

**UNIVERSIDAD DE CARABOBO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**DIRECCION DE POSTGRADO**  
**MAESTRÍA EN TOXICOLOGÍA ANALÍTICA**

**NIVELES DE PLOMO EN SANGRE Y POSIBLES FACTORES DE RIESGO PARA**  
**INTOXICACIÓN PLÚMBICA, EN TRES PREESCOLARES**  
**DEL MUNICIPIO SAN DIEGO**

**Autor: Lic. Noel J. Lugo R.**

Trabajo presentado ante la dirección de Postgrado de la Universidad de Carabobo, para optar al título de Magíster en Toxicología Analítica.

**Valencia; 2009**

# **NIVELES DE PLOMO EN SANGRE Y POSIBLES FACTORES DE RIESGO PARA INTOXICACIÓN PLÚMBICA, EN TRES PREESCOLARES DEL MUNICIPIO SAN DIEGO**

**Autor: Lic. Noel J. R. Lugo**

**Tutor: Dra. Gladys Carmona de Castillo.**

**Año: 2009**

## **RESUMEN**

La exposición al plomo ambiental es un problema de salud pública importante. La población más vulnerable a los efectos tóxicos del plomo son los niños, por lo que resulta muy difícil precisar a qué niveles y tiempo de exposición al plomo comienzan a producirse los cambios estructurales y funcionales a nivel celular. El presente trabajo fue llevado a cabo con la finalidad de determinar los niveles de plomo en sangre y factores de riesgo para intoxicación por plomo, en niños en edad preescolar. Fueron estudiados 57 niños de 2 a 6 años de edad, de ambos sexos, en tres escuelas preescolares del municipio San Diego. La determinación de plomo fue realizada por espectrofotometría de absorción atómica. Se evaluaron parámetros como instituciones de procedencia, edad y niveles plomo en sangre. Los resultados fueron procesados con el programa S.P.S.S., 11.5, expresándose en media  $\pm$  SD, frecuencias absolutas y relativas, analizados por "t" de student para muestras relacionadas y prueba de "Chi" cuadrado. Se observó que el 86% de los niños estudiados presentó plumbemias menores a 10 $\mu$ g/dl y el 14%, presentó concentraciones de riesgo (10,0 – 14,9  $\mu$ g/dl). No se observaron diferencias estadísticamente significativas en relación al sexo y la edad ( $p < 0,05$ ). Entre los factores de riesgo, con mayor frecuencia reportados fueron: Cercanías de los hogares a ciertos establecimientos como taller mecánico y autolavados y/o cambio de aceite de vehículos, donde se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,1$ ) y ( $p < 0,05$ ) en cuanto al hábito mano-boca (96,5%), no se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,01$ ).

**Palabras clave:** Intoxicación, Plomo en niños, Factores de riesgo, Preescolares.

**LEVELS OF LEAD IN BLOOD AND POTENTIAL RISK FACTORS FOR  
PLUMBIC POISONING IN THREE PRESCHOOL  
MUNICIPALITY OF SAN DIEGO**

**Author: Lic. Noel J. R. Lugo**

**Advisor: Dra. Gladys Carmona de Castillo.**

**Year: 2009**

**ABSTRACT**

Environmental lead exposure is a major public health problem. The population most vulnerable to the toxic effects of lead are children, so it is difficult to specify at what level and length of exposure to lead began to take place the structural and functional changes at the cellular level. The present work was undertaken with the aim of determining the blood lead levels and risk factors for lead poisoning in children of preschool age. Were studied 57 children from 2 to 6 years of age, gender, pre-schools in three of San Diego county. The determination of lead was done by atomic absorption spectrophotometry. Parameters were evaluated as institutions of origin, age and blood lead levels. The results were processed with the SPSS-11.5, expressed in mean  $\pm$  SD, absolute and relative frequencies, analyzed by Student's t test for related samples and testing "chi "square. It was noted that 86% of the children studied lead concentration level in the blood presented below 10 $\mu$ g/dl and 14% presented risk concentrations (10.0 - 14.9  $\mu$ g / dl). There were no statistically significant differences in relation to sex and age (p <0.05). Among the risk factors most frequently reported were: proximity of homes to certain establishments such as carwash and / or changing oil in vehicles, where statistically significant differences (p <0.1) and (p < 0.05) in terms of hand-mouth habit (96.5%), no statistically significant difference observed (p 0.01).

**Keywords:** Poisoning, Lead in children, risk factors, reschool.

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN PROBLEMA**

El plomo (Pb) es un metal pesado, con peso molecular de 207,19 y número atómico 82. Se encuentra en forma natural en los suelos y en las rocas. En su estado natural tiene poca importancia como contaminante del ambiente, pero es potencialmente tóxico cuando se manipula, esencialmente en procesos industriales (Barberis y col, 2006), (Hurtado y col., 2008). Su ductilidad, alta densidad y poca reactividad química, así como su fácil extracción, relativa abundancia y bajo costo, lo han hecho materia prima o componente fundamental en diversos procesos tecnológicos, por lo que tiene una amplia distribución en el ambiente. (González y col., 2008). El uso prácticamente indiscriminado que el hombre ha hecho de este metal, ha provocado la contaminación del suelo, del aire y del agua. (Barberis y col, 2006). Los principales grupos de riesgo son los niños y los trabajadores de las industrias mineras y metalúrgicas, al igual las familias que habitan en las áreas donde se asientan dichas industrias (González y col., 2008).

Las fuentes más frecuentes de exposición al plomo, para el grupo infantil, son el polvo, el humo resultante de la quema o remoción de pinturas, la fundición o el reciclaje de baterías y las virutas de la pintura con plomo en estado de deterioro que se encuentran en las paredes interiores de algunos hogares (Hurtado y col., 2008). El plomo procedente de fábricas, refinerías y combustiones de automóviles contamina principalmente el suelo y el polvo, que puede ser ingerido a través de las manos de los niños, también es valorable la

cantidad de plomo existente en agua que circula por cañerías antiguas y en alimentos, especialmente los enlatados. Existen fuentes menos frecuentes, como por ejemplo, los cosméticos importados de China, India y Pakistán (García y col., 2003).

La población infantil, especialmente los menores de 6 años, se han constituido en uno de los grupos más importantes de exposición de riesgo elevado (Ringold, 2005), (Barberis y col, 2006) y (Seijas y col., 2008). En comparación con los adultos, los niños captan más Plomo sobre una base de unidad de peso corporal; absorben más, tanto a nivel digestivo (el más frecuente en el niño), como respiratorio, o por contacto con compuestos inorgánicos, y también retienen una mayor proporción del plomo absorbido. Por otro lado, el niño representa la etapa del desarrollo metabólicamente más vulnerable del ciclo vital ante los efectos del metal, especialmente los sistemas nervioso y óseo. Además de las condiciones de deficiencias nutricionales, tan frecuentes y extendidas en la población infantil de bajo nivel socio-económico de los países en desarrollo, favorece la absorción digestiva del Plomo y aumenta su retención en el organismo (García y col., 2003), (Barberis y col, 2006), (Hurtado y col., 2008), (Seijas y col., 2008).

Después de la absorción del plomo por inhalación o por vía oral, sigue su acumulación (aguda o crónica) y sus efectos tóxicos se manifiestan de manera predominante en el sistema nervioso, hematopoyético, óseo, reproductor y renal. Las formas agudas de intoxicación, especialmente en la edad pediátrica, pasan desapercibidas dado que únicamente suelen hacerse evidentes con las pruebas del coeficiente intelectual. Lo usual es presenciar cuadros crónicos muy sintomáticos y polimorfos, siempre posteriores al deterioro neuroconductual, eventos que se relacionan de alguna manera con los niveles

sanguíneos del metal. Además del compromiso neurológico referido, se encuentran, en algunas ocasiones, alteraciones hematológicas, anemia microcítica e hipocrómica, compromiso renal, alteraciones pondoestaturales, entre otros. (Hurtado y col., 2008).

Por todo lo anteriormente expuesto ya que los niños son considerados un grupo especial de toxicidad por plomo y por el riesgo potencial que significa, al considerarla un problema de salud pública, se hace necesaria su investigación, es por esto que se plantea el estudio en una población de niños en el municipio San Diego, Carabobo, los cuales residen en sectores cercanos a lugares identificados como posibles factores de exposición al Plomo.

## **2. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION**

El plomo es un contaminante ambiental, conocido por causar efectos adversos a la salud humana, con exposiciones a largo plazo aún a dosis bajas. (González y col., 2008). El plomo no tiene ninguna función biológica en los organismos vivos; sin embargo, su utilización en diversas actividades humanas constituye una fuente de exposición para todos los grupos de edad tanto para los trabajadores expuestos como para la población en general (Ascione, 2001), (Barberis y col., 2006), (González y col., 2008).

Debido al progreso del desarrollo industrial, cada día más acelerado, los niveles de contaminación ambiental en nuestro país han aumentado significativamente, lo cual ha producido graves implicaciones en la salud de la población. La intoxicación por plomo es común en las zonas urbanas e industriales, motivada en gran parte por el amplio uso de este metal en la industria automotriz, específicamente, en la combustión de motores de gasolina. (Pérez y col., 2005).

Las fuentes más comunes de la exposición al plomo son el polvo de las viviendas que utilizan pintura con plomo, vasijas de cerámica vidriada, dulces y chocolates, suelo contaminado, el manejo de residuos tóxicos industriales, la minería o la cercanía donde se almacenan los concentrados del material. (González y col., 2008). Existe evidencia que establece una correlación entre la cantidad de plomo en el polvo de la casa, con los niveles de plomo en sangre de los niños, puesto que el plomo es un metal muy tóxico. (Barberis y col, 2006), (González y col., 2008). Cuando las partículas de plomo en suspensión se depositan junto con el polvo ambiental en el suelo de los hogares o sus alrededores, los niños, resultan ser los más expuestos, ya que fácilmente pueden llevarse a la boca sus manos, juguetes u otros objetos contaminados con polvo que contenga plomo (Selbst, 2001), (Barberis y col, 2006).

Los efectos para la salud que provoca la exposición al Plomo, tanto aguda como crónica, obligan a una especial atención en la población infantil, con la finalidad de controlar tanto la exposición como los efectos. (Calderón y col., 2006). La vía más frecuente de absorción del plomo en los niños, es la vía oral a través de las manos de los niños, debido al hábito de “pica” de ingerir productos no alimenticios, como por ejemplo: papel, tierra y fragmentos de pinturas entre otros y por chupar o morder lápices de colores y juguetes (Squillante y col., 2000), (Chantiri y col., 2003).

En la mayoría de los casos, el plomo tiende a absorberse en relación inversa a la disponibilidad del Hierro, Calcio, Fósforo, Zinc, Cobre y Vitamina C en la dieta. Las dietas

de muchos niños tienden a ser deficientes en estos elementos, especialmente el hierro. Por otra parte las dietas ricas en lípidos, que es caso frecuente para escolares y adolescentes, tienden a aumentar la absorción de Plomo (Loayza, 2006).

La intoxicación aguda es poco frecuente y sus manifestaciones son principalmente abdominales (Loayza, 2006, Chantiri y col., 2003, Buka y col., 2006, Squillante y col., 2000). Por todo lo anterior, el presente estudio aporta información, que contribuye a la determinación de poblaciones con niveles de plomo en sangre, considerados como no permisibles o de alto riesgo, para así prevenir otros casos de posible exposición.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General.**

- Analizar las concentraciones de plomo en sangre y los factores de riesgo, en niños de 2 a 6 años de edad, en tres preescolares del municipio San Diego, Carabobo, en el año 2004.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar la población en estudio, de acuerdo a la institución, sexo y la edad.
- Determinar los niveles de plomo sanguíneo en los niños que participaron en el estudio.
- Comparar los niveles de plomo detectados en el grupo evaluado, con respecto al sexo y la edad.
- Determinar los factores de riesgo asociados a la intoxicación por plomo, en la



muestra estudiada.

- Relacionar los niveles de plomo en sangre con los factores de riesgo.



## **CAPITULO II**

### **FUNDAMENTOS TEORICOS**

#### **1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION**

Los primeros casos de intoxicación por plomo en la infancia fueron reportados en Queensland Australia, hace más de cien años. La fuente de estas intoxicaciones estuvo relacionada con las pinturas de las casas. En un período de 20 años entre 1948 y 1967 fueron encontrados 90 casos de intoxicación en Sídney, 11 de estos pacientes murieron y 30% quedaron con serias secuelas neurológicas o renales. Como resultado de esto, el plomo fue suprimido de las pinturas y los juguetes en Australia. (Dip, 2003).

No obstante, se ha demostrado en diversos estudios la relación existente entre la exposición ambiental de plomo y los niveles plasmáticos elevados de dicho metal, en la población infantil que habita en localidades o comunidades rurales localizadas en las adyacencias o cercanías de zonas mineras y/o fundiciones de plomo, en diferentes países de América latina como México, tal como lo reseñan; Ordoñez y col., (2003), Ornellas y col., (2007), González y col., (2008), en Perú (López, 2000), Chile (Sepúlveda y col., 2000), Brasil (Carvalho y col., 2003) y Argentina (Barberis y col., 2006).

Así mismo, Loza en el año 2000, en un estudio realizado a 20 niños de 0 a 9 años de edad, en dos puertos del Occidente Asturiano en España, y Aguilar y col., en el año 2003, en 85 niños en edades comprendidas entre 3 y 8 años de edad, del municipio de Centro

Habana, Cuba, todos habitantes en casas construidas antes de 1950, determinando los niveles de plomo en sangre en niños expuestos, siendo la fuente de exposición mas encontrada; el agua del grifo, debido a la antigüedad de las cañerías, y factores asociados a la exposición a plomo como; no lavarse las manos antes de alimentarse, comer alimentos contaminados con plomo, jugar con juguetes de plomo, llevarse juguetes a la boca y comer tierra.

También, en un estudio realizado en 636 niños de 0-15 años en la ciudad de Hangzhou, China, el 31.3% del total de niños, mostró niveles de plomo sanguíneo mayores de 20  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , el promedio general del mismo fue de 7,6  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , mientras que el grupo etáreo de 1 a 6 años de edad, mostro un promedio de 8,6  $\mu\text{g}/\text{dl}$ . Los factores asociados fueron; el hábito frecuente de llevarse la mano a la boca, así como también los juguetes, lápices y creyones. (Chaochun y col., 2004).

Huo y col., (2003), evidenciaron elevadas concentraciones de plomo sanguíneo en 226 menores de 6 años, que residían cerca de una planta recicladora de desechos electrónicos en la localidad de Guiyu, China, y cuyos padres o familiares laboraban en la misma, el valor promedio de plomo sanguíneo encontrado fue de 15,3 $\mu\text{g}/\text{dl}$ .

Recientemente, Hurtado y col., (2008), estudiaron los niveles de plomo en sangre de 32 niños en edades comprendidas entre 0 y 12 años de edad, quienes habitaban en hogares cuyos padres trabajaban en el reciclaje de baterías dentro de la casa, en un sitio diferente a la misma, en las localidades de Soacha y Bogotá, Colombia. El promedio de plomo encontrado fue de 54  $\mu\text{g}/\text{dl}$ .

En relación a los factores de exposición al plomo, Squillante y col., (2000), realizaron un estudio en 38 niños en edad preescolar, en diferentes escuelas, en la ciudad de Valencia, Venezuela, se determinó que el 72,2% del total de niños estudiados, presentaron cifras de plomo en sangre superiores a 16,89  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , los factores de exposición fueron: las actividades en el hogar como las remodelaciones, remoción de pinturas y soldaduras, las relacionadas con el trabajo de alguno de los familiares como remoción de pinturas, plomería, soldadura y latonería de vehículos, establecimientos cercanos a las casas como recuperadora de metales, talleres de latonería y pintura, talleres de herrería, gasolineras, fabrica y recuperación de baterías, paradas transporte colectivo y vías de intenso tráfico vehicular, hábitos higiénicos como; no lavarse las manos antes de comer y el hábito mano-boca, al llevarse a la boca diferentes objetos tales como: creyones y lápices de grafito y chupones.

Kaiser y col., (2001), evaluaron los niveles de plomo sanguíneo de 779 niños de 4 a 12 años de edad, en 5 escuelas primarias en Dhaka, Bangladesh, el promedio de plomo sanguíneo reportado fue de 15,0  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , los factores de riesgo encontrados fueron; bajo nivel educativo de los padres, cercanías de sus hogares a autopistas y distribuidores de carreteras, y la ingesta de polvo de suelo contaminado con plomo.

En este sentido, Alanis y col., (2001), realizaron un estudio en 207 niños de 5 a 14 años de edad, en el área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México, determinando la concentración de plomo en sangre, como reflejo de la exposición ambiental a este contaminante. La concentración de plomo en sangre promedio fue 11,5  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , el grupo de 5 años presentó un incremento del 26% de Pb en la sangre (14,5  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) en relación al

promedio general (11,5 µg/dl). Entre los factores de riesgo encontrados se encuentran; área o localidad de residencia cercanos a industria metalmecánica, fundiciones, cerámica, vidriera, minera-extracción o de separación de metales, presencia de alto tráfico vehicular frente a sus casas, lugar de trabajo de los padres, ingesta de alimentos o líquidos en recipientes potencialmente contaminados (cerámica vidriada o soldadura de las latas de alimentos), hábito de chupar lápices (que contienen pintura con plomo) y la ingesta de polvo de suelo contaminado con plomo.

En un estudio realizado en el estado de Morelos, México, por Meneses y col., (2003), a 232 niños de 1 a 12 años de edad para determinar los niveles de plomo en sangre y factores de exposición, encontrando que la concentración media de plomo en sangre fue de 6,7 µg/dl; donde el 29.7 % de los niños que participaron en el estudio, rebasaron los 10 µg/dl; entre los principales factores de exposición destacaron el uso de barro vidriado para consumo de alimentos o líquidos y la intensidad del tráfico en el área donde viven.

Nuwayhid y col., (2003), en Beirut, Líbano, evaluaron las concentraciones de plomo sanguíneo, en 281 niños entre 1 y 3 años de edad, el promedio de plomo en sangre encontrado fue de 6.6 µg/dl, el 14 % de los niños presentaron niveles de plomo superiores a 10 µg/dl, el tipo de trabajo de los padres, el hecho de vivir en aéreas de alto tráfico vehicular, la estación de verano, el uso del agua del grifo, el uso de recipientes que contenían plomo para cocinar, y vivir en construcciones antiguas, fueron los factores de riesgo encontrados en el estudio.

Rojas y col., (2003), estudiaron la relación entre concentración de plomo en sangre y parámetros demográficos y socioeconómicos, en 243 niños, de 1-12 años de edad, residenciados en dos municipios de la ciudad de Valencia, Venezuela. El promedio de plomo sanguíneo, de la población total fue de 11,62  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , siendo significativamente superior al límite permisible por el CDC (10  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ), la frecuencia de niños con valores de plomo sanguíneo muy elevado, se incrementó en la medida en que la categorización socioeconómica de la calidad de vida fue más baja y se encuentran localizados en la zona sur, donde se ubica un número elevado de industrias potencialmente contaminantes, intenso tránsito vehicular y una alta densidad de población.

Li y col., (2004), determinaron niveles de plomo sanguíneo en 217 niños de 3 a 6 años, en seis preescolares en la comunidad rural de Zhejiang, China. La concentración media de plomo en sangre fue de 9,5  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , el 29% del total de niños presento concentraciones de plomo igual o mayor de 10  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , los principales factores de exposición a plomo encontrados en este estudio fueron: el tipo de trabajo de los padres, vivir en construcciones antiguas, habitar en áreas cercanas a pequeñas fábricas, talleres mecánicos y tiendas de pinturas.

Riddell y col., (2007), encontraron concentraciones elevadas de plomo en la sangre de 2861 niños menores de cinco años, residentes en zonas rurales de Filipinas. La concentración media de plomo fue de 4.1  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , el 21% de los niños estudiados presentaron concentraciones de plomo en sangre superiores a 10  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , el estudio no reveló ninguna fuente de exposición única ni predominante. Por el contrario, parecía haber múltiples fuentes potenciales, tales como el consumo de combustibles fósiles, las pinturas con plomo

(presentes dentro o en el entorno del 38% de los hogares), la fuente de agua, el material de los tejados y los enseres domésticos.

Sharaf y col., (2008), evaluaron los niveles de plomo en sangre, en 74 niños entre 3 y 15 años, residentes en diferentes áreas de la ciudad de El Cairo, Egipto. La concentración promedio de plomo del total de niños fue de 4.82  $\mu\text{g}/\text{dl}$ . Se determinó que en el grupo de niños de 2 a 6 años de edad, la concentración media de plomo fue de 7,41  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , lo que significa un aumento del 35,95 % con relación a la concentración media, los principales factores de exposición al plomo reportados fueron: residir en zonas de elevado tráfico, habitar áreas cercanas a zonas industriales y áreas mixtas (zonas industriales con elevado tránsito vehicular).

En un estudio realizado a 120 niños entre 1 y 6 años de edad, en la isla de Gran Canaria, España, Bas y col., (2008), determinaron un riesgo de intoxicación plúmbica muy bajo ya que solo cerca del 5% del total de niños estudiados, presento niveles de plomo en sangre superior a 10  $\mu\text{g}/\text{dl}$ .



## **2. BASES TEORICAS**

### **2.1 PLOMO**

#### **2.1.1 Generalidades**

Plomo (Pb): metal pesado (densidad relativa, o gravedad específica, de 11.4 a 16 °C), no tiene olor ni sabor especial, de color grisáceo, con aspecto brillante cuando se corta, al ser expuesto al aire se oxida rápidamente lo cual se denota a través del tono mate que adquiere. Muy dúctil, maleable y resistente a la corrosión, y pobre conductor de la electricidad, son características que lo hacen un elemento de amplia aplicación en metalurgia y electricidad. Número atómico 82, masa atómica 207.19 g/mg, densidad 11.4 g/ml, funde a 327 °C y hierve a 1,725 °C. Aunque resiste la acción del ácido sulfúrico y clorhídrico, se disuelve con facilidad en ácido nítrico concentrado caliente y ácidos orgánicos (cítrico, acético), originándose sales solubles. (Álvarez y col., 2006).

Es 11 veces más denso que el agua, se obtiene de la galena (sulfuro de plomo) que es la forma más abundante de este elemento en la naturaleza y se encuentra generalmente asociada a diversos minerales de zinc y en pequeñas cantidades, con cobre, cadmio y hierro, entre otros. (Álvarez y col., 2006).

La mayor parte de las emisiones de plomo hacia la atmósfera proviene de actividades como la minería, la producción de materiales industriales y de la quema de combustibles fósiles. (Álvarez y col., 2006). En 2005, la producción minera mundial de plomo fue de 3,075 millones de toneladas, Los países productores más importantes fueron: China (817 mil toneladas), Australia (752 mil toneladas), Estados Unidos (413 mil toneladas), Perú

(291 mil toneladas) y México (126) mil toneladas. (Álvarez y col., 2006).

### **2.1.2. Principales usos**

El plomo tiene muchas aplicaciones. Se usa en la fabricación de baterías, municiones, productos metálicos (soldaduras y cañerías) y en dispositivos para evitar irradiación con Rayos X. Entre sus principales usos se encuentran los siguientes: antidetonante en gasolinas, fabricación de baterías, producción de municiones, fabricación de soldaduras, producción de pinturas, vidriado de utensilios de barro, tanques de almacenamiento, protección contra radiaciones ionizantes “gamma” y “x”, en computadoras, televisores y equipo médico (Resonancia Magnética Nuclear), soldaduras para equipo electrónicos, cerámicas para tecnología de ultrasonido, lentes de alta precisión para láser y fibras ópticas, entre otros. (Álvarez y col., 2006).

### **2.1.3. Características Ambientales**

#### **a) Presencia en la naturaleza**

El plomo es muy abundante en la corteza terrestre (13 ppm) y con una buena distribución geográfica, muy homogénea, lo que le hace estar muy biodisponible. La incorporación de plomo a las cadenas tróficas es abundante, ya que su biomovilización es muy buena a partir de sus minerales, especialmente la galena (sulfuro de plomo), constituyendo una fuente de contaminación natural muy importante. (Álvarez y col., 2006), (Doadrio y col., 2006).

b) Fuentes de contaminación:

Las fuentes de contaminación pueden ser naturales y antropogénicas. (Álvarez y col., 2006), (Doadrio y col., 2006). El aporte de plomo a la fuente natural de contaminación es debida fundamentalmente al proceso de biomovilización a partir de sus depósitos naturales, al propio proceso de erosión de las rocas y al vulcanismo. Se pueden distinguir tres tipos de fuentes antropogénicas:

**Estacionarias:** Debidas a la minería, el refinamiento y fundición de metales industriales.

**Móviles:** Uso de las gasolinas con plomo en vehículos automotor.

**Químicas:** Por contaminación de fertilizantes, plaguicidas y desechos orgánicos.

También, se pueden clasificar las fuentes antropogénicas según su uso (Doadrio y col., 2006), en:

**Uso industrial:** Fábricas de baterías, de vidrio, de pinturas y barnices, imprentas, minería, vertidos y desechos.

**Uso doméstico:** Pinturas, enlatados (soldaduras de plomo), red doméstica de cañerías, revestimientos vitrificados (Sulfato de plomo), baterías de vehículos, combustión de gasolinas y humo de tabaco.

**Uso agrícola:** Fungicidas, herbicidas y pesticidas.

## 2.2. Compuestos de plomo

Industrialmente, sus compuestos más importantes son los óxidos de plomo y el tetraetilo de plomo. Este último forma aleaciones con muchos metales y, en general, se emplea en esta forma en la mayor parte de sus aplicaciones. Todas las aleaciones formadas con estaño, cobre, arsénico, antimonio, bismuto, cadmio y sodio tienen importancia industrial. Los compuestos de plomo son de dos clases: inorgánicos y orgánicos. (Gisbert y col. 2000), (Álvarez y col. 2006).

### 2.2.1. Plomo inorgánico (Gisbert y col., 2000), (Álvarez y col., 2006).

#### a) Óxidos

Monóxido de plomo (PbO): Conocido también como litargirio, es comercialmente predominante, usado principalmente en acumuladores, pinturas, vidrio y productos de cerámica. Puede formarse naturalmente a partir del plomo y sus compuestos en la atmósfera, por lo que una fuente de emisiones de plomo es una fuente potencial de monóxido de plomo.

Dióxido de plomo (PbO<sub>2</sub>): Este compuesto presenta la característica de riesgo de fuego al entrar en contacto con materiales orgánicos, y de reacciones explosivas en contacto con diversos compuestos inorgánicos. Se utiliza en los electrodos de las baterías, como agente oxidante durante la fabricación de tintas, en conjunto con fósforo amorfo como superficie de ignición de los cerillos y juegos pirotécnicos y en la fabricación de pigmentos.

Minio u óxido de plomo rojo ( $Pb_2O_4$ ): Se usa principalmente en pinturas anticorrosivas para acero y en acumuladores. También se utiliza en vidrio para fibras ópticas, en composiciones de polímeros eléctricamente conductivos, lubricantes, pigmentos para hules y para la producción de dióxido de plomo y tetracetato de plomo.

### **b) Carbonato de plomo ( $CO_3 Pb$ )**

Se fabrica añadiendo una solución de bicarbonato de sodio al nitrato de plomo. En la naturaleza se forma cuando el plomo elemental es liberado a la atmósfera, por lo que cualquier fuente de plomo es una fuente potencial de carbonato de plomo. Como tal, el carbonato de plomo tiene aplicaciones industriales limitadas, se usa como catalizador en la polimerización del formaldehído y para mejorar la adherencia del policloropreno a metales y en mangueras reforzadas con cables. Sin embargo el dihidroxicarbonato de plomo, que contiene un 66% de carbonato de plomo es muy utilizado comercialmente.

### **c) Cromato de plomo ( $CrO_4 Pb OPb$ )**

El cromato de plomo es un precipitado amarillo brillante que se obtiene al mezclar disoluciones de una sal de plomo y de cromato o dicromato potásico. Conocido con el nombre de “amarillo de París” o “amarillo de cromo”; se emplea para el estampado de tejidos de algodón. El “amarillo de Colonia” es un color de pinturas que se prepara calentando sulfato de plomo con una disolución de dicromato potásico. El cromato básico de plomo,  $CrO_5 Pb_2$ , es un polvo rojo que se forma cuando se hace actuar una disolución fría de sosa cáustica sobre el cromato normal o también mezclando cromato y óxido de

plomo con agua. Es un pigmento importante para pinturas, conocido en el comercio con los nombres de “rojo de cromo”, “anaranjado de cromo”, “rojo Derby” y “rojo chino”; y es utilizado en pigmentos de pinturas industriales, pinturas de aceite y en análisis químicos de sustancias orgánicas.

#### **d) Arseniato de plomo ( $\text{AsHO}_4 \text{ Pb}$ )**

Se produce por reacción de óxido de plomo con una dispersión acuosa de pentóxido de diarsénico. Sus aplicaciones principales son en la agricultura, como insecticida en huertos de manzanas y herbicidas en césped. Su uso en Estados Unidos ha sido prohibido por la Environmental Protection Agency (EPA). (Álvarez y col., 2006).

#### **e) Sulfato de plomo ( $\text{PbSO}_4$ )**

Se usa en la fotografía, como estabilizador en construcciones de adobe y en sustitución del plomo blanco como pigmento. Además se utiliza en baterías galvánicas, en litografía y barnices de secado rápido. Se conoce también como “blanco de Mulhouse” o “pigmento blanco 3”.

#### **f) Sulfuro de plomo ( $\text{PbS}$ )**

Se presenta de manera natural en el mineral galena, y su presencia en el medio ambiente se debe principalmente a los procesos de minería y en el manejo del mineral.

Usado en cerámica, semiconductores y detectores infrarrojos, celdas fotoconductoras y como catalizador para remoción de mercaptanos de los destilados del petróleo.

#### **g) Antimoniato de plomo (SbO<sub>3</sub>) Pb. 9 H<sub>2</sub>O**

Es un sólido blanco que se forma mediante adición de una disolución de ácido antimónico a otra de acetato de plomo, se utiliza como color para pintura y también como colorante del vidrio y de la porcelana, también conocido como “amarillo de Nápoles”.

### **2.2.2. Plomo orgánico** (Gisbert y col., 2000), (Álvarez y col., 2006):

#### **a) Acetato de plomo (C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O<sub>4</sub>·Pb)**

Anteriormente era utilizado en soluciones acuosas muy diluidas como un astringente para los ojos y en cataplasmas y lavados para el tratamiento de la inflamación por contacto; es sumamente venenoso. Se conocía también como “sal de Saturno” y “azúcar de plomo”. Se utiliza principalmente en la manufactura de barnices, pigmentos de cromo, tintes para el cabello, pinturas antioxidantes y como reactivo analítico. Se fabrica por medio de la disolución del monóxido de plomo o del carbonato de plomo en ácido acético concentrado. Comercialmente se encuentra como acetato de plomo trihidratado.

#### **b) Tetraetilo de plomo (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>) Pb.**

La producción de este compuesto está dirigida principalmente a su uso como aditivo de la gasolina por ser un agente antidetonante, por lo tanto, la exposición a este compuesto puede ocurrir durante la síntesis, manipulación y transporte de la gasolina. Existen diversas

formas para fabricarlo, sin embargo, a partir de 1974 su producción ha disminuido considerablemente para ser reemplazado por el metil-terbutil-eter (MTBE). (Álvarez y col., 2006).

**c) Estearato de plomo Pb (C<sub>18</sub>H<sub>35</sub>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub>.**

Junto con el estearato de plomo dibásico se utiliza para ayudar a la estabilidad térmica de compuestos de cloruro de polivinilo.

**d) Naftenato de plomo.**

Es un componente de numerosas grasas y aceites de uso industrial.

### **2.3. Epidemiología**

El aire es un vehículo común de plomo, ya sea que provenga por combustión de la gasolina de los automóviles o, en concentraciones más altas, de la chimenea de la fábrica donde se trabaja el metal. En este caso, los habitantes que viven en las cercanías de una de estas empresas pueden absorber el plomo por el árbol respiratorio, si las partículas son pequeñas, o por deglución si estas son mayores (Ordoñez y col., 2003). Cuando las partículas, junto con el polvo ambiental, se depositan en los objetos y en el suelo de los hogares o de sus alrededores, los niños (especialmente entre uno y seis años) resultan ser los más expuestos, ya que son los que con mayor facilidad se llevan a la boca sus manos u objetos contaminados con el polvo contaminado de plomo (Ascione, 2001), (Selbst, 2001) y (Ordoñez y col., 2003)



En los Estados Unidos de Norte América, datos del The National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANESIII), indican que 1.7 millones de niños (alrededor del 9%) están intoxicados por plomo. Desde 1976 las cifras de niños con niveles altos de plomo se redujeron en un 80%. (Selbst, 2001). Las fuentes de exposición son el aire, el suelo, el agua y la comida. (Ascione, 2001), (Selbst, 2001) y (Ordoñez y col., 2003).

### **2.3.1. Manifestaciones clínicas**

Una vez realizada la absorción del plomo, bien sea por inhalación o por vía oral, sigue su acumulación, bien sea aguda o crónica y sus efectos se manifestaran en forma predominante en el sistema nervioso, hematopoyético, renal y óseo (Carmona y col., 2002).

#### **Intoxicación crónica:**

Aún con niveles muy bajos de plomo en el niño, se presenta de manera significativa deterioro del desarrollo neurológico, la conducta y el área cognitiva, representada ésta por alteraciones en el aprendizaje y la atención (Carmona y col., 2002), (Garza, y col., 2005), (Loayza y col., 2006) y (Gahyva y col., 2008). Niveles menores a 10 µg/dl, se han asociado con alteraciones en la esfera neurológica (Rivera, 2004), nefrológica, crecimiento y desarrollo, empeorando a medida que el nivel de plomo se eleva en la sangre, la evaluación en un niño con riesgo de plomo debe estudiarse en conjunto, haciendo especial énfasis en la relación que existe entre el coeficiente de plomo y la sintomatología referida (Carmona y col., 2002).

El cuadro clínico de la contaminación (intoxicación clínica) por plomo es muy sintomático y polimorfo, estando representado en muchas oportunidades por un gran deterioro neuroconductual (hiperactividad, déficit de atención y aprendizaje) (Gahyva y col., 2008), además se presentan en algunas ocasiones, alteraciones hematológicas (anemia microcítica e hipocrómica, punteado basófilo en los glóbulos rojos), compromiso renal (tubulopatías con pérdida de minerales) alteraciones pondoestaturales, disminución de la agudeza auditiva y visual, disminución en la actividad de la vitamina D, hipercalcemia, insuficiencia renal crónica, convulsiones, coma y hasta la muerte (Carmona y col., 2002), (Loayza y col., 2006).

Debe destacarse que en las exposiciones prolongadas, el plomo puede depositarse en barras de formaciones del hueso, preferiblemente en los huesos largos a nivel de la metafisis, observándose a través de estudios radiológicos líneas transversales de plomo (Loayza y col., 2006). La gravedad y evolución de las manifestaciones clínicas, dependerán de la edad del niño, y el estado nutricional, ya que a menor edad y a malas condiciones nutricionales, el pronóstico será más dudoso y la evolución hacia las complicaciones será más significativa. (Carmona y col., 2002).

#### **b) Intoxicación aguda:**

Es la menos frecuente, generalmente es accidental y suele resultar de la inhalación de partículas de óxidos de plomo. Al principio se presenta un estado de anorexia con síntomas de dispepsia y estreñimiento y después un ataque de dolor abdominal generalizado, además de diarrea, sabor metálico en la boca, náuseas, vómito, lasitud, insomnio, debilidad, artralgias, hipertensión, cefalea, anemia hemolítica, hepatitis tóxica, y encefalopatía (Álvarez y col., 2006).

## 2.4. Toxicidad del plomo

### 2.4.1. Toxicocinética del plomo

El plomo puede penetrar en el organismo por tres vías: respiratoria, digestiva y cutánea.

#### a) Vías de penetración:

**Vía respiratoria:** Es la más importante en el medio laboral, penetrando por: vapores, humos y partículas del polvo, una vez inhalado, se combina con proteínas o con el Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) espirado, formándose Carbonato de plomo ( $\text{Pb CO}_3$ ) soluble. Parte de este plomo se fija en la saliva y se traga. (Rubio y col., 2004). El 50% del Plomo depositado en los pulmones se encuentra en sangre circulante tras aproximadamente 50 horas, pasando un porcentaje a los tejidos o siendo eliminado. (Ascione, 2001), (Álvarez y col., 2006). El grado de absorción de plomo por esta vía depende de la concentración ambiental, del tiempo de exposición, de la forma física (vapores, humos, tamaños de las partículas) y química del plomo inhalado y de factores personales (edad, tipo de ventilación), (Valdivia, 2005), (Álvarez y col., 2006).

**Vía oral:** Constituye la primera vía de importancia de entrada de plomo en los niños, por la actitud de los mismos de llevarse todo a la boca. Las partículas de polvo de plomo son ingeridas directamente por medio de las manos, o a través alimentos o bebidas contaminadas. En el adulto, del 5 al 10% del plomo ingerido por esta vía pasa a la sangre, a diferencia de los niños que absorben de 40% a 50%, siendo el resto eliminado por las heces. (Ascione, 2001). Hay también un porcentaje de plomo que después de haber sido inhalado

es posteriormente vertido al tubo digestivo por los mecanismos de aclaramiento pulmonar. (Valdivia, 2005). En los niños, la absorción de plomo aumenta cuando el aporte de otros minerales en la dieta es inadecuado. Así aquéllos con deficiencia de hierro, calcio o zinc están en mayor riesgo de envenenamiento. El calcio de la dieta inhibe competitivamente el transporte activo de plomo intestinal. (El plomo parece absorberse por la misma vía de los mecanismos desarrollados para la absorción de elementos esenciales, como Fe, Ca y Zn). (Selbst, 2001).

**Vía cutánea:** La absorción percutánea del plomo inorgánico es mínima, pero el plomo orgánico si se absorbe bien por esta vía. (Valdivia, 2005). El plomo que atraviesa la piel pasa a través de los folículos pilosos y glándulas sebáceas y sudoríparas, directamente al torrente circulatorio. (Rubio y col., 2004).

## **b) Distribución**

Una vez que el plomo pasa a sangre se establece un intercambio dinámico entre los diferentes tejidos a los que el plomo se dirige. La distribución se produce en tres compartimientos:

El primer compartimiento lo constituye la sangre (siendo éste el principal compartimiento responsable de la toxicidad), (Ascione, 2001), donde el plomo circula en un 95% a 99% transportado por los hematíes, unido a la hemoglobina y a otros compuestos. La vida media del plomo en el compartimento sanguíneo es de aproximadamente 36 días. (Rubio y col., 2004), (Valdivia, 2005).

El segundo compartimento lo constituyen los tejidos blandos como hígado, riñón, médula ósea y sistema nervioso central, donde es almacenado cerca del 10% del plomo. (Ascione, 2001), (Rubio y col., 2004), (Valdivia, 2005).

El tercer compartimento, lo conforma el sistema esquelético, que contiene del 80 al 95% de la carga corporal de plomo almacenado en el organismo, siendo la vida media en el hueso de 20 a 30 años. (Ascione, 2001), (Rubio y col., 2004). En los niños se deposita en la metafisis de los huesos largos, formando depósitos radioopacos. (Ascione, 2001). Una parte del plomo depositado a nivel óseo (tejido óseo trabecular) se encuentra en forma inestable, y por tanto fácilmente movilizable en determinadas condiciones (acidosis, descalcificación) y en equilibrio con la sangre. El resto queda almacenado (tejido óseo compacto) y va aumentando progresivamente a medida que continúa la exposición. (Rubio y col., 2004), (Valdivia, 2005). Tanto los tejidos blandos como la sangre constituyen las unidades de intercambio activo, mientras que el esqueleto constituye la unidad de almacenamiento o de intercambio lento. (Rubio y col. 2004).

### **c) Vías de eliminación**

Cualquier vía de ingestión de plomo tiene su punto final en el hígado, el cual metaboliza los compuestos que a él llegan, eliminando una parte por la bilis. Finalmente se excreta por la orina (90%) y de forma secundaria por las heces, saliva, faneras, piel, cabello, uñas, sudor y leche materna (Rubio y col., 2004), (Valdivia, 2005).

#### **2.4.2. Toxicodinamia del plomo Efectos hematológicos**

El plomo es tóxico para las enzimas dependientes del zinc. Interfiere con la síntesis del hem, ya que se une a los grupos sulfhidrilos de las metaloenzimas como son la D-aminolevulínico deshidratasa, coproporfinógeno oxidasa y la ferroquelatasa, siendo el resultado final, el aumento de las protoporfirinas como la zinc-protoporfirina (ZPP) y la anemia. (Matte, 2003), (Ferrer y col. 2003) y (Valdivia, 2005) y (Bellinger y col, 2006).

El plomo tiene gran afinidad por los grupos sulfhidrilo, en especial por las enzimas dependientes de zinc. El mecanismo de acción es complejo; en primer lugar parece ser que el plomo interfiere con el metabolismo del calcio, sobre todo cuando el metal está en concentraciones bajas, el plomo altera el calcio de las siguientes formas: (Matte, 2003), (Garza y col., 2005), (Valdivia, 2005).

a) Reemplaza al calcio y se comporta como un segundo mensajero intracelular, alterando la distribución del calcio en los compartimentos dentro de la célula.

b) Activa la proteinquinasa C, una enzima que depende del calcio y que interviene en múltiples procesos intracelulares.

c) Se une a la calmodulina más ávidamente que el calcio, ésta es una proteína reguladora importante.

d) Inhibe la bomba de Na-K-ATPasa, lo que aumenta el calcio intracelular.

Finalmente esta alteración a nivel del calcio traería consecuencias en la neurotransmisión y en el tono vascular lo que explicaría en parte la hipertensión y la neurotoxicidad. Varias funciones del sistema nervioso central están comprometidas, principalmente porque el plomo altera en muchos pasos el metabolismo y función del calcio.

El plomo se acumula en el espacio endoneural de los nervios periféricos causando edema, aumento de la presión en dicho espacio y finalmente daño axonal (Ferrer y col. 2003) y (Valdivia, 2005) y (Bellinger y col, 2006).

El plomo atraviesa la barrera hematoencefálica más fácilmente en niños que en adultos (Ferrer y col. 2003). La exposición es crítica en los dos primeros años de la vida, ya que es el período de mayor desarrollo del sistema nervioso central. El plomo determina alteraciones permanentes en la arquitectura cerebral, dado que inhibe las enzimas que favorecen la arborización dendrítica lo que lleva a disminución del número de sinapsis y la liberación de neurotransmisores. Las consecuencias de la neurotoxicidad van desde retardo mental, alteraciones del comportamiento, déficit intelectual, hiperactividad y retardo escolar (Ascione, 2001), (Ordóñez y col, 2003) y (Gahyva y col., 2008).

A nivel renal interfiere con la conversión de la vitamina D a su forma activa, hay inclusiones intranucleares en los túbulos renales, produce una tubulopatía, que en estadios más avanzados conduce a atrofia tubular y fibrosis sin compromiso glomerular, caracterizándose por una proteinuria selectiva. En niños se puede ver un síndrome semejante al de Fanconi, con aminoaciduria, glucosuria, e hipofosfatemia, sobre todo en aquellos con plombemias altas. (Matte, 2003), (Valdivia, 2005) y (Bellinger y col, 2006).

A nivel gastrointestinal, afecta el músculo liso produciendo contracciones no propulsivas que determinan estreñimiento y dolores abdominales, siendo la manifestación máxima el cólico saturnino. (Ascione, 2001).

El plomo afecta al sistema reproductor humano, tanto masculino como femenino, además la exposición al plomo es especialmente peligrosa para el neonato, ya que el plomo puede ser transmitido de la madre al feto por transferencia placentaria estando expuesto casi a la misma concentración de plomo que la madre, dando lugar a nacimientos prematuros, a niños con bajo peso al nacer, e incluso abortos. (Rubio y col., 2004).



## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLOGICO**

#### **1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación realizada es de tipo transversal, ya que se propone la descripción de las variables tal como se manifiestan, y el análisis de estas tomando en cuenta su interrelación o incidencia, los datos se recogen solo una vez y en un tiempo único.

#### **2. NIVEL O MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.**

El diseño de esta investigación pertenece a un estudio de nivel correlacional y explicativo, puesto que se buscó establecer la relación entre las variables en estudio y la direccionalidad de dicha relación.

#### **3. POBLACION Y MUESTRA**

La población estuvo constituida por un total de 190 niños (en edad preescolar), pertenecientes a tres instituciones preescolares ubicadas en el municipio San Diego, Carabobo, los cuales se clasificaron en:

- Pre-escolares de 2 a 6 años, pertenecientes al nivel maternal B, primer nivel, segundo nivel y tercer nivel.

La muestra estuvo conformada por un grupo de 57 niños de 2 a 6 años, pertenecientes a los tres preescolares, cuyos padres previa información del mismo, manifestaron su deseo de participación en el estudio de manera voluntaria (Anexo A).

#### **4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.**

Para obtención de la información, se empleó la técnica de la encuesta bajo la modalidad de la entrevista, para tal fin, se utilizó una ficha de registro (Anexo B), donde se incluyeron datos personales como: nombre, sexo, edad, zona donde vive, algunos hábitos personales y de alimentación.

#### **5. TOMA DE MUESTRA**

Las muestras se obtuvieron por punción venosa previa asepsia, colectándose 6 ml de sangre venosa en tubos de polietileno (12x75mm<sup>3</sup>) con heparina como anticoagulante (100 lambdas), los cuales se mezclaron y se conservaron a una temperatura de 4 a 8 °C mediante refrigeración, hasta su debido procesamiento, el cual no debía exceder de una semana.

#### **6. PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS**

Las muestras se procesaron en el Laboratorio de Hogares Crea de Venezuela, mediante espectrofotometría de absorción atómica de llama, en un aparato Perkin Elmer, modelo 3.300, mediante la técnica modificada a partir de la recomendada por el Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH) de 1994.(Anexo C).

## **6.1. Determinación de niveles de plomo en sangre**

### **Principios del análisis:**

Espectrofotometría de Absorción Atómica: Este método está basado en el fenómeno de absorción de luz a longitudes de onda muy definidas por parte de átomos vaporizados en estado de reposo. Para ello es necesario llevar el elemento que se determina al estado elemental, vaporizarlo e introducirlo en el haz de radiación procedente de la fuente. Normalmente, se utiliza para lograr este proceso, llevar un soluto de la muestra como un rocío a una llama apropiada. El elemento en estudio es situado en la llama, donde es disociado de sus enlaces químicos y, por ganancia de electrones, se sitúa en un estado atómico base, neutro, no excitado ni ionizado. En estado basal, el átomo es capaz de absorber la radiación emitida por una fuente consistente en una lámpara de cátodo hueco, construida del metal a estudiar, y que permite el “espectro de líneas” característico de éste.

### **Fundamento:**

El método se basa en la extracción directa del plomo de la sangre hemolizada con metil-isobutil-cetona (MIBK), utilizando pirrolidín ditiocarbamato de amonio (APDC) como agente quelante. El contenido de plomo en la fase orgánica se determina por espectrofotometría de absorción atómica a 283,3 nm con llama de aire- acetileno.

## **7. ANALISIS ESTADISTICO**

La información recopilada fue revisada para corregir errores evidentes de inconsistencia, luego se transcribió utilizando el paquete estadístico de computación S.P.S.S., los resultados fueron presentados como medias  $\pm$  DE y frecuencias absolutas y porcentajes, se realizaron análisis de correlación tales como las pruebas de “t” de Student y de “Chi” cuadrado.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

Después de evaluar un total de 57 niños pertenecientes a tres preescolares del municipio San Diego, en el estado Carabobo, y, con la finalidad de analizar los niveles de plomo sanguíneo y su relación con las fuentes de exposición asociadas a la contaminación por plomo en la población infantil afectada, se obtuvieron los siguientes resultados.

#### 1. INTITUCIONES ESCOLARES.

En la tabla N° 1 se muestra, que el mayor porcentaje de niños que participaron del estudio, provenían del Preescolar “La Esmeralda” (47,4%), seguido por el Preescolar “Mi Alegría” (28%) y el Preescolar “Libertador” (24,6%), ubicados en el municipio San Diego, Estado Carabobo.

TABLA N° 1

*Distribución de los niños participantes en el estudio de acuerdo a su institución escolar.  
San Diego, Venezuela, 2004.*

<b>Procedencia escolar</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
La Esmeralda	27	47,4
Mi Alegría	16	28,0
Libertador	14	24,6
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Datos de la investigación, elaboración propia.

## 2. SEXO.

En relación al sexo, la mayoría de los niños participantes del estudio, eran del sexo femenino (54,4%) mientras que el 45,6%, eran de sexo masculino, (tabla N° 2).

TABLA N° 2

*Distribución de los niños participantes en el estudio de acuerdo al sexo. San Diego, Venezuela, 2004.*

<b>Sexo</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
Femenino	31	54,4
Masculino	26	45,6
<b>Total</b>	<b>57</b>	<b>100</b>

Fuente: Datos de la investigación, elaboración propia.

## 3. EDAD.

Las edades de los niños, estuvieron comprendidas entre 2 y 5 años, con un valor promedio de  $4,24 \pm 1,118$  años, destacándose que el mayor porcentaje de los participantes (77,2%) tenían entre 4 y 5 años de edad. (Tabla N° 3).

TABLA N° 3

*Distribución de los niños participantes en el estudio de acuerdo a la edad. San Diego, Venezuela, 2004.*

<b>Edad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
2-3	13	22,8
4-5	44	77,2
<b>Total</b>	<b>57</b>	<b>100</b>

Fuente: Datos de la investigación, elaboración propia.

#### 4. NIVELES DE PLOMO SANGUINEO.

Los niveles de plomo sanguíneo encontrados en el estudio, estuvieron comprendidos en un rango de 2,1 y 14,5  $\mu\text{g/dl}$ , con un promedio  $7,91 \pm 2,29$  DE, el mayor porcentaje de plomo sanguíneo (86%), se encontró por debajo de los valores mínimos permitidos ( $< 10 \mu\text{g/dl}$ ), y el 14%, presento concentraciones plúmbicas por encima de  $10 \mu\text{g/dl}$  (Tabla N° 4).

TABLA N° 4

*Distribución de los niveles de plomo sanguíneo en los niños participantes en el estudio. San Diego, Venezuela, 2004.*

<b>Niveles de plomo Sanguíneo</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
$< 10$	49	86
$\geq 10$	8	14
<b>Total</b>	<b>57</b>	<b>100</b>

Fuente: Datos de la investigación, elaboración propia.

## 5. SEXO Y NIVELES DE PLOMO SANGUINEO.

El nivel promedio de plomo sanguíneo (PbS), encontrado en los niños de sexo masculino participantes del estudio fue de, 7,75  $\mu\text{g/dl}$ , y el promedio en el sexo femenino fue de 8,04  $\mu\text{g/dl}$ . En la tabla N° 5, puede observarse que de los 8 niños (14%) que presentaron valores de plomo sanguíneo  $\geq 10 \mu\text{g/dl}$ ; 4 (50%) eran del sexo femenino y 4 (50%) del sexo masculino. Al aplicar la prueba t, no se encontraron diferencias significativas, al comparar los promedios de niveles de Plomo sanguíneo, según el sexo,  $p=0,5196$  ( $p > 0,05$ ).

TABLA N° 5

*Distribución de los niveles de plomo sanguíneo en los niños participantes en el estudio, según el sexo. San Diego, Venezuela, 2004.*

Sexo	PbS ( $\mu\text{g/dl}$ )		Total
	$< 10 \mu\text{g/dl}$	$\geq 10 \mu\text{g/dl}$	
F	27 (47,4 %)	4 (7%)	31 (54,4%)
M	22 (38,6 %)	4 (7%)	26 (45,6%)
Total	50 (86 %)	8 (14%)	57 (100%)

Fuente: Datos de la investigación, elaboración propia.

## 6. EDAD Y NIVELES DE PLOMO SANGUINEO

En relación a la edad de los niños que participaron en el estudio, y que presentaron valores elevados de plomo en sangre ( $\geq 10 \mu\text{g/dl}$ ), el 5,2 % estaban ubicados en el grupo de edades de 2 a 3 años y el 8,8 % en el grupo de 4 a 5 años (Tabla N° 6), no hay diferencias significativas según la edad,  $p= 0,38257$  ( $p > 0,05$ ).



TABLA N° 6

*Distribución de los niños participantes en el estudio de acuerdo a la edad y los niveles de plomo en sangre. San Diego, Venezuela, 2004.*

Edad (Años)	Pb S (µg/dl)		Total
	< 10	≥ 10	
(2-3)	10 (17,6%)	3 (5,2%)	13 (22,8%)
(4-5)	39 (68,4%)	5 (8,8%)	44 (77,2%)
<b>Total</b>	<b>49 (86%)</b>	<b>8 (14 %)</b>	<b>57 (100 %)</b>

Fuente: Datos de la investigación, elaboración propia.

#### 7. TALLER MECANICO.

En la tabla numero 7 podemos observar, que del total de casos, solamente el 8,8%, reporto la cercanía de algún taller mecánico cerca de su hogar, contrastando con un 91,2%, de los que no reportaron, al practicar la prueba de “Chi” cuadrado, se observa una asociación significativa  $p=0,08$  ( $p<0,1$ ), con un 90% de confianza, en el sentido de que la ausencia de talleres mecánicos, pudiera influir de manera significativa, en la disminución de las concentraciones de plomo.

TABLA N° 7

*Distribución de los niveles de plomo sanguíneo en los niños participantes en el estudio, en relación a la cercanía de los hogares con el taller mecánico. San Diego, Venezuela, 2004.*

Niveles de plomo en sangre	Taller Mecánico		Total
	NO	SI	
< 10 µg/dl	46 (80,7%)	3 (5,2%)	49 (86,0%)
≥ 10 µg/dl	6 (10,5%)	2 (3,5%)	8 (14,0%)
<b>Total</b>	<b>52 (91,2%)</b>	<b>5 (8,8 %)</b>	<b>57 (100 %)</b>

Fuente: Datos de la investigación, elaboración propia.

## 8. AUTOLAVADO Y/O CAMBIO DE ACEITE

En la tabla numero 8 observamos, que el 82,5% de los casos reporto la ausencia establecimientos como autolavados y/o cambio de aceite de vehículos, y que solamente se advierte la presencia de los mismos en un 3,5% de los casos, al practicar la prueba de “Chi” cuadrado, se observa una asociación significativa  $p=0,032$  ( $p<0,05$ ), con un 95% de confianza, ya que pudiera estar asociado la ausencia de este tipo de establecimientos, con la disminución de los niveles plasmáticos de plomo.

TABLA N°8

*Distribución de los niveles de plomo sanguíneo en los niños participantes en el estudio, en relación a la cercanía de los hogares con el Autolavado y/o cambio de aceite. San Diego, Venezuela, 2004.*

<b>Autolavado y/o cambio de aceite</b>			
<b>Niveles de plomo en sangre</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>Total</b>
< 10 µg/dl	47 (82,5%)	2 (3,5%)	49 (86,0%)
≥ 10 µg/dl	6 (10,5%)	2 (3,5%)	8 (14,0%)
<b>Total</b>	<b>53 (93%)</b>	<b>4 (7%)</b>	<b>57 (100 %)</b>

Fuente: Datos de la investigación, elaboración propia.

## **9. HABITO MANO-BOCA**

En relación al habito mano-boca, en los niños que participaron en el estudio, el 96,5% del total de casos, reportaron la presencia de este hábito en los niños, de los cuales el 14%, presento valores elevados de plomo en sangre ( $\geq 10 \mu\text{g/dl}$ ) (Tabla N° 9), luego de aplicar la prueba de “Chi” cuadrado, no se encontraron diferencias significativas,  $p=0,38257$  ( $p > 0,05$ ).

TABLA N°9

*Distribución de los niveles de plomo sanguíneo en los niños participantes en el estudio, en relación al hábito mano-boca. San diego, Venezuela, 2004.*

<b>Hábito mano-boca</b>			
<b>Niveles de plomo en sangre</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>Total</b>
< 10 µg/dl	2 (3,5%)	47 (82,5%)	49 (86,0%)
≥ 10 µg/dl	0 (0%)	8 (14,0%)	8 (14,0%)
<b>Total</b>	<b>2 (3,5 %)</b>	<b>4 (7%)</b>	<b>57 (100 %)</b>

Fuente: Datos de la investigación, elaboración propia.

## **CAPITULO V**

### **DISCUSION**

El propósito de esta investigación fue el de analizar las concentraciones de plomo en sangre y los factores de riesgo, en niños de 2 a 6 años de edad, en tres preescolares del municipio San Diego, Carabobo, en el año 2004.

El municipio San Diego, cuenta con una población de 74.941 habitantes, con una superficie de 106 km<sup>2</sup>, representando el 2% del territorio regional, debido a que dentro de sus límites, se encuentra la zona industrial de Castillito y a su vecindad con otras zonas industriales como la de Valencia, Guacara y los Guayos (Instituto Nacional de Estadística 2007), en este municipio se desarrollan gran cantidad de actividades comerciales e industriales y en el que además existe un elevado flujo de tránsito vehicular, convirtiendo a este municipio, en un sector de alto riesgo en términos de contaminación ambiental.

En estudios realizados por; Barberis y col., (2006) y Calderón y col., (2006) encontraron que las zonas en las cuales existen diversas fuentes de exposición al plomo o donde la exposición ambiental es específica, constituyen un riesgo potencial de intoxicación por dicho metal, especialmente en un grupo tan susceptible como son los niños.

El análisis de los resultados del presente estudio, determinó que la concentración promedio de plomo sanguíneo en la población infantil estudiada fue de 7,91 µg/dl, donde el 14% de la misma, presentó niveles de plomo en sangre por encima de 10 µg/dl, este hallazgo concuerda con los resultados de otros estudios realizados en diversos países, entre los cuales

podemos mencionar a Meneses y col., (2003), Nuwayhid y col. (2003), Chaochun y col., (2004), Li y col., (2004), Riddell y col., (2007), Bas y col., (2008) y Sharaf,y col., (2008), los cuales reportaron concentraciones de plomo sanguíneo promedio, por debajo 10 $\mu$ g/dl, según el proyecto de norma PROY-NOM-199-SSA1-2000 y la normatividad del Centro de Control de Enfermedades de los Estados Unidos de Norteamérica (Chantiri y col., 2003), y un bajo porcentaje de niveles de plomo elevado.

Estos resultados contrastan con algunos trabajos realizados por Kaiser y col., (2001), (Carvalho y col., 2003), Rojas y col., (2003), Huo y col., (2007), y Hurtado y col., (2008), donde los niveles de plomo sanguíneo promedio, se encontraron por encima de los niveles máximos permisibles (> 10  $\mu$ g/dl).

En relación al sexo, la mayoría de los niños participantes en el estudio, eran de sexo femenino (54,4 %) mientras que el 45,6 %, eran de sexo masculino, (Tabla N° 2), el nivel promedio de plomo sanguíneo (PbS), encontrado en los niños de sexo masculino fue de; 7,75  $\mu$ g/dl, y el promedio en el sexo femenino fue de 8,04  $\mu$ g/dl (Tabla N° 5). De los 8 niños (14%) que presentaron valores de plomo sanguíneo  $\geq$  10  $\mu$ g/dl; 4 (50%) eran del sexo femenino y 4 (50%) del sexo masculino. Al aplicar la prueba t de Student, no se encontraron asociaciones estadísticamente significativas, al comparar los promedios de niveles de Plomo sanguíneo, entre ambos sexos, (p 0,05).

Estos resultados concuerdan con los estudios realizados por Manzanares y col., (2006), Bas y col., (2008) y Sharaf y col., (2008), donde se encontraron bajos niveles de plomo sanguíneo, pero sin asociación significativa, con relación a los promedios de acuerdo al sexo,

a diferencia de los resultados reportados por González y col., (2008), donde se encontraron promedios elevados de plomo, pero sin ninguna significancia estadística.

En relación a la edad de los niños que participaron en el estudio, estuvieron comprendidas entre 2 y 5 años, con un valor promedio de  $4,24 \pm 1,118$  años, destacándose que el mayor porcentaje de los participantes (77,2 %) tenían entre 4 y 5 años de edad (Tabla N° 3), de los niños que presentaron valores elevados de plomo en sangre ( $\geq 10 \mu\text{g/dl}$ ), el 5,2 % estaban ubicados en el grupo de edades de 2 a 3 años y el 8,8 % en el grupo de 4 a 5 años (Tabla N° 6), al igual que en los trabajos reportados por Bas y col., (2008), González y col., (2008) y Sharaf y col., (2008), no se observaron diferencias significativas con respecto a la edad, ( $p < 0,05$ ).

En relación a la existencia de establecimientos o negocios cercanos como algún taller mecánico, del total de casos, solamente el 8,8%, reporto la cercanía de algún taller mecánico cerca de su hogar, contrastando con un 91,2%, de los que no reportaron, al practicar la prueba de “Chi” cuadrado, se observa una asociación significativa ( $p < 0,1$ ), con un 90% de confianza, en el sentido de que la ausencia de talleres mecánicos, pudiera influir en la disminución de las concentraciones de plomo, de igual manera se aplica a la presencia cercana de algún autolavado o cambio de aceite, ya que el 82,5% de los casos reporto la ausencia establecimientos como autolavados y/o cambio de aceite de vehículos, y que solamente se advierte la presencia de los mismos en un 3,5% de los casos, al practicar la prueba de “Chi” cuadrado, se observó una asociación significativa ( $p < 0,05$ ), con un 95% de confianza, de que pudiera estar asociado la ausencia de este tipo de establecimientos, con la disminución de los niveles de plomo plasmáticos.

En este sentido, contrasta con los resultados de Squillante y col., (2000), en donde este tipo de establecimientos, fue reportado con el mayor porcentaje de casos de niños con plomo elevado, siendo estadísticamente significativo, dado que en este trabajo, la presencia de este tipo de establecimientos sí estuvo asociada con el aumento de dicho metal.

Los hábitos higiénicos de los niños juegan un papel importante de potencial contaminación ya que ellos llevan sus manos y objetos a la boca, comen sin lavarse las manos e ingieren alimentos que han estado en el piso. En relación al hábito mano-boca, el 96,5% del total de casos, reportaron la presencia de este hábito en los niños, de los cuales el 14%, presento valores elevados de plomo en sangre ( $\geq 10 \mu\text{g/dl}$ ) (Tabla N° 9), luego de aplicar la prueba de “Chi” cuadrado, no se encontraron diferencias significativas, ( $p > 0,05$ ), a diferencia del trabajo reportado por Squillante y col.,(2000), donde estableció una correlación positiva entre este hábito y los niveles de plomo sanguíneo.



## CAPITULO VI

### 1. CONCLUSIONES

Una vez analizados los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede concluir lo siguiente:

1. El 47,4% de los niños participantes del estudio, pertenecían al preescolar “La Esmeralda”, en relación al sexo, el 54,4 % eran de sexo femenino y el 45,6%, de sexo masculino, en cuanto a las edades, estuvieron comprendidas entre 2 y 5 años, con un valor promedio de  $4,24 \pm 1,118$  años, el 77,2 % de los participantes, tenían entre 4 y 5 años de edad.
2. El promedio de plomo sanguíneo encontrado en el estudio fue de  $7,91 \pm 2,29$  DE, con un rango de 2,1 y 14,5  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , el 86% de los niños participantes del estudio reportaron valores de plomo sanguíneo por debajo de los valores mínimos permitidos ( $<10\mu\text{g}/\text{dl}$ ), mientras que el 14%, presento concentraciones plúmbicas por encima de 10  $\mu\text{g}/\text{dl}$ .
3. El nivel promedio de plomo sanguíneo encontrado en los niños de sexo femenino fue de: 8,04  $\mu\text{g}/\text{dl}$  y en el de sexo masculino fue de: 7,75  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , en cuanto a la edad de los niños que participaron en el estudio y que presentaron valores elevados de plomo en sangre ( $\geq 10 \mu\text{g}/\text{dl}$ ), el 8,8 % estuvieron ubicados en el grupo de 4 a 5 años de edad, y el 5,2% en el grupo de 2 a 3 años, no se observaron asociaciones estadísticamente significativas entre el

sexo y la edad, al compararlos con los niveles de plomo en sangre ( $p < 0,05$ ).

4. El 91,2%, de los casos, no reporto la presencia de algún taller mecánico cerca de su hogar, observándose una asociación significativa ( $p < 0,1$ ), con un 90% de confianza, en el sentido de que la escasa presencia de talleres mecánicos, pudiera estar relacionado con las concentraciones bajas de plomo plasmático.
5. En el 82,5% de los casos, se reportó la ausencia de establecimientos como autolavados y/o cambio de aceite de vehículos, se observa una asociación significativa ( $p < 0,05$ ), con un 95% de confianza, ya que pudiera estar asociado la poca presencia de este tipo de establecimientos, con la disminución de los niveles plasmáticos de plomo.
6. En relación al habito mano□boca en los niños que participaron en el estudio, el 96,5% (dentro de los cuales se incluyen el 14% con niveles de plomo elevado) reportaron la presencia del mismo, a pesar de esto, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

## **2. RECOMENDACIONES**

1. Informar y orientar a los padres y o representantes, sobre los riesgos y peligros de la contaminación e intoxicación por plomo.
2. Diseñar estrategias que permitan ejecutar un adecuado monitoreo de los participantes, a fin de lograr labores de prevención a tiempo.

3. Realizar determinaciones de plomo sanguíneo anualmente en la población expuesta a factores de riesgo, y en niños menores de un año.
4. Resaltar la higiene personal de los niños, sobre todo al momento de ingerir alimentos.
5. Recomendar el lavado de los juguetes utilizados por los niños, por lo menos dos veces por semana.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguilar, J., Bermejo, P.M., Romero, M., y col., (2003). Niveles de plomo en sangre y factores asociados, en niños del municipio de Centro Habana. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 41 (2).

Alanís., T., Garza, L., Abrego, V., y col., (2001). Contaminación ambiental y salud. Parte I.

Plomo: Exposición en niños y la importancia de su detección. *Ciencia UANL*, IV (1), 76-80.

Álvarez, L., Almazan, S., Boreiko, C., y col. (2006). Manual para el manejo ambientalmente responsable del plomo. Cámara minera de México. International lead management center. Industrias Peñoles, S.A. de C.V. Centro Ambiental del Tecnológico de Monterrey  
[www.ilmc.org/spanish/Manual%20para%20el%20Manejo%20Ambientalmente%20Responsable%20del%20Plomo.pdf](http://www.ilmc.org/spanish/Manual%20para%20el%20Manejo%20Ambientalmente%20Responsable%20del%20Plomo.pdf).

Ascione, I., (2001). Intoxicación por plomo en pediatría. *Archivos de Pediatría del Uruguay*. 72(2), 133-38.

Barberis, S., A., Piñeiro, A., & C., Magdalena. (2006). Estudio sobre contaminación ambiental por plomo en niños de la localidad de abra pampa (Jujuy-Argentina). *Acta Toxicológica Argentina*, 14, 2-6.

Bas, S., Peña, Q., Martin, G., col., (2008). Niveles de plomo en sangre de niños en la isla de Gran canaria. *Canarias Pediátrica*, 32 (2),123.

Bellinger, D., & Bellinger, A., (2006). Childhood lead poisoning: the torturous path from science to policy. *The Journal of Clinical Investigation*, 116(4), 853-857.

Buka, I., (2006). Exposición a plomo en niños canadienses: la necesidad de revisar los estándares regulatorios. Niveles de plomo y estándares en niños canadienses. *Acta Toxicológica Argentina*, 14, 25-26.

- Calderón, L., Mora, Z., Gómez, N., y col. (2006). Efectos del Plomo sobre algunos parámetros bioquímicos, Coeficiente Intelectual y variables antropométricas en escolares. VITAE. Academia Biomédica Digital. Facultad de Medicina. Universidad Central de Venezuela, 29. <http://caibco.ucv.ve>
- Carvalho, F., Muniz, A., Tavares, T., y col., (2003). Chumbo no sangue de crianças e passivo ambiental de uma fundição de chumbo no Brasil. Revista Panamericana de Salud Pública, 13 (1), 19-23.
- Carmona, G., Castillo, E., & Castillo, M., (2002). Toxicología Pediátrica. 3era. Edición. ALFA Impresores, C.A. Valencia. Venezuela.
- Dip, P., (2003). Intoxicación con plomo en la infancia. Todavía un problema después de un siglo. Journal of Paediatric Child Health, 39, 623-626.
- Chantiri, J, Azamar, R., & R., Galvan, R., (2003). Niveles de plomo en mujeres y niños alfareros. Revista Médica de la Universidad Veracruzana, 3 (1).
- Chaochun, Z. & Zhengyan, Z., (2004). Blood Lead Levels Among Children Aged 0-15 Years in Hangzhou, China. Indian pediatrics, 41, 404-406.
- Doadrio, A., (2006). Ecotoxicología y acción toxicológica del plomo. Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia, 72, 409-422.
- Ferrer, A., (2003). Intoxicación por metales. Anales del Sistema Sanitario de Navarra, 26 (1), 141-153.
- Gahyva, D., Pinheiro, P., & Caldana, M., (2008). Caracterização das alterações de linguagem em crianças com histórico de intoxicação por chumbo. Pró-Fono Revista de Atualização Científica, 20(1), 55-60.
- García, O., Elizari, M. & Carné E., (2003). Niveles sanguíneos de plomo en niños de un barrio de Barcelona. Anales de Pediatría (Barcelona) 59(5) ,500-506.
- Garza, A., Chávez H. & Vega, R., (2005). Mecanismos celulares y moleculares de la neurotoxicidad por plomo. Salud mental, 28 (2) ,48-58.
- Gisbert, J., (2000). Medicina Legal y Toxicología. 5ta. Edición. Editor Enrique Villanueva Cañadas. Masson S.A. Barcelona. España.

- González, E., González, R. & Bedolla, C., (2008). Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo por envenenamiento de plomo en niños mexicanos. *Revista de la Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia*, 43, 114-119.
- Huo, X., Peng, L., Zheng, L., y col., (2003). Elevated Blood Lead Levels of Children in Guiyu, an Electronic Waste Recycling Town in China. *Environmental health perspectives*, 115(7), 1113-1117.
- Hurtado, C., Gutiérrez M. & Echeverry J., (2008). Aspectos clínicos y niveles de plomo en niños expuestos de manera paraocupacional en el proceso de reciclaje de baterías de automóviles en las localidades de Soacha y Bogotá, D.C. *Biomédica*, 28, 116-125.
- Instituto Nacional de Estadística. Estado Carabobo. Densidad poblacional según municipio, 2007. Cifras preliminares con base al cálculo realizado por el Sistema Geográfico y Estadística del Instituto Nacional de Estadística. <http://www.ine.gov.ve/sintesisestadistica2007/estados/carabobo/cuadros/Poblacion4.xls+instituto+nacional+de+estadisticas,san+diego,+carabobo&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=ve>
- Kaiser, R., Henderson, A., Randolph, W., y col., (2001). Blood Lead Levels of Primary School Children in Dhaka, Bangladesh. *Environmental Health Perspectives*, 109(6), 563-566.
- Li, S., Zhenyia, Z., Lon, L., y col., (2004). Preschool children's lead levels in rural communities of Zhejiang province, China. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 207(5), 437-440.
- Loayza, J., (2006). Estudio de investigación: Gestión integral de residuos peligrosos. *Boletín Electrónico Informativo Sobre Productos y Residuos Químicos. FQIQ. UNMSM. Lima. Perú*, 14 (2). <http://www.copsperu.org.pe/noticias/boletin.pdf>.
- López, G., (2000). Intoxicación por plomo en niños menores de seis Años en un asentamiento humano del callao. *Anales de la Facultad de Medicina. Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 61(1), 37-45.
- Loza, C., (2000). Intoxicación por plomo en el occidente asturiano (I): Evolución y seguimiento de los casos controlados en el hospital de referencia. *Boletín Pediátrico*40, 27-32.

- Manzanares, E., Vega, H., Salas, M., y col., (2006). Niveles de plomo en la población de alto riesgo y su entorno en San Ignacio, Fresnillo, Zacatecas, México. *Salud Pública de México*, 48(3), 212-219.
- Matte, T., (2003). Efectos del Plomo en la Salud de la Niñez. *Salud Pública de México*, 45(2), 209-211
- Meneses, F., Richardson, V., Lino, M., y col., (2003). Niveles de plomo en sangre y factores de exposición en niños del Estado de Morelos México. *Salud Pública México*, 45(2), 203-208.
- National Institute for Occupational Safety and Health. Method 8003. (1994). *Manual of Analytical Methods*. Fourth Edition. DHHS (NIOSH) Publications 1, 84-100. <http://www.cdc.gov/NIOSH/>
- Nuwayhid, I., Nabulsi, M., Muwakkit, S., y col., (2003). Blood lead concentrations in 1–3 year old lebanese children: a cross-sectional study. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 2.<http://www.ehjournal.net/content/2/1/5>
- Ordoñez, B., Ruiz, L., & Mora, R., (2003). Investigación epidemiológica sobre niveles de plomo en la población infantil y en el medio ambiente domiciliario de Ciudad Juárez, Chihuahua, en relación con una fundición de El Paso, Texas. *Salud Pública de México*, 45(2), 281-295.
- Ornellas, M., Sanín, L., Díaz, F., y col., (2007). Evaluación de riesgo de intoxicación por plomo en la zona urbana aledaña a una fundidora en Chihuahua, México. *Tecnociencia Chihuahua I* (1) ,26-35.
- Pérez, A., Quintero, M., Skorupinski, A., y col., (2005). Riesgos de contaminación por plomo en una población escolar de la zona sur de valencia. Julio-diciembre 2002. *Archivos venezolanos de puericultura y pediatría*, 68(2), 60-68.
- Riddell, T., Solon, O., Quimbo, S., y col., (2007). Elevated blood-lead levels among children living in the rural Philippines. *Bulletin of the World Health Organization*, 85(9), 674-680.
- Ringold, S., (2005). Intoxicación por plomo. *The Journal of the American Medical Association*, 293, (18) ,2304.

- Rivera, L., 2004. Daño neurológico secundario a la intoxicación por plomo en niños. Revista de la Facultad de Medicina. UNAM, 47(4), 154-157.
- Rojas, M., Espinoza, C. & Seijas, D. (2003). Asociación entre el plomo en sangre y parámetros sociodemográficos en población infantil. Revista Saúde Pública, 37(4), 503-509.
- Rubio, C., Gutiérrez A., Martins R., y col., (2004). El plomo como contaminante alimentario. Revista Toxicológica, 21, 72-80.
- Seijas, D. & Squillante G., (2008). Plomo en sangre, estado nutricional y estratificación socioeconómica, en niños de una comunidad de Valencia. Anales Venezolanos de Nutrición, 21 (1) ,14-19.
- Selbst, S., (2001). Envenenamiento por plomo en los niños. Archivos de Pediatría del Uruguay, 72(1), 38-44.
- Sepúlveda, V., Vega, J. & Delgado, I., (2000). Exposición Severa a Plomo Ambiental en Población Infantil de la Ciudad de Antofagasta. Chile. Revista Médica de Chile, 128 (2).
- Sharaf, N., Alia, A., Nagat, A. y col., (2008). Evaluation of Children's Blood Lead Level in Cairo, Egypt. American-Eurasian Journal of Agriculture & Environmental Science, 3(3), 414-419.
- Squillante, G., Rojas, M. & Medina, E., (2000). Relación entre indicadores de exposición a plomo en niños de edad pre-escolar y concentraciones ambientales del mismo. Anales de Investigación. Memorias del III Congreso de Investigación en la Universidad de Carabobo, II, 279-291.
- Valdivia, M., (2005). Intoxicación por plomo. Revista de la Sociedad Peruana de Medicina Interna. 18(1), 22-27.



## **ANEXOS**

## ANEXO A

### **Autorización para toma de muestra**

El motivo de la presente es solicitar a Ud. todos los buenos oficios que a bien pueda brindar en permitir la participación de su hijo o representado, en el estudio sobre el riesgo de plomo como contaminante y desencadenante de cuadros clínicos propios que alteran la salud de su niño evaluado, para ello es imprescindible su autorización para la toma de muestra de sangre, lo cual se realizará con personal idóneo y capacitado.

Es importante que Ud. sepa, que previo a la toma de muestra , el niño será evaluado por un médico pediatra, y de su parte se le agradece aportar la información solicitada en referencia a su familia, vivienda y hábitos, información esta, básica para complementar el estudio planteado.

También se hace de su conocimiento que los resultados obtenidos se les hará llegar, junto a la correspondiente referencia a que deba acudir en caso de que se amerite.

Muchas gracias por su colaboración

Atentamente

**Lic. Noel Lugo**

Investigador

Cursante Maestría Toxicología Analítica.

**Dra. Gladys Carmona**

Coordinadora Maestría Toxicología Clínica

Tutora de la investigación.

## Autorización

Nº de identificación: \_\_\_\_\_

Yo \_\_\_\_\_

Representante del niño(a): \_\_\_\_\_

Después de haber leído y haberme informado del estudio a realizar, doy mi consentimiento para participar en dicho estudio sobre plomo en niños a realizar en el colegio:

\_\_\_\_\_

Dirección:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Entiendo que mi participación es voluntaria.

\_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2004.

Nombre y firma  
del Padre o Representante

Nombre y firma  
del Investigador

## ANEXO B

Ficha N° \_\_\_\_\_

### Encuesta al Representante.

Localidad: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Institución: \_\_\_\_\_

### Datos personales del representado, niño(a).

Apellidos: \_\_\_\_\_

Nombres: \_\_\_\_\_

Nacionalidad: \_\_\_\_\_

Fecha de Nacimiento: \_\_\_\_\_

Lugar de Nacimiento (Ciudad y Estado): \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

Sexo: \_\_\_\_\_

Grado escolar: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_

**Datos personales de los representantes:**

**Nombre Completo de la madre:** \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Nacionalidad: \_\_\_\_\_ C.I. \_\_\_\_\_

Tiempo de residencia en la dirección actual: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_

Estado Civil: S \_\_\_\_\_ C \_\_\_\_\_ D \_\_\_\_\_ V \_\_\_\_\_

Lugar de Nacimiento (ciudad y estado): \_\_\_\_\_

Teléfono (Celular y/o habitación): \_\_\_\_\_

Correo electrónico: \_\_\_\_\_

**Grado de instrucción:**

1. Primaria: \_\_\_\_\_
2. Secundaria (Bachiller): \_\_\_\_\_
3. Técnico Medio: \_\_\_\_\_
4. Técnico Superior Universitario: \_\_\_\_\_
5. Universitario: \_\_\_\_\_

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

**Ocupación de la Madre:**

1. Empleada: \_\_\_\_\_
2. Obrera: \_\_\_\_\_
3. Comerciante: \_\_\_\_\_
4. Hogar: \_\_\_\_\_
5. Otro: \_\_\_\_\_

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

**Nombre Completo del Padre:** \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Nacionalidad: \_\_\_\_\_ C.I.: \_\_\_\_\_

Tiempo de residencia en la dirección actual: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_

Estado Civil: S \_\_\_\_\_ C \_\_\_\_\_ D \_\_\_\_\_ V \_\_\_\_\_

Lugar de Nacimiento (ciudad y estado): \_\_\_\_\_

Teléfono (Celular y/o habitación): \_\_\_\_\_

Correo electrónico: \_\_\_\_\_

**Grado de instrucción:**

1. Primaria: \_\_\_\_\_
2. Secundaria (Bachiller): \_\_\_\_\_
3. Técnico Medio: \_\_\_\_\_
4. Técnico Superior Universitario: \_\_\_\_\_
5. Universitario: \_\_\_\_\_

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

**Ocupación del Padre**

1. Empleado: \_\_\_\_\_
2. Obrero \_\_\_\_\_
3. Comerciante: \_\_\_\_\_
4. Otro: \_\_\_\_\_

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

1. **Jefe de familia** (el que mantiene **económicamente** el hogar):

**Padre:** \_\_\_\_\_ **Madre:** \_\_\_\_\_ **Otro Familiar:** \_\_\_\_\_

**Observaciones:** \_\_\_\_\_



**2. Fuente principal de ingresos de la familia:**

2.1 Fortuna heredada o adquirida: (\_\_\_)

2.2 Ganancias, beneficios u honorarios: (\_\_\_)

2.3 Sueldo mensual: (\_\_\_)

2.4 Salario semanal o por tareas a destajo: (\_\_\_)

2.5 Vive de donaciones de origen público o privado o ejecutan trabajos ocasionalmente: (\_\_\_)

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

3. ¿Existe en la misma manzana, cuadra o cerca de su casa alguno de los siguientes establecimientos y/o tiene algún contacto con alguno de ellos?

<b>Establecimiento</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
Imprenta o tipografía.		
Fundidora de plomo.		
Alfarería.		
Fábrica de Pinturas y/o solventes.		
Fábrica o reparación de baterías y/o radiadores.		
Estación de servicio (gasolinera).		
Taller mecánico.		
Taller de latonería y pintura		
Carpintería.		
Taller de Herrería.		
Autolavado (cambio de aceites).		
Parada de autobuses y/o de Taxis.		

Observaciones: \_\_\_\_\_



4. Se encuentra ubicada su casa en o muy cerca de:

<b>Ubicación</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
Calle o avenida con mucho tráfico		
Calle o avenida con poco tráfico		
Otro		

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

5. ¿Existe en la misma manzana o cerca de su escuela alguno de los siguientes establecimientos o tiene algún contacto con alguno de ellos?

Establecimiento	Si	No
Imprenta ó tipografía.		
Fundidora de plomo.		
Alfarería.		
Fábrica de Pinturas y/o solventes		
Fábrica o reparación de baterías o radiadores.		
Estación de servicio (gasolinera).		
Taller mecánico.		
Taller de latonería y pintura.		
Carpintería.		
Taller de Herrería.		
Autolavado (cambio de aceites).		
Parada de autobuses y/o de Taxis.		

Observaciones: \_\_\_\_\_

6. Su escuela está localizada en o muy cerca de:

Ubicación	Si	No
Calle o avenida con mucho tráfico		
Calle o avenida con poco tráfico		
Otro		

Observaciones: \_\_\_\_\_

7. ¿Utiliza utensilios de barro vidriado o Cerámica para cocinar, preparar, servir y/o guardar los alimentos?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

8. ¿Consume actualmente o ha consumido su hijo(a) Vitaminas o suplementos naturales?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Especifique: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

9. ¿Recibe el actualmente el representado algún tipo de medicamento (tratamiento médico)?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

10. ¿Se ha realizado el representado alguna vez, niveles de plomo en sangre?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Valores obtenidos: \_\_\_\_\_

Valores referenciales: \_\_\_\_\_

Método: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

11. ¿Hay algún miembro de su familia que tiene o haya tenido niveles elevados de plomo en la sangre?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

12. ¿Come su niño(a) o se mete a la boca objetos que no son alimentos? Por ejemplo tierra, astillas (polvo) de pintura, barro, lápices y/o creyones (lápices de colores).

Sí \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

13. ¿Consume o ha consumido su niño(a) dentro de su dieta diaria algunos de los siguientes alimentos?

<b>Alimentos</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
Enlatados (Atún, sardinas, jamón endiablado, etc.)		
Derivados de la leche (queso o Yogurt, etc.)		
Pescado “fresco” (no enlatado), de río.		
Pescado “fresco” no enlatado, de mar		
Vegetales verdes		
Otro:		

Observaciones: \_\_\_\_\_

## ANEXO C

**Técnica para la determinación de plomo en sangre, modificada a partir de la recomendada por la NIOSH, 1994.**

### **Consideraciones generales:**

Muestra: Sangre (anticoagulada con heparina o con EDTA) Analito: Complejo Pb (II) – APDC

Extracción: APDC - MIBK

Estabilidad de la muestra: Sangre aproximadamente 7 días a 4° C. Calibración: Soluciones de metil-isobutil-cetona de complejos Pb– APDC. Interferencias: Fosfatos, Oxalatos y EDTA.

Linealidad: 5 a 150 µg/100 g en sangre y orina.

Controles: Muestras controles comerciales de orina y sangre provenientes de “un pool” de poblaciones no expuestas.

Valores de Referencia: (Límites permisibles): Sangre: Niños hasta 10 µg/dl.

Utilidad: Indicador Biológico de exposición al plomo o a compuestos de plomo.

### **Reactivos**

Todos los reactivos utilizados deben tener, como mínimo, la especificación "para análisis" y el agua debe ser bidestilada o equivalente.

1. Octil-Fenoxi-Polietoxietanol (Tritón X-100).
2. Pirrolín Ditiocarbamato de Amonio (APDC).
3. Isobutil-metil-cetona (MIBK).
4. Nitrato de Plomo (Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>).
5. 5 Ácido Nítrico concentrado (HNO<sub>3</sub>), min. 65%.
6. Heparina sódica.

**Preparación de las soluciones de trabajo necesarias para la determinación de plomo en sangre.**

- **Solución acomplejante (APDC al 2 % –Tritón X 100 al 2,5 %):**

Se disolvió 2 g. de Pirrolidín Ditiocarbamato de Amonio (APDC) y 2,5 ml de Tritón X – 100 en 20 ml de agua desionizada. Diluyéndose hasta 100 ml en un balón aforado. Es estable durante 2 meses a temperatura ambiente.

- **Agua saturada de MIBK:**

Se adiciono 100 ml de agua desionizada a 900 ml de MIBK puro, mezclándose y dejando reposar durante 1 hora previo a su uso. Es estable durante 1 año a temperatura ambiente.

- **Solución madre de plomo de 1 g/l (1000 ppm) en solución de HNO<sub>3</sub> al 2 %:**

Se pesó 1,598 g. de Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> y se enraso en balón aforado de 1 litro con HNO<sub>3</sub> al 2%, luego se almaceno en envase plástico, es estable durante 1 año a temperatura ambiente.

- **Solución de HNO<sub>3</sub> al 2 % a partir de HNO<sub>3</sub> al 65 %:**

$$V_c = ? \quad V_c \times C_c = V_d \times C_d \quad \rightarrow \quad V_c = \frac{V_d \times C_d}{C_c}$$

$$C_c = 65\% \text{ v/v}$$

$$V_d = 1000 \text{ ml}$$

$$C_d = 2\% \text{ v/v}$$

$$V_c = \frac{1000 \text{ ml} \times 2\% \text{ v/v}}{65\% \text{ v/v}}$$

$$V_c = 30.8 \text{ ml}$$

Se midieron 30,8 ml de HNO<sub>3</sub> al 65 % y se llevaron a un balón aforado de 1000 ml, luego se enraso hasta el aforo, es estable durante un año a temperatura ambiente.

- **Solución estándar de trabajo de 5 mg/l (5 µg/ml o 5 ppm):**

Se tomó 50 µl de Solución Madre de Plomo, se diluyo y se enraso hasta 10 ml con agua bidestilada – desionizada en un balón aforado, hasta el enrase. Es estable una semana a 4°C. (Se almacena en nevera). Esta solución también puede usarse como control de lectura, y se obtiene una absorbancia de 0,040 A, a flujo regulado de 3 ml/seg.

- **Solución control de lectura de 10 mg/l (10 µg/ml o 10 ppm) :**

Se tomó 100 µl de Solución Madre de Plomo, se diluyo y se enraso hasta 10 ml con agua bidestilada – desionizada en un balón aforado, hasta el enrase, estable por una semana a 4°C. Con esta solución se obtiene una absorbancia de 0,080 A, a flujo regulado de 3 ml/seg.

### **Materiales y Equipos**

1. Tubos de polietileno 12 x 75 mm, exentos de plomo, con heparina (o en su defecto con EDTA)
2. Tubos plásticos o de vidrio borosilicatado con tapa (13 x 100mm).
3. Agitador mecánico de vórtice (vortex) o mezclador. .
4. Centrifuga capaz de alcanzar 3.000 r.p.m.
5. Espectrofotómetro de absorción atómica equipado con lámpara de plomo y mechero para llama de aire-acetileno.
6. Bombona de acetileno (grado recomendado para EAA).
7. Aire a 40 psi, filtrado para remover grasa y agua (compresor de aire).
8. Material de vidrio y de plástico, apropiados y necesarios para la preparación de soluciones (pipetas, balones aforados, cilindros graduados, beakers, envases plásticos, entre otros).
9. Material descartable necesario para la toma de muestra de sangre (jeringas,

pericraneales 23 G, torniquete, algodón y alcohol antiséptico al 75% V/V).

**Curva de calibración:** Volumen final = 2 ml.

Patrones (µg/dl)	Vol SST de 5 mg/l (µl)	Vol. H <sub>2</sub> O desionizada (ml)
5	20	1,98
10	40	1,96
20	80	1,92
30	120	1,88
40	160	1,84
50	200	1,80
60	240	1,76
80	320	1,68
100	400	1,60

**Controles:** Los controles se prepararon exactamente igual a los patrones. También se puede hacer a partir de un pool de pacientes, o puede leerse un paciente cuya concentración se conozca, el cual se guarda para tal fin.

**Muestras:** Se tomaron 5 ml de sangre venosa en tubos con heparina y se almacenaron en nevera a 4°C hasta su procesamiento, el cual no excedió de una semana.



**Técnica:**

Se aplica por igual a patrones, controles y muestras de pacientes.

<b>Reactivos</b>	<b>Blanco</b>	<b>Patrón</b>	<b>Control</b>	<b>Muestra</b>
Vol. H <sub>2</sub> O desionizada (ml)	2			-
Vol. Patrón (ml)	-			-
Vol. Control (ml)	-			-
Vol. Muestra (ml)	-			2
Vol. Sol. Acomplejante (ml)	0,8	0,8	0,8	0,8
Mezclar suavemente por algunos segundos e inmediatamente agregar:				
Vol. MIBK (ml)	2	2	2	2
<ul style="list-style-type: none"><li>• Tapar bien y agitar en mezclador durante 30 minutos todos los tubos.</li><li>• Centrifugar durante 20 minutos.</li><li>• Llevar todos los tubos a temperatura de 4°C.</li><li>• Analizar después de 24 horas en Espectrofotómetro de Absorción Atómica a longitud de onda de 283,3 nm.</li></ul>				

**Nota:**

- Los blancos y los patrones se deben montar por duplicado, promediando las lecturas obtenidas, y debe leerse un control cada 5 pacientes.
- Las lecturas se hacen en expansión (10,00 X) debido a que ello aumenta la sensibilidad del equipo para hacer las lecturas.
- La concentración de las muestras desconocidas se determina calculando la pendiente de la recta de los patrones establecidos.

## **Condiciones de la toma de muestras para la determinación de plomo en sangre**

Para la recolección de muestras para la determinación de niveles de plomo en sangre deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

1. No es necesaria la condición de ayuno del paciente, es preferible más no indispensable.
2. Llenar el formato de los datos correspondientes al paciente.
3. Tomar 5 ml de sangre venosa en tubos con heparina (o en su defecto con EDTA).
4. Refrigerar a 4° C, hasta su procesamiento y análisis.

### **Medición de las muestras:**

1. Se colocó el Espectrofotometro de Absorción Atómica Perkin-Elmer, modelo 3.300, bajo las condiciones recomendadas por el fabricante.
2. Se aspiró el blanco para ajustar a cero el equipo y luego los patrones, controles y cada muestra para obtener las lecturas correspondientes para cada uno.