

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
**ESCUELA DE POST GRADO**  
**DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA SALUD**




**“ASOCIACIÓN DE CARIES DENTAL Y NIVEL DE PLOMO EN  
SANGRE EN ESCOLARES DE AREQUIPA-2006”**

**Tesis Presentada por la Magíster:**  
**ELSA CARMELA VÁSQUEZ HUERTA**  
**Para optar el grado Académico de**  
**Doctora en Ciencias de la Salud**

**Arequipa - Perú**

**2008**





*La verdadera dimensión del hombre no está dada por lo que alcanza, sino  
más bien por lo que anhela alcanzar.*

*Khalil Gibran*

## ÍNDICE

*RESUMEN*

*ABSTRACT*

*INTRODUCCIÓN*

*MATERIAL Y MÉTODOS* ..... 2

*RESULTADOS* ..... 7

*DISCUSIÓN* ..... 25

*CONCLUSIONES* ..... 30

*RECOMENDACIONES* ..... 32

*REFERENCIAS* ..... 34

*ANEXOS* ..... 38

*ANEXO N° 1: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN* ..... 39

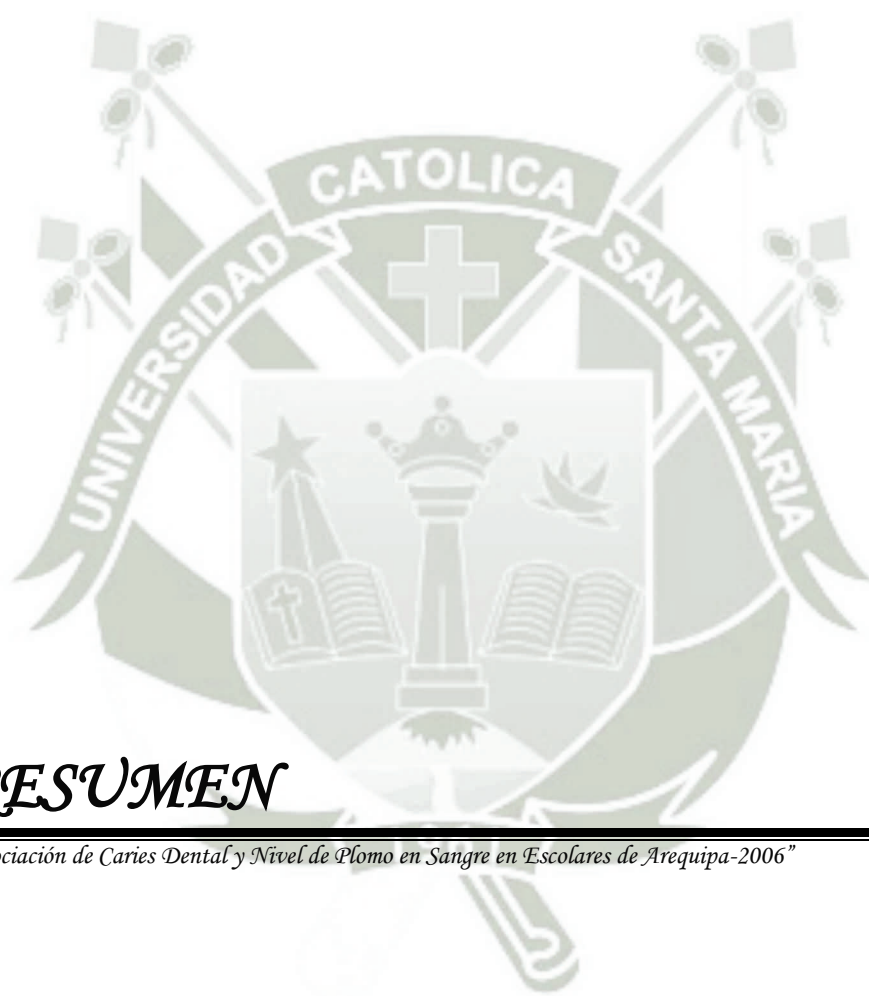
*ANEXO N° 2: FICHA DE OBSERVACIÓN CLÍNICA* ..... 121

*ANEXO N° 3: AUTORIZACIÓN INFORMADA* ..... 122

*ANEXO N° 4: MATRIZ DE SISTEMATIZACIÓN* ..... 123

*ANEXO N° 5: ANEXO ESTADÍSTICO* ..... 125

*ANEXO N° 6: FOTOGRAFIAS* ..... 126



## ***RESUMEN***

*"Asociación de Caries Dental y Nivel de Plomo en Sangre en Escolares de Arequipa-2006"*

La contaminación Ambiental causada por el crecimiento desmesurado del parque automotor, se ha convertido en una preocupación constante por los daños que ocasiona en la salud en general; por la continua exposición de la población, principalmente al Monóxido de Carbono y al Plomo de los combustibles.

El propósito del presente trabajo es Asociar la concentración de Plomo en sangre y el Índice de Caries Dental. El estudio se realizó en 78 escolares de la ciudad de Arequipa, distribuidos en dos grupos, 38 escolares del cercado de la ciudad, zona urbana contaminada; (Avda Independencia) y 40 escolares del distrito de Sachaca, zona rural con mínima contaminación (Alto de Amados). A todos los escolares se les tomo muestras de sangre las que fueron analizadas en los laboratorios de la Universidad Católica de Santa María bajo el método Voltamétrico para determinar la concentración de Plomo en sangre, y se determino el CPO (índice de caries dental) mediante el Odontograma que se realizó a cada escolar.

EL Objetivo general es determinar la asociación entre la concentración de plomo en sangre y el CPO en población Urbana y Rural y la relación entre ellas. Los Objetivos específicos son: Determinar la concentración de plomo en sangre en los escolares de la zona Urbana y Rural. Establecer el CPO en escolares de la zona Urbana y Rural. Correlacionar la concentración de plomo en sangre y el CPO según zona poblacional y sexo.

Los resultados evidenciaron que la concentración promedio de plomo en sangre de escolares de zona urbana fue  $15.85 \mu\text{g} / 100\text{ml}$ ; ( $\text{IC}_{95\%}$ :  $16.67/15.02$ ); la cual fue mayor que la concentración de plomo en sangre de escolares de zona rural con un promedio de  $12.32 \mu\text{g} / 100\text{ml}$  ( $\text{IC}_{95\%}$ :  $13.12/11.51$ ); siendo esta diferencia altamente significativa a un nivel de confianza del 95 %. ( $p < 0.001$ ) Así mismo se determino una baja correlación entre la concentración de plomo en sangre y la incidencia de Caries Dental. En la población urbana el coeficiente de correlación fue de 0.17 y tan solo el 3% del CPO está determinado por la concentración de Plomo. En la población rural se evidenció una situación semejante con un coeficiente de correlación de 0.31. Manteniéndose esta baja correlación al analizar por separado los

escolares de la zona rural de sexo masculino ( $r: 0.29$ ) y las escolares de la zona rural de sexo femenino ( $r: 0.34$ ).

*PALABRAS CLAVE: NIVELES DE PLOMO EN SANGRE, CRIES DENTAL, CONTAMINACION AMBIENTAL, PLOMO .*





## *ABSTRAC*

*"Asociación de Caries Dental y Nivel de Plomo en Sangre en Escolares de Arequipa-2006"*

Environmental pollution caused by the excessive growth of the fleet, has become a constant concern for the damage caused in health in general, for the continued exposure of the population, mainly carbon monoxide and the Lead of fuels.

The purpose of this study is Associate Lead concentrations in blood and the rate of dental caries. The study was conducted in 78 schools in the city of Arequipa, divided into two groups, 38 school near the city, polluted urban area; (Independence Ave) and 40 school district Sachaca, rural area with minimal pollution (High - Beloved). All schoolchildren were taken blood samples which were analysed in laboratories at the Catholic University of Santa Maria voltammetry under the method for determining the concentration of lead in blood, and determine the CPO (index of dental caries) through Odontograma that took place at each school.

The overall objective is to determine the association between blood lead concentration and CPO in urban and rural populations and the relationship between them. The specific objectives are: To determine the concentration of lead in blood in the school of urban and rural areas. Establish the CPO in the school of urban and rural areas. Correlate the concentration of lead in blood and CPO area as population and gender.

Results showed that the mean concentration of lead in blood of schoolchildren in urban area was  $15.85 \mu\text{g} / 100 \text{ ml}$  ( $\text{CI}_{95\%}$ : 16.67/15.02); which was higher than the concentration of lead in blood of schoolchildren in rural area with a mean of  $12.32 \mu\text{g} / 100\text{ml}$  ( $\text{CI}_{95\%}$ : 13.12/11.51); with a highly significant difference to a confidence level of 95%. ( $p < 0.001$ ) It was also identified a low correlation between the concentration of lead in blood and the incidence of dental caries. In the urban population was the correlation coefficient of 0.17 and only 3% of CPO is determined by the concentration of Lead. In the rural population showed a similar situation with

a correlation coefficient of 0.31. Keeping this low correlation to analyze separately schoolchildren in rural males ( $r: 0.29$ ) and the school of rural females ( $r: 0.34$ ).

*KEYWORD: BLOOD LEAD LEVELS, DENTAL CARIES, ENVIRONMENTAL POLLUTION, LEAD*





# *INTRODUCCIÓN*

*“Asociación de Caries Dental y Nivel de Plomo en Sangre en Escolares de Arequipa-2006”*

El impacto en la población de la contaminación ambiental y la relación que existe entre los niveles de contaminación y la salud de los pobladores en los últimos años es más evidente en razón al crecimiento desmesurado del parque automotor el que ha ocasionado que la contaminación del aire se convierta en un problema de salud pública a ser considerado por los efectos que puede ocasionar a los ecosistemas y a la población humana, en especial a los niños, adolescentes, gestantes y ancianos. Estos contaminantes provienen de emisiones primarias o bien de transformaciones atmosféricas, entre las fuentes principales de contaminantes del aire en las áreas urbanas tenemos a: las fuentes fijas y móviles; entre las fijas tenemos a las industrias que generan emisiones y en las móviles al parque automotor, Además, dentro de las fuentes naturales se consideran contaminantes a las emisiones volcánicas, polvo, arenales, los desiertos, el polen y otros alérgenos.

Durante los últimos veinte años se ha incrementado el interés en cuanto al papel biológico que juegan los metales pesados en el organismo humano. El plomo es un metal pesado que, hasta donde se sabe, no cumple ninguna función fisiológica normal en el hombre, se distribuye ampliamente y de forma natural en el ambiente, y posee una gran cantidad de usos. La intoxicación por este elemento es tan frecuente que desde épocas remotas se han documentado manifestaciones clínicas de envenenamiento o saturnismo. Este padecimiento llegó a ser considerado un importante problema de salud pública, ya que es capaz de provocar síntomas diversos tales como dolor de cabeza, ansiedad, depresión, dolores articulares y sabor metálico, el Plomo afecta la función enzimática, (inhibe otras enzimas que participan en la formación de hemoglobina) funciones nerviosas, etc.

La intoxicación por Plomo también produce dolores articulares difusos; alteraciones renales, daño cerebral y muerte súbita entre los afectados, y durante muchos siglos no fue posible encontrar ningún tratamiento correctivo eficaz.

Debido al desarrollo industrial en los últimos siglos y la urbanización acelerada, la intoxicación por plomo, es crónica, cuyas consecuencias clínicas más importantes son daños relacionados con el aprendizaje, la atención y el crecimiento; los daños

neurológicos son, por muchas razones, los de mayor importancia médica; según los Centros para el Control de Enfermedades CDC de los Estados Unidos.

Arequipa es considerada como la segunda ciudad del Perú, cuenta con una superficie de 63,345 Km<sup>2</sup>, se encuentra ubicada a una altitud de 2335 m.s.n.m. Las principales fuentes de generación de la contaminación atmosférica están dadas por la industria y por el parque automotor que se ha incrementado rápidamente y sin control el cual se agrava con las condiciones topográficas de la ciudad, que impide la dispersión horizontal de los agentes contaminantes, concentrándose estos en la atmósfera.

La contaminación química está dada por humos, gases, vapores, polvo orgánico e inorgánico. El material particulado respirable (PM10) promedio en 24 horas alcanza un valor máximo de 150 microgramos por metro cúbico en la ciudad de Arequipa y el promedio mensual de Pb alcanza un valor máximo de 0.5 microgramos por metro cúbico.

Existen estudios asociando los niveles de plomo en sangre y los diferentes efectos tóxicos que éste produce. En un estudio se ha utilizado la medición del coeficiente intelectual con la finalidad de probar el efecto del plomo en el desempeño neuroconductual. En otro estudio asociaron los niveles de Plomo en sangre con alteraciones en el sistema visomotor y del equilibrio; otros lo relacionaron con rendimiento escolar menor y un desarrollo intelectual deficiente; según el Department of Health and Human Services

Los efectos agudos de envenenamiento por plomo en humanos incluyen irritabilidad, parálisis de los nervios motores, anemia, abortos y defectos en el sistema nervioso de niños, que incluyen retraso mental, parálisis cerebral y atrofia del nervio óptico. Afecta la exposición a plomo en medidas antropométricas de los niños; sobre la sensibilidad auditiva, el equilibrio y la habilidad motora. Los efectos agudos se observan por lo general como resultado de la ingesta de plomo; según publicaciones de la revista de salud Pública México 2000.

En Estados Unidos se ha realizado un estudio en el que se demuestra la estrecha relación de la concentración de plomo en sangre con la caries dental. Por toda esta

información obtenida nació la inquietud por el presente trabajo cuyo objetivo principal es determinar la asociación entre la concentración de Plomo en sangre y el índice de Caries Dental en una población urbana y una rural y la relación que pudiera existir entre ellas.

La población urbana se tomo de un colegio ubicado en la avenida independencia del cercado de Arequipa; punto que se toma como referencia para determinar niveles de contaminación ambiental en la ciudad donde el valor del Material Particulado Respirable (PM10) promedio en 24 horas es de 129.29 microgramos por metro cúbico y el valor de Plomo (Pb) es de 0.162 microgramos por metro cúbico.

La población rural es tomada en el distrito de Sachaca en una zona relativamente libre de contaminación ambiental donde el valor del Material Particulado Respirable (PM10) promedio en 24 horas es de 96.04 microgramos por metro cúbico y el valor de Plomo (Pb) es de 0.046 microgramos por metro cúbico.

Otra de las razones por las que se realizo el presente estudio es porque en nuestra ciudad no existe ninguna otra investigación similar. Pero si existen estudios que demuestran la contaminación ambiental en Arequipa: “Estudios de algunos contaminantes atmosféricos (plomo y partículas) en zonas de alto flujo vehicular Arequipa Perú 2001.” G. Rossi Salinas. “Investigación Tecnológica de la contaminación atmosférica causada por el parque automotor en Arequipa y alternativas de solución año 2000” Y. Huaman. Así como la relación que existe entre otras enfermedades especialmente de vías respiratorias y la contaminación ambiental como “Evaluación de los cambios en la Morfología del Epitelio Nasal en Adultos Expuestos a Contaminación Ambiental en el perímetro de Arequipa cuadrada 2001” O. Zevallos, “Asociación de la función pulmonar y la contaminación del aire por humos y gases vehiculares en habitantes de la ciudad de Arequipa 2001-2002” M. Farfán.

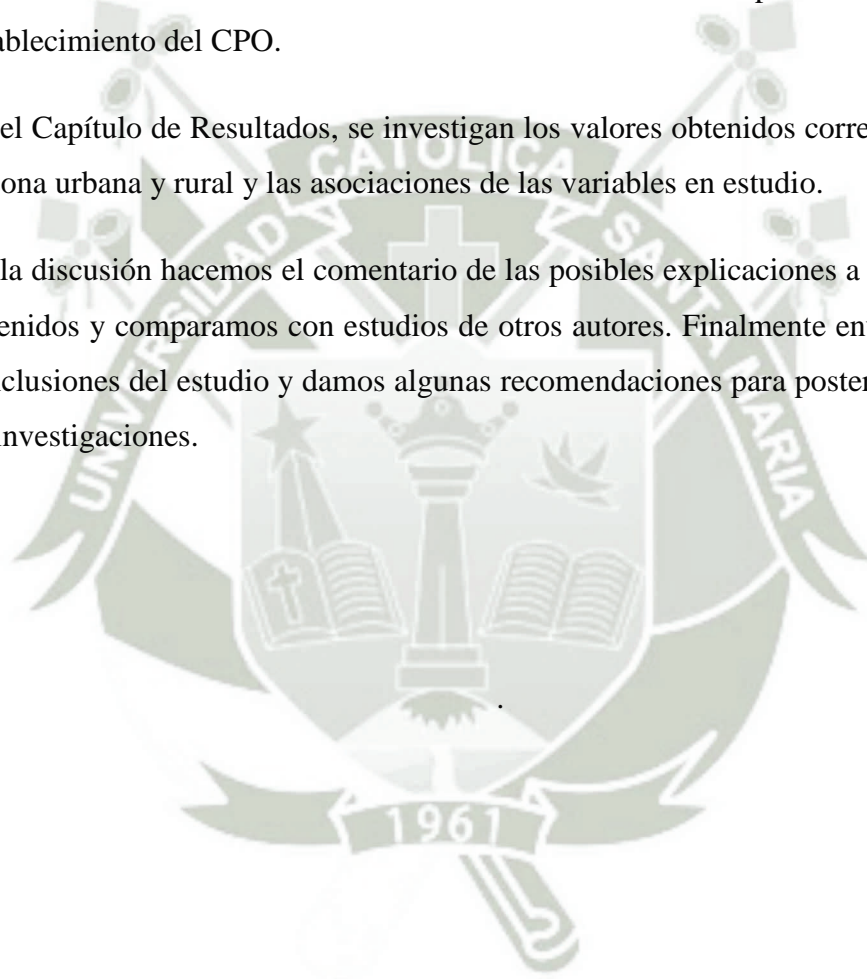
Esperamos que el presente estudio motive a realizar otras investigaciones y ampliar nuestros conocimientos en bien de la sociedad. En el presente estudio no se tomo en cuenta ninguna otra variable interviniente.

En los estudios mencionados se han utilizado diferentes técnicas para determinar la concentración de plomo en sangre, la más utilizada es la Voltamétrica, mediante la polarografía, siendo esta la técnica utilizada en el presente estudio. Otra de las técnicas que se puede utilizar es la Sialoquímica, pero en la actualidad existe muy poca información acerca de la detección de contaminantes a excepción del Mercurio por medio de la saliva.

En el presente documento, describimos los materiales y métodos utilizados para el estudio detallando las técnicas de determinación del plomo en sangre y establecimiento del CPO.

En el Capítulo de Resultados, se investigan los valores obtenidos correspondientes a la zona urbana y rural y las asociaciones de las variables en estudio.

En la discusión hacemos el comentario de las posibles explicaciones a los resultados obtenidos y comparamos con estudios de otros autores. Finalmente enumeramos las conclusiones del estudio y damos algunas recomendaciones para posteriores trabajos de investigaciones.





## ***MATERIAL-MÉTODOS***

*“Asociación de Caries Dental y Nivel de Plomo en Sangre en Escolares de Arequipa-2006”*

## 1. MATERIALES Y MÉTODOS

### 1.1 TÉCNICAS

#### 1.1.1 Observación y Análisis clínico

Se seleccionaran escolares 14 a 18 años de edad de poblaciones rurales y urbanas de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión.

Se procederá a recoger información sobre las variables con la observación clínica; en la siguiente secuencia.

Se confeccionará una ficha de observación clínica donde se consignarán: un código, datos de filiación de cada unidad de estudio, grupo poblacional al que corresponde y tiempo de residencia en el lugar.

La ficha de observación llevará también en su contenido un odontograma para registrar las piezas cariadas, perdidas y obturadas, determinando así el CPO de cada escolar.

Así mismo existirá un casillero para consignar el nivel de plomo en sangre que será determinado en los laboratorios de la Universidad Católica de Santa María.

### 1.2 MÉTODOS

Para la colección de muestras de sangre se utilizaron: 100 tubos al vacío con anticoagulante de 5ml; una caja de guantes de látex desechables; una caja de cubrebocas; apósitos de algodón con alcohol.

Para realizar el odontograma se utilizaron: Tripodes de diagnóstico dental (espejo bucal, explorador bucal; y pinza para algodón).

Todo este material fue trasladado a los centros educativos para tomar las muestras y realizar el odontograma; datos que fueron consignados en la ficha de observación clínica, inmediatamente trasladamos las muestras de sangre al laboratorio de la Universidad Católica de Santa María donde se realizó el

análisis químico. Procesamos los odontogramas para determinar el Índice de caries de cada unidad de estudio.

Para el análisis químico de las muestras se utilizó: un Voltámetro (uso único); HMDE, gota colgante en el electrodo de Mercurio; disco rotatorio (oro); 250 ml de ácido nítrico [HNO<sub>3</sub>]; 250 ml Acido Perclórico; 200 puntas; 100 ml. de Solución Buffer 100ml.; 10 ml. de Cloruro de Potasio; 15 litros ó mas de Agua desionizada de alta calidad analítica (Sistema de purificación de agua); el Digestor (electricidad); y Nitrógeno para purga.

El método de análisis utilizado para la determinación del nivel de Plomo en sangre fue el Voltamétrico

Digestión de la muestra: Para lo cual primero se hace una pre digestión, a un ml. de sangre se le agrega 3 ml. de ácido perclórico y 3 ml. de ácido nítrico y se deja reposar (predigerir) 24 horas; se lleva al digestor y se le aplica temperatura media 140 a 160 grados Centígrados por cuatro horas hasta que aparezca humo blanco y la muestra este transparente, mas o menos uno o dos ml. de mezcla se lleva a la fiola de 25 ml. se procede con la técnica voltamétrica.

Un ml. se lleva a la celda polarografica y se le añade 10 ml de agua ultrapura; se agrega 1 ml. de Buffer, acetato ácido acético a pH 4.6; 100 microlitros de Cloruro de Potasio a una concentración de 3 molar.

### 1.3 INSTRUMENTOS

Se utilizó una ficha de observación clínica y recolección de datos en la cual constan los datos generales del niño, el CPO y el Nivel de Plomo en sangre.

#### 1.3.1 Instrumento Documental

Ficha de observación clínica y recolección de datos

### **1.3.2 Instrumentos y Materiales**

Trípode odontológico, Material de laboratorio y material de escritorio,

## **2. CAMPO DE VERIFICACIÓN**

### **2.1 Ubicación Espacial**

Este estudio se desarrollará en una población rural ubicada en Alto de Amados del distrito de Sachaca y una población urbana ubicada en el Cercado de la Ciudad de Arequipa.

### **2.2 Ubicación Temporal:**

La investigación será realizada durante los meses de Septiembre y Noviembre del 2006.

## **3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Una vez obtenidos los resultados se procedió a aplicar las siguientes pruebas estadísticas: Análisis de varianza para la comparación de medias para establecer la Asociación entre el CPO y la concentración de plomo. Se utilizó Regresión Lineal; aplicándose los programas estadísticos SPSS v 13 y Epi Info v 2000. Se considerara significativa una  $p \leq 0.05$ , con intervalo de confianza del 95%

## **4. UNIVERSO Y MUESTRA**

Las características que se encontraron en las dos poblaciones se adecuaban a las necesidades del estudio, ya que el colegio Independencia Americana y el colegio El Milagro de Fátima se encuentran en los estratos I y III respectivamente; dada la escasa cantidad de alumnos se estudió el total de los mismos de los dos colegios según los criterios de inclusión.

## 5. ESTRATEGIA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### 5.1 Organización

- Se coordinó con la UGE correspondiente a cada una de las poblaciones de estudio con el fin de obtener el permiso correspondiente para realizar el presente trabajo de investigación en los centros educativos seleccionados.
- Se realizó una entrevista con los directores de los Centros Educativos para informarles y coordinar acciones, fechas en las que se realizará el trabajo de investigación.
- Se realizó una entrevista con los Padres de familia de los Centros Educativos para informarles sobre el trabajo de investigación que se realizará teniendo como unidades de estudio a sus hijos y poder contar con una autorización informada.
- Se coordinó acciones y fechas en las que se realizará el trabajo de investigación.
- Se habilitó un ambiente para la evaluación de los pacientes en cada Centro Educativo.
- Se elaboró una ficha de observación clínica considerando todos los aspectos a evaluar en el estudio (ver anexo 2)
- Se llenaron las fichas de observación clínica donde se consignan los datos de filiación, tipo de población, tiempo de permanencia en el lugar, se lleno el odontograma para determinar el CPO y se tomaron las muestras de sangre, que posteriormente fueron procesadas en los laboratorios de la Universidad Católica de Santa María
- Se elaboró la ficha de sistematización de datos para procesarlos y concluir la investigación.



## *RESULTADOS*

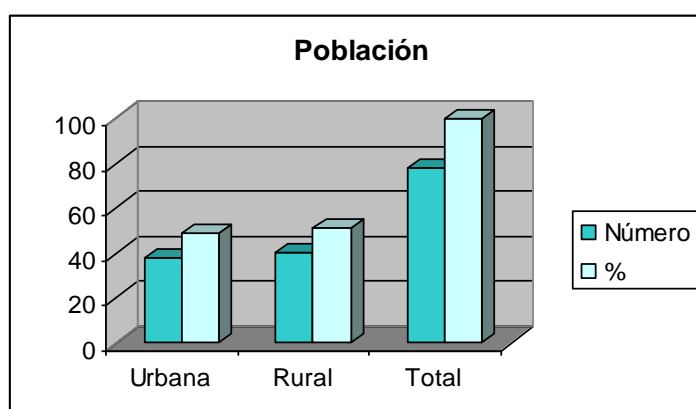
*“Asociación de Caries Dental y Nivel de Plomo en Sangre en Escolares de Arequipa-2006”*

En el presente trabajo se tomaron como unidades de estudio a escolares comprendidos entre los 15 y 18 años de edad de la ciudad de Arequipa los que fueron distribuidos en dos grupos uno de población urbana conformado por 38 alumnos del Colegio ‘Independencia Americana’ ubicado en la avenida independencia del mercado de Arequipa; punto que se toma como referencia para determinar niveles de contaminación ambiental en la ciudad donde el valor del Material Particulado Respirable (PM10) promedio en 24 horas es de 129.29 microgramos por metro cúbico y el valor de Plomo (Pb) es de 0.162 microgramos por metro cúbico (datos proporcionados por la Dirección General de Salud Ambiental). El otro grupo de población rural conformado por 40 alumnos del Centro educativo ‘El Milagro de Fátima’ en Alto de Amados del distrito de Sachaca en una zona relativamente libre de contaminación ambiental donde el valor del Material Particulado Respirable (PM10) promedio en 24 horas es de 96.04 microgramos por metro cúbico y el valor de Plomo (Pb) es de 0.046 microgramos por metro cúbico. Haciendo un total de 78 escolares. (Tabla y Figura1)

**TABLA 1: ESCOLARES SEGÚN ZONA DE POBLACIÓN.  
AREQUIPA 2006**

	Nº	%
Urbana	38	48.7
Rural	40	51.3
Total	78	100.0

Fuente: matriz de sistematización



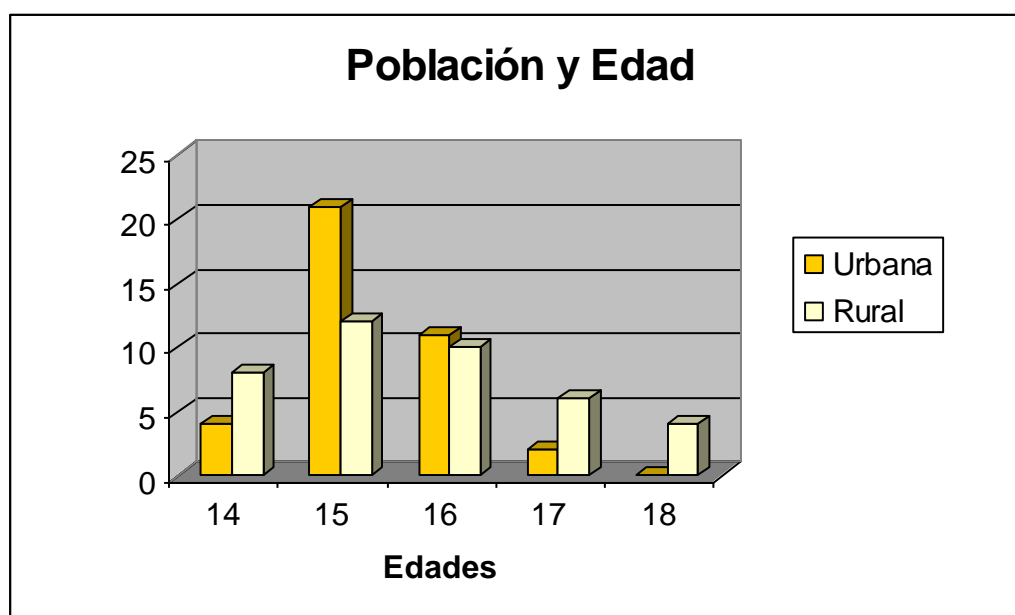
**Figura 1: Escolares según zona de población. Arequipa 2006**

Los escolares estuvieron entre 14 y 18 años de edad y aproximadamente el 70% estuvieron comprendidos entre 15 y 16 años. (Tabla 2)

**TABLA 2: ESCOLARES SEGÚN EDAD Y ZONA POBLACIONAL.  
AREQUIPA 2006**

Edad	Población				Total	
	Urbana		Rural		Nº	%
	Nº	%	Nº	%		
14	4	10.5	8	20.0	12	15.4
15	21	55.3	12	30.0	33	42.3
16	11	28.9	10	25.0	21	26.9
17	2	5.3	6	15.0	8	10.3
18	0	0	4	10.0	4	5.1
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>48.7</b>	<b>40</b>	<b>51.3</b>	<b>78</b>	<b>100</b>

Fuente: matriz de sistematización



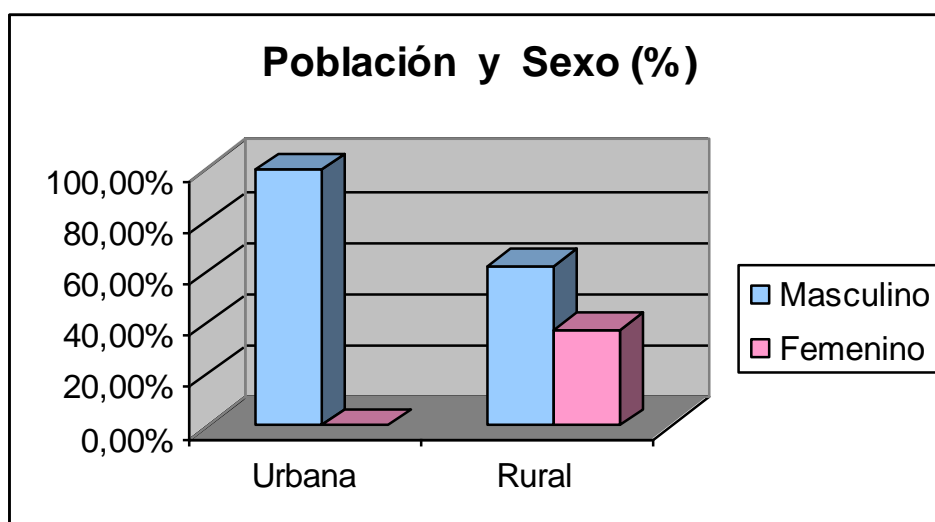
*Figura 2: Escolares según edad y zona poblacional. Arequipa 2006*

En la zona Urbana la población es 100% masculina y en la zona Rural el 37.5 % es población femenina (Tabla 3)

**TABLA 3: ESCOLARES SEGÚN SEXO Y ZONA POBLACIONAL  
AREQUIPA 2006**

	Población				Total	
	Urbana		Rural			
SEXO	Nº	%	Nº	%	Nº	%
MASCULINO	38	100.0	25	62.5	63	80.8
FEMENINO	0	0.0	15	37.5	15	19.2
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>48.72</b>	<b>40</b>	<b>51.28</b>	<b>78</b>	<b>100</b>

Fuente: matriz de sistematización



*Figura 3: Escolares según sexo y zona poblacional. Arequipa 2006*

La concentración promedio de plomo en sangre de escolares de zona urbana fue 15.85  $\mu\text{g} / 100\text{ml}$  con  $\text{IC}_{95\%}$ : 16.67/15.02; la cual fue mayor que la concentración de plomo en sangre de escolares de zona rural con un promedio de 12.32  $\mu\text{g} / 100\text{ml}$  ( $\text{IC}_{95\%}$  %: 13.12/11.51); siendo esta diferencia altamente significativa a un nivel de confianza del 95 %. ( $p < 0.001$ ). (Tabla 4)

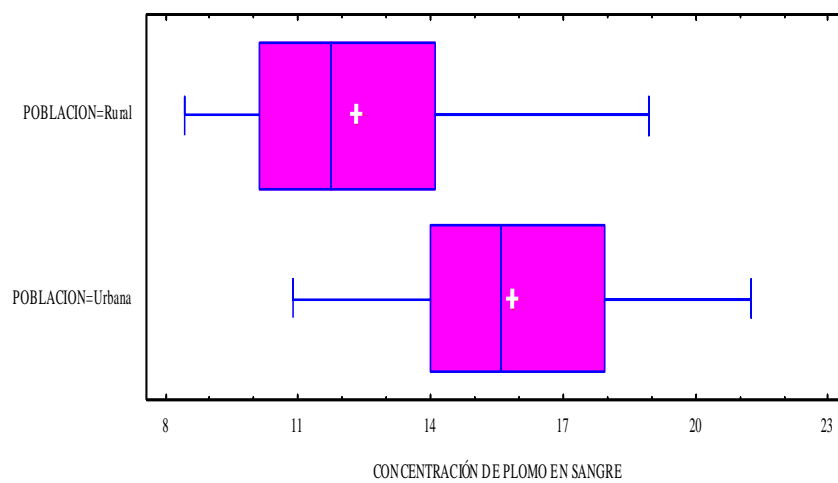
**TABLA 4: COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN ESCOLARES DE ACUERDO A LA ZONA. AREQUIPA 2006**

Nivel Pb -  $\mu\text{g} / 100\text{ml}$

	Nº	Media (I.C. 95%)	Desviación Estándar	Valor Mínimo	Valor Máximo
Urbana	38	15.8550 (15.2-16.67)	2.60078	10.90	21.25
Rural	40	12.3233 (11.51-13.12)	2.69030	8.44	18.95
<b>Total</b>	<b>78</b>	<b>14.0438</b> (13.35-14.73)	<b>3.17378</b>	<b>8.44</b>	<b>21.25</b>

Fuente: matriz de sistematización

$p = 0.000$  ( $p < 0.001$ )



*Figura 4: Comparación de la concentración de plomo en escolares de acuerdo a la zona. Arequipa 2006*

La concentración de plomo en sangre del sexo masculino no es significativamente diferente a la concentración de plomo en el sexo femenino a un nivel de confianza de 95%. (Tabla 5)

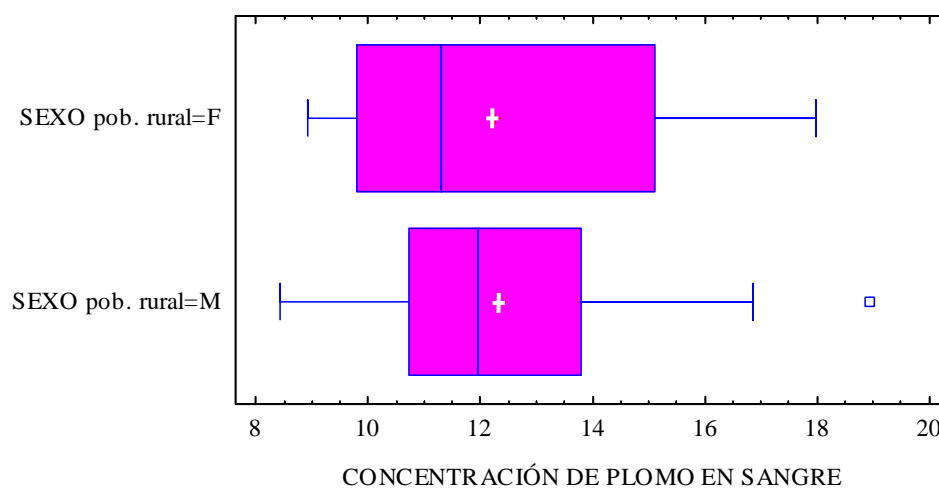
**TABLA 5: COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN ESCOLARES DE ZONA RURAL DE ACUERDO AL SEXO. AREQUIPA 2006**

Nivel Pb -  $\mu\text{g}/100\text{ml}$

	Nº	Media (I.C. 95%)	Desviación Estándar	Valor Mínimo	Valor Máximo
Masculino	25	12.3564 (11.33-13.69)	2.64071	8.44	18.95
Femenino	15	12.2680 (10.84-13.67)	2.86405	8.91	17.99
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>12.3233</b> (11.51-13.12)	<b>2.69030</b>	<b>8.44</b>	<b>18.95</b>

Fuente: matriz de sistematización

$p = 0.921$  ( $p > 0.05$ )



*Figura 5: Comparación de la concentración de plomo en escolares de población rural de acuerdo al sexo. Arequipa 2006*

El CPO promedio de la población urbana ( $6.73 \pm 0.86$ ; con IC<sub>95</sub> %: 5.87-7.50); no es significativamente diferente al CPO promedio de la población rural ( $6.92 \pm 0.89$ ; con IC<sub>95</sub> %: 6.03-7.81) (Tabla 6)

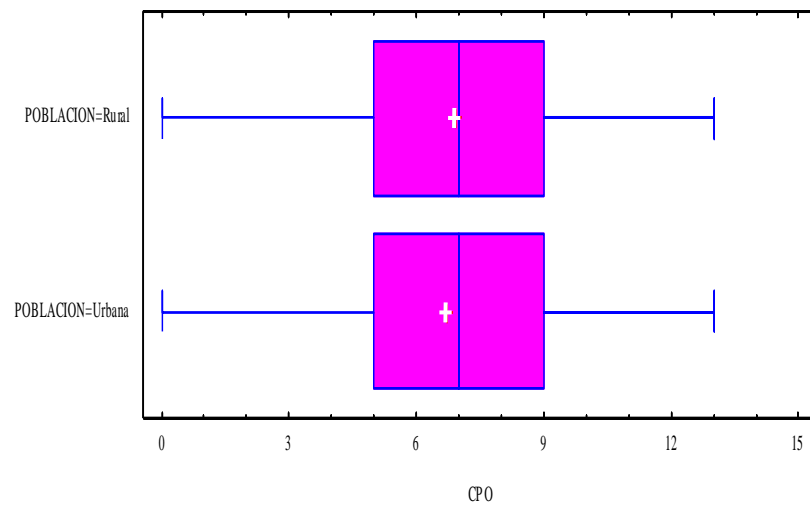
**TABLA 6: COMPARACIÓN DEL CPO EN ESCOLARES DE ACUERDO A LA ZONA. AREQUIPA 2006**

CPO

	Nº	Media (I.C. 95%)	Desviación Estándar	Valor Mínimo	Valor Máximo
Urbana	38	6.7368 (5.87-7.50)	2.76742	.00	13.00
Rural	40	6.9250 (6.03-7.81)	2.92108	.00	13.00
<b>Total</b>	<b>78</b>	<b>6.8333</b> (6.21-7.45)	<b>2.83034</b>	<b>.00</b>	<b>13.00</b>

Fuente: matriz de sistematización

p = 0.771.



*Figura 6: Comparación del CPO en escolares de acuerdo a la zona.  
Arequipa 2006*

En los escolares de la zona rural, el CPO determinado en los escolares de sexo masculino no es significativamente diferente al CPO de los escolares de sexo femenino a un nivel de confianza de 95%. (Tabla 7)

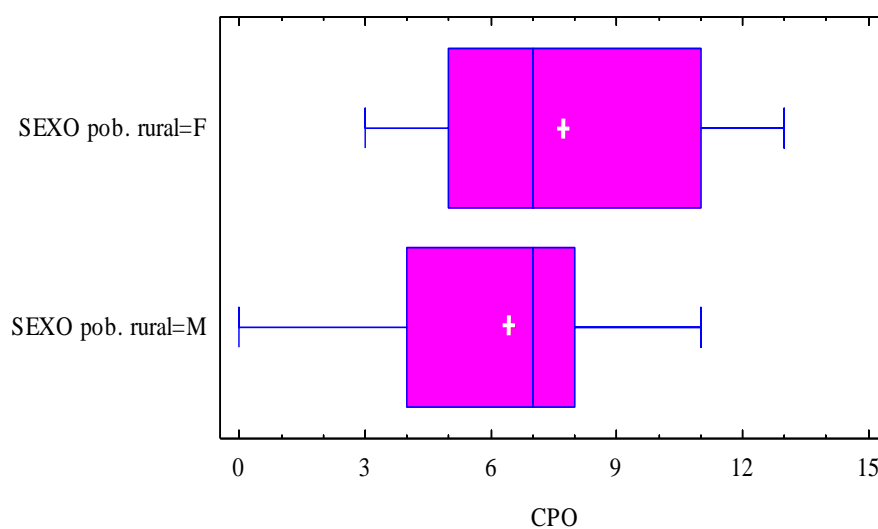
***TABLA 7: COMPARACIÓN DEL CPO EN ESCOLARES DE POBLACIÓN RURAL DE ACUERDO AL SEXO. AREQUIPA 2006***

CPO

	<b>Nº</b>	<b>Media (I.C. 95%)</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor Mínimo</b>	<b>Valor Máximo</b>
Masculino	25	6.4400 (5.42 – 7.45)	2.67831	0.00	11.00
Femenino	15	7.7333 (6.11– 9.35)	3.21751	3.00	13.00
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>6.9250</b> (6.03-7.81)	<b>2.92108</b>	<b>0.00</b>	<b>13.00</b>

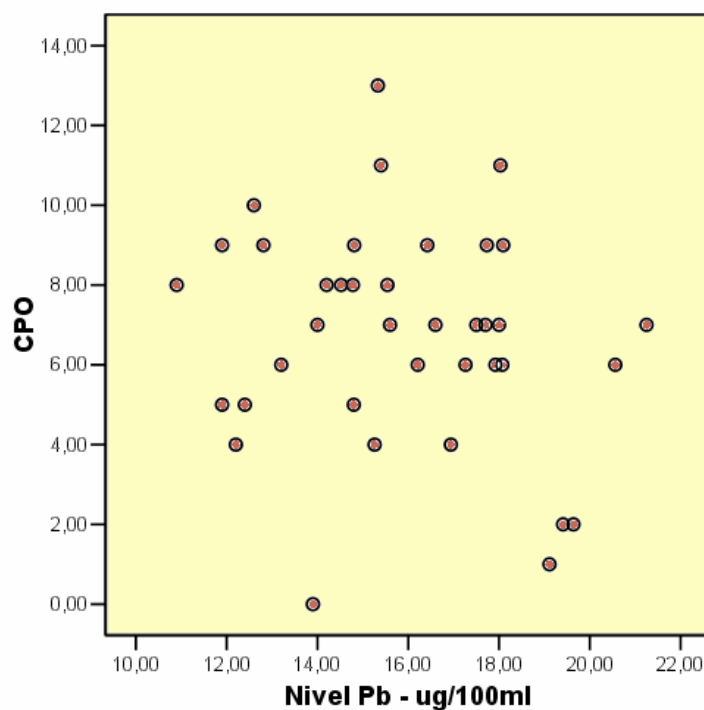
Fuente: matriz de sistematización

$p = 0.178$  ( $p > 0.05$ )



*Figura 7: Comparación del CPO en escolares de población rural de acuerdo al sexo. Arequipa 2006*

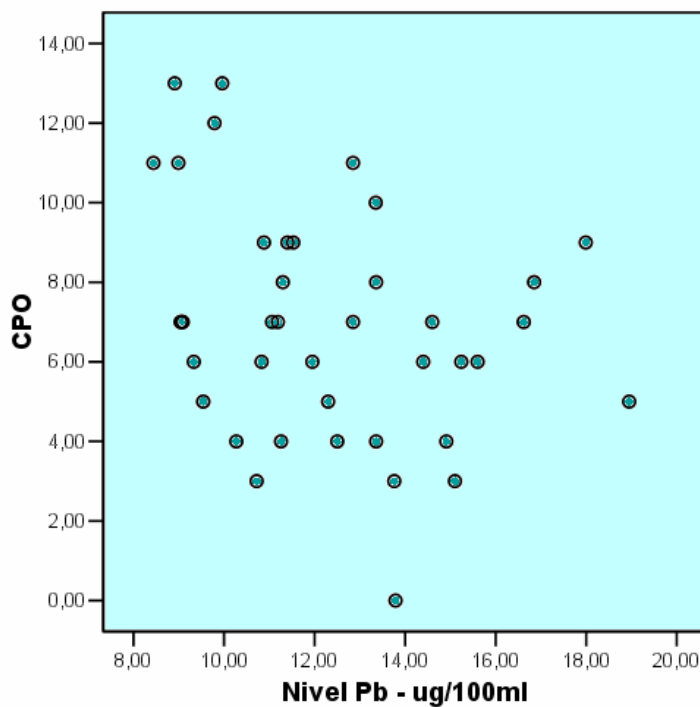
La Correlación entre la Concentración de Plomo y el CPO en los escolares de zona Urbana estudiada es baja ( $r = 0.17$ ). Según el coeficiente de determinación solamente el 3 % del CPO estaría determinado por el nivel de plomo. (Figura 8)



	r	r <sup>2</sup>
	0.174	0.030

*Figura 8: Concentración de plomo en sangre en relación al CPO en escolares de la zona urbana. Arequipa 2006*

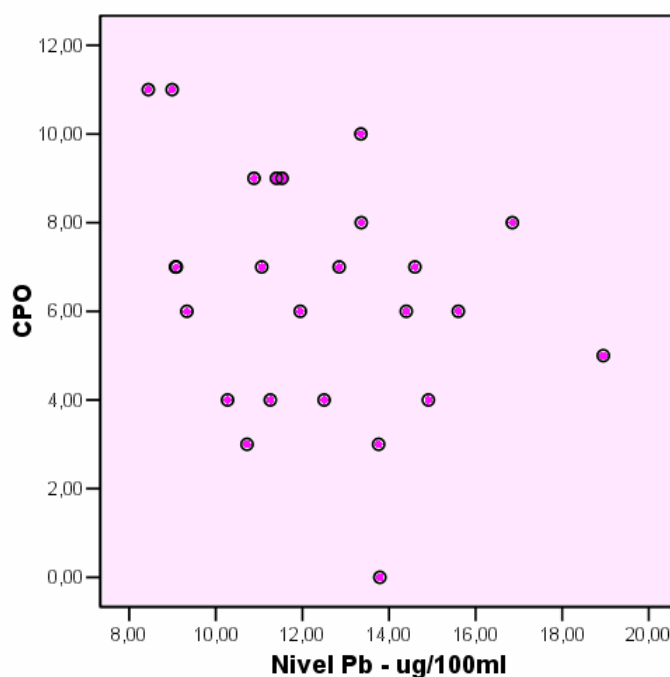
La Correlación entre la Concentración de Plomo y el CPO en escolares de zona Rural estudiada es baja ( $r = 0.31$ ). Según el coeficiente de determinación el 9.7 % del CPO estaría determinado por el nivel de plomo. (Figura 9)



	r	r <sup>2</sup>
	0.311	0.097

*Figura 9: Concentración de plomo en sangre en relación al CPO en escolares de la zona rural. Arequipa 2006*

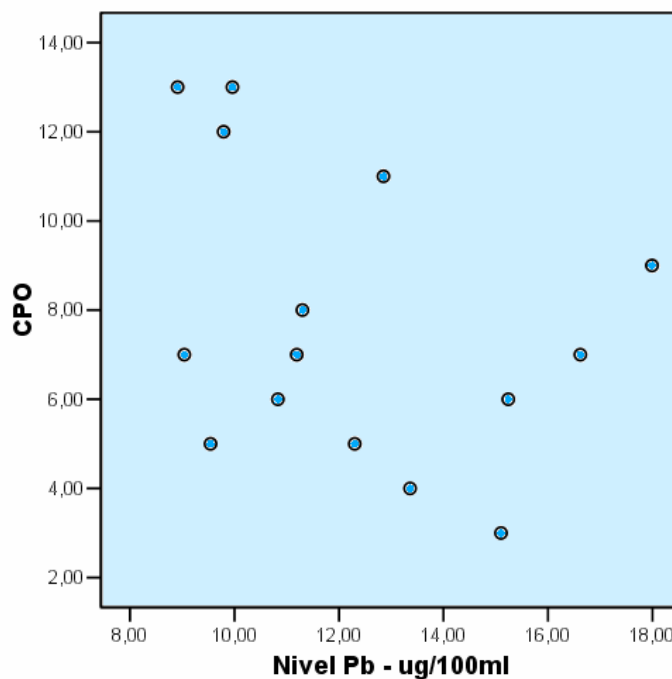
La Correlación entre la Concentración de Plomo y el CPO en escolares varones de la población Rural estudiada es baja ( $r = 0.29$ ). Según el coeficiente de determinación solamente el 8.6 % del CPO estaría determinado por el nivel de plomo. (Figura 10)



	r	r <sup>2</sup>
	0.294	0.086

*Figura 10: Concentración de plomo en sangre con relación al CPO en varones de la zona rural. Arequipa 2006*

La Correlación entre la Concentración de Plomo y el CPO en escolares mujeres de zona Rural estudiada es baja ( $r = 0.34$ ). Según el coeficiente de determinación solamente el 11.8 % del CPO estaría determinado por el nivel de plomo. (Figura 11)



	r	r <sup>2</sup>
1	0.344	0.118

**Figura 11: Concentración de Plomo en Sangre con Relación al CPO en Mujeres de la Zona Rural. Arequipa 2006**

## *DISCUSIÓN*

---

*“Asociación de Caries Dental y Nivel de Plomo en Sangre en Escolares de Arequipa-2006”*

Este es el primer estudio en la línea de investigación realizado en la ciudad de Arequipa y el segundo a nivel nacional, el cual ha permitido asociar los niveles de Plomo en sangre y el índice de caries en escolares de una población urbana y otra rural y la relación que existe entre ellas, tomando en cuenta el incremento de la contaminación ambiental y la calidad del aire, lo que constituye un punto de partida para estudios futuros en el departamento y en otras ciudades del país.

La metodología empleada fue un estudio transversal analítico de base poblacional; dadas las condiciones del tamaño de muestra se decidió estudiar a toda población escolar comprendida entre 14 y 18 años de edad de ambas instituciones educativas, siendo el 100% de la población urbana varones; el 62.5 % de la población rural son varones y el 37.5 % son mujeres.

La caries se considera como una enfermedad infecciosa; resultado de un proceso multifactorial que incluye a tres elementos: una microflora oral particular, exposiciones dietéticas, así como un huésped susceptible y aunque el *Streptococcus Mutans* es la principal bacteria cariogénica en la cavidad oral y los carbohidratos fermentables son el factor dietético crítico, los determinantes de la variabilidad en la susceptibilidad del huésped no son muy claras; importa la estructura del esmalte; la composición y el flujo salival son también importantes.

El objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar la asociación entre la concentración de plomo en sangre y el Índice de Caries Dental (CPO) en una población urbana y otra rural y la comparación entre ellas. Las características que se encontraron en las dos poblaciones fueron las ideales para realizar el estudio, ya que el Colegio Independencia y el colegio El Milagro de Fátima se encuentran en los estratos I y III, respectivamente. Dada la escasa cantidad de alumnos se estudió el total de los mismos de los dos colegios según los criterios de inclusión.

Los resultados evidenciaron que la concentración promedio de plomo en sangre de escolares de la zona urbana ( $15.85 \pm 0.82 \mu\text{g} / 100\text{ml}$ ;  $\text{IC}_{95} \%$ : 16.67-15.02); fue mayor que el promedio de la concentración de plomo en sangre de escolares de zona rural ( $12.32 \pm 0.81 \mu\text{g} / 100\text{ml}$ ;  $\text{IC}_{95} \%$ : 13.12-11.51); siendo esta diferencia altamente significativa a un nivel de confianza del 95 %. ( $p < 0.001$ ). Pero como en la zona rural se estudiaron escolares de ambos sexos se hizo el análisis estadístico para

determinar si la variable sexo influyó en la concentración de plomo; estableciéndose que no hay diferencia significativa.

El CPO promedio de la población urbana ( $6.73 \pm 0.86$ ; con  $IC_{95} \%$ : 5.87-7.50); no es significativamente diferente al CPO promedio de la población rural ( $6.92 \pm 0.89$ ; con  $IC_{95} \%$ : 6.03-7.81); y como de igual forma se estudiaron en la zona rural escolares de ambos sexos también se hizo el análisis estadístico para determinar si la variable sexo influyó en el CPO; estableciéndose que no hay diferencia significativa.

El análisis de asociación entre la Concentración de Plomo y el CPO en los escolares de zona urbana estudiada evidencia una baja correlación. Según el coeficiente de determinación solamente el 3 % del CPO estaría determinado por el nivel de plomo. En la población rural se evidenció una situación semejante, con un coeficiente de correlación de 0.31 donde solamente el 9.7 % del CPO estaría determinado por el nivel de plomo. Al analizar a los escolares de la zona rural teniendo en cuenta el sexo observamos que se mantiene la correlación: para varones ( $r$ : 0.29) y para mujeres ( $r$ : 0.34)

Para el presente estudio sólo se consideró el índice de caries más no se tomaron en cuenta otras variables intervinientes como nivel social, cultural, nutricional o tipo de dieta; que pudieran haberse considerado y los cuales probablemente variarían los resultados en vista que se trata de un estudio de asociación.

Diversos estudios han señalado la asociación entre el incremento de los niveles de plomo en sangre y la prevalencia de caries, así tenemos el artículo “Niveles de plomo en sangre y caries dental en escolares” publicado por la Environmental Health Perspectives; el estudio realizado por Budebold en 251 niños de 9 a 12 años de edad encontró que los niños con un mayor nivel de plomo en el esmalte tenían más caries que aquellos que tenían un menor nivel y un estudio sobre Salud y Nutrición de EE.UU. que informo una asociación entre el nivel sanguíneo de plomo y el riesgo de lesiones por caries en los dientes.

En el presente análisis, los niveles de Plomo en sangre en escolares de la zona urbana estudiada, se asociaron débilmente con el número de dientes cariados, y en el grupo de escolares de la zona rural no se evidencia correlación alguna, lo que difiere de los estudios anteriormente nombrados

Además, en un estudio de 248 escolares americanos con niveles de plomo en sangre mayores a 10 microgramos por decilitro medidos entre los 18 y 37 meses de edad, se encontró asociación ligera o incremento del riesgo de caries, pero los datos globales no apoyan ninguna de las hipótesis sobre los posibles mecanismos de cariogenicidad del plomo. En ese trabajo también se estudiaron niños con restauraciones de amalgama de plata; para evaluar los posibles efectos del mercurio de la amalgama en la salud. Se compararon dos grupos de niños, uno de Boston, Cambridge, MA, EEUU (zona urbana) y el otro de Farmington, ME, EEUU (zona rural) obteniendo como resultado que la media del nivel del plomo en la sangre fue significativamente mayor en la zona urbana, así como el promedio de superficies dentales cariadas; encontrándose una correlación positiva del nivel de Plomo en sangre con el número de caries entre los niños de la zona urbana.

En algunos casos la asociación de los niveles de plomo en sangre y la caries dental podrían estar influenciados por la accesibilidad socio-económica, la que de alguna forma podría determinar el tipo de dieta de los escolares en estos estudios no se hace mención al tiempo que los escolares están en el colegio ni la procedencia que tienen.

En nuestro caso el Colegio Independencia Americana está ubicado en la Avenida Independencia, lugar donde circula gran cantidad de vehículos, siendo este uno de los lugares donde la Dirección de Salud del MINSA realiza el monitoreo de la calidad de aire. Creemos necesario precisar que los escolares permanecen como tiempo mínimo 5 a 6 horas diarias expuestos a la contaminación, además al salir del colegio, la mayoría continúa en zona de contaminación, ya que la mayoría son hijos de comerciantes ambulantes. En el caso de los estudiantes del Colegio “El Milagro de Fátima” también permanecen de 5 a 6 horas en el colegio ubicado entre áreas de cultivo y luego la mayoría se van a sus casas ubicadas también en la misma área.

La información que se recogió del monitoreo de la calidad del aire puede mostrar dicha relación debido a que el sistema de vigilancia permanente de la calidad del aire en la Ciudad de Arequipa, tiene una estación fija, ubicada en el Hospital Goyeneche y una unidad móvil que recorre periódicamente las estaciones definidas en algunos distritos de Arequipa.

Su emisión se relaciona con el transporte vehicular y con las emisiones fijas en dicha zona, se tomó como referencia el estándar de *Environmental Protection Agency*

(EPA: de 24 horas  $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) considerando que no se ha normado para el Perú. En cuanto a las concentraciones de partículas menores a  $10 \mu\text{g}$ , los valores hallados han estado cercanos o excedieron el estándar nacional para dicho parámetro (estaciones móviles: Óvalo Avelino, Av. Ejército y Palacio Viejo), los niveles de estas estaciones se encuentran influenciadas por el tránsito vehicular. El parque industrial ubicado al sur oeste y el incremento de la circulación de vehículos en la zona céntrica de la ciudad, generan emisiones que son transportadas por la acción de los vientos, hacia la zona nor este, donde se encuentran, la mayoría de los centros educativos del estrato II (Moderada exposición). Otra fuente posible de contaminación natural es la presencia de volcanes en la ciudad, por la emisión al aire de material particulado y gases que podrían influir sobre las tasas de prevalencia de las enfermedades respiratorias estudiadas, especialmente, en el estrato III. (Menor exposición)

Es importante destacar que los datos del monitoreo de la calidad del aire fueron proporcionados por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). En la ciudad de Arequipa, existe un sistema de vigilancia permanente de la calidad del aire desde el 2001, con una estación fija ubicada en el Hospital Goyeneche y una unidad móvil que recorre periódicamente las estaciones definidas en algunos distritos de Arequipa. Esta información que se muestra no es referencial, se emplearon los datos registrados por la unidad de monitoreo que por gestiones personales fue trasladada a las instalaciones de los dos centros educativos objeto de estudio; para obtener información precisa.

Los métodos de muestreo y valores referenciales se tomaron de la Norma Nacional (D.S.074-2001-PCM) y el estándar ECA para  $\text{SO}_2$  y  $\text{PM}_{2.5}$  (valor referencial), para PTS estándar EPA y  $\text{NO}_2$  OMS (valor Guía), los contaminantes evaluados fueron para promedios de 24h.

Al realizar las pruebas estadísticas, para determinar si la diferencia de la concentración de plomo y el CPO es estadísticamente significativa tanto en la zona urbana como en la rural, se demostró que la diferencia de la concentración de plomo si es significativa para ambas zonas, mientras que en el CPO no lo es. Posiblemente este último es debido a que otros factores, que nos ha sido muy difícil estudiar, pueden influir en los resultados. Esto también tiene como consecuencia que no encontremos correlación importante entre la concentración de plomo y el CPO en ambas zonas.



## **CONCLUSIONES**

*“Asociación de Caries Dental y Nivel de Plomo en Sangre en Escolares de Arequipa-2006”*

**PRIMERA:** La concentración promedio de plomo en sangre de escolares de la zona urbana ( $15.85 \pm 0.82 \mu\text{g} /100\text{ml}$ ; con  $\text{IC}_{95\%}$ : 16.67-15.02); fue mayor que el promedio de la concentración de plomo en sangre de escolares de zona rural ( $12.32 \pm 0.81 \mu\text{g} /100\text{ml}$ ; con  $\text{IC}_{95\%}$ : 13.12-11.51); siendo esta diferencia altamente significativa a un nivel de confianza del 95 %. ( $p < 0.001$ ) .

**SEGUNDA:** La concentración promedio de plomo en sangre en escolares de sexo masculino de la zona rural fue de  $12.35 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$  y la concentración promedio de plomo en sangre en escolares de sexo femenino de la zona rural fue de  $12.26 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ . Lo que nos permite apreciar que el sexo no tuvo ninguna influencia sobre la concentración de plomo en sangre.

**TERCERA:** El CPO promedio de la población urbana ( $6.73 \pm 0.86$ ; con  $\text{IC}_{95\%}$ : 5.87-7.50); no es significativamente diferente al índice de caries promedio de la población rural ( $6.92 \pm 0.89$ ; con  $\text{IC}_{95\%}$ : 6.03-7.81).

**CUARTA:** El CPO promedio de los escolares de sexo masculino de la zona rural fue de 6.44 y el CPO promedio de los escolares de sexo femenino de la zona rural fue de 7.73 valores que nos permiten apreciar que el sexo no influyó significativamente sobre el índice de caries.

**QUINTA:** La Correlación entre la Concentración de Plomo en sangre y el CPO en los escolares de zona urbana estudiada es baja ( $r = 0.17$ ). Según el coeficiente de determinación solamente el 3 % del índice de caries estaría determinado por el nivel de plomo. En la población rural se evidenció una situación semejante, con un coeficiente de correlación de 0.31 donde solamente el 9.7 % del índice de caries estaría determinado por el nivel de plomo en sangre.

**SEXTA:** La Correlación entre la Concentración de Plomo en sangre y el CPO en los escolares de sexo masculino de la población rural fue baja ( $r = 0.29$ ), mientras que la Concentración de Plomo en sangre y el CPO en los escolares de sexo femenino de la población rural se mantuvo muy similar ( $r = 0.34$ ), lo que nos permite determinar que el sexo no tuvo influencia alguna.

**SÉTIMA:** Se demostró parcialmente la hipótesis, solo en cuanto a la concentración de plomo, no así en el índice de caries.





## ***RECOMENDACIONES***

*“Asociación de Caries Dental y Nivel de Plomo en Sangre en Escolares de Arequipa-2006”*

1. Se sugiere realizar estudios mas amplios con el fin de poder determinar otros factores que asociados al nivel de plomo en sangre puedan contribuir a la formación de caries.
2. Realizar otros estudios en los que se incluya otras variables intervinientes como el análisis de la dieta e índice de higiene oral.
3. Ampliar o complementar el estudio con análisis de concentración de plomo en estructuras dentarias.
4. Realizar estudios similares incrementando el tamaño de la muestra, probablemente sí se de la asociación.
5. Medir en las unidades de estudio la actividad ALA Dehidratasa como el indicativo de la acción del plomo.
6. Sugerir al Ministerio de transportes y comunicaciones que norme de manera adecuada la cantidad de vehículos que circulan por el centro de la ciudad con el objeto de controlar la contaminación ambiental producida por combustibles.
7. El control de humos de los vehículos debe ser realizado concienzudamente a fin de no dejar circular unidades motorizadas en malas condiciones, disminuyendo así la contaminación Ambiental.
8. Coordinar entre el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y el Ministerio de Salud para la prevención de enfermedades ocasionadas por Contaminación Ambiental.
9. Elaborar estrategias de descontaminación de aire en nuestra ciudad utilizando el monitoreo de la calidad de aire que es el instrumento técnico científico más adecuado para tal fin.



## *REFERENCIAS*

---

*"Asociación de Caries Dental y Nivel de Plomo en Escolares de Arequipa-2006"*

*BIBLIOGRAFÍA*

- BARRIOS G.** (2002). ODONTOLOGÍA SU FUNDAMENTO BIOLÓGICO. Editorial Iatros. Ediciones Ltda. Tomos I, II, III. Bogotá Colombia.
- BURKITT J., YOUNG., HETH J.** (1997). Histología Funcional de Wheater. Edit. Churchill Livingston, Inglaterra - Australia 3a Edición.
- CALZADA J.** (1998). METODOS ESTADISTICOS PARA LA INVESTIGACION. Editorial Jurídica S.A. Lima-Perú.
- CASAPÍA VALDEZ J.** (1997). Educación Ecológica.
- COSTANZO, L.** (1998). Fisiología. MCGRAW-HILL Interamericana.
- DONALD, Mc.** Odontología Preventiva.
- ESCOBAR F.** (2004). ODONTOLOGIA PEDIÁTRICA. Editorial AMOLCA, 2da Edición, Colombia.
- FEJERSKOV O. Y KIDD E.** (2005), Caries Dentaria una Dolencia y su Tratamiento Clínico, Editorial Santos.
- FORREST J.** (1983). ODONTOLOGÍA PREVENTIVA. Editorial el Manual Moderno S.A. México.
- GARCÍA BARBERO. J.** (2000), Patología y Terapéutica Dental, 1ra. Edición, Editorial Síntesis.
- HENOSTROZA HARO G. ET AL** (2005), Diagnóstico de Caries Dental, 1ra Edición. Editorial Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- HILLEBOE H.** (1966): MEDICINA PREVENTIVA. Traducido al Español por el Dr. Santiago Sapiña Renard. Editorial Interamericana S.A. Segunda Edición México.
- LIÉBANA J.** (1995). Microbiología Oral. Interamericana Mc Graw Hill. Primera edición. España.
- NEWBRUN E.** (1991), Cariología, 1ra Edición, Editorial Limusa.
- NEWMAN H.** (1982). “LA PLACA DENTAL”. Ecología de la Flora de los Dientes Humanos. Traducción Dr.: José Luis Gonzáles Hernández. Editorial El Manual Moderno. S.A. de C.V. México D.F.
- ODUM, SARMIENTO E.** (1998). Ecología. El puente entre ciencia y sociedad. MC GRAW - HILL. Interamericana.

- PÉREZ LUYO ADA ET AL.** (2004) Caries Dental en Dientes Deciduos y Permanentes Jóvenes, Diagnóstico y Tratamiento Conservador, Ira Edición. Editorial Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- PIEROLA G., GIL J. DEL REY CALERO** (1991). Medicina Preventiva y Salud Pública. Masson – Salvat.
- RUBÍN E. FARBER J.L.** (1990). Patología. Edit. Médica Panamericana. México.
- SANZ-GALLEN P, MARQUEZ F.** (1995) Riesgo y patología por compuestos de plomo. En: Sanz-Gallén P, Izquierdo J, Prat Marín A. Manual de Salud Laboral. Barcelona. Springer-Verlag Ibérica.
- TEKNISIEN** (1977). Les pollutions et leurs affets. PUF.
- THIBAUT** (1987). Contaminación atmosférica.
- THYLSTRUP A, Y FEJERSKOV O.** (1988), Caries, Ira Edición, Editorial Doyma.
- VIELLARD H., DONATIJ Y THIBAUT G.** (1989): La pollution atmosphérique. Encycl. Méd Chir. (París, Francia).

#### *HEMEROGRAFIA*

- AL-SALEH IA.** (1994) The biochemical and clinical consequences of lead poisoning. Medical Research Reviews.
- BARBEE SJ, CONSTANTINI LA .** (1994) Release of lead from crystal decanters under conditions of normal use. Fd Chem Toxic.
- CHÁVEZ, E.** (1981). La crisis ambiental en México, Ciencia y Desarrollo.
- ECOLOGÍA** (1987). 100 acciones necesarias, Comisión Nacional de Ecología, México.
- ENGVALL K, NORRBY C, NORBACK D.** (2003). Ocular, nasal, dermal and respiratory symptoms in relation to heating, ventilation, energy conservation, and reconstruction of older multi-family houses. Indoor Air.
- FESTY, B.** (1985). Les Pollutions atmosphériques. Bulletin de L'ordre National des pharmaciens.

**GAY, C.** (1988). La atmósfera que nos rodea. Nuestro hogar en el espacio, COLECCIÓN, La ciencia desde México, FCE, México.

**LIPPMANN M.** (1989). Effects of ozone on respiratory functions and structure. Annu Rev Public Health.

**LIZÁRRAGA, J.** (1979). La destrucción de la capa de ozono, Ciencia y Desarrollo.

**INFORME GENERAL DE ECOLOGÍA** (1988). Comisión Nacional de Ecología, México.

**SEIFERT G, MIEHLKE A, HAUBRICH J, CHILLA R.** (1986). Diseases of the salivary glands. Nueva York: Georg Thieme Verlag, Thieme Inc., Stuttgart.

**SILBERGELD EK.** (1997) Preventing lead poisoning in children Ann Rev Public Health.

*CONSULTA INFORMATIZADA*

<http://www.vdh.state.va.us/spanish/leadf.htm>

<http://www.saludhoy.com/htm/saludtr/articulo/plomo.html>

<http://www.pvem.org.mx/plomo.htm>

[http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0036-36341997000300002](http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36341997000300002)

<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=1860745>

[http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/es\\_pb-fisiologia.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/es_pb-fisiologia.html)

<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/leadpoisoning.html>

[http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts13.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts13.html)



## *ANEXOS*

*“Asociación de Caries Dental y Nivel de Plomo en Sangre en Escolares de Arequipa-2006”*

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
**ESCUELA DE POST GRADO**  
**DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA SALUD**



**PROYECTO DE TESIS**

**“ASOCIACIÓN DE CARIES DENTAL Y NIVEL DE PLOMO EN  
SANGRE EN ESCOLARES DE AREQUIPA-2005”**

**Presentada por la Magistra:**

**ELSA CARMELA VÁSQUEZ HUERTA**

**Para optar el grado Académico de  
Doctora en Ciencias de la Salud**

**Arequipa - Perú**

**2005**

## I. PREÁMBULO

La presente investigación surge como una inquietud al ver como va aumentando desmesuradamente el parque automotor de la ciudad, incrementando en cifras preocupantes los niveles de contaminación ambiental por plomo que exceden altamente los límites señalados por la Organización Mundial de la Salud; disminuyendo así la salud ambiental de Arequipa. Sabemos también que se han realizado varios estudios en los que se ha demostrado que los altos niveles de contaminación alteran los componentes que forman el epitelio nasal afectando las vías respiratorias ocasionando diversas enfermedades otorrinolaringológicas.

La Organización Mundial de la Salud considera que en todo el mundo al menos unos 1,400 millones de personas están respirando en sus ciudades un aire cuya calidad dista mucho de alcanzar los mínimos exigibles por dicha organización. Las consecuencias de ésta exposición al aire nocivo para la salud son considerables. En términos globales los cálculos de mortalidad causada por ésta contaminación exterior oscilan entre 200,000 y 570,000, es decir entre un 0.4 y 1.1 por ciento del total de los fallecimientos anuales. Tal y como indican éstos parámetros, resulta difícil cuantificar las consecuencias de esa contaminación exterior. Su impacto parece que es mayor en alguno de los países que están experimentando un desarrollo muy acelerado, donde los niveles de contaminación son muy altos. El Banco Mundial ha estimado que la exposición a unos niveles de partículas superiores a los indicados por la OMS es la causante de, aproximadamente, entre el 2 y el 5 por ciento de todas las muertes en las áreas urbanas del mundo en vías de desarrollo.

No obstante, estos cálculos estimados de la mortalidad por sí solos no reflejan la incidencia en las enfermedades y discapacidades que se derivan de estar sometidos a esa contaminación a nivel global. Los efectos sobre la salud se extienden por diferentes afecciones, desde la tos y la bronquitis hasta las dolencias cardíacas y el cáncer de pulmón, la alteración en el sistema visomotor y del equilibrio, el coeficiente intelectual y otras afecciones en relación al rendimiento escolar, la velocidad de retención de

los conocimientos, y ¿por qué tendría que estar exceptuada de ésta afección la cavidad bucal y otros órganos vitales? Entre los grupos más vulnerables están los niños y los ancianos.

Pocos estudios en éste sentido se han llevado a cabo en los países en vías de desarrollo, y los que se han hecho están basados en cálculos del impacto sobre la salud en los países desarrollados. Estos cálculos pueden, sin embargo, no ser directamente trasladables, dadas las diferencias en el grado de exposición y en los parámetros sanitarios (tanto el estatus de nutrición como el de la salud en general pueden ser más bajos en algunos de los países en desarrollo). No obstante, los estudios realizados en los países en desarrollo apuntan hacia el tremendo impacto que para la salud tiene la contaminación atmosférica urbana. En América Latina se estima que la exposición de más de 81 millones de habitantes en núcleos urbanos – más de la cuarta parte del total de los residentes en ciudades- a niveles elevados de contaminación en el aire, causa unos 65 millones de días de enfermedad cada año.

En varios estudios epidemiológicos se ha informado una asociación entre el incremento del nivel de plomo y la prevalencia de caries. En Estados Unidos se realizó un estudio sobre salud y nutrición y se informó una asociación entre el nivel de plomo y el riesgo de lesiones por caries en los dientes. Entre niños de 5 y 17 años de edad el incremento de  $5 \mu\text{g}/\text{dl}$  en el nivel sanguíneo de plomo se asoció con casi el doble del riesgo de caries dental y el riesgo atribuible a la población asociado con niveles de plomo sanguíneo en el tercil medio de la distribución fue casi 10 %.

## II. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

### 1. Problema de investigación

#### 1.1 Enunciado del Problema

“Asociación de caries dental y concentración de plomo en sangre en escolares de Arequipa-2005”

#### 1.2 Descripción del problema

##### a) Área de conocimiento al que pertenece:

Campo general : Ciencias de la Salud.

Área Específica : Odontología

Especialidad : Salud Pública

Línea de investigación : Concentración de plomo en sangre en relación a caries dental

##### b) Análisis de variables:

**Variable Independiente:** Niveles de plomo en sangre

**Indicadores:**  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$

**Variable Dependiente:** Caries Dental

**Indicadores:** CPO

Variables	Indicadores
<b>Variable Dependiente:</b> Caries Dental	CPO
<b>Variable Independiente:</b> Niveles de plomo en sangre	$\mu\text{g}/100\text{ ml}$

### c) Tipo de investigación

- Asociativa Correlacional
- Analítico transversal

## 1.3 Justificación del Problema

La contaminación Ambiental es una preocupación acerca de los efectos que ocasiona sobre la salud, de hace más de un siglo, pero recién a finales de los años cuarenta y comienzos de los cincuenta se materializó cuando los desastres debidos a la contaminación atmosférica en dos continentes dispararon las alarmas. En 1948 en la localidad de Denora, Pennsylvania, que mato a 50 personas. Como la “niebla” de Londres de 1952 a causa de la cual hubo 4,000 victimas, se relacionaron con el uso generalizado de los combustibles peligrosos y espolearon las iniciativas gubernamentales para atacar el grave problema de contaminación urbana. Felizmente en la actualidad muchos países han adoptado niveles de calidad en el aire ambiental para proteger a los ciudadanos de los contaminantes más comunes y peligrosos. Entre estos se incluye el dióxido de azufre, las partículas en suspensión, el ozono en la superficie, el dióxido de nitrógeno, el monóxido de carbono y el plomo, todos ellos derivados directa o indirectamente de la combustión de productos energéticos.

Si tomamos en cuenta los altos índices de contaminación ambiental a que estamos expuestos y que constantemente se están incrementando pues vemos la imperiosa necesidad de investigar cada día más acerca de los efectos que produce la contaminación ambiental sobre la salud en general.

Revisando los antecedentes de investigación sobre los efectos de la contaminación ambiental sobre la salud bucal, se ha observado que en nuestro medio este trabajo será el primero convirtiéndose así en un tema de actualidad que en forma seria y científica dará un informe con

originalidad. El mismo que contribuirá a que las autoridades pertinentes tomen decisiones que permitan controlar los índices alarmantes de contaminación ambiental.

Existen algunos estudios sobre los efectos de la contaminación ambiental pero en relación a enfermedades pulmonares o lesiones de mucosa nasal, mas no existe ningún estudio en relación a la salud bucal en nuestro medio.

Por todo lo expuesto creemos necesario determinar el riesgo de caries dental con relación a la contaminación ambiental.

Siendo finalmente el objetivo principal de la presente investigación conocer a partir de sus resultados la magnitud del daño que ocasiona la contaminación ambiental a la salud bucal. Relacionando el índice de caries dental y la concentración de plomo en sangre.

## **2. Marco Conceptual**

### **2.1 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

El aumento continuo de la población, su concentración progresiva en grandes centros urbanos y el desarrollo industrial ocasionan, día a día, más problemas al medio ambiente conocidos como contaminación ambiental.

La contaminación es la introducción en un medio cualquiera de un contaminante, es decir, la introducción de cualquier sustancia o forma de energía que puede provocar algún desequilibrio, irreversible o no, en el medio inicial.

Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población; o que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal; o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación, y el goce de los mismos.

La contaminación ambiental es también la incorporación a los cuerpos receptores de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, o mezclas de ellas, siempre que alteren desfavorablemente las condiciones naturales del mismo, o que puedan afectar la salud, la higiene o el bienestar del público.

Los efectos se manifiestan por las alteraciones en los ecosistemas; en la generación y propagación de enfermedades en los seres vivos, muerte masiva y, en casos extremos, la desaparición de especies animales y vegetales; inhibición de sistemas productivos y, en general, degradación de la calidad de vida (salud, aire puro, agua limpia, recreación, disfrute de la naturaleza, etc.).

Los causantes o contaminantes pueden ser químicos, físicos y biológicos.

- Los contaminantes químicos se refieren a compuestos provenientes de la industria química. Pueden ser de efectos perjudiciales muy marcados, como los productos tóxicos minerales (compuestos de fierro, cobre, zinc, mercurio, plomo, cadmio), ácidos (sulfúrico, nítrico, clorhídrico), los álcalis (potasa, soda cáustica), disolventes orgánicos (acetona), detergentes, plásticos, los derivados del petróleo (gasolina, aceites, colorantes, diesel), pesticidas (insecticidas, fungicidas, herbicidas), detergentes y abonos sintéticos (nitratos, fosfatos), entre otros.
- Los contaminantes físicos se refieren a perturbaciones originadas por radioactividad, calor, ruido, efectos mecánicos, etc.
- Los contaminantes biológicos son los desechos orgánicos, que al descomponerse fermentan y causan contaminación. A este grupo pertenecen los excrementos, la sangre, desechos de fábricas de cerveza, de papel, aserrín de la industria forestal, desagües, etc.

Con frecuencia se descubren nuevas formas y fuentes de contaminación, que afectan al ambiente y a la salud. En la era moderna y con el violento desarrollo de nuevas tecnologías y productos surgen nuevas fuentes contaminantes, que al inicio parecen inofensivos, y luego se demuestra que

ocasionan daños a la salud física o mental de las personas o al ambiente (extinción de especies y degradación de recursos básicos como agua, suelo, bosques, etc.).

### **2.1.1 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA**

En las grandes ciudades, la contaminación del aire se debe a consecuencia de los escapes de gases de los motores de explosión, a los aparatos domésticos de la calefacción, a las industrias -que es liberado en la atmósfera, ya sea como gases, vapores o partículas sólidas capaces de mantenerse en suspensión, con valores superiores a los normales, perjudican la vida y la salud, tanto del ser humano como de animales y plantas.

Esta capa (la atmósfera) absorbe la mayor cantidad de radiación solar y debido a esto se produce la filtración de todos los rayos ultravioletas.

El aumento de anhídrido carbónico en la atmósfera se debe a la combustión del carbón y del petróleo, lo que lleva a un recalentamiento del aire y de los mares, con lo cual se produce un desequilibrio químico en la biosfera, produciendo una alta cantidad de monóxido de carbono, sumamente tóxica para los seres vivos.

La contaminación atmosférica proviene fundamentalmente de la contaminación industrial por combustión, y las principales causas son la generación de electricidad y el automóvil. También hay otras sustancias tóxicas que contaminan la atmósfera como el plomo y el mercurio.

El aire contaminado nos afecta en nuestro diario vivir, manifestándose de diferentes formas en nuestro organismo, como la irritación de los ojos y trastornos en las membranas conjuntivas, irritación en las vías respiratorias, agravación de las enfermedades bronco pulmonares, etc.

Existen diversos modos de evitar la contaminación del aire, a saber:

\* Uso de combustibles adecuados para la calefacción doméstica e industrial.

- \* Usar chimeneas con tirajes o filtros en condiciones de cumplir sus funciones.
- \* Mantener los vehículos motorizados en buenas condiciones.
- \* No quemar hojas o basuras, etc.

El aire es un elemento indispensable para la vida y por lo tanto, debe preservarse su pureza para no perturbar el normal desarrollo de los seres vivos y no degradar el patrimonio natural y sociocultural de la humanidad. Al ser por otra parte, un bien común limitado, su utilización deberá supeditarse a los intereses superiores de la comunidad frente a los intereses individuales.

El aire es una mezcla de muchos gases; algunos de ellos se consideran como parte integrante de la atmósfera, porque están siempre presentes en ella en proporción fija con respecto al volumen total de gas. Otros se encuentran en proporción muy variable, tanto en el tiempo como en el espacio. Cuando el aire está seco, es decir, cuando se encuentra exento de vapor de la concentración relativa de los diversos gases que componen la atmósfera es la que aparece.

Entre los principales gases variables tenemos vapor de agua, anhídrido sulfuroso, dióxido de nitrógeno y ozono.

El término contaminación atmosférica tiene en la actualidad un carácter específico, ya que se refiere a la contaminación química de la atmósfera producida por el hombre, excluyendo, por tanto, la contaminación de naturaleza biológica, el ruido y las radiaciones.

El Consejo de Europa, en su informe del 14 de Setiembre de 1967, definió la contaminación atmosférica como: "La presencia en el aire de una sustancia extraña o una variación significativa en la proporción de sus constituyentes normales, susceptible de provocar un efecto perjudicial ó de crear una molestia, teniendo en cuenta los conocimientos del momento".

En España, la Ley 38/1972, del 22 de Diciembre de 1972; Ley de Protección del Ambiente Atmosférico, define la contaminación atmosférica de la siguiente manera: "La presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza".

Cuando se habla de contaminación atmosférica, se alude a la producida por el hombre, a la contaminación artificial. Tres son los procesos que hay que considerar: a) la emisión de contaminantes por las distintas fuentes. que van a permanecer en la atmósfera durante un tiempo más o menos prolongado ("tiempo de residencia"); b) las condiciones meteorológicas que van a favorecer o no la permanencia de los contaminantes inyectados en la atmósfera de acuerdo con su capacidad para dispersados la reactividad química de éstos y el lavado que efectúa la lluvia y, por último; c) los efectos de los contaminantes sobre los seres humanos, por la relación directa que se establece entre contaminación y salud, pero sin olvidar los efectos sobre el resto de los seres vivos, las estructuras, el suelo o las propiedades de la atmósfera misma.

**La contaminación atmosférica** es la presencia en la atmósfera de sustancias naturales o producidas por la actividad humana, en cantidad y duración suficientes para ser nocivas.

### **2.1.2 CONTAMINANTE:**

Un contaminante se constituye cuando gases o partículas alcanzan niveles superiores a los aceptados como normales. Ciertas condiciones ambientales favorecen o protegen contra el efecto tóxico de los contaminantes, ellas son: humedad, vientos, presión atmosférica, permanencia de nubes, estaciones, lluvias, etc.

Los contaminantes ambientales pueden ser gases, vapores o aerosoles; dentro de estos últimos se encuentra el polvo, los polvos son generados por

la pulverización y el trituramiento de sólidos y su tamaño es muy variable de 0.1 a 25 micras.

### **2.1.2.1 Criterios que se utilizan para calificar como contaminante una sustancia**

Una sustancia se considera contaminante si al quedar expuesto a ella se incrementan las posibilidades de experimentar problemas de salud. Los compuestos tóxicos en el aire también causan problemas ecológicos. Hay 3 criterios oficiales para clasificarlos:

- Causan serios problemas de salud, como cáncer, defectos en los recién nacidos, muerte inmediata.
- Son emitidos a la atmósfera en cantidades lo suficientemente grandes como para ser tóxicas. Esto se calcula con mediciones directas de las sustancias en muestras de aire recolectadas o bien empleando modelos de emisión.
- Afectan a gran cantidad de personas

Buena parte de los estudios sobre la contaminación por vehículos se inició en California, EVA, a principios de los años 40. La combinación de un rápido incremento en la población y por consiguiente en el número de automóviles en la zona geográfica enfocó la atención de los políticos y de los científicos para conocer qué reacciones se llevan a cabo en la atmósfera entre los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno. Las voces aumentaron de tono y se crearon comités que recabaron datos de la calidad del aire. En 1952, el profesor A. J. Haagen-Smit del Instituto de Tecnología de California publicó estudios que mostraban que algunos hidrocarburos, en combinación con los óxidos de nitrógeno emitidos por automóviles reaccionaban con la luz solar para producir sustancias oxidantes, entre ellas el ozono y otros productos que causan irritación de los ojos y la desintegración del hule de los neumáticos. Se puede decir que este trabajo y otro paralelo llevado por el Control de la Contaminación Aérea de Los

Ángeles, en que se veía que los aerosoles se generaban por la polimerización de sustancias provenientes de hidrocarburos detectados en los autos, marcan las bases para que la comunidad científica examinara más a fondo el efecto de los gases de escape sobre la salud.

### **2.1.3 CONTAMINACIÓN POR GASOLINA**

Los vehículos a motor, se acepta, son la fuente de mayor contaminación ambiental. Los generadores principales de monóxido de carbono (CO) óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles (cov), gases responsables del efecto invernadero (CO<sub>2</sub> y metano).

También, pese a los esfuerzos hechos por reducir los aditivos de plomo en los combustibles, las emisiones de compuestos de plomo aún son un problema de la calidad del aire. Los vehículos a motor contribuyen con otros contaminantes tóxicos como el benceno, 1,3 butadieno y otros carcinógenos asociados a pequeñas partículas sólidas emitidas por el escape. Ya que la flota de vehículos continúa creciendo, las emisiones de los vehículos a motor y los productos de su transformación en la atmósfera se han convertido en parte importante de casi cualquier problema de contaminación.

La Agencia de Protección Ambiental de EUA enlista las 20 sustancias más peligrosas y prioritarias en su abatimiento en orden decreciente de amenaza. De los primeros cinco, dos están asociados con los carburantes. 1) plomo, 2) arsénico, 3) mercurio, 4) cloruro de vinilo, 5) benceno.

La gasolina genera dos contaminantes: 1) sus vapores, y 2) los productos (generalmente gaseosos) de su combustión.

La evaporación del combustible en algunas partes del sistema motriz contribuyen a la emisión global de hidrocarburos en alrededor de 30% del total de las emisiones de cov (compuestos orgánicos volátiles) de fuentes móviles. Cada vez se imponen regulaciones más estrictas a la emisión de los gases de la combustión vehicular, pero no a la emisión evaporativa, que

se hará cada vez más importante. Con las tecnologías disponibles, trampas de carbón activado que absorben COV del tanque del combustible y unidades de recuperación de vapores en las estaciones de gasolina, se podría reducir la emisión evaporativa de 70 a 90%. La volatilidad de las gasolinas es el parámetro a controlar para reducirlas. Las refinerías producen gasolinas para el verano, el invierno y ciertas regiones. La presencia de moléculas de peso ligero en ellas, como el butano, causan que el combustible sea más volátil. Los vapores de la gasolina pueden emanar de la ventilación del ducto de entrada al tanque de la gasolina, o bien del carburador y representan 20% de los contaminantes que arroja un vehículo. Otro 20% proviene del cárter y lo constituyen hidrocarburos con poco CO y pequeñas cantidades de NOx. En los vehículos nuevos 95% de la contaminación viene del escape, y la formación de hidrocarburos, CO<sub>2</sub>CO y NOx

En el caso ideal de una gasolina 100% de hidrocarburos que fuera totalmente oxidada (la combustión es una reacción de oxidación) durante la combustión en el motor, se producirían sólo dos compuestos: CO<sub>2</sub> y vapor de agua. Aunque el primero no es nocivo (de hecho generamos CO<sub>2</sub> al quemar nuestra "gasolina" interna: carbohidratos y grasas), cuando se acumula en la atmósfera es el mayor responsable del efecto invernadero. De aquí que, en el mejor de los casos, los gases de la combustión de la gasolina alteren el equilibrio atmosférico. Por cada litro de gasolina consumido por un automotor, unos 2.4 kg de CO<sub>2</sub>, se van a la atmósfera.

Los óxidos de nitrógeno, NOx, no son producto de la combustión; se forman cuando la presión y la temperatura son muy altas. Controlar las emisiones de NOx es difícil y el único método es reducir la compresión y temperatura de combustión. Pero el motor es un convertidor térmico que libera la energía de la gasolina en forma de calor y la emplea en forma de gases expandidos para empujar el pistón y propulsar el vehículo. Si se disminuyera la presión y la temperatura máxima de combustión no utilizaríamos toda la energía de la gasolina, reduciendo así la eficiencia del motor.

## 2.1.4 CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

### A. Naturaleza y fuentes artificiales de emisión

Aunque el origen de los contaminantes presentes en la atmósfera puede ser natural o artificial (consecuencia de las distintas actividades humanas), la contaminación atmosférica como problema de salud pública debe restringirse a determinadas áreas urbanas e industriales, donde los contaminantes presentes tienen casi en su totalidad origen artificial (antropogénico). Hecha esta aclaración, es preciso puntualizar que globalmente esto es atendiendo a la totalidad de las emisiones de la Tierra.

Las fuentes naturales representan en casi todos los casos los mayores productores de contaminación.

Los contaminantes de naturaleza química presentes en la atmósfera pueden subdividirse en gases y partículas.

Los contaminantes gaseosos, que entran en la atmósfera como tales, son gases y vapores de compuestos minerales u orgánicos, que pueden reaccionar en la atmósfera para convertirse en partículas o asociarse a gotas de agua o núcleos higroscópicos. El más estudiado, ya que se utiliza como indicador del estado general de contaminación por estar presente en los procesos de combustión, es el anhídrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ). Otros compuestos gaseosos de interés son los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), que se originan en los procesos de combustión de los automóviles, el monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) o los hidrocarburos. Los que se inyectan como tales en la atmósfera constituyen los contaminantes primarios, y los que se originan en ésta como consecuencia de reacciones entre contaminantes primarios son los secundarios ejemplos típicos de estos contaminantes secundarios son el ozono ( $\text{O}_3$ ) y los nitratos de peroxiacilo, que se originan como consecuencia de complicados procesos fotoquímicos (es decir, inducidos por la luz solar) entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos.

Las partículas son sólidas o líquidas, de tamaño microscópico o submicroscópico, entre las que se destacan el polvo, producido por desintegración mecánica de materia sólida; los humos, constituidos por partículas sólidas y líquidas procedentes de las combustiones y de tamaño aproximado a 1 micra; las brumas, constituidas por gotículas en suspensión formadas por condensación; y los aerosoles, que incluyen cualquier nube de partículas sólidas y/o líquidas. microscópicas o submicroscópicas: casos del humo bruma, niebla. etc.

Las fuentes artificiales de emisión de contaminantes son; por orden de importancia:

1. El transporte
2. La producción de energía
3. La industria
4. Las calefacciones domésticas
5. Otras fuentes (residuos. agricultura, etc.)

La cuantificación de la importancia relativa de estas fuentes en relación con el volumen global de emisiones varía según la fuente consultada. Para algunos autores el transporte representaría al menos el 50% del total.

### **B. Principales Contaminantes**

Al abordar el estudio específico de los contaminantes atmosféricos, nos vamos a referir a aquellos que por el volumen de sus emisiones y la continuidad y universalidad de su presencia, son en principio los responsables de la mayor parte de los problemas de contaminación atmosférica de tal forma que en la legislación de los diferentes países u organismos internacionales son contemplados con carácter casi exclusivo.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Teknisien. Les Pollutions et Leurs Affects. Pág. 43

### **b.1 Monóxido de Carbono**

El monóxido de carbono es, de todos los contaminantes atmosféricos, el más abundante y ampliamente distribuido en la capa inferior de la atmósfera y al igual que el resto de los gases y partículas que describiremos más adelante, tiene su origen tanto en fuentes naturales como en artificiales.

La oxidación atmosférica del metano procedente de la descomposición anaerobia de la materia orgánica de origen animal y vegetal representa el aporte natural más importante; la función cloroflica y los océanos son también fuentes naturales significativas de monóxido de carbono.

Conviene no obstante, señalar que más de la mitad de metano presente en la atmósfera tiene su origen en distintas actividades humanas (cultivo de arroz, ganadería, vertederos de basuras o producción de combustibles fósiles).

El metano ( $\text{CH}_4$ ) reacciona con radicales hidroxilo ( $\text{OH}$ ) y con oxígeno atómico ( $\text{O}$ ), para iniciar la formación del CO a través de radicales metilo ( $\text{CH}_3$ ). Los radicales hidroxilo son fragmentos moleculares altamente reactivos, que a pesar de encontrarse en la atmósfera en pequeña cantidad (menos de 0.0001 partes de mil millones), contribuyen a su limpieza.

Los métodos utilizados en la determinación de los niveles atmosféricos del monóxido de carbono son fundamentalmente dos: el NDIR (absorción no dispersiva de infrarrojos) y, la cromatografía gaseosa. El NDIR es un método continuo y automatizado basado en la absorción de la radiación infrarroja por la molécula de CO semicontinuo, basado en la intensidad de la señal producida por el paso del CO convertido previamente en metano a través de un detector de ionización de llama (FID)

### **b.2 Óxidos de Nitrógeno**

Tres son los óxidos de nitrógeno que normalmente se detectan en la atmósfera: el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), el óxido nítrico ( $\text{NO}$ ) y el óxido de

nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Los dos primeros son incoloros y el último de color pardo rojizo.

El óxido nitroso o hemióxido de nitrógeno (NO) que procede mayoritariamente de fuentes naturales (más del 80%), no es tóxico ni participa en las reacciones atmosféricas que dan lugar a contaminantes secundarios en el medio urbano, ha adquirido sin embargo, en el momento actual cierta importancia al estar implicado en la acentuación del efecto invernadero como en la formación de óxido nítrico o monóxido de nitrógeno (NO) en la estratosfera. En el caso de los otros dos óxidos NO y NO<sub>2</sub> el primero procede en un 80% de fuentes naturales mientras que casi todo el NO<sub>2</sub> atmosférico es de origen antropogénico.

Dos son los métodos de análisis que generalmente se utilizan para determinar las concentraciones atmosféricas de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub> - NO y NO<sub>2</sub>): el de la quimioluminiscencia y el colorimétrico basado en la reacción de azotación copulación de Griess Salzman. El primero basado en la reacción del ozono con el NO en fase gaseosa (el NO<sub>2</sub> ha de convertirse previamente en NO), es el método de referencia en España y la CEE de acuerdo con el R.D. 711187, de 27 de mayo, y está descrito en la norma ISO DIS 7996.<sup>16</sup>

### **b.3 Hidrocarburos y Oxidantes**

Los hidrocarburos y los oxidantes fotoquímicos constituyen dos categorías distintas de contaminantes que están relacionados, ya que ciertos hidrocarburos, en especial los insaturados de doble enlace (olefinas), participan en la formación de los oxidantes fotoquímicos. Los hidrocarburos serán contaminantes primarios, pues llegan como tales a la atmósfera, y los oxidantes fotoquímicos, secundarios, puesto que se originan dentro de ella por reacciones que tienen lugar entre contaminantes primarios.

---

<sup>16</sup> G. Piérola Gil, J. Del Rey Calero. Medicina Preventiva y Salud Pública. Pág. 67

Los hidrocarburos más importantes, desde el punto de vista de contaminación atmosférica, son los que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente ó los que son muy volátiles a tales temperaturas.

Los oxidantes fotoquímicos son contaminantes secundarios originados en un proceso fotoquímico que oxida materiales no inmediatamente oxidables por el oxígeno gaseoso. Los más estudiados son el ozono una familia de compuestos colectivamente con conocidos como nitrato de peroxiacilo.

Las emisiones de hidrocarburos de fuentes naturales representan aproximadamente un 84% del total (metano de forma mayoritaria y terpenos), frente al 16% que tienen su origen en fuentes antropogénicas.

Dos son los métodos comúnmente empleados para la determinación del ozono y el total de oxidantes. El primero es un método de quimioluminiscencia automático y continuo, basado en la reacción del etileno con el ozono en fase gaseosa. El segundo es un método colorimétrico basado en la absorción de los oxidantes en una solución acuosa de yoduro potásico neutro amortiguado, desprendiéndose yodo que se determina, como hemos dicho, colorimétricamente, expresándose el resultado como total de oxidantes.

#### **b.4 Oxido de Azufre**

El óxido de azufre que se emite en la atmósfera en mayor cantidad es el dióxido ( $\text{SO}_2$ ), que se acompaña de una pequeña cantidad de trióxido ( $\text{SO}_3$ ), generalmente en proporción inferior al 2%.<sup>17</sup>

Tanto las fuentes naturales como las antropogénicas contribuyen a los niveles atmosféricos de  $\text{SO}_x$ , siendo la aportación de las primeras superior al 50%.

El 95% del  $\text{SO}_2$  presente en la atmósfera de fuentes naturales se genera dentro de ella por oxidación. Se cree que por reacción del ozono con el

---

<sup>17</sup> Viellard H., Donati J., Thibaut G.: La pollution atmospherique. Pág. 39

sulfuro de hidrogeno ( $\text{SH}_2$ ), procedente de la descomposición de la materia orgánica.<sup>18</sup>

Los métodos de análisis más utilizados para determinar los niveles de  $\text{SO}_2$  en la atmósfera son un método volumétrico, dos colorimétricos y los instrumentales.

En cuanto el análisis instrumental, las estaciones de medida integradas en las redes automáticas de vigilancia suelen utilizar técnicas de fluorescencia ultravioleta.

### **b.5 Partículas**

Las partículas al igual que el resto de los contaminantes atmosféricos que hemos estudiado, tienen su origen de forma mayoritaria en fuentes naturales (el 80% aproximadamente).

Entre las fuentes naturales, los océanos constituyen la fuente mayoritaria (partículas de sal) si bien tienen también importancia el arrastre de polvo por el viento las erupciones volcánicas y los incendios forestales.

La principal fuente de contaminación antropogénica es la formación de partículas a partir de contaminantes gaseosos primarios (óxidos de azufre y nitrógeno que dan lugar a sulfatos y nitratos).

Las partículas sólidas (polvo) se clasifican según su tamaño en:

1. Partículas micrométricas o sedimentables (diámetro superior a  $10\mu\text{g}$ ).
2. Partículas submicrométricas o en suspensión (entre  $0.10\mu\text{g}$  de diámetro).

Las partículas que revisten un mayor interés desde el punto de vista sanitario son las que se encuentran en suspensión con diámetro comprendido entre  $0.1$  y  $3\mu\text{m}$ , por su capacidad para penetrar en las vías

---

<sup>18</sup> Thibaut G., Contaminación Atmosférica. Pág. 68

respiratorias y dentro de estas, por ser mayoritarias en las zonas urbanas, del humo o partículas finas de origen carbonoso que poseen un diámetro medio de 1  $\mu\text{g}$ .

La composición química de las partículas, como se puede suponer es muy heterogénea, dado que cualquier elemento o compuesto orgánico e inorgánico puede participar en su composición. Su origen puede estar en la subdivisión de partículas de mayor tamaño o en la aglomeración de otras más pequeñas.

Las partículas presentes en la atmósfera acaban en último término depositándose en la superficie terrestre, bien por deposición en seco o arrastradas por la lluvia.

La determinación de las partículas sedimentables se realiza de acuerdo con la norma British Standard y que consiste en una determinación gravimétrica de las fracciones soluble e insoluble de las partículas recogidas mensualmente por el equipo colector.

Para la determinación de las partículas en suspensión se suelen utilizar tres métodos: a) la técnica patrón que utiliza un captador de alto volumen para recoger las partículas sobre un filtro de fibra de vidrio y posterior determinación gravimétrica; b) el método para humo normalizado de la OCDE, que es de referencia de acuerdo con la orden del 22 de marzo de 1990 del Ministerio de Sanidad y consumo español que utiliza un filtro normalizado (Whatman N° 1) para retener las partículas en suspensión (humo), haciéndose posteriormente una lectura reflectométrica, y e) la técnica de atenuación de radiación beta por las partículas retenidas en un filtro de fibra de vidrio, que es la técnica incorporada en las estaciones de medida que integran las redes automáticas de vigilancia.

### **2.1.5 EFECTOS A GRAN ESCALA DE LA CONTAMINACIÓN**

Dos fenómenos a escala global (de todo el planeta) son en estos momentos motivo de controversia: la capa de ozono estratosférica y su posible

debilitamiento, y el aumento de las temperaturas medias de la Tierra (acentuación del efecto invernadero). En ambos casos, la comunidad científica se sigue manifestando de manera distinta, unas veces apoyando los estudios tendientes a confirmar tales observaciones o poniendo en duda en otras los modelos aplicados y por consiguiente los resultados obtenidos.<sup>19</sup>

A pesar de las discrepancias la comunidad internacional esta poniendo en marcha una serie de medidas tendientes a reducir las emisiones de los gases implicados en estas alteraciones.

Nos referiremos brevemente a ambos fenómenos:

#### **A. La Capa de Ozono**

En la estratosfera capa de la atmósfera situada inmediatamente por encima de la troposfera. Existe una intensa actividad fotoquímica que produce ozono. Esto hace que en dicha capa atmosférica se puedan alcanzar concentraciones superiores a las 10 ppm de ozono. Especialmente entre los 20 y los 30 Km. de altura (capa. Cinturón o escudo de ozono).

Esta capa de ozono es el filtro natural que impide a la mayor parte de la radiación ultravioleta procedente del Sol llegar a la superficie de la Tierra. Donde serían capaces de romper gran número de moléculas biológicas, ya que poseen energía suficiente para ello.

Dos teorías han tratado de explicar la reducción de las concentraciones de ozono observadas durante la primavera en los últimos años sobre el polo sur, primero, y sobre el polo norte, después: 1) una que atribuye tal efecto a los contaminantes, especialmente a los halocarburos, clorofluorocarbonos o freones, debido al elevado poder reactivo del cloro atómico (originado al descomponerse estos compuestos cuando alcanzan la estratósfera), que cataliza la destrucción del ozono, y 2) otra que se refiere a un cambio natural en los movimientos atmosféricos.

---

<sup>19</sup> Odum, Sarmiento E. Ecología: El puente entre ciencia y sociedad. Pág. 169

Posiblemente, porque el efecto destructor de estos compuestos ha sido demostrado, la comunidad internacional ha puesto en marcha de forma inmediata la sustitución de los actuales halocarburos en todas ó al menos en algunas de sus aplicaciones (refrigerantes, propelentes o detergentes).

### **B. Efecto Invernadero**

Determinados gases, especialmente el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y los halocarburos ( $\text{C}_l\text{F}_x\text{C}$ ), bastante transparentes a las radiaciones solares que inciden sobre la Tierra, son sin embargo eficaces absorbentes de la radiación infrarroja de onda larga que la tierra devuelve de nuevo hacia la atmósfera para contribuir al mantenimiento del equilibrio térmico.

Esta es la causa de que, si estos gases aumentan su concentración, como de hecho ha venido ocurriendo, deba esperarse un aumento de las temperaturas medias del planeta. En esto consiste el efecto invernadero, aunque el problema no radica en si en tal efecto, que ha existido siempre para mantener el equilibrio térmico de la Tierra, sino en su acentuación del mismo causada por el incremento en las concentraciones de los gases relacionados.

La temperatura media de la Tierra se ha elevado 0.5 grados centígrados en los últimos 100 años. Este incremento podría estar relacionado con el aumento en las emisiones a lo largo de éste siglo de los gases implicados ( $\text{CO}_2$  del uso de combustibles fósiles. en especial carbón y petróleo; metano. del incremento en las plantaciones de arroz y de la ganadería; óxido nitroso. del uso masivo de fertilizantes y halocarburos procedentes de usos industriales), aunque algunos investigadores sugieren que la variación en las emisiones solares pueden explicar mejor el aumento de temperatura media observado.

### 2.1.6 EFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA

Los efectos sobre la salud humana de los contaminantes atmosféricos han sido y son estudiados sin que todavía en muchos aspectos se puedan establecer conclusiones definitivas.

Los estudios realizados pertenecen a tres categorías distintas: por una parte estudios experimentales con animales; por otra los resultados de cuadros agudos de carácter accidental y por último los estudios realizados para valorar la exposición comunitaria a través de estudios epidemiológicos de carácter observacional. Los estudios epidemiológicos son los básicos a la hora de establecer el efecto de los niveles de inmisión de contaminantes atmosféricos sobre la salud, pero presentan todavía hoy algunos problemas no totalmente resueltos como es la dificultad de valorar el efecto aislado de alguno de los contaminantes, dado que normalmente su presencia esta asociada a otros. Además es necesario destacar que no solo interesan los efectos de una exposición breve e intensa, que son los que permiten con más facilidad establecer la relación contaminación- salud en esas circunstancias, sino que es más importante establecer esa relación a través del estudio de la exposición prolongada a los contaminantes atmosféricos.<sup>20</sup>

A continuación se resumirá el estado actual de los conocimientos referidos a los principales contaminantes.

#### A. Monóxido de carbono

Si bien su toxicidad aguda ha sido reconocida desde hace tiempo y está bien documentada, se ha prestado últimamente una mayor atención a los efectos de la exposición a concentraciones mucho más bajas que las que causan la intoxicación característica. Esas concentraciones son las encontradas en la atmósfera urbana.

---

<sup>20</sup> Costanzo L.: Fisiología. Pág. 168

## B. Óxidos de nitrógeno

Es posible que el dióxido de nitrógeno: sea un factor en la causalidad de enfermedad respiratoria hecho éste puesto en evidencia fundamentalmente por estudios realizados en animales de experimentación y en condiciones experimentales con voluntarios humanos, ya que sólo se ha realizado un número limitado de investigaciones epidemiológicas.

Los estudios epidemiológicos demuestran el mayor riesgo de enfermedad respiratoria aguda y reducción de la función pulmonar especialmente en escolares expuestos a una atmósfera que contiene dióxido de nitrógeno óxidos de azufre, partículas y. en algunos caos, oxidantes fotoquímicos. Es difícil determinar si un nivel dado de dióxido de nitrógeno fue la causa de los efectos de salud observados o si el agente causal fue uno de los otros contaminantes, solos ó en combinación con el dióxido de nitrógeno. Se ha concluido que los resultados de los estudios epidemiológicos referidos no pueden por sí solos proporcionar una base cuantitativa para evaluar los riesgos de salud provenientes de la exposición al N02. En especial se convino en que no podía establecerse un nexo concluyente entre una concentración específica de dióxido de nitrógeno durante un período de promediación dado y los efectos de salud observados en distintos estudios epidemiológicos. Lo importante de los estudios citados en los que se sustentan los datos obtenidos en los experimentos con animales y en los estudios experimentales con seres humanos, en el sentido de que existen un mayor riesgo de afecciones respiratorias agudas y una alteración de la función pulmonar.

En la actualidad no está demostrado que las concentraciones de óxido nítrico, típicamente observadas en la atmósfera tengan un efecto biológico significativo.

### **C. Hidrocarburos y oxidantes fotoquímicos**

Varios estudios han puesto de manifiesto la mayor frecuencia de irritación ocular, disminución del rendimiento atlético, alteraciones funcionales pulmonares en niños y aumento de la frecuencia de los ataques de asma, todo lo cual se ha asociado con los cambios en las concentraciones horarias de oxidantes. La mayoría de estos efectos se observaron cuando las concentraciones de oxidantes durante 1 hora estuvieron en la gama de 200 - 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Por otra parte, hasta ahora no se ha demostrado que la exposición a largo plazo a oxidantes fotoquímicos a las concentraciones que se hallan actualmente en el aire urbano esté asociada con un aumento de la mortalidad, y tampoco hay pruebas de que las enfermedades respiratorias crónicas, tales como bronquitis, enfisema ó cáncer de pulmón sean más prevalentes en comunidades con exposiciones relativamente altas a oxidantes.

### **D. Óxidos de azufre y partículas**

Los efectos del anhídrido sulfuroso y las partículas sobre la salud humana han sido ampliamente estudiados y dependen lógicamente de sus concentraciones y del tiempo de exposición. Ambos contaminantes atmosféricos se contemplan tradicionalmente de forma conjunta cuando se valoran los efectos de sus concentraciones sobre la salud humana, posiblemente debido a que, en todos los episodios agudos de contaminación atmosférica en los que han estado implicados, los sensores de vigilancia han medido sus concentraciones (niveles de inmisión) de forma simultánea y complementaria, siendo estos, junto con las partícula sedimentables, los únicos contaminantes de los que se dispuso de datos. Asimismo, las normas reguladoras de la protección del ambiente atmosférico contemplan esta asociación para el establecimiento de los valores límite ó la declaración de situaciones de emergencia.

De todas formas, conviene puntualizar, dos cosas: la exposición prolongada a esta asociación de contaminantes parece tener mayor importancia como factor agravante de la bronquitis crónica y no es seguro que los efectos observados en algunos estudios no fueran en parte provocados por otros contaminantes u otros factores no considerados (temperatura ó humedad relativa) cantidad de vehículos de transporte público. Luego se hacen determinaciones de los niveles de contaminantes atmosféricos con especial interés en las partículas totales en suspensión como plomo y otros metales.

Las partículas totales en suspensión en las calles de alto flujo vehicular exceden altamente los límites señalados por la Organización Mundial de la Salud y tienen alta repercusión en la salud de la población.

#### ***Límites permisibles***

150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Promedio Geométrico Anual

350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Promedio para 24 horas

#### **Límites permisibles de Plomo**

05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Promedio Geométrico Anual

1.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Promedio para 24 horas

### **2.1.7 EL PLOMO Y LA SALUD HUMANA**

Aproximadamente el 80% de plomo que se encuentra en la atmósfera proviene del plomo de la gasolina. El plomo emitido por los vehículos se encuentra como un complejo inorgánico de cloro bromuro de plomo ( $\text{PbBrCl}$ ) en partículas de diámetro muy pequeño (0.1  $\mu\text{m}$ ). Aunque la mayoría del plomo emitido por los vehículos (90%) se emite partículas inorgánicas de plomo, también se emiten algunos vapores de alquilos de plomo. Asimismo al plomo están asociadas algunas industrias como fundiciones, baterías, etc. El plomo que originan los automóviles se asocia exclusivamente con partículas dentro del rango de los respirables, esto es con un tamaño predominante de partículas de una micra de diámetro o menos, las cuales pueden alcanzar mas fácilmente la porción interior del

pulmón, los alvéolos, donde el plomo se encuentra disponible para intercambio dentro de la corriente sanguínea.

### **Cinética**

#### **Absorción**

Las vías de entrada del plomo inorgánico en el organismo son fundamentalmente la respiratoria y la digestiva. Por la vía respiratoria se absorbe entre el 30 y el 50% del plomo inhalado. Por la vía digestiva se absorbe el 10% (50% en los niños).

#### **Distribución y vida media**

El plomo absorbido es vehiculizado por la sangre y alrededor del 90% se fija en los glóbulos rojos.

El plomo en el organismo sigue un modelo tricompartmental : el sanguíneo (el 2 % del contenido total, con una vida media de unas 5 semanas), el de los tejidos blandos (el 8%, con una vida media de unas 6-8 semanas) y el óseo (representa el 90% del contenido total y con una vida media que oscila entre los 10 y 28 años).



Ribete de Burton en una intoxicación por plomo de origen laboral

#### **Eliminación**

La vía principal de eliminación es la renal. La saliva puede llegar a pigmentar el borde n

### Mecanismos de acción

El plomo tiene gran afinidad por grupos imidazol, sulfhídrico, amino, carboxilo y fosfato, y como consecuencia de ello presenta una fuerte unión a las membranas biológicas, proteínas y numerosas vías metabólicas como la fosforilación oxidativa y la síntesis de la hemoglobina.

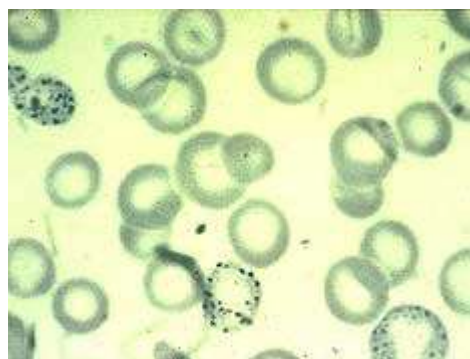
El plomo es desmielinizante y puede ocasionar degeneración axonal.

La inhibición de la pirimidin-5'-nucleotidasa podrían ocasionar depósitos de ácidos nucleicos en los hematíes ocasionando el punteado basófilo de los hematíes

El plomo tiene gran afinidad por grupos imidazol, sulfhídrico, amino, carboxilo y fosfato, y como consecuencia de ello presenta una fuerte unión a las membranas biológicas, proteínas y numerosas vías metabólicas como la fosforilación oxidativa y la síntesis de la hemoglobina.

El plomo es desmielinizante y puede ocasionar degeneración axonal.

La inhibición de la pirimidin-5'-nucleotidasa podrían ocasionar depósitos de ácidos nucleicos en los hematíes ocasionando el punteado basófilo de los hematíes



Punteado basófilo de los hematíes en una intoxicación por plomo de origen alimentario

## **Manifestaciones clínicas**

### **- Intoxicación aguda**

La intoxicación aguda por compuestos de plomo actualmente es excepcional. Las manifestaciones clínicas más importantes son:

- Alteraciones digestivas: dolores epigástricos y abdominales, vómitos , diarreas negruzcas y posteriormente la presencia de estreñimiento pertinaz.

Excepcionalmente se han descrito casos de insuficiencia hepática aguda.

- Alteraciones hematológicas: anemia hemolítica.

- Alteraciones renales: insuficiencia renal aguda.

- Alteraciones neurológicas (encefalopatía saturnina). Es más frecuente en niños.

Se manifiesta en forma de convulsiones, y coma, que puede conllevar a la muerte en 2-3 días después de la intoxicación.

### **- Intoxicación crónica**

Los compuestos inorgánicos de plomo pueden ocasionar alteraciones: digestivas, hematológicas, neurológicas, renales, endocrinas y del sistema reproductor.

Las alteraciones digestivas se pueden manifestar en forma de un cuadro abdominal agudo ("cólico seco"), con dolores intensos y difusos, vómitos y constipación. También se han descrito casos de hepatitis tóxica.

La anemia del saturnismo es debida a dos mecanismos: uno debido a la inhibición de la síntesis de la hemoglobina (inhibiendo las enzimas delta-aminolevulínico dehidrasa y la ferroquelatasa) y otro por hemólisis. Aparición de punteado basófilo

El plomo puede afectar al sistema nervioso central en forma de cefaleas, insomnio, alteraciones del carácter y de la memoria. También se ha relacionado la exposición al plomo con disminución del rendimiento escolar en niños. El plomo puede ocasionar una polineuropatía, de predominio motor que afecta principalmente a las extremidades superiores.

La evolución crónica puede desencadenar una nefropatía plúmbica con destrucción de las células tubulares y aparición posterior de fibrosis. También se ha relacionado la exposición al plomo con la aparición de hipertensión arterial. La gota saturnina podría ser debida a la inhibición de la actividad de la guanasa (aumentando la concentraciones de guanina insoluble y cristalizada en las articulaciones).

Se han descrito casos de impotencia y alteraciones en los espermiogramas (hipospermia, teratospermia y astenospermia), mientras que las mujeres expuestas al plomo presentan una mayor incidencia de esterilidad y abortos espontáneos.

### **Tratamiento**

#### **- Intoxicación aguda**

La ingesta oral requiere las medidas habituales de descontaminación digestiva (lavado gástrico, carbón activado, etc.). El uso de antidotos se planteará si la plumbemia supera los 20  $\mu\text{g}/\text{dL}$  en niños o los 40  $\mu\text{g}/\text{dL}$  en adultos, pudiéndose utilizar EDTA o penicilamina en función del estado clínico.

#### **- Intoxicación crónica**

Debe separarse al paciente de la exposición al plomo, iniciar un tratamiento sintomático y valorar la utilización de quelantes.

Para pacientes sintomáticos y con plumbemias superiores a 60  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , el EDTA monocalcico disódico es el quelante de elección: 25-75 mgrs/kg/día/iv, durante 5 días.

Pacientes paucisintomáticos, o con plumbemias entre 40 y 60  $\mu\text{g/dL}$  pueden recibir d-penicilamina por vía oral: 1-2 gramos/día, durante varias semanas. La d-penicilamina está contraindicada en los pacientes alérgicos a la penicilina ya que, puede presentar cuadros de hipersensibilidad cruzada. Deben controlarse los posibles efectos secundarios de esta medicación.

En los casos de intoxicaciones agudas con componente encefalopático, el tratamiento con EDTA irá precedido por dimercaprol o BAL por vía IM, a la dosis única de 3 mg/Kg.

### **Diagnóstico**

Para confirmar el diagnóstico de saturnismo utilizaremos marcadores del efecto toxicológico y los de dosis interna.

Los marcadores del efecto toxicológico están basados en el efecto del plomo sobre el metabolismo de las protoporfirinas (ALA-d eritrocitaria, ZPP, ALA-U).

La actividad de la ALA-d eritrocitaria, se correlaciona inversamente con las concentraciones de plumbemia y empieza a ser significativa cuando las plumbemias sobrepasan los 25  $\mu\text{dL}$ .

El aumento de la protoporfirina libre o la unida al zinc (ZPP), se correlaciona con el aumento de la plumbemia. ZPP hasta 40  $\mu\text{g/dL}$  se consideran normales.

El aumento del ácido del amino-levulínico urinario (ALA-U) es debido a la acción del plomo sobre la síntesis del grupo hemo. Se consideran valores normales de ALA-U las concentraciones inferiores a 6 mg/L.

Los marcadores de dosis interna son: la plumbemia, plomo basal en orina y plomo en orina tras la administración de EDTA monocálcico disódico.

La plumbemia es un marcador actual de exposición e indica exposiciones recientes. Se consideran plumbemias aceptables hasta 40  $\mu\text{g/dL}$  (10  $\mu\text{g/dL}$ , en niños según la CDC,1991). Plumbemias tóxicas son aquellas  $> 4,8$   $\mu\text{mol/L}$ . Se considera límite legal de plomo en sangre: 1,45  $\mu\text{mol/L}$  (300  $\mu\text{g/L}$ ).

La determinación de plomo en orina tras la administración de EDTA monocálcico disódico es un buen marcador de la exposición crónica al plomo, considerándose aceptables valores de hasta 600  $\mu\text{g}$  de plomo en orina de 24 horas.



Radiografía simple de abdomen, en la que se detectan múltiples imágenes radioopacas de densidad metálica, procedentes de un paciente que se intentó suicidarse disparándose con una escopeta de caza (perdigonada).



Radiografía simple de abdomen, en la que se detectan imágenes radioopacas de densidad metálica, sobre ciego y colon ascendente, en un mujer que desarrolló un saturnismo, debido a la ingesta durante varios meses de precintos metálicos de botellas de vino.

La contaminación ambiental por plomo y sus efectos adversos potenciales ha sido observada en México desde 1682. La cantidad de plomo liberada al ambiente tiene un vínculo muy estrecho con la producción en los últimos 5,000 años. Alrededor de la mitad del plomo producido es liberada como contaminante. La producción anual mundial estimada es de cerca de 3.4 millones de toneladas métricas, de las cuales se liberan al ambiente cerca de 1.6 millones. El plomo es indestructible y no puede ser transformado en una forma inocua. La dispersión del metal no conoce límites geográficos y contamina áreas lejanas al sitio de emisión original. En México, la producción anual de plomo es de 225,472 toneladas por año.

La exposición e intoxicación por plomo es muy peligroso para los niños. Estudios han demostrado que distintos grados de exposición pueden reducir de modo significativo el coeficiente intelectual (CI) de los niños en edad escolar; algunos cálculos indican que cada 10 microgramos por decilitro de incremento de los niveles de plomo en la sangre acarrea una reducción de entre 1 y 5 puntos en el CI de los niños expuestos. También se ha venido asociando la exposición al plomo a comportamientos agresivos, delincuencia y desórdenes de la atención entre niños cuyas edades van de los 7 a los 11 años. El plomo afecta el peso de los niños al nacer y su desarrollo neuroconductual, lo que puede ser severo y prolongarse más allá de la infancia. Una concentración de plomo mayor que 10  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en el cordón umbilical se correlaciona con una deficiencia del desarrollo temprano y malformaciones congénitas.

En el organismo humano una alta concentración de plomo en el cuerpo de los adultos afecta el cerebro, procesos bioquímicos y los principales sistemas sensitivos son el sistema hemopoyético, el sistema reproductor (esterilidad, abortos, espermatogénesis), el sistema renal, el sistema cardiovascular (mayor presión sanguínea, hipertensión, embolias e infartos al miocardio), el neurológico y, una mayor acumulación del plomo en los huesos. El plomo afecta la producción de hemoglobina en diversas etapas,

presentándose casos de anemia, si su nivel supera los 80  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en la sangre. En el sistema renal se pueden presentar daños en el funcionamiento los riñones, generándose una reducción gradual de la excreción de ácido úrico.

El riesgo de la exposición al plomo varía dependiendo de donde uno viva. Por lo general, la exposición del ser humano al plomo procede de las fuentes siguientes: el uso de la gasolina con plomo; el uso de pinturas con plomo como base; las tuberías y cañerías de plomo; las industrias en cuyos procesos interviene el plomo, como la minería, las fundiciones y la combustión del carbón. Otras fuentes adicionales incluyen las soldaduras en los botes y latas de alimentos en conservas, barnices de cerámica, baterías y cosméticos. Una fuente importante en que es posible exponerse y contaminarse con plomo son los alimentos, principalmente en frutas y verduras mal lavadas y, vísceras de animales de consumo.

El plomo puede ingresar al cuerpo humano por vía respiratoria en áreas en donde el aire se encuentra contaminado, por vía oral al ingerir alimentos, tierra y hasta pintura contaminada y por chupar o morder lápices de colores y juguetes y, por vía cutánea. Del 30 al 40 del plomo inhalado por los pulmones se deposita a través de la sangre en diversos órganos. La mayor parte la absorbe el sistema óseo. Se cree que el plomo es absorbido más fácilmente por el estómago cuando éste se encuentra vacío y cuando la dieta carece de elementos esenciales, tales como hierro, calcio y zinc. Evidencias de los estudios toxicológicos, epidemiológicos, bioquímicos y fisiológicos, demuestran que el plomo tiene efectos adversos a la salud humana, en especial en los trabajadores expuestos a diversas concentraciones de plomo en el ambiente de trabajo.

Los niveles de plomo en la sangre oscilan entre los 15 y 40  $\mu\text{g}/\text{dl}$  de sangre. La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera como límite aceptable hasta 40, inaceptable de 41 a 60, y peligroso cuando rebasan los 60  $\mu\text{g}/\text{dl}$  de sangre. El promedio aceptable es de 20  $\mu\text{g}/\text{dl}$  de

sangre. Análisis químicos ha revelado que entre los adultos, alrededor del 95 % del plomo en el cuerpo se almacena en los huesos; este porcentaje es de aproximadamente 70 % en los niños.

La medición del plomo en el humano puede realizarse mediante toma de muestras de sangre y por rayos X al hueso. La técnica aplicada para tomar muestras de sangre y que cuenta con la aprobación del Centro de Prevención y Control de enfermedades de EE.UU, requiere de sólo dos gotas de sangre, obtenidas por un pinchazo sobre la yema del dedo. Los parámetros que el Ministerio de Salud de los EE.UU. recomienda corresponden a un nivel máximo de plomo en la sangre de 10 microgramos por 100 ml, en niños menores de 14 años y en adultos, de 12 microgramos por 100 ml.

La medición de plomo en hueso se hace mediante la técnica de rayos X fluorescentes (RXF). El principio de esta técnica es la utilización de una radiación gamma de bajo nivel, para provocar la emisión de fotones fluorescentes del área anatómica de interés. Los fotones se detectan y caracterizan según su longitud de onda. La medida no es invasiva, tampoco dolorosa y requiere muy poca exposición a la radiación; se considera equivalente a una exposición de diez minutos al sol y a menos del 10% de una radiografía de tórax. La medición es en microgramos de plomo por gramo de hueso mineral ( $\mu\text{g Pb/g}$ ). En la actualidad existen cerca de doce grupos de trabajo que utilizan RXF, la mayoría de ellos en Estados Unidos y sólo uno en América Latina, en México, para ser más precisos.

Los altos niveles de plomo en la sangre se deben tratar con quelación. La quelación es necesaria con niveles de plomo en sangre de 45  $\mu\text{g/dL}$  ó más. Los doctores pueden decidir utilizar esa terapia con niveles más bajos de plomo en la sangre, también, dependiendo de la edad del niño, la situación en hogar y los síntomas. Mientras que la quelación requiere usualmente estancia en el hospital, el medicamento llamado succimer se puede suministrar vía oral y, por lo tanto, se utiliza para pacientes no internados.

La hospitalización se puede necesitar en algunos casos. Es requisito que la evaluación sea realizada por el médico especialista (toxicólogo, pediatra, internista, ginecólogo o al médico con experiencia en el manejo de intoxicación por plomo). Los quelantes disponibles son: edetato cálcico disódico ( $\text{CaNa}_2$  EDTA), dimercaprol (BAL), ácido 2,3-dimercapto succinico (succimer DMSA).

Aproximadamente el 80% de plomo que se encuentra en la atmósfera proviene del plomo de la gasolina. El plomo emitido por los vehículos se encuentra como un complejo inorgánico de cloro bromuro de plomo ( $\text{PbBrCl}$ ) en partículas de diámetro muy pequeño (0.1  $\mu\text{m}$ ). Aunque la mayoría del plomo emitido por los vehículos (90%) se emite partículas inorgánicas de plomo, también se emiten algunos vapores de alquilos de plomo. Asimismo al plomo están asociadas algunas industrias como fundiciones, baterías, etc. El plomo que originan los automóviles se asocia exclusivamente con partículas dentro del rango de los respirables, esto es con un tamaño predominante de partículas de una micra de diámetro o menos, las cuales pueden alcanzar más fácilmente la porción inferior del pulmón, los alvéolos, donde el plomo se encuentra disponible para intercambio dentro de la corriente sanguínea.

Los efectos agudos de envenenamiento por plomo en humanos incluyen irritabilidad, parálisis de los nervios motores, anemia, abortos y defectos en el sistema nervioso de niños, que incluyen retraso mental, parálisis cerebral y atrofia del nervio óptico. Los efectos agudos se observan por lo general como resultado de la ingesta de plomo.<sup>21</sup>

### **2.1.8 NIVELES DE PLOMO ELEVADOS EN SANGRE EN NIÑOS**

El envenenamiento de plomo durante la niñez es definido por el Centro de Control y Prevención de Enfermedades (CDC) como el nivel de plomo en la sangre de 10 microgramos por decilitro ( $\mu\text{g}/\text{dL}$ ) o más. Los efectos a largo plazo del envenenamiento por plomo durante la niñez pueden incluir

---

<sup>21</sup> <http://www.vdh.state.va.us/spanish/leadf.htm>

el desarrollo y aprendizaje lento del niño, reducción del nivel índice de inteligencia (IQ), pérdida de la audición, reducción de crecimiento e Hiperactividad.

Todos los niños están bajo riesgo de envenenarse, pero los niños que viven en casas más viejas y en la pobreza están en un riesgo más alto; estos niños deben ser examinados más a menudo, comenzando en una edad temprana. En Virginia, se está examinando a los niños a partir de los 6 meses de edad hasta los 3 años para determinar la contaminación.

El envenenamiento de plomo se puede encontrar dondequiera en el ambiente, pero la pintura que contiene plomo es la fuente más común para el envenenamiento por plomo en la niñez. Los niños que comen partículas de pintura o respiran el polvo que se forma de las escamas de la pintura pelada son los más probables de desarrollar el problema. Los niños pueden también desarrollar altos niveles del plomo en la sangre por medio de agua potable contaminada con plomo que puede estar en el sistema de plomería o el suelo contaminado o a otros componentes de plomo peligrosos.

La mayoría de los niños que tienen alto nivel de plomo no padecen ningún síntoma. Los síntomas que aparecen, por ejemplo dolor de estómago, pérdida de apetito, e irritabilidad, se confunden a menudo con otras enfermedades de la niñez. La exposición severa al plomo (niveles mayores de 80  $\mu\text{g}/\text{dL}$ ) puede causar coma, convulsiones e incluso la muerte.

La aparición de los síntomas depende del nivel de plomo en la sangre, pero, no ocurren siempre con el envenenamiento de plomo durante la niñez.

La única manera de encontrar el problema es enviando sangre al laboratorio. Esta es la razón por la cual es importante examinar a los niños. Los niños que están en alto riesgo de contacto con plomo deben ser

examinados a los 6 meses de la edad. Otros niños deben ser examinados en la edad de 12 o 15 meses.

Si se encuentra un caso eso indica una fuente ambiental de plomo, muchas veces en el hogar, todos los niños hasta 6 años deberán ser examinados. Si la fuente proviene de un proyecto de renovación, los padres y hermanos mayores pueden necesitar un examen médico para buscar señales de exposición aguda. Si la fuente se encuentra en la guardería, otros niños en ese lugar también deben ser examinados.

Si un niño debe recibir terapia de quelación como paciente no internado y el hogar parece ser la fuente del plomo, el niño debe vivir en algún otro lugar hasta que la fuente del plomo se elimine de su hogar.

Mantener la casa limpia, comer una buena dieta, y lavarse las manos frecuentemente puede ayudar a prevenir el envenenamiento por plomo. Los adultos pueden examinar el hogar para saber si hay zonas potencialmente peligrosas, buscando pintura que forma escamas, yeso que se desmenuza, polvo del interior y basura al aire libre que pueda tener componentes de plomo en ella. Cualquier pintura pelada deberá ser eliminada y las virutas o partículas de pintura barridas. Los niños no deben estar presentes al raspar o limpiar las virutas de la pintura. Se debe evitar trapear con un trapeador húmedo y usar un paño mojado para limpiar las paredes, ventanas, y otras superficies. La madera pintada no se debe quemar y usarla para la chimenea.<sup>22</sup>

### **2.1.9 NIVELES ELEVADOS DE PLOMO EN EL ÁMBITO LABORAL**

El plomo, metal importante en la industria, ha sido utilizado desde hace 2000 años, pero sólo en el siglo XIX se le dio importancia a los efectos adversos sobre la salud de las personas que trabajaban con este metal. En

---

<sup>22</sup> <http://www.saludhoy.com/htm/saludtr/articulo/plomo.html>

Estados Unidos hay cerca de 3 millones de empleados que están potencialmente expuestos al plomo durante sus jornadas laborales.

Hoy en día existen muchas industrias que utilizan el plomo como material para fabricar diferentes productos, es por tal razón que los entes reguladores han implantado normas acerca de los niveles permisibles en el aire de los lugares de trabajo.

El plomo puede ingresar al organismo por medio de la vía respiratoria, en forma de partículas mezcladas con el aire, o a través de la vía digestiva, al ingerir alimentos contaminados con plomo. Por ello, es importante no comer en los sitios de trabajo y lavarse las manos después de manipular los materiales que contengan el metal.

Una vez el plomo entra al cuerpo, permanece en él por periodos prolongados y si la exposición es por varios años, los niveles sanguíneos aumentan hasta alterar el funcionamiento de órganos como el cerebro, riñón, terminaciones nerviosas, o las mismas células de la sangre. Las personas que han estado expuestas por largos períodos de tiempo a límites no permisibles del metal, deben ser ingresadas en un programa de salud ocupacional, en donde el médico laboral podrá evaluar por medio de examen físico y valores de plomo en la sangre, la existencia de una intoxicación por plomo e iniciar el manejo más adecuado.

Los síntomas de exposición excesiva al plomo dependen de los niveles del metal en la sangre. En la actualidad la exposición al plomo es dividida en tres grupos (leve, moderada y severa)<sup>23</sup>.

#### **a) Síntomas más frecuentes**

En un estudio reciente publicado en la revista Neurology, "investigadores estadounidenses demostraron una relación significativa entre exposición laboral al plomo y posteriores problemas en la función cognoscitiva.

---

<sup>23</sup> <http://www.saludhoy.com/htm/saludtr/articulo/plomo.html>

Para tal experiencia, escogieron 525 ex-empleados de industrias que trabajan con plomo y quienes tuvieron su última exposición al metal 16 años antes, comparados con 118 personas no expuestas. Los individuos tenían una edad promedio de 55 años y durante los 4 años de seguimiento, recibieron valoraciones neuropsicológicas anuales y medición de los niveles del plomo en un hueso de la pierna, la tibia (método diagnóstico para intoxicación por plomo). Los científicos encontraron que las personas con niveles aumentados de plomo en la tibia presentaron mayor deterioro en las funciones cognitivas (memoria, aprendizaje, concentración), con respecto a los sujetos no expuestos. El grupo de expertos aconseja por ello diferenciar entre procesos normales del envejecimiento o exposición crónica al plomo, como causantes del deterioro en las funciones intelectuales.

#### **b) Manejo de las personas que posean altos niveles de plomo**

Como primera medida el paciente debe evitar la exposición al plomo. Esto se logra por medio de la utilización de instrumentos de trabajo (máscaras que filtran y evitan la inhalación de partículas de aire mezcladas con agentes tóxicos) que protejan al empleado de cantidades elevadas y continuas de plomo. Otra medida implantada en muchas industrias es la de cambiar al empleado a otra área donde el ambiente no este contaminado con partículas de plomo (rotación de personal).

Cuando un paciente presenta durante su evaluación valores de plomo en sangre elevados, debe recibir productos llamados quelantes, los cuales se unen al plomo y permiten su excreción del cuerpo.

#### **c) Consejos prácticos**

- No consumir alimentos ni líquidos en el área de trabajo, porque pueden contaminarse con el metal.
- Antes de ingerir los alimentos debe lavarse muy bien las manos, para retirar toda partícula contaminante que pueda estar en ellas.

- Cambiarse de ropa y zapatos antes de ir a su casa, y de esta forma evitar la exposición de su familia a residuos tóxicos.
- Utilizar durante su jornada laboral máscaras que filtren la mayor cantidad de partículas de aire mezcladas con plomo.
- Lavar y secar la ropa que lleva al trabajo en lugares diferentes a los de los demás miembros de la familia.

Es importante tener en cuenta las anteriores recomendaciones, para así evitar esta grave enfermedad y sus posteriores complicaciones, además de vigilar que se cumpla con las normas de seguridad industrial y niveles permisibles del tóxico en el aire.

#### **2.1.10 TRATAMIENTO DE LA INTOXICACIÓN CON PLOMO EN EL NIÑO**

El plomo (Pb) en sangre es un parámetro dinámico resultante de exposición reciente al metal, excreción y equilibrio con otros tejidos.

El objetivo del tratamiento es disminuir su concentración en particular en el niño pequeño, más susceptible a sus efectos tóxicos.

Cuando la plombemia se encuentra entre 10 a 19  $\mu\text{g}\%$ , la terapéutica se basa exclusivamente en la disminución de la exposición al Pb mediante las siguientes medidas:

1. Lavado de manos previo a la ingesta
2. Lavado de chupete y juguetes que el niño lleva habitualmente a la boca.
3. Limpieza de polvo ambiental con paños húmedos.

La intoxicación se produce fundamentalmente en niños pequeños por ingestión (absorción del 40% del Pb ingerido, mayor que la del adulto) a partir de las manos sucias con polvo y tierra contaminada que lleva a la boca. Si existe además hábito de pica el riesgo es mayor.

La pintura de las casas viejas que pueden llegar a tener hasta un 50% de plomo, se descascara o va liberando polvo que cae en el lugar donde juega el niño pequeño. La caída del chupete al piso, los juguetes en el piso son llevados por el niño a la boca ingiriendo este metal.

Es por esta situación que justamente el pico de Pb en sangre se produce entre el año y los dos años. Esta situación puede agravarse si además existen restos de Pb en el suelo donde juega el niño o juega con objetos de Pb o con desechos de este metal.

La contaminación ambiental en zonas de tránsito donde la nafta contiene Pb o zonas con fuentes industriales que utilicen Pb también llevaría a un aumento de la plomhemia del individuo.

**4. Nutrición adecuada:** la deficiencia de hierro lo mismo que el ayuno aumentan la absorción del Pb. La dieta del niño debe ser adecuada, rica en hierro y calcio cumpliendo estrictamente con las pautas de nutrición de la S.U.P.

**5. Control del agua.** Dejar correr el agua unos minutos al abrir la canilla es suficiente para evitar eventual ingesta de Pb en sitios donde las cañerías que transportan el agua son muy antiguas.

**6. No traer al domicilio ropa de trabajo contaminada con Pb.**

**7. No tener en el propio domicilio o a su alrededor lugares donde se funde este metal para uso comercial o artesanal.**

En EEUU en 1970 comenzó la reducción gradual del contenido de Pb en la nafta prohibiéndose el agregado de este metal en 1992. En 1978 se prohíbe una concentración de Pb en la pintura mayor de 0.06%. Entre 1976 y 1980 el 12.8% de la población general de EEUU presentaba una plomhemia mayor o igual a 10  $\mu\text{g} \%$  que se redujo a 2,2% entre 1991 y 1994 al haber sacado el plomo de la nafta y pintura.

En cuanto a los niños menores de 5 años, el porcentaje con valor mayor o igual a 10  $\mu\text{cg}\%$  se redujo en las mismas fechas del 88% al 4%.

El lavado de manos frecuente y la aplicación de paños húmedos para sacar el polvo del interior del domicilio, por sí solos bajan el nivel de Pb en los niños siempre y cuando, la fuente de contaminación en caso de plomhemia elevada se identifique para su eliminación.

La aplicación de las medidas antedichas se vería reflejada en una disminución de la plomhemia que se repetirá a los 6-12 meses luego de comenzado el tratamiento de decontaminación. Dicho control es para asegurar la efectividad del mismo. Es difícil encontrar la fuente predominante de exposición en estos niveles. El niño será controlado por su pediatra tratante.

Para niveles entre 20 a 44  $\mu\text{cg}\%$ , cifra que se confirmará con un segundo control de plomhemia, la disminución de la exposición al Pb es el pilar fundamental. En estos casos se realizará sistemáticamente estudio ambiental para identificar la fuente del problema. La intoxicación suele ser asintomática.

Se realizará una historia clínica completa con énfasis en el aspecto nutricional y desarrollo. Se han asociado alteraciones de la atención, del comportamiento, de la coordinación oculomanual, de la audición, del coeficiente intelectual con plomo en sangre si bien no ha podido establecerse el umbral a partir del cual esta asociación pueda presentarse.

Algunas de estas asociaciones a su vez, si bien puede ser estadísticamente significativas no lo son clínicamente. Muchos factores pueden entrar en juego en la génesis de estos trastornos como lo son la propia deficiencia de hierro, la desnutrición, la falta de estímulo, por lo que se debe ser muy cauto en la evaluación de los estudios neuropsicológicos realizados.

### **Criterios de intervención pediátrica de acuerdo al nivel de plomo en sangre**

NIVEL - 0 a 9  $\mu\text{g} \%$  - 0 a 14 años - Medidas de Prevención. Control con Pediatra tratante.

NIVEL- 10 a 19  $\mu\text{g} \%$  -0 a 6 años - Medidas de Prevención. Control con Pediatra tratante y control de Plombemia en 6 meses. 7 a 14 años - Medidas de Prevención. Control con Pediatra tratante y control de Plombemia en 12 meses.

NIVEL- 20 a 44  $\mu\text{g} \%$  - Control en Policlínica de Plomo del CHPR (usuarios del MSP )

NIVEL- > 45  $\mu\text{g} \%$  - Internación. Tratamiento quelante.<sup>24</sup>

#### **2.1.11 BIOQUÍMICA DEL PLOMO**

Siendo sus límites permisibles 05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Promedio Geométrico Anual y 1.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Promedio para 24 horas.

El índice biológico máximo permisible de exposición laboral a Plomo (**IBMPELPb**) según la OMS es

<b>INDIVIDUOS EXPUESTOS</b>	<b>IBMPELPb en mcg de plomo/dl de sangre</b>
<b>HOMBRES</b>	<b>30</b>
<b>MUJERES</b>	<b>10</b>

**Grados de riesgo.** En el proceso de cumplimiento de la norma, es necesario establecer criterios de Acción Preventiva y de Vigilancia, de acuerdo a los niveles de plomo en sangre encontrados, reduciendo así los efectos adversos a la salud de los trabajadores y la acumulación del metal en hueso.

<sup>24</sup> Folleto: Proteja a su familia contra el plomo en su hogar.

<b>Extremadamente Alto</b>	<b>60 mcg/dl o más</b>
<b>Alto</b>	<b>40-59 mcg/dl</b>
<b>Moderado</b>	<b>31-39 mcg/dl</b>
<b>Bajo</b>	<b>£ 30 mcg/dl</b>

El IBMPELPb que se establece en esta norma tiene como fin último reducir los riesgos a la salud agudos y crónicos, derivados de la exposición ocupacional al plomo. Para el cumplimiento del IBMPELPb se requerirá de la participación de todos los sectores, ya que éste será gradual, en la medida que se deberán hacer inversiones económicas en la instalación de controles de ingeniería, así como para implementar programas de información y capacitación a los trabajadores, entre otros aspectos. Por ello en base a lo expuesto en la introducción, se establece el siguiente IBMPELPb:

Riesgo Reproductivo. Cuando las concentraciones de plomo en sangre son mayores de 10 mcg/dl en las mujeres en edad reproductiva (13-45 años) y según la OMS el nivel permisible de Plomo en sangre para ellas es de 10 microgramos por decilitro de sangre y no debe pasar de 40 mcg por decilitro de sangre en adultos.

### 2.1.12 MÉTODOS VOLTAMÉTRICOS DE ANÁLISIS

#### a) Voltametría

En la voltametría un potencial dependiente del tiempo se aplica a una celda electroquímica y la corriente que fluye a través de la celda se mide en función de ese potencial

Un gráfico de la corriente en función del potencial aplicado se llama voltamograma y es el equivalente electroquímico de un espectro de espectroscopia dando información cuantitativa y cualitativa sobre la especie incluida en la reacción de oxidación o de reducción

La técnica volta métrica mas temprana introducida fue la polarografía desarrollada por Jaroslav Heyrovsky a inicios de los años 20 por lo cual obtuvo el premio novel en química en 1959 desde entonces se han desarrollado diferentes formas de voltametría algunas de las cuales se notan en la fig. 1.1

Antes de examinar estas técnicas y sus aplicaciones debemos primero considerar el diseño experimental básico para la medición volta métrica y los factores que influyen la forma del voltamograma resultante.

### **Medición voltamétrica**

Aunque los primeros métodos Voltamétricos se basaban en el uso de solo dos electrodos la voltametría moderna utiliza un potenciostato de tres electrodos, una señal de excitación de potencial dependiente del tiempo se aplica al electrodo de trabajo cambiando su potencial en relación al potencial fijo del electrodo de referencia, la corriente resultante entre el electrodo de trabajo y la auxiliar es la que se mide.

El electrodo auxiliar es en general un alambre de platino y el electrodo SCE y el de cloruro de plata son electrodos de referencia comunes. Diversos materiales son usados como electrodos de trabajo como mercurio, platino, oro, plata y carbón, las primeras técnicas voltamétricas incluyendo la polarografía usaban mercurio como electrodo de trabajo ya que el mercurio es un líquido, el electrodo de trabajo a menudo consiste en una gota suspendida en el extremo de un tubo capilar. En el electrodo de gota de mercurio colgante HMDE se forma una gota de tamaño deseado por la acción de un tornillo micrométrico que empuja el mercurio a través de un tubo capilar estrecho en el electrodo de mercurio de gota o DME las gotas de mercurio se forman en el extremo del tubo capilar como resultado de la gravedad, a diferencia del HMDE la gota de mercurio del DME crece continuamente y tiene una vida finita de varios segundos, al final de su vida, la gota de mercurio se desprende, bien manualmente o por gravedad y se reemplaza por una nueva gota, el electrodo de gota de mercurio

estática SMDE utiliza un embolo impulsado por **Solenoides** Para controlar el flujo del mercurio el SMDE puede usarse con un electrodo de gota de mercurio colgante o con uno de mercurio colgante una sola activación del solenoide levanta momentáneamente el embolo permitiendo que suficiente mercurio llegue a través del capilar para formar una sola gota para obtener un electrodo de mercurio de gota, el solenoide se activa repetidamente. El electrodo de película de mercurio consiste en una delgada capa de mercurio depositada en la superficie de un electrodo de carbón, platino u oro, el electrodo solidó se coloca en una solución de mercurio y se mantiene un potencial en el cual la reducción de mercurio II a mercurio es favorable formando una película de mercurio delgada.

El mercurio tiene varias ventajas como electrodo de trabajo, quizá la mas importante es su sobrepotencial para reducir el  $H_3O$  a  $H_2$  que permite la aplicación de potenciales tan negativos como  $-1$  Voltio Versus el SCE en soluciones acidas, y  $-2$  V versus SCE en soluciones básicas, una especie como el Zinc que es difícil de reducir en otros electrodos sin reducir simultáneamente  $H_3O$  se reduce fácilmente en un electrodo de mercurio de trabajo. Otras ventajas incluye la capacidad de los metales de disolverse en el mercurio dando la formación de una amalgama y la rapidez de fácilmente renovar la superficie del electrodo formando una nueva gota, una limitación para su uso como electrodo de trabajo es la facilidad con que el mercurio se oxida, por esta razón los electrodos de mercurio no pueden usarse como potenciales mas positivos de  $-0.3$  a  $+0.4$  voltios versus SCE, dependiendo de la composición de la solución

Los electrodos sólidos construidos usando platino, oro, plata o carbón se pueden usar en un rango de potencial incluyendo a los que son negativos y positivos con respecto al SCE. Por ejemplo el rango potencial para un electrodo de platino se extiende desde aproximadamente  $+1.2V$  a  $-0.2V$  versus SCE en soluciones acidas y de  $+0.7V$  a  $-1V$  versus SCE en soluciones básicas. Por ello los electrodos sólidos suelen usarse en lugar de mercurio para muchos análisis Voltamétricos que requieren potenciales

negativos y para análisis Voltamétricos en potenciales positivos en los que no pueden usarse electrodos de mercurio, salvo por el electrodo de pasta de carbono, los electrodos sólidos se amoldan a discos sellados en el extremo de un soporte inerte y están en contacto con una punta eléctrica. El electrodo de pasta de carbono se hace llenando la cavidad del extremo de un soporte inerte con una pasta que consiste en partículas de carbono y un aceite viscoso. Los electrodos sólidos no son carentes de problemas, el mas importante es la capacidad con que la superficie de un electrodo puede alterarse por la adsorción de una especie en solución o la formación de capas de oxido por esta razón los electrodos sólidos necesitan frecuente reacondicionamiento bien con un potencial adecuado o por pulido.

Un arreglo típico para una celda electroquímica volta métrica es la de la fig. 11.28 además del electrodo de trabajo, de referencia y el auxiliar la celda incluye una línea de purgado de N<sub>2</sub> para retirar O<sub>2</sub> disuelto y una barra de agitación opcional. La celdas electroquímicas están disponibles en diversos tamaños permitiendo análisis de volumen de solución que van de mas de 100 ml. a tan solo 50 microlitros

### **Corriente en la Voltametría**

Cuando un analito se oxida en el electrodo de trabajo, una corriente pasa electrones a través del circuito eléctrico externo hasta el electrodo auxiliar donde ocurre la reducción del solvente u otros componentes de la solución matriz

La reducción de un analito en el electrodo de trabajo requiere una fuente de electrones, que genera una corriente que fluye del electrodo auxiliar al cátodo. En cualquier caso la corriente resultante de la reacción de Redox en el electrodo de trabajo y auxiliar se llama corriente farádica, en esta sección consideraremos los factores que afectan la magnitud de esta corriente farádica así como el origen de cualquier corriente no farádica.

## Convenciones y signos

Ya que la reacción de interés ocurre en el electrodo de trabajo, la clasificación de la corriente se basa en esta reacción, una corriente debida a la reacción del analito se llama corriente catónica y por convención se considera positiva. Las corrientes anódicas se deben a reacciones de oxidación y llevan un valor negativo.<sup>25</sup>

### b) Sialoquímica

Cabe recalcar que en la última década se ha destacado la importancia que tiene el uso de la saliva para monitorear o detectar tanto drogas como tóxicos o medicamentos en el paciente. Su utilización se basa en el hecho de que existe una cercana asociación entre los niveles de toxicidad que se presentan en el plasma y los que se manifiestan en la saliva (en especial en la saliva parotídea), cuya concentración es proporcional para muchas drogas o medicamentos. Todo esto ha llevado en algunos casos a la sustitución del monitoreo de sustancias ajenas o extrañas al organismo humano en plasma por aquel que se hace en saliva, lo que permite en la actualidad un avance en el monitoreo terapéutico.

El monitoreo salival es apropiado para la detección de contaminantes ambientales en el cuerpo, ya que ciertos niveles circulantes de químicos se pueden transportar hacia el interior de las glándulas salivales.

En la actualidad existe muy poca información acerca de la detección de contaminantes (a excepción del mercurio)<sup>6</sup> por medio de la saliva; sin embargo, recientemente se le ha dado gran importancia a la relación que existe entre la salud dental y los contaminantes que se encuentran presentes en el ambiente, lo que ha atraído la atención de muchos investigadores, ya que este problema sigue siendo una preocupación mundial.

---

<sup>25</sup> <http://www.pvem.org.mx/plomo.htm>

La sialoquímica juega un papel importante en el diagnóstico toxicológico, ya que no sólo es una técnica no invasiva, indolora y que no requiere para su colección de un entrenamiento tan específico como la bioquímica sanguínea, sino que también es una técnica innovadora que permite la obtención de muchas muestras sin causar molestias al paciente. Además, cabe mencionar que mediante esta técnica se pueden detectar no sólo contaminantes (ambientales u ocupacionales), sino también fármacos y drogas, así como enfermedades locales y sistémicas que no sólo afectan a las glándulas salivales, sino al ser humano en general.

## **2.2 CARIES DENTAL**

### **2.2.1 Concepto de la Caries Dental**

Definimos la caries dental como una enfermedad infecciosa multifactorial, producto de la interacción de factores etiológicos primarios y factores moduladores secundarios, es un proceso dinámico donde fluctuaciones mínimas de pH alteran el equilibrio entre el esmalte y el fluido de la placa bacteriana, lo que puede causar la pérdida de minerales del diente a pH bajo ó la recuperación de minerales a pH alto, mecanismo que se conoce como desmineralización y remineralización, cuyo desequilibrio puede conducir a la pérdida de minerales, a la disolución de los tejidos dentarios duros, a la desorganización del componente orgánico y a la formación de una cavidad visible clínicamente.

A continuación hemos recopilado algunas definiciones de la caries dental para analizar mejor el concepto de la enfermedad.

Henostroza et. al, define a la caries dental como enfermedad infecciosa y transmisible de los dientes, que se caracteriza por la desintegración progresiva de sus tejidos calificados, debido a la acción de microorganismos sobre los carbohidratos fermentables provenientes de la

dieta. Como resultado se produce la desmineralización de la porción mineral y la desintegración de su parte orgánica.<sup>26</sup>

Fejerskov y Kidd, consideran a la caries dental como una enfermedad crónica, raramente es autolimitante en ausencia de tratamiento y progresa hasta destruir totalmente la estructura dentaria; sus síntomas pueden ser clasificados sobre una escala que va desde la pérdida inicial del mineral a nivel ultraestructural hasta la formación de una cavidad dentaria.<sup>27</sup>

Pérez, considera que la caries dental es una enfermedad multifactorial, que comprende la interacción de factores del huésped (por ejemplo las superficies dentales y la saliva), la dieta y placa dental; es considerada como una enfermedad dieto bacteriana, ya que en ausencia de placa o carbohidratos en la dieta, la caries dental no se desarrolla.<sup>28</sup>

La caries dental para la OMS referido por García Barbero, se define como un proceso patológico localizado, de origen externo, que se inicia después de la erupción, determina un reblandecimiento del tejido duro del diente y evoluciona hacia la formación de una cavidad.<sup>29</sup>

### 2.2.2 Etiología de la Caries Dental

Por el enfoque multifactorial de la caries dental, Keyes (1976), referido por Newbrum, estableció que la etiología de la caries obedecía a un esquema compuesto por tres factores: huésped (diente-saliva), microorganismos cariogénicos y substratos de la dieta, conocido mundialmente como la triada de Keyes; posteriormente Newbrum (1991), agrega como cuarto factor etiológico el tiempo.<sup>30</sup>

---

<sup>26</sup> HENOSTROZA MARO G. ET AL, Diagnóstico de Caries Dental, pág. 13

<sup>27</sup> FEJERSKOV OLE Y KIDD EDWINA, Caries Dentaria una Dolencia y su Tratamiento Clínico, pág. 71

<sup>28</sup> PÉREZ LUYO ADA, Caries Dental en Dientes Deciduos y Permanentes Jóvenes, Diagnóstico y Tratamiento Conservador, pág. 31

<sup>29</sup> GARCÍA BARBERO J., Patología y Terapéutica Dental, pág. 138

<sup>30</sup> NEWBRUM ERNEST, Caries, pág. 40

Estos factores etiológicos se conocen como primarios, principales o básicos; existiendo otros factores como edad, salud general, condición social, nivel cultural, fluoruros, que son conocidos como factores moduladores o secundarios.<sup>31</sup>

### **2.2.3 Huésped**

El factor etiológico huésped en el desarrollo de la caries dental, comprende: el diente susceptible, saliva y componente inmunitario-genético.

### **2.2.4 Diente**

Por su morfología anatómica, estructura, composición, textura, disposición en la arcada dentaria y predisposición genética; el diente es el que soporta la enfermedad y se relaciona directamente con el medio bucal.

Ciertos dientes presentan mayor susceptibilidad a la caries, debido a que algunas superficie dentarias son mas propensas que otras, incluso condiciones respecto al mismo diente como: anatomía, localización, composición, exposición al flúor, malposición dental, anomalías dentales y edad posteruptiva; guardan estrecha relación con la formación de caries y favorecen al acumulo de placa bacteriana, además de dificultar la higiene. Cuanto más compleja es la morfología del diente y más defectos estructurales presenta, mayor es la posibilidad de desarrollar caries.<sup>32</sup>

### **2.2.5 Saliva**

La saliva cumple un rol importante en la protección del diente frente a la caries a través de las siguientes funciones:

- Dilución y eliminación de los azúcares consumidos en la dieta diaria, o lo que se conoce como el tiempo de aclaramiento bucal.<sup>33</sup>

---

<sup>31</sup> HENOSTROZA HARO G. ET. AL., loc.cít, pág. 18

<sup>32</sup> PÉREZ LUYO ADA, loe. cit. págs 35 y 36

<sup>33</sup> THYLSTRUP A. Y FEJERSKOV O. Caries, pág. 133

- Neutralización y capacidad amortiguadora de los ácidos de la placa dental, denominada también capacidad tampón o capacidad buffer, es el mecanismo de regulación ácido-base, que depende de la habilidad de los componentes salivales para controlar el descenso del pH, producto de la acción bacteriana sobre los carbohidratos fermentables.
- Provisión de iones para el proceso de remineralización, provee al medio bucal calcio y fosfato, que mantienen la supersaturación en el fluido de la placa a un pH > a 5,5 en esmalte y a un pH > 6.5 en dentina; además proveen proteínas y lípidos que forman una película protectora sobre la superficie del diente.<sup>34</sup>

Analizamos entonces que la saliva desempeña un papel central en el mantenimiento de las condiciones normales de los tejidos bucales.

#### **2.2.6. Componente Inmunitario - Genético**

El sistema inmunitario propio de cada individuo, reacciona a la agresión de las bacterias cariogénicas con una respuesta humoral mediante anticuerpos del tipo inmunoglobulina A e inmunoglobulina G y con una respuesta celular mediante linfocitos T.

La genética en la resistencia o susceptibilidad del huésped a la caries, se considera por la existencia de individuos con menor o mayor tendencia a desarrollar caries en igualdad de condiciones.<sup>35</sup>

### **2.3. MICROORGANISMOS CARIOGÉNICOS**

La formación y retención de la placa bacteriana, constituyen el primer paso para la colonización de los microorganismos patógenos en la cavidad bucal. Los ácidos láctico, pirúvico, acético y propiónico, producidos por microorganismos cariogénicos, son el resultado de la degradación de

---

<sup>34</sup> PÉREZ LUYO ADA, op. cit. pág. 39

<sup>35</sup> HENOSTROZA HARO G. et al., op. cit., pág 25

carbohidratos, principalmente azúcares, que inducen a la caída del pH y establecen el pH crítico: 5.5 en esmalte y 6.5 en dentina.

La cavidad bucal tiene una de las más variadas y concentradas poblaciones microbianas del organismo humano, contiene entre 200 a 300 especies, dentro de los cuales se considera al *Streptococcus mutans* como el más cariogénico, por ser acidógeno, acidófilo y acidúrico, luego son colonizadores de las cavidades dentarias los *Lactobacilos*, con las subespecies *casei*, *fermentum*, *plantaris*, *oris* y los *Actinomyces*, con las subespecies *israelis* y *naeslundii*.<sup>36</sup>

#### 2.4. SUBSTRATOS DE LA DIETA

La dieta cariogénica desempeña un papel importante en el desarrollo de la caries dental, debido a que algunos alimentos consumidos por el huésped, no solo son fuente de energía para los microorganismos de la cavidad bucal, son también responsables del asentamiento de la placa bacteriana.

La sacarosa, es el carbohidrato fermentable con mayor potencial cariogénico para el hombre, actúa como el sustrato que permite producir polisacáridos extracelulares e intracelulares, favorece la colonización de los microorganismos bucales y la adhesividad de la placa facilitando su fijación sobre el diente.

Thylstrup y Fejerskov, consideran una dieta cariogénica cuando no están en equilibrio los factores causantes con los factores que producen resistencia, cuando son desfavorables los factores relacionados con el producto (tipo, concentración y viscosidad de los carbohidratos) y cuando el individuo come el alimento de una manera inadecuada (frecuencia de ingesta y tiempo de aclaramiento bucal).<sup>37</sup>

---

<sup>36</sup> HENOSTROZA HARO G., et al, op. cit., pág. 19

<sup>37</sup> THYLSTRUP Y FEJERSKOV, op. cit., págs 131 y 133

## 2.5. TIEMPO

Los substratos deben permanecer el tiempo suficiente en relación con el diente, para mantener un medio ácido constante en la placa bacteriana, de manera que ocurra la desmineralización del esmalte.<sup>38</sup>

## 2.6. FACTORES ETIOLÓGICOS MODULADORES

El inicio y progresión de la caries dental no depende exclusivamente de los factores etiológicos primarios o directos, sino también de la intervención de los llamados factores moduladores que contribuyen e influyen decisivamente en la enfermedad, como la edad, salud general, uso de fluoruro, entre otros.

### 2.6.1. Edad

La prevalencia de la caries dental es mayor en los niños de 4 a 8 años de edad, afectando la dentición decidua y muy a menudo el primer molar permanente.

Sin embargo existe una aparición temprana de la enfermedad en infantes que desarrollan el hábito del uso prolongado del biberón o del pecho materno mas allá del tiempo establecido, asociado a inadecuados hábitos de higiene bucal, a la misma anatomía de los dientes deciduos y a factores emocionales paterno-infantiles; lo que se denomina caries de inicio temprano.

### 2.6.2. Salud General

Se relaciona con la existencia de ciertas enfermedades sistémicas o el uso prolongado de ciertos medicamentos; que pueden disminuir por ejemplo el flujo salival, en consecuencia el individuo es más susceptible a desarrollar caries dental.

---

<sup>38</sup> GARCÍA BARBERO J., op. cit, pág. 157

### 2.6.3. Fluoruros

La fluoroterapia aplicada según la necesidad individual de cada paciente, es un procedimiento preventivo que otorga beneficios para evitar y/o controlar la caries dental.

El flúor es el agente principal en la eliminación, detención e incluso reversión de la progresión de la caries dental, tanto en niños como en adultos, los métodos de aplicación más efectivos proveen exposición prolongada de las superficies dentales al flúor.

Otros factores moduladores son el grado de instrucción, nivel socioeconómico, variables de comportamiento, estilos de vida; por tanto está demostrado que el riesgo de caries es individual y variable a lo largo de la vida.<sup>39</sup>

## 2.7 ENFOQUES EN LA PREVENCIÓN DE LA CARIES DENTAL

Basándose en el tratamiento de la etiología de la caries dental se podría suponer dos amplios enfoques con respecto a su prevención. Uno de ellos comprendería todos aquellos esfuerzos dirigidos hacia el aumento de la resistencia del diente frente a la disolución ácida. El segundo enfoque comprende los esfuerzos por prevenir la formación de placa bacteriana o proceder a la remoción de los agentes agresores del medio ambiente de los dientes. A pesar de la creciente cantidad de investigación que se está realizando, actualmente el uso de flúor y control de la dieta siguen siendo los medios más efectivos para prevenir la caries dental. En el primer caso se cree que el flúor ejerce su principal efecto benéfico aumentando la resistencia del diente al ataque carioso. En el último caso el control de la dieta está dirigido hacia la dilución de la fuerza de los agentes agresores en el medio bucal.

---

<sup>39</sup> HENOSTROZA HARO G., op. cit, pág. 17 y 18

Es necesario la eliminación de la placa bacteriana y el control de su neoformación. Con tal propósito se utilizan elementos que la remuevan como el cepillo, pasta dental, hilo dental, etc.

El control de la placa dental es la base de la prevención y con ella se evita la caries y la enfermedad periodontal.<sup>40</sup>

La caries dental es una enfermedad infecciosa, localizada y progresiva del diente, que se inicia con la desmineralización de los tejidos duros del diente. Se ha demostrado que es la afección de la cavidad bucal de mayor morbilidad, siendo originada por la acción de las bacterias específicas presentes en la placa dental, las cuales fermentan los carbohidratos de la dieta (específicamente sacarosa), originado como producto final de su metabolismo ácidos orgánicos en cantidad suficiente para producir descalcificación del esmalte.

La etiología de la caries dental es una enfermedad multifactorial, asociada a la interrelación de tres factores. Keys, en 1.969 reportó, para que se inicie el proceso carioso es necesario la presencia del huésped, la bacteria y la dieta. Luego en 1.978, Newbrun introduce un nuevo factor, el tiempo que vino a esclarecer en forma más precisa el proceso de formación de la caries. La interacción de los factores antes mencionados evidenciará clínicamente la caries.

## **2.8 INDICADORES DE CARIES DENTAL**

Existen diversos indicadores reconocidos internacionalmente para determinar y cuantificar el estado de salud bucal de las poblaciones, en relación a la caries dental. Entre ellos, tenemos principalmente:

- Índice CPO-D
- Índice CEO-D:
- Índice CPO-S

---

<sup>40</sup> Donald, Mc. Odontología Preventiva. Pág. 84

- Índice CEO-S
- Índice de Knutson
- Índice de caries radicular

#### a) Índice CPO-D

El CPOD describe numéricamente los resultados del ataque de las caries en los dientes permanentes de un grupo poblacional, fue desarrollado por Klein, Palmer y Knutson. Por lo general se expresa como el promedio de dientes por persona, en la población estudiada. El promedio general se realiza separadamente por edad y sexo. En el análisis de los datos de CPOD se espera que su promedio sea más alto para las niñas que para los niños y que con mayor edad mayor será el índice de CPOD. Cuando el levantamiento epidemiológico es realizado en una población que presenta dentición mixta es también utilizado el índice de ceo-d, usado para describir la prevalencia de caries en los dientes temporales.

El símbolo “C”, se refiere al número de dientes que presentan lesiones de caries no restaurados. El símbolo “P”, se refiere a los dientes permanentes perdidos por caries. Además de dientes perdidos por caries o extraídos por alguna razón, se acostumbra a clasificar como perdidos aquellos dientes que tienen extracción indicada (por caries). El símbolo “O”, se refiere a los dientes permanentes que fueron atacados por la caries pero que están ahora restaurados. El símbolo “D” es usado para identificar la unidad establecida DIENTE, o sea, el número de dientes permanentes afectados en vez de las superficies afectadas.

Los códigos utilizados en esta clasificación son valores numéricos, ya que son fáciles de aprender.

#### b) Índice CEO-D:

Es el índice CPO adoptado por Gruebbel para dentición temporal en 1944. Se obtiene de igual manera pero considera sólo los dientes temporales cariados, extraídos y obturados. Se consideran 20 dientes.

### **Método de examen de los indicadores**

El examinador empezara por observar el tercer molar superior derecho, continuando con el segundo molar superior derecho, luego el primer molar derecho y así sucesivamente hasta llegar al tercer molar superior izquierdo, con el cual terminara los superiores, luego empezara los inferiores examinando el tercer molar inferior izquierdo, luego el segundo molar inferior izquierdo hasta terminar en el tercer molar inferior derecho.

El examen de cada diente debe hacerse con el explorador aplicando una presión similar a la ejercida cuando se escribe normalmente, se revisan las superficies del diente en el siguiente orden: oclusal, lingual, distal, vestibular y mesial. Cada superficie debe recorrerse completamente hasta llegar a un diagnostico seguro, no confiando únicamente en la inspección visual.

El examinador debe seguir las siguientes recomendaciones:

a) En lo posible no tocar la boca del paciente con los dedos. Inicialmente, cada diente se examina en forma visual para observación de áreas descalcificadas, opacidades de los bordes marginales y esmalte socavado en fosas y fisuras.

Una vez observadas, las lesiones sospechosas se consideran cariosas solamente cuando una interrupción en el esmalte puede ser demostrada utilizando un explorador.

b) usar siempre el explorador, remitiendo su uso solamente en caries clínicamente evidentes (caries avanzadas), ya causaría dolor innecesario al paciente.

c) Indagar el paciente la razón de la extracción de dientes pero si la respuesta no permite obtener una conclusión el examinador seguirá su criterio clínico

d) Dictar el código claramente, para evitar errores de anotación. Se debe interrumpir tantas veces sea necesario para hacer aclaraciones sobre una anotación.

Examine todas las superficies ya que es necesario calificar las necesidades de tratamiento para cada diente.

Para la aplicación de algunos criterios al momento del examen es aconsejable tener en mente la secuencia de erupción dentaria.

Se considera como erupcionado un diente deciduo o permanente cuando cualquier porción de su corona clínica ha atravesado la fibromucosa gingival y puede ser tocado con el explorador.

#### **Criterios y registro de hallazgos de los indicadores**

Si el examinador es menor de un año debe marcarse la casilla NO APLICABLE.

Cuando se realiza el examen, los datos se consignan en las casillas correspondientes, anotando el código que representa el criterio de clasificación o denominación del hallazgo clínico o del tipo de tratamiento requerido, según los respectivos cuadros

**“1” SIN ERUPCIONAR (solo se utiliza para personas de 5 años y más)**

Cuando el diente permanente no esta presente y de acuerdo con la edad de la persona, debería haber hecho erupción y no ha sido extraído por caries o por otras causas, presentándose por lo tanto al espacio vacío

**“2” CARIADO**

Diente permanente o deciduo que al momento del examen presente una o varias de las siguientes condiciones:

a) caries clínicamente visible

- b) opacidad del esmalte que indique lesión cariosa
- c) cuando en las fosas y fisuras, el explorador penetre y se puede constatar que en el fondo existe tejido dentario reblandecido
- d) cuando existiendo obturaciones se presenta simultáneamente alguno de los criterios descritos en a, b y c
- e) dientes obturados con eugenato o cemento de oxifosfato se calificaran como cariados.

### **“3” OBTURADO**

El diente presenta una obturación con material definitivo como amalgama, oro, silicato resina, siempre y cuando la causa haya sido caries. Los dientes obturados con eugenato o cemento de oxifosfato se calificaran cariados.

NOTA: dientes obturados por causas diferentes a caries dental tales como las ocasionadas por prótesis, trauma o por estética, se calificaran como dientes SANOS para caries dental.

El estado general de los dientes con relación a caries ayuda a valorar las respuestas que el paciente de al respecto

### **“4” EXTRAÍDO POR CARIES**

El diente no se encuentra presente al momento del examen y el examinado ha pasado la edad en la que aquel debería haber hecho erupción, no hay signo evidente de que ocurrirá y existe el espacio dejado por la extracción. La edad del paciente, la secuencia y simetría de la erupción, el estado general y en ultima instancia el interrogatorio o de caries pueden ayudar a tomar la decisión.

NOTA: para dientes deciduos no se tiene en cuenta esta condición y se califica la casilla correspondiente al diente en permanentes con el código 1 (sin erupcionar).

### **“5” EXTRAÍDO POR CAUSAS DIFERENTES A CARIES**

La razón que ha motivado la exodoncia no ha sido caries sino de tipo protésico, ortodoncico, traumático (fracturas), estético o periodontal

NOTA: para dientes deciduos no se califica esta condición

Califique el espacio en la casilla correspondiente a permanente con el código 1 (sin erupcionar) cuando el diente deciduo no este presente y la edad del paciente sean compatibles con dentición mixta (5 años y más). En personas de edad avanzada es difícil determinar si los dientes perdidos fueron por caries o enfermedad periodontal.

Por esta razón, en otras personas se registraran los dientes extraídos con el código 5 (por otras causas), cuando el interrogatorio y el criterio clínico no dentases ciertas para clasificarlo como extraído por caries.

### **“6” EXTRACCIÓN INDICADA DEBIDA A CARIES**

Un diente cariado se considera como extracción indicada no funcional cuando existe:

- a) Evidencia visible de absceso periapical.
- b) Evidencia visible de socavamiento extenso de todas las parees del esmalte haya o no exposición pulpar.
- c) Las caries retenidas.

En los dientes deciduos la extracción esta indicada cuando presente una o varias de las características siguientes:

- Caries extensa que amerita una restauración de todas la corona con o sin exposición pulpar.
- Presencia de tumefacción o de trayecto fistuloso.
- Tumefacción facial asociada a caries en dientes deciduos.

### **“7” DIENTE DECIDUO AUSENTE**

Cuando el diente deciduo no esta presente de acuerdo con la edad de la persona

### **“8” DIENTE SANO**

Al momento del examen, en el diente presente en la boca no se pueden constatar signos actuales (códigos 2 y 6) o pasados (códigos 3 y 4) de caries dental

### **Otros criterios a tener en cuenta:**

Cuando un diente deciduo y el diente permanente que lo reemplazara se encuentran ocupando el mismo espacio, se anotara solamente el permanente.

Cuando exista duda entre:

- a) diente sano y cariado, debe calificarse el diente como SANO.
- b) Diente cariado y obturado, debe calificarse el diente OBTURADO
- c) Diente cariado y extracción indicado, debe calificarse CARIADO
- d) Cuando existe duda entre si el diente permanente presente es un primer premolar, o un segundo premolar, se tomara siempre como primer premolar, y se asignara la condición hallada a este.

### **DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE CPO-D**

El Índice CPO-D se registra para cada individuo y toma en cuenta la dentición permanente, más específicamente las 28 piezas dentarias permanentes, sin contar las terceras molares. Se anota para cada persona el número de dientes cariados, obturados y perdidos, incluyéndose las extracciones indicadas debido a caries dental.

Su valor constituye en realidad un promedio, que se calcula de la siguiente manera:

En cada persona:

$$\boxed{\text{INDICE CPO}} = \frac{\text{Total de dientes cariados, perdidos y obturados en la unidad de estudio}}{\text{Total de dientes cariados, perdidos y obturados en la población examinada}}$$

En una Población:

$$\boxed{\text{INDICE CPO}} = \frac{\text{Total de dientes cariados, perdidos y obturados en la población examinada}}{\text{total de personas examinadas}}$$



### 3. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS O BIBLIOGRÁFICOS

Existen algunos estudios recientes sobre los efectos de la contaminación ambiental pero en relación a enfermedades pulmonares o lesiones de mucosa nasal, mas no existe ningún estudio en relación a la salud bucal en nuestro medio.

#### 3.1 Antecedentes Nacionales

**Autor:** Octavio Zevallos Urday.

**Tesis:** “Evaluación de los cambios en la Morfología del Epitelio Nasal en Adultos Expuestos a Contaminación Ambiental en el Perímetro de Arequipa Cuadrada 2001”

#### Resumen

Se evaluó los cambios histopatológicos de la mucosa nasal en 40 personas, 20 sujetos a contaminación crónica de Arequipa cuadrada y 20 sujetos control del Distrito de Sabandía, durante los meses de Agosto a Diciembre del 2001. La evaluación histopatológica se realizó en el Laboratorio de Anatómo-patología del Hospital Carlos Alberto Seguí Escobedo ESSALUD de Arequipa. La coloración de los cortes histológicos fue por el método de Harris Hematoxilina-Eosina.

Se reporta un 80% de molestias respiratorias en los sujetos expuestos a contaminación ambiental crónica y prevalencia relativa de 4.42. Se encontró un 90 % de diagnóstico de daño histopatológico de la mucosa nasal y una prevalencia relativa de 4.50 ( $p < 0,01$ ).

Se observó un 30 % de hiperplasia., 20 % de atrofia y 15 % de infiltración leucocitaria en los sujetos de exposición crónica a contaminantes ambientales debido a la genotoxicidad, producción de radicales libres, alteraciones en la membrana y uniones citoplasmáticas, perdida de las vellosidades, etc.

**Autor:** Miguel Fernando Farfán Delgado

**Tesis:** “Asociación de la función pulmonar y la contaminación del aire por humos y gases vehiculares en habitantes de la ciudad de Arequipa 2001-2002”

**Resumen:**

La contaminación ambiental causada por los vehículos a motor de gasolina y diesel constituye una grave amenaza para la salud de los habitantes de nuestra ciudad, donde se encuentran ubicadas viviendas que son habitadas por niños, adultos y ancianos de ambos sexos. Dicha población está expuesta a monóxido de carbono, dióxido de azufre y plomo que se acumulan en el aire que respira, dañando el organismo.

El objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar si la contaminación ambiental de la ciudad de Arequipa producida por humos y gases expedidos por vehículos a motor, está afectando la capacidad ventilatoria pulmonar (Capacidad Vital Forzada, Volumen Espirométrico Forzado (VEF 1") y los flujos espiratorios forzados FEF (25/75, 75/85%)), de los habitantes expuestos a dicha contaminación.

El estudio se llevó a cabo en dos grupos de habitantes, obtenidos mediante muestras de tipo no probabilística por conveniencia, un grupo de 120 personas del mercado de Arequipa (Av. Goyeneche), zona de gran contaminación y otra de 30 personas del Distrito de Sabandía, zona de muy baja contaminación ambiental.

Los resultados evidenciaron que en el distrito del mercado, en el que los contaminantes superan enormemente los valores permisibles establecidos por el Ministerio de Salud, las personas muestran disminución en la capacidad vital forzada (51.70%), disminución del VEF 1" (48.3%), disminución del FEF 25/75 (44.2%), disminución del FEF 75/85 (91.67%), y que tienen mayor riesgo de padecer enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC ) (79.20%).y obstrucción leve (58.40%)

**Autor:** Caja H. Yarkz. Huaman. R Patricia

**Título:** Investigación Tecnológica de la contaminación atmosférica causada por el parque automotor en Arequipa y alternativas de solución. Año 2000.

**Resumen:**

Uno de los más graves problemas que desde hace un buen tiempo afecta a la ciudad de Arequipa es la contaminación ambiental, que si bien es cierto no es ninguna novedad, es importante destacar que hasta ahora no se ha tomado una real conciencia de lo que esto significa para Arequipa y para cada una de nuestras vidas.

**Conclusión:** El problema de la contaminación ambiental se debe en gran medida a la falta de empleo que azota a Arequipa desde hace una década y que motivó a que muchas personas vieran como única salida la adquisición de un carro que le sirva como herramienta de trabajo; a esto se suma el ingreso de autos de segundo y hasta tercer uso que han invadido toda la ciudad de Arequipa por sus bajos costos y muchos de los cuales son desechados en sus países de origen debido a fallas en sus sistemas de catalización de sustancias impuras.

**Autor:** Ministerio de Salud - Digesa 1999,

**Título:** Estudio de la Contaminación Atmosférica en la Ciudad de Arequipa - Perú.

**Resumen:**

La contaminación atmosférica en la ciudad de Arequipa se debe principalmente al humo de los vehículos; y secundariamente al humo de las fábricas, pollerías, incineración de basura y las ladrilleras entre otros factores. Sin embargo es el transporte público y privado el mayor agente contaminante, ya que la mayoría de sustancias tóxicas que se encuentran en el aire provienen de los residuos que emite el parque automotor obsoleto.

**Conclusión:** La Salud Ambiental de Arequipa es preocupante ya que los niveles permisibles de contaminantes ambientales exceden los límites señalados por la Organización Mundial de la Salud.

**Autor:** Gloria María Rossi Salinas

**Título:** Estudios de algunos contaminantes atmosféricos (piorno y partículas) en zonas de alto flujo vehicular. Arequipa - Perú 2001.

**Resumen:**

Se toma como zonas de alto flujo vehicular aquellas calles de la ciudad por donde transitan la mayor cantidad de los vehículos de transporte público. Luego se hacen determinaciones de los niveles de contaminantes atmosféricos con especial interés en las partículas totales en suspensión como plomo y otros metales.

**Conclusión:** Las partículas totales en suspensión en las calles de alto flujo vehicular exceden altamente los límites señalados por la Organización Mundial de la Salud y tienen alta repercusión en la salud de la población de Arequipa.

### 3.2 Antecedentes extranjeros

**Autor:** Budebold

**Título:** Blood Lead Level and Dental Caries in School-Age Children

**Resumen**

La asociación entre el nivel de plomo en la sangre y la caries dental se evaluó en un análisis transversal de los datos de referencia para 543 niños de 6-10 años de edad seleccionados para la inscripción en el Children's Amalgam Trial, un estudio diseñado para evaluar los posibles efectos en la salud de mercurio en los empastes de plata. Aproximadamente la mitad de los niños habían sido reclutados de un entorno urbano (Boston / Cambridge, MA, EE.UU.) y aproximadamente la mitad de un entorno rural (Farmington, ME, EE.UU.). La

media de nivel de plomo en la sangre fue significativamente mayor entre las zonas urbanas de subgrupos, como en el número promedio de superficies dentales cariadas. Nivel de plomo en la sangre se asoció positivamente con el número de caries entre los niños de las zonas urbanas, incluso con el ajuste de los factores demográficos y de la madre y el niño prácticas dentales. Esta asociación fue más fuerte en la enseñanza primaria que en la dentición permanente y más fuerte para oclusales, linguales y bucal que para las superficies del diente mesial o distal superficies. En general, de plomo en la sangre no se asoció con caries en la población rural de subgrupos. La diferencia entre la fuerza de las asociaciones en las zonas urbanas y rurales podría reflejar la presencia de restos de la antigua confusión en el establecimiento, la presencia de una mayor variabilidad en este último ajuste importante en términos de los factores de riesgo de caries (por ejemplo, fluoruro de la exposición), o Una mayor exposición clasificación errónea en el ámbito rural. Estos resultados se suman a las pruebas que sustentan una débil asociación entre la exposición al plomo de los niños y la prevalencia de caries. Un mecanismo biológico para llevar cariogenicity no se ha identificado, sin embargo. Nuestros datos son también compatibles con residual de confusión por factores asociados con la exposición al plomo, tanto elevada y la caries dental.

En un estudio de 251 niños de 9 a 12 años de edad, Budebold encontró que los niños con un mayor nivel de plomo en el esmalte tenían más caries que aquellos que tenían un menor nivel. Entre 25,000 participantes del estudio sobre salud y nutrición de EE.UU. se informó una asociación entre el nivel sanguíneo de plomo el riesgo de lesiones por caries en los dientes. Entre niños de 5 a 17 años de edad el incremento de 5  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en el nivel sanguíneo de plomo se asoció con casi el doble del riesgo de caries dental y con riesgo atribuible a la población asociado con niveles de plomo sanguíneo en el tercil medio de la distribución fue de casi 10%. En un estudio de 248 escolares con plomo en sangre mayor a 10  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , medidos entre los 18 y 37 meses de edad, se encontró asociación ligera o incremento del riesgo de caries, pero los datos globales no apoyan ninguna de las hipótesis sobre los posibles mecanismos de cariogenicidad del plomo.

**Autores:** MOSS ME; LANPHEAR BP; AUINGER P.

**Título:** Asociación de la caries dental y los niveles de plomo en la sangre

### **Resumen**

**Contexto** Los experimentos muestran que la caries dental son más altas tasas de plomo entre los animales expuestos, pero esta asociación no se ha establecido en los seres humanos. **Objetivo** Para examinar la relación entre los niveles de plomo en la sangre y la caries dental. **Diseño** Estudio descriptivo transversal realizado entre 1988 y 1994 que incluyó un examen dental y de plomo en la sangre por punción venosa ensayo. **Configuración de los participantes** y un total de 24901 personas entre 2 y más años de edad que participaron en el Tercer Nacional de Salud y la Encuesta de Evaluación de Nutrición, que evaluó la salud y estado nutricional de niños y adultos en los Estados Unidos. **Principales medidas de resultado** Para niños y niñas de 1 a 2 años, la suma de degradado y lleno deciduos o primarios superficies; para las personas de edades comprendidas entre 6 años y más, la suma de degradado y lleno permanente superficies y para aquellos de 12 años y más, la suma de degradado , Desaparecidos, y llena las superficies. **Resultados** El registro de nivel de plomo en la sangre se asoció significativamente con el número de afectados por ambas superficies deciduo y dientes permanentes en todos los grupos de edad, incluso después de ajustar por características sociodemográficas, dieta, y atención dental. Entre los niños de edades comprendidas entre los 5 y 17 años, un  $0,24\text{-}\mu\text{ mol / L}$  ( $5 - \mu\text{ g / dL}$ ) cambio en el nivel de plomo en la sangre se asoció con un riesgo elevado de caries dental (odds ratio, 1,8; intervalo de confianza 95%, 1,3-2,5) . Las diferencias en el nivel de plomo en la sangre explicó algunas de las diferencias en la prevalencia de caries en los distintos niveles de ingresos y las regiones de los Estados Unidos. Se estimó el riesgo atribuible poblacional de la exposición al plomo a ser el 13,5% y 9,6% de caries se producen en 5 - 17 años de edad expuestos a las altas y niveles moderados, respectivamente. **Conclusiones** del medio ambiente la exposición al plomo se asocia con un aumento de la prevalencia de caries en la población de los EE.UU.. Los

hallazgos pueden ayudar a explicar la distribución de los ingresos por la caries y la región de los Estados Unidos.

**Autores:** MIREYA GONZÁLEZ, C.D., M.O., M.S.C.,(1) JOSÉ ANTONIO BANDERAS, C.D., M.O.,(1) CLAUDIA RAYA, C.D.,(2) ARMANDO BÁEZ, ING., M.I.,(1) RAUL BELMONT, ING.(3)

**Título:** Cuantificación de plomo, cadmio y cromo mediante sialoquímica

### Resumen

**Objetivo.** Determinar las concentraciones de plomo, cadmio y cromo, y establecer su posible asociación con diferentes factores sociodemográficos. **Material y métodos.** Se seleccionó una muestra representativa de 100 estudiantes de posgrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a los cuales se les colectó saliva total no estimulada. Dichas muestras fueron analizadas por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito.

**Resultados.** Metales pesados como el plomo, el cadmio y el cromo se encuentran en concentraciones mucho más altas que las informadas en la literatura: Pb,  $\bar{x}$  = 3.10  $\mu\text{g/dL}^{-1}$ , máxima: 16.8  $\mu\text{g/dL}^{-1}$ , y mínima: 0.04  $\mu\text{g/dL}^{-1}$ ; Cd,  $\bar{x}$  = 0.25  $\mu\text{g/dL}^{-1}$ , máxima: 2.04  $\mu\text{g/dL}^{-1}$ , y mínima: 0.004  $\mu\text{g/dL}^{-1}$ ; y Cr,  $\bar{x}$  = 1.43  $\mu\text{g/dL}^{-1}$ , máxima: 4.82  $\mu\text{g/dL}^{-1}$ , y mínima: 0.05  $\mu\text{g/dL}^{-1}$ . Asimismo, variables como la zona de residencia, el sexo, la edad y la ingesta de comida enlatada no influyen en los niveles de plomo y cromo.

**Conclusiones.** La sialoquímica juega un papel importante en la detección de contaminantes, fármacos, drogas y enfermedades locales y sistémicas. La contaminación por metales pesados sigue siendo un problema de salud pública, por lo que el gobierno debe consolidar un programa cuyo objetivo sea eliminar los diferentes contaminantes del ambiente. Asimismo, se deben realizar otros estudios para verificar la asociación de variables como sexo, edad, uso de

cerámica vidriada, alimentación y zona de residencia con las concentraciones de metales pesados en saliva.

Palabras Clave: sialoquímica; toxicología; saliva; metales pesados; contaminantes ambientales; México

#### 4. OBJETIVOS

##### 4.1 Objetivo General:

- Determinar la correlación entre la concentración de plomo en sangre y el CPO en población Urbana y Rural y la relación entre ellas.

##### 4.2 Objetivos Específicos:

- Determinar la concentración de plomo en sangre en los escolares de la zona Urbana y Rural de acuerdo al sexo.
- Establecer el CPO en escolares de la zona Urbana y Rural de acuerdo al sexo.
- Correlacionar la concentración de plomo en sangre y el CPO según zona poblacional y sexo.

#### 5. HIPÓTESIS

Dado que la contaminación Ambiental por vehículos motorizados ha sobrepasado los límites permisibles que eleva la concentración de plomo en sangre y que repercute en la salud bucal medida por el índice de caries, es probable que exista una correlación entre los niveles de plomo en sangre y el índice de caries dental en escolares de la zona urbana mayor que la correlación existente en escolares de la zona rural y por consiguiente un mayor índice de caries.

### III. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL.

#### 1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

##### 1.1 TÉCNICAS

###### Observación y Análisis clínico

Se seleccionaran escolares 14 a 18 años de edad de poblaciones rurales y urbanas de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión.

Se procederá a recoger información sobre las variables con la observación clínica; en la siguiente secuencia.

Se confeccionará una ficha de observación clínica donde se consignarán: un código, datos de filiación de cada unidad de estudio, grupo poblacional al que corresponde y tiempo de residencia en el lugar.

La ficha de observación llevará también en su contenido un odontograma para registrar las piezas cariadas, perdidas y obturadas, determinando así el CPO de cada escolar.

Así mismo existirá un casillero para consignar el nivel de plomo en sangre que será determinado en los laboratorios de la Universidad Católica de Santa María.

###### **Métodos Voltamétricos de análisis**

En la voltimetría un potencial dependiente del tiempo se aplica a una celda electroquímica y la corriente que fluye a través de la celda se mide en función de ese potencial

Un grafico de la corriente en función del potencial aplicado se llama voltamograma y es el equivalente electroquímico de un espectro de espectroscopia dando información cuantitativa y cualitativa sobre la especie incluida en la reacción de oxidación o de reducción

La técnica voltamétrica más temprana introducida fue la polarografía desarrollada por Jaroslav Heyrovsky a inicios de los años 20 por lo cual obtuvo el premio novel en química en 1959 desde entonces se han desarrollado diferentes formas de voltametría.

Antes de examinar estas técnicas y sus aplicaciones debemos primero considerar el diseño experimental básico para la medición voltamétrica y los factores que influyen en la forma del voltamograma resultante.

### **Medición voltamétrica**

Aunque los primeros métodos Voltamétricos se basaban en el uso de solo dos electrodos la voltametría moderna utiliza un potencióstato de tres electrodos, una señal de excitación de potencial dependiente del tiempo se aplica al electrodo de trabajo cambiando su potencial en relación al potencial fijo del electrodo de referencia, la corriente resultante entre el electrodo de trabajo y la auxiliar es la que se mide.

El electrodo auxiliar es en general un alambre de platino y el electrodo SCE y el de cloruro de plata son electrodos de referencia comunes. Diversos materiales son usados como electrodos de trabajo como mercurio, platino, oro, plata y carbón, las primeras técnicas voltamétricas incluyendo la polarografía usaban mercurio como electrodo de trabajo ya que el mercurio es un líquido, el electrodo de trabajo a menudo consiste en una gota suspendida en el extremo de un tubo capilar. En el electrodo de gota de mercurio colgante HMDE se forma una gota de tamaño deseado por la acción de un tornillo micrométrico que empuja el mercurio a través de un tubo capilar estrecho en el electrodo de mercurio de gota o DME las gotas de mercurio se forman en el extremo del tubo capilar como resultado de la gravedad, a diferencia del HMDE la gota de mercurio del DME crece continuamente y tiene una vida finita de varios segundos, al final de su vida, la gota de mercurio se desprende, bien manualmente o por gravedad y se reemplaza por una nueva gota, el electrodo de gota de mercurio estática SMDE utiliza un embolo

impulsado por **Solenoides** Para controlar el flujo del mercurio el SMDE puede usarse con un electrodo de gota de mercurio colgante o con uno de mercurio colgante una sola activación del solenoide levanta momentáneamente el embolo permitiendo que suficiente mercurio llegue a través del capilar para formar una sola gota para obtener un electrodo de mercurio de gota, el solenoide se activa repetidamente. El electrodo de película de mercurio consiste en una delgada capa de mercurio depositada en la superficie de un electrodo de carbón, platino u oro, el electrodo solidó se coloca en una solución de mercurio y se mantiene un potencial en el cual la reducción de mercurio II a mercurio es favorable formando una película de mercurio delgada.

El mercurio tiene varias ventajas como electrodo de trabajo, quizá la mas importante es su sobrepotencial para reducir el  $H_3O$  a  $H_2$  que permite la aplicación de potenciales tan negativos como  $-1$  Voltio Versus el SCE en soluciones acidas, y  $-2$  V versus SCE en soluciones básicas, una especie como el Zinc que es difícil de reducir en otros electrodos sin reducir simultáneamente  $H_3O$  se reduce fácilmente en un electrodo de mercurio de trabajo. Otras ventajas incluye la capacidad de los metales de disolverse en el mercurio dando la formación de una amalgama y la rapidez de fácilmente renovar la superficie del electrodo formando una nueva gota, una limitación para su uso como electrodo de trabajo es la facilidad con que el mercurio se oxida, por esta razón los electrodos de mercurio no pueden usarse como potenciales mas positivos de  $-0.3$  a  $+0.4$  voltios versus SCE, dependiendo de la composición de la solución

Los electrodos sólidos construidos usando platino, oro, plata o carbón se pueden usar en un rango de potencial incluyendo a los que son negativos y positivos con respecto al SCE. Por ejemplo el rango potencial para un electrodo de platino se extiende desde aproximadamente  $+1.2V$  a  $-0.2V$  versus SCE en soluciones acidas y de  $+0.7V$  a  $-1V$  versus SCE en soluciones básicas. Por ello los electrodos sólidos suelen usarse en lugar de mercurio para muchos análisis Voltamétricos que requieren

potenciales negativos y para análisis Voltamétricos en potenciales positivos en los que no pueden usarse electrodos de mercurio, salvo por el electrodo de pasta de carbono, los electrodos sólidos se amoldan a discos sellados en el extremo de un soporte inerte y están en contacto con una punta eléctrica. El electrodo de pasta de carbono se hace llenando la cavidad del extremo de un soporte inerte con una pasta que consiste en partículas de carbono y un aceite viscoso. Los electrodos sólidos no son carentes de problemas, el mas importante es la capacidad con que la superficie de un electrodo puede alterarse por la adsorción de una especie en solución o la formación de capas de oxido por esta razón los electrodos sólidos necesitan frecuente reacondicionamiento bien con un potencial adecuado o por pulido.

Un arreglo típico para una celda electroquímica volta métrica es además del electrodo de trabajo, de referencia y el auxiliar la celda incluye una línea de purgado de N<sub>2</sub> para retirar O<sub>2</sub> disuelto y una barra de agitación opcional. La celdas electroquímicas están disponibles en diversos tamaños permitiendo análisis de volumen de solución que van de mas de 100 ml. a tan solo 50 microlitros

### **Corriente en la Voltimetría**

Cuando un analito se oxida en el electrodo de trabajo, una corriente pasa electrones a través del circuito eléctrico externo hasta el electrodo auxiliar donde ocurre la reducción del solvente u otros componentes de la solución matriz

La reducción de un analito en el electrodo de trabajo requiere una fuente de electrones, que genera una corriente que fluye del electrodo auxiliar al cátodo. En cualquier caso la corriente resultante de la reacción de Redox en el electrodo de trabajo y auxiliar se llama corriente farádica, en esta sección consideraremos los factores que afectan la magnitud de esta corriente farádica así como el origen de cualquier corriente no farádica.

## Convenciones y signos

Ya que la reacción de interés ocurre en el electrodo de trabajo, la clasificación de la corriente se basa en esta reacción, una corriente debida a la reacción del analito se llama corriente catónica y por convención se considera positiva. Las corrientes anódicas se deben a reacciones de oxidación y llevan un valor negativo<sup>41</sup>

## 1.2 INSTRUMENTOS

Se utilizará una ficha de observación clínica y recolección de datos en la cual constarán los datos generales del niño, el CPO y el Nivel de Plomo en sangre.

### 1.2.1 Instrumento Documental

Ficha de observación clínica y recolección de datos

### 1.2.2 Instrumentos y Materiales

Trípode odontológico, Material de laboratorio y material de escritorio,

## 2. CAMPO DE VERIFICACIÓN

### 2.1 Ubicación Espacial

Este estudio se desarrollará en una población rural ubicada en Alto de Amados del distrito de Sachaca y una población urbana ubicada en el Cercado de la Ciudad de Arequipa.

### 2.2 Ubicación Temporal:

La investigación será realizada durante los meses de Septiembre y Noviembre del 2006.

---

<sup>41</sup> <http://www.pvem.org.mx/plomo.htm>

### 2.3 Unidades de Estudio:

Las unidades de Estudio estarán tomadas de una población rural del Colegio “El Milagro de Fátima” ubicado en Alto de Amados del distrito de Sachaca y una población urbana del Colegio “Independencia Americana” ubicado en el Cercado de la Ciudad de Arequipa; que cumplan con los criterios de inclusión y exclusión.

#### 2.3.1 Control e igualación de grupos

##### a) Criterios de Inclusión:

- Que sean niños de 14 a 18 años de edad de poblaciones urbana y rural

##### b) Criterios de Exclusión:

- Escolares menores de 14 años y mayores de 18 años
- Escolares con un tiempo de residencia menor de 5 años en el área urbana o rural de estudio

## 2. UNIVERSO Y MUESTRA

Las características que se encontraron en las dos poblaciones se adecuaban a las necesidades del estudio, ya que el colegio Independencia Americana y el colegio El Milagro de Fátima se encuentran en los estratos I y III respectivamente; dada la escasa cantidad de alumnos se estudió el total de los mismos de los dos colegios según los criterios de inclusión.

## 3. ESTRATEGIA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### 4.1 Organización

- Se coordinará con la UGE correspondiente a cada una de las poblaciones de estudio con el fin de obtener el permiso

correspondiente para realizar el presente trabajo de investigación en los centros educativos seleccionados.

- Se realizará una entrevista con los directores de los Centros Educativos para informarles y coordinar acciones, fechas en las que se realizará el trabajo de investigación.
- Se realizará una entrevista con los Padres de familia de los Centros Educativos para informarles sobre el trabajo de investigación que se realizará teniendo como unidades de estudio a sus hijos y poder contar con una autorización informada.
- Coordinar acciones y fechas en las que se realizará el trabajo de investigación.
- Se habilitará un ambiente para la evaluación de los pacientes en cada Centro Educativo.
- Se llenarán las fichas de observación clínica donde se consignan los datos de filiación, tipo de población, tiempo de permanencia en el lugar, se llenara el odontograma para determinar el CPO y se tomarán las muestras de sangre, que posteriormente serán procesadas en el laboratorio
- Se elaborará la ficha de sistematización de datos para procesarlos y concluir la investigación.

#### **4.2 Recursos:**

##### **4.2.1. Recursos Humanos**

**Investigador:** C. D. Elsa Carmela Vásquez Huerta.

**Asesor:** Dr. Benjamín Paz Aliaga

**4.2.2. Recursos Físicos:** Ambientes en los Centros Educativos y laboratorios de la Universidad Católica de Santa María.

**4.2.3. Recursos Económicos:**

El presupuesto para el desarrollo de la investigación es plenamente autofinanciado por el investigador.

**4.3 Validación del instrumento:**

La ficha de Observación clínica y recolección de datos que se confeccionó como instrumento documental para el presente trabajo se ha validado con 5 unidades piloto, para juzgar su eficacia, reajustarlo y calcular el tiempo de aplicación de instrumento por unidad de estudio.

**4. ESTRATEGIAS PARA MANEJAR LOS RESULTADOS**

**5.1 Plan de Procesamiento estadístico**

**5.1.1 Tipo de procesamiento**

Se optará por el procesamiento computarizado

**5.1.2 Operaciones de procesamiento**

▪ **Clasificación**

Una vez reajustado el instrumento la información obtenida se reordenará considerando el carácter de la investigación.

▪ **Recuento**

Se realizará el recuento de los datos en una matriz de registro y control.

- **Tabulación**

Se empleará cuadros estadísticos de doble entrada

- **Graficación**

Diagrama de dispersión y diagrama de cajas o de bigotes.

### 5.2 Plan de Análisis Cualitativo Estadístico

<b>Variables investigativas</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Escala de medición</b>	<b>Técnicas de estadística descriptiva</b>	<b>Técnicas de estadística inferencial</b>
Concentración de plomo en sangre	Cuantitativa	Razón	Media aritmética Desviación Standar	Correlación Análisis de varianza
C P O	Cuantitativa	Razón	Media aritmética Desviación Standar	Correlación Análisis de varianza

### 5.3 Plan de estudio de datos

#### 5.3.1 Metodología para interpretar los cuadros

- Jerarquización de datos
- Comparación crítica
- Apreciación crítica
- Pre conclusión

#### 5.3.2 Modalidad previsible

Se usará la interpretación subsiguiente a cada cuadro.

#### 5.3.3 Operaciones para la interpretación

- Análisis y síntesis
- Comparación
- Inducción
- Deducción

#### 5.4 Plan a nivel de conclusiones

Se realizarán conclusiones de acuerdo a los objetivos e hipótesis planteadas en el trabajo de investigación.

#### 5.5 Plan a nivel de recomendaciones

- A nivel de la línea de investigación
- A nivel de formación profesional
- A nivel del ejercicio profesional
- A nivel de la aplicación práctica

### 5. CRONOGRAMA DE TRABAJO

Tiempo en Meses	Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Actividades																				
Formulación del Proyecto																				
Recolección de Datos																				
Estructuración de Resultados																				
Elaboración del Informe Final																				

## Anexos

### FICHA DE OBSERVACIÓN CLÍNICA Y RECOLECCIÓN DE DATOS

Nombres y Apellidos .....

Nº de Código .....

Dirección: .....

Edad: .....

Sexo: .....

Tipo de Población:

Rural.....

Urbana.....

Tiempo de residencia en el lugar sujeto de estudio:

5 años .....

5 años a más.....

Odontograma:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17

CPO:.....

Nivel de plomo en sangre:.....

Observaciones: .....

## Autorización Informada

Yo.....

Yo.....

Padres del Menor:.....

Hemos recibido la información a cerca de el procedimiento médico al cual será sometido nuestro Hijo, cuyos resultados serán entregados a mi familia en forma confidencial y que así mismo contribuirá a la investigación científica. Por lo cual Damos nuestra aceptación para que se le realice un análisis de la dieta, una revisión de la cavidad bucal y se le extraiga 3 cc. de sangre de la vena de nuestro menor hijo, para lo cual firmamos.

---

Padre:

Madre

DNI

DNI

Debido a que la zona donde esta ubicado el colegio Independencia Americana es uno de los lugares más expuestos a la contaminación ambiental ocasionada por el transporte es que se ha seleccionado dicha institución educativa para realizar el presente trabajo de investigación.

Dicha contaminación ocasiona alteraciones en la visión, en el rendimiento escolar, así como en otros órganos vitales, razón por la que pretendemos determinar el nivel de contaminación por plomo en los escolares y relacionarlo con la existencia de caries en los mismos; estudio que nos permitirá sugerir a las autoridades un reordenamiento del tránsito a fin de proteger a los escolares de este continuo riesgo al que están expuestos.

Agradecemos anticipadamente su comprensión y colaboración en la presente investigación la que redundará en la protección de sus menores hijos.

### Matriz de sistematización de datos

Matriz de sistematización de datos

#### **Concentración de plomo en sangre en escolares Arequipa. 2006**

Nombres y Apellidos	Edad	Sexo	Población	CPO	µg/100ml	±
Diego Ponce Paxi	15	M	Urbana	2	19.41	0.92
Cristian Chambi Carrisales	14	M	Urbana	5	12.4	0.43
José Chacón Ccama	16	M	Urbana	4	16.94	1.51
Cesar Peso López	16	M	Urbana	8	10.9	0.5
Cahuachía Chambi Lesmes	14	M	Urbana	9	12.81	0.33
Chistian Cornejo Maihuire	15	M	Urbana	8	14.78	0.4
Carlos Beltran Barrientos	16	M	Urbana	9	14.81	0.7
Luis Mitma Huanca	15	M	Urbana	8	14.52	0.78
Erly Peña Berroa	15	M	Urbana	6	17.26	0.92
Kevin Juares Montalico	15	M	Urbana	4	15.26	0.86
Julio Condori Condori	15	M	Urbana	6	16.21	0.69
Jorge Idme Ramos	14	M	Urbana	7	21.25	1.05
Michael Huacallo Tejada	15	M	Urbana	1	19.11	0.81
Edwin Callasaca Pérez	15	M	Urbana	6	17.92	1.59
Ruben Aquehye Cana	16	M	Urbana	2	19.64	1.38
Luis Vargas Pareja	15	M	Urbana	7	17.7	0.66
Lenin Merma Torres	15	M	Urbana	11	18.03	0.83
Jostim Lazo Carbajal	16	M	Urbana	9	16.42	0.88
Alexander Ancalla Aguilar	15	M	Urbana	13	15.33	0.86
Jhoni Mamani Chungara	15	M	Urbana	9	18.09	0.63
Wilian Cabana Santos	15	M	Urbana	9	17.73	0.6
Alex Saico Llave	16	M	Urbana	6	18.07	1.08
Carlos Pastor Gonzales	16	M	Urbana	6	20.56	0.63
Victor Condori Carcausto	15	M	Urbana	7	18	1.08
Alvaro Mestas Pari	15	M	Urbana	8	15.54	0.94
Leandro Chambi Quispe	16	M	Urbana	4	12.2	0.33
Abelardo Molina Flores	15	M	Urbana	8	14.2	1.71
Cristian Huaynapata Pari	16	M	Urbana	7	15.6	1.11
Oscar Lipe Ticona	15	M	Urbana	5	11.9	1.22
Emerson Mendoza Hacha	15	M	Urbana	10	12.6	1.19
Jordan Conchucos Sandoval	16	M	Urbana	0	13.9	0.84
Armando Cutipa Lanza	17	M	Urbana	7	16.6	0.57
Luis Chalco Rojas	17	M	Urbana	7	17.5	0.64
Oscar Ramos Luque	14	M	Urbana	5	14.8	1.01
Jesus Zuñiga Gonzales	15	M	Urbana	9	11.9	0.67
Julio Cruz Choquepura	16	M	Urbana	11	15.4	0.47
Luis Mamani Pérez	15	M	Urbana	7	14	0.74
Jacson Bellido Paco	15	M	Urbana	6	13.2	0.66
Luis Olivares Carbajal	18	M	Rural	7	12.85	0.47

wilber Quispe Huamani	14	M	Rural	9	11.4	0.56
Alejandro Bejar Hancoco	18	M	Rural	11	8.44	0.47
Luis Canahuiri Pinto	17	M	Rural	9	11.53	0.31
Nelson Quenta Hancoco	16	M	Rural	10	13.35	0.62
Elmer Apaza mescco	18	M	Rural	7	14.6	0.54
Giancarlo Sanchez Huayta	16	M	Rural	3	13.76	0.93
Ivan Carbajal Quisocala	16	M	Rural	6	11.95	1.02
Julio Pilco Hancoco	15	M	Rural	0	13.79	0.98
Elmer Molina Adco	14	M	Rural	3	10.72	0.53
Ademir Alarcón Paredes	15	M	Rural	4	11.26	0.53
Gustavo Flores Canahuiri	14	M	Rural	6	14.4	0.5
Juan Ccosco Turpo	15	M	Rural	4	14.91	0.95
Angel Zapana Yupanqui	14	M	Rural	5	18.95	0.92
Olger Quispe Mamani	15	M	Rural	7	9.07	0.48
Leonardo Laque Cayllahua	16	M	Rural	4	10.27	0.66
Ernesto Corrales García	15	M	Rural	9	10.88	0.45
Alvaro Taipe Condo	14	M	Rural	11	8.99	0.47

Jorge Huayapa Cari	14	M	Rural	8	13.36	0.5
Jorge Solorzano Huamaní	14	M	Rural	4	12.5	0.5
Maude Huayhua Mollo	15	M	Rural	7	9.09	0.49
Ricky Cahuachua Chambi	15	M	Rural	8	16.85	0.89
Jose Ticona Quille	15	M	Rural	6	9.33	0.51
Yoni Condori Apaza	15	M	Rural	7	11.06	0.51
Jhon Huanca Gómez	16	M	Rural	6	15.6	0.65
Patricia Quispe Grande	16	F	Rural	7	11.19	0.55
Eva hoquecota Quinta	16	F	Rural	12	9.79	0.29
Karen Quispe Paz	16	F	Rural	6	10.83	0.35
Yuli Taipe Conde	15	F	Rural	11	12.85	0.56
Marlene zapana Yupanqui	17	F	Rural	6	15.24	0.76
Maribel Quispe Choquitoma	16	F	Rural	13	9.96	0.4
Maritza Machaca García	16	F	Rural	13	8.91	0.44
Karen Teves Zapana	17	F	Rural	3	15.1	0.86
Guadalupe Huayapa Ccari	17	F	Rural	5	9.54	0.43
Yeny Mamani Villanueva	18	F	Rural	9	17.99	0.74
Rocio Mamani Tacanahui	15	F	Rural	7	16.62	0.81
Sonia Uscamayta Vilca	17	F	Rural	5	12.3	0.45
Sofía Llaco Yana	17	F	Rural	8	11.3	0.54
Lourdes Laque Cayllahua	14	F	Rural	4	13.36	0.67
Sandra Pacaya Paucar	15	F	Rural	7	9.04	0.74

## ANEXO ESTADÍSTICO

Las pruebas Estadísticas Aplicadas son:

1.- Regresión Lineal ---Correlación

2.- Análisis de varianza

Aplicándose Los programas estadísticos:

SPSS v 13 y

Epi Info v 2000

## FOTOGRAFÍAS

### COLEGIO INDEPENDENCIA AMERICANA



### AV. INDEPENDENCIA



### EQUIPO PARA MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE





**FILTRO DEL EQUIPO PARA MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE**



## **CENTRO EDUCATIVO “EL MILAGRO DE FÁTIMA”**



## **EQUIPO PARA MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE**





**FILTRO DEL EQUIPO PARA MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE**



**FILTRO DEL EQUIPO PARA MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE  
COMPARACIÓN ENTRE LAS DOS ZONAS**



**EQUIPO DE LABORATORIO  
VOLTÁMETRO 757 VA COMPUTRACE (METROHM)**



### PURIFICADOR DE AGUA



### EXAMEN CLÍNICO PARA LA DETERMINACIÓN DE CPO

