

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO.

ESCUELA DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA.

TESIS

**“NIVELES DE PLOMO EN SANGRE EN LOS GRUPOS DE ALTO RIESGO
EN LA COMUNIDAD DE VETAGRANDE, ZACATECAS”.**



PARA OBTENER EL TÍTULO DE: QUÍMICO FARMACOBIOLOGO.

**PRESENTA:
EDUARDO GONZÁLEZ VALDEZ**

**ASESORES DE TESIS: EDUARDO MANZANARES ACUÑA.
HÉCTOR-RENÉ VEGA CARRILLO.**

MORELIA MICHOACÁN, ENERO DE 2006

Agradecimientos.

Al CREN (Centro Regional de Estudios Nucleares), por el apoyo brindado para realizar dicho trabajo.

A los doctores, Miguel Arenas Vargas, Ezequiel González Reyes, Rosalio Mercado Camargo, Gerardo Antonio Rosas Trejo, a ellos gracias por haberme permitido la entrada a sus aulas del saber, con lo que me permitió alcanzar una de mis metas.

A los Doctores Eduardo Manzanares Acuña, Héctor René Vega Carrillo, profesores investigadores del CREN, de la universidad de Zacatecas, asesores de este trabajo, por sus valiosas sugerencias y comentarios; por la amistad que me brindaron.

A los integrantes del Comité Revisor, Doctores Héctor Eduardo Martínez Flores, Consuelo de Jesús Cortes Penagos, Héctor René Vega Carrillo, quienes con sus acetradas observaciones hicieron posible mejorar la calidad de este trabajo.

A mis amigos y maestros: Jairo Ivan Valdobinos Ceballos, Naborina, M.C. Berenice Yahuaca Juárez, Dr. Héctor Martínez Flores por brindarme sus conocimientos, experiencias, apoyo y amistad, estimulando en mi deseo de superación, sin los cuales no hubiera logrado mis propósitos.

A la (UMSNH), por la beca otorgada, en el programa del Verano de la Ciencia del Pacífico.

A todas aquellas personas que escapan a mi mente de este trabajo, mil gracias.

Dedicatoria.

A Dios

Que siempre esté conmigo y por permitirme alcanzar una meta más en la vida.

A mis padres. Ezequiel González Reyes y Leticia Valdez Vargas. Por su profundo amor, gran apoyo, comprensión, paciencia e impulso dado para alcanzar esta meta. Con todo mi amor, respeto y gratitud eterna.

A mis Hermanos.

Por su cariño, comprensión y respeto que siempre me han mostrado.

A Edith Lorena.

Por su gran apoyo y ternura que siempre me ha brindado.

A mis primos y familiares

Por sus consejos y espíritu de ayuda en los momentos angustiosos.

A todos mis compañeros y amigos

A todas aquellas personas que escapan a mi memoria, gracias por su ayuda y el compartir estos momentos conmigo.

Contenido	Página
Agradecimientos.....	i
Dedicatoria.....	ii
LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
I.-INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Identificación de Problemática.....	1
1.2 Envenenamiento de plomo en niños.....	2
1.3 Muestreo de la sangre venosa.....	11
II.- Revisión de Literatura:.....	13
2.1 Fuentes de exposición al plomo.....	13
2.2 La anemia entre mujeres y niños.....	14
2.3 Acumulación del plomo en el hueso.....	5
2.4 Contaminación de metales pesados en el suelo.....	16
2.5 Metales en la alimentación.....	17
2.6 Niveles de Plomo en Mujeres de Edad Reproductiva.....	18
2.7 Envenenamiento de plomo entre niños y muerte en trabajadores expuestos.....	19
2.8 Efectos adversos en el neuro-comportamiento, desempeño cognoscitivo y prevenciones.....	20
2.9 Plomo en Cerebros Jóvenes: ¿Consecuencias Neurológicas del Adulto?.....	21
2.10 Exposición Ambiental al Humo del Tabaco.....	22
2.11 Envenenamiento agudo del plomo.....	23
2.12 Reproducción.....	24
2.13 Cáncer.....	25
2.14 Neurotoxicología.....	27

2.15 Efectos sobre el sistema cardiovascular.....	27
2.16 Inhibición en la síntesis del Hem en los eritroblastos.....	27
2.16.1 Alteración morfológica de los precursores de los eritrocitos.....	28
2.16.2 Efectos sobre los glóbulos rojos circulantes.....	28
2.17 Toxicología.....	29
2.18 Efectos clínicos en adultos.....	31
2.18.1 Toxicidad de plomo inorgánico agudo.....	31
2.18.2 Fuentes potenciales de exposición al plomo.....	31
2.18.3 Marcadores biológicos de exposición al plomo y muestreo del medio ambiente.....	32
III MATERIAL Y MÉTODOS.....	33
3.1 Lugar de muestreo.....	33
3.2 Toma de muestra de sangre.	33
3.3 Preparación de la muestra de sangre.....	33
3.3.1 Obtención de la muestra de sangre.	34
3.3.2 Colección de la muestra de sangre.....	34
3.3.3 Llenado del tubo capilar con una muestra de sangre.....	35
3.3.4 Preparación de la muestra de sangre.....	35
3.3.5 Mezclado de la muestra de sangre con el tratamiento reactivo.....	35
3.4 Corrimiento de la prueba.....	36
3.5 Control de calidad.....	36
3.6 Valores esperados (Seguimiento de resultados de la prueba).....	36
3.7 Determinación de la concentración de plomo en sangre.....	37
IV Resultados y Discusión.....	39
4.1 Concentración de plomo en las muestras de sangre.....	39
4.2 Diferencia estadística.	41
V. Conclusiones.....	43
VI Recomendaciones.....	43

6.1 Salud humana.....	44
6.2.- Medio ambiente.....	44
6.3 Investigación y seguimiento.....	44
VII Bibliografía.....	46
Anexo No.1. Concentración de plomo en sangre en infantes, en la comunidad de Vetagrande, Zacatecas.....	53
Anexo No.2. NOM-199-SSA1-2002.....	55
Anexo No.3. Programa del seguimiento de los resultados de pruebas sobre 10 µg/dL.....	59
Anexo No.4. Lista de abreviaturas.....	60

LISTA DE TABLAS.

Distribución de la población del municipio y cabecera municipal de Vetagrande, por Genero.....	1
Estándares reguladores seleccionados para el plomo en sangre.....	23
Signos generales de toxicidad del plomo.....	31
Niveles de Pb en sangre en infantes de Vetagrande, Zacatecas.....	39
Promedio de plomo en sangre de los menores de 15 años de Vetagrande, sin importar el género (Niños y Niñas).....	40
Promedios de la concentración de plomo en sangre de los infantes.....	41
<i>Ver Diferencia estadística.....</i>	<i>41</i>

LISTA DE FIGURAS

Ubicación de la cabecera municipal de Vetagrande.....	2
Fotografía de la panorámica de la cabecera municipal de Vetagrande y trazo de la veta.....	3
Fotografía del acercamiento de la cabecera municipal de Vetagrande.....	3
Punción con lanceta.....	34
Colección de la muestra mediante tubo capilar.....	35
Liberación de la sangre en el vial con el reactivo para digerirla.....	36
Unidad de prueba LEADCARE.....	37
Determinación de la concentración de plomo en sangre.....	37
Porcentaje de niños con plomo en sangre.....	40
Concentración de Plomo en sangre en los dos grupos estudiados. $X \pm DE$. de 80 muestras de sangre. $*P > 0.05$	41

Resumen

El plomo es uno de los tóxicos ambientales e industriales más difundido y representa uno de las principales preocupaciones de salud pública puesto que afecta órganos y sistemas en el ser humano entre ellos el sistema nervioso central, alteración de enzimas y proteínas estructurales. El plomo no tiene ninguna función biológica en los organismos; sin embargo, su utilización en diversas actividades humanas constituye una fuente de exposición para todos los grupos de edad tanto para trabajadores expuestos como para la población en general. El envenenamiento en todos los grupos de edad se conoce desde la antigüedad al ingerir o estar en contacto con productos con Pb. Antes de 1970 el envenenamiento se define por concentraciones de 60 µg/dL disminuye paulatinamente, y en 1991 se reduce a 10 µg/dL aunque hay evidencias de daño aún por debajo de estas cifras. Aunque los efectos adversos en la salud se conocen, la exposición a metales pesados continúa y va en aumento aun en algunas áreas. En este estudio se determina la concentración de plomo en sangre en un grupo de 80 menores que corresponde al 32 % del total de menores de 15 años en la población de Vetagrande. La concentración de plomo en sangre se determina con la técnica de Voltamperometría de redisolución anódica con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-199-SSA1-2000 que señala seis categorías. Se encuentra que el 45% de los menores presentan <10 µg/dL, el 16.25% 10-14 µg/dL, el 33.75% 15-24 µg/dL y el 5% 25-44 µg/dL que corresponden a la categorías I a IV respectivamente. Los resultados en materia de salud revisten gran importancia ya que más del 50% de niños tiene niveles de plomo en sangre que ameritan intervención por parte de los servicios de salud. La causa probable de la presencia de plomo en sangre se debe a que las casas habitación de esa población se encuentran asentadas en terrenos enriquecidos con plomo, y a través de una interacción el plomo se transporta hacia las personas, que se afectan principalmente por ausencia de buenos hábitos higiénicos.

Palabras clave: Pb, lead blood, Voltamperometría, health, children, Zacatecas, soil, poisoning.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Identificación de Problemática

El Mineral de Vetagrande se ubica en la región central de los valles del estado de Zacatecas, a 6 kilómetros en línea recta al noreste de la Ciudad de Zacatecas, y está localizado en las coordenadas geográficas: 22° 49' 50" de latitud norte y 102° 33' 42" de longitud oeste, a 2 600 msnm. En la figura No.1.1., se muestra la ubicación de esta localidad.

El Municipio de Vetagrande tiene una población total de 7,228 habitantes y una población de 1,050 habitantes en la localidad del mismo nombre (Tabla No.1.1.).

Tabla No. 1.1.	Distribución de la población del municipio y cabecera municipal de Vetagrande, por género. INEGI, 2000.			
<i>Municipio y Localidad</i>	Población total	Hombres	Mujeres	Niños de 0-14 años
Vetagrande	7,228	3540	3688	2526
Vetagrande	1,050	520	530	327

Esta comunidad, que a la vez es la cabecera Municipal, tiene como principal actividad, la minería, no presentando potencial agrícola o ganadero por sus condiciones ecológicas.

A lo largo de la historia minera de Vetagrande se han depositado los jales, residuos del proceso de beneficio de los minerales metálicos de interés, en áreas ubicadas en torno a la población. En las fotografías No.1, 1.1 y No.2 se muestran imágenes de la cabecera municipal.



Figura No. 1. Ubicación de la cabecera municipal de Vetagrande.
INEGI, 2004.



Fotografía No. 1.1. **Panorámica de la cabecera municipal de Vetagrande y trazo de la veta.**



Fotografía No.2. **Acercamiento de la cabecera municipal de Vetagrande.**

El plomo es uno de los tóxicos ambientales e industriales más difundido, conociéndose su utilización desde hace miles de años, en la construcción de los acueductos u utensilios de cocina contaminando el agua y la comida. Se reporta la existencia de una mina en Turquía en el año 6500 AC. El uso del plomo en la industria ha sido progresivo, dato, que se puede corroborar al comparar el contenido de plomo en los huesos de ancianos de nuestro tiempo, que contienen 500 veces más que los huesos de los ancianos egipcios **(Ignacio, 2001)**.

El plomo es el tóxico mas estudiado y este ha representado uno de las principales preocupaciones de salud publica, puesto que, afecta muchos órganos y sistemas en los seres humanos **(Apostoli et al., 2002)**. El plomo es un metal no esencial que puede causar toxicidad en todos los grupos de edad **(Mycyk, 2004)**. El plomo es un catión divalente y se une fuertemente a grupos sulfhídrico de las proteínas. De los muchos órganos afectados por el plomo, el más importante es el sistema nervioso central (SNC). Mucho de la toxicidad del plomo puede ser atribuida a la alteración de enzimas y proteínas estructurales, pero este versátil tóxico tiene muchos más blancos **(Needleman, 2003)**.

Los metales pesados se han utilizado en diversas áreas, durante miles de años El plomo se ha utilizado por al menos 5000 años, aplicaciones antiguas incluyendo los materiales de construcción, pigmentos para la cerámica que es esmaltada, y las pipas con soldadura de plomo para transportar el agua. En roma antigua, el acetato de plomo fue utilizado como edulcorante del antiguo vino, y algunos romanos pudieron haber consumido tan bien como un gramo de plomo por día. Aunque los efectos adversos en la salud de metales pesados se han sabido durante mucho tiempo, la exposición a los metales pesados continúa y va en aumento aun en algunas áreas, particularmente en los países en desarrollo como México. **(Jiménez-Gutiérrez, 1999; Järup, 2003; Garza et al., 2005)**.

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 (**jiménez-Gutierrez, 1999**).

Gibson describió una epidemia de envenenamiento con plomo en los niños, debido a la ingestión de pintura con plomo. El demostró que la pintura era la fuente principal del plomo. Antes de 1970, el envenenamiento con plomo fue definido como una concentración de plomo en la sangre de hasta 60 µg/dL o un nivel más alto. Desde entonces, la concentración del plomo en la sangre para definir su toxicidad ha sido reducida gradualmente de 60 µg/dL a 40 µg/dL en 1971, a 30 µg/dL en 1978, y a 25 µg/dL, en 1985. En 1991, los centros para el control y prevención de enfermedades (CDC) redujeron más la exposición al plomo, a concentraciones en la sangre de 10 µg/dL (**Lanphear, 2005**). Aunque hay evidencias de daño aún por debajo de estas cifra (**Lanphear et al., 2005**).

La exposición en el ambiente laboral al plomo inorgánico ocurre en minas y fundidoras, igual que en las personas que son soldadores de metal, y al contacto con pinturas con plomo, y en la fabricación de baterías galvanizadas. La exposición baja o moderada puede ocurrir en la industria del vidrio. Los altos niveles de las emisiones de las fundidoras y minas con plomo que pueden contaminar áreas cercanas. El plomo llevado por el aire, se puede depositar en suelo y agua, alcanzando así, a la cadena alimenticia humana. (**Järup, 2003**).

La minería y fundidoras de plomo y zinc son aún fuentes para la contaminación de suelos con cadmio, plomo y zinc. El impacto ambiental adverso de las fundidoras, conllevan e incluyen riesgos a la salud humana, fitotoxicidad, contaminación de agua, suelo y ecotoxicidad (**Basta, 2000**).

Los niños en los Estados Unidos son expuestos diariamente a combinaciones de más de 70,000 a 75,000 químicos en el aire, tierra, agua y comida. Esto sugiere que esos químicos ayudan a incrementar los porcentajes de asma en niños, leucemia y otras enfermedades. Muertes de asma asociados con la contaminación, y los niveles de plomo en sangre son lo bastante altos para causar daños neurológicos permanentes en 3 a 4 millones en niños de los Estados Unidos (**Rogge y Combs-Orme, 2003**).

Más del 80% de las más de 70,000 sustancias químicas y sintéticas usados en la sociedad moderna no han sido estudiadas por sus efectos para el bienestar o salud humana. La exposición química puede causar mutaciones genéticas y cromosómicas; defectos en el nacimiento, abortos y otros daños en el desarrollo; alteraciones en la capacidad reproductiva en los varones y mujeres, en el sistema nervioso periférico y central; cáncer; daño respiratorio crónico a través del tejido dañado; o muerte de exposición aguda a través de pulmones o piel. Trastornos del sistema inmune y endócrino, incluyendo la reducción en la cuenta de espermatozoides y cáncer reproductivo (**Rogge and Combs-Orme, 2003**).

Las fuentes más comunes de la exposición del plomo en los niños jóvenes, son el polvo de la casa que esta contaminada con la pintura con plomo y el suelo contaminado y por décadas las emisiones de los motores de los vehículos e industrias. La cantidad de plomo en el polvo de la casa tiene una fuerte correlación con los niveles de plomo en sangre de los niños (**Meyer et al., 2005**). El plomo, al igual que otros metales pesados, no es degradable, por lo que una vez que se libera al ambiente tiende a permanecer allí por largos periodos de tiempo, su distribución no es uniforme y no experimenta procesos de la dispersión y de la migración (**Garza et al., 2005., Barton et al., 2002**).

Los niños y adultos respiran, comen, beben y absorben toxinas a través de la piel. Sin embargo, el porcentaje de inhalación para infantes en reposo es el doble que los adultos, resultando en más exposición a químicos del aire (**Rogge and Combs-Orme, 2003**).

La población en general es expuesta al plomo del aire y de los alimentos en proporciones iguales. Durante el siglo pasado, las emisiones del plomo al aire del ambiente han causado una contaminación considerable, principalmente por las emisiones del plomo de la gasolina. Los niños son particularmente susceptibles a la exposición de plomo debido a la alta captación gastrointestinal y a la barrera permeable hematoencefálica. Los niveles de plomo en la sangre en niños se deben reducir debajo de los niveles hasta ahora considerados

aceptables, datos recientes que indican que puede haber efectos neurotóxicos (**Järup, 2003**).

El 50% de plomo inorgánico es inhalado y puede ser absorbido en los pulmones. Los adultos toman 10-15% de plomo en los alimentos, mientras que los niños pueden absorber hasta 50% por el aparato gastrointestinal. El plomo en sangre es ligado a los eritrocitos, la eliminación es lenta y principalmente por vía urinaria. El plomo se acumula en el esqueleto, y es solo liberado lentamente a la circulación. La vida media del plomo en sangre es cerca de un mes y en el esqueleto de 20-30 años (**Järup 2003**).

En adultos, el plomo inorgánico no penetra la barrera hematoencefálica, mientras que esta barrera es más permeable en los niños. La alta captación gastrointestinal y la barrera hematoencefálica, hacen a los niños especialmente susceptibles a la exposición de plomo y daño subsecuentemente del cerebro. Los compuestos orgánicos de plomo penetran las membranas del cuerpo y de la célula. El tetrametilo de plomo y el tetraetilo de plomo penetran la piel fácilmente. Estos compuestos pueden también cruzar la barrera hematoencefálica en adultos, y sufrir así una encefalopatía relacionada con el envenenamiento agudo por los compuestos orgánicos de plomo (**Järup, 2003**).

El envenenamiento por plomo en niños causa déficit en la inteligencia, la lectura, y en la capacidad de audición; esto puede conducir a la disminuir la capacidad de aprendizaje, reduce la atención, y a la hiperactividad creciente, dolor de cabeza, comportamiento antisocial, y violencia. Esto es asociado con el cerebro, hígado, daño renal y muerte (**Rogge and Combs-Orme, 2003**).

El envenenamiento por plomo continúa afectando niños afro americanos desproporcionadamente. Mucho de la desigualdad racial en el envenenamiento por plomo está considerada la pobreza, 8% de niños de bajo ingreso, comparándolo con el 1% de niños de alto ingreso económico tienen niveles de plomo en sangre que exceden los estándares de seguridad federal. Entre todos los niños pobres en los Estados Unidos, el plomo afecta 28.4% de Afro americanos y 9.8% de niños blancos (**Rogge and Combs-Orme, 2003**).

La toxicidad del plomo tiene históricamente que ser una preocupación pediátrica. El plomo es un tóxico para el desarrollo del sistema nervioso, principalmente disminuye el lenguaje, aprendizaje y finalmente la capacidad motora. La exposición es relacionada con alteraciones del comportamiento, incremento en el porcentaje de deserción escolar. Otros efectos tóxicos del plomo incluyen retraso en el crecimiento y evolución de la pubertad en la mujer, deterioro renal, caries dental, e hipertensión. Aun cuando ningún valor umbral para los efectos tóxicos del plomo es evidente, el Centro para la Prevención y Control de Enfermedades estima un nivel elevado, a las concentraciones de plomo en sangre de 10 µg/dl o a medida que sea mayor (**Wright et al., 2005; ALABDULLAH et al., 2005**).

Los adultos, pueden ser afectados por exposiciones ambientales crónicas al plomo, e incluyen grupos que son susceptibles a la deficiencia de hierro (ID) particularmente las embarazadas donde se puede afectar el desarrollo neuronal del feto en el útero (**ALABDULLAH et al., 2005**). En un adulto, 95 por ciento de plomo se acumula en el hueso. En donde tiene una vida media del orden de décadas. Siendo el esqueleto una fuente endógena de plomo (**Téllez-Rojo et al., 2004**).

Las fuentes potenciales para el plomo en la sangre fueron identificadas como sigue (**Gulson et al., 2004**):

- (1) Emisión por vehículos que utilizan gasolina con plomo.
- (2) Plantas de reciclaje de baterías con plomo.
- (3) Fundidoras de plomo, en unión con refinación para joyas y artículos.
- (4) Pinturas y pigmentos basados en el plomo.
- (5) Imprentas (por los tipos para impresión).
- (6) Vasijas de cerámica vidriada.
- (7) Contenido de plomo en cosméticos y medicinas populares.

La deficiencia en hierro es reportada por fomentar la absorción de plomo y por consiguiente la deficiencia de hierro y la toxicidad al plomo son probablemente dependientes. La captación del plomo desde el intestino es influenciada por deficiencias de fósforo, zinc, hierro y/o calcio en la dieta, puede resultar en incremento de la absorción del plomo en los pacientes deficientes en hierro, zinc, o a causa de la coexistencia del incremento a la exposición con plomo en estos individuos con una dieta pobre en estos elementos. Muchos de los estudios anteriores han sido realizados en niños. Se condujo un estudio en una población con una gran mezcla étnica en el cual la oportunidad para la exposición al plomo es muy alta. Aunque los niveles de plomo ambiental se han reducidos en años recientes, sería esperado que aun a niveles mínimos sea mas alto en pacientes deficientes en hierro si la absorción del plomo a través del intestino se incrementa. En los adultos se presenta a causa de la deficiencia de hierro, y de zinc, este elemento fue también medido para excluir su efecto (**Alabdullah et al., 2005**).

1.2 Envenenamiento de plomo en niños.

La toxicidad del plomo tiene históricamente que ser una preocupación pediátrica. Los niveles del plomo de la sangre en niños debajo de 10 µg/dl hasta ahora se habían considerado aceptables, pero datos más recientes indican que puede haber efectos toxicológicos del plomo en niveles aún más bajos del máximo de la exposición. Hay evidencia que ciertos factores genéticos y ambientales pueden aumentar los efectos perjudiciales en el desarrollo de los nervios, de manera tal que hace que ciertos niños sean más vulnerables para el desarrollo de neurotoxicidad (**Järup, 2003**).

El plomo es un tóxico que afecta virtualmente cada sistema en el cuerpo, es particularmente dañino durante el desarrollo del cerebro y sistema nervioso de niños jóvenes, principalmente disminuye el lenguaje, aprendizaje y finalmente la capacidad motora. La exposición es relacionada con alteraciones del comportamiento, incremento en el porcentaje de deserción escolar. Otros efectos tóxicos del plomo incluyen retraso en el crecimiento y evolución de la pubertad en la mujer, deterioro renal, caries dental, e hipertensión. Aun cuando ningún valor umbral para los efectos tóxicos del plomo es evidente, el Centro

para la Prevención y Control de Enfermedades estima un nivel elevado, a las concentraciones de plomo en sangre de 10 µg/dl o a medida que sea mayor (**Wright et al., 2005; ALABDULLAH et al., 2005, www.nfhsindia.org/data/mh_pre.pdf**).

Los altos niveles de la exposición (> 80.0 µg/dL) pueden causar daño severo al cerebro o la muerte. Incluso los niveles relativamente bajos de la exposición de plomo (tan bajo como 10.0 µg/dL) disminuyen el coeficiente intelectual y la capacidad de aprendizaje. El envenenamiento por plomo también contribuye a la anemia, disminuye el crecimiento, y causa deterioro en el oído (**www.nfhsindia.org/data/mh_pre.pdf**).

Los niveles elevados de plomo en el cuerpo han sido asociados con enfermedades cardiovasculares, toxicidad hematológica, y daño neurológico irreversible. Después de las medidas tomadas para controlar la contaminación en los Estados Unidos, al comienzo en 1970, los niveles de plomo en sangre en niños disminuyeron en más de 80 % (**Jain et al., 2005**).

El monitoreo biológico de la población en general y de los grupos considerados de alto riesgo proporciona la información esencial para la evaluación y caracterización de la exposición y del riesgo (**Castelli et al., 2005**). Los niveles de plomo en sangre (NPS) constituyen la regla de oro para determinar el tratamiento que se debe aplicar a los niños expuestos a este metal. Para fines clínicos, esta medición se lleva a cabo en una muestra de sangre con anticoagulante, empleando cualquiera de las siguientes técnicas: la espectroscopia por absorción atómica, o bien, la voltamperometría anódica. (**Markowitz, 2003**).

El monitoreo de las concentraciones de varios metales en los alimentos es crítico, ya que muchos contaminantes tienen efectos severos sobre los seres humanos. Las enfermedades, como la hipertensión, depresión, y trastornos mentales, han sido asociados con concentraciones elevadas de metales como el Cd, Pb, Hg, Ni y Se, en órganos humanos. (**Fakayode, 2003**).

1.3 Muestreo de la sangre venosa.

El análisis de las muestras de la sangre venosa se considera actualmente el método primario para supervisar los niveles ocupacionales del plomo, debido a los problemas de contaminación potencial. Las muestras son obtenidas en capilares [Taylor et al., 2004].

Los instrumentos portátiles pueden ofrecer resultados analíticos expeditos para los profesionales de la salud, y en áreas donde se carece de la infraestructura analítica o de laboratorio. Se utiliza para analizar rápidamente niveles del plomo de la sangre venosa en los individuos, y emplea la voltamperometría de redisolución anódica (ASV) para medir el plomo en la sangre. Es un instrumento, desarrollado por el ESA, Inc. y el And Care, Inc. conjuntamente con los centros para el control de enfermedad y la prevención (CDC), diseñado para proporcionar una, determinación rápida y rentable para monitorear las exposiciones al plomo (Taylor et al., 2004).

En 1997, el instrumento LeadCare recibió un espacio en el mercado por la administración de alimentos y drogas de los Estados Unidos (FDA). Este instrumento portátil ASV fue diseñado para proporcionar una alerta, es una técnica rentable para monitorear las exposiciones de plomo-, y se ha utilizado con éxito para la investigación pediátrica. El análisis rápido con el instrumento también lo hizo potencialmente valioso a los profesionales de la medicina del trabajo para las investigaciones en sitios con poblaciones de trabajadores expuestos al plomo. El instrumento utiliza los reactivos preempacado y no requiere los reactivos de gran pureza, tales como ácido nítrico concentrado o agua ultra-pura. Esto es una ventaja adicional para las investigaciones en el campo de la salud que usen este instrumento. (Taylor et al., 2004).

La exposición al plomo y la consecuente intoxicación constituyen un problema de salud pública en todo el mundo, particularmente en los países en desarrollo. El creciente interés que ha surgido en México con respecto al estudio y la prevención de los efectos adversos para la salud que ocasionan las fuentes potenciales de intoxicación por plomo, ha dado lugar a la realización de

estudios epidemiológicos en los cuales se indican las concentraciones de plomo en sangre, así como los factores de riesgo para la población de la ciudad de México. Entre la población de mayor riesgo a los productos químico-tóxicos y a los carcinogénicos están los neonatos y los niños menores de 10 años, debido a la extrema susceptibilidad y vulnerabilidad de su organismo, de tal manera que sus características funcionales y estructurales durante ese ciclo vital son diferentes a las de los niños mayores y de los adultos (**Jiménez-Gutierrez, 1999**).

Basados en los hechos anteriormente expuestos, nuestra pregunta científica es: ¿Cuáles son las concentraciones de plomo en sangre en los niños, que viven en la comunidad de Vetagrande? ; y ¿cuáles son las probables fuentes de contaminación?

Para dar respuesta a la pregunta científica se planteo la siguiente hipótesis:
Por la actividad minera que existe en el lugar, hay un porcentaje de la población que es más vulnerable a los efectos tóxicos del plomo, existiendo una directa correlación con los niveles del plomo en sangre en niños.

Objetivo: Determinar los niveles de plomo en sangre en niños y contrastar dichos niveles de plomo, con los límites permisibles según las legislaciones nacionales e internacionales.

II.- Revisión de Literatura:

Los efectos a la salud por el plomo son bien conocidos, puede ser inhalado por los pulmones, absorbido a través de la piel, o ingerido por las manos contaminadas, alimentos o por fumar. El ingreso por la inhalación, es basado en el tamaño de partícula y su solubilidad. En adultos, aproximadamente 10% del plomo ingerido es absorbido por el tracto gastrointestinal. En la sangre, el 95% del está unido a los eritrocitos. La acumulación a largo plazo del plomo se da en el cerebro, riñón y sistema esquelético. El plomo es carcinógeno para los animales, y la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) lo clasifica como un posible carcinógeno humano (**Taylor et al., 2001**).

Las muestras capilares de los dedos de los trabajadores expuestos son difíciles de obtener, debido a que son a manos callosas y contaminadas con plomo. Desgraciadamente, aun leves contaminaciones con plomo pueden alterar seriamente los resultados de análisis de una muestra de sangre po esta vía. Adicionalmente, el plomo es excretado a través del sudor por la piel, causando contaminación adicional a la piel. Dado este alto potencial para la contaminación superficial, las muestras venosas son consideradas el método de elección para examinar al plomo en la sangre en individuos expuestos ocupacionalmente. El instrumento **LeadCare**, es un instrumento portátil de campo, que sirve para monitorear el plomo en la sangre para profesionales ocupacionales. En vez de esperar días o semanas, que se esperan para obtener los resultados por medio de absorción atómica, los empleados con niveles de plomo en sangre serán identificados rápidamente en minutos a horas (**Taylor et al., 2001**).

2.1 Fuentes de exposición al plomo:

El plomo puede ingresar a el organismo vía alimenticia y/o tracto respiratorio, así las principales fuentes no ocupacionales de este metal son los alimentos, agua potable y aire. La emisión de este metal puede depositarse en suelo y la vegetación en la cercanía a las carreteras, a causa de las emisiones de escape de gas del automóvil, es una de las fuentes principales de la contaminación por plomo. Las otras fuentes importantes del plomo en el alimento y del ambiente

son el uso del arseniato de plomo como fungicida en las cosechas y fuentes industriales. Además, también se sabe que la cantidad del plomo transferida al alimento depende de su forma química más bien que de su cantidad total en suelo. Así pues, la especiación del plomo en suelo es más importante para estimar su disponibilidad biológica, reactividad fisicoquímica y transporte en el ambiente y dentro de la cadena alimenticia (**Yaman et al., 2000**).

Las fuentes más comunes de la exposición del plomo en los niños jóvenes, son el polvo de la casa que esta contaminada con la pintura con plomo, el suelo contaminado con las pinturas con el plomo e industrias (**Meyer et al., 2005**). Durante el siglo pasado, las emisiones del plomo al aire ambiente han causado contaminación considerable, principalmente debido a las emisiones del plomo de la gasolina (**Järup, 2003**). La cantidad de plomo en el polvo de la casa tiene una fuerte correlación con los niveles de plomo en sangre de los niños (**Meyer et al., 2005**).

2.2 La anemia entre mujeres y niños.

Es una condición que resulta cuando el nivel de la hemoglobina en la sangre es demasiado bajo. La hemoglobina de los eritrocitos transporta el oxígeno de los pulmones hacia otros tejidos y órganos en el cuerpo, de modo que estos tejidos y órganos puedan realizar sus funciones. Una deficiencia de la hemoglobina significa una deficiencia de la capacidad del cuerpo para disminuir el oxígeno a esos tejidos y órganos. La anemia resulta generalmente de una deficiencia alimenticia del hierro, de la vitamina B12 y de algunos otros alimentos. La anemia tiene efectos perjudiciales en la salud de mujeres y de niños y puede convertirse en una causa fundamental de la muerte materna, de la pérdida prenatal, y pérdida perinatal (www.nfhsindia.org/data/mh_pre.pdf).

El plomo incrementa la morbi - mortalidad. Los efectos adversos en la salud como la anemia en niños incluye daños en el desarrollo psicomotor y función tubular renal, bajo desempeño cognitivo, hasta retraso mental. La asociación entre la toxicidad del plomo con la anemia en niños ha sido explorada en el

pasado, principalmente en poblaciones de alto riesgo, tales como los niños que viven cerca de una fundidora de metales (**Jain et al., 2005**).

Aunque la CDC ha definido un límite en el nivel de plomo en sangre de $\geq 10 \mu\text{g/dl}$, principalmente sobre el fundamento de su toxicidad neurológica, la EPA sugiere un nivel umbral de 20-40 $\mu\text{g/dl}$, para anemia en niños. Hay poca información relativa a la relación entre niveles de plomo $< 40 \mu\text{g/dl}$ y anemia en niños. Se ha observado que los niveles de plomo en sangre $\geq 10 \mu\text{g/dl}$ se han asociados con un alto riesgo de anemia de consecuencias variables, en comparación con niveles $< 10 \mu\text{g/dl}$ (**Jain et al., 2005**).

2.3 Acumulación del plomo en el hueso.

La movilización del plomo del hueso durante embarazo constituye un problema de salud pública debido a su impacto potencial en el desarrollo del sistema nervioso fetal. La evidencia experimental y epidemiológica sugiere fuertemente que el desarrollo del feto pueda ser sensible a los efectos de la exposición a las bajas concentraciones del plomo (**Téllez-Rojo et al., 2004**).

La acumulación del plomo en hueso es probablemente afectada por factores sobre el metabolismo del calcio. Así, una alta acumulación de plomo en el cuerpo puede resultar en un incremento en la exposición endógena, y también significa un riesgo, para personas con fracturas, enfermedades de los huesos, tirotoxicosis, embarazo u osteoporosis en general, como se ha observado en mujeres después de la menopausia. También se evidencia que el plomo es movilizadado del esqueleto materno durante el embarazo y la lactancia (**Borjesson et al., 2003**).

El plomo inorgánico es un tóxico acumulativo que es almacenado en hueso, que es un almacén y una fuente endógena de plomo; esto ocurre en condiciones de patología del hueso, tales como osteoporosis (**Weaver et al., 2005**).

La determinación del plomo en muestras del hueso tiene gran importancia en las ciencias ambientales, arqueológicas, clínicas y forenses (**Grotti et al., 2005**). El plomo en sangre tiene una vida media corta de (30 días), mientras que el plomo en hueso tiene una vida media de hasta 25 años (**Korrick et al., 2002**).

El plomo es transportado por la sangre, hasta los tejidos suaves, donde permanece por períodos cortos y finalmente se deposita en el hueso. Más del 90% del plomo presente en el cuerpo se almacena en huesos, donde puede permanecer por décadas. Sin embargo, el tejido óseo no representa un sitio del secuestro permanente del plomo pero si, una fuente de la exposición interna continua que puede incrementarse como resultado de los cambios en la dinámica del hueso, observados en las diferentes etapas de la vida, como en la menopausia, donde la pérdida de masa ósea es un fenómeno frecuente que comienza típicamente en el período perimenopausico y continúa con una pérdida acelerada a través de los años (**Latorre, 2003**).

Los depósitos del plomo en hueso pueden ser reabsorbidos y liberados a la sangre durante la remodelación del hueso normal, durante períodos de incremento en la reabsorción ósea, como ocurre en ciertos estados patológicos como en el hipertiroidismo (**Korrick et al., 2002**).

2.4 Contaminación de metales pesados en el suelo.

El plomo es introducido al ambiente por procesos naturales y antropogénicos. La contribución natural es debida a la erosión de la corteza del suelo y transporte del polvo bajo diferentes condiciones climáticas y debida a varias fuentes antropogénicas, tales como la minería medieval, romana y actividades industriales del siglo diecinueve y veinte, el uso de gasolina con plomo y fertilizantes con fosfato (**Grotti et al., 2005**).

Los suelos son los receptores de grandes cantidades de contaminantes, tales como metales pesados, siendo componentes dominantes de ciclos químicos ambientales. Los suelos son una mezcla variable de minerales, materia

orgánica y agua, la retención de metales pesados depende necesariamente de las características del suelo, cuyas propiedades que frecuentemente se correlacionan con la adsorción de metales son el pH, la capacidad del intercambio catiónico, la materia orgánica y el contenido de arcilla. Entre los metales pesados que son peligrosos particularmente en el ambiente, el plomo es de los más tóxicos, y se puede encontrar en niveles elevados en varios compartimientos ambientales. Los métodos voltamétricos son las principales técnicas para determinar el grado de interacción de los iones del metal con los suelos **(Trancoso et al., 2004)**.

La contaminación de metales pesados en el suelo y los efectos de los yacimientos ácidos sobre ecosistemas terrestres, son dos de los principales problemas ambientales de gran interés para algunos países. Si los suelos contienen altos contenidos de metales pesados y se depositan en yacimientos ácidos, podemos predecir acerca de las consecuencias para los ecosistemas. Algunos autores indican que la biodisponibilidad, movilidad, y actividad de los metales pesados en el suelo en el campo, fueron afectados mayormente por yacimientos ácidos, resultando en una mayor liberación de metales pesados, principalmente debido al cambio de cationes en suelos con H, Ca, Mg, y NH₄ que viene de yacimientos ácidos. Estos han sido uno de los más importantes factores para la acidificación del ambiente **(Liao et al., 2005)**.

2.5 Metales en la alimentación:

Los alimentos contaminados por plomo, mercurio, arsénico, cadmio y otros metales puede agotar seriamente almacenes de hierro en el cuerpo, de vitamina C y de otros elementos esenciales, conduciendo a la disminución de las inmunoglobulinas, al retraso intrauterino del crecimiento, y desarrollo de las facultades psicosociales y a las capacidades asociados a la desnutrición. Se ha encontrado que las altas concentraciones de los metales Co, Cd, Pb, Mn, Ni y Cu en la fruta y vegetales en algunas regiones están relacionadas con el alto predominio de cáncer gastrointestinal. Se ha reportado que el suelo y los vegetales contaminados con plomo y cadmio contribuyen a disminuir la

expectativa de vida dentro de las áreas afectadas, reduciendo la edad promedio de mortandad de 9-10 años (**Liu et al., 2005**).

Las cosechas pueden captar elementos tóxicos a través de sus raíces de suelos contaminados e incluso las hojas pueden absorber los elementos tóxicos depositados en la superficie de la hoja. Se ha sugerido que el alto porcentaje de cáncer gastrointestinal esté relacionado con las altas concentraciones del Co, Cd, Pb, Mn, Ni (**Liu et al., 2005**).

2.6 Niveles de Plomo en Mujeres de Edad Reproductiva.

Una de las fuentes mas importantes de exposición al plomo para el feto y el infante es la sangre materna. El plomo en la sangre materna fácilmente cruza la placenta y las glándulas mamarias. El nivel de plomo en sangre del cordón umbilical y de la leche materna esta estrechamente asociado con los niveles en la sangre materna. El nivel de plomo de la leche materna depende de la carga de plomo en el cuerpo materno. Esto fue reportado que el 45%-70% del plomo en la sangre de mujeres de edad reproductiva origina un almacenaje en los tejidos a largo plazo (**Lee et al., 2005**). Según datos de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), el plomo puede ser transmitido de la madre al feto por transferencia placentaria estando expuesto a casi la misma concentración de plomo que la madre (**Arrate et al., 1999**). La leche materna humana es usualmente, solo la fuente de alimento para los infantes durante los primeros cuatro a cinco meses de vida. Muchos productos químicos se pueden transferir a partir de lo almacenado en el cuerpo y de la sangre de la madre durante la lactancia, como los compuestos organoclorados, y los metales pesados que son también significativos. Cada metal se distribuye de una manera característica entre las fracciones de la leche. El plomo se encuentra casi exclusivamente en la fracción de la caseína (96%) de la leche y el cadmio se distribuye sobre todo entre la grasa (49%) y la caseína (43%). Las proporciones más elevadas de metilmercurio se encuentran en la grasa (39%) y el suero (34%), mientras que el mercurio inorgánico se encuentra sobre todo en el suero (41%) y las fracciones de la caseína (el 31%) (**Ursinyova, 2005**).

El cadmio, el plomo y el mercurio son de gran interés debido a su toxicidad y extensa utilización. El sistema nervioso es el órgano blanco principal para el plomo, aunque puede afectar más adversamente a otros órganos del cuerpo. El sistema nervioso del feto y del niño joven es particularmente vulnerable al plomo porque se encuentra en crecimiento muy rápido. Muchos estudios han demostrado el deterioro comportamiento de los niños incluso a bajos niveles de exposición, así como la disminución en el índice de inteligencia fue asociada con un aumento de plomo en la sangre y los dientes. La absorción de metales pesados en infantes es generalmente más alta cuando están con una dieta de leche, probablemente debido a que las proteínas de la leche fácilmente absorbidas (**Ursinyova, 2005**).

Durante el embarazo y la lactancia, los niveles de plomo en la sangre se incrementan de 15-20% por aumento en el metabolismo, esto sugiere que los niveles en tejido y sangre en la edad reproductiva de la mujer determina la carga en el cuerpo de sus hijos. La FDA reporta que la edad reproductiva en la mujer en los Estados Unidos están expuestas al plomo a través de los alimentos (43%), aerosoles (31%), agua (22%) y aire (4%) (**Lee et al., 2005**).

La leche materna ha sido sugerida como fuente potencial significativa de la exposición de plomo a infantes lactantes. Este fenómeno constituye un problema de salud pública potencial en los países en donde la exposición del plomo ambiental está continuando así como en los países en donde la exposición de plomo ambiental ha declinado. Se ha reportado que los niveles maternos del plomo de la sangre y del hueso ambos son determinativos importantes del plomo en leche materna. Se han realizado estudios del plomo en leche humana y se han encontrado concentraciones que fluctúan sobre tres niveles de magnitud a partir de 1 a 100 µg/L (ppb) (**Ettinger et al., 2004**).

2.7 Envenenamiento de plomo entre niños y muerte en trabajadores expuestos.

La toxicidad del plomo depende de la dosis, de la duración de exposición, y de la susceptibilidad de desarrollo y alimentación del niño (**Haley, 2004**). Los niveles del plomo de la sangre en niños debajo de 10 µg/dl hasta ahora se han considerado aceptables, pero los datos recientes indican que puede haber

efectos toxicológicos del plomo en niveles más bajos de la exposición anticipada previamente. Hay también evidencia que ciertos factores genéticos y ambientales pueden aumentar los efectos perjudiciales del plomo en el desarrollo de los nervios, de tal modo haciendo a ciertos niños más vulnerables para la neurotoxicidad del plomo (**Järup, 2003**). Se ha documentado que el plomo puede ocasionar daño a concentraciones bajas y que los niños son más sensibles que los adultos a sus efectos. Es indiscutible que tiene efectos tóxicos en los niños. (**Azcona-Cruz et al., 2000**).

Es bien sabido que el envenenamiento severo del plomo puede conducir a la encefalopatía y a la muerte. En infantes, los altos niveles del plomo se han sugerido para causar el síndrome infantil repentino de la muerte (SIDS). <http://www.epa.gov/lead/rach2.pdf> (**Accessed July 27, 2005**).

2.8 Efectos adversos en el neuro-comportamiento, desempeño cognoscitivo y prevenciones.

El plomo es particularmente peligroso en niños jóvenes debido a el significativo retraso que puede impartir en el desarrollo neurocognitivo (**Mycyk, 2004**). Exposiciones posnatal en niveles bajos de plomo han sido asociadas con efectos adversos sobre la integración visual-motora y la destreza motora perfecta durante la niñez. Varios efectos del plomo fueron observados en las concentraciones más bajas de 10 µg/dl, incluyendo efectos nocivos sobre la electrofisiología, la neuroquímica, el comportamiento, las funciones cognoscitivas y el desempeño en la escuela. Las consecuencias negativas de la exposición de plomo debajo de 5.0 µg/dl se han observado en el índice de inteligencia, la atención, la integración visual-motora, las habilidades académicas incluyendo cuentas aritméticas y de la lectura. Sin embargo, en una publicación reciente, se han reportado asociaciones entre el déficit neuro-comportamiento y los niveles del plomo tan bajos como 3 µg /dl. Nuestros resultados amplían estas observaciones demostrando que las funciones específicas neuromotoras son también afectadas en niveles bajos en la exposición al plomo durante la niñez (**Despres et al., 2005**).

De acuerdo con los patrones de los Centros de Control de las Enfermedades y prevención (Centers for Disease Control and Prevention –CDC, por sus siglas en inglés–) los niveles de $\geq 10 \mu\text{g/dl}$ deben provocar algunas medidas preventivas a escala comunitaria. Sin embargo, los efectos de los niveles bajos, que incluyen deterioro en el desempeño cognoscitivo, cambios en el comportamiento y decremento en el cociente intelectual (intelligence quotient –IQ, por sus siglas en inglés–) se han observado en niveles inferiores a $10 \mu\text{g/dl}$. Este descubrimiento está respaldado por muchos estudios hechos en diversas poblaciones (Romieu, 2003, Tang *et al.*, 2004).

Emergen evidencias científicas que indican que los efectos de salud adversos ocurren en niveles progresivamente más bajos del plomo en la sangre en niños muy jóvenes más que en los adultos. Los centros para el control de enfermedad (CDC), por lo tanto, han recomendado que el objetivo de todas las actividades de prevención de envenenamiento por plomo deba ser la reducción de niveles de plomo en sangre en niños deban ser al menos de $10 \mu\text{g/dl}$, y si varios niños en una comunidad tienen niveles de plomo de la sangre, en o en el exceso de $10 \mu\text{g/dl}$, la CDC sugiere que las actividades a nivel comunitario de la prevención estén consideradas. La intervención debe ser iniciada, si los niveles de plomo de la sangre en niños es de $15 \mu\text{g/dl}$; una evaluación médica completa es necesaria, si un nivel de plomo en sangre de un niño es mayor que o igual a $20 \mu\text{g/dl}$. (Khan, 2001).

2.9 Plomo en Cerebros Jóvenes: ¿Consecuencias Neurológicas del Adulto?

Mientras que la investigación sobre la exposición de plomo se ha centrado en declinaciones en el aprendizaje y la memoria, e influencia otros comportamientos tales como humor como la depresión, ansiedad, y tendencia a la violencia/agresión. Se han encontrado asociaciones entre la exposición de plomo y el comportamiento criminal y delincuencia juvenil, y ha surgido, una teoría llamada la base fetal de la enfermedad en el adulto. Esta teoría postula que varias enfermedades del adulto tienen su origen en el desarrollo. Las relaciones entre la exposición temprana y las anormalidades neuro-fisiológicas, se han observado a través del curso de vida, y la exposición crónica al plomo se ha asociado al desarrollo de enfermedades neuro degenerativas tales como

enfermedad de Alzheimer, de Parkinson y la esquizofrenia, por sus características previas a la enfermedad, tales como atención reducida, deterioro neurocognitivo, y el aprovechamiento disminuido se asemeja fuertemente al déficit del comportamiento asociado. Estos resultados sugieren que la exposición de plomo en el desarrollo pueda desempeñar un papel en la presencia de desórdenes neuropsiquiátricos o neurodegenerativos en el inicio de la edad adulta. Además, en la neurogénesis del adulto se ha propuesto como posibilidad para entender a los fenómenos tales como Alzheimer, la depresión y la esquizofrenia **(Pabello, 2005)**.

2.10 Exposición Ambiental al Humo del Tabaco.

El plomo está presente en el tabaco y en el humo del tabaco, este contiene alrededor de 4000 componentes, incluyendo a los metales pesados como el plomo. Fumadores activos tienen niveles más altos de plomo en sangre que los no fumadores. La exposición de niños al humo indirectamente se ha ligado a una variedad de efectos en la salud, incluyendo infecciones respiratorias, enfermedad del oído medio, y el desarrollo de asma. La exposición al humo del tabaco parece estar asociada a los niveles elevados del plomo de la sangre en niños **(Mannino et al., 2003)**.

El tabaquismo es conocido por ser la causa principal del cáncer de pulmón en hombres y mujeres, con el 85% a el 90% de todos los pacientes de cáncer de pulmón fumaron en algún período de la vida **(Patel, 2005)**. A pesar de la evidencia, de que el humo ambiental del tabaco (ETS) está asociado a un riesgo creciente de los efectos perjudiciales en la salud perjudiciales, >40% de los niños de Estados Unidos se exponen a ETS en sus hogares. La exposición a ETS se ha ligado constantemente a efectos nocivos sobre la salud en niños, otitis media, cólicos, síndrome de muerte súbita infantil, accesos de asma, y varias dificultades respiratorias **(Yolton et al., 2005)**.

Estimaciones actuales de Canadá son que cada cigarrillo contiene aproximadamente 600-800 ng de plomo. Un estudio recientemente terminado de la prueba patrón de Massachussetts estiman que el humo del tabaco

contiene 60 ng de plomo por cigarrillo. Este plomo es probablemente asociado a la fracción de partículas del humo del tabaco y puede ser absorbido a través del sistema respiratorio (**Mannino et al., 2003**).

Se ha mostrado que los fumadores pueden **inhalar** de **1-5 g** de **plomo** fumando 20 cigarrillos. Se ha encontrado que la ingestión de suplementos de ácido ascórbico (1000mg/día) fue asociado *con la reducción de niveles de plomo en sangre en hombres fumadores* (**Lee et al., 2005**).

Se ha encontrado que el fumar 20 cigarrillos al día da lugar a la inhalación de 1-5 µg de Pb. Se estima que del 2-6% de Plomo en cigarrillos son inhalados por el fumador (**Massadeh et al., 2005**).

La tiamina inhibe la captación del plomo en células peritoneales en hámster chino, y reduce la toxicidad del plomo. Se ha identificado a la tiamina y piridoxina como inhibidores de intoxicación por plomo. La tiamina mejora la eficacia de agentes quelantes para movilizar al plomo de tejidos y inducir su excreción (**Lee et al., 2005**).

Tabla No. 2.10.1	
Estándares reguladores seleccionados para el plomo en sangre (OMS,1987).	
<i>Sangre (µg dl-1)</i>	
Organización Mundial de la Salud (OMS)	20
US (CDC).	10 b
EU (EPA)	NA d
Australia	10
Canada	10
Conferencia Americana del Gobierno y Higiene Industrial.	30
b Nivel de acción en niños. NA d = No disponible. µg dl: microgramos por decilitro.	
(Z. HASHISHO, 2004); Carter et al., 2000, disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/HEC/CSME/lead/does/lead.pdf . Accesado 3 Agosto 2005.	

2.11 Envenenamiento agudo del plomo.

La exposición postnatal a bajos niveles de plomo han sido asociados con efectos adversos sobre la integración visual-motora y la destreza motora durante la niñez. Varios efectos fueron observados a concentraciones más bajas de 10 µg/dl, incluyendo efectos sobre la electrofisiología, la

neuroquímica, el comportamiento, las funciones cognoscitivas y el desempeño en la escuela. Las consecuencias negativas a la exposición al plomo debajo de 5.0 µg/dl se han observado índices reducidos de la inteligencia, la atención, la integración visual-motora, las habilidades académicas incluyendo cuentas aritméticas y de la lectura. Sin embargo, en una publicación reciente, se han reportado asociaciones entre el déficit del neurocomportamiento y los niveles del plomo tan bajos como 3 µg/dl. Los resultados amplían estas observaciones demostrando que las funciones neuromotoras específicas son también afectadas por bajos niveles en la exposición al plomo durante la niñez **(Despres et al., 2005)**.

Otras evidencias indican que los efectos adversos en la salud ocurren en niveles progresivamente más bajos al plomo en la sangre en niños. El CDC, han recomendado que el objetivo de todas las actividades de prevención al envenenamiento por plomo debe ser la reducción de los niveles de plomo en sangre en niños hasta un máximo de 10 µg/dl, y si varios niños en una comunidad tienen niveles por encima de 10 µg/dl, se sugiere que las actividades a nivel comunitario de la prevención estén consideradas. La intervención debe ser iniciada, si los niveles de plomo de la sangre en niños es de 15 µg/dl; una evaluación médica completa es necesaria, si un nivel de plomo en sangre de un niño es mayor o igual a 20 µg/dl **(Khan 2001)**.

2.12 Reproducción

En muchas partes del mundo, la exposición al plomo sigue siendo común, afectando la salud del hombre, a su cónyuge o sus descendientes incluso en los niveles relativamente bajos. Los estudios epidemiológicos han mostrado, anormalidades de la esperma y en la fertilidad masculina, especialmente en muy bajas dosis. También se reporta que la exposición a largo plazo al plomo puede producir cambios en esperma funcional, morfológica y pueden reducir la fertilidad masculina. Un efecto indirecto del varón en la exposición al plomo puede ser un incremento en abortos espontáneos, aunque esto ha sido sugerido en exposiciones mas altas, tales como los encontrados en contextos ocupacionales **(Farias et al., 2005)**.

A altos niveles de plomo, se han demostrado efectos sobre la reproducción en hombres y mujeres. Las mujeres expuestas durante el embarazo han experimentado un índice creciente de abortos y vómitos. Además, las mujeres expuestas durante niñez pueden estar en un riesgo creciente de aborto espontáneo y óbito y sus niños más probablemente experimentarán alteraciones en el aprendizaje. Los efectos sobre las funciones reproductivas masculinas, incluyendo la reducción del esperma, se han reportado en varones ocupacional expuestos. (<http://www.epa.gov/lead/rach2.pdf>). (Accessed July 27, 2005).

La exposición ocupacional a los niveles relativamente altos $>40 \mu\text{g/dL}$) se ha asociado a calidad reducida del semen, abortos espontáneos y disminución del porcentaje de fertilidad, por un efecto directo de la función testicular o por desequilibrio hormonal. La medición de los niveles de plomo en la sangre, se ha considerado el índice de la exposición para los estudios toxicológicos, pero se ha sugerido que esto pueda no reflejar la acumulación del Pb en los genitales masculinos, y explicar las asociaciones negativas observadas con la función reproductiva. Por lo tanto, la concentración seminal del plomo podría proporcionar un reflejo de la exposición y la toxicidad reproductiva del Pb, el cual ha sido medido en órganos reproductivos, incluyendo la próstata y las vesículas seminales en los seres humanos; en animales, parece acumularse en el epidídimo (Ochoa *et al.*, 2005).

2.13 Cáncer.

El plomo es un establecido toxico y metal carcinogenico. (Navas-Acien *et al.*, 2004). La exposición ocupacional al plomo se ha asociado al riesgo creciente de cáncer. Se ha clasificado como un probable carcinógeno humano, por la EPA y un agente carcinógeno posible, por la agencia internacional para la investigación sobre cáncer, basada en la evidencia de carcinogenesis en animales pero aún incompleta evidencia en los seres humanos. Riesgos crecientes del cáncer del riñón, cáncer de pulmón, glioma, cáncer rectal y algunas otras neoplasias malignas. Sin embargo, los compuestos reales del plomo, así como las rutas de exposición, y de los niveles del plomo que pueden causar el cáncer en seres humanos son desconocidos. Además, el potencial para la exposición a otros agentes carcinógenos existe, particularmente en

fundidores de plomo. (<http://www.epa.gov/lead/rach2.pdf>). (Accessed July 27 , 2005).

El plomo ha servido para inducir cánceres renales en animales y nefropatia entre seres humanos con alta exposición en su trabajo (**Moore 2005**).

En cuanto a los Cosméticos: Un grupo de trabajadores expuestos a los tintes, con plomo y cadmio demostraron que una exposición elevada a estos se relacionaba con una mortalidad por cáncer de riñón (**Moore 2005**).

Se ha demostrado repetidamente que la exposición al plomo produce cáncer en animales de laboratorio (ACGIH 1996). Estudios epidemiológicos han encontrado un aumento significativo para varios tipos de cáncer (estómago, pulmón y vejiga), por ello, queda abierta todavía la respuesta hacia una eventual acción mutágena y cancerígena del plomo (**Arrate et al., 1999**).

International Agency for Research in Cancer (IARC), clasificó el plomo como un posible carcinógeno humano, como son el cáncer de pulmón, cáncer del estómago y gliomas (**Järup 2003**).

Muerte: Es bien sabido que el envenenamiento severo del plomo puede conducir a la encefalopatía y a la muerte. Hay una cierta evidencia, también, de índices de mortalidad más altos debido a la enfermedad cerebro vascular entre trabajadores expuestos al plomo. En infantes, los altos niveles del plomo se relacionan con muerte súbita infantil (SIDS). <http://www.epa.gov/lead/rach2.pdf> (**Accessed July 27, 2005**).

Hipertensión: Puede haber una relación entre la exposición de plomo y la hipertensión. El ritmo cardíaco y la hipertensión crecientes fueron observados en trabajadores ocupacional expuestos después de solamente cuatro semanas de exposición a los altos niveles del plomo. La hipertensión también se ha asociado a la exposición de plomo en la población en general. <http://www.epa.gov/lead/rach2.pdf> (**Accessed July 27 , 2005**).

2.14 Neurotoxicología

El plomo es un neurotóxico central y periférico. Interfiere la liberación de la acetilcolina o bien la reabsorción de colina y la síntesis consecuente de acetilcolina. La adenil-ciclasa del SNC es inhibida por el plomo. Con niveles de Pb-B inferiores a 60 µg/ 100 ml puede existir ya un retraso de la velocidad de conducción del impulso nervioso. Algunos autores sugieren el uso de estudios electromiográficos en la evaluación de la exposición crónica (**Arrate et al., 1999**).

Los efectos sobre el sistema nervioso central han sido descritos de manera diferente: desde no evidentes, hasta limitados a una reducción de los rendimientos globales, o a alteraciones de las funciones psíquicas más complejas (**Arrate et al., 1999**).

2.15 Efectos sobre el sistema cardiovascular.

Ha sido descrito el efecto favorecedor del plomo en el desarrollo de afecciones cardiovasculares: hipertensión y aumento de riesgo coronario, entre otros. Un aspecto interesante constatado en los últimos estudios es la relación causal entre bajos niveles de exposición e hipertensión arterial. También se ha encontrado mayor riesgo de mortalidad por enfermedades cardiovasculares en trabajadores expuestos a plomo (**Arrate et al., 1999**).

Las alteraciones cardíacas pueden producirse por tres mecanismos:

Hipertensión arterial por afección renal primaria, aumento de la resistencia periférica por alteración de la pared de los vasos sanguíneos, o por infiltración del sistema de conducción cardíaco (**Arrate et al., 1999**).

2.16 Inhibición en la síntesis del Hem en los eritroblastos.

Un gen potencialmente relevante es ALAD, encontrado en el cromosoma 9q34, el cual codifica para el -aminolevulinic acid dehydratase (ALAD), es una enzima implicada en la síntesis del grupo hem de los eritrocitos. La enzima ALAD es el principal sitio de unión del plomo en los eritrocitos, y la proteína ALAD 2 fija más firmemente al plomo que la proteína ALAD 1. Este cambio altera la toxico-

cinética del plomo (**Kamel et al., 2003**) y distribución, y por lo tanto su toxicidad (**Hu et al., 2001**).

VDR, otro gen potencialmente que es afectado por la susceptibilidad al plomo, se encuentra en el cromosoma 12q y codifica para el receptor (VDR) en la vitamina D, esta puede también influenciar la absorción y distribución del plomo (**Kamel et al., 2003**).

El plomo bloquea varias enzimas necesarias para la síntesis del grupo Hem de la hemoglobina: delta-ALA-deshidratasa (ALA-D), coproporfinógeno III, decarboxilasa y ferroquelatasa. Los efectos dependen de la dosis de absorción, siendo la más temprana, la inhibición del ALA-D. Por otro lado, la actividad de la enzima ALA-sintetasa será estimulada por un mecanismo de retroalimentación como consecuencia del déficit de Hem, produciéndose también un aumento del ALA. Las consecuencias biológicas de esta acción de inhibición son: aumento de la tasa de ALA en sangre y en orina (ALA-B, ALAU), aumento de la concentración de coproporfinógeno III en los hematíes y de coproporfirina III en orina (CPU), aumento de la tasa de protoporfirina IX en los hematíes, aumento en la tasa de hierro sérico (**Arrate et al., 1999**).

2.16.1 Alteración morfológica de los precursores de los eritrocitos.

En una punción esternal, pueden ser observados megaloblastos, eritroblastos poliploides y punteado basófilo en los eritroblastos. La acción inhibitoria del plomo sobre la enzima pirimidin-5-nucleotidasa es la responsable de la reducción-degradación del RNA en los reticulocitos en vías de maduración y de la persistencia de las granulaciones basófilas (**Arrate et al., 1999**).

2.16.2 Efectos sobre los glóbulos rojos circulantes.

La fragilidad mecánica de los glóbulos rojos parece aumentar, aunque este factor no es suficiente para explicar la anemia. La vida media de los glóbulos rojos disminuye ligeramente. Este hecho permite clasificar la anemia saturnina entre las anemias hemolíticas (**Arrate et al., 1999**).

Nutrición.

Diversos estudios han mostrado la interacción que existe entre elementos esenciales como el calcio y el hierro. Se ha asociado una deficiencia de cualquiera de éstos con un incremento en la absorción y retención del plomo. La intoxicación neuronal por plomo puede resultar más grave si existe, además, una deficiencia de hierro. Por ello, son necesarias la ingesta adecuada de estos nutrientes y la modificación de las carencias orgánicas. En el caso de los niños de más de un año de edad, la ingesta diaria de un gramo de calcio debe satisfacer sus necesidades. Los productos lácteos son alimentos ricos en calcio. Los antiácidos son una fuente barata de calcio si no se tolera la ingesta de productos lácteos, o bien éstos no están al alcance de la población. La carne es la fuente más segura de hierro asimilable. **(Markowitz, 2003).**

2.17 Toxicología.

2.17.1 Absorción.

El plomo es absorbido inicialmente a través del sistema respiratorio y gastrointestinal, y es la ruta más importante de ingreso para exposiciones laborales. La absorción cutánea de plomo inorgánico es insignificante. Sin embargo, compuestos de plomo orgánicos, a causa de su solubilidad en lípidos, son fácilmente absorbidos a través, de la piel intacta. La absorción del plomo respiratorio es primeramente dependiente del tamaño de partícula; de la solubilidad, el volumen respiratorio y las variaciones de la fisiología del individuo. Son factores menos importantes. La absorción gastrointestinal del plomo es mas baja en adultos que en niños, ya que el adulto solo absorbe del 10 al 15 % del plomo de la dieta **(Stauding, 1998)**. Los niños pequeños normalmente exploran su ambiente por la actividad vía mano - boca, comportamientos que son probablemente la principal ruta de ingreso para incrementar la admisión del plomo de un niño que vive en un ambiente con riesgos como pobreza, con pinturas con plomo en sus casas o niveles elevados de plomo en el polvo de la casa o por la tierra patio. La fracción promedio de absorción gastrointestinal de plomo es mucho mayor en infantes y niños jóvenes que en adultos y la absorción se incrementada por la presencia de deficiencias nutricionales de Fe y Ca, que son más comunes en niños que en adultos **(Bellinger, 2004).**

El grado de absorción del plomo se incrementa considerablemente en personas con ayunos prolongados o en personas cuya dieta es deficiente en calcio, hierro, fósforo o zinc (**Stauding, 1998**).

2.17.2 Distribución.

Después de que el plomo es absorbido por el flujo sanguíneo, a través de su ingestión o inhalación, este es transportado y unido a los eritrocitos. La fracción de plasma que se esparce libremente es distribuida extensamente en todos los tejidos, alcanzando altas concentraciones en hueso, dientes, hígado, pulmón, riñón, cerebro y bazo. El plomo en la sangre tiene una estimada vida media de 35 días, en tejido suave de 40 días y en hueso de 20 a 30 años. Con la exposición crónica, la mayoría del plomo absorbido termina en hueso. El plomo se substituye por el calcio en la matriz ósea. Esto no es conocido por causar algún efecto de intoxicación o envenenamiento sobre el hueso mismo. El almacenaje en el hueso probablemente actúa como un "deposito," protegiendo otros órganos mientras sigue la acumulación crónica. El plomo que se acumula en el hueso proporciona en última instancia una fuente para la removilización y toxicidad continuada después de que la exposición ha cesado. El contenido corporal total del plomo se llama la carga de plomo en el cuerpo; en un estado constante, cerca del 90% de la carga en el cuerpo esta unida al hueso. (**Stauding, 1998**).

2.17.3 Excreción.

Aunque el plomo es excretado por diferentes rutas (incluyendo sudor y uñas), solo la vía gastrointestinal y renal son de importancia practica. En general, el plomo es excretado muy lentamente por el cuerpo (la vida media biológica estimada es de 10 años). Cuando la excreción es lenta, la acumulación en el cuerpo ocurre fácilmente (**Stauding, 1998**).

2.17.4 Vías de eliminación del plomo.

El plomo absorbido es eliminado principalmente a través de la orina. Una pequeña parte es eliminada a través de la bilis en las heces. La porción de plomo que ha sido ingerida y no absorbida es igualmente eliminada por las heces. Otras vías de eliminación son la saliva, el sudor, las faneras y la leche (**Arrate et al., 1999**).

2.18 Efectos clínicos en adultos.

2.18.1 Toxicidad de plomo inorgánico agudo.

Las exposiciones laborales excesivas al plomo sobre un período corto pueden causar un síndrome de intoxicación aguda por plomo. Datos clínicos clásicos en este síndrome incluyen cólicos abdominales, estreñimiento, fatiga y disfunción del sistema nervioso central. Con dosis mayores, puede evolucionar hacia la encefalopatía aguda con coma y crisis convulsivas. En exposiciones leves, dolor de cabeza y cambios en la personalidad pueden ser las señales de toxicidad neurológica (**Stauding, 1998**).

2.18.1.1 Signos generales de toxicidad del plomo.

Leve	Moderado	Severo
Mialgias	Cefalea	Encefalopatía
Irritabilidad	Temblor	neuropatía Motora
Paresthesias	Vomito	Ataques
Fatiga leve	fatiga General	Coma
Dolor abdominal	Dolor abdominal difuso	Cólico Abdominal
Letargia	Pérdida de peso	Línea de Burton
Perdida de la libido	Oliguria	Estreñimiento

2.18.2 Fuentes potenciales de exposición al plomo

La exposición al plomo ocurre mediante diferentes fuentes y vías, sin embargo, las bases de datos sobre las fuentes potenciales de exposición, con frecuencia no se encuentran disponibles. Cuando las fuentes no están bien identificadas, los datos sobre el uso industrial del metal pueden proporcionar información sobre las fuentes potenciales de exposición. Por ejemplo, los datos sobre la operación de las fundiciones de Plomo se pueden utilizar para determinar los sitios donde pudiese ocurrir una elevación de los niveles de plomo. Este metal se utiliza en muchos países para varios propósitos industriales como en las

pinturas, la soldadura, el barniz, la manufactura de baterías y como un aditivo para la gasolina. Por lo cual, las vías de exposición que resultan de su uso pueden incluir el aire, la comida, el agua, el polvo, el suelo y la pintura. En situaciones específicas existen otras vías que pueden ser importantes como la cerámica tratada con barniz que contiene plomo, en México; o él «*kohl*» (polvillos negros empleados en la India para dar sombra a los ojos) y la medicina herbolaria (Romieu, 2003).

2.18.3 Marcadores biológicos de exposición al plomo y muestreo del medio ambiente

Para determinar el nivel de exposición al plomo se pueden utilizar diferentes marcadores biológicos que incluyen sangre venosa y capilar, sangre de cordón umbilical, plasma, orina, dientes, huesos y cabello. La sangre, refleja principalmente la exposición reciente, es el marcador biológico más comúnmente usado. El 99% del plomo en la sangre se encuentra asociado con los eritrocitos y, como lo sugieren los estudios metabólicos, el plomo total en la sangre tiene una vida media de 25 a 30 días. El plomo en el plasma, que representa la fracción libre o difusa y biodisponible que se encuentra en el cuerpo, posee el significado toxicológico más importante. La mayor parte de la carga de plomo en el cuerpo se almacena en los tejidos mineralizados. Sin embargo, aunque los niveles de plomo en los dientes y en los huesos reflejan una exposición acumulativa (de varios años), no se pueden utilizar de manera rutinaria para la vigilancia (Romieu, 2003).

De acuerdo con los patrones del CDC, los niveles de $\geq 10 \mu\text{g/dl}$ deben provocar algunas medidas preventivas a escala comunitaria. Sin embargo, los efectos de los niveles bajos, que incluyen deterioro en el desempeño cognoscitivo, cambios en el comportamiento y decremento en el coeficiente intelectual se han observado aun en niveles inferiores a 10 Este descubrimiento está respaldado por muchos estudios hechos en diversas poblaciones (Romieu, 2003).

III MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Lugar de muestreo

La cabecera municipal de Vetagrande, Zacatecas, es una zona minera donde por más de 4 siglos se han depositado jales y terreros ricos en plomo y otros metales pesados. En zonas con estas características existe el riesgo de contaminación de sus habitantes, siendo los grupos de población de mayor riesgo los niños y las mujeres embarazadas.

El presente trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Radiobiología de la Universidad Autónoma de Zacatecas en un contenedor refrigerado donde se determinó la concentración de plomo, durante el periodo del 16 al 18 de Agosto del 2005. A través de la autoridad de la comunidad se convocó a la población para participar en este estudio. En la primera sesión se realizó la comunicación de riesgos y se aclararon las dudas que tenía la población. De un total de 253 infantes que habitan en Vetagrande (INEGI), se formó un grupo de 80 niños tomados al azar para distribuirlos en grupos etéreos para realizar el muestreo de los niveles de Pb en sangre. Durante la toma de muestras, se presentó un grupo de población mayor al necesario, incluso, hubo varios adultos que manifestaron su interés en someterse al estudio.

3.2. Toma de muestras de sangre

Antes de la toma de muestra, los niños se lavaron las manos con agua tibia jabonosa, como complemento de limpieza, se utilizaron torundas con alcohol para limpiar el dedo de donde se tomó la muestra de sangre. El mantener caliente el sitio de la perforación ayudó a aumentar el flujo de la sangre. Se usaron guantes para prevenir contaminación del plomo. La contaminación del plomo podría llevar a resultados altos de plomo en la sangre que son falsos. Se utilizaron ropa y gafas protectoras mientras se manejaba y colectaba las muestras de sangre por el riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas.

3.3 Preparación de la muestra de sangre

Se quitó el capilar de colección de sangre LeadCare (capilar) del envase y se puso al lado en una gasa absorbente limpia. Enseguida se preparó el aparato lanceta, se seleccionó un dedo (corazón o anular) y se masajéó suavemente

desde la base hacia la punta varias veces para presionar la sangre a la yema del dedo.

3.3.1 Obtención de la muestra de sangre

Se escogió un punto de perforación cerca de la yema del dedo, usando el lado del dedo, una vez hecho esto se limpio el punto de perforación con un algodón empapado en alcohol y se seco con una gasa absorbente limpia.

La muestra de sangre entera se obtuvo por medio de una perforación de la piel (por ejemplo del dedo) o venipuntura, la sangre se recuperó con un tubo capilar con EDTA como anticoagulante. Se aseguró que los aparatos de colección de sangre contienen bastante sangre que permitan pipetear 50 μ L de muestras. La sangre recuperada en el capilar se vació en el vial que contiene el reactivo que permite la digestión de la sangre y la liberación del plomo contenido en ésta.

3.3.2 Colección de la muestra de sangre

Se oprimió suavemente alrededor del sitio de la perforación para obtener una gota grande de sangre. Se limpió la primera gota de sangre con una gasa absorbente limpia (figura 1).



Figura 1.- Punción con lanceta

De nuevo, se oprimió el dedo suavemente mientras el sitio de la perforación hacia abajo para formar una gota grande de sangre. Se posicionó el extremo

más estrecho del capilar hacia la gota de sangre, llenando el capilar con sangre hasta la marca indicadora.

3.3.3 Llenado del tubo capilar con una muestra de sangre

Se limpió el exterior del capilar con una gasa absorbente limpia para quitar cualquier exceso de sangre adherida cerca del extremo del capilar. Una vez realizado, se limpió cualquier sangre restante del dedo con una gasa absorbente y luego se aplicó presión a la perforación hasta que dejó de sangrar (figura 2).



Figura 2.- Colección de la muestra mediante tubo capilar-

3.3.4 Preparación de la muestra de sangre.

Se utilizó sólo sangre entera que es fresca y no refrigerada y se almacenó a 50 -90° F (10-32°C). Se añadió la muestra de sangre al Tratamiento Reactivo LEADCARE en menos de 24 horas después de la recolección asegurándose que la muestra de sangre no contuviera coágulos, que pudiera llevar a un resultado inexacto de plomo en la sangre.

3.3.5 Mezclado de la muestra de sangre con el tratamiento reactivo

Antes de usar el tubo del Tratamiento Reactivo, suavemente se dieron golpecitos en una superficie de trabajo para dejar que el líquido se colecciona al fondo. Una vez hecho esto, se quitó la tapa e insertó el émbolo de la Colección de Sangre LeadCare dentro del capilar en el lado contrario donde fue coleccionada la sangre.

Este capilar se depositó dentro del tubo del Tratamiento Reactivo tocando suavemente contra el lado del tubo, y se vació la muestra de sangre en el Tratamiento Reactivo para liberar el Pb del eritrocito. El tubo previamente tapado se meció suavemente para mezclar la sangre con el Tratamiento Reactivo hasta que se obtuvo un color castaño de la mezcla. (figura 3).



Figura 3.- Liberación de la sangre en el vial con el reactivo para digerirla

3.4 Corrimiento de la prueba

50 μ L de la mezcla del reactivo y sangre se aplicaron en el área activa del Sensor, asegurándose de extender la mezcla homogéneamente al distribuirla lentamente con movimientos circulares.

3.5 Control de calidad

El control de calidad en las mediciones se hizo mediante la calibración del equipo, donde se utilizaron dos estándares con concentraciones de plomo diferentes. La calibración se efectuó al inicio y al final de las mediciones.

3.6 Valores esperados (Seguimiento de resultados de la prueba)

El resultado de plomo en la sangre menor que 10 μ g/dL no indicó envenenamiento de plomo. Pacientes con resultado de plomo en la sangre mayor de 10 μ g/dL potencialmente indicaron envenenamiento de plomo, el cual sería condición médica.

3.7 Determinación de la concentración de plomo en sangre

La determinación de plomo en sangre se realizó mediante la técnica de Voltamperometría de redisolución anódica recomendada en la Norma Oficial Mexicana NOM-199-SSA1 de alta precisión virtualmente libre de interferencias. (NOM 2002) (figura 4 y 5).

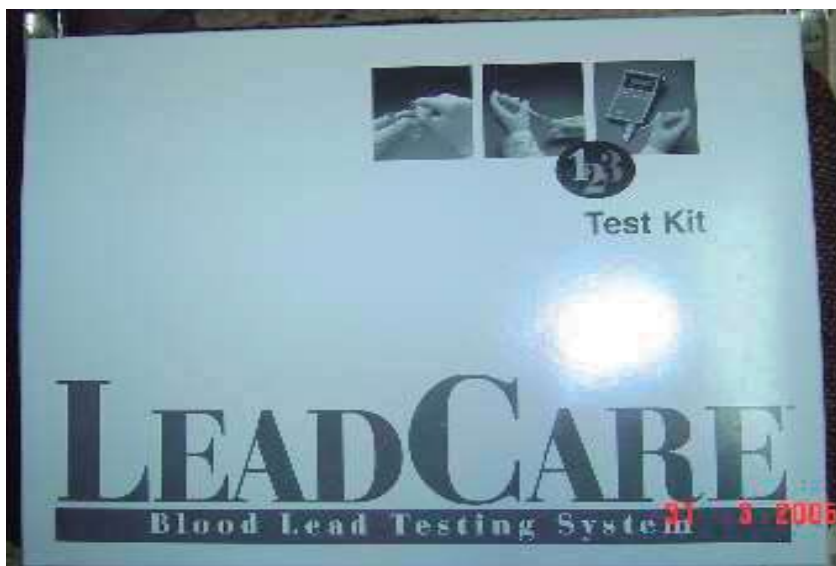


Figura 4.- Unidad de prueba LEADCARE



Figura 5.- Determinación de la concentración de plomo en sangre

El control de calidad de las mediciones se hizo mediante la calibración del equipo, donde se utilizaron dos estándares con concentraciones de plomo diferentes. La calibración se efectuó al inicio y al final de las mediciones. El proceso de calibración se repitió cada vez que se hacían 10 determinaciones. Los materiales utilizados en la recuperación de las muestras, así como el procedimiento utilizado corresponden al sistema de comprobación de plomo en sangre LEADCARE[®] de la empresa ESA, Inc¹. Este sistema permite determinar plomo en sangre en un intervalo de 1.4 a 65 µg/dL. El proceso seguido es el mismo sugerido por la Norma Oficial Mexicana NOM-199-SSA1. (NOM 2002).

IV Resultados y Discusión

4.1 Concentración de plomo en las muestras de sangre

Los resultados de la concentración de plomo en sangre, se muestran en la tabla 4.1.1, donde se muestra el promedio de menores, por género y grupo etéreo, que superan los 10 µg de plomo por decilitro de sangre.

Tabla 4.1.1 Niveles de Pb en sangre en infantes de Vetagrande, Zacatecas.

Valores promedio de la concentración de plomo en sangre de infantes (niños y niñas).						
Grupo Etéreo	Varones [µg/dL]	Categoría	Mujeres [µg/dL]	Categoría	Mujeres y Varones [µg/dL]	Categoría
0-3	15.8±6.1	III	11.2±5.1	II	13.2±5.9	II
4-5	15.4±8.9	III	15±4.9	III	15.2±6.8	III
6-11	15.8±9.8	III	10.5±4.5	II	13.4±8.3	II
12-15	8.4±5.7	I	6.5±2	I	7.9±5.1	I

De esta tabla 4.1.1, se observa que los menores de 12 a 15 años de edad tienen menor riesgo, de estar afectados por el contaminante del plomo. La posible explicación a esto se atribuye a que los menores, entre los 12 y 15 años de edad, aún a pesar de que pudieran entrar en contacto con fuentes de plomo sus hábitos higiénico-dietéticos, nivel de nutrición los hace menos susceptibles de incorporar plomo a su organismo.

De los 80 niños analizados, 36 tienen niveles inferiores a los 10 µg/dL, es decir 45% de la población está en la Categoría I, la cual se considera como aceptable. Cuarenta y cuatro menores presentaron más de 10 µg/dL, es decir 55% de la población infantil presentan concentraciones de plomo en sangre que los ubican en categorías II y III (Fig. 7).

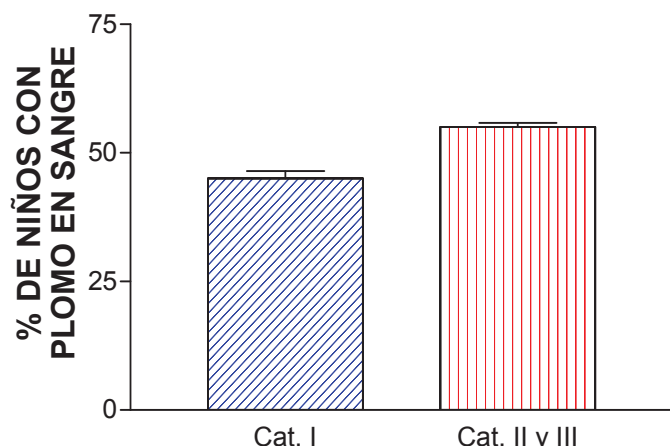


Fig. 7 Porcentaje de niños con plomo en sangre.

Los varones, cuyas edades varían de 0 a 11 años es el grupo de mayor riesgo; la causa de su contaminación se atribuye a la actividad física y los pobres hábitos de higiene. En mujeres, el grupo de mayor riesgo tiene edades inferiores a 11 años. Este grupo está afectado, probablemente, a que existe un cierto grado de desnutrición. Por su edad, permanecen en constante interacción con entidades con plomo, como el polvo del ambiente de sus casas así como el suelo y en este grupo de población existe un hábito marcado de llevarse objetos sucios a la boca.

Los resultados de valores promedios de plomo en sangre, encontrados en todos los menores de ambos grupos (niños y niñas) de 15 años se muestran en la tabla 4.1.2.

Tabla 4.1.2. Promedio de plomo en sangre de los menores de 15 años de Vetagrande, sin importar el género (Niños y Niñas).

Promedio de plomo en sangre [$\mu\text{g/dL}$]: 13.6 ± 7.7

Los resultados de los valores promedios de plomo en sangre, en cada grupo (niños y niñas) menores de 15 años, se muestran en la tabla 4.1.3.

Tabla 4.1.3. Promedios de la concentración de plomo en sangre de los infantes.	
Grupo	Promedio de plomo en sangre [$\mu\text{g/dL}$]
Niños	15.1 ± 8.9
Niñas	12.1 ± 5.8

Siendo el valor criterio NOM-199-SSA1-2002, hasta $10 \mu\text{g/dL}$.

ANALISIS ESTADISTICO:

Los datos se analizaron con la prueba t de “Student”, se obtuvo la media aritmética y la desviación estándar, de cada uno de los valores.

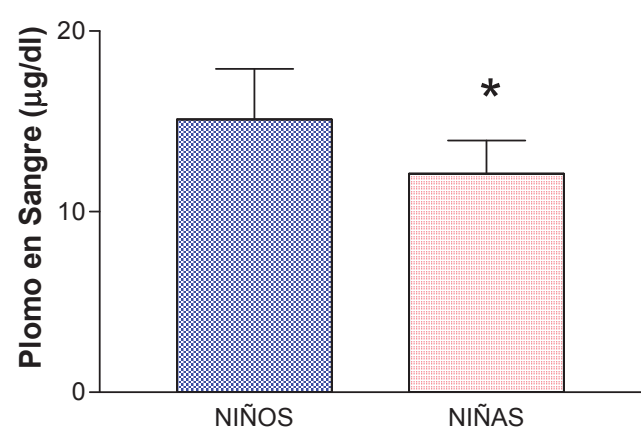


Fig. 8. Concentración de Plomo en sangre en los dos grupos estudiados. $\bar{X} \pm \text{DE}$. de 80 muestras de sangre. $*P > 0.05$

4.2 Diferencia estadística, en la tabla 4.2.1:

Tabla 4.2.1.
N= 80
Error Máximo aceptable: 95
$\alpha = 95\%$

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana, correspondiente a los niveles de plomo en sangre en grupos de población expuesta no ocupacionalmente (NOM 2002). Los grupos de población más vulnerable son los niños. Dependiendo de la concentración de plomo en sangre reconoce que existen 6 categorías. La Categoría I es cuando la concentración de plomo es menor a los 10 $\mu\text{g/dL}$, la Categoría II corresponde a un concentración de (10, 14) $\mu\text{g/dL}$ de plomo en sangre, la Categoría III es para concentraciones de [15, 24) $\mu\text{g/dL}$, la Categoría IV es para (25, 44) $\mu\text{g/dL}$, la Categoría V es para (45, 69) $\mu\text{g/dL}$ y la Categoría VI corresponde a concentraciones de plomo en sangre mayor o igual a 70 $\mu\text{g/dL}$.

Dependiendo de la categoría, la norma establece que los responsables de Salud, deben ejecutar un conjunto de acciones básicas con el fin de proteger a los grupos de población más vulnerables.

La exposición de plomo, particularmente en los países en vías de desarrollo, más futuros exacerba el desarrollo cognoscitivo ya comprometido de los niños debido a la desnutrición y a la enfermedad infecciosa. Identificamos factores de riesgo potencialmente remediable, incluyendo el uso de fragmentos de pintura, y la proximidad a los fundidores de la batería y a los vendedores de la gasolina. Además de otros beneficios para la salud, los intervenciones alimenticias para proporcionar el calcio adecuado, el hierro, y la vitamina "C" pueden potencialmente bajar los niveles de plomo de la sangre (**Wright et al., 2005**). Que identifica las fuentes de peligros para la salud ambientales en países en vías de desarrollo es un primer paso esencial hacia su remediación.

Los estándares para los niveles del plomo de la sangre se han reducido continuamente cuando emergen estudios que proporcionaron nuevas evidencias toxicológicas y epidemiológicas que revelaban la insuficiencia de estándares anteriores. Mientras que las agencias reguladoras y las organizaciones de la salud han reducido la cantidad de plomo considerada por causar envenenamiento con el plomo, ellos no han alcanzado un consenso firme en la concentración permitida máxima del plomo en la sangre. En realidad, no hay nivel seguro debajo de el cual no se observen efectos dañinos sobre la salud (**Hashisho, 2004**).

V CONCLUSIONES

Del estudio realizado se desprenden las siguientes conclusiones.

La concentración promedio encontrado es de 13.6 ± 7.7 $\mu\text{g/dL}$, valor que supera el criterio establecido por la NOM-199-SSA1-2002.

De acuerdo a esta norma los niveles de Pb en sangre en los infantes analizados indican que el 44% de la población infantil de esa comunidad presentan concentraciones de plomo en sangre que los ubican en categorías superiores a la I.

Es concluyente que existe una fuente común y crónica de Pb disponible para las personas que habitan en el área de estudio.

Esta situación se agrava por la deficiencia alimenticia de la comunidad, los hábitos higiénico-dietéticos, la forma de cocinar los alimentos y al estado de desnutrición de la población infantil y por la deficiencia de infraestructura en materia de pavimentación.

VI Recomendaciones

El aspecto más importante del tratamiento de un problema de contaminación, es la eliminación de la fuente de exposición.

Por la carencia de infraestructura, en materia de pavimentación, de Vetagrande, las condiciones económicas de sus pobladores, sus hábitos higiénico-dietéticos y el coeficiente de variación que tiene la técnica utilizada en la determinación de los niveles de plomo en sangre se recomienda que para definir y tratar a los menores afectados, se reduzca el umbral de la Categoría II de 10 $\mu\text{g/dL}$ a 9 $\mu\text{g/dL}$, con base a distintos autores ya que puede haber una reducción en el índice de inteligencia asociados a un aumento con el plomo en la sangre en medio del curso de la vida a partir de 1 a 10 $\mu\text{g/dL}$ (Lanphear *et al.*, 2005, Dietrich *et al.*, 2004, Bellinger 2005, Brown *et al.*, 2005, Canfield *et al.*, 2003).

Con base en este criterio se sugiere identificar al resto de los niños afectados y realizar las acciones correspondientes en la norma oficial respectiva.

A la luz de la evidencia recuperada en esta investigación, además se hacen las siguientes recomendaciones:

6.1 Salud humana

- Identificar, a través de la prueba de sangre en todos los menores, al resto afectado. En esta fase se debe incluir todas las embarazadas y en periodo de lactación que quieran participar.
- Desarrollar una campaña, a través de talleres de capacitación, encaminada a mejorar los hábitos higiénico - dietéticos de los pobladores, así como nutrimentales para prevenir el incremento en los niveles de plomo en sangre. Sensibilizar a las familias sobre el mecanismo mano-boca entre los infantes menores.
- Considerando los valores de plomo encontrados, se debe iniciar la comunicación de riesgos acerca de los hallazgos en las muestras ambientales.
- Que la Secretaría de Salud inicie de manera emergente con el control de los casos detectados con altos niveles de plomo en sangre y el seguimiento de los mismos, de acuerdo a la NOM-199-SSA1-2002.

6.2.- Medio ambiente

- Monitorear los niveles de plomo en los alimentos que se producen y consumen en esa zona en otras estaciones del año.
- Se recomienda la reforestación con plantas perennes, herbáceas y arbóreas para estabilizar los terrenos con alto contenido de plomo.

6.3 Investigación y seguimiento

- Medir la concentración de plomo en el agua de consumo humano y animal.

- Determinar los niveles de plomo en productos alimenticios de origen animal, como leche y sus derivados, así como en la sangre de los animales que pastorean en el área afectada por el pasivo ambiental.
- Identificar las especies químicas del plomo para establecer su biodisponibilidad.

Es necesario el desarrollo de infraestructura y fortalecimiento de capacidades regionales, con el objeto de crear un sistema sólido para la atención de la problemática del sector ambiental y de salud en el estado de Zacatecas de una manera autosuficiente. Ya que si bien se cuenta con los recursos humanos, no se cuenta con la infraestructura analítica para realizar los monitoreos, control y corroboración de los datos.

Se deben de tomar en cuenta las experiencias y las diferentes normas que existen en Estados Unidos, Canadá y en la Comunidad Económica Europea, para generar normas mexicanas para los diferentes usos del suelo, que si bien han sido propuestas al congreso de la nación, no han prosperado.

La exposición infantil al plomo sigue siendo un problema de salud pública; no se trata de una enfermedad propia de la pobreza o de las minorías étnicas, ni es el resultado de prácticas de crianza erróneas. El "problema del plomo" se ha reducido, pero no ha quedado resuelto, y a pesar de las leyes que prohíben el plomo en la gasolina y en la pintura, los riesgos de exposición persisten. El problema no ha sido entendido en su totalidad, de tal manera que una solución fácil es imposible. Hasta que no se elimine el problema, real o potencial, de la intoxicación por plomo, los programas de detección seguirán siendo necesarios.

Los problemas ambientales nos afectan a todos; suelen ser problemas complejos y multifactoriales. Su solución debe abordarse, con eficacia y eficiencia, de manera integral y en forma coordinada donde participen los especialistas, las autoridades, los afectados y los responsables.

VII Bibliografía

Alabdullah, H., Bareford, D., Braithwaite, R., Chipman, K. (2005). Blood lead levels in iron-deficient and noniron-deficient adults. Clinical and Laboratory Haematology. 27, 105–109.

Apostoli, P., Baj, A., Bavazzano, P., Ganzi, A., Neri, G., Ronchi, A., Soleo, L., Lorenzo, L.D., Spinelli, P., Valentene, T., Minoia, C. (2002). Blood lead reference values: the results of an Italian polycentric study. The Science of the Total Enviroment. 287, 1-11.

Arrate, P.M., Nieves, R.S.H., and Amaia, M.C. 1999. PLOMO. Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales. Disponible en: <http://www.msc.es/medioambient/saludLaboral/protocolos/plomo.pdf> Accesado el 23 de Julio de 2005.

ASCIONE, I. (2001). Intoxicación por plomo en pediatría. Arch Pediatr Urug. 72 (2), 133-138.

ASP, H. (2002). LeadCare, Blood Lead Testing System. User's Guide. Esa Rev. K. 4-48.

Azcona-Cruz, M.I., Rothenberg, S.J., Schnaas-Arrieta, L., Romero-Placeres, M., Perroni-Hernández, E. (2000). Niveles de plomo en sangre en niños de 8 a 10 años y su relación con la alteración en el sistema visomotor y del equilibrio. Salud Pública de México. 42 (4), 279-287.

Barton, H., Zachwieja, Z., Foltá, M. (2002). Predicted intake of trace elements and minerals via drinking water by 6-year-old children from Krakow (Poland). Food Additives and Contaminants. 19 (10), 906-915.

Basta, N., Gradwohl, R. (2000). Estimation of Cd, Pb, and Zn bioavailability in smelter-contaminated soils by a sequential extraction procedure. Journal of Soil Contamination. 9 (2), 149-164.

Bellinger, D. C. (2004). Lead. Pediatrics. Disponible en: (http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m0950/is_4_113/ai_n6079130). Accesado el 27 Julio de 2005.

Bellinger, D. C. (2005). Teratogen Update: Lead and Pregnancy. Clinical and Molecular Teratology. 73, 409–420.

Borjesson, J., Isaksson, M., attsson, S. (2003). X-ray fluorescence analysis in medical sciences: a review. Acta Diabetologica 40(1), 39-44.

Brown, L.M., Kim, D., yomai, A., Meyer, P.A., Noonan, G.P., Huff, D., Flanders, W.D. (2005). Blood lead levels and risk factors for lead poisoning in children and caregivers in Chuuk State, Micronesia. International Journal of Hygiene and Environmental Health 208, 231–236.

Canfield, R.L., Henderson, C.R., Cory-Slechta, D.A., Cox, C., Jusko, T.A., Lanphear, B.P. (2003). Intellectual Impairment in Children with Blood Lead Concentrations below 10 µg per Deciliter. The New England Journal of Medicine 348 (16), 1517-1526.

Carter, CW., Denny, D., Flagler, P., Gehle, K., O'Connor, R. (2000). Lead toxicity. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/HEC/CSME/lead/does/lead.pdf>. Accesado 3 Agosto 2005.

Castelli, M., Rossi, B., Corsetti, F., Mantovani, A., Spera, G., Lubrano, C., Silvestroni, L., Patriarca, M., Chiodo, F., Menditto, A. (2005). Levels of cadmium and lead in blood: an application of validated methods in a group of patients with endocrine/metabolic disorders from the Rome area. Microchemical Journal. 79, 349– 355.

Cui, Y-J., Zhu, Y-G., Zhai, R-H., Chen, DY., Huang, Y-Z., Qiu., and Liang, J-Z. (2004). Transfer of metals from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China. Environment International. 30, 785– 791.

Despres, C., Beuter, A., Richer, F., Poitras, K., Veilleux, A., Ayotte, P., Dewailly, E., Saint-Amour, D., Muckle, G. (2005). Neuromotor functions in Inuit preschool children exposed to Pb, PCBs, and Hg. Neurotoxicology and Teratology. (27) 245–257.

Dietrich, K.N., Ware, J.H., Salganik, M., Radcliffe, J., Rogan, W.J., Rhoads, G.G., Fay, M.E., Davoli, C.T., Denckla, M.B., Bornschein, R.L., Schwarz, D., Dockery, D.W., Adubato, S., Jones, R.L. (2004). Effect of Chelation Therapy on the Neuropsychological and Behavioral Development of Lead-Exposed Children After School Entry. Pediatrics. 114 (1), 19-26.

Ettinger, A. S., Téllez-Rojo, M. M., Amarasiriwardena., Bellinger, D., Peterson, K., Schwartz, J., Hu, H., Hernández-Avila, M. (2004). Effect of Breast Milk Lead on Infant Blood Lead Levels at 1 Month of Age. Environmental Health Perspectives. 112 (14), 1381-1385.

Fakayode, SO. (2003). Trace metal content and estimated daily human intake from chicken eggs in Ibadan, Nigeria. Archives of Environmental Health. Disponible en:

http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m0907/is_4_58/ai_111732614.

Accesado el 27 Julio de 2005.

Farias, P., Echavarria, M., Hernandez-avila, M., Villanueva, C., Amarasiriwardena, C., Hernandez, L., Aro, A., Hu, H. (2005). Bone, blood and semen lead in men with environmental and moderate occupational exposure. International Journal of Environmental Health Research. 15(1), 21 – 31.

Gaeza, A., Chavez, H., Vega, R., Soto, E. (2005). Mecanismos Celulares y Moleculares de la Neurotoxicidad por Plomo. Salud Mental. 28 (2), 48-58.

Grotti, M., Abemoschi, M. L., Riva, S.D., Soggia, F., Frache, R. (2005). Determination of lead in bone tissues by axially viewed inductively coupled plasma multichannel-based emission spectrometry. Anal Bioanal Chem. 381, 1395–1400.

Gulson, B. L., Venkatesh, T., Palmer, J., D'Souza, H. S., Korsch, M. (2004). Comparison of Isotope Dilution and a Portable Anodic Stripping Voltammetry Device for Blood Lead Measurements: Source of Lead in Blood of Female Adults from Bangalore. Australian Journal of Chemistry. 57, 979-982.

Haley, V.B., Talbot, T.O. (2004). Geographic Analysis of Blood Lead Levels in New York State Children Born 1994–1997. Environmental Health Perspectives. 112(15), 1577-1582.

HASHISHO, Z., EL-FADEL, M. (2004). Impacts of Traffic-Induced Lead Emissions on Air, Soil and Blood Lead Levels in Beirut. Environmental Monitoring and Assessment. 93, 185–202.

Hazard Identification. Disponible en: <http://www.epa.gov/lead/rach2.pdf>
Accesado el 27 Julio de 2005.

Hernández Peñalver, M.T., Melian, M.G., Perez, R.C., Peña, O. S. (1999). Fracciones biodisponibles de arsénico, plomo, cadmio y mercurio en sedimentos de corrientes superficiales seleccionadas. Rev Cubana Epidemiol. 37(3), 132-135.

Hernández-Ochoa, I., Garcia-Vargas, G., Lopez-Carrillo, L., Rubio-Andrade, M., Moran-Martinez, J., Cebrian, M.E., Quintanilla-Vega, B. (2005). Low lead environmental exposure alters semen quality and sperm chromatin condensation in northern Mexico. Reproductive Toxicology. 20, 221–228.

Hu, H. Wu, M-T., Cheng, and Sparrow, D., Weiss, S., Kelsey, K. (2001). The δ -Aminolevulinic Acid Dehydratase (ALAD) Polymorphism and Bone and Blood Lead Levels in Community-Exposed Men: The Normative Aging Study. Environmental Health Perspectives. 109 (8), 827-832.

INEGI. (2000) XII *Censo Nacional de Población y Vivienda del 2000*, http://www.inegi.gob.mx/difusion/poblacion/definitivos/muestra/los_censos.htm

Jain, N.B., Laden, F., Guller, U., Shankar, A., Kazani, S., Garshick, E. (2005). Relation between Blood Lead Levels and Childhood Anemia in India. American Journal of Epidemiology. 161 (10), 968-973.

Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. British Medical Bulletin. 68: 167–182.

Jiménez-Gutiérrez, C., Romieu, I., Ramírez-Sánchez, A.L., Palazuelos-Rendón, E., Muñoz-Quiles, H., (1999). Exposición a plomo en niños de 6 a 12 años de edad. Salud Pública de México. 41(2), 72-81.

Kamel, F., Umbach, D.M., Lehman, T.A., Park, L.P., Munsat, T.L., Shefner, J.M., Sandler, D.P., Hu, H., Taylor, J.A. (2003). *Amyotrophic Lateral Sclerosis, Lead, and Genetic Susceptibility: Polymorphisms in the δ -Aminolevulinic Acid Dehydratase and Vitamin D Receptor Genes.* Environmental Health Perspectives. 111(10), 1335-1339.

Khan, A.H. (2001). Low-level lead exposure and blood lead levels in children: a cross-sectional survey. *Archives of Environmental Health.* Disponible en: (http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m0907/is_6_56/ai_85878508).

Accesado el 27 Julio de 2005.

Korrick, S. A., Schwartz, J., Tsaih, S-W., Hunter, D. J., Aro, A., Rosner, B., Speizer, F. E., Hu, H. (2002). Correlates of Bone and Blood Lead Levels among Middle-aged and Elderly Women. American Journal of Epidemiology. 156, (4). 335-343.

Kosobrukhov, A., Knyazeva, I., Mudrick, V. (2004). Plantago major plants responses to increase content of lead in soil: Growth and photosynthesis. Plant Growth Regulation. 42, 145-151.

Lanphear, B. P. (2005). Childhood Lead Poisoning Prevention. American Medical Association. 293 (18), 2274-2276.

Lanphear, B. P., Hornung, R., Khoury, J., Yolton, K. Y., Baghurst, P., Bellinger, D. C., Canfield, R. L., Dietrich, K. N., Bornschein, R., Greene, T., Rothenberg, S. J., Needleman, H. L., Schnaas, L., Wasserman, G., Graziano, J. and Roberts, R. (2005). Low-Level Environmental Lead Exposure and Children's Intellectual Function: An International Pooled Analysis. Environmental Health Perspectives. 113 (7), 894-899.

Latorre, F.G. (2003). Relationship of blood and bone lead to menopause and bone mineral density among middle-age women in Mexico City - Environmental Medicine. Environmental Health Perspectives. Disponible en: http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m0CYP/is_4_111/ai_102102836
Accesado el 27 Julio de 2005.

Lee, M-G., Chun, O.K., Song, W.O. (2005). Determinants of the Blood Lead Levels of US Women of Reproductive Age. Journal of American College of Nutrition. 24 (1), 1-9.

Liao, B., Guo, Z., Probst, A., Probst, J-L. (2005). Soil heavy metal contamination and acid deposition: experimental approach on two forest soils in Hunan, Southern China. Geoderma. 127, 91-103.

Liu, H., Probst, A., Liao, B. (2005). Metal contamination of soils and crops affected by the Chenzhou lead/zinc mine spill (Hunan, China). Science of the Total Environment. 339, 153- 166.

- Mannino, D. M., Albalak, R., Grosse, S., Repace, J. (2003). Second-hand Smoke Exposure and Blood Lead Levels in U.S. Children. Epidemiology. 14(6), 719-727.
- Markowitz, M.E. (2003). Manejo de la intoxicación por plomo en la niñez. Salud Publica México. 45 (2), 225-231.
- Massadeh, A. M., Alali, F.Q., Jaradat, Q. M. (2005). Determination of cadmium and lead in different cigarette brands in Jordan. Environmental Monitoring and Assessment. 104, 163–170.
- Meyer, P.A., Staley, F., Staley, P., Curtis, J., Blanton, C., Brown, M.J. (2005). Improving strategies to prevent childhood lead poisoning using local data. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 208, 15–20.
- Moore, L.E., Wilson, R.T. (2005). Lifestyle Factors, Exposures, Genetic Susceptibility, and Renal Cell Cancer Risk: A Review. Cancer Investigation. 23, 240–255.
- Mycyk, M.B., Leikin, J.B. (2004). Combined Exchange Transfusión and Chelation Therapy for Neonatal Lead Poisoning. The Annals of Pharmacotherapy. 38, 821-824.
- Navas-Acien, A., Selvin, E., Sharrett, A. R., Calderon-Aranda, E., Silbergeld, E., Guallar, E. (2004). Lead, Cadmium, Smoking, and Increased Risk of Peripheral Arterial Disease. Circulation. 109, 3196-3201.
- Needleman, H. (2004). Lead Poisoning. Annu. Rev. Med. 55, (1-14).
- Pabello, N. G., Bolivar, V.J. (2005). Young Brains on Lead: Adult Neurological Consequences?. Toxicological Sciences. 86(2), 211–213.
- Patel, J.D. (2005). Lung Cancer in Women. Journal of Clinical Oncology. 23 (14) , 3212-3218.
- Rogge, M.E., Combs-Orme, T. (2003). Protecting Children from Chemical Exposure: Social Work and U.S. Social Welfare Policy. National Association of Social Workers. 48 (6), 439-450.

Romieu, I. (2003). Uso de los datos de plumbemia para evaluar y prevenir el envenenamiento infantil por plomo en Latinoamérica. Salud pública de México. 45 (2), 244-251.

Roy, T.K. (2000). National Family Health Survey (NFHS-2). International Institute for Population Sciences, Mumbai. http://www.nfhsindia.org/data/mh_pre.pdf (Accessed July 20,. 2005).

Stauding, K. C. (1998). Occupational lead poisoning includes patients handouts on lead and health. American Family Physician. Disponible en: (http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m3225/is_n4_v57/ai_20383460).
Accesado el 27 Julio de 2005.

Tang, X-Y., Zhu, Y-G., Chen, S-B., Tang, L-L., Chen, X-P. (2004). Assessment of the effectiveness of different phosphorus fertilizers to remediate Pb-contaminated soil using in vitro test. Environment International. 30, 531– 537.

Taylor, L., Ashley, K., Jones, R.L., Deddens, J.A. (2004). Field Evaluation of a Portable Blood Lead Analyzer in Workers Living at a High Altitude: A Follow-up Investigation. American Journal of Industrial Medicine. 46, 656–662.

Taylor, L., Jones, R.L., Kwan, L., Deddens, J.A., Ashley, K., Sanderson, W.T. (2001). Field Evaluation of a Portable Blood Lead Analyzer with Occupationally Exposed Populations. American Journal of Industrial Medicine. 40, 354–362.

Téllez-Rojo, M.M., Hernández-Avila, M., Lamadrid-Figueroa, H., Smith, D., Hernández-Cadena, L., Mercado, A., Aro, A., Schwartz, J., Hu, H. (2004). Impact of Bone Lead and Bone Resorption on Plasma and Whole Blood Lead Levels during Pregnancy. American Journal of Epidemiology. 160, 668–678.

Trancoso, M.A., Dos Santos, M.M.C., Goncalves. M.L.S. (2004). Lead Adsorption on a Soil: A Polarographic Study. Electroanalysis. 16 (12), 1024-1032.

Ursinyova, M., Masanova ,V. (2005). Cadmium, lead and mercury in human milk from Slovakia. Food Additives and Contaminants. 22 (6), 579–589.

Weaver, V.M., Lee, B-K., Todd, A.C., Jaar, B.G., Ahn, K-D., Wen, J., Shi, W., Parsons, P.J., Schwartz, B.S. (2005). Associations of Patella Lead and Other Lead Biomarkers With Renal Function in Lead Workers. Joem. 47 (3), 235-243.

Wright, N.J., Thacher, T.D., Pfitzner, M.A., Fischer, P.R., Pettifor, J.M. (2005). Causes of lead toxicity in a Nigerian city. Archives of Disease in Childhood. 90; 262-266.

Yaman, M., Dilgin, Y., Gucer, S. (2000). Speciation of lead in soils and relation with its concentration in fruits. Analytica Chimica Acta. 410, 119–125.

Yolton, K., Dietrich, K., Auinger, P., Lanphear, B.P., Hornung, R. (2005). Exposure to Environmental Tobacco Smoke and Cognitive Abilities among U.S. Children and Adolescents. Environmental Health Perspectives. 113 (1), 98-103.

Anexo No.1.

Concentración de plomo en sangre en infantes, en la comunidad de Vetagrande, Zacatecas.

No. de Infantes (Niños y Niñas)	Edad	Concentración de (µg/dL
1	8 Años .	9 . 0
2	5 Años .	22 . 7
3	3 Años .	9 . 9
4	6 Años .	21 . 1
5	6 Años .	17 . 4
6	4 Años .	9 . 5
7	6 Años .	19 . 6
8	5 Años .	16 . 6
9	6 Años .	6 . 9
10	4 años	9 . 1
11	7 Años .	12 . 9
12	2 Años .	5 . 1
13	11 Años	9 . 2
14	1 Año .	11 . 4
15	11 Años .	15 . 5
16	7 Años .	6 . 3
17	3 Años .	21 . 2
18	12 Años.	20.0
19	9 Meses. 6/Nov. 04.	11.4
20	1 Año.	18.0
21	3 Años	17.8
22	9 Años.	21.6
23	32 Años	10.0
24	3 Años.	19.0
25	10 Años.	12.9
26	12 Años.	6.9
27	1 Año y 8 meses	11.5

28	2 años y 11 meses.	23.5
29	5 Años.	7.9
30	11 Años.	18.0
31	12 Años.	2.7
32	31 Años	8.1
33	8 Años	2.5
34	3 Años.	6.9
35	7 Años.	7.9
36	9 Años.	34.9
37	7 Años.	21.3
38	9 Años.	10.9
39	5 Años.	19.0
40	12 Años .	9.9
41	6 Años	16.0
42	12 Años	4.0
43	1 Año y 10 meses.	16.5
44	4 Años.	11.9
45	7 Años.	13.0
46	3 Años.	24.0
47	4 años.	28.9
48	7 años y 11 meses.	8.1
49	11 años.	14.6
50	8 años y 11 meses.	24.5
51	10 años.	6.7
52	8 años	6.5
53	12 años.	4.5
54	4 años.	19.6
55	11 años.	6.8
56	3 años.	9.0
57	2 años.	5.1
58	3 años.	8.3
59	8 Años.	5.8
60	4 años.	16.9
61	8 años.	15.0
62	9 años.	41.2
63	2 años.	20.5
64	2 años.	11.3
65	10 años.	10.2
66	5 años.	8.0
67	7 Años.	8.6
68		28.1
69	3 años.	8.6
70	23 años.	12.4
71	3 años.	5.8
72	11 años.	3.4
73	9 años.	4.4
74	7 años	20.9
75	3 años-20/Agosto/2002.	11.9
76	4 años.	5.8
77	11 años.	4.2
78	7 años.	14.5
79	8 años.	9.6
80	10 años.	20.6
81	5 años.	21.2
82	12 años.	8.5
83	7 años.	6.4

Anexo No.2. NOM-199-SSA1-2002

En la Tabla 4 (NOM 2002), se señalan las acciones básicas de protección que se deben realizar.

Tabla 4.- Acciones básicas de protección en niños menores de 15 años, mujeres embarazadas y en periodo de lactancia			
Nivel de plomo en sangre	Acciones Niños menores de 3 años	Acciones Niños de 3 a 15 años	Acciones Mujeres embarazadas y en periodo de lactancia
< 10 µg/dL Categoría I	No se establece acción específica	No se establece acción específica	No se establece acción específica
10-14 µg/dL Categoría II	Repetir la prueba de plomo en sangre venosa al menos cada 3 meses, y elaborar historia clínica con énfasis en los antecedentes ambientales. Notificar a la autoridad sanitaria. Informar a la familia acerca de la exposición ambiental a plomo, promover y fomentar buenos hábitos higiénicos y alimenticios. Hacer el seguimiento del caso.	Repetir la prueba de plomo en sangre venosa al menos cada 3 meses, y elaborar historia clínica con énfasis en los antecedentes ambientales. Notificar a la autoridad sanitaria. Informar a la familia acerca de la exposición ambiental a plomo, promover y fomentar buenos hábitos higiénicos y alimenticios. Hacer el seguimiento del caso.	Repetir la prueba de plomo en sangre venosa hasta que termine el periodo de lactancia materna al menos cada 3 meses, después de elaborar historia clínica, con énfasis en los antecedentes ambientales y laborales. Notificar a la autoridad sanitaria. Informar a la familia acerca de la exposición ambiental a plomo, promover y fomentar buenos hábitos higiénicos, alimenticios, así como medidas personales para reducir la exposición al plomo. Hacer el seguimiento del caso. Dar seguimiento al binomio madre-hijo.

15-24 µg/dL Categoría III	Repetir la prueba de plomo en sangre venosa, al menos cada 3 meses después del primer resultado hasta que el NPS sea < 10 µg/dL y elaborar historia clínica con énfasis en los antecedentes ambientales. Realizar una evaluación médica integral para determinar el tipo de atención. Prescribir suplementos alimenticios: hierro, calcio u otros, con base a la evaluación médica integral. Determinar el NPS de los convivientes menores de 15 años, mujeres embarazadas y en periodo de lactancia. La autoridad sanitaria realizará estudios para identificar rutas y vías de exposición. Notificar a la autoridad sanitaria. En el caso de identificar la o las fuentes de exposición, la autoridad sanitaria gestionará las medidas para su control o eliminación. En el caso de utensilios domésticos identificados como fuente de exposición, la autoridad sanitaria señalará al padre/madre o tutor cuáles son los que se deben eliminar. Hacer el seguimiento del caso. Informar a la familia acerca de la exposición ambiental a plomo, promover y fomentar buenos hábitos higiénicos y alimenticios.	Repetir la prueba de plomo en sangre venosa, al menos cada 3 meses después del primer resultado hasta que el NPS sea < 10 µg/dL y elaborar historia clínica con énfasis en los antecedentes ambientales. Realizar una evaluación médica integral para determinar el tipo de atención. Prescribir suplementos alimenticios: hierro, calcio u otros, con base a la evaluación médica integral. Determinar el NPS de los convivientes menores de 15 años, mujeres embarazadas y en periodo de lactancia. La autoridad sanitaria realizará estudios para identificar rutas y vías de exposición. Notificar a la autoridad sanitaria. En el caso de identificar la o las fuentes de exposición, la autoridad sanitaria gestionará las medidas para su control o eliminación. En el caso de utensilios domésticos identificados como fuente de exposición, la autoridad sanitaria señalará al padre/madre o tutor cuáles son los que se deben eliminar. Hacer el seguimiento del caso. Informar a la familia acerca de la exposición ambiental a plomo, promover y fomentar buenos hábitos higiénicos y alimenticios.	Repetir la prueba de plomo en sangre venosa hasta que termine el periodo de lactancia materna, al menos cada 3 meses después del primer resultado hasta que el NPS sea < 10 µg/dL y elaborar historia clínica con énfasis en los antecedentes ambientales y laborales. Realizar una evaluación médica integral para determinar el tipo de atención. Prescribir suplementos alimenticios: hierro, calcio u otros, con base a la evaluación médica integral. Dar seguimiento al binomio madre-hijo. Determinar el NPS de los convivientes menores de 15 años, mujeres embarazadas y en periodo de lactancia. La autoridad sanitaria realizará estudios para identificar rutas y vías de exposición. Notificar a la autoridad sanitaria. En el caso de identificar la o las fuentes de exposición, la autoridad sanitaria gestionará las medidas para su control o eliminación. En el caso de utensilios domésticos identificados como fuente de exposición, la autoridad sanitaria señalará cuáles son los que se deben eliminar. Hacer el seguimiento del caso. Informar a la familia acerca de la exposición ambiental a plomo, promover y fomentar buenos hábitos higiénicos y alimenticios.
---	---	--	---

25-44 µg/dL Categoría IV	Repetir la prueba de plomo en sangre venosa mensualmente, hasta que el NPS sea menor de 25 µg/dL. Realizar una evaluación médica integral por médico especialista, considerando indicadores biológicos de daño, para determinar tipo de atención (manejo de caso). Prescribir suplementos alimenticios: calcio, hierro u otros, con base a la evaluación médica integral, a juicio del médico tratante. Notificar inmediatamente el caso a la autoridad sanitaria. Determinar el NPS de los convivientes. La autoridad sanitaria debe identificar la o las fuentes de exposición, y gestionar las medidas para su control o eliminación. La autoridad sanitaria debe realizar estudios para identificar rutas y vías de exposición. En el caso de utensilios domésticos identificados como fuente de exposición, la autoridad sanitaria señalará al padre/madre o tutor cuáles son los que se deben eliminar. Hacer el seguimiento del caso. Informar a la familia acerca de la exposición ambiental a plomo, promover y fomentar buenos hábitos higiénicos y alimenticios.	Repetir pruebas de plomo en sangre venosa cada dos meses, hasta que el NPS sea menor de 25 µg/dL. Realizar una evaluación médica integral por médico especialista, considerando indicadores biológicos de daño, para determinar tipo de atención (manejo de caso). Prescribir suplementos alimenticios: calcio, hierro u otros, con base a la evaluación médica integral, a juicio del médico tratante. Notificar inmediatamente el caso a la autoridad sanitaria. Determinar el NPS de los convivientes. La autoridad sanitaria debe identificar la o las fuentes de exposición, y gestionar las medidas para su control o eliminación. La autoridad sanitaria debe realizar estudios para identificar rutas y vías de exposición. En el caso de utensilios domésticos identificados como fuente de exposición, la autoridad sanitaria señalará al padre/madre o tutor cuáles son los que se deben eliminar. Hacer el seguimiento del caso. Informar a la familia acerca de la exposición ambiental a plomo, promover y fomentar buenos hábitos higiénicos y alimenticios.	Repetir pruebas de plomo en sangre venosa cada mes, hasta que el NPS sea menor de 25 µg/dL o termine el periodo de lactancia materna. Realizar una evaluación médica integral por médico especialista, considerando indicadores biológicos de daño, para determinar tipo de atención (manejo de caso). Prescribir suplementos alimenticios: calcio, hierro u otros, con base a la evaluación médica integral, a juicio del médico tratante. Notificar inmediatamente el caso a la autoridad sanitaria. Determinar el NPS en cordón umbilical del producto de la gestación o al niño lo más pronto posible. Determinar el NPS de los convivientes. La autoridad sanitaria debe identificar la o las fuentes de exposición, y gestionar las medidas para su control o eliminación. La autoridad sanitaria debe realizar estudios para identificar rutas y vías de exposición. En el caso de utensilios domésticos identificados como fuente de exposición, la autoridad sanitaria señalará cuáles son los que se deben eliminar. Hacer el seguimiento del caso. Informar a la familia acerca de la exposición ambiental a plomo, promover y fomentar buenos hábitos higiénicos y alimenticios. Dar seguimiento al binomio madre-hijo.
--	---	---	---

45-69 µg/dL Categoría V	Además de lo señalado en la categoría IV. Notificar inmediatamente el caso, por el medio de comunicación más rápido, a la autoridad sanitaria. Referir el caso a médico especialista dentro de las 48 horas siguientes. Repetir prueba de plomo en sangre dentro de las 48 horas siguientes, con el fin de confirmar el NPS. Repetir las pruebas de plomo en sangre venosa al menos cada mes hasta que el NPS sea menor a 45 µg/dL. Es necesario el tratamiento farmacológico con agentes quelantes para disminuir los NPS por debajo de 45 µg/dL, bajo prescripción y vigilancia por médico especialista. Referir al servicio de trabajo social, para seguimiento, si es necesario.	Además de lo señalado en la categoría IV. Notificar inmediatamente el caso, por el medio de comunicación más rápido, a la autoridad sanitaria. Referir el caso a médico especialista dentro de las 48 horas siguientes. Repetir prueba de plomo en sangre dentro de las 48 horas siguientes, con el fin de confirmar el NPS. Repetir las pruebas de plomo en sangre venosa al menos cada mes hasta que el NPS sea menor a 45 µg/dL. La autoridad sanitaria debe identificar en el menor tiempo posible la o las fuentes de exposición, así como controlarla o eliminarla en su caso. Durante el periodo de gestación no se debe administrar tratamiento quelante. Al término de la gestación, valorar por médico especialista la aplicación del tratamiento farmacológico y en caso necesario prescribir y vigilar tratamiento con agentes quelantes para disminuir los NPS por debajo de 45 µg/dL. Referir a servicio de trabajo social, para seguimiento, si es necesario
≥70 µg/dL Categoría VI	Además de lo señalado en la categoría V Repetir inmediatamente prueba de plomo en sangre, con el fin de confirmar el NPS. Un individuo en este nivel se debe considerar como CASO DE EMERGENCIA PARA ATENCION MEDICA INMEDIATA. Hospitalizar, evaluar por médico especialista y empezar INMEDIATAMENTE el tratamiento farmacológico correspondiente. El tratamiento debe aplicarse en el hospital	Además de lo señalado en la categoría V. Una mujer en este nivel se debe considerar como CASO DE EMERGENCIA PARA ATENCION MÉDICA INMEDIATA. Hospitalizar, evaluar por médico especialista y empezar INMEDIATAMENTE el tratamiento correspondiente. El tratamiento debe aplicarse en el hospital. Repetir, al menos semanalmente, la prueba de plomo en sangre venosa, hasta que la concentración alcance la categoría V. Para mujeres embarazadas el médico especialista en coordinación con el grupo gineco-obstétrico deben evaluar la conveniencia de iniciar el tratamiento específico, considerando la relación riesgo-beneficio (evaluación de fetotoxicidad) seleccionando el medicamento más apropiado

Anexo No.3.

Ver el programa de cuando obtener el seguimiento de los resultados de pruebas sobre 10 µg/dL:

Si el resultado de plomo en la sangre es (µg/dL): Obtener el seguimiento de pruebas dentro de:

10-14	3 meses
15-19	2 meses
20-29	1 mes
30-44	1 semana
45-65	48 horas
HI	Inmediatamente una prueba de laboratorio como emergencia.

Anexo No.4.

LISTA DE ABREVIATURAS:

D E: Desviación estándar

msnm= metros sobre el nivel del mar.

n= Tamaño de la muestra

Pb= Plomo

P: Probabilidad.

T “Student”: Prueba de t de Student.

X= Media Aritmética.

>: Mayor que.

α = Nivel de confianza.