UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA
E.A.P DE FARMACIA Y BIOQUIMICA

Determinación toxicológica de Plomo en Leche de Madres Lactantes del Centro de Salud San Juan Bosco de La Provincia Constitucional del Callao

TESIS para optar al Título Profesional de: QUÍMICO FARMACÉUTICO

AUTORES:
Hermoza Huarco, Julio César
Lomparte Honores, Carlos Alberto

LIMA – PERÚ 2006

S U M A R I O

Pág.

RESUMEN

SUMARY

I. INTRODUCCIÓN 1

1.1 Objetivo General 3

1.2 Objetivos Específicos 4

1.3 Hipótesis 4

II. GENERALIDADES 5

2.1 Antecedentes 6

2.2 Propiedades Fisicoquímicas del Plomo 9

2.3 Fuentes de Contaminación por Plomo 9

2.4 Toxicocinética del Plomo 12

2.5 Efectos de la contaminación por plomo en niños 16

2.6 Tratamiento de la contaminación por plomo 16

PARTE EXPERIMENTAL

III. MATERIALES Y MÉTODO 17

3.1 Muestra de Estudio 17

3.2 Materiales, Equipos y Reactivos 17

3.3 Técnica Operatoria 18

IV. RESULTADOS 21

V. DISCUSIÓN 29

VI. CONCLUSIONES 32

VII. RECOMENDACIONES 33

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 34

ANEXOS 38

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar los niveles de concentración de plomo en leche materna de madres en etapa de lactancia del Centro de Salud San Juan Bosco de la Provincia Constitucional del Callao.

Para el cumplimiento de dicho objetivo se realizó el dosaje de plomo en leche materna en 34 madres que dan de lactar, las cuales asistían continuamente al Centro de Salud. El método elegido fue la Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de grafito por su sensibilidad.

El promedio de las concentraciones de plomo en leche materna fue de 21,68 ng de plomo / g de leche materna, este valor excede en un 433,6% al valor permitido de 2,0 – 5,0 ng/g según la OMS; lo cual representa un grave problema para la población infantil, siendo éstos los más susceptibles a los efectos de la exposición a plomo, debido a que el porcentaje de absorción es mayor (tanto por vía oral como inhalatoria) en comparación con la población adulta.

Esta mayor absorción origina una mayor tasa de retención de plomo y una mayor prevalencia de deficiencias nutricionales; con lo cual aumenta la absorción de plomo por vía gastrointestinal, aumentando de esta manera la eficiencia de captura de plomo en el hueso y originando un desarrollo incompleto de la barrera hematoencefálica.[35]

Palabras clave: Intoxicación, plomo, leche materna.

SUMMARY

The objective of the present monograph was to determine the levels of maternal milk lead concentration of breast-feeding mothers of the Center of Health Don Bosco of the Constitutional Province of Callao.

For the fulfillment of this objective the dosage de lead was made in maternal milk in 34 breast-feeding mothers, who attended the Center of Health continuously. The chosen method was Spectrofothometry of Atomic Absorption with graphite furnace by its high sensitivity.

The average of the maternal milk lead concentrations was of 21,68 ng of lead / g of milk, which exceeds in a 433,6% to the allowed value according to the WHO (2,0 – 5,0 ng/g), which represents a serious problem for nursing infants population, being these most susceptible to the effects of the exhibition to lead, because the percentage of absorption is greater (as much by oral route as inhalatory way) in comparison with the adult population.

This greater absorption originates a greater rate of lead retention and a greater prevalence of nutritional deficiencies; it increases the absorption of lead by gastrointestinal route, increasing this way the efficiency of lead capture in the bone and originating an incomplete development of the hematoencephalic barrier.

Key words: poisoning, lead, breast milk.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación por plomo es un problema detectado hace décadas, primero en el ambiente laboral y posteriormente en el ambiente de sectores urbanos o rurales cercanos a fundiciones, mineras u otras fuentes de emisión.[1]

El plomo es un elemento muy tóxico para el ser humano. Estudios realizados en poblaciones infantiles han demostrado que produce daño aún a bajas concentraciones en sangre debido a ciertas condiciones especiales como menor masa corporal, sistema nervioso en desarrollo, mayor tasa de absorción intestinal de plomo y menor tasa de eliminación.[2] El plomo cruza la barrera placentaria y se acumula en los tejidos fetales durante la gestación.[3, 4, 5]

Es por ello, que en la intoxicación plúmbica crónica, la población infantil es la más afectada; debido a que sus tejidos se encuentran en pleno desarrollo.[6]

El sistema nervioso es el principal tejido dañado, incluso a concentraciones bajas, encontrando los mayores niveles de plomo principalmente en la sustancia gris y los núcleos basales. La neurotoxicidad que produce la intoxicación plúmbica crónica conlleva a severos trastornos de las funciones cognitivas, que se expresan en problemas de aprendizaje y conducta y problemas neurológicos, como cefalea, disminución de la agudeza visual, alteraciones del lenguaje y retraso mental[7]

En el Perú se ha realizado numerosos estudios de investigación de intoxicación por plomo en medio ambiente, trabajadores expuestos, niños, pobladores. Pero son muy pocos los realizados en leche materna, siendo éste un estudio muy importante, ya que la leche materna es la fuente perfecta de nutrición para los bebés, porque contiene cantidades apropiadas de carbohidratos, proteínas y grasas, y suministra asimismo enzimas digestivas, minerales, vitaminas, hormonas y anticuerpos que requieren todos los bebés [8]

En nuestro país, la historia de la contaminación plúmbica, plumbosis o saturnismo siempre ha estado vinculada a la minería y la industria, convirtiendo a esta enfermedad en algo exclusivamente ocupacional, es decir, que sólo afecta a quienes laboran en actividades relacionadas con minerales como el plomo.

Sin embargo, es indudable que esta problemática sanitaria también está afectando a la población, que no necesariamente vive de la actividad minera o industrial, pero que la sufre a causa de la contaminación provocada por minas, refinerías, fundiciones, recicladoras, depósitos de minerales, etc. A pesar de las evidencias, los estudios realizados y la cada vez mayor cantidad de casos clínicos, sobre todo en la población infantil, esta situación todavía no ha sido encarada correctamente tanto por el sector público como por el sector privado.

América Latina y el Caribe contribuyen con 14% de la producción mundial de plomo. Las principales minas del metal se encuentran en Perú, México y Argentina. Perú y México son los productores mas importantes de esta región.[35] El Perú ocupa actualmente el quinto lugar en la producción mundial de plomo, la producción ha aumentado el año 2005 en relación al año 2004 (448 897 toneladas).[9] *(ver anexo 1)*

En la Provincia Constitucional del Callao, las zonas aledañas al centro de salud San Juan Bosco no se consideran como zona minera, a pesar de encontrarse fundiciones y refinerías en plena zona urbana. Sin embargo, esta es una urbe que concentra los mayores índices de contaminación con plomo.

Las emanaciones tóxicas industriales son una de las mayores fuentes de contaminación. Entre éstas cabría citar las fábricas que utilizan plomo como insumo, recicladoras de chatarra que funcionan a vista y paciencia de las autoridades, cuyas plantas están ubicadas en plena zona urbana, incluso cerca de colegios y hospitales.

Otra fuente son los miles de autos, camiones, microbuses, etc., que circulan caóticamente por calles y avenidas de la zona.

Otro grave problema es el traslado y acumulación de mineral desde las zonas mineras hasta los depósitos ubicados en el Puerto del Callao para su embarque en los grandes muelles. Esta situación ha provocado un verdadero desastre ecológico y de salud pública, pues estos depósitos, como se ha señalado, están levantados al aire libre sin la menor protección. Además, la operación de transporte del mineral hasta el Callao se realiza en camiones con la tolva desprotegida o en el Ferrocarril Central, cuyos vagones a cielo descubierto suelen desperdigar el mineral a su paso por las zonas pobladas asentadas a lo largo de la vía férrea.

Desde hace muchos años se ha venido hablando acerca de la triste situación en la que viven miles de niños domiciliados en los asentamientos humanos de Puerto Nuevo, San Juan Bosco, Ciudadela Chalaca, Ramón Castilla, entre otros, quienes han superado los valores de plomo en sangre de 10ug/dL [10]

Todos estos antecedentes nos motivaron a realizar una investigación de las concentraciones de plomo en leche materna de las madres del Centro de Salud San Juan Bosco de la Provincia Constitucional del Callao; considerando que la leche materna es la primera fuente de alimentación en nuestros comienzos de vida.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la concentración de plomo en leche de madres lactantes del Centro de Salud San Juan Bosco perteneciente a la Provincia Constitucional del Callao.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la relación entre el tiempo de residencia y la concentración de plomo en leche de madres lactantes.
- Determinar la relación entre el grado de instrucción y la concentración de plomo en leche de madres lactantes.

1.3. HIPÓTESIS

La leche de madres lactantes del Centro de Salud San Juan Bosco perteneciente a la Provincia Constitucional del Callao, esta contaminada con plomo como consecuencia de la contaminación ambiental a la que se encuentran expuestas por residir en una zona aledaña a depósitos de plomo.

II. GENERALIDADES

El plomo comenzó a utilizarse hace aproximadamente 7000 años en actividades como la minería, la cerámica; posteriormente se incorporó en actividades como la fabricación de vidrio.

Desafortunadamente, el plomo es un elemento que no cumple ninguna función vital en el organismo humano[13] y que por el contrario resulta tóxico, incluso en pequeñas dosis. Las sociedades lo han utilizado en tal abundancia y por tanto tiempo que se han encontrado residuos mínimos en prácticamente todas las poblaciones estudiadas. Esto, por desgracia, ha dado por resultado que se pueda hablar de un nivel "normal" de plomo en el organismo de los seres humanos.

Las fuentes de exposición a plomo en los humanos pueden clasificarse en dos grupos, de acuerdo con las poblaciones afectadas: una se refiere a las industriales y ocupacionales, y la otra a las "domésticas", cuyas poblaciones blanco incluyen a los adultos que no trabajan directamente con plomo y a los niños, en los cuales los niveles de exposición están determinados por su medio ambiente, costumbres y hábitos. Dada la variada y heterogénea naturaleza de las fuentes domésticas de exposición a plomo, las estrategias para su control y prevención resultan más complejas que las relacionadas con las fuentes ocupacionales.

En la mayoría de las naciones de América, las principales fuentes domésticas que contribuyen a elevar los niveles de plomo en sangre en los niños son el tráfico vehicular y la contaminación del aire ocasionada por el uso de la gasolina con plomo.

Otras fuentes importantes, son el uso de loza de barro que contiene plomo, la aplicación de pintura a base de plomo en las viviendas, el consumo de agua que circula por tuberías de plomo y de alimentos almacenados en latas con soldadura de plomo. [11]

2.1. ANTECEDENTES

El Pb esta extensamente difundido en el ambiente. Los humos industriales de la contaminación y de la gasolina con plomo son fuentes primarias de contaminación de Pb en agua, alimento y aire. La cantidad de Pb en alimento y agua también se atribuye al uso de los pesticidas que contienen Pb; las plantas lo obtienen a partir de suelos contaminados y su consumo subsecuente por animales. La contaminación durante la transformación industrial de los alimentos y de manera doméstica se da a través de contenedores como por ejemplo en conservas. La plomería del agua y alimentos servidos en recipientes de cerámica esmaltada también son fuentes de contaminación. Existen pocos estudios que tratan los factores dietéticos que regulan metabolismo del Pb, se sabe que el Calcio influencia la retención y la absorción de Pb en el hueso. La adquisición maternal del Pb depende no solamente del metal (y de su forma química) sino también de los factores ambientales relacionados con el alimento y la nutrición. La contaminación industrial y urbana aumentan los niveles ambientales de Pb, que, alternadamente, afectan en última instancia la concentración del Pb en leche. Las fuentes ambientales del Pb en leche materna se demuestran en la tabla a continuación. Los estudios internacionales de la Organización Mundial de la Salud demostraron que países industrializados como Suecia y Hungría tenían concentraciones más altas de Pb en leche materna que los países no industrializados como Guatemala, Nigeria y Zaire. Por otro lado, los estudios que comparaban áreas urbanas y rurales demostraron que las concentraciones de Pb en leche materna eran perceptiblemente más altas en algunas áreas urbanas. [34]

Concentraciones de plomo (ng/g) en leche materna de acuerdo a factores ambientales en diferentes países.

Lead concentrations (ng/g) in breast milk according to country or according to those who may be affected by environmental factors

Reference	Country	Pb concentration	Comments
Abusamra (1995)	Sudan	2·6	
Al-Saleh *et al.* (2003)	Saudi Arabia	25·16	Riyadh residents
		37·3	Al-Ehssa residents
Altmann *et al.* (1981)	Austria	128	Treated with calcium phosphate and vitamin C
		148	Control
Casey (1977)	New Zealand	<10	
Counter *et al.* (2000)	Ecuador	17·4	Occupationally exposed in cottage ceramic industry
Dabeka *et al.* (1986)	Canada	1·0	Samples collected in 1981
Dillon *et al.* (1974)	USA	26	
Fong *et al.* (1998)	China	250	Exposed
		8·7	Control
Frkovic *et al.* (1997)	Croatia	10·6	Rijcka residents
		4·7	Non-residents, regional
		5·7	Smokers
		7·9	Non-smokers
Guidi *et al.* (1992)	Italy	126·5	Urban
		45·6	Rural
Hallen *et al.* (1995)	Sweden	0·9	Smelter area
		0·5	Control
Haschke & Steffan (1981)	Austria	50·2	
Huat *et al.* (1983)	Malaysia	25·3	Urban (air Pb 2·7–5·6 $\mu g/m^3$)
	Malaysia	21·1	Rural
Larsson *et al.* (1981)	Sweden	2	3–6 months
Lechner *et al.* (1980)	Austria	23·9	High traffic
		15	Low traffic
Li *et al.* (2000)	China	91·8	Occupationally exposed
		5·6	Control (Shanghai)
Rica & Kirkright (1982)*	NG	17·3	Poor urban residents
		14·7	High-standard urban residents
		20·0	Rural areas
	NG	18·7	Poor urban residents
		16·0	High-standard urban residents
		16·0	Rural areas
	NG	18·7	Poor urban residents
Rodriguez Rodriguez *et al.* (1999)	Spain	0·11	
Ryu *et al.* (1978)	USA	19–63	Range, 1–3 weeks, occupational exposure during pregnancy
		29	Control (four mothers)
Saleh *et al.* (1996)	Egypt	66	Cairo, urban
		101	Assiut, urban
		9	Minia, rural
		9	Matrouh, rural
Sternowsky & Wessolowski (1985)	Germany	15·5	Urban, colostrum
		12·5	Rural, colostrum
		9·1	Urban, mature
		8·0	Rural, mature
Tiran *et al.* (1994)	Austria	3·4	Median
Tripathi *et al.* (1999)	India	1·9	
VanderJagt *et al.* (2001)	Nigeria	67	Median; nomadic semi-pastoralists
Vavilis *et al.* (1997)	Greece	90	Urban (air 0·54 $\mu g/m^3$)
		84	Rural
Walker (1980)	USA	20	
World Health Organization (1989)	Guatemala	3·3	Urban
		2·8	Rural
	Hungary	14·9	All
	Nigeria	4·1	Rural
	Philippines	16	Urban
		17	Rural
	Sweden	16·8	All
	Zaire	3·1	Urban
		6·0	Rural
Zahradnicek *et al.* (1989)	Czechoslovakia	1·7	In 94·2 % of samples

NG, not given.

❖ Fuente: Dorea, J. Mercury and Lead during Breast-Feeding. British Journal of Nutrition. Vol 92, 21-40. Marzo 2004.

En el Perú, estudios realizados por Hilary Creed Kanashiro, Reyna Liria, y Daniel López de Romaña sobre evaluación de consumo de plomo, calcio, hierro y zinc en alimentos por madres y niños en la Oroya Antigua concluye en que el nivel de plomo en todas las muestras de leche materna estuvo por debajo de los límites de detección de lectura del equipo de laboratorios de Cerper (50 ng/g)[38]. Es evidente que la poca sensibilidad de los equipos no permitió detectar los niveles reales de plomo en leche materna.

Otro estudio realizado por el Dr. J. López del Departamento de Pediatría del Hospital Nacional Daniel A. Carrión de la Provincia Constitucional del Callao recomienda que es de notable importancia el estudio en menores de 6 meses porque todos los niños observados presentaron algún nivel de plomo en sangre y mostraron incremento de acuerdo a la edad, si consideramos que la leche materna es la principal fuente de alimentación de estos niños y las madres son todas de procedencia y residencia en la zona; es probable que guarde relación con lo observado en otros estudios en el extranjero donde se ha establecido que la leche materna con altas concentraciones de plomo es una de las principales fuentes de exposición en el neonato. Por tanto, la mayoría del plomo ingerido por los infantes durante la lactancia proviene de la leche materna, y a su vez, una fracción significativa del plomo de la leche materna se origina a partir de su liberación del hueso materno que se produce en este periodo.[37]

2.2. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL PLOMO

El plomo es un metal blando, muy dúctil y maleable, pesado, de color grisáceo que presenta un aspecto de color brillante al corte. Es soluble en agua que contenga nitratos, sales de amonio y anhídrido carbónico.

Expuesto al medio ambiente no se encuentra en su estado natural pues se oxida rápidamente en contacto con e aire tomando un aspecto mate. En contacto con el agua se oxida superficialmente con formación de $Pb(OH)_2$ que es bastante soluble en agua. Sus estados de oxidación son 0, +2 y +4.

Funde a 327°C y hierve a 1.525 °C. Al fundir, emite vapores que son tóxicos. [12]

2.3. FUENTES DE CONTAMINACIÓN POR PLOMO

La fuente de contaminación del plomo en el Callao se ubica en las fundiciones, depósitos de concentrados de minerales y el alto tránsito pesado de la zona, los minerales son almacenados al aire libre y al ser manipulados para su embarque, los gases tóxicos son arrastrados por los vientos a tres kilómetros a la redonda de dichos depósitos, radio que comprende poblaciones sumamente densas, como Ciudadela Chalaca, San Juan Bosco, Puerto Nuevo, Santa Marina y Barrio Frigorífico.

El problema en el Callao se dio a conocer cuando, durante el periodo 1998 – 99, el Gobierno Peruano a través de la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA – realiza estudios toxicológicos de plomo en sangre en la Provincia Constitucional del Callao, circunscribiéndose principalmente a los AA.HH. de Puerto Nuevo, Ciudadela Chalaca, Chacaritas y San Juan Bosco.

Un estudio fue realizado en dos puntos de muestreo: el Colegio María Reiche Nº 5045, donde 63 niños de 6 a 10 años mostraron concentraciones promedio de 40,7 ug de plomo / dL de sangre; y el Centro de Salud Puerto Nuevo, donde 127 niños de 7 meses a 6 años de edad presentaron una concentración promedio de 26,7 ug de

plomo/dL de sangre. Otro estudio realizado en la Comunidad de Chacaritas a infantes y escolares de 6 meses a 2 años de edad arrojó un resultado de 23,0 ug de plomo/dL de sangre, donde el 88% de casos mostraba concentraciones de plomo en sangre mayores a la establecida por la OMS (10ug/dL). [36]

La contaminación por plomo causa serios problemas en la salud de la población, especialmente en los niños, teniendo entre los principales daños: reducción del coeficiente intelectual, falta de concentración, descalcificación, hiperactividad, nerviosismo, genera un carácter violento, falta de concentración; y en concentraciones muy elevadas puede llegar a ocasionar la muerte. En toda la zona contaminada por plomo en el Callao tenemos a niños con niveles de plomo que en algunos casos superan entre 6 a 7 veces los límites máximos de plomo en la sangre establecidos por la Organización Mundial de la Salud – OMS.

Las principales fuentes antropogénicas que contaminan el ambiente urbano son, la combustión de gasolina, fundición primaria del plomo.

La presencia del plomo en el aire adquiere importancia por la facilidad con que puede penetrar por la vía respiratoria y ser absorbido por el organismo. La mayor parte del plomo en el aire se presenta bajo la forma de partículas finas.

El agua, al igual que el aire, se transforma en una fuente de contaminación para la flora y fauna acuáticas así como para el hombre, en la medida que ésta se encuentre contaminada.

El suelo es contaminado principalmente por el depósito de partículas del aire y por agua contaminada por actividades industriales. Se debe considerar especialmente esta fuente, si se utiliza plaguicidas con contenido de plomo.

Otra fuente de contaminación, aunque menor, es la cantidad de plomo ingerida a través de los alimentos, éste varía según el tipo de producto. Además se debe

considerar que alrededor del 90% del plomo ingerido con ellos es eliminado por las heces.

Por la gran variedad de usos del plomo, existen otras fuentes de contaminación: cada cigarrillo puede contener de 2 hasta 12 µg de plomo, gran parte de esto se elimina con la combustión. Una fuente importante, principalmente para los niños puede ser las pinturas de las paredes de las casas, que por desgaste producen polvo con altas concentraciones de plomo.

Otras fuentes, son, los recipientes de cerámica inadecuadamente barnizados, uso de combustible y baterías desechadas, algunos cosméticos e impresiones en color.[2, 14]

Se distinguen tres posibles fuentes de intoxicación:

Plomo Metal:

Sólo es tóxico cuando se funde a temperaturas próximas a los 500 °C. Los vapores que emite son tóxicos y penetran en las vías respiratorias alcanzando fácilmente los alvéolos. Estos se oxidan rápidamente, haciéndose poco solubles. Según el tamaño y peso de las partículas, quedarán mayor o menor tiempo suspendidas en el aire para finalmente caer en el suelo. Ésta es la forma fundamental de contaminación ambiental.

Derivados Inorgánicos:

Generalmente son poco solubles. Entre ellos, tenemos: óxido de plomo rojo, cromato de plomo, carbonato de plomo, sulfato de plomo, antimonio de plomo. Estos contaminantes derivan de los procesos industriales que involucran plomo, como la fabricación de pinturas, esmaltes y cerámicas.

Derivados Orgánicos:

Son muy empleados en la industria. Entre ellos, tenemos: acetato de plomo (se ha utilizado como abortivo), tetraetilo de plomo (antidetonante de la gasolina), estearato

de plomo (utilizado para dar estabilidad y consistencia al plástico), naftenato de plomo (componente de grasas y aceites de uso industrial).[2]

2.4. TOXICOCINÉTICA DEL PLOMO

Las vías de entrada del plomo inorgánico en el organismo son fundamentalmente la respiratoria y la digestiva. El plomo absorbido es vehiculizado por la sangre y alrededor del 90% se fija en los hematíes. La vía principal de eliminación es la renal. El plomo que se elimina por la saliva puede llegar a pigmentar el borde marginal de las encías (ribete de Burton). [15]

ABSORCIÓN

Los niños pueden considerarse un grupo muy indefenso ante la exposición al plomo. En primer lugar, tienen mayor probabilidad de absorber plomo de fuentes ambientales. Asimismo, la considerable producción de calorías, característica de los niños, hace que con relación al peso del organismo, un niño absorba más plomo que un adulto sometido a un mismo régimen alimenticio, debido a este mayor índice metabólico. Un niño aspirará de 2 a 3 veces más cantidad de un determinado contaminante del aire que un adulto.

La absorción de calcio es elevada en los niños y es probable que la absorción y retención de plomo también sean mayores que en los adultos. [16]

El plomo se absorbe por tres principales siguientes vías:

Vía Inhalatoria: Por inhalación de partículas pequeñas o al estado gaseoso. La tasa de depósito depende del tamaño de la partícula, la solubilidad del compuesto, la tasa de ventilación y la presencia de alguna patología[35]. De manera general se puede determinar que el 75% de partículas inhaladas quedan retenidas en el tracto superior,

el 25% restante logra pasar el umbral del alveolo llegando al torrente circulatorio, de donde se distribuye a los huesos largos, planos, hígado, cerebro, bazo, pulmón, músculo.[17]

Vía Digestiva: El plomo se absorbe principalmente en el intestino, esta porción se ve incrementada en presencia de hierro y zinc; en deficiencia de calcio. [18]

Se estima que la ingestión de plomo por la población en general es de 100 a 300 ug por día, las fuentes principales son los alimentos y el agua. [19]

Vía Cutánea: Los derivados inorgánicos de plomo no se absorben por la piel sana, mientras que los derivados orgánicos por ser muy liposolubles pueden absorberse.[17]

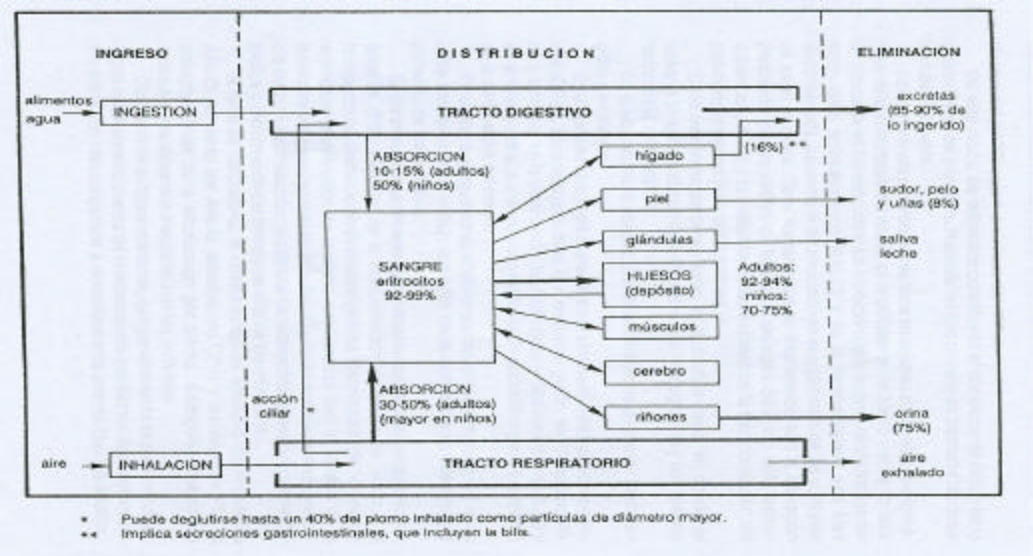
Sólo el tetraetilo de plomo puede ser absorbido a través de la piel intacta.[14]

El plomo cruza la barrera placentaria y se acumula en los tejidos fetales durante la gestación [20]. La exposición intrauterina temprana condicionaría bajo peso al nacer, retardo del crecimiento intrauterino e interferiría en el desarrollo físico y mental del niño en el primer año de vida. [21]

Algunos datos relacionan la exposición prenatal con anormalidades congénitas menores [22, 23, 24]

DISTRIBUCIÓN Y METABOLISMO

El siguiente esquema explica la distribución del plomo en el organismo.



❖ Fuente: Centro Panamericano de Ecologia Humana y Salud. División de Salud y Ambiente. Organización Panamericana de la Salud. Introducción a la Toxicología Ambiental. México DF. Albert, L. (1997).

Una vez absorbido, el plomo pasa a la sangre. El 90% del plomo circulante está ligado a los hematíes. Su vida media es de unos 35 días.

El segundo compartimento lo forman los tejidos blandos, principalmente el riñón y el hígado. Su vida media biológica es de 41 días.

El tercer compartimento lo constituye el hueso, que contiene el 90% del plomo almacenado en el organismo.[26] El plomo finalmente se fija en los huesos, en los cuales forma compuestos muy estables. Este almacenamiento óseo es toxicológicamente importante porque en situaciones patológicas de acidosis, descalcificación, dieta, etc.; se produce una demanda de calcio, el cual se movilizará a partir de los huesos movilizándose el plomo también, por tener un comportamiento similar al del calcio, produciéndose cuadros agudos de intoxicación. Este proceso es en la mujer gestante que contenga una gran cantidad de plomo almacenado en los

huesos; se estima que el hueso puede aportar hasta un 50% de la concentración de plomo circulante, que atravesaría la placenta y podría lesionar el cerebro del feto en formación. [2, 12, 14, 27]

ELIMINACIÓN

El plomo se elimina a través de orina (75%), heces, bilis (16%), cabello, lágrimas, saliva y sudor (8%), así como la leche materna [14, 35]

El plomo es también excretado a través de la leche y guarda una relación directamente proporcional a su concentración en plasma. [2, 28, 29, 30, 31,35]

2.5. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN POR PLOMO EN NIÑOS

Los signos y síntomas generales de intoxicación por plomo en niños son: decaimiento, palidez, pérdida de apetito, cansancio, dolor de cabeza, tos, cambios de comportamiento, náusea, convulsiones, etc. [25]

Un aspecto relativamente reciente que incide en la clínica de las intoxicaciones por plomo en niños asintomáticos o los cuadros subclínicos de la intoxicación producidas por concentraciones relativamente bajas de plomo en el ambiente bajo un proceso de exposición mantenida y a largo plazo; son las anormalidades intelectuales y del comportamiento, un ejemplo es el daño neuropsicológico.[32] Existe una preocupación sobre los efectos que el plomo puede tener en el desarrollo general del organismo humano cuando ocurre una exposición muy temprana a bajas concentraciones como es el período postnatal inmediato, se han descrito efectos tales como reducción del período gestacional, bajo peso al nacer, mortinatos, alteraciones del desarrollo neuroconductual, retardo en el crecimiento, menor estatura.[33] Se ven característicamente deterioradas las habilidades adquiridas en el aspecto psicomotor. Otras secuelas menos perceptibles son la disminución motriz, falta de percepción sensorial o incapacidad para concentrarse. [32]

2.6. TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN POR PLOMO

El tratamiento médico de la intoxicación por plomo se basa en la formación de un complejo entre un ión metálico y un receptor (agente quelante). Los agentes quelantes estimulan la excreción de plomo. En general se utilizan tres compuestos para quelar plomo: British Anti-Lewisite (BAL), Ácido etilen-diamino-tetra-acético (EDTA) y D-Penicilamina. Es fundamental enriquecer la nutrición de los niños, brindarles mayores cantidades de calcio, proteínas y vitaminas.

PARTE EXPERIMENTAL

III. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. MUESTRA DE ESTUDIO

Se tomaron 34 muestras de leche materna de mujeres en etapa de lactancia que se atienden en el Centro de Salud San Juan Bosco, cuyas edades fluctúan entre 16 y 40 años. La cantidad individual de muestra recolectada fue alrededor de 10mL.

3.2. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

MATERIAL DE LABORATORIO

- Frascos de polietileno inerte de 50 mL de capacidad.
- Tubos de plástico cónicos de 20mL
- Guantes descartables de látex.
- Tubos de vidrio

EQUIPOS DE LABORATORIO

- Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito SensAA GBC.
- Autosampler PAL 4000
- Centrífuga

REACTIVOS

- Ácido nítrico 65% Suprapur® Merck
- Solución estándar de plomo para absorción atómica CertiPUR® Lead AA Merck
- Agua ultra pura Tipo I
- Triton™ X-100 Surfactant, Merck

3.3. TÉCNICA OPERATORIA

MÉTODO UTILIZADO

Espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito.

FUNDAMENTO DEL MÉTODO

El método de absorción atómica se basa en hacer pasar un haz de luz monocromática de una frecuencia tal que puede ser absorbida por el analito, previamente vaporizado por tratamiento térmico inducido por resistencia eléctrica en un horno de grafito. La cantidad de luz absorbida es proporcional al número de átomos presentes en la muestra. Esta absorción aumenta con la concentración de los átomos en el medio absorbente, es decir, la medida de la absorción aumenta con la concentración del elemento en la muestra.

PARÁMETROS INSTRUMENTALES

- Tipo de sistema: Horno de grafito
- Elemento: Plomo
- Matriz: Ácido nítrico 0,25%
- Intensidad de lámpara: 8 mA
- Longitud de onda: 217 nm

PREPARACION DEL ESTÁNDAR

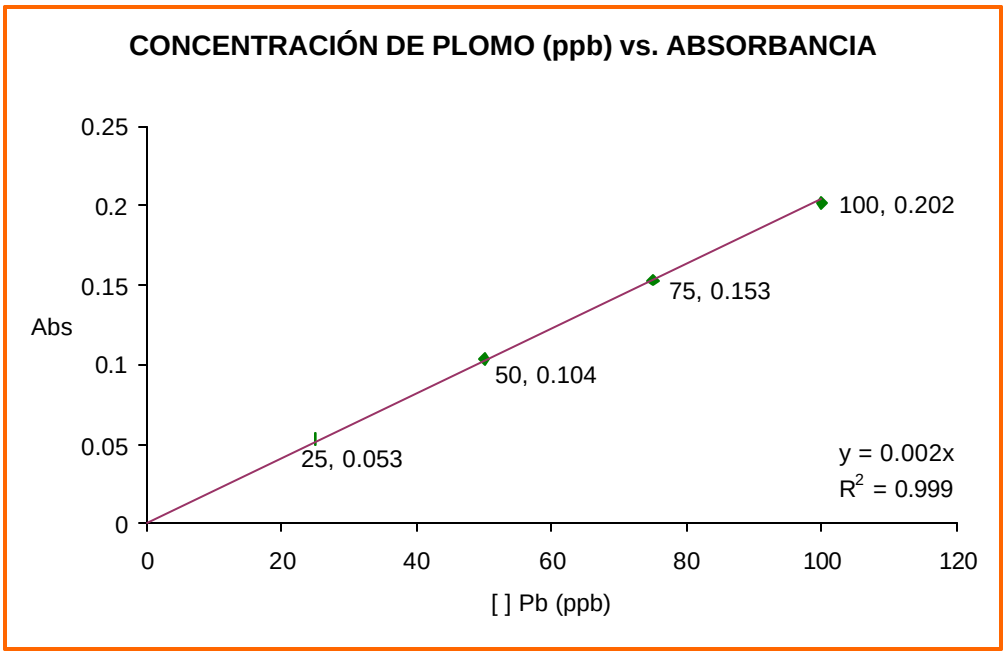
Se preparó una solución acuosa (agua ultra pura) de nitrato de plomo a una concentración de 100 partes por billón (PPB); preparada a partir de un estándar de nitrato de plomo de 100 partes por millón.

PROCEDIMIENTO

1. Tomar 1 mL de muestra de leche materna.
2. Agregarle 1mL de reactivo Tritón X-100 al 1%.
3. Agitar por 10 minutos.
4. Centrifugar a 4000 rpm.
5. Diluir el sobrenadante a 10 mL con agua ultra pura.
6. Leer las muestras en el espectrofotómetro.

CURVA DE CALIBRACIÓN

GRÁFICA Nº 1



IV. RESULTADOS

TABLA Nº 1

CONSOLIDADO DE DATOS

Nº de casos: 34 **mayo – junio 2005**

Caso Nº	Edad (años)	Tiempo de residencia (años)	Grado de instrucción*	[Pb] en leche materna (ng/g)
1	25	25	SC	28,8
2	24	24	SC	42,2
3	25	25	SI	33,5
4	24	24	PC	19,2
5	25	14	SC	20,3
6	22	14	SC	26,6
7	28	28	SC	16,5
8	40	4	SC	15,1
9	35	35	SI	37,5
10	19	2	PC	16,1
11	36	36	SI	20,6
12	18	2	SC	35,0
13	32	10	SC	20,0
14	28	28	SC	14,1
15	26	6	SU	20,0
16	26	20	SU	19,2
17	35	2	SC	17,2
18	23	10	PC	33,8
19	29	29	AN	34,8
20	16	0,5	SU	35,5
21	40	40	SC	21,2
22	21	21	SC	31,7
23	38	10	SC	19,1
24	21	1	SI	16,7
25	30	30	SU	48,7
26	26	14	SC	11,3
27	27	27	SU	13,2
28	19	0,5	SC	5,9
29	25	25	SU	14,4
30	39	23	SC	12,5
31	23	23	SC	8,5
32	20	20	SC	11,7
33	23	23	SI	9,0
34	25	25	SC	7,3

*AN: Analfabeto; PC: Primaria completa; SI: Secundaria incompleta; SC: Secundaria completa; SU: Superior

TABLA Nº 2

ESTADÍSTICA DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LECHE DE MADRES EN PERIODO DE LACTANCIA DEL CENTRO DE SALUD SAN JUAN BOSCO

Nº de casos: 34 **mayo – junio 2005**

Estadístico	Valor
Nº de casos	34
Promedio (ng/g)	21,7
Media (ng/g)	19,7
Valor mínimo (ng/g)	5,9
Valor máximo (ng/g)	48,7
Desviación estándar	10,8
Coeficiente de variación	0,6
Parámetro OMS (ng/g)	2,0 – 4,0

TABLA Nº 3

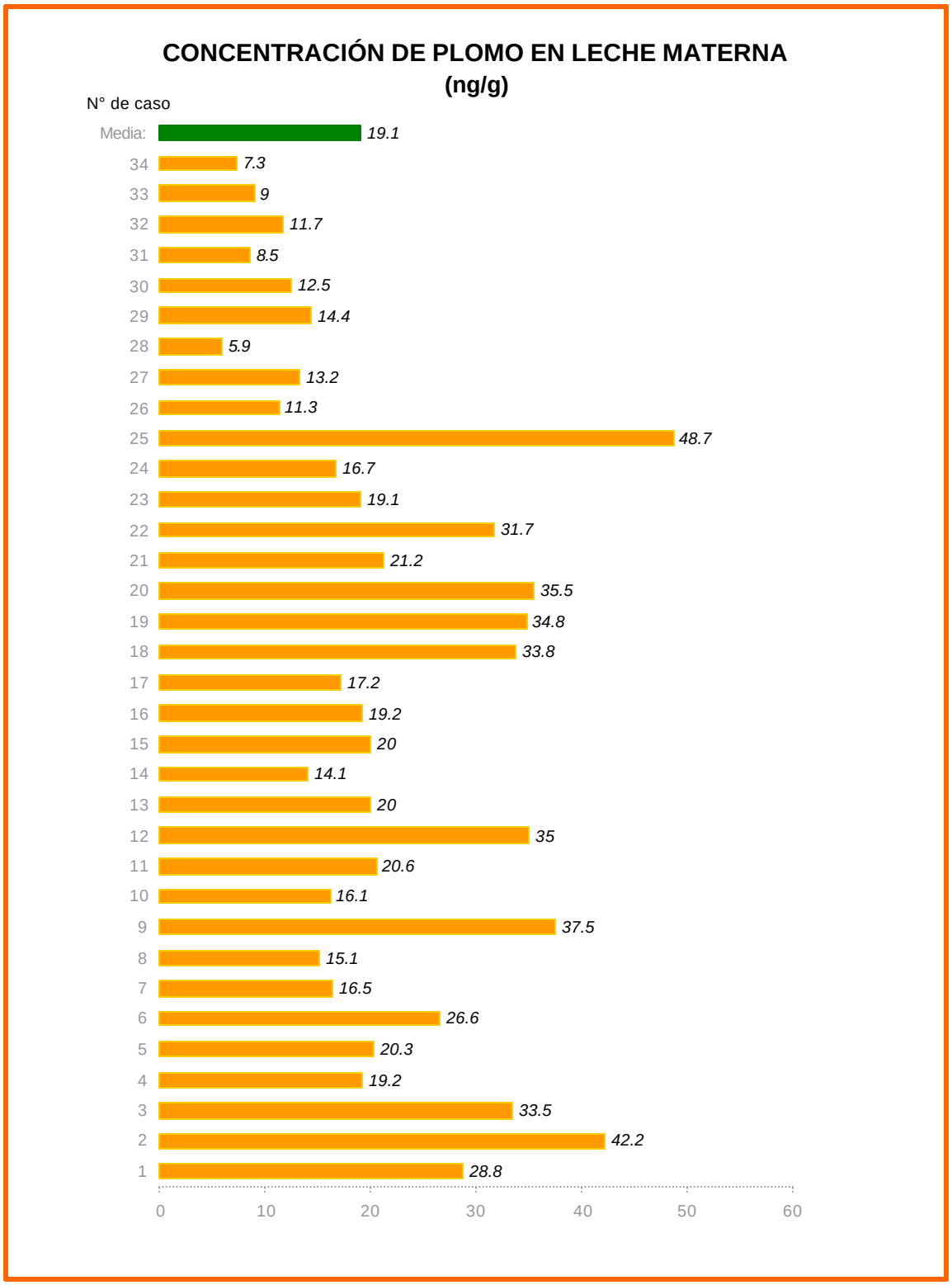
DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LECHE DE MADRES EN PERIODO DE LACTANCIA DEL CENTRO DE SALUD SAN JUAN BOSCO

Nº de casos: 34 **mayo – junio 2005**

[Pb] en leche materna (ng/g)	Nº de casos	Media	Distribución porcentual
0 – 10	4	8,3	11,8%
11 – 20	18	16,4	52,9%
21– 30	3	25,5	8,8%
31 – 40	7	34,5	20,6%
41 – 50	2	45,5	5,9%

GRÁFICA Nº 2

Nº de casos: 34 **mayo – junio 2005**



Tesis de pre-grado: Determinación Toxicológica de Plomo en Leche de Madres Lactantes del Centro de Salud San Juan Bosco de la Provincia Constitucional del Callao

Lima – Perú, 2006

TABLA Nº 4

CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LECHE DE MADRES EN PERIODO DE LACTANCIA DEL CENTRO DE SALUD SAN JUAN BOSCO SEGÚN GRUPO ETÁREO

Nº de casos: 34 **mayo – junio 2005**

Grupo etáreo (años)	Nº de casos	Distribución porcentual por grupo etáreo	Media de [Pb] en leche materna (ng/g)
15 – 20	5	14,71%	16,9
21 – 25	13	38,24%	19,5
26 – 30	8	23,53%	19,7
31 – 35	3	8,82%	23,5
35 – 40	5	14,71%	17,4

GRÁFICA Nº 3

Nº de casos: 34 **mayo – junio 2005**

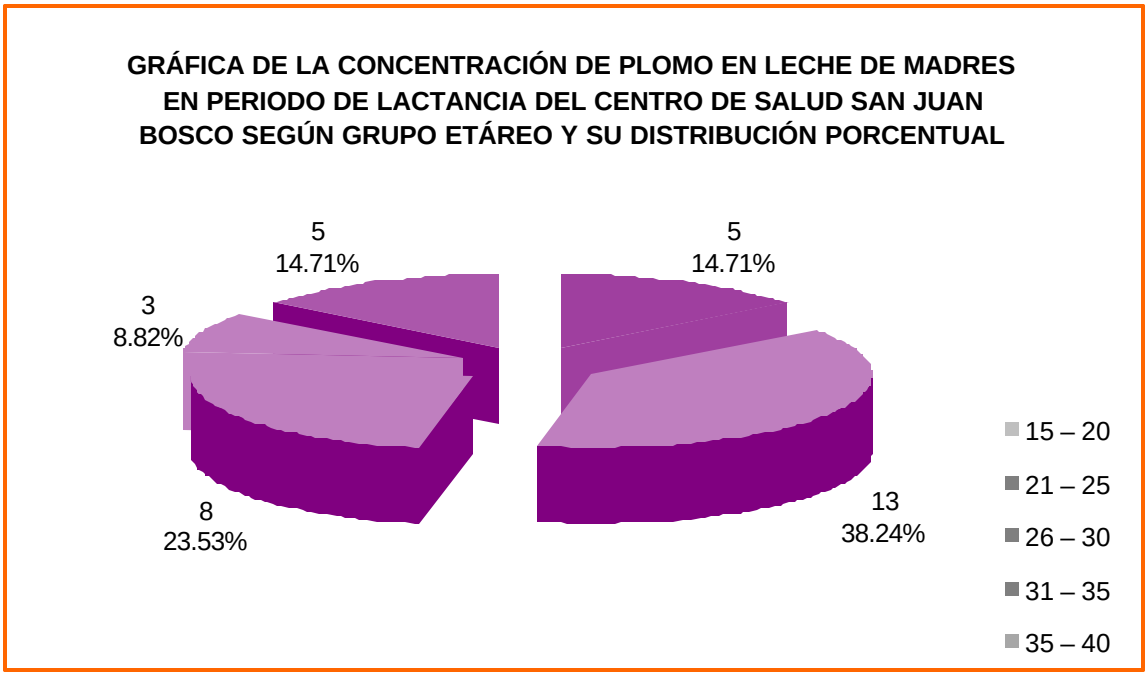


TABLA Nº 5

DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LAS MADRES EN PERIODO DE LACTANCIA DEL CENTRO DE SALUD SAN JUAN BOSCO SEGÚN TIEMPO DE RESIDENCIA EN LA ZONA DE ESTUDIO

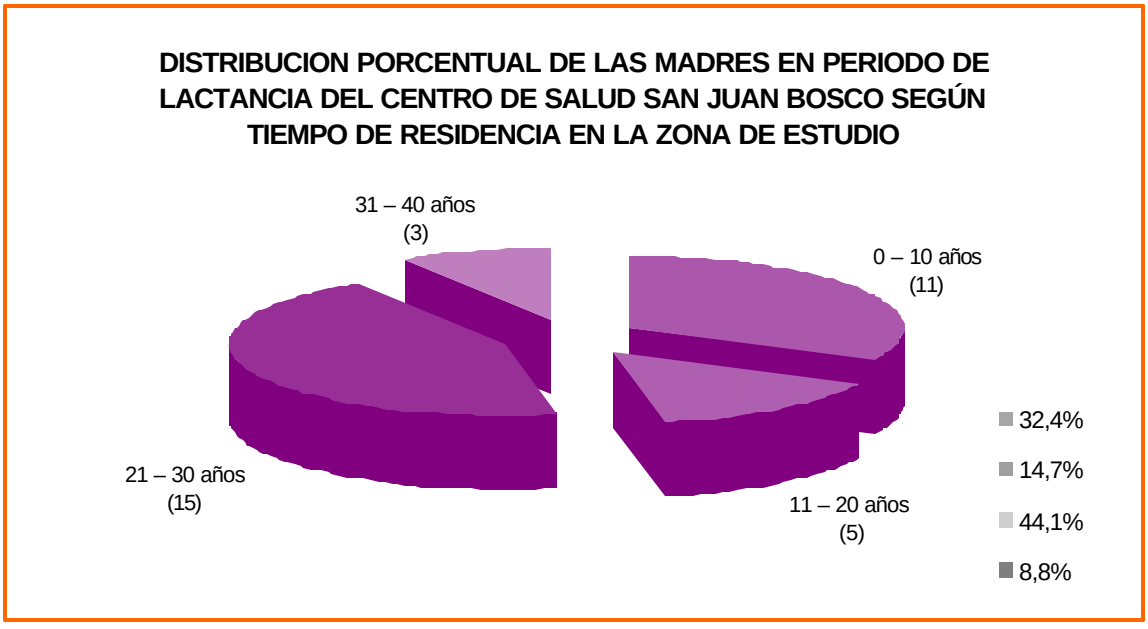
Nº de casos: 34 **mayo – junio 2005**

Tiempo de residencia (años)	Nº de casos	Media [Pb] en leche materna (ng/g)	Coeficiente de variación	Desviación estándar	Distribución porcentual
0 – 10	11	19.2	9.5	0.5	32,4%
11 – 20	5	16.9	6.4	0.4	14,7%
21 – 30	15	18.8	13.2	0.7	44,1%
31 – 40	3	25.4	9.6	0.4	8,8%

Coeficiente de correlación lineal tiempo de residencia vs. [Pb] en leche materna	0,14

GRÁFICA Nº 4

Nº de casos: 34 **mayo – junio 2005**

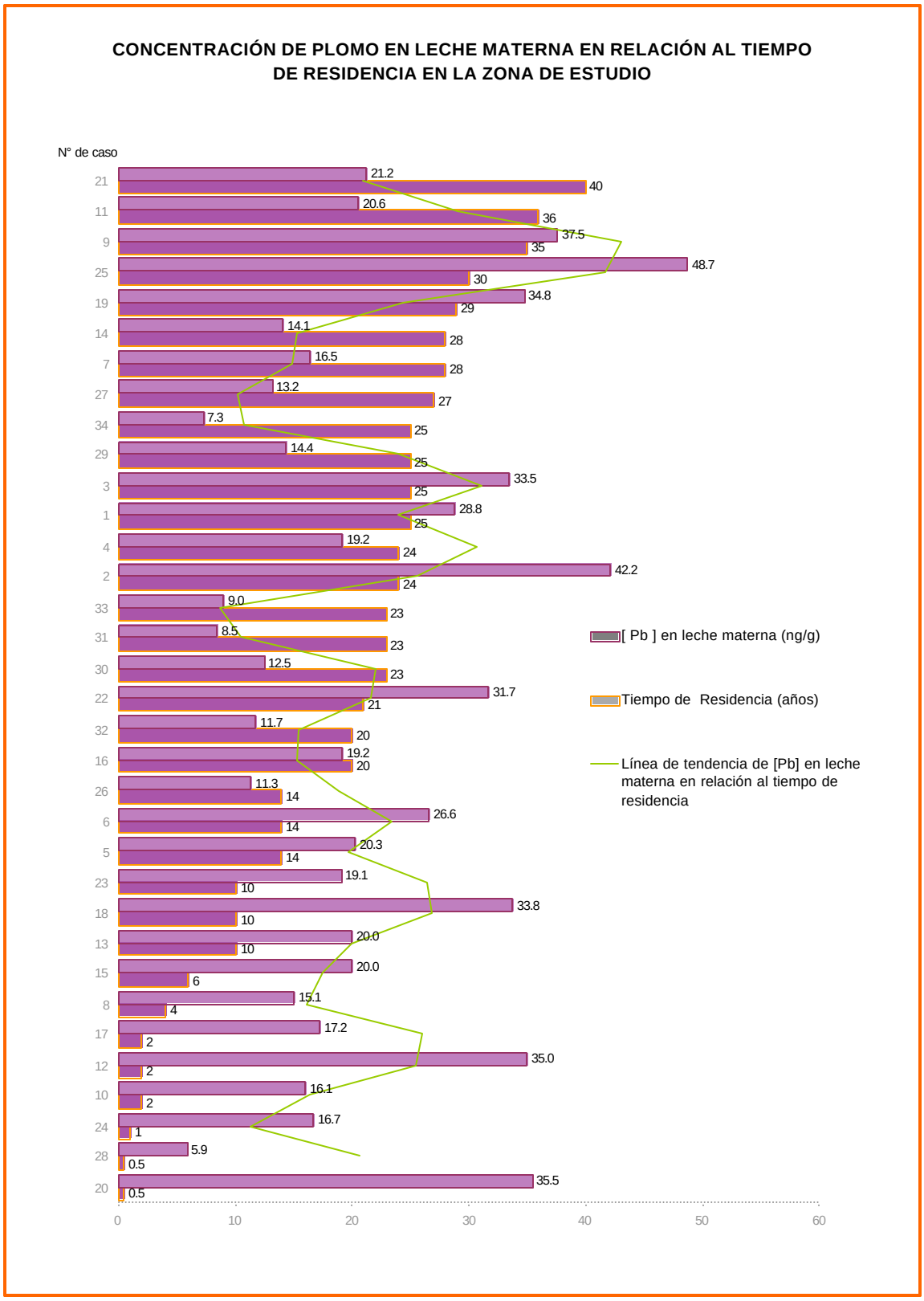


Tesis de pre-grado: Determinación Toxicológica de Plomo en Leche de Madres Lactantes del Centro de Salud San Juan Bosco de la Provincia Constitucional del Callao

Lima – Perú, 2006

GRÁFICA Nº5

Nº de casos: 34 **mayo – junio 2005**



Tesis de pre-grado: Determinación Toxicológica de Plomo en Leche de Madres Lactantes del Centro de Salud San Juan Bosco de la Provincia Constitucional del Callao

Lima – Perú, 2006

TABLA Nº 6

DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LAS MADRES EN PERIODO DE LACTANCIA DEL CENTRO DE SALUD SAN JUAN BOSCO SEGÚN SU GRADO DE INSTRUCCIÓN

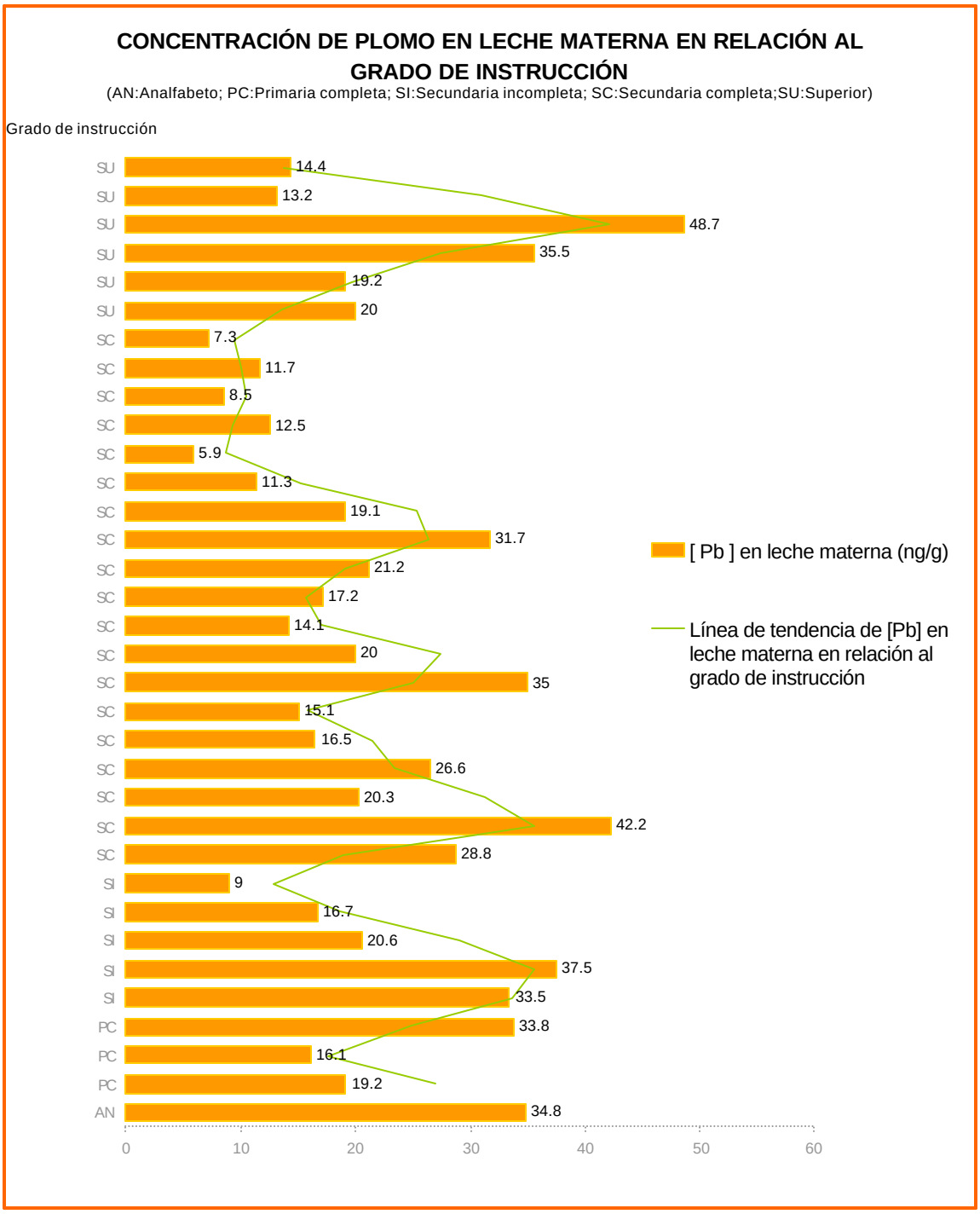
Nº de casos: 34 **mayo – junio 2005**

Grado de instrucción	Nº de casos	Media [Pb] en leche materna (ng/g)	Coeficiente de variación	Desviación estándar	Distribución porcentual
Analfabeta	1	34.8	-	-	2,9%
Primaria completa	3	21.9	9.5	0.4	8,8%
Secundaria incompleta	5	20.8	11.8	0.6	14,7%
Secundaria completa	19	16.9	9.8	0.6	55,9%
Superior	6	22.4	14.0	0.6	17,7%

Coeficiente de correlación lineal grado de instrucción vs. [Pb] en leche materna	– 0,1

GRÁFICA Nº 6

Nº de casos: 34 **mayo – junio 2005**



V. DISCUSIÓN

La contaminación industrial y urbana puede aumentar los niveles ambientales del Pb, que alternadamente, afectan en última instancia la concentración del Pb en leche. Las concentraciones de Pb hasta 1973 fueron en aumento desde rangos de 5 a 277 µmPb/mL según un estudio realizado en 1974. Estudios realizados por La Organización Mundial de la Salud en 1989, demostraron que los países industrializados (Suecia, Hungría) tenían concentraciones más altas del Pb en leche materna que los países no-industrializados (Guatemala, Nigeria y Zaire). También los estudios que comparaban áreas urbanas y rurales demostraron que las concentraciones del Pb en leche materna eran perceptiblemente más altas en algunas áreas urbanas. En Egipto, los centros urbanos grandes (El Cairo, Alejandría, Assiut) tenían concentraciones más altas del Pb de la leche que las áreas menos pobladas. Un estudio realizado en el año 2000 en fábricas de baterías eléctricas en China demostró que la exposición ocupacional al Pb causó un aumento significativo en Pb en leche materna [34].

Estudios realizados en Perú son abundantes en el caso de la determinación de Pb en sangre. El estudio del Dr. López J., se realizó 136 niños, 69 mujeres y 67 varones. No hubo diferencia en los niveles de plomo en sangre de acuerdo al sexo; para los menores de seis meses el promedio fue 9,54 ± 4,48 ug/dL, para el grupo de 7 a 12 meses 19,47 ± 9,03 ug/dL, para el grupo de 1 año 28,76 ± 9,74 ug/dL, para el grupo de 2 años 31,36 ± 12,30 ug/dL, para el grupo de 3 años 28,96 ± 10,56 ug/dL, para el grupo de 4 años 29,08 ± 11,40 ug/dL y para el grupo de 5 años 32,98 ± 11,12 ug/dL. Concluyeron en que existe alta prevalencia de intoxicación por plomo en la población estudiada, expresada en función a la edad, en relación entonces al tiempo de exposición ambiental. [37]

Aunque la existencia de estudios realizados en Perú sobre Pb en leche materna es casi inexistente, autores como López J., remarcan la necesidad realizarlos pues la mayoría del plomo ingerido por los infantes durante la lactancia proviene del plomo de la leche materna al ser éste alimento exclusivo en esta etapa. [37]

En el presente estudio realizado en leche materna de 34 madres en etapa de lactancia del Centro de Salud San Juan Bosco de la Provincia Constitucional del Callao, las concentraciones de plomo halladas están comprendidas entre 5,9- 48,7 ng de plomo / g de leche, con una media de 19,7 ng/g. Estos valores se encuentran muy por encima de los valores permitidos según la OMS (2 – 5 ng/g). Es evidente el entorno ambiental altamente contaminado en el que viven los pobladores de esta zona. Es posible entonces colegir que los hijos en periodo de lactancia de las madres estudiadas están consumiendo leche materna contaminada con plomo.

No fue posible establecer una relación directa entre la concentración de plomo en leche materna y el tiempo de residencia de las madres en la zona de estudio. Si bien el coeficiente de correlación lineal hallado entre las dos variables fue positivo (0,14); sólo se puede establecer una relación directa si se encuentran valores aproximados a 1. Este resultado nos induce a pensar que existen factores asociados a la alta concentración de plomo en leche materna que no están relacionados con el tiempo de exposición a dicho contaminante. Algunos de estos factores podrían ser la proximidad de las viviendas a focos contaminantes como son los depósitos de plomo y el alto tránsito de transporte pesado de la zona, el cual se ha visto incrementado en los últimos años.

Otro de los objetivos específicos fue determinar la relación existente entre el grado de instrucción de las madres y la concentración de plomo en leche materna. Se encontró que el 97% cuentan con, por lo menos, grado de instrucción primario. El

coeficiente de correlación lineal entre las dos variables fue de -0.1. El grado de instrucción de las madres no determina necesariamente un mayor cuidado en cuanto a la prevención de la contaminación por plomo.

De acuerdo a la encuesta realizada, se conoció que el 50% de hogares tienen familiares que viven con ellos y trabajan en oficios con alto riesgo de contaminación por plomo, como son: soldadores, planchado y pintado de automóviles, choferes, obreros en industrias que trabajan con plomo, etc.

Se eligió el método de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (GFAAS) por que permite trabajar con muestras de volumen muy reducido (inferior a 100 µL) o directamente sobre muestras orgánicas líquidas. Habitualmente se analizan muestras de material biológico de origen clínico (sangre, suero, leche, orina, biopsias hepáticas, etc.). Por su elevada sensibilidad (niveles de ppb), la técnica se aplica en la detección de metales en productos de alta pureza, como por ejemplo fármacos, alimentos (peces y carne) y productos industriales, y también en aguas de bebida y de acuíferos (determinación de la presencia de Cu, Cd, Pb, As, Hg). Los análisis de las muestras de leche fueron realizadas en el Centro Toxicológico S.A.C. (CETOX S.A.C.).

VI. CONCLUSIONES

Del presente estudio se desprenden los siguientes resultados:

1. La concentración media de plomo hallada en leche de madres lactantes del Centro de Salud San Juan Bosco es de 19,7 ng de plomo / g de leche; el valor mínimo es de 5,9 ng/g y el valor máximo es de 48,7 ng/g. Estos valores superan el rango establecido por la OMS (2 – 5 ng/g).
2. El tiempo de residencia de las madres en estudio no guarda relación directa con la concentración de plomo en lecha materna (coeficiente de correlación lineal=0,14).
3. Del estudio realizado se concluye que el grado de instrucción de las madres en estudio no guarda relación directa con la concentración de plomo en lecha materna (coeficiente de correlación lineal=– 0,1).

VII. RECOMENDACIONES

1. Los Organismos Gubernamentales deben implementar un mayor control en las fábricas en relación a la contaminación ambiental, de conformidad con las Normas ISO 14000.
2. Es necesario realizar un estudio de impacto ambiental de los depósitos de plomo, industrias asociadas a este metal y el alto transito de vehículos pesados sobre las zonas pobladas aledañas al Centro de Salud San Juan Bosco.
3. Brindar a la población una mejor y mayor información, para que ésta participe de manera interesada y de manera más activa para cuidar su salud, que una buena alimentación (baja en grasa y con alto contenido en hierro y calcio) ayuda a la menor absorción del plomo.
4. Brindar medidas educativas complementarias que ayuden a prevenir la contaminación por plomo a la que están expuestas las madres y sus hijos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÀFICAS

1. Sepúlveda, V. Exposición a plomo ambiental en población infantil de la Ciudad de Antofagasta aledaña a acopios de concentrado de este mineral. [Tesis de Post-Grado en Salud Pública]. Antofagasta. 2000.
2. Corey G, Galvão L. Plomo. Serie Vigilancia No. 8. Metepec, México: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Organización Panamericana de la Salud; 1989.
3. Mc Michael AJ, Vimpani GV, Robertson EF, Baghurst PA, Clark PD. The Port Pirie Cohort Study: Maternal blood lead and pregnancy outcome. J. Epidemic Common Health 1986; 40; 18-25.
4. Moline, J., et al., "Lactation and Lead Body Burden Turnover: A Pilot Study in Mexico," Journal of Occupational and Environmental Medicine 42(11) (2000): pp. 1070-1075.
5. Hernandez, M. et al. Dietary calcium supplements to lower blood lead levels in lactating women: a randomized placebo-controlled trial. Rev. Epidemiology 14(2) (2003): pp. 206-12.
6. Rivas F, Fernández N. Exposición urbana no ocupacional al plomo y niveles sanguíneos en embarazadas y recién nacidos. [Tesis Doctoral]. Departamento de Farmacología y Toxicología, Facultad de Medicina, Universidad de los Andes. Huancayo. 1999.
7. Goodman A, Ruddon W, Molinoff B, Limbird E, Hardman G. Las bases farmacológicas de la terapéutica 9º Ed. Mc Graw-Hill Interamericana. México, DF. 1998. p. 1755-6
8. http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002451.htm

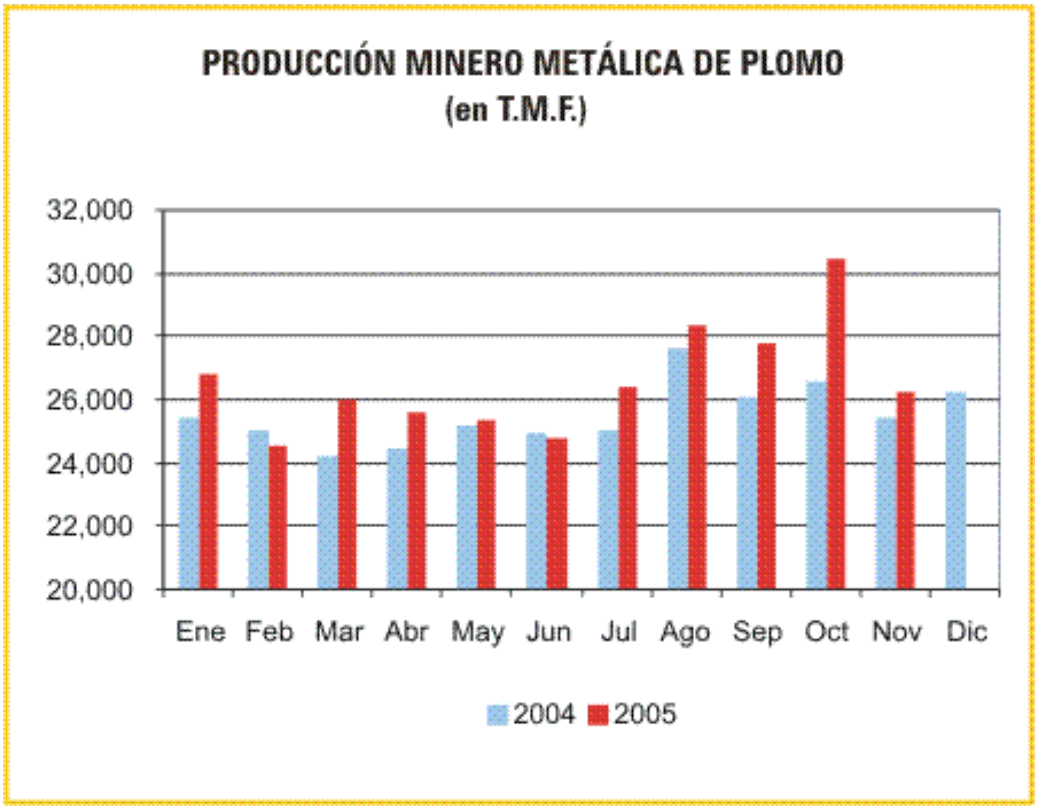
9. http://www.minem.gob.pe/archivos/dgm/estadisticas/mensual_2004/ENE_DIC_2004/DEPARTAMENTOS/PLOMO_04.xls
10. Narciso C, Gastañaga R, Espinoza L, Sánchez Z, Moscoso R, Quequejana C,. Estudio para determinar las fuentes de exposición a plomo en la Provincia Constitucional de Callao. Environ Health Perspect.2000; 104:5.
11. Howson C., Hernández M., Rall, D. EL PLOMO EN AMÉRICA. Estrategias para la prevención. México DF. Primera edición. 1996. Páginas: 17 – 21, 67 – 74)
12. Medicina Legal y Toxicología. Juan Antonio Gisbert Calabuig. Masson S.A. Barcelona. 1998.
13. Ignacio A. intoxicación por plomo en pediatría. Archive Pediatrías Drug 2001; 72 (2): 133-8
14. John H. Duffus. Ediciones Omega S.A. Barcelona. 1983. Toxicología Ambiental
15. Dueñas, A. Intoxicaciones Agudas en Medicina de Urgencia y Cuidados Críticos. Editorial Masson S.A. Barcelona. 1999. Páginas: 350 – 352
16. Venancio, H., Bueno, M. Determinación Toxicológica de Plomo, Cadmio y Zinc en diferentes tipos de leche por el Método de Absorción Atómica. [Tesis], Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. 1995.
17. Medicina Ambiental Nº 03: Plomo, Washington D.C.: 1991; OPS (Publicación científica Nº 388) – Páginas 11-15
18. Bermejo, A. El Plomo. Presencia y Efectos. Métodos de Análisis. Universidad de Santiago de Compostela. Madrid; 1982
19. Salud Pública en México. Intoxicación por Plomo: indicadores y noticias de Salud. Revista de Salud Pública. México DF. 1995; 37(3): Pág. 264-75)

20. Mc Michael AJ, Vimpani GV, Robertson EF, Baghurst PA, Clark PD. The Port Pirie Cohort Study: Maternal blood lead and pregnancy outcome. J Epidem Common Health 1986; 40: 18-25)
21. Solomon, G.; Weiss, P. Chemical contaminants in Breast Milk: Time trends and regional variability. Environ Health Perspect 110:A339–A347 (2002).
22. Shukla R, Bornschein R, Dietrich K, Buncher CR, Berger OG, Hammond PB, Succop PA. Fetal and infant lead exposure: Effects on grown in stature. Pediatrics 1989; 84: 604-12)
23. Bellinger DC, Neddleman HL, Leviton A, Waternaux C, Rabinowitz MB, Nichols ML. Early sensory motor development and prenatal exposure to lead. Neurobehay Toxicol. Teratol 1984; 6: 387-402)
24. Bellinger DC, Leviton A, Neddleman HL, Waternaux C, Rabinowitz MB. Low level lead exposure and infant development in the first year. Neurobehavior Toxicologic Teratology 1986; 8: 151-61).
25. Fundamentals of Industrial Toxicology. Kim Anderson. Ronald Scout. Edit. Ann Arbor Science. Miami. 1991
26. Vega, J. y col. Intoxicación plúmbica crónica y alteraciones del crecimiento y del desarrollo cognitivo-emocional en niños. Anales de la Facultad de Medicina. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Vol. 64. Nº 02. Pág. 94 – 100. 2003
27. Sepúlveda, V. Exposición severa a plomo ambiental en una población infantil de Antofagasta, Chile. Rev. Méd. Chile. Vol.128 Nº 02. Febrero 2000
28. NRDC: Healthy Milk, Healthy Baby - Lead, Mercury, Cadmium, and Other Metals. http://www.nrdc.org/breastmilk/lead.asp. *last revised 3.25.05*
29. LEAD Action News Vol 6 No 2. *Gulson, B.* Last Updated 25 October 2005

30. Gulson, B. et al. Relationships of Lead in Breast Milk to Lead in Blood, Urine, and Diet of the Infant and Mother. *Environmental Health Perspectives* Volume 106, Number 10, October 1998
31. Gundacker, C. Lead and Mercury in Breast Milk. PEDIATRICS Vol. 110 No. 5 November 2002, pp. 873-78
32. Beck, R. Contaminación Ambiental por Plomo en el niño aspectos neurológicos. Acta del Primer Congreso Peruano de Salud Ocupacional. 1989. Pág. 240-278
33. Salud Pública de México. Factores Expo-Ambientales y concentraciones de plomo sanguíneo en niños. México D.F. 1993. Vol 35 – Pág. 159-72
34. Dorea J. Mercury and Lead during Breast-Feeding. British Journal of Nutrition. (Marzo 2004) Vol. 92, Pág. 21-40.
35. Centro Panamericano de Ecologia Humana y Salud. División de Salud y Ambiente. Organización Panamericana de la Salud. Introducción a la Toxicología Ambiental. México DF. Albert, L. (1997), p 177-96.
36. Plan de Contingencia de Prevención de Intoxicación por Plomo. Dirección de Salud 1 CALLAO. Perú. 2001. Pág. 2 – 3.
37. López J. Intoxicación por Plomo en Niños Menores de Seis Años en un Asentamiento Humano del Callao. Anales de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Vol. 61, Nº 1. 2000. Págs. 37 – 45.
38. Creed H, Liria R, López de Romaña D. Evaluación de Consumo de Plomo, Calcio, Hierro y Zinc en Alimentos por Madres y Niños en la Oroya Antigua. Instituto de Investigación Nutricional. Informe final preliminar. Junio 2005.

ANEXOS

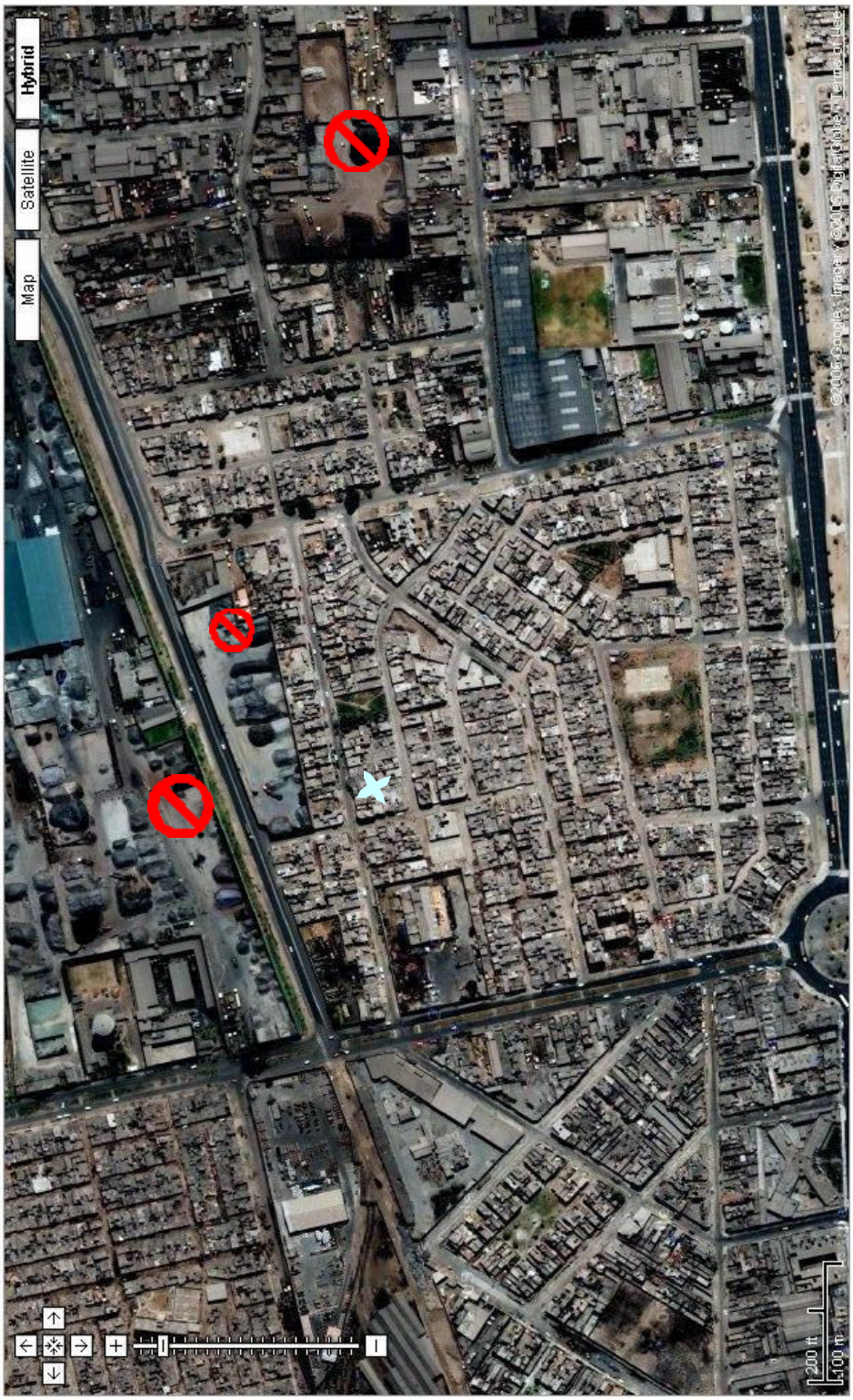
ANEXO N°1



- Fuente: Ministerio de Energía y Minas del Perú (http://www.minem.gob.pe)

ANEXO N°2

Fotografía aérea de la zona de estudio



Depósitos de minerales

Centro de Salud San Juan Bosco