
- b.- Tiempo de funcionamiento: 4 años.
- c.- Tipo de calefacción: estufa eléctrica.
- d.- Tipo de ventilación: ventana.

3.4.2 De la forma de preparación de la amalgama:

- a.- Con proporcionador de mercurio y aleación.
- b.- Trituración manual.
- c.- Condensación manual.

3.4.3 De la forma de remoción de la amalgama:

- a.- Alta velocidad, con agua.

3.4.4 De la forma de eliminación de los desechos:

- a.- Frasco con agua y tapado.(13).



FOTO Nº5 : CLINICA DENTAL. CONSULTORIO PLAZA JUSTICIA.

.- MATERIALES, INSTRUMENTOS Y REACTIVOS

.1 Instrumentos

- Espectrofotómetro de Absorción Atómica, Perkin Elmer modelo 360
- Baño termostático
- Aparato destilador de agua
- Balanza de precisión
- Agitador magnético
- Reloj

Materiales

- Jeringas desechables de plástico de 2-5 cc
- Tijeras
- Bolsas de polietileno
- Instrumental de vidrio de laboratorio
- Algodón
- Tapones de goma, obtenidos de cartuchos de anestesia dental

4.3 Reactivos

- Heparina

- Alcohol

- Acetona p.a artículo 14 MERK

- Perclorato de magnesio anhidro (desecante)

- Soluciones de :
 - Mercurio de concentración 1 ppm
 - Acido nítrico al 65% p.a artículo 456 MERK
 - Acido sulfúrico 95 al 97% p.a artículo 731 MERK

- Cloruro de estaño II p.a artículo 7815 MERK

5.- RECOLECCION DE MUESTRAS;

5.1 Muestreo de pelo:

Seleccionados los sujetos que participaron en el estudio, se procede a cortar preferentemente de la zona posterior de la cabeza y lo más cercano posible al cuero cabelludo, pequeños mechones de pelo hasta completar, aproximadamente, cien cabellos. Inmediatamente se depositan en bolsas de polietileno, previa rotulación, y se sella con cinta adhesiva. Esta es la manera como se transportan al laboratorio.

5.2 Muestreo de sangre entera:

Siguiendo la técnica de la vena cefálica, se procede a heparinizar primero la jeringa estéril; para ello se aspira una pequeña cantidad de heparina, con la cual se mojan las paredes de la jeringa y luego es desechada. Una vez obtenida la muestra de sangre, se manipula con cuidado para no promover una hemólisis, se expulsa el aire manteniendo la jeringa en posición vertical hacia arriba y empujando suavemente el émbolo hasta que una pequeña gota de sangre aflore en la punta de la aguja, en este momento se

sella con un tapón de goma. Esta manera de transporte, evita la excesiva manipulación de la muestra y su continuo cambio de recipientes.

La periodicidad de ambos muestreos fue de aproximadamente dos semanas, hasta completar siete muestras de sangre y de pelo por persona.

Limitantes del muestreo:

- 1.- No fue posible obtener igual número de muestras para todas las personas debido a su eventual ausencia el día del muestreo.

- 2.- La calvicie de la persona número trece imposibilitó la toma de muestras de pelo.!!

7.- ANALISIS DE LABORATORIO:

Para que las muestras biológicas puedan ser sometidas al análisis del espectrofotómetro de absorción atómica, según el método de Hatch y Ott modificado (3), primero debe ser destruída la matriz orgánica, para lo cual se debe proceder a la mineralización de la muestra.

7.1 Tratamiento previo de las muestras:

El pelo debe ser lavado con un solvente orgánico, que para nuestro caso será acetona. Una vez vertida la acetona en la muestra de pelo, se agita con una bagueta; si no aparecen depósitos grasos en la superficie de la acetona, puede someterse la muestra a reiterados enjuagues con agua destilada, para ser posteriormente secado a temperatura ambiente. Si por el contrario, la superficie se ve sucia se repetirá la operación con acetona, hasta que no aparezcan residuos grasos.

Una vez seco es finamente dividido y depositado en un tubo de ensayo, rotulado en cantidades que variaban entre 300 - 500 mgrs., exactamente pesados.

La muestra de sangre se homogeniza con suaves movimientos de la jeringa, para unir el suero al plasma, y aprovechando la graduación de ella se vierten 0,5 cc. en un tubo de ensayo, cuidando que caiga directamente contra el fondo sin resbalar por las paredes. Posteriormente, se rotulan y pesan los

7.2 tubos en cantidades que varían entre 300 - 600 mgrs.

7.2 Mineralización de las muestras

Esta etapa, tiene como objetivo la destrucción de la matriz orgánica, permitiendo así la posterior determinación en el espectrofotómetro.

Por medio de pipetas aforadas, son vertidas en los tubos de ensayo, con las muestras biológicas soluciones de tipo oxidante en el siguiente orden:

- 1- 5ml de solución de ácido nítrico al 65% p.a art. 456 MERK.
- 2- 1 ml de solución de ácido sulfúrico 95 al 97% p.a art. 731 MERK
- 3- 1 ml de solución de ácido perclórico al 70% p.a art. 519 MERK

Luego los tubos son agitados para favorecer la mezcla de los ácidos con las muestras biológicas. Así las muestras están en condiciones de ser llevadas al baño termostático, donde se mantendrán a 60°C por un período de tiempo variable entre 24 y 72 horas.

Una vez finalizada la mineralización las muestras deben verse traslúcidas, lo cual evidencia la destrucción de la matriz orgánica.

Con el fin de asegurar la total destrucción, de la matriz orgánica, la muestra es vertida en un vaso pp de 5 ml, cuidando de no dejar residuos en el tubo de ensayo, el cual es lavado con agua destilada y esta vacida en el vaso. Este es llevado a una rejilla con asbesto y puesto al calor de un mechero Bunsen, cuidando de **agi-**tar constantemente. Así también aseguramos la eliminación del exceso de ácido nítrico, lo cual es verificado, al obtener por calentamiento los " humos blancos " .

La muestra se ve clara y translúcida.

7.3 Determinación de las concentraciones de mercurio por el método de espectrofotometría de absorción atómica por vapor frío en las muestras biológicas.

Luego de terminada la mineralización, las muestras se encuentran separadas en tubos de ensayo previamente rotulados y pesados.

En matraces aforados de 25 ml. son vaciados los tubos de ensayo y luego son rotulados con las indicaciones de cada tubo, para así evitar confusiones de las muestras. Los tubos de ensayo son enjuagados tres veces con agua destilada y esta agua es vaciada en el matraz, asegurándose así, que no se pierda muestra.

Los matraces son completados hasta su aforo con agua destilada y luego agitados para homogenizar su contenido.

Cada matraz así preparado corresponde a una muestra biológica, lista para ser sometida al proceso de determinación.

Se preparan dos vasos pp. para cada muestra, esto con el fin de realizar al menos dos veces, la medición del contenido de mercurio y obtener un valor medio. En cada uno se depositan 5 ml del contenido de un matraz.

Ahora se agregan los siguientes reactivos:

- 1 ml. de permanganato de potasio 5% pv, es un

oxidante de la mezcla.

- 0,5 ml. de ácido sulfúrico 95 al 97 % p.a. art. 731 MERK, también oxidante.(9)
- 0,2 ml. de clorhidrato de hidroxilamina 25%, es reductor del exceso del permanganato de potasio.

Se verifica la reacción, por la decoloración de la solución. En este momento se vierte el contenido del vaso pp. en la celda de reacción, y se agregan:

- 0,5 ml. de cloruro de estaño II p.a. art. 7815 MERK, es reductor del Hg^{++} a Hg^0 , según la reacción:



Luego la celda es puesta sobre un agitador magnético, en el interior de la celda se ha colocado una barra imantada recubierta en teflón, con ello se logra la agitación del contenido de la celda, por un método no invasivo.

Es el mercurio metálico, el que debe determinarse por espectrofotometría de absorción atómica usando el método de Hatch y Ott modificado.(3).

Para una mejor comprensión del proceso seguido en el espectrofotómetro de absorción atómica, se adjunta el esquema de la página N° 29 .

La operación comienza activando el agitador magnético, conectando la bomba de vacío y cerrando la llave de paso 7a. Se produce entonces, vacío, entre ella y la bomba de vacío.

El vacío producido para cada muestra, se estandariza en 3 min., asegurándose así, que la reacción sea completa.

Transcurrido este tiempo la llave de paso 7b es cerrada, la bomba de vacío y el agitador magnético son detenidos y se abre la llave 7a.

De esta forma, el aire que contiene el vapor de mercurio, en la celda de reacción, por el efecto del vacío pasa hasta la celda de absorción, donde se determina la cantidad de mercurio (Hg^0). Previamente se ha dispuesto el equipo, con la longitud de onda específica para el mercurio, que es de 253,7 nm.

Para poder determinar las concentraciones de las soluciones en estudio, es necesario previamente conocer la lectura obtenida para soluciones de concentración conocida, las que en nuestro estudio fueron de 0,05 y 0,1 μg Hg/ml. de agua destilada.

Estas soluciones estandar fueron sometidas al mismo protocolo que las soluciones en estudio. Con la lectura obtenida de estas soluciones, se confeccionó una curva de calibración, mediante la cual, por extrapolación, se halla la

8.- RESULTADOS Y ANALISIS

Los resultados experimentalmente obtenidos se presentan en las tablas n°1, n°2, n°3, n°4.

Las tablas n°1 y n°2 resumen los valores encontrados para las concentraciones de mercurio en pelo y sangre entera, en personal que trabaja para las cuatro clínicas encuestadas.

La tabla n°3 presenta los valores promedio de las concentraciones de mercurio en pelo y sangre. También presenta los años de trabajo de las personas que laboran en las clínicas muestreadas.

La tabla n°4 resume los valores de las concentraciones promedio de mercurio en sangre, pelo y aire para cada clínica en estudio. También se tabulan los valores de desviación estandar y número de personas consideradas en cada clínica.

La tabla n° 5 muestra la síntesis de la información entregada por los formularios usados para el muestreo de las personas en estudio.

8.- RESULTADOS Y ANALISIS

Los resultados experimentalmente obtenidos se presentan en las tablas n°1, n°2, n°3, n°4.

Las tablas n°1 y n°2 resumen los valores encontrados para las concentraciones de mercurio en pelo y sangre entera, en personal que trabaja para las cuatro clínicas encuestadas.

La tabla n°3 presenta los valores promedio de las concentraciones de mercurio en pelo y sangre. También presenta los años de trabajo de las personas que laboran en las clínicas muestreadas.

La tabla n°4 resume los valores de las concentraciones promedio de mercurio en sangre, pelo y aire para cada clínica en estudio. También se tabulan los valores de desviación estandar y número de personas consideradas en cada clínica.

La tabla n° 5 muestra la síntesis de la información entregada por los formularios usados para el muestreo de las personas en estudio.

8.1. TABLA Nº 1:

Determinación de mercurio en pelo en $\mu\text{gr Hg/gr}$ pelo. Valpo.
1986

Muestra	1ª Muestra	2ª Muestra	3ª Muestra	4ª Muestra	5ª Muestra	6ª Muestra	7ª Muestra	Muestra	\bar{x} Prom.
1 C.LI	4,950	0,646	---	---	---	0,218	4,880	2,673	
2 S.B.	1,922	---	1,264	2,351	1,030	1,385	5,689	2,274	
3 S.B.	3,135	3,239	0,916	---	0,690	2,515	2,051	2,091	
4 S.B.	3,354	3,408	1,806	2,073	1,630	---	---	2,454	
5 S.B.	6,158	1,078	2,094	1,077	2,110	0,630	2,116	1,518	
6 S.B.	---	1,101	1,338	0,785	1,880	0,273	1,559	1,156	
7 S.B.	0,162	0,502	0,441	---	1,310	1,115	2,274	0,967	
8 S.B.	2,223	---	1,190	0,462	0,360	0,590	1,447	1,045	
9 C.B.	---	6,613	---	---	0,830	---	0,951	2,798	
10 C.B.	---	1,608	0,578	2,752	1,320	3,703	1,148	1,851	
11 C.B.	0,824	---	2,664	1,441	0,116	0,864	2,054	1,384	
12 P.J.	---	1,073	0,128	1,470	0,230	1,963	2,808	1,279	
13 P.J.	---	---	1,779	---	---	---	---	1,799	
14 P.J.	0,368	---	---	1,663	1,110	1,890	0,787	1,164	

C.LI : Clínic Nº 11.

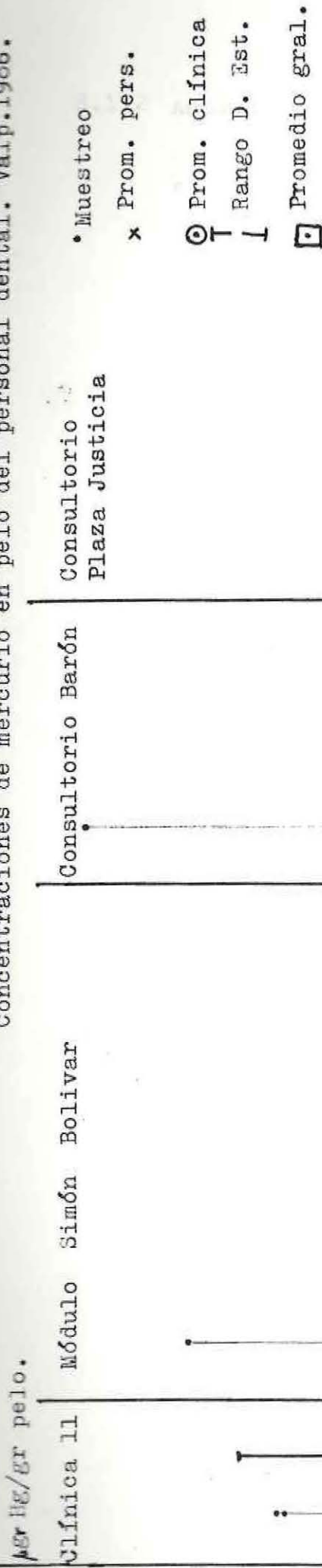
S.B. : Módulo Simón Bolívar.

C.S. : Consultorio Barón.

P.J. : Consultorio Plaza Justicia.

8.1.1. Gráfico n°1:

Concentraciones de mercurio en pelo del personal dental. Valp. 1986.



8.1.2 Analisis del gráfico nº 1

" Concentración de mercurio en pelo "

El promedio más alto se presentó en la clínica nº 11, Hospital Gustavo Fricke, pero este valor lo consideramos poco representativo, puesto que las mediciones fueron hechas en sólo una persona de dicha clínica.

El segundo valor más alto corresponde al observado en Consultorio Barón, seguido por Módulo Simón Bolívar y por último Consultorio Plaza Justicia.

Al relacionar concentración ambiental de mercurio, con concentración en pelo se esperaba un valor más alto para Consultorio Plaza Justicia, seguido de Consultorio Barón, esto nos llevo a realizar un analisis estadístico para ver si a pesar de la diferencia numérica, existía una diferencia significativa ("t" de Student), entre los valores de los promedios y su dispersión, (la dispersión referida a la desviación de los promedios parciales con respecto al promedio general para la clínica).

De este analisis obtuvimos que la diferencia entre Consultorio Barón y Consultorio Plaza Justicia no era significativa, al igual que entre Módulo Simón Bolívar y Plaza Justicia.

El promedio individual más alto de concentración de mercurio en pelo, fue el obtenido en la persona n^o 9, perteneciente a Consultorio Barón, la cual presenta el mayor número de años trabajados de todas las clínicas en estudio (10 años).

El promedio general de las cuatro clínicas muestreadas fue de 1,67 ug de Hg/ gr de pelo.

RESUMEN
Determinación de mercurio en sangre y en pelo
Realizada por el Dr. en Ciencias Químicas, Valparaíso, 1956.

Mercurio (ug)	1,67
Mercurio (ug)	1,67
Mercurio (ug)	1,67
Mercurio (ug)	1,67

6.2. TABLA Nº 2:

Determinación de mercurio en sangre entera.
humana μ gr de Hg/ gr de sangre. Valpo. 1986.

Muestra.	1ª Muestra.	2ª Muestra.	3ª Muestra.	4ª Muestra.	5ª Muestra.	6ª Muestra.	7ª Muestra.	\bar{x} Promedio
1 C.II.	0,045	0,093	0,053	---	---	0,046	0,027	0,053
2 S.B.	0,106	0,078	0,025	0,083	---	0,006	0,032	0,055
3 S.B.	0,018	---	0,036	0,083	---	0,008	0,016	0,032
4 S.B.	0,018	---	0,004	---	---	---	---	0,011
5 S.B.	---	0,137	0,043	0,029	---	0,010	0,012	0,046
6 S.B.	0,053	0,059	---	0,020	---	0,009	0,025	0,032
7 S.B.	0,019	0,039	0,004	0,003	---	0,010	0,010	0,019
8 S.B.	0,073	---	---	---	---	---	---	0,073
9 C.B.	---	0,035	0,007	0,299	0,016	---	---	0,089
10 C.B.	0,043	0,053	---	0,061	---	---	---	0,025
11 C.B.	0,055	0,011	---	---	---	---	---	0,035
12 P.J.	0,050	0,032	---	0,030	0,024	0,052	0,029	0,036
13 P.J.	0,075	0,035	---	0,006	0,039	0,023	0,082	0,044
14 P.J.	0,343	0,343	---	---	0,013	---	---	0,233

C.II : Clínica Nº 11.

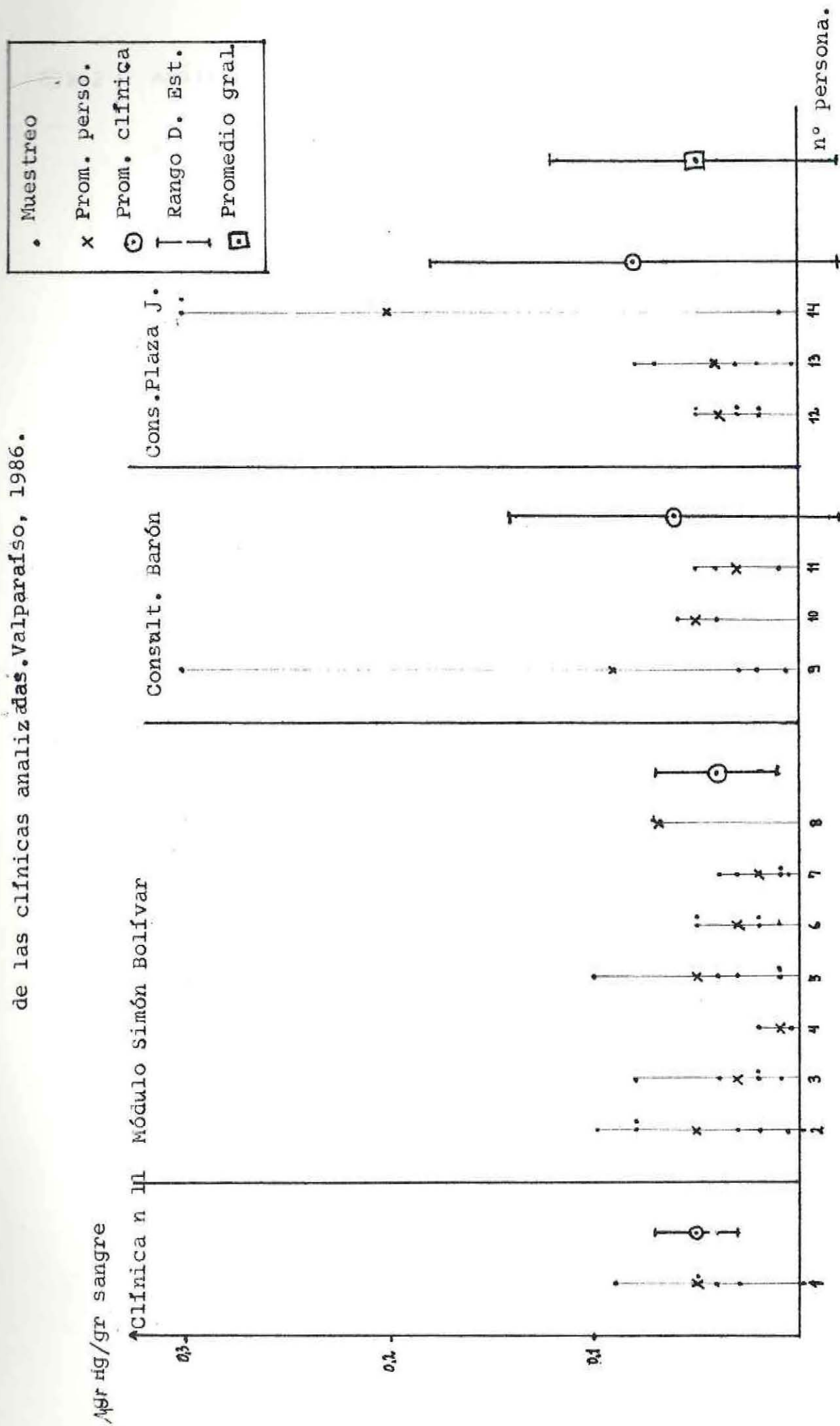
S.B. : Módulo odontológico Simón Bolívar.

C.B. : Consultorio Barón.

P.J. : Consultorio Plaza Justicia.

8.2.1. Gráfico n°2:

Concentraciones de mercurio en sangre entera del personal de las clínicas analizadas. Valparaíso, 1986.



8.2.2 Análisis del gráfico n° 2

" Concentración de mercurio en sangre "

El promedio por clínica más alto fue Consultorio Plaza Justicia, seguido por Barón, Clínica n° 11 y Módulo Simón Bolívar.

Los promedios por clínica fluctúan entre el rango de 0,03-0,07 ug de Hg/gr de sangre.

El promedio individual más alto, corresponde a la persona n° 9. La persona n° 14 presenta un promedio que escapa al rango observado, que creemos se debe a un error en alguna de las etapas de trabajo, por lo mismo no consideramos correcto incluirlos en los datos analizados.

El promedio general para concentración de mercurio en sangre fue de 0,052 ug de Hg/gr de sangre.

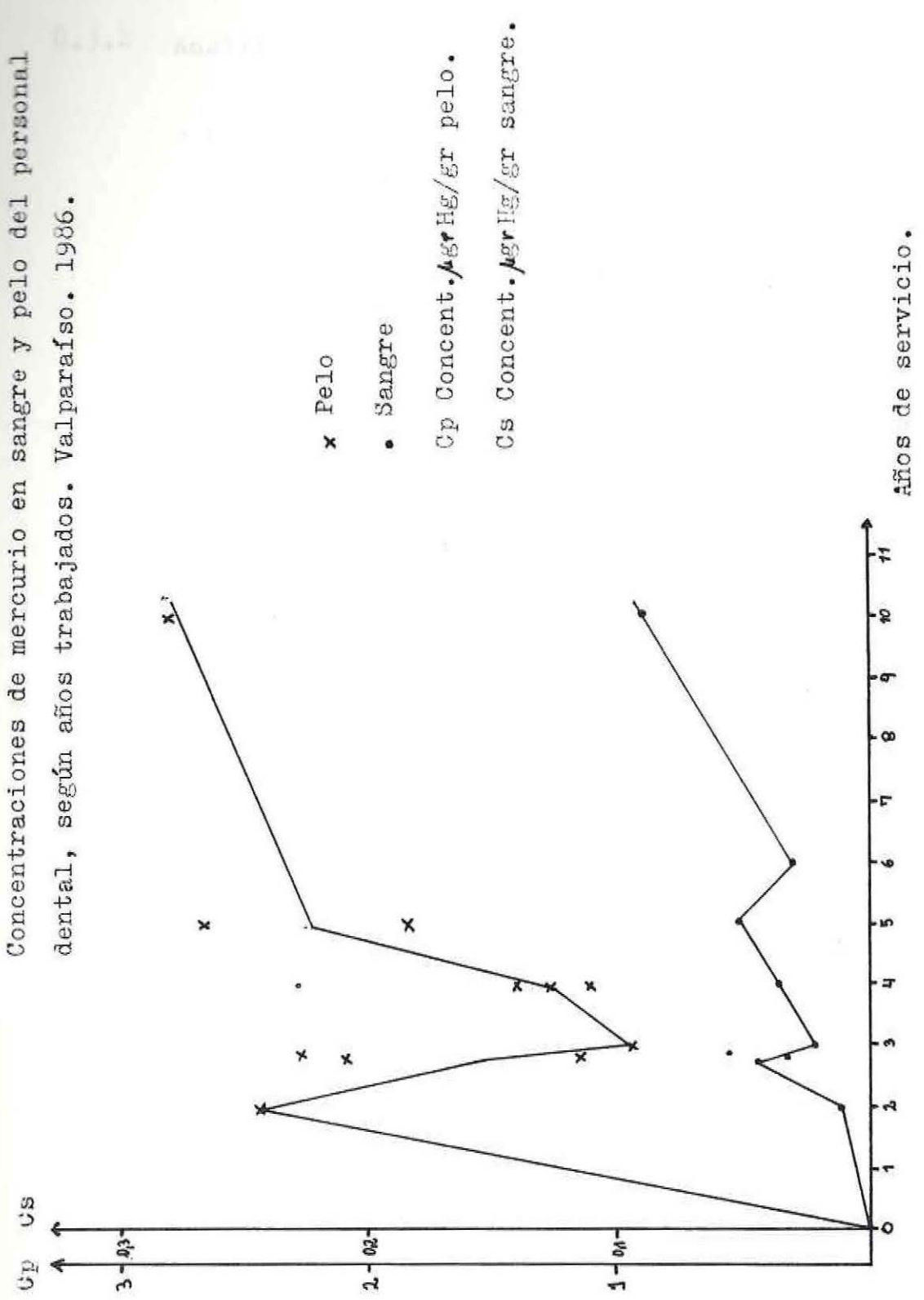
8.3 TABLA N°3

Promedios por personas, para concentraciones de mercurio en pelo y sangre entera, según años de trabajo en las clínicas muestreadas. Valparaíso, 1986.

Nº muestra	Años trabajados	Conc. de Hg en pelo (μ gr Hg/gr)	Conc. de Hg en sangre (μ gr hg/gr)
1	5 años	2,673	0,053
2	2 años 8 meses	2,274	0,055
3	2 años 8 meses	2,091	0,032
4	2 años	2,454	0,011
5	8 meses	1,518	0,046
6	2 años 8 meses	1,156	0,032
7	3 años	0,967	0,019
8	7 meses	1,045	0,073
9	10 meses	2,798	0,089
10	5 años	1,852	0,053
11	4 años	1,385	0,035
12	4 años	1,279	0,037
13	6 años	--	0,044
14	4 años	1,164	0,233

0.3.1.- Gráfico n° 3:

Concentraciones de mercurio en sangre y pelo del personal dental, según años trabajados. Valparaíso. 1986.



8.3.2 Analisis del gráfico nº 3

" Concentración de mercurio en sangre y pelo,
según años trabajados ".

Según la información entregada por la tabla nº 3 se confeccionó un gráfico para poder comparar concentración de mercurio en sangre y pelo de las personas encuestadas, con respecto a los años de servicio en sus respectivas clínicas.

Se observa claramente una tendencia creciente en la concentración de mercurio en sangre y pelo, al aumentar los años de trabajo odontológico.

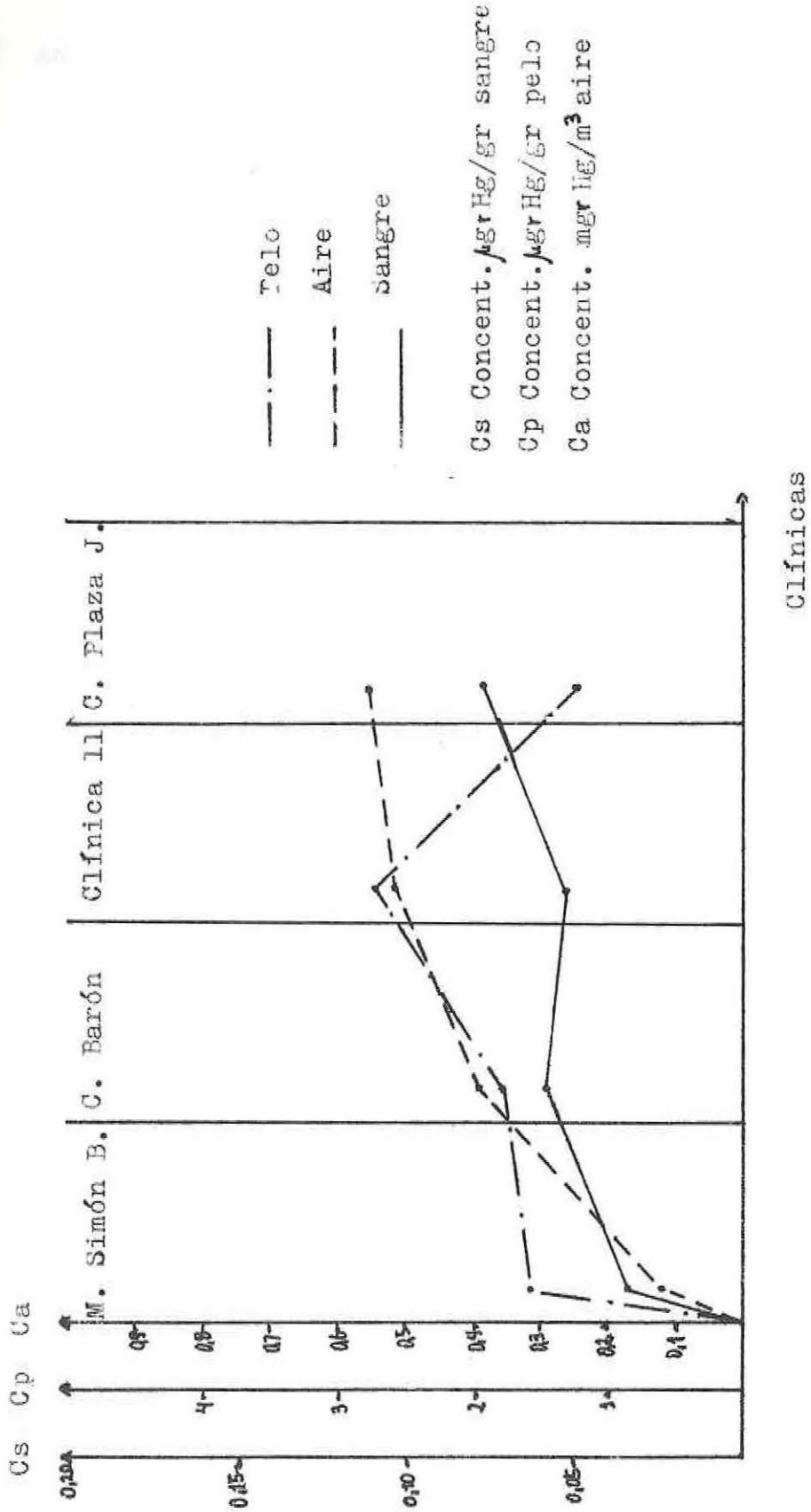
8.4 TABLA N^o 4:

Concentraciones promedios de mercurio (ug/gr) en sangre, pelo y aire para las cuatro clínicas muestreadas

	PELO			SANGRE			AIRE
	\bar{X}	σ	N ^o pers.	\bar{X}	σ	N ^o pers.	\bar{X}
Clinica N ^o 11	2,673	2,594	1	0,0527	0,0247	1	0,052
Mod S. Bolívar	1,595	1,090	7	0,0365	0,0334	7	0,013
Consult. Barón	1,854	1,605	3	0,0620	0,0854	3	0,038
Cons. Pza. Just	1,226	0,830	2	0,0787	0,1094	3	0,056

84.1 Gráfico nº 4:

Concentraciones de mercurio en sangre, pelo y aire promedios para las clínicas analizadas. Valparaíso. 1986.



8.4.2 Análisis del gráfico nº 4;

" Concentración de mercurio en sangre entera, pelo y aire promedio para las clínicas muestreadas ".

Este gráfico está basado en los datos obtenidos de la tabla nº 4. De este se desprende que existe una correspondencia de la concentración de mercurio en aire en las clínicas, con respecto a la concentración de mercurio en pelo y sangre de las personas de dichas clínicas. Esta correspondencia nos indica que a mayor concentración en aire por clínica, existe mayor concentración de mercurio en pelo y sangre del personal de las clínicas en cuestión.

8.5 AGRUPACION SEGUN CONDICIONES AMBIENTALES SEMEJANTES.

Con el fin de verificar los objetivos de este estudio, se realizó una agrupación según semejantes condiciones ambientales referidas a concentraciones mercuriales. Posteriormente, mediante un análisis estadístico, se pudo apreciar que las diferencias entre los grupos no era significativa ("t" de Student), en cuanto a concentraciones de mercurio en aire, situación que se repite para sangre y pelo.

Los grupos fueron conformados de la siguiente manera:

Grupo A:	\bar{x} (mg Hg/m ³)
- Clínica n°II Hosp.Gustavo Fricke	0,052
- Consultorio Plaza Justicia	0,056
Grupo B:	
- Módulo Simón Bolívar	0,013
- Consultorio Barón	0,038

El siguiente cuadro muestra los medios (\bar{x}) y desviación estandar (\bar{v}) en aire, pelo y sangre del grupo A y B.

Grupos	Aire		Sangre		Pelo	
	\bar{x} (mg/m ³)	\bar{v}	\bar{x} (ug/gr)	\bar{v}	\bar{x} (ug/gr)	\bar{v}
A	0,051	0,028	0,072	0,095	1,612	1,541
B	0,026	0,023	0,043	0,051	1,685	1,231

Síntesis de la información entregada por las fichas clínicas.

Muestra	A		B		C (días)		D		E		F	
	Si	No	Si	No	1	2	Si	No	(0-10)	(11-20)	Si	No
1 C.11		X		X	X			X		X		X
2 S.B.	X			X	X	X	X			X		X
3 S.B.		X		X	X			X		X		X
4 S.B.		X	X		X			X		X		X
5 S.B.		X	X		X			X		X		X
6 S.B.		X		X		X		X		X		X
7 S.B.		X		X	X		X			X	X	
8 S.B.		X	X			X		X		X		X
9 U.B.		X		X	X		X			X	X	
10 C.B.		X		X	X			X		X	X	
11 C.B.		X		X	X			X		X	X	
12 P.J.		X		X		X		X		X		X
13 P.J.		X		X		X		X		X		X
14 P.J.	X			X		X		X		X	X	

C.11 : Clínica 11.

S.B. : Módulo Simón Bolívar.

C.B. : Clínica Barón.

P.j. : Consultorio Plaza Justicia.

A : Consumo regular de pescado y marisco

B : Presencia de signos clínicos.

C : Frecuencia de lavado de pelo.

D : Uso de permanente.

E : Número de obturaciones en boca. (amalga.)

F : Uso de tinturas.

8.6.1.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACION OBTENIDA DE LAS FICHAS CLINICAS. (T DE STUDENT)

Cuadro N°1:

Relación entre la concentración promedio de mercurio, en pelo y sangre entera, con el consumo frecuente de pescados y mariscos.

	A *	N°pers	∇	B *	N°pers	∇
Consumo	1,719	2	0,555	0,144	2	0,089
No consumo	1,747	11	0,635	0,044	12	0,020

Cuadro N°2:

Relación entre presencia de signos clínicos y concentración promedio de mercurio en pelo y sangre entera.

	A *	N°pers	∇	B *	N°pers	∇
Presencia de signos	1,672	3	0,589	0,043	3	0,025
Ausencia de signos	1,763	10	0,633	0,062	11	0,018

Cuadro N°3:

Relación entre uso de tintura en el pelo y concentración promedio de mercurio en pelo y sangre entera.

	A *	N°pers	\bar{X}	B *	N°pers	\bar{Y}
Uso de tintura	1,574	6	0,616	0,077	6	0,072
No uso de tintura	1,651	7	0,598	0,043	8	0,017

Cuadro N°4:

Relación entre frecuencia de lavado del pelo y concentración promedio de mercurio en pelo y sangre entera.

	A *	N°pers		B *	N°pers	
Cada 1 día	---	---	---	0,044	1	0
Cada 2 días	1,893	7	0,595	0,036	7	0,015
Cada más días	1,566	6	0,610	0,086	6	0,068

Cuadro N°5:

Relación entre ondulación artificial del pelo y concentración promedio de mercurio en pelo y sangre entera.

	A *	N°pers	∇	B *	N°pers	∇
Se efectúa permanente	2,013	3	0,770	0,054	3	0,028
No se efec. permanente	1,511	10	0,540	0,059	11	0,057

A* : Concentración promedio de mercurio en pelo.(gr.Hg/gr de pelo).

B* : Concentración promedio de mercurio en sangre.(gr.Hg/gr. de sangre).

.....

C O N C L U S I O N E S

.....

CONCLUSIONES

- 1 Los promedios por clínicas de las concentraciones de mercurio en sangre entera, encontradas en nuestro estudio, fluctúan entre valores comprendidos desde 0,03 - 0,07 μgr de Hg/ gr de sangre, valores que están sobre el nivel normal, (0,01 - 0,03 $\mu\text{gr}/\text{gr}$), pero bajo niveles en que normalmente hay sintomatología (0,1 - 0,5 $\mu\text{gr}/\text{gr}$ de sangre).
- 2 Los promedios por clínicas de las concentraciones de mercurio en pelo del personal que labora en ellas, fluctúan entre 1,2 - 2,7 $\mu\text{gr}/\text{gr}$ de pelo, valores que se encuentran dentro del rango normal de concentración, (0,1 ppm - 50 ppm).
- 3 Los valores promedios de las concentraciones de mercurio en sangre entera, para cada una de las clínicas estudiadas, se relacionan con los valores de concentración en mercurio ambiental encontradas en el estudio anterior. De forma tal, que la clínica que tiene la más alta concentración de mercurio en aire, posee también el promedio más alto de concentración de mercurio en sangre entera.
- 4 En las mediciones realizadas en pelo, esta correlación también está presente, excepción hecha del Consultorio Plaza Justicia

- 5 Las diferencias encontradas entre los grupos A y B, según la concentración de mercurio atmosférico, no son estadísticamente significativas, ("t" de Student), condición encontrada también en pelo y sangre.
- 6 Al aumentar los años de trabajo odontológico, de las personas muestreadas en las diferentes clínicas, se observa claramente un aumento de las concentraciones mercuriales en sangre y pelo.
- 7 El análisis estadístico del cuadro n°1 muestra que no hay diferencias estadísticamente significativa entre el grupo que consume regularmente pescados y mariscos y el que no lo hace en cuanto a su concentración promedio de mercurio en pelo y sangre entera.
- 8 El análisis estadístico del cuadro n°2 muestra que no hay diferencias estadísticamente significativa entre el grupo que presenta signos clínicos y el que no los presenta en cuanto a la concentración promedio de mercurio en pelo y sangre entera.
- 9 En el cuadro n°3 no se observa una diferencia estadísticamente significativa entre el grupo que usa tintura en el pelo y el que no lo usa, en cuanto a la concentración promedio

de mercurio en pelo y sangre entera.

- 10 Las diferencias entre los tres grupos establecidos para la frecuencia de lavado de pelo no tienen significancia estadística considerando los valores de la concentración promedio de mercurio en pelo y sangre entera. Así lo muestra el cuadro nº4.

- 11 Las diferencias entre el grupo que se efectuaba rizado artificial del pelo y el que no lo hacía, no tienen significancia estadísticamente válida según los valores de la concentración promedio de mercurio en pelo y sangre entera. Así lo muestra el cuadro nº5 .

1- Identificación:

- a) Nombre:
- b) Edad:
- c) Sexo:
- d) N° de:

2- Ocupación:

- a) Idea:
- b) Act:
- c) Dir:
- d) Otr:
- e) Ad:
- f) :

A N E X O

3- De:

- a) :
- b) :

a)

b)

c)

d) Pr:

e) su:

f) de:

g) Pr:

h) Pr:

A.- FORMULARIO

1- Identificación:

- a) Nombre:.....
- b) Edad:
- c) Sexo:
- d) N° de muestra:

2- Ocupación:

- a) Lugar de trabajo:
- b) Años de ejercicio:
- c) N° de días trabajados a la semana:
- d) Otro lugar de trabajo similar :
- e) Años de ejercicio:
- f) N° de días trabajados a la semana:

3- Datos personales:

- a) Consume regularmente (1 vez a la semana) pescados y/o mariscos:
SI..... NO..... (16)(19)
- b) Presenta Ud. actualmente alguno de los siguientes signos y/o síntomas:
 - 1b) Temblores: SI..... NO
 - 2b) Cambios en conducta habitual (irritabilidad, timidez): SI... NO.
 - 3b) Mareos: SI NO
 - 4b) Amnesias parciales: SI..... NO
 - 5b) Somnolencias: SI NO
 - 6b) Depresión: SI NO
 - 7b) Desensibilización en extremidades, zona peribucal: SI ... NO ...
 - 8b) Pérdida de visión y audición : SI NO
 - 9b) Sangramiento de las encías: SI NO
- c) ¿Cada cuánto tiempo se corta el pelo aproximadamente?
- d) ¿Cuándo fue la última vez que se lo cortó?
- e) ¿Usa tintura en él? SI..... NO (20)
- f) Frecuencia del lavado de pelo:.....(20)
- g) ¿Qué champú usa?
- h) ¿Se ha hecho la permanente en el pelo? SI..... NO..... (20)
- i) N° aproximado de amalgamas en boca : (6)
- j) Tiempo que llevan en boca aproximadamente:(5)

B.- SEGURIDAD EN EL MANEJO DEL MERCURIO

Es de nuestra consideración entregar a continuación una lista de recomendaciones que pueden ser muy útiles en nuestros consultorios dentales, para disminuir los altos riesgos que implica trabajar con el mercurio.

- Que los envases de mercurio, sean irrompibles con una tapa de buen sellado.
- Efectuar toda la manipulación que se relacione con el mercurio y la amalgama dental, sobre superficies lisas e impermeables que faciliten de sobremanera la limpieza en caso de derrames accidentales.
- Se debe recoger inmediatamente el mercurio derramado. Las gotas pueden aspirarse con un tubo delgado conectado al equipo de succión de la unidad dental, previa instalación de una trampa de botella.
- Vigilar el buen sellado de las cápsulas de trituración de los amalgamadores mecánicos.
- Usar alguna técnica en la que el contacto directo con la amalgama sea el mínimo o mejor que no exista.
- Reunir todo el mercurio excedente y la amalgama de exceso en recipiente de agua.

- Es importante, mantener una buena ventilación del lugar de trabajo.
 - No utilizar alfombras en el consultorio, pues imposibilita la descontaminación.
 - Eliminar el uso de soluciones que contengan mercurio.
 - No se debe permitir, que por ningún motivo se produzca el calentamiento de la amalgama o del mercurio.
 - Al remover una obturación de amalgama debe hacerse con refrigeración.
 - En el momento de condensar la amalgama, pueden ser utilizados métodos manuales o mecánicos, pero nunca condensadores ultrasónicos.
 - Se debe hacer análisis al personal dental, por lo menos una vez cada año.
 - Periódicamente se estarán haciendo mediciones de los niveles atmosféricos de vapores de mercurio en la consulta dental.
 - Debe informarse ampliamente a quienes laboran en nuestras clínicas, de los peligros que la manipulación descuidada del mercurio, pueden acarrear para la vida de todos en la consulta. Así como también debe informarse a ese personal, cual es la manera correcta e higiénica de trabajar con la amalgama dental.
- (11),

BIBLI

(1)

.....

B I B L I O G R A F I A

.....

BIBLIOGRAFIA.

- (1) MARSHALL, K.CHEANG; M.ANTHONY, VERITY.
Experimental Methyl Mercury Neurotoxicity: Locus
of Mercurial Inhibition of Brain Protein Synthesis
In Vivo and in vitro.
J. of Neurochemistry. Vol.44(6). 1799-1808. 1985.
- (2) GOODMAN AND GILMAN'S.
The Pharmacological Bases of Therapeutics.
Sexta edición. 1980. Págs.1579-1585.
- (3) HWAI-NAN, CHOU; CONRAD A., NALEWAY.
Determination of Mercury by Cold Vapor Atomic
Absorption Spectrometry.
Anal. Chem. Vol. 56. 1737-1738. 1984.
- (4) N.HOWELL FURMAN.
Standard Methods of Chemical Analysis.
Sixth edition. Cap. 29. Pág.656-670. 1975.
- (5) M.J,VIMY ; F.L,LORSCHIEDER.
Intra-Oral Air Mercury Released from Dental
Amalgam.
J.Dent.Res. 64(8): 1069-1071, August, 1985.
- (6) J.E, ABRAHAM; C.W, SVARE; C.W, FRANK.
The Effect of Dental Amalgam Restorations on
Blood Mercury Levels.
J.Dent.Res. 63(1):71-73, January 1984.

- (7) J.F,McMULLIN;J.G,PRITCHARD;A.M,S
Accuracy and Precision of the Determination of
Mercury in Human Scalp Hair by Cold Vapor
Atomic Absorption Spectrophotometry.
Analyst. 107:803-814. July. 1982.
- (8) JOHN W,REINHARDT;KAI CHIU, CHAN;THOMAS M,SCHULEIN.
Mercury Vaporization During Amalgam Removal.
J. of Prosthetic Dentistry . 50(1):62-64 July 1983.
- (9) ROBERT B,FISCHER;DENNIS G,PETERS.
Análisis Químico Cuantitativo.
3º edición 1970.
- (10) GOLEN W,ENING.
Métodos Instrumentales de Análisis Químicos.
4º edición. Pág. 38-42. 1978.
- (11) S.G.CIANCIO;P.C. BOURGAULT.
Farmacología Clínica para Odontólogos.
5º edición. Pág.266-268. 1982.
- (12) J.W,ROBINSON;E.M,SKELLY.
The Direct Determination of Mercury in Hair
by Atomic Absorption Spectroscopy at.the 184,9 nm.
Resonance Line.
Spectroscopy letters, 14(7), 519-551. 1981.
- (13) I.COSTA;V.PENALOZA;P.VALDIVIESO.
Factores de Contaminación Ambiental por Mercurio
y su Control en el Trabajo Odontológico.
Seminario de Tesis. Escuela de Odontología.
Facultad de Medicina. U. de Valpo. 1985.

- (14) O'BRIEN, W.J; RYGE, GUNNAR.
Materiales Dentales y su selección.
Cáp. 17. Pág.169-173. 1980.
- (15) MAURIT - PINOS.
Enciclopedia Universal.
Edición Danae. Vol.V. Pág.379. 1975.
- (16) ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD; OFICINA
SANITARIA PANAMERICANA; OFICINA REGIONAL DE LA
O.M.S.
Criterios de Salud Ambiental 1; Mercurio. 1978.
- (17) DECRETO SUPREMO N°19 DEL 14 DE ENERO . 1976.
- (18) A.WALSH; J.B,WILLIS.
Atomic Absorption Spectrometry. Standard Methods
of Chemical Analysis .
6° edición. Vol. 3. Pág.105-117.
- (19) CARMEN GLORIA NUÑEZ HERRERA.
Determinación de Metales Pesados en Alimentos
de origen Marino por Espectrofotometría de
Absorción Atómica.
Tesis de Grado. U. de Valparaíso. 1982.
- (20) F.AVEGGIO B; G.LAGOMARSINO B; E.ROJAS R.
Determinación de los niveles de elementos traza,
en Pelo de Población de la V Región.
Seminario de Tesis. Escuela de Qca. y Farmacia.
Facultad de Medicina. U. de Valpo. 1982.

(21) F.PEREZ J.;V.VARGAS G.

Determinación de niveles plasmáticos de Mercurio
en Auxiliares Dentales.

Seminario de Tesis. Escuela de Odontología.

Facultad de Medicina. U. de Valpo. 1985.